

BONDÁR MÁRIA



A KÉSŐ RÉZKORI
FÉMMŰVESSÉG
MAGYARORSZÁGI EMLÉKEI



A késő rézkori fémművesség magyarországi emlékei

Bondár Mária

**A késő rézkori fémművesség
magyarországi emlékei**



MTA
Bölcsészettudományi
Kutatóközpont
Régészeti Intézet

Budapest 2019

A kiadvány megjelenését támogatta
a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFI K-128413),
a Magyar Tudományos Akadémia Könyv- és Folyóirat-kiadó Bizottsága és
a Nemzeti Kulturális Alap Igazgatósága



A címlapon:
Balatonlelle-Rádpusztza, 67/5. lelőhely 415. objektum, pántkarperec

A hátsó borítón:
Vörs-Majorsági épületek, 2. sír, diadém

ISBN 978-615-5766-32-9

© Bondár Mária, 2019
© Archaeolingua Alapítvány, 2019
© Seleanu Magdaléna, 2019
© Bölcsészettudományi Kutatóközpont Régészeti Intézet, 2019

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.

2019

ARCHAEOLOGUA ALAPÍTVÁNY

H-1067 Budapest, Teréz krt. 13.

www.archaeolingua.hu

Felelős kiadó: Jerem Erzsébet

Borítótervezés: Kaszta Móni

Nyomdai előkészítés: Kovács Rita

Nyomda: Prime Rate Kft.

Tartalom

Bevezetés	7
I. A korai fémművesség fogalma, régészeti és technológiai alapkérdései	15
II. A badeni kultúrkör fémművességének magyarországi leletanyaga	29
II. 1. Ékszerek	43
II. 2. Eszközök/szerszámok	49
II. 3. Tőrök	53
II. 4. A fémfeldolgozás kellékei	60
III. A késő rézkori fémtárgyak archeometriai vizsgálata: módszerek, eredmények	63
III. 1. A badeni kultúra magyarországi anyagából korábban publikált anyagelemzések	66
III. 2. A vörsi diadém új elemzése	72
III. 3. A badeni kultúra új fémleleteinek roncsolásmentes vizsgálatai ...	74
III. 4. A fémvizsgálatok tanulságai és problémái	78
IV. A késő rézkori tárgyak készítési technikája	83
V. A fémfeldolgozás feltételrendszere (bányászati, geológiai, ásványtani és metallográfiai aspektusok)	87
VI. A fémfeldolgozás további bizonyítékai	91
VI. 1. Rézkori bányák	91
VI. 2. Bányászati eszközök	98
VI. 3. Pörkölőgödrök	102
VI. 4. Speciális kemencék és öntőtégelyek	103
VI. 5. Fújtató csövek	104
VI. 6. Fémsalak	106
VI. 7. Fémnyersanyag további feldolgozáshoz	106
VII. A késő rézkor fémművessége és társadalmi vonatkozásai	109
VIII. A fémfeldolgozás hatása az emberre és környezetére	119
IX. Összegzés	123
X. Katalógus	137
XI. A régészetben leggyakrabban alkalmazott fémvizsgálati módszerek	167

XI. 1. 1. Spektáranalízis és spektroszkópia	168
XI. 1. 2. Röntgenanalitikai módszerek	170
Energia-diszperzív röntgenfluoreszcens (ED-XRF, EDS/EDX)	170
Röntgenemissziós analízis	
(Proton-Induced X-ray Emission – PIXE)	171
XI. 2. Roncsolásmentes módszerek neutronokkal	172
Neutronradiográfia (NR)	173
Prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA)	173
Nagyfelbontású repülési idő (time of flight) neutron diffrakció	
(TOF-ND)	173
XI. 3. Radioaktív bomláson alapuló módszerek	174
Ólomizotóparány meghatározás	174
MIHÁCZI-PÁLFY ANETT	
A vörsi diadém és készíttéstechnikai jellegű tárgyrekonstrukciójának	
elemzése a mikroszkópos vizsgálatok tükrében	179
MIHÁCZI-PÁLFY ANETT	
A balatonlellei késő rézkori karperec mikroszkópos vizsgálata	183
KÖHLER KITTI	
Balatonlelle-Rádpusztá 67/5. lelőhely 415. sír embertani leleteinek	
vizsgálati eredményei	189
GRESITS IVÁN	
Késő rézkori régészeti tárgyak ED-XRF elemzése	193
Köszönetnyilvánítás	209
Bibliográfia	211
English summary	
Relics of Late Copper Age metallurgy in Hungary	245

