

MAGYAR ŐSTÖRTÉNETI KUTATÓCSOPORT KIADVÁNYOK

STUDIA AD ARCHAEOLOGIAM PAZMANIENSIA



HADAK ÚTJÁN

A népvándorláskor
fiatal kutatóinak
XXIX. konferenciája

Budapest, 2019. november 15–16.

Főszerkesztő: Türk Attila

BÖLCSESZETTUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT
MAGYAR ŐSTÖRTÉNETI KUTATÓCSOPORT

PÁZMÁNY PÉTER KATOLIKUS EGYETEM
RÉGÉSZETTUDOMÁNYI INTÉZET

MARTIN OPITZ KIADÓ

Studia ad Archaeologiam Pazmaniensia

A PPKE BTK Régészettudományi Intézetének kiadványai

Archaeological Studies of PPCU Institute of Archaeology

Volume 24.2

Bölcészettudományi Kutatóközpont

Magyar Őstörténeti Kutatócsoport Kiadványok

Volume 4.2

Studia ad Archaeologiam Pazmaniensia
A PPKE BTK Régészettudományi Intézetének kiadványai
Archaeological Studies of PPCU Institute of Archaeology

Bölcsészettudományi Kutatóközpont
Magyar Őstörténeti Kutatócsoport Kiadványok

Studia ad Archaeologiam Pazmaniensia
International Editorial Board

Heinrich Härke
Eberhard Karls Universität (Tübingen)

Oleksiy V. Komar
Institute of Archaeology (Kiev)

Abdulkarim Maamoun
Damascus University (Damascus)

Denys Pringle
Cardiff University (Cardiff)

Dmitry A. Stashenkov
Samara Regional Historical Museum (Samara)

Nikolai P. Telnov
Institute of Archaeology (Chişinău)

Magyar Őstörténeti Kutatócsoport Kiadványok
International Editorial Board

Balázs Balogh
Director General of the Research Center
for the Humanities (Budapest)

Pál Fodor
Honorary Director General of the RCH (Budapest)

László Klima
PPCU Institute of Archaeology (Budapest)

Hakan Aydemir
Istanbul Medeniyet University (Istanbul)

Balázs Sudár
Institute of History of RCH (Budapest)

Attila Türk
Research Group of Early Hungarians of RCH
(Budapest)

„HADAK ÚTJÁN”
A NÉPVÁNDORLÁSKOR
FIATAL KUTATÓINAK
XXIX. KONFERENCIÁJA

Budapest, 2019. november 15–16.

29TH CONFERENCE OF YOUNG SCHOLARS
ON THE MIGRATION PERIOD
Budapest, November 15–16, 2019

Főszerkesztő
Türk Attila



BUDAPEST 2023



PÁZMÁNY PÉTER
KATOLIKUS EGYETEM



Árpád-ház Program



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

ELKH
Eötvös Loránd
Kutatói Hálózat



Bölcsészettudományi
Kutatóközpont

A kötet a

támogatásával valósult meg

A kötet megjelenését a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal „Tudományos Mecenatúra Pályázat”
MEC_K_21 alprogramja támogatta (MEC_K_141246).

A kötet az Árpád-ház Program támogatásával készült
(IV.1. Keleti örökség – Keleti kapcsolatok. Írott források és kiadványok
IV.2. Az Árpád-ház elődeinek keleti kapcsolatrendszere)

A kutatás és a kötet az Innovációs és Technológiai Minisztérium támogatásával a Tématerületi Kiválósági Program: Magyarorszá-
g és a Kelet kapcsolatának régészeti kutatása (Keleti Örökségünk PPKE Interdiszciplináris Történeti és
Régészeti Kutatócsoport [TKP2020-NKA-11]) projekt keretében valósult meg.

Szerkesztők

Jancsik Balázs – Sudár Balázs

Munkatárs

Ambrus Edit

© szerzők

© Bölcsészettudományi Kutatóközpont Magyar Őstörténeti Kutatócsoport

© Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Bölcsészeti és Társadalomtudományi Kar, Régészettudományi Intézet

© Martin Opitz Kiadó

ISBN 978-615-6388-35-3

HU-ISSN 2064-8162

HU-ISSN 2786-1538

Minden jog fenntartva. Jelen könyvet, illetve annak részeit tilos reprodukálni, adatrögzítő rendszerben tárolni,
bármilyen formában vagy eszközzel – elektronikus úton vagy más módon – közölni a kiadó engedélye nélkül.

Kiadja:

Bölcsészettudományi Kutatóközpont Magyar Őstörténeti Kutatócsoport –
PPKE BTK Régészettudományi Intézet – Martin Opitz Kiadó

Nyomda: Pauker Nyomdaipari Kft.

A HONFOGLALÁS KORI ARCHAÉOMETRIAI KUTATÁSOK ÚJABB EREDMÉNYEI

Karos-Eperjesszög 3. temető 11. sír fémleleteinek mikro-PIXE módszerrel végzett anyagösszetételi vizsgálatai

CSEDREKI LÁSZLÓ* – LANGÓ PÉTER** – TÜRK ATTILA***

Kulcsszavak: *Honfoglaláskor, Karos-Eperjesszög, archeometria, keltezés, radiokarbon, anyagösszetétel, mikro-PIXE*

Absztrakt: 2014–2019 között, egy OTKA pályázat keretében készült el a Karos-Eperjesszög III. temető 11. sírjának új régészeti és interdiszciplináris feldolgozása. A kiemelkedően gazdag honfoglalás kori temetkezés 19 darab fémleletének részletes elemanalitikai vizsgálatát végeztük el. Alapanyag szerint a három fő csoport: ezüst, réz és arany alapú ötvözetek. Az ezüstitötvözetek csoportjába sorolható tárgyak 39–97% ezüst és 2–60% réztartalommal jellemezhetők. Az elemösszetétel alapján vizsgáltuk a tárgyak egymáshoz való viszonyát, amely a leletek nagyfokú heterogenitását mutatja az alapanyag és készíttéstechnika szempontjából. A hidegen végzett mechanikai alakítással készített ezüsttárgyak ezüstitartalma a legmagasabb (95%<). A karosi sír közvetlenül ezüstpénzből hidegen alakított, mechanikusan elkészített fémleletei a dirhemekkel mutatnak elemösszetétel szempontjából nagyfokú – két esetben rendkívül közeli – egyezést. A fémek újraöntése során azonban nem zárható ki, hogy más alapanyagból is dolgoztak és csak részben használták fel az ezüstpénzeket, emellett az újraöntés folyamata az eredeti kémiai elemarányok megváltozását is okozhatja. Általánosan elmondható, hogy az ezüstitötvözetek esetében az 1%-ot meghaladó aranytartalom utal az ún. recyclingra, vagyis arany vagy aranyozott tárgyak újrafelhasználására. A vizsgált leletek felületi aranyozását az elemösszetétel alapján tűziaranyozással készítették. A két aranylelet elemösszetétel szempontjából nagyfokú hasonlóságot mutat, ami a közös alapanyagból való készítésre utal és feltételezhetően korábbi aranytárgyak újrafelhasználásával készítették ezeket a tárgyakat. Kárpát-medencei kitekintésben a dél-alföldi 10. századi leletekkel tudtuk összehasonlítani a karosi eredményeket, melynek eredményeként – elsőként a szakirodalomban – eltérő ötvöztéstechnikai és anyaghasználati tendenciákat mutattunk ki, melyek közvetve alátámasztják az egykori műhelykörök, hagyományok korábbi régészeti feltételezését.

BEVEZETÉS

A Karos-Eperjesszög határrészben feltárt, kiemelkedően gazdag leletanyagot eredményező honfoglalás kori temetők hagyatéka az egyik legkorábbi a

Kárpát-medence 10. századi leletei között és számos kelet-európai eredetű tárgytypust tartalmaz.¹ Így merült fel egyebek között ebben a témában

* Atommagkutató Intézet, Debrecen. H-4026, Debrecen, Bem tér 18/c. csedreki@atomki.hu

** PPKE BTK Régészettudományi Intézet, Középkori Európai és Közel-Keleti Régészeti Tanszék, H-1088, Budapest, Mikszáth K. tér 1. lango.peter@btk.ppke.hu

*** PPKE BTK Régészettudományi Intézet, Magyar Östörténeti és Honfoglalás Kori Régészeti Tanszék, H-1088, Budapest, Mikszáth K. tér 1. turk.attila@abtk.hu

¹ RÉVÉSZ 1996.

futó OTKA pályázat² keretében az egyik legkiemelkedőbb sír, a Karos-Eperjesszőg III. temető 11. sírjának (1. kép) újbóli feldolgozása. A munka során a gnadendorfi temetkezés mintájára természettudományos vizsgálatok sora készült el a tárgyakon. Ezek közül munkánkban az anyagösszetételi vizsgálatok eredményeit foglaljuk össze, némi kitekintéssel a nevezett sír radiokarbon keltezésének adataira (9. kép).

A Révész László által feltárt és közreadott³ temetkezés 19 veretének (2–4. kép) részletes elem-analitikai vizsgálatára a debreceni Atommagkutató Intézet (ATOMKI), Ionnyaláb-alkalmazások Laboratóriumában került sor.⁴ A vizsgálathoz mikro-PIXE (Részecske Indukált Röntgenemisszió) analitikai

módszert alkalmaztunk.⁵ Jelen dolgozat tartalmazza az alkalmazott analitikai módszer rövid bemutatását, a mérési körülmények részletes leírását, a mikro-PIXE módszerrel kapott kémiai elemösszetétel adatokat (1. táblázat) és azok rövid értékelését is.

A bemutatott vizsgálatunk az alap kutatások közé sorolható, azon belül jól illeszkedik az utóbbi években örömdetesen megszorodott hasonló 10. századi vizsgálatok sorába,⁶ így azok eredményeivel összevetésre alkalmas. A karosi sír emlékeinek a vizsgálatát igen fontosnak tartjuk, mivel a Kárpát-medence 10. századi régészeti hagyatékának legkiemelkedőbb leleteit eredményező Felső-Tisza-vidék régióban ilyen mérésekre még nem került sor.⁷

A VIZSGÁLT KÉRDÉSEK KÖRE

A mérés célja az volt, hogy a tárgyak kémiai elemösszetétele alapján a temetkezés régészeti értékeléséhez kapcsolódó releváns következtetések levonására alkalmas adatok álljanak a rendelkezésünkre, annak ellenére, hogy nem volt módunk a több mint 300 fémtárgyat tartalmazó sír (1. kép I) valamennyi leletét megvizsgálni. Kutatásunk első sorban az ezüst alapú ötvözetekből készült tárgyakra fókuszált, kisebb részben pedig az aranyalapú ötvözetből készültekre. A mérésbe bevont leletek között igyekeztünk a temetkezés fontosabb tárgytípusainak nagy részét érinteni, a viselethez kapcsolódó emlékeken át a lószerszámveretekig.

Alapvetően arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a vizsgált tárgyak kémiai elemösszetétele

alapján milyen főcsoportok különíthetők el közöttük. Ez ugyanis fontos szempont lehet a tárgyak azonos-, vagy eltérő időben történt készítésére. Az így levont megállapítások pedig a korabeli ötvösművesség hátteréhez szolgálhatnak újabb információkkal. Ezek az adatok abban is segítséget nyújthatnak, hogy összevegyük ezeket a megállapításokat az ország más területein előkerült leleteken végzett hasonló vizsgálatokkal. A korábbi évek hasonló vizsgálatai nyomán adatainkkal lehetővé vált a régészeti szakirodalomban gyakran előforduló „felső-Tisza-vidéki ötvösműhely” fémmezmunkálási és ötvözési jellegzetességeinek összevetése az Alsó-Tisza-vidéken előkerült egykorú tárgyakkal.⁸

² A kutatás a magyar honfoglalás kori régészeti hagyaték keleti kapcsolatrendszerének a magyar őstörténet fényében. Régészeti adatbázis és archaeometriai kutatások (OTKA K 106369) című projekt. Jelen tanulmány pedig az Innovációs és Technológiai Minisztérium támogatásával a Tématerületi Kiválósági Program: Magyarország és a Kelet kapcsolatának régészeti kutatása (Keleti Örökségünk PPKE Interdiszciplináris Történeti és Régészeti Kutatócsoport [TKP2020-NKA-11]) és az Árpád-ház Program IV. 2. projekt keretében valósult meg. A mérések egy része az EU HORIZON projekt keretében készült.

³ Révész 1996, 35–36.

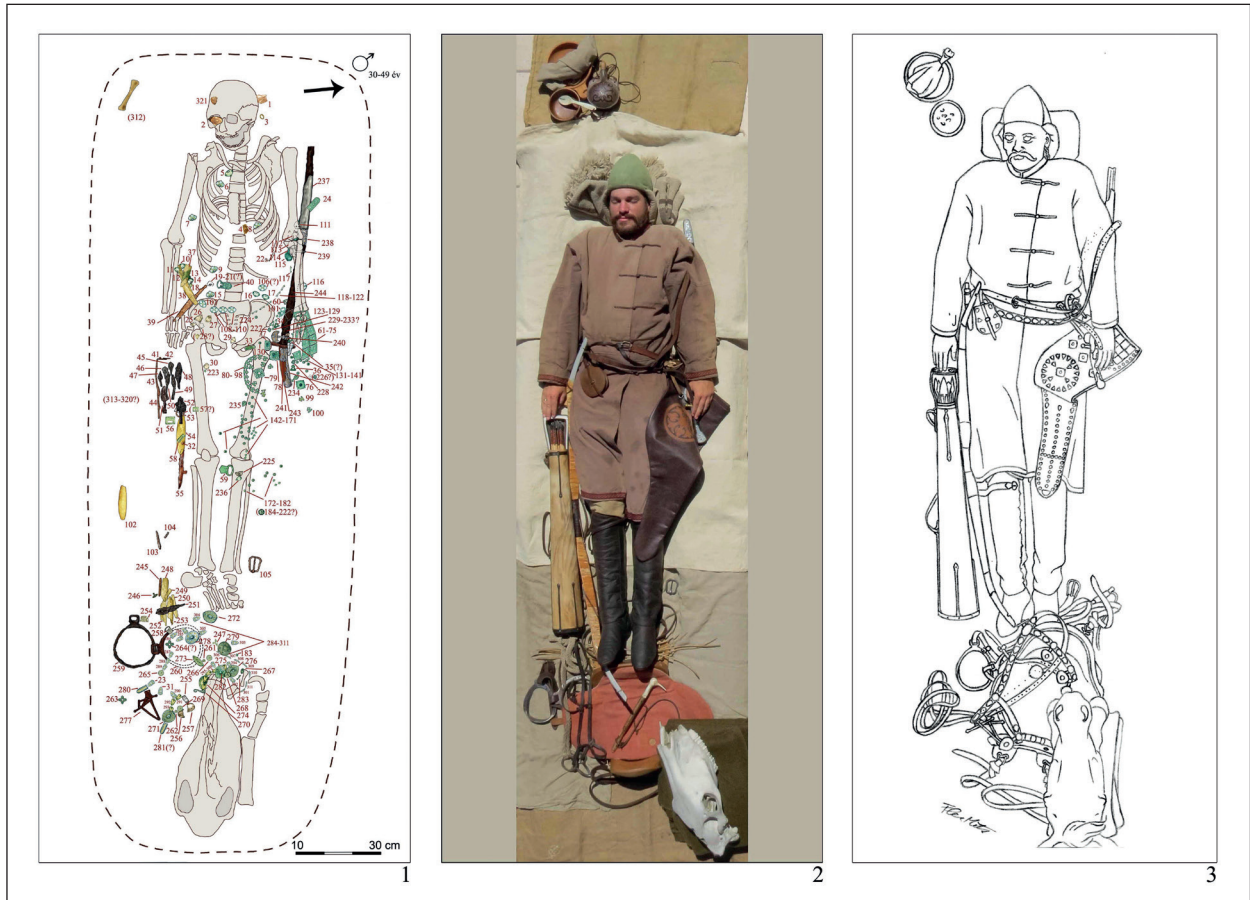
⁴ <http://iba.atomki.hu/>

⁵ A továbbiakban a tárgyakra történő hivatkozás a képszám, illetve a leltári szám megnevezésével történik.

⁶ GREIFF 2011; CSÉDREKI ET AL. 2012; CSÉDREKI ET AL. 2015; CSÉDREKI ET AL. 2015a.

⁷ A vizsgálatok elvégzése kapcsán köszönettel mondunk Révész Lászlónak értékes szakmai tanácsaiért.

⁸ A „műhely” fogalmával és a 10. századi Kárpát-medencei műhelyek kérdésével kapcsolatban jól érzékelhető módon nincs konszenzus. A kutatók jelentős része elfogadta azt a szemléletet, amelyet Mesterházy Károly, vagy Révész László hangsúlyozott a kérdést érintő dolgozataiban (MESTERHÁZY 1990; RÉVÉSZ 1996), nemzetközi kitekintésben pedig ehhez hasonlóan ld. pl. DEMO 2009. A magyar kutatásban használt „műhely”, „műhelykör” kifejezés használatával kapcsolatban Bollók Ádám kritikus megközelítését követően (BOLLÓK 2015, 208–223), Révész László újabb monográfiája pontosította (RÉVÉSZ 2020, 9, 32, 249) a fogalmat és kiemelte, hogy sem az egykori 10. századi központokra, sem az „*azt kiszolgáló kézműves műhelyekről*” nem rendelkezünk adatokkal (RÉVÉSZ 2020, 32). Az avar kori emlékek kapcsán ezen kérdés teoretikus áttekintéséhez szolt hozzá és a differenciáltabb fogalmi keretek kialakítása mellett érvelt Szenthe Gergely (SZENTHE 2012; SZENTHE 2019).