Bevezetés

A házakban lévő csövek, tetőfedő elemek, a lakásokban kilincsek, különböző díszek, a közlekedési eszközökben lévő alkatrészek és a további, felsorolhatatlanul sok, fémből készült vagy fémeket tartalmazó tárgy ma már természetes része életünknek és környezetünknek. A számítógépekben mintegy másfél kilónyi, egy átlagos háztartásban kb. 100 kg réz van. Egy autóban 25–50 kg közötti rézhuzal és egyéb rézalkatrész található. Egy nagy sebességű vonatban mintegy 10 tonna rézet használnak fel.¹

Mindehhez több ezer év alatt létrejött felfedezések és tapasztalatok nyomán jutott el az emberiség. Hangsúlyozom, hogy olyan évezredekről van szó, amikor az írást még nem ismerték elődeink, a tudományok sem léteztek. Nem írhatták be a Google-ba, hogyan kell réztárgyakat készíteni. Pusztán az emberi kíváncsiság, kitartás, türelem, kísérletező kedv és a véletlenül előidézett „felfedezés” nyomán születhetett meg egy-egy apró eleme mindannak, amit ma metallurgiának nevezhetünk.

A fémek felfedezése, tulajdonságaik megismerése és a fémtárgyak készítéséhez vezető folyamat egyes fázisainak kimunkálása tehát hosszú idő alatt megszülető, jelentős innováció volt.

A réz, az arany és az ezüst több ezer éve jelen van a különböző közösségek életében. Mai tudásunk szerint a fémművesség legkorábban DNy-Ázsiában, a mai Irak és Törökország területén létezett, a Kr. e. 11–9. évezredben. DK-Európában az aranyfeldolgozás az 5. évezred közepén, míg a réz feldolgozása a 4. évezred közepétől vált általánossá.²

A bizonyítottan egészen korai időkben készült fémtárgyak számos kérdést vetettek fel, amelyre különböző elméleti válaszok születtek. Gyakran olvasható a szakirodalomban, hogy a kerámiaégetés közben fedezték fel elődeink a fémolvadás új jelenségét. Mások fontosabbnak tartják, hogy a tüzet előbb kellett felfedezni, mint a kerámiaégetést. Az edények kiegészítése köztudottan magas hőfokon történik, ennek előállítása már nagy tudást igényelt, amely valóban legendó volt a fémolvasztáshoz is. Fémtárgyat azonban másképpen is lehetett készíteni. Kísérleti régészeti módszerekkel bizonyították, hogy tábor tűz hőfokánál, kis téglékben is kiolvasztható a „kőből” a fém, tehát a tűz ismerete valóban meg kellett, hogy előzze a fémek felfedezését.

¹ International Copper Study Group – ICSG, Brüsszel. www.eurocopper.org (utolsó megtekintés: 2018. július 23).

² ROBERTS *et al.* 2009, 1012–1013.

A régészetben az egykori szellemi, fizikai világnak csak kis hányada, az évezredek át megmaradt leletek jelentik az elsődleges információ-bázist, de a fémművesség kutatásánál szerencsére más forrásanyagból is kiegészíthető a tudásunk. A fémfeldolgozás terepi nyomain kívül (bányák, pörkölőgödrök, speciális kohók) az írást már ismerő társadalmak hagyatéka is segít az ismeretszerzésben. Az egyiptomi, mezopotámiai ábrázolások, a későbbi homéroszi eposzok, görög vázafestmények örökítik meg a fémöntést, a kovácsolást és fegyverkészítést.

A kohászat egyes műveleteinek legkorábbi ábrázolását egy thébai sírból származó (1500 BC) egyiptomi falfestményen láthatjuk (*1. kép*).³

A kép Rekhmire (déli) vezír híres thébai sírkápolnájából való. A jelenet, amelynek ez a részlete két templomkapu bronz „zsanérjai”-nak készítési folyamatát ábrázolja és a vezírt mutatja, amint megtekinti Amon templomának kézműves műhelyeit és az ott zajló munkákat.⁴ A fémöntés munkafázisait (vállon vitt nyersanyagtömbök, lábbal hajtott fújtatók a tűznél, öntőtégely, olvadó fém, fémöntés kis öntőnyílások segítségével) ábrázolta a sírkamrában az egykori mester.

A fémek a költöket is megihlették. Héziódosz (Kr. e. 8. század) görög epikus költő a *Munkák és napok* c. művében⁵ a történelmet öt mítikus korszakra osztja: aranykor, ezüstkor, rézkor, hősök kora, vaskor, ez azonban nem azonos a 19. században elkülönített régészeti korszakolással.