1. kép. Karos-Eperjesszög III/11. sír temetési rekonstrukciója (3) a sírrajz (1), és a sírban a tárgyak eredeti elhelyezkedése (2) kísérleti régészeti tapasztalatok alapján (TÜRK ET AL. 2021. 4. kép)

Fig. 1. The burial reconstruction of Grave III/11 from Karos-Eperjesszög (3), a drawing of the grave (1), and the original position of the artefacts in the grave (2) based on experimental archaeological observations (based on Fig. 4. in TÜRK ET AL. 2021)

A második fő kérdéskör az volt, hogy van-e eltérés az elemösszetételek alapján az eltérő technikával, vagyis az öntéssel (Ö), illetve a hidegen végzett (préselés, pusszírozás, trasszírozás, domborítás, cizellálás, mattírozás stb.) mechanikai alakítással (HA) készített fémleletek között?⁹ Arra is választ próbáltunk találni, hogy az eltérő leletsoportok, vagyis az emberi vázhoz, illetve a lószerszámokhoz kapcsolódó tárgyak hasonló anyagból és technikával készítették-e? A sírban feltárt valamennyi nemesfémlelet egy alkalommal készült, vagy egykori tulajdonosuk több éven át halmozta fel azokat? Fokozott figyelmet szenteltünk az újrahasznosítás

kérdésének, vagyis, hogy a Felső-Tisza-vidéken is átöntöttek-e idővel korábbi aranyozott ezüsttárgyakat?¹⁰ Milyen következtetések vonhatók le az analitikai eredmények alapján a tárgyak elkészítése során alkalmazott ötvöstechnikákra (tudatos ötvöztetés, aranyozási eljárás, felületkezelési eljárások, ún. fehérítés stb.) vonatkozóan?

Az anyagösszetételi vizsgálatok lényegi kérdései elsősorban a nemesfémek provenienciájára irányulnak a korszak kutatásában, hiszen bányaműveléssel ekkor még nem számolhatunk. A honfoglalók esetében egységes a kutatás álláspontja arról, hogy a nemesfémek eredete a hadizsákmányként

⁹ A technológiai különbségekre átfogó jelleggel MINASZIAN 2014.

¹⁰ Erre vonatkozóan pl. CSÉDREKI ET AL. 2012.

megszerzett, vagy adóként (*tributumként*) behajtott pénzekhez köthető.¹¹ Ezt a véleményt megerősítették azok a megfigyelések is, amikor egyes hidegen átalakított, többnyire elkalapált veretek alapanyagát néhány kutató közvetlenül egykori érmekhez kötötte.¹² Mivel az átalakítás nyomán a feliratok olvashatatlanná váltak, ezeket a vereteket az anyagösszetételi vizsgálatok eredményei nyomán lehet közvetlenül egykori érmekhez kötni. Az ötvözőanyag hozzáadása és a hevítés nélküli átalakítás megbízható támpontot nyújt az alapanyag eredetét illetően. Így *horribile dictu* eldönthető, hogy mely uralkodó alatt vert éremből készítették az adott tárgyat.¹³ Ez a sírok keltezésében minden másnál

biztosabb támpontot nyújt. Az így kapott abszolút időrend összevethető a sír radikarbon kormeghatározásával, melyet két laborban is elvégeztünk (9. kép). Az anyagvizsgálatok során a veretekben kimutatott pénzek legfiatalabb adata a radiokarbon vizsgálat kalibrációjánál *terminus post quemként* megadható. Mivel a ¹⁴C adat együttes eredménye a 930-as évekre utalt a sír megásásával kapcsolatban, ezért a 940-es évekig terjedően vert pénzek anyagösszetételét különösen áttekintettük. A történeti értékeléshez pedig rendelkezésünkre állt a váz új antropológiai kormeghatározása is, mely az 1996-os publikációhoz képest már sokkal szűkebb, pontosabb adatot nyújtott.

A VIZSGÁLT TÁRGYAK RÉGÉSZETI LEÍRÁSA

Összesen 19 tárgy vizsgálatát végeztük el (1. táblázat), melyek kiválasztásánál az eltérő alapanyagok és eltérő tárgytípusok játszottak szerepet, így a leg szélesebb körű információt eredményezve.

A lószerszámzathoz kapcsolódó veretek

Kantárrózsa (4. kép 1) (Leltári száma: HOM 94.82.15.). Az 5 darab ezüst alapú ötvözetből öntött és aranyozott kisebb (átmérője: 2,3 cm) veret közül az egyik olyan darab, melyen nem volt eredeti bőrmaradvány.¹⁴ A vizsgálatra kiválasztott hely a veret előoldalán, az ezüst peremen található.

Nagyszíjvég (4. kép 3) (Leltári száma: HOM 94.82.15.). A kantárhoz kapcsolódó egyik aranyozott ezüst nagyszíjvég.¹⁵ A szíjvég külső oldalán, az ezüst peremen található a vizsgálat helye.

Kantárveret (3. kép 5) (Leltári szám: HOM 94.82.15.). A pofaszíjat 30 darab aranyozott ezüst veret díszítette. Egy részükénél még a bőrmaradvány is megmaradt.¹⁶ A vizsgálatra az egyik olyan veretet választottuk ki, melyhez nem kapcsolódott bőrmaradvány. A vizsgálat helye a veret előoldalán a csúcsnál, az aranyozást keretelő kiemelkedő ezüst felületen volt.

Szügyelőveret (2. kép 1) (Leltári száma: HOM 94.82.16.). A 6 darab aranyozott ezüst sügyelődísz egyike. A vizsgálatra a legépebb darabot választottuk ki, amely darabon nem voltak megfigyelhetők utólagos javítások.¹⁷ A vizsgálat helye a levél alakú veret előlapján, az alsó csúcsnál található.

Négyzet alakú bronz nyeregveret (4. kép 2) (Leltári száma: HOM 94.82.17.).¹⁸ A két veret közül a kiválasztott darabon a minta helye az egyik nyújtott, három részre osztott csúcs középső helyén volt.

¹¹ A korabeli pénzgazdálkodás azonban jóval összetettebb rendszer lehetett az olyan államok esetében is, amelyeknek nem volt önálló pénzverése. Jó példákat hoz erre a dunai bolgárok vonatkozásában: HENDY 1985. Arra is van adatunk, hogy az adott időszakban maguk az érmek, komolyabb átalakítás nélkül is szolgálhattak más tárgyak alapanyagaként, vö. KAT. BERLIN 2014, 189. No. 41.

¹² A kérdésről átfogó jelleggel: KOVÁCS 1989, 163–164.

¹³ Az erre vonatkozó vizsgálatok kapcsán vö. CSEDREKI ET AL. 2015; CSEDREKI ET AL. 2015a.

¹⁴ A leírásukra ld. RÉVÉSZ 1996, 72; KAT. BUDAPEST 1996, 108–109. Párhuzamainak felsorolása: RÉVÉSZ 1996, 73. 217. j.

¹⁵ A szíjvégek leírását közli RÉVÉSZ 1996, 36, 72; KAT. BUDAPEST 1996, 108–109. A szíjvégek párhuzama, ahogy a pofaszíj vereteké a balatonszemesi sírban található meg (RÉVÉSZ 1996, 78).

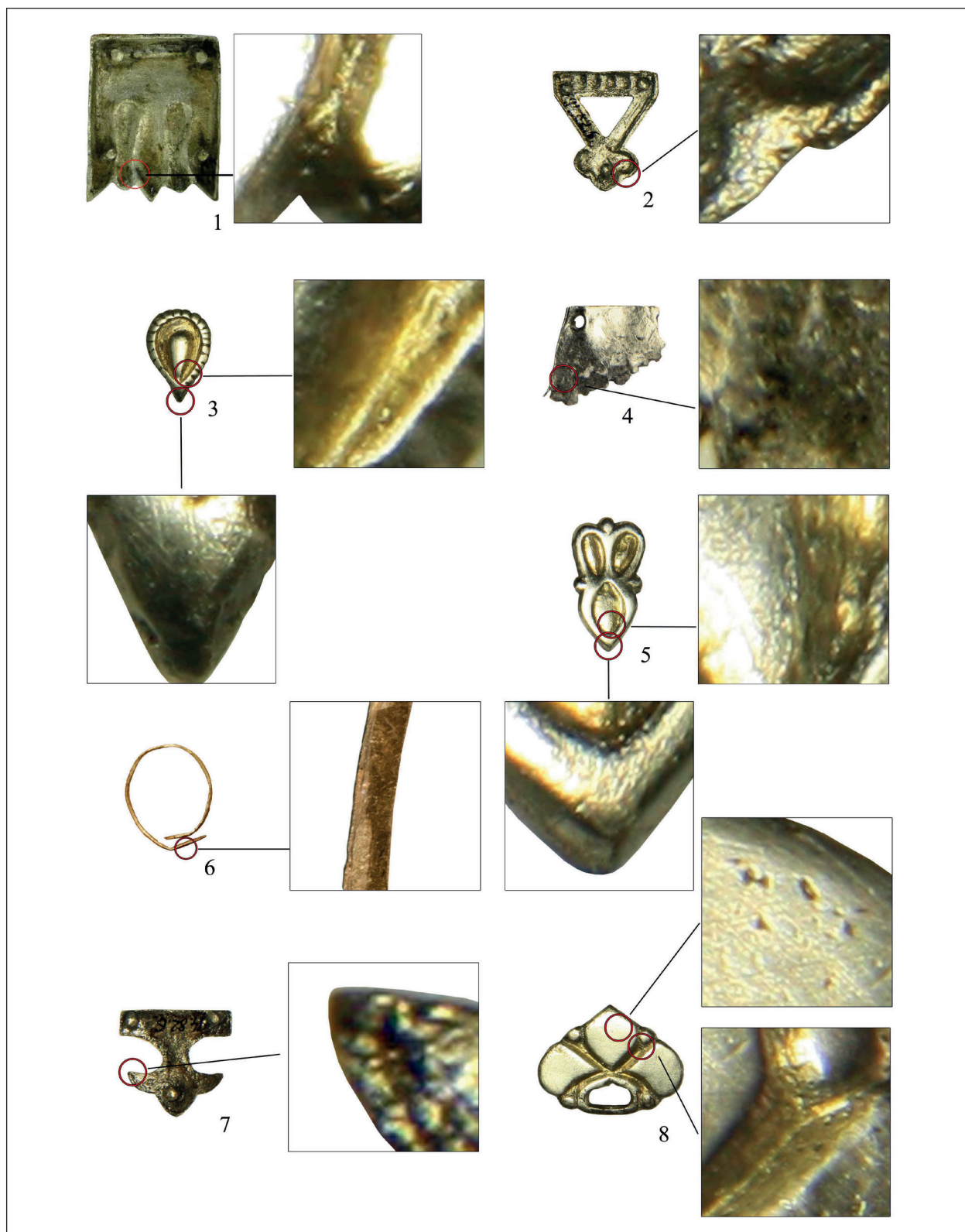
¹⁶ (RÉVÉSZ 1996, 350, 127. tábla 39.) A veretek leírásához ld. RÉVÉSZ 1996, 36, 72; KAT. BUDAPEST 1996, 108–109. A vereten megfigyelhető díszítésre vonatkozóan: BOLLÓK 2015, 246, 1496. j. A veret párhuzamához ld. KÖLTŐ 1990.

¹⁷ RÉVÉSZ 1996, 351, 128. tábla 3. A sügyelődíszek leírása: RÉVÉSZ 1996, 73; KAT. BUDAPEST 1996, 109; KAT. MADRID 1999, No. 142.

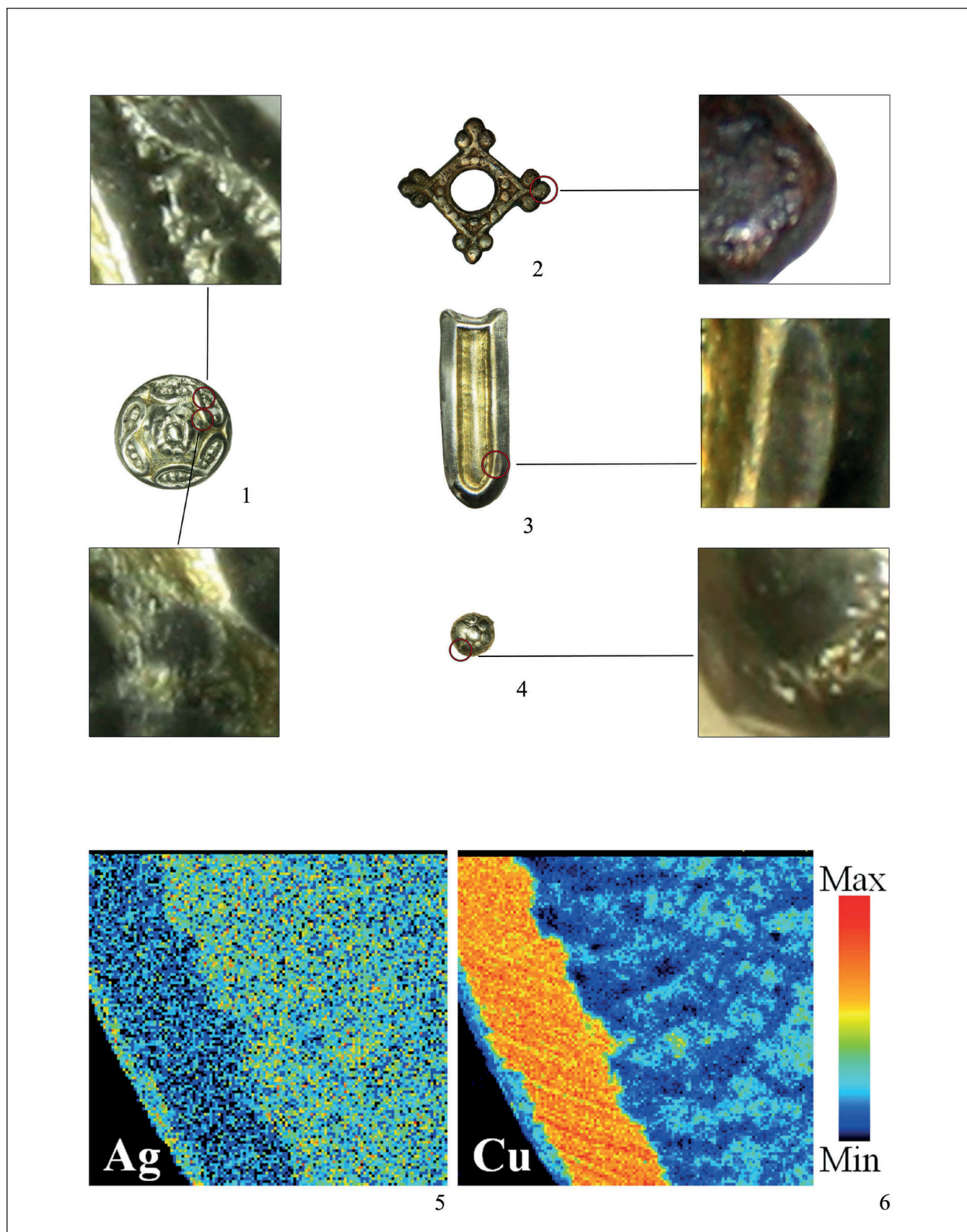
¹⁸ RÉVÉSZ 1996, 351, 129. tábla 12. Leírásukra és értelmezésükre ld. RÉVÉSZ 1996, 36, 46.



2. kép. 1–7: Az 1–7. sorszámú vizsgált fémleletek: Karos-Eperjesszög III/11. sír
 Fig. 2. 1–7: Analysed metal artefacts no. 1–7: Grave III/11 from Karos-Eperjesszög



3. kép. 1–4: A 8–15. sorszámú vizsgált fémleletek: Karos-Eperjesszög III/11. sír
 Fig. 3. 1–4: Analysed metal artefacts no. 8–15: Grave III/11 from Karos-Eperjesszög



4. kép. 1–4: A 16–19. sorszámú vizsgált fémleletek: Karos-Eperjesszőg III/11. sír; 5–6: A 14-es sorszámú fémleleten felvett ezüst (Ag) és réz (Cu) mikro-PIXE kémiai elem térképek
 Fig. 4. 1–4: Analysed metal artefacts no. 16–19: Grave III/11 from Karos-Eperjesszőg; 5–6: Recorded silver (Ag) and copper (Cu) micro-PIXE maps on metal artefact no. 14

A lószerszámzathoz tartozónak értékelt ezüst-lemez (3. kép 5) (Leltári száma: HOM 94.82.18.) töredéke.¹⁹ A vizsgálat helye a lemez belső oldalán volt.

A fegyverzethez (a készenléti íjtartó tegezhez) kapcsolódó veretek

A készenléti íjtartó tegez felső részéhez tartozó 15 darab téglalap alakú aranyozott ezüst veret egyike (3. kép 1) (Leltári száma: HOM 94.82.6.).²⁰ A vizsgált terület a veret hátoldalán, a középső csúcsához kapcsolódó kiemelkedő bordán volt, a felszerelő-tüske fölött.

A három darab áttört, háromszög alakú aranyozott ezüst veret egyike (3. kép 2) (Leltári száma: HOM 94.82.6.).²¹ A vizsgálat helye a veret belső oldalán a csúcsnál kialakított hasított palmetta egyik levéldíszének peremén található.

A 4 darab közepén áttört aranyozott ezüst rombusz alakú veretek egyike (2. kép 6) (Leltári száma: HOM 94.82.6.). Az egy áttört középrész köré kialakított, négy szív alakú palmettával díszített vereten a vizsgálat helye az előoldalon az egyik csúcsnál volt.

Az íjtartó tegez középső részét kör alakban díszítő 21 darab aranyozott ezüst téglalap alakú alapon lévő hasított palmettás háromágú veret egyike (3. kép 7) (Leltári száma: HOM 94.82.6.).²² A vizsgálat helye a hátoldalon, az egyik levéllé egyszerűsödött félpalmetta csúcsán volt.

A tegez alsó részén előkerült 3 darab aranyozott ezüst gyöngysorkeretes nyújtott csepp alakú veretek egyike (4. kép 3) (Leltári száma: HOM 94.82.6.).²³ A vizsgálat helye a csepp alakú veret csúcsán volt.

A készenléti íjtartó tegez előoldalát keretelő kis-méretű, rozettás fejű szegecs egyike (4. kép 4) (Leltári száma: HOM 94.82.6.).²⁴ A szegecs előoldala erősen lekopott, a bordákkal tagolt szirmok alig láthatók. A vizsgálat helye a veret előoldalán volt.

A tegez aljához erősített elkalapált félkör alakú, két sarkán és az alsó ív szélén, középtájt átfúrt ezüst-lemez (2. kép 7) (Leltári száma: HOM 94.82.6.).²⁵ A vizsgálat helye a sorjás oldalon, a veret szélén a közepén kialakított lyuk mellett volt.

A viselethez kapcsolódó tárgyak

A koponya bal oldala mellett előkerült, kerek átmetszetű aranyhuzalból hajlított karika (3. kép 6) (Leltári száma: HOM 94.82.1.). A vizsgálat helye az elcsípett huzal szögben megtörő végén volt.²⁶

A koponya mellett talált szabálytalan alakú meggyűrődött vékony aranylemeztöredékek egyike (3. kép 4) (Leltári száma: HOM 94.82.2.).²⁷

Révész László megfigyelése szerint a halott jobb oldalára helyezett tarsolyra varrt ezüstlemezdíszek egyike (3. kép 4) (Leltári száma: HOM 94.82.3.).²⁸ A vékony lemezt eredetileg két lyukkal erősítették fel, de az egyik lyuk később beszakadt és letört. A vizsgálat helye a lemez hátoldalán a beszakadt lyuk belső íve mellett volt.

A veretes öv vizsgált részei

Az ezüstből öntött ovális csuklós csatkarikával és pajzs alakú csattesttel rendelkező csat (2. kép 3) (Leltári száma: HOM 94.82.4.).²⁹ Az előoldalán növényi ornamenssel díszített csattest csúcsban összefutó végén volt a vizsgálat helye.

¹⁹ RÉVÉSZ 1996, 351. 128. tábla 7. A töredék leírására vonatkozóan ld. RÉVÉSZ 1996, 36.

²⁰ A veret leírása: RÉVÉSZ 1996, 36, 160; KAT. BUDAPEST 1996, 105.

²¹ A veret leírására: RÉVÉSZ 1996, 36, 160; KAT. BUDAPEST 1996, 105.

²² A veret leírására: RÉVÉSZ 1996, 36, 160–161; KAT. BUDAPEST 1996, 105. A díszítés leírására ld. BOLLÓK 2015, 245.

²³ A veret leírására: RÉVÉSZ 1996, 36, 161; KAT. BUDAPEST 1996, 105.

²⁴ A veret leírására: RÉVÉSZ 1996, 36.

²⁵ A veret leírására: RÉVÉSZ 1996, 36, 161; KAT. BUDAPEST 1996, 105.

²⁶ A karika leírására ld. RÉVÉSZ 1996, 35.

²⁷ RÉVÉSZ 1996, 343, 120. tábla 1. A lemez leírására: RÉVÉSZ 1996, 35.

²⁸ RÉVÉSZ 1996, 343, 120. tábla 10. A lemez leírása: RÉVÉSZ 1996, 35.

²⁹ RÉVÉSZ 1996, 344, 121. tábla 1. A veret leírására: RÉVÉSZ 1996, 35, 118–119; KAT. BUDAPEST 1996, 104. A csattest előoldalán látható díszítés bemutatására: RÉVÉSZ 1996, 111–116. Eltérő megnevezéssel ld. BOLLÓK 2015, 235. A díszítő motívum háttéréhez ld. továbbá DIENES 1960; DIENES 1973. A csat párhuzamaira vonatkozóan ld. RÉVÉSZ 1996, 114.

A 17 darab öntött ezüst, alul áttört széles, a lemezyedő részeknél aranyozott veretek egyike (3. kép 8) (Leltári száma: HOM 94.82.4.).³⁰ A vizsgálat helye az előoldalon a veret csúcsa alatti részen volt.

Aranyozott ezüst növényi ornamenssel díszített pajzs alakú nagyszíjvég (2. kép 2) (Leltári száma: HOM 94.82.4.).³¹ A kopott felületű szíjvég előoldalán, a csúcsban összefutó részen volt a vizsgálat helye.

ALKALMAZOTT ANALITIKAI MÓDSZER BEMUTATÁSA

A PIXE (részecske indukált röntgenemisszió) egy jól kidolgozott és megalapozott analitikai technika, mely hatékony eszköz a gyors, multielemes és roncsolásmentes analízishez.³²

A módszer alapja, hogy a vizsgált felületet néhány millió voltos töltött részecske nyalábbal sugározzuk be. A bombázórészecskék és a minta atomjainak kölcsönhatásából származó karakterisztikus röntgensugárzást használjuk a kémiai elemösszetétel meghatározására. Az ionnyaláb behatolási mélysége az ionenergia és a vizsgált alapanyagtól függően tipikusan néhányszor tíz mikrométer. Emi-

att a PIXE módszer felületvizsgálati technikának tekinthető.

A módszer alkalmas a különféle kémiai elemek (a kémiai elemzést vákuumban végezve a $6 < Z < 92$ rendszám tartományban) nagy érzékenységgű egyidejű meghatározására. A detektálási határok a legtöbb kémiai elemre és a legtöbb minta esetében a ppm-es tartományban (tízezred tömegszázalék) mozognak. A PIXE módszert széleskörűen alkalmazzák biológiai, geológiai, környezeti, metallurgiai, kerámiák és a legkülönbébb szerves anyagok vizsgálatában.³³

ANYAG ÉS MÓDSZER

A veretek elemösszetétel meghatározását az ATOMKI-ban lévő pásztázó nukleáris mikroszondán (RAJTA ET AL. 1996) végeztük részecske indukált röntgenemissziós (PIXE) analitikai módszerrel, amely révén a vizsgált tárgyak néhány négyzetmilliméteres felületének $2 \times 2 \mu\text{m}^2$ laterális felbontású elem térképezése valósítható meg. A vizsgált tárgyak felületén felvett elem térképek alapján lehetővé válik az analitikai igényeknek megfelelő homogén és síkfelület kiválasztása. A kísérleti berendezés egy hagyományos Be ablakú Si(Li) röntgendetektort foglal magában. A röntgendetektor Gresham típusú volt, 30 mm²-es ablak területtel. Az energia feloldá-

sa 136 eV (5,6 keV-on) és a nyaláb irányhoz képest 135 fokos szögben van elhelyezve. A kísérleti elrendezés és az adatgyűjtő rendszer részletes leírása megtalálható a szakirodalomban.³⁴ A méréseknél 250 mikronos Kapton fóliát használtunk a könnyű elemek hozamának csökkentésére. A méréseket 3.0 MeV protonenergián végeztük. A tipikus mérési idők 1000 másodpercesek voltak, amelyek megfelelnek 0.3 mikroC begyűjtött töltésnek. A tipikus nyaláb áram 300 pA volt. A begyűjtött röntgenspektrumok kiértékelését a GUPIXWIN programmal végeztük.³⁵ Egy tipikus röntgenspektrumot mutat be az 5. kép.

A MINTÁK ELŐKÉSZÍTÉSE

Az elemanalitikai vizsgálatok egyik alapkövetelménye, hogy a szolgáltatott kémiai elemösszetétel ada-

tok megfelelően reprezentálják a vizsgált mintát, annak általános jellegzetességeit írják le. A régé-

³⁰ A veret leírására: RÉVÉSZ 1996, 35, 118–119; KAT. BUDAPEST 1996, 104. A párhuzamainak bemutatására: Révész 1996, 118–119. A díszítéstípust újabban elemezte még: BOLLÓK 2015, 272–273. A veret típus előképeinek elemzéséhez ld. KOMAR 2018, 197, 236.

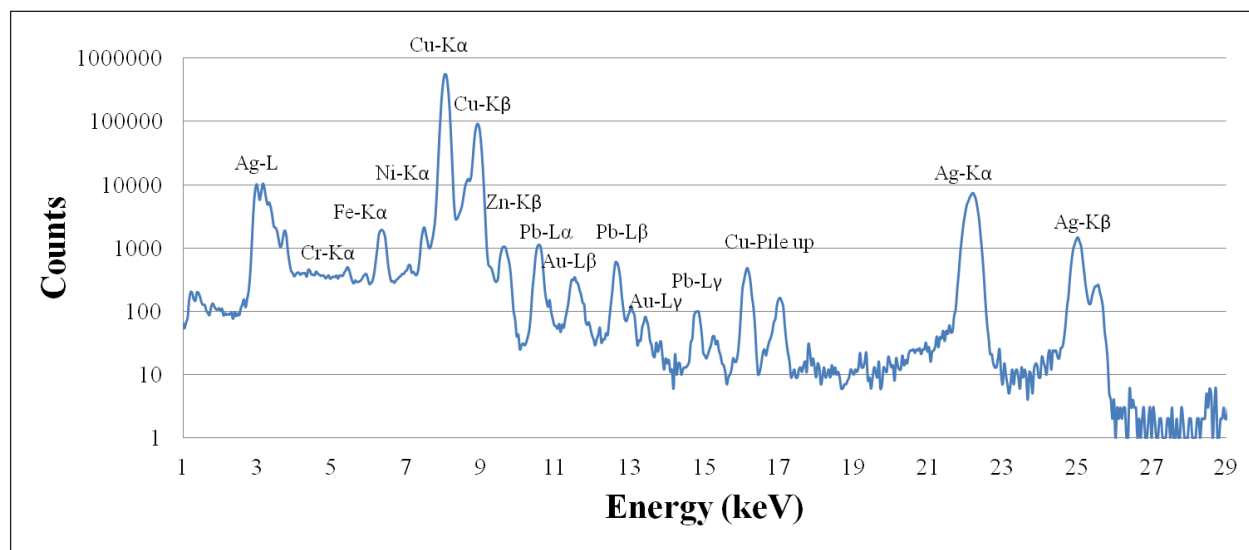
³¹ RÉVÉSZ 1996, 344, 121. tábla 36. A szíjvég leírására: RÉVÉSZ 1996, 35, 119; KAT. BUDAPEST 1996, 104. Az előoldalon lévő díszítés párhuzamaira: RÉVÉSZ 1996, 119, 524–525. j. A díszítés leírásához ld. még: BOLLÓK 2015, 251.

³² RYAN 2000.

³³ KERTÉSZ ET AL. 2009; SZOBOSZLAI 2009; SZIKSZAI ET AL. 2010; BALTA ET AL. 2015; HUSZÁNK ET AL. 2017.

³⁴ UZONYI ET AL. 2001, KERTÉSZ ET AL. 2005.

³⁵ CAMPBELL ET AL. 2010.



5. kép. 14-es sorszámú (HOM 94.82.C; 2. kép 7) fémleleten felvett röntgenspektrum
Fig. 5. X-ray spectrum recorded on metal artefact no. 14 (HOM 94.82.C; Fig. 2/7)

szeti tárgyak, leletek esetében, például a korróziós vagy készítménytechnológiai folyamatok hatására, a tárgy felszínének elemösszetétele jelentősen eltérhet a tárgy ún. tömbi anyagától.

Ennek a jelenségnek egy jól ismert példája az ezüst alapanyagú régészeti tárgyak esetében megfigyelhető, a felületen történő ezüstdúsulás. Ennek a felületi rétegnek a vastagsága néhány 10 és néhány 100 μm vastagságú is lehet,³⁶ amely jelentősen meghaladhatja a PIXE módszer információs mélységét. Az ezüst bedúsulására többféle magyarázatot is ad a szakirodalom, mint az öntés során történő szegregáció, szándékos hő vagy kémiai utókezelés, pl. fehérítés,³⁷ korróziós folyamatok vagy a restaurálás során alkalmazott eljárások. Emellett a felületen kialakult réz-oxid réteg is je-

lentősen befolyásolhatja a vizsgált felület kémiai elemösszetételét.

A fent említett problémák miatt az általunk vizsgált fémleletek néhány négyzetmilliméteres felületét megcsiszoltuk, amin utána etanolos tisztítást végeztünk. A csiszolt felületen felvett elemterképeken, elsősorban az ezüst (Ag) és réz (Cu) alapján választottuk ki az analitikai követelményeknek leginkább megfelelő területet a kémiai elemösszetétel meghatározásához. Ezt szemlélteti a 3. és 4. kép (3. kép 7; 4. kép 5–6), ahol a csiszolt felszínt a réz elemterképén látható sárga felszín reprezentálja. A 2. kép 7. fémlelet csiszolt és ezüstben dúsult felületén is elvégezve az analízist közel 20 tömegszázalékos abszolút eltérést tapasztaltunk az ezüst-tartalomban.

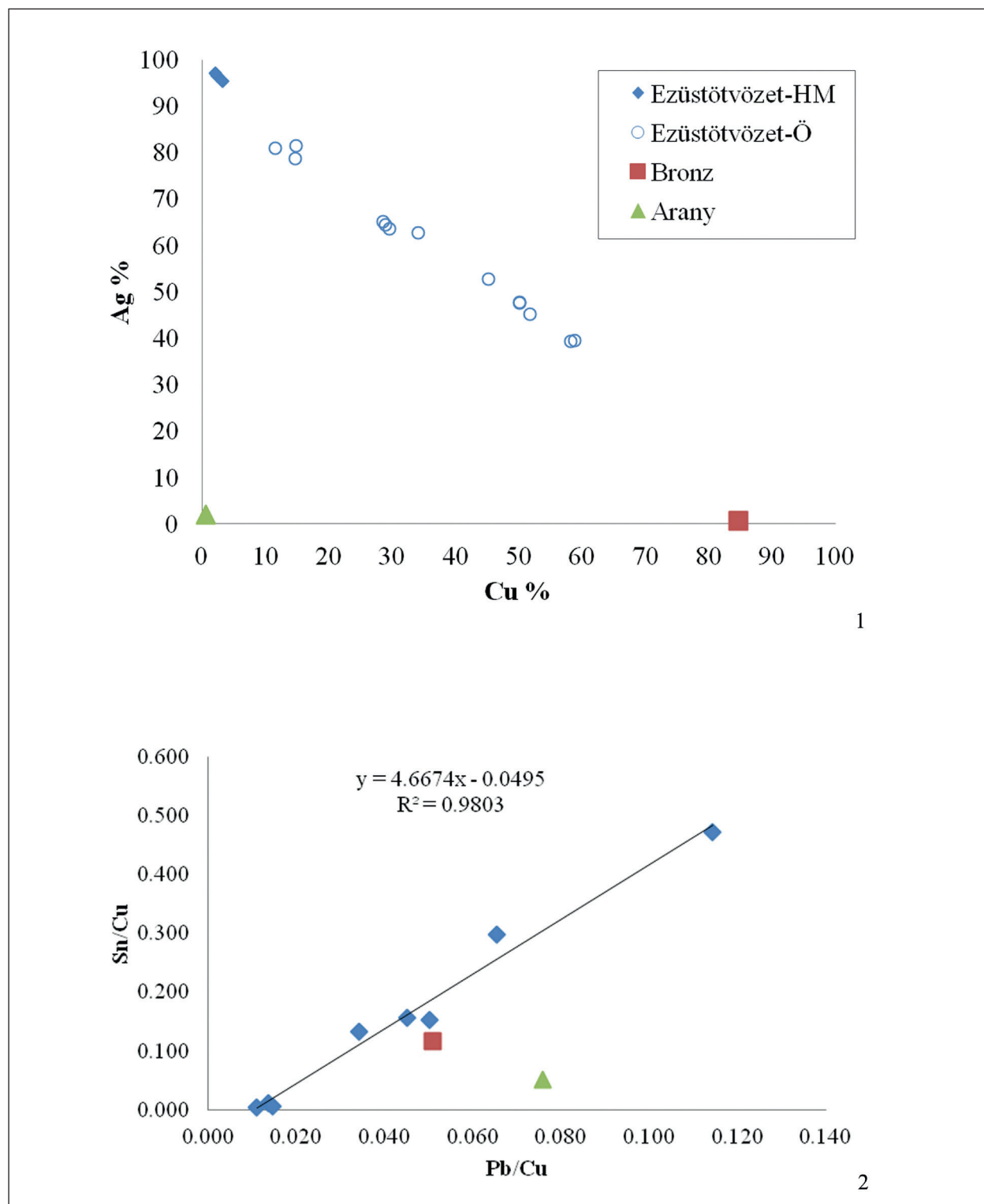
AZ ANYAG-ÖSSZETÉTELI EREDMÉNYEK A HÁROM FŐ ALKOTÓ SZERINT CSOPORTOSÍTVA

A karosi-sír leleteinek mikro-PIXE módszerrel meghatározott kémiai elemösszetétel adatait, az egyes kémiai elemekre vonatkozó detektálási határokkal együtt a 1. táblázat foglalja össze. Az adatok tömegszázalékban (m/m%) vannak megadva, amire a szövegben %-ként utalunk. A mért értékek relatív hibái (Rh) százalékban (%) vannak feltüntetve, amire a

szövegben %-ként fogunk hivatkozni. A táblázatban feltüntettük, hogy az adott fémlelet öntéssel (Ö) vagy hidegen végzett mechanikus eljárással (HM) készült-e. A leletek a fő-, mellék- és nyomelemek tekintetében nagyfokú változatosságot mutatnak; Cu (~2–84%), Ag (39–97%), Au (0,1–97%), Pb (0,2–4,3%). A vizsgált tárgyak ezüst-réz diagramját

³⁶ BECK ET AL. 2004; AGER ET AL. 2013.