Korának rézkohászatáról, a különböző rézászványokról Caius Plinius Secundus (idősebb Plinius) írt nagyon szakszerűen Kr. u. 77-ben közzétett enciklopédiájának, a *Naturalis Historia* 34. könyvében.⁶

Az őskor évezredeiben a fémművességhez szakrális tartalmat is kapcsoltak az egykoron élt emberek. A fémek ugyanis nem hétköznapi anyagok. Sok esetben az égből pottyantak le (meteoritok), vagy vadregényes helyeken, csak nagy nehézségek közepette, a föld mélyében lehetett megtalálni azokat a köveket, amelyek a

³ TYLECOTE 1976, Fig. 12. és címlap.

⁴ DAVIES 1943, Pl. LII. A mozgalmas jelenetből Norman Davies csak egy részletet közölt, a teljes történetet Prisse d’Avennes 1879-ben megjelent monumentális munkájában találjuk meg. Az itt közölt képen (D’AVENNE 1879. Vol. 2. 67) aranyművesek műhelyét látjuk, a képhez fűzött információk nem egyeznek meg Davies adataival, de a jelenet hiteles közlése és adatolása Davies nevéhez fűződik.

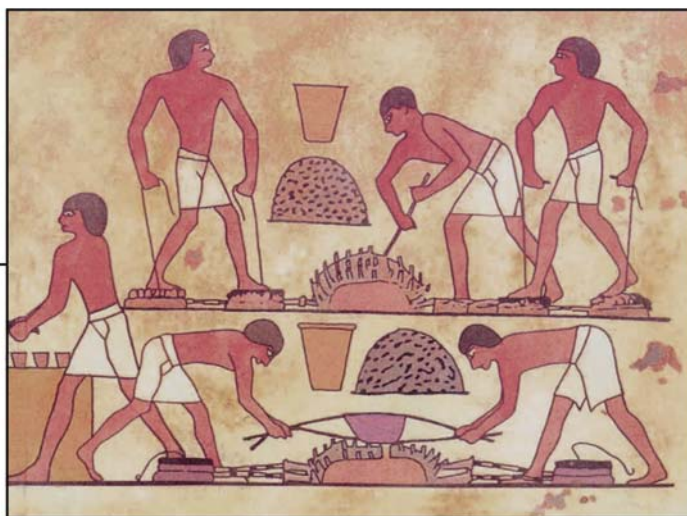
Az említett irodalmat és a magyarázó adatokat Bács Tamás egyiptológusnak köszönöm.

⁵ HÉSZIODOSZ [1955].

⁶ SÁNTA 2011, 316. Plinius 5 kötetben (33–37) foglalkozik az Ásványtan különböző területeivel. A rézkohászatról szóló fejezetet Sánta Gábor emelte be a hazai régészeti szakirodalomba.



1



2

1. kép: A fémkohászat különböző mozzanatai egy thébai sírból (1500 BC) származó ábrázoláson. 1: DAVIES 1943, Pl. LII és 2: TYLECOTE 1976, címlap nyomán

Fig. 1. Depiction of the various phases of metal smelting in a Theban grave chamber, 1500 BC

tűzben sajátos metamorfózison estek át. Csak a kiválasztottak voltak birtokában annak a tudásnak, amely ezt a folyamatot létrehozta. A fémek megtalálási helyét titok övezte, csak kevesen ismerhették a lelőhelyet. Ez az ismeret már ekkor olyan előny volt, amely privilégiumot jelentett az adott közösség számára.

A hitvilágban számos lenyomata van az égiekhez kötött tudásnak. A tűz hatalma, a Nap és a tűz misztikuma a csillogó fémekben is összefonódik, csaknem minden nép mitológiájában megjelenik. A különböző ásványokból nyert, színes, olvadó fémekhez kapcsolódó hiedelmeket – az olvadáskor magas hőfokon megszülető új anyag kapcsán – az ércekhez asszociált férfi és női tulajdonságokat, és a két nem misztikus egyesülését Mircea Eliade írta le a különböző természeti népek hitvilágában tallózva egészen az alkímistáig vezetve e gondolatsort.⁷

Az ókorban hét fémeket ismertek (arany, ezüst, réz, vas, higany, ón, ólom), amelyet hét bolygóval (Nap, Hold, Vénusz, Mars, Merkúr, Jupiter, Szaturnusz) feleltettek meg. A fémek, az égitestek és a hét napjainak elnevezése között is szoros összefüggés van. Egy érdekes tanulmány mutatja be az ókorban ismert fémek, a kémiai elemek és egyes vegyületek elnevezése közötti összefüggéseket, és elemzi etimológiájukat is. Egyes elemek felfedezésük vagy előfordulásuk földrajzi helyéről (pl. gallium, polónium, magnézium, réz), mások égitestekről kapták nevüket az újkorban. Vannak olyan kémiai elemek, amelyeknek neve mondai eredetű (pl. arzén, kobalt, nikkell, tantál, titán). Léteznek színekre visszavezethető elnevezések is (pl. indium, irídium, rubídium). Témánk, a rézkor szempontjából a réz (cuprum, copper, Kupfer, cuivre) köztudottan Ciprusról, az itt található, már a bronzkorban is jelentős rézbányák után kaphatta elnevezését, a *küprion* (görög) és a *cuprum* (latin) szavakból. Az *aes cyprium* nevű ércet lelőhelyéről, Ciprusról nevezték el. Csak az érc, a sziget a ciprus növényről kapta a nevét, amelyet *Küparisszosznak* hívtak.⁸