³⁷ VÖ. GREIFF 2011.



6. kép. 1: A vizsgált tárgyak ezüst-réz diagramja; 2: Az ezüstötvezetek Sn/Cu és Pb/Cu arányait bemutató diagram. A diagramon külön ábrázoltuk a 17. sorszámú (HOM 94.82.17.; 3. kép 2) bronz (piros négyzet) és a 9. sorszámú (HOM 94.82.D; 2. kép 2) (zöld háromszög) fémleleteket, amelyek jelentős eltérést mutatnak a főtrendtől

Fig. 6. 1: The silver-copper diagram of the analysed finds; 2: Diagram of Sn/Cu and Pb/Cu ratio of silver alloys. Bronze find no. 17 (HOM 94.82.17.; Fig. 3/2) (red square) and metal artefact no. 9 (HOM 94.82.D; Fig. 2/2) are marked separately, as they differ from the main trend significantly

is elkészítettük (6. kép 1). A vizsgált fémleletek fő alkotói alapján három nagy csoport különíthető el, amelyek a következők:

Az arany alapú ötvözetből készült tárgyak

Aranynak tekinthető a megvizsgált, aranylemezből kivágott karikaékszer (3. kép 6) és a vékony szemfedőlemezként (2. kép 4) meghatározott aranytöredék (összetételük: ~96,5 % arany, ~1,9 % ezüst és 0,5–0,6 % réz). A két fémlelet elemösszetétel szempontjából nagyfokú hasonlóságot mutat, ami felveti a közös alapanyagból való készítés lehetőségét. Mindkét tárgyat feltehetően hideg megmunkálással készíthették. Az öntvények készítése esetén ugyanis szerepet kap az az általános ékszerkészítési gyakorlat, hogy az arany rézzel és/vagy ezüsttel történő ötvöztetésével alacsonyabb olvadási hőmérséklet érhető el, ami segíti a tárgy formálhatóságát.³⁸ Ez a mesterfogás jól ismert lehetett a 10. századi magyar ékszerkészítési gyakorlatban is. Erre utalt már korábbi tanulmányunk is, ahol a Szeged-Kiskundorozsma–Hosszúhát lelőhelyről származó aranytárgyak vizsgálati eredményeit bemutattuk.³⁹ Az aranytárgyak esetében ott is a legmagasabb aranytartalom 70–85%-os volt, melyhez fő ötvöző elemként 11–20%-ban ezüst, 3–9%-ban réz került.⁴⁰ A tiszta aranytárgyak, vagy azok esetében, melyek kevés ötvözőanyagot tartalmaztak, feltételezhetjük, hogy egyszerűbb volt a hideg megmunkálás.

A két aranytárgy közül a nyitott végű karikaékszer egy feliratos aranylemezből készült másodlagosan, de az anyag-összetételi eredmények alapján a szemfedőlemezeket is valószínűleg ugyanabból

vágták ki, majd kalapálták simára. A karikaékszer felületén lévő rajzolon egyértelműen betűk részletei láthatók, amelyek között az S betű különösen meggyőző. Mivel ez a betű a latin ábécé része, így az eredeti tárgy Nyugat-Európából származhat. Vagyis feltehetően egy kalandozó hadjárat során zsákmányolt feliratos aranylemezből vágták ki és készítettek belőle saját ízlésüknek megfelelő viseleti tárgyat, egy egyszerű nyitott végű karikaékszert. Az olvasható betűk és értelmezhetetlen jelek egy sorban, vegyesen mutatkoznak. Felmerült, hogy ez eredetileg egy varázsszöveget tartalmazó lemez lehetett.⁴¹

Az ezüst alapú ötvözetből készült tárgyak

A tárgyak jelentős része ezüst alapú ötvözetből készült. A korai magyar gazdag sírok fémveretei jellemzően ezüstötvözetekből készültek, ahogy azt már a 19. századi kutatók is megállapították. Ez jellemző volt az általunk vizsgált karosi sírra is.⁴² A vizsgált emlékek, három darab kivételével, mind ebbe a csoportba sorolhatók. Ezek a tárgyak 39–97% ezüst és 2–60% réztartalommal jellemezhetők.⁴³

A fémleleteket további alcsoportokba különíthetjük el az ezüst- és réztartalom alapján.

I. csoport: Ebbe a csoportba azok az emlékek tartoznak, melyek 95% feletti ezüsttartalommal rendelkező, hideg alakítással készített fémleletek.⁴⁴ Jellemzően olyan vékony lemezek, melyeket átfúrtak és így használtak fel a lószerszámzatnál (2. kép 5),

³⁸ PALLAI-VARGA 1999, 2. 8.

³⁹ CSEDREKI ET AL. 2015.

⁴⁰ CSEDREKI ET AL. 2015, 329–330.

⁴¹ TÜRK ET AL. 2021, 14. kép. Arany-, ezüst- vagy ólomlemezekre írt varázsszövegeket a római császárkortól kezdve ismerünk, amelyeket leggyakrabban hengeres vagy hatszögletű bullákra tettek. Ez a tárgytípus ismert volt a Bizánci Birodalomban, de a népvándorláskorban is előfordult. Jelen ismereteink szerint az eredeti tárgy valószínűleg az 5. században készült. Sajnos a kivágat túl kicsi a pontos azonosításhoz és a latin betűs szöveg olvasatához, így az eredeti tárgy biztos meghatározásához még további aprólékos vizsgálatokra van szükség. Meg kell ugyanakkor jegyezni, hogy a bizánci solidusok aranytartalmának tisztasága is hasonlóan magas. Az ionnyaláb analitikával megvizsgált VII. Konstantin császár által kibocsátott ilyen veret összetétele közel hasonló volt (~96,9% arany, ~2,8% ezüst és 0,31% réz) (DEMORTIER 2004, 497; DEMORTIER 2004a, 136; DEMORTIER 2005, 78). A magas aranytartalom számos öntött tárgy esetében megfigyelhető, vö. ODDY–LA NIECE 1986, 25.

⁴² RÉVÉSZ 1996, 35–36.

⁴³ Az egyes sírok különböző vereteinek eltérő réztartalmára vonatkozóan vö. NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2012, 137.

⁴⁴ Susanne Greiff, aki korábban szintén vizsgálta a karosi III. temető 11. sírjához tartozó készenléti íjtartó tegez vereteit, XRF mérése alapján a tárgy ezüsttartalma 94,9 %-os volt (GREIFF 2006, 17).

a készenléti íjtartó tegezen (2. kép 7), vagy a viselet részeként (3. kép 4). A vékony lemezek felhasználása a honfoglalás korában, ahogy az általunk vizsgált karosi temetőben is, általános gyakorlat volt.⁴⁵ Ezekkel a lemezekkel kapcsolatban felmerült az a lehetőség, hogy hideg alakítással megformált egykori pénzekből készültek. A pénzek ilyen típusú 10. századi Kárpát-medencei felhasználására már Kiss Attila is utalt a Mohács-Téglagyár lelőhely 5. sírjának kerek aranylemeze kapcsán,⁴⁶ és ezt a példát a 10. századi éremleleteket több összefoglaló munkában elemző Kovács László is elfogadta.⁴⁷ Érdemes tehát megvizsgálni annak a lehetőségét, hogy szőlő bármilyen archeometriai érv a mellett, hogy ezek az emlékeket, vagy azok közül bármelyiket ezüstérméből kalapálták volna át.⁴⁸ Különösen igaz ez a karosi sír készenléti íjtartó tegezéhez tartozó félkör alakú veretre, amely már formája alapján is egy félbe vágott szétkalapált ezüstpénzt sejtet az eredeti felirat már olvashatatlan, de részben még kivehető nyoma alapján. Annak megállapítására, hogy ezek az emlékek is értelmezhetők-e hasonlóképp, mint a mohácsi lelet, érdemes összevetni az anyagösszetételüket a korábbi vizsgálataink során közölt éremleletek anyagösszetételével.

Ha a korábbi kutatások során vizsgált éremleletek elemi összetételével⁴⁹ vetjük össze ezeket a lemezeket, akkor azt tapasztaljuk, hogy hasonlóan magas ezüsttartalmú emléket csak a pénzérmék között találunk (7. kép).⁵⁰ Az általunk vizsgált át-

kalapált, ezüstalapú ötvözetből készült lemezeknek a 3,32–2,13%-os réztartalma jóval nagyobb, mint a korabeli *miliaresionoké* (0,38–1,47%), azonban határozottan kisebb, mint a kortárs nyugat-európai vereteké,⁵¹ vagy a 11. századi Kárpát-medencei érméké. Leginkább a dirhemekhez és dirhemutánzatokhoz hasonló ez az ezüsttartalom elsősorban, ahol szintén 99,1–95,3% között található, míg a réz 4,42–0,17%-ban, az arany pedig 0,59–0,08%-ban van jelen. A jelen vizsgálat során elemzett leletek és a korábbi eredményeink összevetését egy háromszögdiagram segítségével érzékeltethetjük (7. kép 1), ahol az ezüst, arany és réztartalomra vonatkozó (az adatokat 100%-ra normálva) adatokat vettük figyelembe.⁵² Megállapítható, hogy az anyagösszetételi hasonlóságok annyira közeliak, amelyeket a kor ötvözesi színvonalán mesterségesen bizonyosan nem tudtak volna előállítani, ezek összefüggései pedig a következők.

A karosi leletek és a korábbi vizsgálati eredmények összevetése alapján megállapítható, hogy az elemösszetétel alapján a lószerszámmathoz tartozónak értékelt ezüstlemez (2. kép 5), Naszr ibn Ahmad 933-ban Sásban vert ezüst dirhemével,⁵³ míg a halott jobb oldalára helyezett tarsolyra varrt ezüstlemezdisz (3. kép 4) Iszmáil ibn Ahmad 907–908-ban Andaraban vert ezüst dirhemével⁵⁴ mutat hasonlóságot. Végül a tegez aljához erősített elkalapált félkör alakú, két sarkán és az alsó ív szélén, középtájt átfűrt ezüstlemez (2. kép 7) Almis, (Silki fia Yiltawár,

⁴⁵ RÉVÉSZ 1996, 96–97. Az ezüstlemez tárgyak egy részéről már több esetben is felvetődött, hogy azok a halott temetési ruházatának a részei lehettek, azonban ezt az elképzelést máig ható érvénnyel cáfolta Révész László (RÉVÉSZ 1996, 96–97).

⁴⁶ KISS 1983, 241.

⁴⁷ KOVÁCS 2012, 160. Kovács László korábbi munkájában még a pénzutánzatok között sorolta fel ezeket a leleteket (KOVÁCS 1989, 163).

⁴⁸ Fontos azonban azt is figyelembe venni, hogy számos olyan kerek ezüst emlék van, melyet korábban a numizmatikusok nem feltétlenül tartottak éremnek, függetlenül azok formai jellemzőitől és attól, hogy olyan leletösszefüggésben fordultak elő a sírokban ahogy az érmék is szoktak. Jó példa lehet erre a majsai temető 53. sírjának kerek verete (KISS 1983, 80). A felsorolásukat ld. KOVÁCS 1989, 163–164.

⁴⁹ CSEDREKI ET AL. 2015, 331–352.

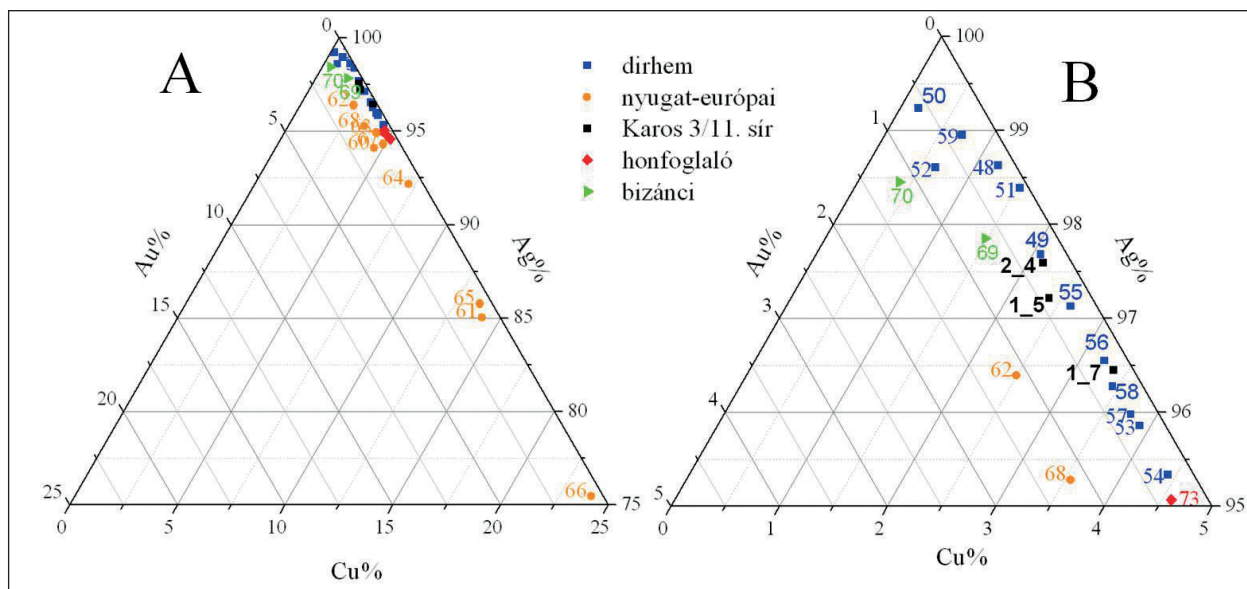
⁵⁰ A korábbi vizsgálatunk során a legmagasabb ezüsttartalommal a Szentes-Derekegyházi oldal 5. sír ezüstverete (KJM 2010.03.44.) rendelkezett (LANGÓ–TÜRK 2003, 14, 13. kép), azonban e veret esetében is jóval magasabb réztartalom (3,44%) figyelhető meg, mint a fentebb bemutatott karosi tárgyak esetében (CSEDREKI ET AL. 2015, 332).

⁵¹ A mért emlékek közül egyedül Odo 9. századi ezüst dénára a kivétel 2,47 %-os réztartalmával. Érdemes megemlíteni, hogy a bodrogszerdahelyi temető ezüstlemeze (NEVIZÁNSZKY–KOŠTA 2009, 309), melynek az XRF vizsgálat alapján 96,74%-os ezüsttartalma és 2,74%-os réztartalma volt (NEVIZÁNSZKY–KOŠTA 2012, 132. Tab. 1. Proben-Nr. 19567.) leginkább ezzel az ezüstérmével vethető össze.

⁵² Az ábrán a CSEDREKI ET AL. 2015 leletek sorszámai, míg a Karos III/11 leletek esetében a kép és a sorszám (pl. 1. kép 7.1_7) került feltüntetésre. Az ábrán feltüntettük a régészetiileg eltérő csoportokat is.

⁵³ CSEDREKI ET AL. 2015, 344. 1. táblázat 55.

⁵⁴ CSEDREKI ET AL. 2015, 343. 1. táblázat 49.