A sokáig csak keveseknek megadatott fémek kiemelt szerepe elsősorban attribútumokként nyilvánult meg: különböző istenekhez kötött tárgyak, főként fegyverek, hatalmi jelvények készültek maradandó anyagból.⁹ Későbbi korokban már az istenek monumentális ércszobrai tisztelhetők a hétköznapi halandók. A fémeknek jelentős szerepe volt a halotti kultuszban is, gondoljunk csak a rézkori várnai temető arany szemfedőire és arany ékszereire, vagy a bronzkorban az Agamemnonnak tulajdonított arany halotti maszkra, a mükénéi királyok aranykincseire.

⁷ ELIADE 2004.

⁸ RINGNES 1989.

⁹ Régészeti szempontú áttekintését ld. DURMAN 2006.

A különböző népek mitológiájában szereplő kovácsok (Héphaisztosz, Vulcanus, Völund, Ilmarinen, Szvarog) maguk is istenek voltak. Különleges tudásuk, fontos munkájuk társadalmi elismertsége abban is kifejeződött, hogy isteni státusszal ruházták fel őket. Kiváltságos helyzetüket a magas hőfokon lassan olvadó, lávaszerűen hömpölygő színes fémfolyam feletti uralmuk, nagy tudásuk és sajátos megjelenésük alapozta meg. A valóságban mesterségüktől szenvedő, sok esetben uraiknak kiszolgáltatott emberek voltak. Ezek az erős, testes férfiak gyakran sánta, púpos vagy egyik szemükre megvakult mesterekként jelennek meg a legendákban. Fogycsökkenésük azonban nem az isteni kiváltság része, hanem tevékenységük súlyos élettani következménye volt. A belélegzett mérgező, rákkeltő gázoktól elveszítették látásukat. Az állandó hőhatástól és a nagy erő igénylő fizikai terheléstől a testük deformálódott: idővel púposná, sántává váltak.

A különleges tudású fegyverkovácsok vagy ötvösök sántaságát kegyetlen módon, szándékosan is előidézhették. Uraik gyakran átvágták a fémművesek inait, így tették sántává őket, hogy ezzel is helyhez kössék az ötvös mestereket, és kizárólag ők birtokolják a kézművesek különleges tudásának eredményeit.

A fémtartalmú ásványok a mindennapokban is jelentősek voltak. A réz és különböző származékai orvosság és festékalapanyag volt már az ókorban is. Egészen korai időktől pl. az egyiptomi hölgyek kozmetikumként használták a különböző ásványokat, köztük a malachitot is. Ezeket összetörték, összekeverték egyéb anyagokkal, így festették zöldre szemhéjukat.

A fémek fontos gazdasági és hatalmi potenciált is jelentettek. Kereskedelmi termékek voltak, a korai időkben a cserekereskedelem alapját képezték. Egyiptomtól, Cipruson, Mezopotámián keresztül a mai Afganisztánig kiterjedt áruszállítás folyt hajókon, a szárazföldön karavánokkal.¹⁰ A karavánok a korai időkben szamarakkal közlekedtek. A számárra mintegy 65 kg-ot lehetett terhelni.¹¹

A kiterjedt kereskedelem bizonyítéka az a Törökország déli részénél Ciprus és Rhodosz közötti Cape Gelidonyánál elsüllyedt késő bronzkori szíriai hajó is, amely három tucat réztömböt szállított.¹² A híressé vált hajót az első víz alatti régészeti expedíció keretében tárták fel, amelyet George Bass vezetett 1959-ben,¹³ az eltelt évtizedekben újabb hajókat találtak meg a búvárrégészek. Uluburunnál,

¹⁰ WERTIME 1973, Fig. 2. A térképen a kereskedelmi cikkek szerepelnek; NIGRO 2014, Fig. 1: a Kelet-Mediterráneum térképe a bányák, drágakövek, réz és egyéb értékes tárgyak elosztó pontjaival és a kereskedelmi útvonalak ábrázolásával.

¹¹ MUHLY 1980.

¹² FAUL–FAUL 1983, 1.