7. kép. A–B: A vizsgálatba bevont Karos-Eperjesszög III/11. sír leleteinek anyagösszetételi összefüggései más 10. századi pénzleletekkel

Fig. 7. A–B: Material composition relations of the finds from Grave III/11 in Karos-Eperjesszög included in the study with other coin finds from the 10th century

volgai bolgár uralkodó) számánida mintára vert ezüst dirhemeihez hasonló.⁵⁵ A vizsgált tárgyi leleteknek a dirhemekkel való ilyen szintű elemösszetételi hasonlósága mindenképpen erősíti azt a következtetést, hogy a tárgyakat pénzekből hideg megmunkálással készítették.

Fontos azonban azt is megjegyezni, hogy az azonos uralkodó nevében, de különböző helyen vert érmek – az eddigi eredmények alapján – ugyanúgy eltérhetnek összetételükben,⁵⁶ ahogy az azonos helyen, de különböző uralkodók által vert pénzek.⁵⁷ Azt is érdemes kiemelni, hogy az azonos időben és helyen vert pénzek is mutathatnak jelentősebb eltérést a mellék- és nyomelemek tekintetében.⁵⁸ Emiatt a tárgyalt karosi sír dirhemek alapján történő keltezését elsősorban csak a rendelkezésre álló régészeti anyag tükrében tarthatjuk elfogadhatónak.

II. csoport: Ebbe a csoportba sorolhatók azok a fémleletek, melyek 81,5–78,5% ezüst, 15–11% réz, 1%> arany és 1,1–0,9% ólomtartalommal rendelkeznek. Ilyen tárgy volt a készenléti íjtartó te-

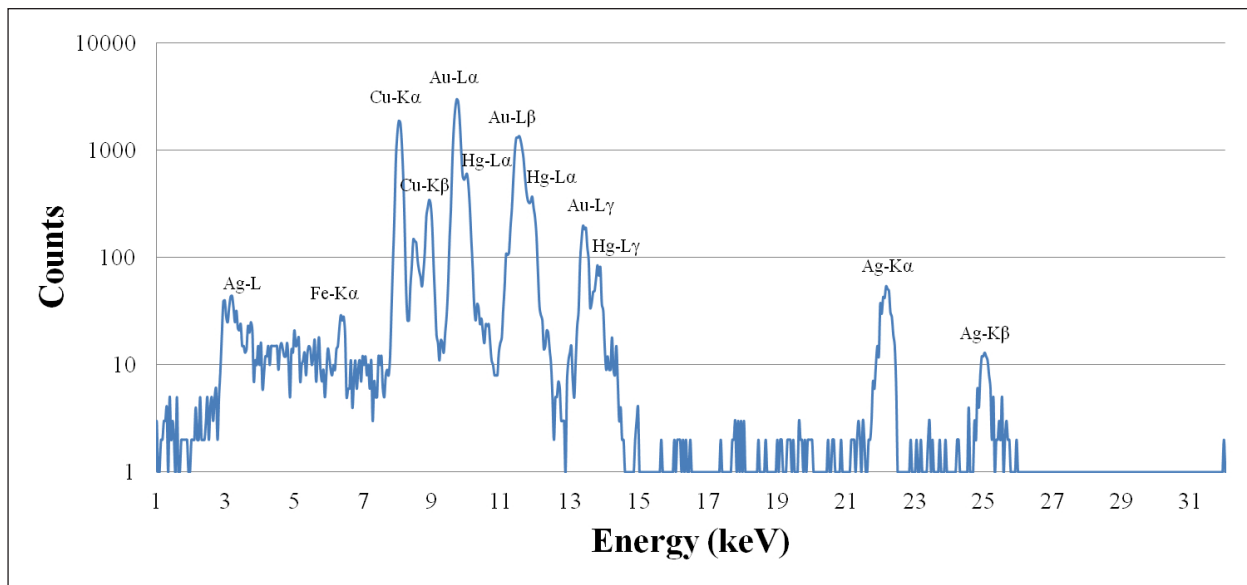
gezhez tartozó háromszög alakú aranyozott ezüst veret (3. kép 2) és az aranyozott ezüst gyöngsorkeretes nyújtott csepp alakú veret (3. kép 3), valamint a veretes övhöz tartozó nagyszíjvég (1. kép 2). Az azonos anyagminőségi csoportba sorolt tárgyak számos további információval szolgálnak a karosi sírban talált leletek készítésével kapcsolatban. A készenléti íjtartóhoz tartozó veretek közül a vizsgálat során nem volt mód minden egyes emlék mérésére, azonban az egyes verettípusok vizsgálatából az is kiderült, hogy a veretekkel díszített tárgy összes verete nem azonos minőségű anyagból készült. A fentebb említett két verettípus, melyek közül az egyik a tegez felső harmadában, a másik pedig a tegez alsó harmadában helyezkedett el, hasonló anyagösszetételű volt. Ezek a veretek rendelkeztek a legmagasabb ezüsttartalommal a tárgyon, azonban egymáshoz hasonlított összetételük még így is mutat bizonyos eltéréseket, ami inkább az eltérő nyersanyagból való készítést valószínűsíti. Annyi azonban bizonyos, hogy a készenléti íjtartó

⁵⁵ CSEDREKI ET AL. 2015, 344. 1. táblázat 56, 58. áll a legközelebb elemösszetétel szempontjából.

⁵⁶ Pl. Iszmáil ibn Ahmad, vagy Naszr ibn Ahmad vizsgált érmei, vö. CSEDREKI ET AL 2015.

⁵⁷ Pl. Iszmáil ibn Ahmad és Naszr ibn Ahmad Balh-ban vert dirhemei, vö. CSEDREKI ET AL 2015, 333–335. A dirhemek változatos fémösszetételére vonatkozóan nemzetközi kitekintésben ld. még: ENIOSOVA 2012, 267–269.

⁵⁸ Vö. CSEDREKI ET AL. 2015, 1. táblázat a 56–58. dirhemek ólomtartalma.



8. kép. A 16. sorszámu fémlelet (HOM 94.82.K; 3. kép 1) aranyozott felületén felvett röntgenspektrum
Fig. 8. X-ray spectrum recorded on the gilded surface of metal artefact no. 16 (HOM 94.82.K; Fig 3/1)

tegez további díszei eltérő ötvözetek voltak, tehát biztosan nem egyszeri öntéssel, vagyis tökéletesen azonos alapanyagból készítette az egyes vereteket a korabeli ötvösmester.

Hasonló mondható el a halott szíjának díszítéseiről is. A szíjhoz kapcsolódóan a nagyszíjvég lényegesen magasabb ezüsttartalommal bírt, mint a csat vagy a megvizsgált övveret, így ezen emlék összes darabja sem készülhetett azonos nyersanyagból.

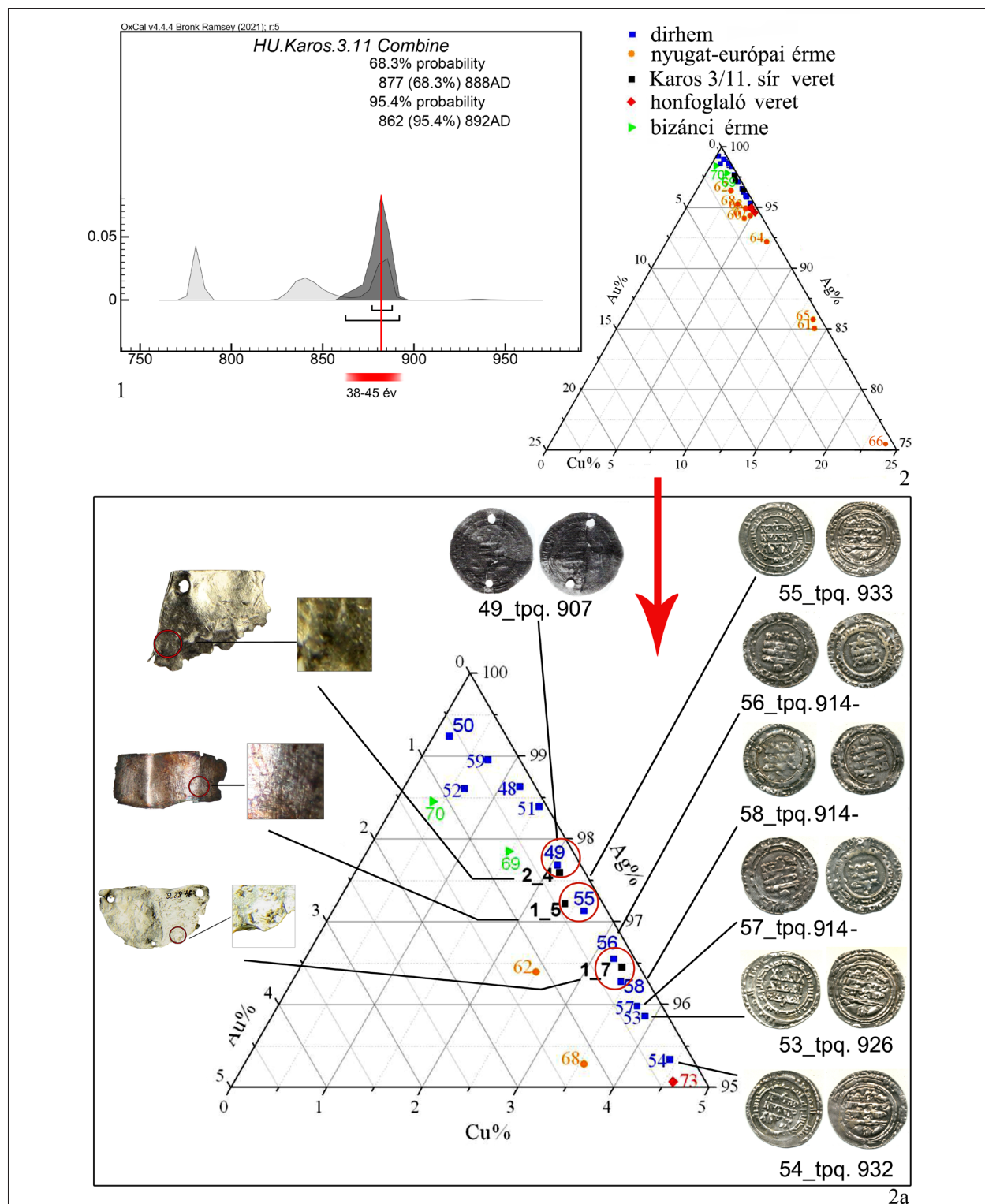
A ruha-, vagy övveretek – más, korábban vizsgált sírokhoz hasonlóan – jó minőségű ezüsből készültek.⁵⁹ Az eddigi vizsgálatok arra utalnak, hogy

az egy adott tárgyhöz kapcsolódó azonos jellegű vereteket általában ugyanolyan nyersanyagból állították elő.⁶⁰ A rendelkezésre álló adatok alapján azonban az is valószínűsíthető, hogy egy adott tárgy díszítéséhez, különböző nyersanyagból készített vereteket is felhasználtak. Ez jól megfigyelhető mind a karosi készenléti íjtartó tegez, mind a veretes öv eltérő anyagösszetételű veretei kapcsán. E megfigyelésből adódóan nem zárható ki az sem, hogy az adott tárgyakhoz már korábban elkészített vereteket is felhasználhattak.⁶¹

⁵⁹ A párhuzamok kapcsán: Budapest-Farkasrét lelőhely övdíszai: 79,44–79,29 % ezüst; 7,33–6,8 % réz (Az öv közlését ld. DIENES 1973, 192–200). Az övhöz kapcsolódó XRF mérés eredményeire ld. GREIFF 2006, 11–12; Anhang I. 8–11; GREIFF 2012, 244. Tab. 1. 4–10. Hasonló a Harta–Freifelt 3. sír (CSEDREKI ET AL. 2012, 274–276), Szentes–Kiskundorozsma–Hosszúhát 595. sír négyzetes ruha-, vagy övveretei: 83–82% ezüst; 14,8–14% réz vagy a Szeged–Bojárhalom 3. sír egyik verete: 87% ezüst; 9,19% réz (CSEDREKI ET AL. 2015. 1. táblázat No. 7 a–b; 36). A gnadendorfi sír veretei esetében: 92–77% ezüsttartalom, 22–2,3%-os réztartalom (MEHOFER–GREIF 2006) volt megfigyelhető. A bodrogszerdahelyi temető 2. sírjának geszterédi típusú verete: 89,65% ezüst, 7,97% réz, (NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2012; a verettípus áttekintésére ld. LANGÓ 2016), míg a zempléni sír veretei: 90,87–82,05% ezüst, 3,42–2,83% réz (GREIFF 2012, 246. Tab. 2. Analysis no. 10; 22). Az XRF módszerrel eddig vizsgált bulgáriai veretek kapcsán is az állapítható meg, hogy ha az adott veret alapvetően ezüstötvözet volt, akkor általában 94,2–80,1%-os ezüsttartalommal és 12,8–5,9%-os réztartalommal rendelkezett. Vö. INKOVA 2012, 280–281. Tab. 1. Mariela Inkova EDR műszeres mérésű (INKOVA 2012, 279) adatsora sajnos azonban mérési hibákat is rejt magában, így például a Tab.1. No. 80. adatsor nem értelmezhető. A 80. sor esetében a tömegszázalékos adatok összege nem 100%, hanem 64,9%, még a Tab.1. No. 81. sor esetében vizsgált aranyozott rész esetében kerekítési hibákat találunk, mivel 100% helyett 100,1%-ot kapunk az adatok összeadását követően, hasonlóan kerekítési hiba van a Tab.1. No. 82. sorban elemzett veretrész esetében a 100% helyett 101,8%-os értéket kapunk.

⁶⁰ Ezt támasztja alá többek közt a farkasréti veretek elemzése: GREIFF 2006, 11–12; Anhang I. 8–11; GREIFF 2012, 244. Tab. 1. Nr. 4–10.

⁶¹ Egyes veretek másodlagos felhasználására vonatkozóan ld. LANGÓ 2012, 49–51.



9. kép. Karos-Eperjesszög III/11. sír természettudományos vizsgálatainak eredményei. 1: A temetkezés radiokarbon kormeghatározásának kalibrált eredménye (Somogyi P. munkája) és a leletek között kimutatott pénzek, illetve az antropológiai kor időrendi összefüggései; 2–2a: Mechanikailag megmunkálással készült ezüstleletek a sírban és anyagösszetételi összefüggéseik más 10. századi pénzleletekkel

Fig. 9. Results of the natural scientific analyses of Grave III/11 from Karos-Eperjesszög. 1: Chronological connections of the calibrated results from the radiocarbon dating of the burial, the coins distinguished among the finds, and the anthropological age (by P. Somogyi); 2–2a: Silver finds from the grave produced by mechanical shaping, and their material composition connections with other 10th-century coin finds

III. csoport: Ide tartoznak azok az ötvözetek, melyek 62–65% ezüst, 28,6–34,1% réz, 1%> arany és 0,7–1,5% ólomtartalommal rendelkeznek és szintén nagyfokú hasonlóságot mutatnak. A lószerszámzat kantárázathoz tartozó pajzs alakú szíjvég (3. kép 3), a készenléti íjtartó tegez közepén áttört aranyozott ezüst rombusz alakú verete (2. kép 6), valamint az övhöz kapcsolódó csat (2. kép 3) és a megvizsgált övveret (3. kép 8). A tárgyak jól látható módon teljesen különböző leletkontextushoz (lószerszámzat, készenléti íjtartó tegez, veretes öv) tartoztak, formai kialakításuk és mintázatuk is eltérő, így nem valószínű, hogy azonos nyersanyagból, egy időben készültek volna.

A készenléti íjtartó tegezhöz kapcsolódó rombusz alakú áttört veret mért adatai megerősítik a II. csoportba sorolt emlékek kapcsán, a készenléti íjtartótegez vereteiről tett fentebbi megállapításokat. A több mint 150 veretet tartalmazó emlék díszzeit különböző nyersanyagból készítették.⁶²

Röviden érdemes kitérni a veretes öv jelen csoportba sorolt emlékeire is. Azok a hasonló ezüst- és réztartalom alapján akár azonos nyersanyagból is készülhettek, ezt erősíti a közel azonos ólom- és bizmuttartalom is, amely nyomelemként mind a két tárgyban megtalálható.

A kantárázathoz kapcsolódó szíjvég kapcsán pedig ugyancsak elmondható, hogy a kantárat többi vizsgált elemétől eltérő forrásanyaga arra utalhat, hogy annak vereteit más nyersanyagból öntötték, esetleg már egy meglévő darabot használtak fel.

IV. csoport: Ebbe a csoportba azok a leletek tartoztak, amelyek 45% feletti réztartalom-

mal rendelkeznek és az ezüsttartalom a tárgyak anyagösszetételében már nem éri el az 50%-ot. A lószerszámveretek közül ilyen volt a kantárrózsa (3. kép 1), a pofaszíjhoz tartozó vizsgált veret (3. kép 5), a szügyelőveret (2. kép 1). A készenléti íjtartó tegez veretei közül e csoportba sorolható a téglalap alakú aranyozott ezüst veret (3. kép 1), az aranyozott ezüst téglalap alakú alapon lévő hasított palmiettás háromágú veret (3. kép 7) és a kis méretű, rozettás fejű szegecs (3. kép 4).

A lószerszámveretek esetében a magas réztartalom jól magyarázható azzal, hogy az ötvözet így jóval kopásállóbbá vált,⁶³ valamint az így kapott fémösszetétel során alacsony maradt az ötvözet olvadáspontja⁶⁴ és a cink (adott esetben sárgaréz) hozzáadása segített megőrizni a kész tárgy jellegzetes ezüstös színét is.⁶⁵ A kantárrózsa és a veret anyagösszetétele jelentős eltéréseket mutat, ami az eltérő nyersanyagból való készítést valószínűsíti. A szügyelőveret összetétele eleve különbözik ezektől a verektől, ami valószínűleg jól magyarázható a tárgy kialakításával és használati helyével.⁶⁶ Ezen adatok alapján azt valószínűsíthetjük, hogy a lószerszámveretek okkal készültek nagyobb réztartalmú ötvözetekből, s az egykori mesterek pontosan felmérték, hogy az adott formai jellegű emlékekhez, milyen típusú ötvözet a legalkalmasabb. Az is megfigyelhető volt, hogy általában az erősebb kopásnak kitett tárgyakat ennek figyelembevételével készítették, míg a kevésbé érintetteket (pl. a szíjvég), magasabb ezüsttartalmú ötvözetből is előállíthatták. Megfigyelhető volt az is, hogy a vereteket (kantárrózsa, szíjveretek) nem teljesen azonos nyersanyag-

⁶² 2006-ban XRF módszerrel a készenléti íjtartó tegezhöz kapcsolódó, az egykori tárgyat bemutató posztamensen közepén lévő veret (GREIFF 2006, Anhang I 18–19) anyagösszetételét Susanne Greiff is megvizsgálta. A két mintavételi pontban eltérő anyagösszetételt detektált, míg megadta annak középtértékeit is (GREIFF 2006, 17; GREIFF 2012, 245. Tab. 1. Nr. 34–35):

	Ag	Cu	Au	Zn	Sn	As	Pb	Bi
1. mérési pont	63,26	28,24	0,59	0,29	5,48	0,05	1,55	0,38
2. mérési pont	74,61	15,3	0,75	0,1	7,05	0,08	1,67	0,41
Középtérték	68,99	21,77	0,67	0,2	6,27	0,07	1,61	0,4
Szórás	5,63	6,47	0,08	0,1	0,78	0,02	0,06	0,02
Az általunk végzett mérés eredménye	65,060	28,639	0,488	0,179	3,811	0,163	0,977	0,317

Mivel az általunk vizsgált leletnél azonosítható középső kék gyöngy díszítése, addig a Susanne Greiff által vizsgált – a posztamensen közepén lévő – emlék esetében ez a díszítés hiányzik, így biztosan különböző vereteket vizsgáltunk. A közel azonos mért eredmények arra utalhatnak, hogy a készenléti íjtartó azonos formai kialakítású darabjai azonos nyersanyagból készültek. Az XRF és a PIXE vizsgálatok eredményének összehasonlításának lehetőségére vonatkozóan ld. CSÉDREKI ET AL. 2015a.

⁶³ NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2012, 137; GREIFF 2012, 251; CSÉDREKI ET AL. 2015, 331.

⁶⁴ NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2012, 137.

⁶⁵ GREIFF 2011, 484–485; GREIFF 2012, 250–251.

⁶⁶ Hasonló figyelhető meg a bodrogszerdahelyi temető 2. sírjának nagyméretű, pajzs alakú veretével (NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2009, 3008; NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2012, 122; 133. Tab. 1. Proben-Nr. 18520).

ból öntötték, tehát nem biztos, hogy egyszeri öntés alkalmával készültek.

A készlenléti íjtartó tegezhez kapcsolódó és a fentebbi csoportba sorolt veretek esetében azt tapasztaltuk, hogy mindegyik vizsgált verettípus eltérő anyagösszetétellel rendelkezik. Érdekes módon ezen verettípusok esetében a Susanne Greiff korábbi XRF vizsgálatai során közölt adatok szignifikáns eltérést mutatnak az általunk mért eredményektől.⁶⁷ Ennek oka valószínűleg az lehet, hogy maguk a verettípusok is több öntés során készültek, s ebben az esetben – hasonló módon a korábbi vizsgálati eredményekhez⁶⁸ – kevésbé figyeltek oda a készítőkre, hogy az egyes öntvények ezüsttartalma nagyobb mértékben is eltért egymástól. Elmondható tehát, hogy a nagy sorozatszámú készített azonos verettípusok esetében sem minden esetben használtak feltétlenül azonos nyersanyagot, amelyből az összes veret elkészíthették.⁶⁹ Ennek ellenére jól látható, hogy a kisméretű szegecsnél mind a két vizsgálat magasabb réztartalmat mutatott ki, ami szintén arra utalhat, hogy ezeket a darabokat eleve úgy készítették, hogy kopásállóbbak legyenek, mint

a tegez finomabb kidolgozottságú rombusz alakú veretei.

Általános megállapítások az ezüsttartalmú veretek kapcsán

Általánosan elmondható, hogy az ezüstötvözetek esetében az 1%-ot meghaladó aranytartalom utalhat az ún. *recyclingra*, vagyis arany vagy aranyozott tárgyak újrafelhasználására. A lószerszámzat esetében a kantárrózsa (3. kép 1), a sügyelőveret (2. kép 1), valamint a készlenléti íjtartó tegez esetében az áttört, háromszög alakú aranyozott ezüstveret (3. kép 2) esetében sikerült kimutatnunk az 1% körüli vagy azt meghaladó aranytartalmat, ami bizonyíthatja a fentebb említett újraöntés gyakorlatát.

A készlenléti íjtartó tegez egyes veretei esetében (rombusz alakú áttört veret [3. kép 1], 2.5: aranyozott ezüst gyöngysorkeretes, nyújtott csepp alakú veret [3. kép 3]), valamint az övhöz kapcsolódó fémdíszek (csat [2. kép 3], övveret [3. kép 8], szíjvég [2. kép 2]) esetében 3,8% feletti óntartalmat figyelhetünk meg. Az olvadáshoz való szándékos

⁶⁷ Az aranyozott ezüst téglalap alakú alapon lévő hasított palmettás háromágú veret esetében (GREIFF 2012, 245. Tab. 1. Nr. 36–37).

	Ag	Cu	Au	Zn	Sn	As	Pb	Bi
1. mérési pont	77,73	18,62	1,19	0,4	0	0,05	1,78	0,22
2. mérési pont	75,81	20,56	1,16	0,43	0	0,03	1,78	0,21
Középtérték	76,77	19,59	1,18	0,42	0	0,04	1,78	0,22
Szórás	0,96	0,97	0,02	0,02	0	0,01	0	0,01
Az általunk végzett mérés eredménye	45,061	51,842	0,445	1,024	0,294	0,115	0,753	0,088

Jól látható a szignifikáns eltérés a veretek esetében. Fontos azt is kiemelni, hogy Susanne Greiff egy másik darab veretét vizsgált, mint amelyiket mi (a német kutató a posztamensen a rombusz alakú veret alsó sarka alá helyezett veretét vizsgálta, míg mi a rombusz alakú veret rendezői jobb sarka melletti veretét mértük), valamint azt is érdemes megemlíteni, hogy míg mi a veret hátoldalán végeztük a vizsgálatot, addig a német kutató az előoldalon. Az elő- és a hátoldal vizsgálata azonos módszer esetén (XRF) más esetben is eltérő eredményeket adott (NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2012, 133. Tab. 1. Proben-Nr. 18519–18520; 18532–18533; 18534–18535). A vizsgálatssorozatban különösen érdekes az egyik pajzs alakú lószerszámveret (NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2009, 308), melynek az előoldalán 13,79%-os réztartalmat, a hátoldalán pedig 99,06 %-os réztartalmat mértek a kutatók (NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2012, 133. Tab. 1. Proben-Nr. 18521–18522). A jelenség hátterében, amint arra Nevizánsky Gábor és Jiří Košta felhívta a figyelmet, az a készítése technikai gyakorlat állt, hogy a veretek előoldali felületének réztartalmát úgy csökkentették, hogy az egyes tárgyakat savas, vagy sós oldatba merítették (NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2012, 137).

A kis méretű, rozettás fejű szegecs esetében a német kutató eredményei: GREIFF 2012, 245. Tab. 1. Nr. 38.

	Ag	Cu	Au	Zn	Sn	As	Pb	Bi
Susanne Greiff eredményei	66,35	30,34	0,91	0,58	0	0,04	1,57	0,18
Az általunk végzett mérés eredménye	52,699	45,273	0,59	0,203	0	0,102	0,743	0

Ebben az esetben is jól látható a szignifikáns eltérés. Meg kell említenünk, hogy Susanne Greiff ebben az esetben is egy másik veretét vizsgált (a német kutató a posztamens alsó részre felhelyezett, a tegez középtengelyében lévő szegecs közlül alulról a negyedik darabot vizsgálta, mi pedig a készlenléti íjtartó tegez posztamensének alján, a rendezői jobb oldalon futó veretsor egyik tagját mértük meg). Ebben az esetben mind a német kutató, mind mi a veretek előoldalán végeztük a méréseket. Az eltérés oka lehetett a tisztítás mértéke is, amint azt Natalja Jenyiosova muszlim dirhemeken végzett vizsgálata igazolta (ENIOSOVA 2012, 265. Tab. 3).

⁶⁸ KÓBOR 2004.

⁶⁹ Ennek oka az öntőformák méretében is kereshető vö. BAYLEY–LEHLEN 2007. Több azonos öntvény készítése gyakorlatának experimentális hátterére vonatkozóan ld. BIRÓ–SZENTHE 2011, 163; MINASZIAN 2014, 120–124.

ón hozzáadása ezüstötvözetek esetében kevésbé jellemző,⁷⁰ ezért az ón jelenléte a bronz, mint fő rézforrást jelezheti.⁷¹ Ezzel összhangba hozható az a megfigyelésünk is, hogy az ólomtartalom is ezen tárgyak esetében volt a legmagasabb. Mindez azt feltételezi, hogy a már szintén kész bronztárgyakat olvaszthattak újra és használhattak fel nyersanyagként és ötvözőelemként.

A lószerszámzatnál a kantárrózsa (4. kép 1) és a kantárveret (2. kép 1), a készenléti íjtartó tegez esetében a rombusz alakú veret (2. kép 6) és az ezüst gyöngysorkeretes, nyújtott csepp alakú veret (3. kép 3), az övdíszek tekintetében pedig az övveret (3. kép 8) és a nagyszíjvég (2. kép 2) esetében a felületi aranyozott rétegen is végeztünk szemi-kvantitatív elemösszetétel meghatározást. Az aranyozott felületen felvett tipikus röntgenspektrumot mutat be a 4. kép 5–6. A felületi réteg higanytartalma alapján a tárgyak felületi díszítésére tűzaranyozási technikát alkalmaztak. Korszakból ismert, más lelőhelyekről származó további ezüstleleteken is ezt a technikát lehetett azonosítani.⁷²

A vizsgált réz alapú ötvözet

A vizsgálat során mindössze egy olyan tárgyat vizsgáltunk, amely a réz alapú ötvözetek közé sorolható. A négyzet alakú bronz nyeregveret (4. kép 2) összetétele alapján ~85% réz, ~10% ón és 4,3% ólomtartalmával bronznak tekinthető. A fő alkotók mellett nyomelem mennyiségben megtalálható az ezüst (0,5%), vas (0,16%) és az arzén (0,3%) is. Korábbi vizsgálataink alapvetően az ezüstötvözetekre koncentrált,⁷³ ahogy a témában megjelent német kutatási eredmények is.⁷⁴ 10. századi Kárpát-medencei emlékek kapcsán réz alapú ötvözetekre vonatkozó vizsgálatot – a jászfényszarui bronz rozettás lószerszámzatnál⁷⁵ kívül – Nevizánszky Gábor és Jiří Košta végzett a bodrogszerdahelyi temető 2. sírjához kapcsolódó emlékek vonatkozásában.⁷⁶ A bodrogszerdahelyi síjívég⁷⁷ azonban anyagösszetétel szempontjából (68% réz és 11,78% ón) nem vethető össze a karosi nyeregverettel. Hasonló anyagösszetételű ötvözetek azonban Kelet-Európa 9–10. századi emlékei tekintetében széles körben megtalálhatók.⁷⁸ A modern orosz archaeometriai klasszifikációs besorolás alapján ez az emlék az ónbronzzok (CuSn) közé sorolható.⁷⁹ Az anyagösszetétel tágabb Kárpát-medencei értelmezését majd csak e tekintetben végzett, szélesebb körű archaeometriai vizsgálatok elvégzését követően lehet érdemben értékelni.

Érdemesnek tűnt összevetni azonban a megvizsgált bronztárgyat az ezüst alapú ötvözetekkel is. Arra a kérdésre kaphatunk ugyanis választ, hogy a vizsgált ezüstötvözetek készülhettek-e korábbi bronztárgyak felhasználásával. Mivel az ón és antimonit hasonlóan viselkedik, mint az ólom a fémmegmunkálási folyamatok során, ezért ezen elemek arányai támpontot adhatnak az ilyen jellegű összehasonlítás-hoz. Amint azt már korábban megállapítottuk, ilyen korábbi bronztárgyak felhasználása az ezüstitárgyak ötvözőadalékként elképzelhető, azonban az is jól látható, hogy ezek a felhasznált bronztárgyak bizonyos tárgyak esetében eltérőek voltak. E tekintetben három tárgyat érdemes kiemelni: a bronz nyeregveret (2. kép 5), a készenléti íjtartó tegezhez tartozó háromszög alakú aranyozott ezüst veretet (3. kép 2), valamint a veretes öv síjívége (4. kép 3). Ezek esetében ugyanis jól látható módon a többi ezüstalapú ötvözetől eltérő rézötvözetet használtak fel adalékanyagként.

Az ezüstötvözetek Sn/Cu és Pb/Cu arányait mutatja be az 6. kép 2. A diagramon külön ábrázoltuk a bronz nyeregveretet (piros négyzet) és az ezüst ala-

⁷⁰ Meg kell azonban azt is jegyezni, hogy a kis mennyiségű ón és cink hozzáadása esetén az ötvözet ezüsttől eltérő színváltozását is lehet kompenzálni (NEVIZÁNSZKY–KOŠTA 2012, 137).

⁷¹ Hasonló jelenséget detektált a bodrogszerdahelyi veretek esetében Nevizánszky Gábor és Jiří Košta is (NEVIZÁNSZKY–KOŠTA 2012).

⁷² CSÉDREKI ET AL. 2012.

⁷³ CSÉDREKI ET AL. 2012; CSÉDREKI ET AL. 2015.

⁷⁴ MEHOFER–GREIFF 2006; GREIFF 2006; GREIFF 2011; GREIFF 2012.

⁷⁵ KURUNCZI–LANGÓ 2000.

⁷⁶ NEVIZÁNSZKY–KOŠTA 2012, 133. Tab.1. Proben-Nr. 19561.

⁷⁷ NEVIZÁNSZKY–KOŠTA 2009, 308.

⁷⁸ KONOVALOV 2008; JENISZOVA ET AL. 2008; INKOVA 2012.

⁷⁹ JENYIOSZOVA ET AL. 2008, 131.

pú ötvözetek II. csoportjába sorolt háromszög alakú (3. kép 2) aranyozott ezüst veret (6. kép 2). A fémleletek jelentős részénél erős sztochasztikus kapcsolat figyelhető meg az ólom és az ón rézhez viszonyított relatív tartalma között. A diagrammon jól látszik, hogy a bronz nyeregveret (2. kép 5) elemösszetétele eltérést mutat az ezüstitvözetektől, s ez mindenféleképpen eltérő nyersanyagforrás felhasználását is jelentheti. Hasonlóan jelentős eltérés tapasztalható a már említett háromszög alakú aranyozott ezüstveret (3. kép 2) esetében. Eltérő nyersanyagforrása lehetett a szíjvégnek (4. kép 3) is, amit az ón rézhez viszonyított relatív aránya jelez. Ez ennél a tárgynál eléri az 50%-ot, ami közel négyszerese a vizsgált nyeregveret (2. kép 5) ón/réz arányának.⁸⁰

Összefoglalás

Ebben a munkában részletesen bemutattuk a Karos-Eperjesszög III. temető 11. sírjából származó 19 darab régészeti fémlelet részletes elemanalitikai vizsgálatát, amelyet az Atommagkutató Intézet (ATOMKI), Ionnyaláb-alkalmazások Laboratóriumában végeztünk mikro-PIXE (részecske indukált röntgenemisszió) analitikai módszerrel.