¹³ BASS *et al.* 1967.

ugyancsak Törökország déli partjainál megtalált hajó már ipari méretekben szállított nyersanyagot.¹⁴ A legújabb hajóroncs az említett két bárkánál korábbi, Kr. e. 1600 körül süllyedhetett el. 2019 áprilisában bukkantak rá Törökország déli partjainál. A kereskedőhajó 14 méter hosszú volt, rakományként réztömböket szállított, a becslések szerint körülbelül 1,5 tonnányit (2. kép).¹⁵



2. kép: Az Akdeniz Egyetem víz alatti régészcsoportja bukkant rá a Földközi-tengerben az i.e. 1600-as évekből származó hajó maradványaira https://index.hu/techtud/tortenelem/2019/04/09/3600_eves_hajot_talaltak_torok_buvarregeszek/

Fig. 2. The remains of a shipwreck dating from the 1600s BC discovered by the underwater archaeologists of Akdeniz University <https://archaeologynewsnetwork.blogspot.com/2019/04/3600-year-old-shipwreckfound-off.html>

A nagy földrajzi távolságokat áthidaló kereskedelem újabb bizonyítékaként említhetjük azt a meglepő tényt is, amelyet nemrégiben publikáltak. Eszerint a skandináviai korai bronzkorban használt réznyersanyag nem helyi eredetű, hanem Ibériából, illetve Szardíniából származik.¹⁶

A mai napig a *tyúk vagy a tojás* „filozófiai” problémájával szembesül a fém-művességet kutató szakember. Mi volt előbb? A kalapálás vagy az öntés, azaz a hidegen alakított vagy a hőhatással megolvasztott fém megmunkálása? Ha kala-

¹⁴ JONES 2007, 6–7.

¹⁵ https://index.hu/techtud/tortenelem/2019/04/09/3600_eves_hajot_talaltak_torok_buvarregeszek/ (utolsó meglekintés: 2019. április 4)

¹⁶ LING *et al.* 2014, 107–1028.

pálták az anyagot, hevítették-e időnként, hogy nyújthatóbb legyen? Mikor, hol és hogyan fedezték fel a fémolvasztást? Hogyan terjedt el a fémfeldolgozás tudása? Milyen öntőformát használtak? Hogyan és hol bányászták az érceket? Lehet-e egyetlen kiindulási helyet azonosítani a metallurgia bölcsőjéül? Azonosítható-e mai módszereinkkel egy-egy fémtárgy nyersanyagának kora és pontos lelőhelye? E kérdésekre a rövid válasz: nem tudjuk pontosan. A kicsit optimistább, bővebb kifejtés az, hogy az archeometriai elemzések sok apró részletre már választ adtak, és a kutatók tovább dolgoznak a bizonyítékok keresésén, hogy ezek ismeretében rekonstruálhassuk a múltbéli eseményeket.

A fémművességet az utóbbi években jelentős nemzetközi programok keretében kutatják. A kezdetek és az igazi fémkorszak, a bronzkor, egyre részletesebben feltárul régészeti és archeometriai oldalról is. A két, fémekben gazdag korszak közötti évszázadok leletanyagát azonban alig ismerjük, pedig a késő rézkorban is létezett fémfeldolgozás.

A budakalászi temető monográfiájának írásakor azt tapasztaltam, hogy késő rézkori fémtárgyak elemzésével (anyagvizsgálatok, készítési technika stb.) alig találkozhatunk a szakirodalomban.¹⁷ Szembesültem azzal is, hogy a korszak emblematikus lelete, a mindmáig egyedülálló vörsi diadém kikerült a kutatási palettáról, még említés szintjén sem szerepelt jelentős munkákban. Éppen ezért tartottam fontosnak a magyarországi késő rézkori fémleletek feldolgozását, a korábbi eredmények ismertetését.

A Kárpát-medence középső része a metallurgia szempontjából izgalmas terület, kapcsolat Kelet és Nyugat között technikai tudásátadásban, kereskedelemben. Fontos azért is, mert manapság nemzetközi tendencia, hogy az egyes országok kutatói, saját nemzeti szakirodalmukat idézve dolgoznak fel egy-egy témát, ennek következtében jelentős leletek és tanulmányok is rendre kimaradnak a nemzetközi tudásbázisból.

Ez történt a késő rézkor egyedülálló leletével, a vörsi diadémmal is. A fejdísz újraközlésével és roncsolásmentes, új anyagvizsgálatokkal igyekeztem ismét a kutatás vérkeringésébe integrálni e különleges relikviát.¹⁸

Jelen kismonográfiámban a késő rézkori fémművesség hazai leletanyagának összegyűjtését, a korábbi fémvizsgálatok közreadását és az új leletek elemzéseit is publikálom.

Választ keresek arra a kérdésre, hogy milyen jellegzetességei voltak a Kr. e. 4. évezred második felében a badeni kultúrkör fémművességének, amely a szak-

¹⁷ BONDÁR 2009b.