Az analitikai vizsgálat eredményeit felhasználva három főcsoportot különítettünk el, amelyek az aranyötvözetek, az ezüst- és a réz alapanyagú leletek. Az egyes főcsoportokon belül az elemösszetétel alapján vizsgáltuk a tárgyak egymáshoz való viszonyát, amely a sírban talált leletek nagyfokú heterogenitását mutatja az alapanyag és készítes-technika szempontjából. Az aranylemezek és az ezüstlemezek kapcsán nagy a valószínűsége annak, hogy a tárgyakat kalapálással, hidegmegmunkálással készítették és alapanyaguk korabeli pénzérmék lehettek. Az aranyak esetében az S betűs feliratú aranytárgy miatt nyugat-európai eredetű aranytárgy, míg az ezüstök esetében pedig muszlim dirhemek valószínűsíthetők. A hidegen alakított ezüstlemezek anyagösszetétele alapján egyértelmű összefüggést sikerült kimutatni konkrét dirhemekkel. A temetkezés 2019-ben elvégzett friss embertani kormegha-

tározása alapján egy 38-45 éves kora körül elhunyt férfi hagyatékáról van szó, akinek archeogenetikai vizsgálatok nyomán előzetesen rokoni, testvéri kapcsolata mutatható ki a lelőhely másik kiemelkedő temetkezésével a Karos-Eperjesszög II. temető 52. sírjával.⁸¹

Az adott fém tárgyak pontosabb keltezéséhez kapcsolódóan azonban további archaeometriai vizsgálatok szükségesek mind a bizánci, mind a muszlim érememlékanyag tekintetében. Fontos további részeredménynek számít, hogy a karosi veretek esetében – hasonlóan a korábban vizsgált más sírokhoz⁸² – is kimutatható volt, hogy a különböző tárgyakra készített ezüstitvözetek más-más elemösszetétele aszerint változhatott, hogy mennyire volt fizikai igénybevételnek kitéve az adott tárgy, illetve, hogy az adott ötvözőanyagok hogyan befolyásolták a készítmény alakíthatóságát, fizikai tulajdonságait.

Sikerült azt is megfigyelnünk, hogy az egyes kis darabszámú azonos verettípusokat, nagy valószínűséggel azonos nyersanyagból készítették, azonban a készenléti íjtartó tegez és az öv eltérő díszeit különböző nyersanyagokból alakíthatták ki. Felmerült annak a lehetősége is, hogy már meglévő verettípusokat válogattak össze a díszítéshez. Ebben az esetben azonban azt is figyelembe vehette a tárgy díszítését készítő mester, hogy az adott verettípus ötvöze milyen – fentebb említett – fizikai tulajdonságokkal rendelkezett.

Nagy valószínűséggel ötvözőanyagként felhasználtak az ezüst alapú ötvözetekhez különböző korábbi bronz tárgyakat is. A lószerszámveret, a készenléti íjtartó tegez és a veretes öv bizonyos maradványai esetében sikerült szignifikáns különbségeket megfigyelnünk a feltételezett bronz nyersanyagok tekintetében is, ami az adott emlékek vonatkozásában szintén eltérő nyersanyagok felhasználását jelentette.

Általánosan elmondható, hogy az elemanalitikai adatok bizonytalansága nagyban függ az alkalmazott technika jellemzőitől és a vizsgált tárgy felületi tulajdonságaitól. Emiatt a tárgyak összehasonlítását

⁸⁰ A korábban vizsgált bronz tárgyak esetében akár 300% ón/réz arány is tapasztalható volt, ami az ónbronzen adalékanyagként való használatára enged következtetni.

⁸¹ TÜRK ET AL. 2021.

⁸² NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2012; GREIFF 2011; GREIFF 2012.

1. táblázat. A karosi III/11. sír leleteinek mikro-PIXE módszerrel meghatározott kémiai elemösszetétel adatai, az egyes kémiai elemekre vonatkozó detektálási határokkal. Az adatok tömegszázalékban (M/M%) vannak megadva. A mért értékek relatív hibái (Rh) százalékban vannak feltüntetve. A táblázatban feltüntetjük, hogy az adott fémlelet öntéssel vagy hideg megmunkálással készült

TÁRGYTÍPUS TECHNIKA ÉS SORSZÁM: ÖNTÖTT (Ö)/HIDEGEN MECHANIKUSAN ALAKÍTOTT (HM)	KÉP	LELTÁRI SZÁM	Ti		Cr		Mn		Fe		Co		Ni		Cu		Zn		As	
			Érték	Rh	Érték	Rh	Érték	Rh	Érték	Rh	Érték	Rh	Érték	Rh	Érték	Rh	Érték	Rh	Érték	Rh
Lószerszámveret/Ö (1)	1. kép 1	HOM 94.82.16.			0.014	13	0.010	14	0.058	4	0.004	33	0.019	9	58.214	0.1	0.325	2	0.130	4
	1. kép 2	HOM 94.82.M					0.005	31	0.041	4					11.577	0.2	0.012	22	0.102	5
Övcsatló/Ö (3)	1. kép 3	HOM 94.82.I.			0.010	28	0.004	50	0.048	5					29.608	0.2	0.032	14	0.097	6
Szemfedőlemez/HM (4)	1. kép 4	HOM 94.82.2.	0.013	42	0.011	28	0.007	37	0.309	2	0.007	32			0.590	1.0	0.025	19	0.021	24
Lószerszámveret (nyereg)/HM (5)	1. kép 5	HOM 94.82.18.							0.026	5					2.365	0.4	0.006	27		
	1. kép 6	HOM 94.82.B			0.008	34	0.007	30	0.127	2	0.004	41	0.048	4	28.639	0.2	0.179	3	0.163	4
Íjtegez verete/Ö (6)	1. kép 7	HOM 94.82.A			0.005	45			0.017	10					3.321	0.4	0.008	28		
Íjtegez verete/HM (7)	1. kép 7	HOM 94.82.A			0.016	18	0.009	25	0.064	5			0.015	17	50.215	0.2				
Íjtegez verete/Ö (8)	2. kép 1	HOM 94.82.G					0.006	35	0.019	12					14.920	0.3	0.260	3	0.126	6
Íjtegez verete/Ö (9)	2. kép 2	HOM 94.82.D							0.087	3			0.010	14	14.733	0.2	0.096	4	0.193	3
Övveret/Ö (10)	2. kép 3	HOM 94.82.E			0.011	23			0.017	12	0.005	30	0.004	29	2.132	0.5				
Tarsolyveret/HM (11)	2. kép 4	HOM 94.82.3							0.017	12	0.005	30	0.004	29	2.132	0.5				
Lószerszámveret/Ö (12)	2. kép 5	HOM 94.82.L			0.013	15	0.009	18	0.064	4	0.005	26	0.022	8	58.866	0.1	0.223	3	0.128	4
Aranylemezből kivágott karikaékszer/HM (13)	2. kép 6	HOM 94.82.1			0.012	22	0.008	25	0.201	2	0.004	40	0.013	10	0.623	0.8	0.016	26	0.024	17
Íjtegez verete/Ö (14)	2. kép 7	HOM 94.82.C			0.017	11	0.009	18	0.072	3	0.005	28	0.127	2	51.842	0.1	1.024	1	0.115	5
Övveret/Ö (15)	2. kép 8	HOM 94.82.J			0.010	25	0.006	31	0.049	4			0.003	44	29.019	0.2	0.026	17	0.067	8
Lószerszámveret/Ö (16)	3. kép 1	HOM 94.82.K			0.045	33			0.041	42					50.221	0.6			0.138	31
Lószerszámveret (nyereg)/Ö (17)	3. kép 2	HOM 94.82.17.			0.026	6	0.011	11	0.165	1	0.007	15			84.662	0.1			0.300	4
Kisszíjvég övről/Ö (18)	3. kép 3	HOM 94.82.F			0.031	26			0.155	7			0.062	14	34.143	0.5	0.370	10	0.071	30
Íjtegez verete/Ö (19)	3. kép 4	HOM 94.82.N			0.011	19	0.008	19	0.050	4	0.004	28			45.273	0.1	0.203	3	0.102	5
DETEKTÁLÁSI HATÁR (M/M%)			0.012		0.004		0.004		0.004		0.002		0.003		0.006		0.005		0.013	

TÁRGYTÍPUS ÉS TECHNIKA ÉS SOR- SZÁM: ÖNTÖTT (Ö)/ HIDEGEN ALAKÍTOTT (HA)	KÉP	LELTÁRI SZÁM	Zr		Ag		Sn		Sb		Pt		Au		Pb		Bi	
			Érték	Rh	Érték	Rh	Érték	Rh	Érték	Rh	Érték	Rh	Érték	Rh	Érték	Rh		
Lószerszámveret/Ö (1)	1. kép 1	HOM 94.82.16.	0.024	16	39.332	0.4	0.176	37			0.028	41	0.963	1.7	0.646	3	0.014	48
	1. kép 2	HOM 94.82.M			80.847	0.3	5.453	3	0.101	31			0.162	4.1	1.323	1	0.354	2
Nagyszíjvég övről/Ö (2)	1. kép 3	HOM 94.82.I.			63.504	0.4	4.526	4	0.091	34			0.164	5.3	1.484	1	0.409	3
	1. kép 4	HOM 94.82.2.			1.927	2.5					0.361	8	96.594	0.2				
Lószerszámveret (nyereg)/HM (5)	1. kép 5	HOM 94.82.18.			96.442	0.2							0.395	1.5	0.381	2	0.352	2
	1. kép 6	HOM 94.82.B			65.060	0.3	3.811	5	0.142	24			0.448	2.7	0.977	2	0.317	3
Íjtegez verete/Ö (6)	1. kép 7	HOM 94.82.A			95.281	0.3							0.183	3.9	0.622	2	0.447	2
Íjtegez verete/HM (7)	2. kép 1	HOM 94.82.G			47.666	0.6	0.573	21					0.482	3.1	0.690	2		
	2. kép 2	HOM 94.82.D			81.444	0.4	0.760	17					0.913	1.9	1.130	2	0.116	9
Övveret/Ö (10)	2. kép 3	HOM 94.82.E			78.568	0.3	4.387	5					0.545	1.9	0.963	2	0.286	4
	2. kép 4	HOM 94.82.3.			97.056	0.3							0.265	3.6	0.212	5	0.073	8
Tarsolyveret/HM (11)	2. kép 5	HOM 94.82.L	0.020	22	39.381	0.4							0.465	2.5	0.631	2		
Lószerszámveret/Ö (12)	2. kép 6	HOM 94.82.1.			1.918	2.0					0.296	8	96.665	0.1				
	2. kép 7	HOM 94.82.C	0.021	19	45.061	0.5	0.294	27	0.061	39	0.028	45	0.445	3.1	0.753	2	0.088	10
Övveret/Ö (15)	2. kép 8	HOM 94.82.J	0.009	44	64.310	0.3	4.523	4	0.111	29			0.117	6.1	1.312	1	0.424	3
	3. kép 1	HOM 94.82.K			47.498	3.1							1.348	9.4	0.709	17		
Lószerszámveret (nyereg)/Ö (17)	3. kép 2	HOM 94.82.17.	0.031	24	0.500	4.4	9.789	2	0.074	38					4.307	1		
Kisszíjvég övről/Ö (18)	3. kép 3	HOM 94.82.F			62.601	1.6							0.485	12.0	0.720	10		
	3. kép 4	HOM 94.82.N	0.015	22	52.699	0.4			0.113	24			0.590	2.0	0.743	2		
DETEKTÁLÁSI HATÁR (m/M%)			0.006		0.066		0.150		0.040		0.019		0.022		0.020		0.012	

a teljes kémiai elemösszetétel és a régészeti információk kontextusában kell végezni. Emiatt következő lépésként a rendelkezésre álló információkat felhasználva, statisztikai módszerekkel (hierarchikus klaszter analízis, diszkriminancia analízis) fogjuk még vizsgálni a karosi III/11. sírban található ezüstleletek és az ismert származású honfoglalás kori ezüstpénzek kapcsolatát.

IRODALOM

- AGER ET AL. 2013: Ager, F. J. – Moreno-Suárez, A. I. – Scrivano, S. – Ortega-Feliu, I. – Gómez-Tubío, B. – Respaldiza, M. A.: Silver surface enrichment in ancient coins studied by micro-PIXE. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 306 (2013) 241–244. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2012.12.037>
- BALTA ET AL. 2015: Balta, Z. I. – Csedreki, L. – Furu, E. – Cretu, I. – Huszánk, R. – Lupu, M. – Török, Zs. – Kertész, Z. – Szikszai, Z.: Ion beam analysis of golden threads from Romanian medieval textiles. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 348 (2015) 285–290. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2015.01.027>
- BAYLEY–LEHLEN 2007: Bayley, J. – Lehlen, T.: Towards a functional and typological classification of crucibles. In: *Metals and Mines Studies in Archaeometallurgy*. Eds.: La Niece, S. – Hook, D. – Craddock, P. London 2007, 46–55.
- BECK ET AL. 2004: Beck, L. – Bosonnet, S. – Re'veillon, S. – Eliot, D. – Pilon, F.: Silver Surface enrichment of silver–copper alloys: a limitation for the analysis of ancient silver coins by surface techniques. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 226 (2004) 153–162. [https://doi.org/10.1016/S0168-583X\(04\)00831-6](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(04)00831-6)
- BÍRÓ–SZENTHE 2011: Bíró Cs. – Szenthe G.: Öntéstechnikai vizsgálatok késő avar kori bronz tárgyakon (sorozatok modellezése és sokszorosítása). In: *Corolla Museologica Tibor Kovács dedicata*. Szerk.: Tóth E. – Vida I. Budapest 2011, 155–174.
- BOLLÓK 2015: Bollók Á.: *Ornamentika a 10. századi Kárpát-medencében. Formátörténeti tanulmányok a magyar honfoglalás kori díszítőművészethez*. Budapest 2015.
- CAMPBELL ET AL. 2010: Campbell, J. L. – Boyd, N. I. – Grassi, N. – Bonnick, P. – Maxwell, J. A.: The Guelph PIXE software package IV. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 268 (2010) 3356–3363. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2010.07.012>
- CSEDREKI ET AL. 2012: Csedreki L. – Kustár R. – Langó P.: Honfoglalás kori ezüst veretek vizsgálata mikro-PIXE módszerrel. In: *Környezet – Ember – Kultúra. Az alkalmazott természettudományok és a régészet párbeszéde. Konferencia, Budapest, 2010. október 6–8*. Szerk.: Kreiter A. et. al. Budapest 2012, 271–278.
- CSEDREKI ET AL. 2015: Csedreki, L. – Greiff, S. – Langó, P. – Ströbele, F. – Türk, A.: Honfoglalás kori fémleletek anyagösszetételi vizsgálata készítestechnikájuk és nyersanyagforrásuk tükrében. In: Türk A. – Lőrinczy G. – Marcsik A.: *Régészeti és természettudományi adatok a Maros-torkolat nyugati oldalának 10. századi történetéhez*. *Studia ad Archaeologiam Pazmaniensia* 4. Magyar Östörténeti Témacsoport Kiadványok 4. Budapest 2015, 325–352. https://doi.org/10.55722/Arpad.Kiad.2015.4_04
- CSEDREKI ET AL. 2015a: Csedreki, L. – Langó, P. – Türk, A.: Honfoglalás kori ezüst tárgyakon végzett XRF és PIXE vizsgálatok összehasonlító módszertani elemzése. In: Türk A. – Lőrinczy G. – Marcsik A.: *Régészeti és természettudományi adatok a Maros-torkolat nyugati oldalának 10. századi történetéhez*. *Studia ad Archaeologiam Pazmaniensia* 4. Magyar Östörténeti Témacsoport Kiadványok 4. Budapest 2015, 353–362. https://doi.org/10.55722/Arpad.Kiad.2015.4_05

- DEMO 2009: Demo, Ž.: *Ranosrednjovjekovno groblje bjelobrske kulture – Vukovar-Lijeva Bara (X–XI. stoljeće)* (*An Early Medieval Cemetery of the Bijelo Brdo Culture – Vukovar-Lijeva Bara (10th–11th Century)*). Musei Archaeologici Zagrabienensis Catalogi et Monographie 6:1–2. Zagreb 2009.
- DEMORTIER 2004: Demortier, G.: *Precious metals artifacts. Non-destructive Micro Analysis of Cultural Heritage Materials* 42 (2004) 493–564. [https://doi.org/10.1016/S0166-526X\(04\)80015-1](https://doi.org/10.1016/S0166-526X(04)80015-1)
- DEMORTIER 2004a: Demortier, G.: Ion beam techniques for the analysis of archaeological metallic artefacts. In: *Physics Methods in Archaeometry*. Proceedings of the International School of Physics Enrico Fermi 154. Eds.: Martini, M. – Milazzo, M. – Piacentini, M. Bologna 2004, 99–154.
- DEMORTIER 2005: Demortier, G.: Ion Beam Techniques for the Non-destructive Analysis of Archaeological Materials. In: *X-rays for Archaeology*. Eds.: Uda, M. – Demortier, G. – Nakai, I. Dordrecht 2005, 67–100. https://doi.org/10.1007/1-4020-3581-0_4
- DIENES 1960: Dienes I.: Honfoglaló magyarok sírjai Nagykőrösön (Gräber landnehmender Ungarn in Nagykőrös). *Archaeologiai Értesítő* 87 (1960) 177–187.
- DIENES 1973: Dienes I.: Honfoglalás kori veretes tarsoly Budapest-Farkasrétről (Beschlagverzierte landnahmezeitliche Tasche von Budapest-Farkasrét). *Folia Archaeologica* 24 (1973) 177–217.
- ENIOSOVA 2012: Eniosova, N. V.: Tracing the routes of silver procurement to the early urban centre Gnězdovo in the 10th/early 11th centuries. In: *Die Archäologie der frühen Ungarn. Chronologie, Technologie Und Methodik. Internationaler Workshop des Archäologischen Instituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften und des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz in Budapest am 4. und 5. Dezember 2009*. RGZM Tagungen 17. Hrsg.: Tobias, B. Mainz 2012, 261–276.
- ENTWISTLE 2010: Entwistle, C.: Notes on Selected Recent Acquisitions of Byzantine Jewellery at the British Museum. In: *‘Intelligible Beauty’: Recent Research on Byzantine Jewellery*. British Museum Research Publication 178. Ed.: Entwistle, C. London 2010, 20–32.
- GREIFF 2006: Greiff, S.: *Befundbericht Analytik. Metallobjekte Ungarn*. Mainz 2006 (kézirat).
- GREIFF 2011: Greiff, S.: A Szeged-Kiskundorozsma, hosszúhátú ezüstleletek ötvözüstechnikai vizsgálata. Adatok a 10. századi fém mellékletek és ezüstpénzek lehetséges összefüggéseiről (Silberfunde aus Szeged-Kiskundorozsma, Hosszúhát. Eine Legierung technische Diskussion über den möglichen Zusammenhang zwischen Schmuckwaren und Münzsilber im 10. Jahrhundert). *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologica* 12 (2011) 481–491.
- GREIFF 2012: Greiff, S.: Silver grave goods from early Hungarian contexts: technological implications of debased alloy compositions with zinc, tin and lead. In: *Die Archäologie der frühen Ungarn. Chronologie, Technologie Und Methodik. Internationaler Workshop des Archäologischen Instituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften und des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz in Budapest am 4. und 5. Dezember 2009*. RGZM Tagungen 17. Hrsg.: Tobias, B. Mainz 2012, 241–260.
- HENDY 1985: Hendy, M. F.: *Studies in the Byzantine Monetary Economy c. 300–1450*. Cambridge 1985. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511896750>
- HUSZÁNK ET AL. 2017: Huszánk, R. – Csedreki, L. – Török, Zs.: Direct Trace Element Analysis of Liquid Blood Samples by In-Air Ion Beam Analytical Techniques (PIXE–PIGE). *Analytical Chemistry* 89 (2017:3) 1558–1564. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.6b03541>
- INKOVA 2012: Inkova, M.: A contribution to the problem of producing the Old Bulgarian belt-fittings from the 10th century. In: *Die Archäologie der frühen Ungarn. Chronologie, Technologie Und Methodik. Internationaler Workshop des Archäologischen Instituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften und des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz in Budapest am 4. und 5. Dezember 2009*. RGZM Tagungen 17. Hrsg.: Tobias, B. Mainz 2012, 277–293.

- JENYIOSZOVA ET AL. 2008: Ениосова, Н. В. – Митоян, Р. А. – Сарачева, Т. Г.: Химический состав ювелирного сырья эпохи средневековья и пути его поступления на территорию Древней Руси. In: *Цветные и драгоценные металлы и их сплавы на территории Восточной Европы в эпоху Средневековья*. Москва 2008, 107–187.
- KAT. BERLIN 2014: Williams, G. – Pentz, P. – Wemhoff, M. (Hrsg.): *Die Wikinger*. Berlin 2014.
- KAT. BUDAPEST 1996: Fodor I. – Révész L. – Wolf M. (szerk.): „Őseinket felhozád...” *A honfoglaló magyarság*. Budapest 1996.
- KAT. MADRID 1999: Fodor, I. – Révész, L. (Com.): *Hungría en el año mil. El nacimiento de una nación europea*. Madrid 1999.
- KERTÉSZ ET AL. 2005: Kertész, Zs. – Szikszai, Z. – Uzonyi, I. – Simon, A. – Kiss, Á. Z.: *Development of a bio-PIXE setup at the Debrecen scanning proton microprobe*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 231 (2005) 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2005.01.042>
- KERTÉSZ ET AL. 2009: Kertész, Zs. – Szikszai, Z. – Szoboszlai, Z. – Simon, A. – Huszánk, R. – Uzonyi, I.: Study of individual atmospheric aerosol particles at the Debrecen ion microprobe. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 267 (2009) 2236–2240. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2009.03.050>
- KISS 1983: Kiss A.: *Baranya megye X-XI. századi sírleletei (Die Grabfunde aus dem 10.-11. Jh. im Komitat Baranya)*. Magyarország honfoglalás- és kora Árpád-kori temetőinek leletanyaga 1. Budapest 1983.
- KÓBOR 2004: Kóbor, B.: Appendix. A Mindszent–Koszorús-dűlő lelőhely 2. és 3. sírjában feltárt ezüstitártyák anyagvizsgálata (Appendix. Materialuntersuchung der in den Gräbern 2 und 3 des Fundortes Mindszent–Koszorús-dűlő freigelegten Silbergegenstände). *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologica* 10 (2004) 454–457.
- KOMAR 2018: Komar, O. V.: *История и археология древних мадьяр в эпоху миграции (A korai magyarság vándorlásának történeti és régészeti emlékei)*. Studia ad Archaeologiam Pazmaniensia 11. Magyar Őstörténeti Témacsoport Kiadványok 5. Budapest 2018. <https://doi.org/10.55722/Arpad.Kiad.2018.5>
- KONOVALOV 2008: Коновалов, А. А.: Цветной металл (медь и ее сплавы) в изделиях Новгорода X–XV вв. In: *Цветные и драгоценные металлы и их сплавы на территории Восточной Европы в эпоху Средневековья*. Москва 2008, 7–106.
- KOVÁCS 1989: Kovács, L.: *Münzen aus der ungarischen Landnahmezeit. Archäologische Untersuchung der arabischen, byzantinischen, westeuropäischen und römischen Münzen aus dem Karpatenbecken des 10. Jahrhunderts*. Budapest 1989.
- KOVÁCS 2012: Kovács L.: *A magyar kalandozások zsákmányáról*. Budapest 2012.
- KÖLTŐ 1990: Költő L.: A Balatonszemes, Landler Jenő utcai honfoglalás kori lovas sír. In: *Szemes. Tanulmányok Balatonszemes múltjáról és jelenéről*. Balatonszemes 1990, 85–101.
- KURUNCZI–LANGÓ 2000: Kurunczi S. – Langó P.: A Magyar Nemzeti Múzeumban Jászfényszaru lelőhellyel beletárolzott „honfoglalás kori” karperecek röntgenfluoreszcens vizsgálata (X-Ray Fluorescent Analysis of „Conquest Period” Bracelets Taken into the Inventory of the Hungarian National Museum from the Provenance of Jászfényszaru). *Heves Megyei Régészeti Közlemények* 2 (2000) 207–233.
- LANGÓ 2012: Langó, P.: Notes on the dating of Byzantine coin finds from 10th century context in the Carpathian Basin. In: *Die Archäologie der frühen Ungarn. Chronologie, Technologie Und Methodik. Internationaler Workshop des Archäologischen Instituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften und des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz in Budapest am 4. und 5. Dezember 2009*. RGZM Tagungen 17. Hrsg.: Tobias, B. Mainz 2012, 49–66.

- LANGÓ 2016: Langó, P.: Uelgi-Geszteréd-Boldogszerdahely – Note on the Cultural Context of a Tenth-century Mount Type. *Antaeus* 34 (2016) 373–388.
- LANGÓ–TÜRK 2003: Langó P. – Türk A.: *Honfoglalás kori női sír Szentes Derekegyházi oldal határrészből*. Szentes 2003.
- MEHOFFER–GREIF 2006: Mehofer, M. – Greiff, S.: Archäometrische Analysen an Metallgegenständen aus dem ungarischen Reitergrab von Gnadendorf. In: *Das frühungarische Kriegergrab aus Gnadendorf, Niederösterreich*. Monographien des Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz 64. Hrsg.: Daim, F. – Lauermaun, E. Mainz 2006, 181–188.
- MESTERHÁZY 1990: Mesterházy K.: A Felső-Tisza-vidéki ötvösműhely és a honfoglalás kori emlékek időrendje (Хронология истории ювелирной мастерской на территории Верхней Тиссы и находок из времени приобретения венграми родины). *Agria* 25–26 (1990–1991) 235–274.
- MINASZJAN 2014: Минасян, Р. С.: *Металлообработка в древности и Средневековье*. Санкт-Петербург 2014.
- NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2009: Nevizánszky, G. – Košta, J.: Výskum staromaďarského jazdeckého pohrebiska v Strede nad Bodrogom v rokoch 1926 a 1937 (Grabung eines altmagyarischen Reitergräberfeldes in Streda nad Bodrogom in den Jahren 1926 und 1937). *Slovenská archeológia* 57 (2009) 301–354.
- NEVIZÁNSKY–KOŠTA 2012: Nevizánszky, G. – Košta, J.: Die Ausgrabung eines frühungarischen Reitergräberfeldes in Streda nad Bodrogom (okr. Trebišov/SK) in den Jahren 1926 und 1937. In: Tobias, B. (Hrsg.): *Die Archäologie der frühen Ungarn. Chronologie, Technologie Und Methodik. Internationaler Workshop des Archäologischen Instituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften und des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz in Budapest am 4. und 5. Dezember 2009*. RGZM Tagungen 17. Mainz 2012, 113–144.
- ODDY 1988: Oddy, A.: Unlocking the secrets of gold antiquities. *Gold Bulletin* 21 (1988) 29–36. <https://doi.org/10.1007/BF03214665>
- ODDY–LA NIECE 1986: Oddy, A. – La Niece, S.: Byzantine gold coins and jewellery - A study of gold contents. *Gold Bulletin* 19 (1986) 19–27. <https://doi.org/10.1007/BF03214640>
- PALLAI–VARGA 1999: Pallai S. – Varga L.: *Ötvös – szakmai ismeretek 2*. Budapest 1999.
- RAJTA ET AL. 1996: Rajta, I. – Borbély-Kiss, I. – Móri, Gy. – Bartha, L. – Koltay, E. – Kiss, Á. Z.: The new ATOMKI scanning proton microprobe. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 109–110 (1996) 148–153. [https://doi.org/10.1016/0168-583X\(95\)00897-7](https://doi.org/10.1016/0168-583X(95)00897-7)
- RÉVÉSZ 1996: Révész L.: *A karosi honfoglalás kori temetők. Adatok a Felső-Tisza-vidék X. századi történetéhez (Die Gräberfelder von Karos aus der Landnahmezeit. Archäologische Angaben zur Geschichte des Oberen Theißgebietes im 10. Jahrhundert)*. Magyarország honfoglalás kori és kora Árpád-kori sírleletei 1. Miskolc, 1996.
- RÉVÉSZ 2020: Révész L.: *A 10–11. századi temetők regionális jellemzői a Keleti-Kárpátoktól a Dunáig (Regional Features of the 10–11th Century Cemeteries from the Eastern Carpathian to the Danube)*. Magyarország honfoglalás kori és kora Árpád-kori sírleletei 13. Szeged–Budapest 2020.
- RYAN 2000: Ryan, C. G.: Quantitative trace element imaging using PIXE and the nuclear microprobe. *International Journal of Imaging Systems and Technology* 2000:11, 219–230. <https://doi.org/10.1002/ima.1007>
- SZENTHE 2012: Szenthe, G.: Meister und ihre Kunden. Herstellung und verbreitung gegossener Bronzegegenstände im spätaurenenzeitlichen Karpatenbecken. *Archaeologiai Értesítő* 137 (2012) 57–75. <https://doi.org/10.1556/ArchErt.137.2012.3>

- SZENTHE 2019: Szenthe G.: *Növényi ornamentika a késő avar kori díszítőművészetben (Kr. u. 8. század – 9. század eleje). Kultúrtörténeti tanulmányok (The Plant Ornament in the Decorative Arts of the Late Avar Period)*. Budapest 2019.
- SZIKSZAI ET AL. 2010: Szikszai, Z. – Kertész, Zs. – Bodnár, E. – Major, I. – Borbíró, I. – Kiss, Á. Z. – Hunyadi, J.: Nuclear microprobe investigation of the penetration of ultrafine zinc oxide into intact and tape-stripped human skin. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 268 (2010) 2160–2163. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2010.02.040>
- SZOBOSZLAI ET AL. 2009: Szoboszlai, Z. – Kertész, Zs. – Szikszai, Z. – Borbély-Kiss, I. – Koltay, E.: Ion beam microanalysis of individual aerosol particles originating from Saharan dust episodes observed in Debrecen, Hungary. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 267 (2009) 2241–2244. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2009.03.019>
- TÜRK ET AL. 2021: Türk A. – Flesch M. – Strohmayer Á. – Fjodorov, O. V.: A karosi honfoglalás kori temetők viselettörténeti és archeometriai kutatásainak újabb eredményei (Новые находки из деревни Карош в контексте истории изучения костюма и археометрии эпохи завоевания родины). *A Herman Ottó Múzeum Évkönyve* 60 (2021) 47–79.
- UZONYI ET AL. 2001: Uzonyi, I. – Rajta, I. – Bartha, L. – Kiss, Á. Z. – Nagy, A.: Realization of the simultaneous micro-PIXE analysis of heavy and light elements at a nuclear microprobe. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 181 (2001) 193–198. [https://doi.org/10.1016/S0168-583X\(01\)00370-6](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(01)00370-6)
- WATT ET AL. 2007: Watt, F. – Breese, M. B. H. – Bettiol, A. A. – van Kan, J. A.: Proton beam writing. *Materials Today* 10:6 (2007) 20–29. [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(07\)70129-3](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(07)70129-3)
- WILLIAMS–FLANAGAN 1997: Williams, W. S.– Flanagan, J. W.: Analysis of Gold Hoard from Late Roman/Early Byzantine Period Found in Jordan. In: *Materials Research Society Symposium Proceedings 462. Materials Issues in Art and Archaeology V Symposium held December 3–5. 1996, Boston, Massachusetts. U.S.A.* Ed.: Druzik, J. R. – Merkel, J. – Stewart, J. – Vandiver, P. B. Pittsburgh 1997, 155–165. <https://doi.org/10.1557/PROC-462-155>

THE LATEST ARCHAEOMETRIC RESEARCH RESULTS OF THE HUNGARIAN CONQUEST PERIOD

Elemental composition analysis by micro-PIXE technique on the metal artefacts from Grave III/11 in Karos-Eperjesszög

LÁSZLÓ CSEDREKI – PÉTER LANGÓ – ATTILA TÜRK

A new archaeological and interdisciplinary evaluation of Grave 11 from the cemetery of Karos-Eperjesszög III took place between 2014 and 2019 within the framework of an OTKA tender. We performed a thorough elemental analysis on 19 metal artefacts of this outstandingly rich burial from the Conquest period. The following three larger groups could be distinguished as: silver, copper, and gold-based alloys, and we can summarize the research results as follows. Finds in the group of silver alloys are characterized by 39–97% silver and 2–60% copper content. We analysed the connection between the finds based on elemental composition, which reflects a great heterogeneity of the finds regarding raw material and production technique. Silver artefacts produced by cold mechanical shaping indicated the highest (95%<) silver content. It is possible that during metal recasting other raw materials were also used, and silver coins were only reused partially. Moreover, the process of recasting may have caused changes in the original proportion of the chemical elements. Even so, the silver and gold content of the mounts can be considered as kind of an indicator, since these two chemical elements react similarly during casting. In general, a gold content above 1% in the

case of silver alloys might refer to recycling, meaning the reuse of gold or golden artefacts. The elemental composition of the analysed finds proves that their surface gilding was performed by fire gilding. The two gold finds show great similarities in respect of elemental composition, which refers to their production from the same raw material, and that they were made by the reuse of earlier gold artefacts. The comparison of artefact groups based on elemental composition and typological classification supports the assumption that the owner of the objects, the man buried in the grave hoarded up metal artefacts in the course of his life. The metal artefacts of the grave from Karos directly made from silver coin by cold mechanical shaping show a great similarity with Arabic dirhems in respect of elemental composition – and in two cases, they are almost identical. While, a high gold content of more than 95% characterizes the two gold finds revealed in the grave of Karos, the gold content of the metal artefacts from the Lower Tisza region was always less than 86%. While we can observe a great similarity in the case of the copper-based, primarily bronze artefacts in respect of copper, tin and lead, it is a great difference that a significantly higher nickel content ($\sim 0.1\%$) and lower silver content ($< 0.1\%$) characterizes the finds from the Lower Tisza region. Data are available about metal artefacts of silver raw material in both regions, therefore we can expect a more detailed and reliable information on the relations between the two regions and the applied goldsmith techniques from their comparison. In general, we can see a shortage in the 24-28% interval of copper content in the case of the finds from both regions, which indicates a deliberate, general alloying technique in the Conquest period. It is a further curiosity that tin appears as a frequent alloying element in the case of the silver finds of the grave from Karos, in contrast with the silver artefacts from the Lower Tisza region. Although, the reason for that is not clarified yet, the reuse of earlier bronze artefacts might be an obvious answer.

29th Conference of Young Scholars
on the Migration Period

Budapest, November 15–16, 2019