¹⁸ BONDÁR 2015a; BONDÁR 2015b; BONDÁR 2015c; BONDÁR 2016.

mai általános álláspont szerint jelentős visszaesés volt a korábbi időszak fémfeldolgozásához viszonyítva.

A szakirodalom legújabb eredményeit is áttekintve a régészek számára kevésbé ismert geológiai, geokémiai vonatkozásokkal szintén foglalkozom. A bányászat és a fémöntés jobb megértéséhez esetenként a kísérleti régészet eredményeit is felhasználtam.

Keveset olvashatunk a fémművesség társadalmi hatásairól, valamint egészségrontó és környezetkárosító következményeiről. Adatokkal, számításokkal alátámasztva vázolom fel az őskori fémkitermelés, kereskedelem és fémfeldolgozás méreteit és környezeti hatását.

A késő rézkori fémművesség lelőhelyeit korábban Virág Zsuzsanna két, lábjegyzetben közzétett lelőhelylistáiból ismerhettük meg.¹⁹ E rövid felsorolást szisztematikus gyűjtéssel a fémleletek adatbázisává bővítettem (*1. táblázat*). A lelőhelyek és tárgyak bővebb leírása a *Katalógus*ban olvasható.²⁰

A fémtárgyakban megtalálható elemek közzététele az ezredfordulóig megjelent publikációkban általában egy-egy külön sorban, szövegek közti felsorolásban vagy lábjegyzetben található a különböző tanulmányokban, ezért ezek nem mindig kaptak kellő figyelmet. Összegyűjtöttem tehát és egységesítettem²¹ a különböző módon, elszórtan közölt fémvizsgálatokat is, s hozzátettem az általam végzetetett újabbakat is (*2. táblázat*). Az újabb fémvizsgálatokat az elemzést végző szakemberek publikálják az *Appendix*ekben.

A XI. fejezetben röviden összefoglalom a régészek által leggyakrabban igénybe vett fémvizsgálati módszereket.

¹⁹ VIRÁG 1999, 5–6. jegyzetben.

²⁰ Bondár M. OTKA T-037503 támogatással készült, folyamatosan bővített, *A badeni kultúra lelőhely-adatbázisából* kigyűjtve (2017. aug. 15). Az adatbázis jelenleg 1932 lelőhelyet tartalmaz, a *Régészeti Kutatások Magyarországon 2010-ig* az ásatási beszámolókat is közreadó, 2012-ben megjelent utolsó kötetének adataival együtt. Az *1. táblázat*ban megtalálható a tárgygal kapcsolatos legfontosabb szakirodalom (első közlés, összegző feldolgozás, fémvizsgálat közlése) így ezeket nem jegyzeteltem a lelőhely vagy tárgy minden egyes említésekor. Csak akkor fűzök jegyzetet a lelőhelyhez vagy a konkrét tárgyhoz, ha ez más okból indokolt.

²¹ A koncentrációt kifejező mértékegység hol ppm-ben, hol súlyszázalékban szerepel a szakirodalomban. A parts per million-t (ppm) átszámoltam százalékra.

I. A korai fémművesség fogalma, régészeti és technológiai alapkérdései

A régészetben a korai fémművesség/Early Metallurgy terminológia azt sugallja, hogy a legkorábbi metallurgiai nyomok megtalálását, a fémfeldolgozás felfedezésének kezdeti időszakát jelöli a *korai* meghatározás. Valójában nem ezt, hanem az „igazi” *bronzkor előtti* több ezer év technológiai tudását és fémfeldolgozásból ránk maradt emlékeinek kutatását jelöli a korai fémművesség kategória.

A régészeti alapkérdések a következők: mikor/hol/hogyan fedezték fel/készítették el először a megtalált leletet? Azaz kronológia, terület, készítési mód a vizsgálandó.

A technológiai alapkérdések: mi volt előbb? Az öntés vagy a kalapálás? Milyen ércből készítették? Honnan származhat a nyersanyag? Milyen eljárással készültek a tárgyak?

A kérdéskör mindkét területen hasonló (kronológia/terület/módszer), de az érdeklődés oka más. A régész az emberi társadalom fejlődését vizsgálva teszi fel a kérdéseket, mert a felfedezések kiindulópontja és mozgása érdekli elsősorban, amely az emberek tevékenységével, felfedező kíváncsiságával és a birtoklással függ össze. Felfedezni/megszerezni valami újat, azt továbbfejleszteni, terjeszteni és az elsőség jogán minél több gazdasági hasznot, hatalmi pozíciót megszerezni ennek révén, ha lehetséges. A fémhányak e törekvés megvalósítására kiválóan alkalmasak voltak, az írást már ismerő társadalmak idején számos háborút, komoly vérontást jegyeztek fel réz-, ón- vagy aranybányák miatt.

A technikatörténészeket és természettudósokat inkább az anyag tulajdonságai, összetétele és a matériával végrehajtható műveletek érdeklik. Válaszaikban a különböző műszerek objektivitására támaszkodhatnak.

A két tudományos közelítés nagyon gyümölcsöző lehet, hiszen vannak közös kérdések, amelyekre a választ is közösen, a másik tudomány művelőjével együtt gondolkodva, vitatkozva lehet valószínűsíteni, vagy valamilyen pontossággal megadni.

Napjainkban már a tudományok párbeszédének örülhetünk, s ami korábban csak az egyik félnek volt nyilvánvaló, az ma már a másik számára is kezd egyre világosabbá válni.

A fémművesség kialakulásáról és elterjedéséről – régészeti oldalról – a hatvanas években látott napvilágot az a két markáns vélemény, amely még napjainkra sem veszítette el aktualitását, mert az alapkérdésre még nincs egyértelmű válasz. Stuart Piggott az Ibériai-félszigetet és DK-Európát jelölte meg a rézfeldolgozás európai centrumaiként, de anatóliai és égeikumi eredetet tételezett fel a legkorábbi fémművesség helyszínéeként.²² Ezzel szemben Colin Renfrew a helyi gyökerű, Anatóliától független délkelet-európai fémművesség önállósága mellett érvelt nagy hatású tanulmányában.²³

A Kárpát-medencében a legkorábbi arany- és réztárgyak a késő neolitikum-korai rézkor idején, a Kr. e. 6–5. évezredben már megtalálhatók a leletanyagban. Ekkor – a szakirodalom szerint – a termérszéz hideg megmunkálása és hevítéses kalapálása volt a jellemző technológia. Apró rézészereket készítettek, az arany csak nagyon szórványosan fordult elő.

Az arany és a réz felhasználása a középső rézkorban teljeseedik ki. E két fém – az általánosan elfogadott nézetek szerint – tulajdonosaik társadalmi státuszát, presztízsét kifejező, és teaurálható értéket megtestesítő anyag volt. A korszakra jellemző, a földbe rejtett aranykincsletekben lemezből készített aranycsüngő-



3. kép: 1: aranycsüngők, 2: aranykorongok, 3: ellentett élű rézcsákányok a középső rézkorból. (A MNM régészeti kiállításának vezetője, szerk.: Garam Éva, Budapest 2002)

Fig. 3. 1: Gold pendants, 2: gold discs, 3: copper axes from the Middle Copper Age (Guide to the archaeological exhibition of the Hungarian National Museum, ed. Éva Garam, Budapest 2002)

²² PIGGOTT 1965.

²³ RENFREW 1969.

ket (3. kép 1), dudoros korongokat (3. kép 2), gyöngyöket, egy-egy tűt, gyűrűket találunk.²⁴ A deponált réz-leletgyűttesekben esetenként a darabonként tíz–húsz kilót is megközelítő súlyú, ún. ellentett élű, öntött rézcsákányok a leggyakoribbak, amelyek elsősorban a Dunától K-re és É-ra kerültek elő (3. kép 3).²⁵ A korszak fémgazdagságát a bulgáriai Várnában és Durankulakban feltárt temetőekben és további európai lelőhelyeken csodálhatjuk meg. Legutóbb Svend Hansen tanulmányában láthattuk a korai fémművesség évszázadaiból a reprezentatív leletek bemutatását.²⁶

A korszakunk szempontjából meghatározó jelentőségű régiókban (Anatólia, Délkelet-Európa, Kárpát-medence, Dél-Németország, Ibériai-félsziget) a főbb korszakok elnevezése ugyancsak eltérő. A terminológiában való eligazodáshoz egy táblázatot mellékelek (4. kép).²⁷

A gyarapodó leletszám, a ¹⁴C keltezés miatt bekövetkezett kronológiai problémák, és a fémművesség technológiai kérdéseiről kialakult elképzelések átrendezték, olykor gyökeresen felborították a korábbi kutatás – nem ritkán pusztán feltételezésekre épülő – megállapításait. A tények megismerését a természettudományok nagymértékben segítették.

A fémművesség kutatásába már a harmincas évektől bekapcsolódtak anyagvizsgálati módszerek.²⁸ A szisztematikus, egész Európára kiterjedő anyaggyűjtés és adatbázis létrehozása azonban az új korhatározó módszernek köszönhető.

A Willard Libby (1908–1980) által kidolgozott, kémiai Nobel-díjjal jutalmazott, 1952-ben publikált ¹⁴C keltezés régészeti alkalmazásának első mérései meglepően korai adatokat eredményeztek.²⁹ Az új lehetőség életre hívta a minél pontosabb dátumok iránti igényt, ezért egyre több célzott radiokarbonmérést végeztek a kutatók. Emellett megnőtt a fémleletek kémiai elemzésének száma is, amelyektől azt várták a régészek, hogy a gyanított kereskedelmi kapcsolatok, kulturális hatások, ismeretek „mozgásának” útvonálát is a feltételezéseknél jóval pontosabban meghatározhassák immár időben is.

Németországban az ötvenes évek közepén a *Studien zu den Anfängen der Metallurgie* (SAM) program keretében megindultak a szisztematikus mintavétel és kémiai elemzés előkészítő munkái. Az eredményeket hamar publikálták.

²⁴ RACZKY 2000, 26–28.

²⁵ PATAY 1974.

²⁶ HANSEN 2013.

²⁷ BARTELHEIM–KRAUSS 2012, Table 6:1.

²⁸ A kutatástörténetet Ernst Pernicka foglalta össze: PERNICKA 2014.

²⁹ LIBBY 1952.

years BC	Anatolia	SE Europe (Bulgaria)	Carpathian Basin (Hungary)	Southern Germany	Iberian Peninsula
2000	Early Bronze Age III	Middle Bronze Age	Early Bronze Age	Early Bronze Age	Early Bronze Age
2500	Early Bronze Age II	Early Bronze Age		Final Neolithic	Chalcolithic
3000	Early Bronze Age I		Late Neolithic	Late Neolithic	
3500	Chalcolithic	Transitional period	Chalcolithic		Young Neolithic
4000		Chalcolithic	Late Neolithic	Middle Neolithic	
4500	Chalcolithic	Late Neolithic			Middle Neolithic
5000		Late Neolithic	Middle Neolithic		
5500	Chalcolithic	Middle Neolithic	Early Neolithic		

4. kép: Kronológiai táblázat (BARTELHEIM–KRAUSS 2012, Table 6.1. nyomán)

Fig. 4. Chronological chart

Az első kötet 1960-ban jelent meg.³⁰ A SAM program következő eredményei 1968-ban három kötetben, majd 1974-ben az ötödik kötetben váltak hozzáférhetővé.³¹

A fémfeldolgozás technológiai kérdéseinek megválaszolásához – a Bevezetésben jelzett „tyúk vagy a tojás” problémája – fontos mérföldkő volt Theodore

³⁰ JUNGHANS *et al.* 1960.

³¹ SAM program keretében végzett vizsgálatok. JUNGHANS *et al.* 1968 és JUNGHANS *et al.* 1974. Mindennek tovább bővített, a keresést megkönnyítő, CD-vel is kiegészített változata 2003-ban jelent meg: KRAUSE 2003.

Wertime két *Science* cikke.³² A magyar régészek által kevéssé idézett Wertime (1919–1982) diplomata, a Közel-Kelet technikatörténész szakértője volt, aki az itteni leletanyagra, köztük saját feltárásainak megfigyeléseire alapozva a rézko-hászat kialakulását folyamatos fejlődés eredményeként írta le, és az ismeretek diffúzióját tételezte fel.

Wertime egy teljesen nyilvánvaló gondolatot fogalmazott meg: a fémolvasztás felfedezése meg kellett, hogy előzze a fémtárgyak készítését.³³ Ez a megállapítás evidenciának tűnik, de nem az. Fémtárgyakat ugyanis olvasztás nélkül is készíthettek, készítettek is a korai időszakban. A természérből melegítéssel könnyen kinyerhető nyersanyagból egyszerű fakalapáccsal lehetett előállítani már rézhuzalt, szalagot, tűket, árákat, sőt, nagyobb tudást igénylő ékszert is. A fémko-hászat első lépései azonban ennél bonyolultabb technológiát igényeltek. Wertime különbséget tett a *melting* és a *smelting*³⁴ között. A *melting* a természérez egyszerű megolvasztását jelenti különösebb felszerelés nélkül. A *smelting* már kohászati eljárás, a rézércből megfelelő eszközökkel, redukációs olvasztással kinyert fémöntést jelenti. Így már érthető, miért írta le azt az evidenciát, hogy a fémolvasztást előbb kellett, hogy felfedezzék őseink, mint a fémtárgyak készítési módját.

Wertime sorra vette azt a többlépcsős folyamatot is, amelyben az egyre emelkedő hőfok hatására a fémek és az agyag állapota megváltozik. 100 foktól először egy oxidációs filmréteg jelenik meg bizonyos fémeken. 330 foktól az ezüst-oxid és a pirit kezd szétesni, miközben az ón és az ólom kezd megolvadni. 500 foktól a szulfidércek (levegőben) pörkölődni kezdenek, a hidegen megmunkált réz és bronz kristályszerkezete megváltozik, az anyag lággyá válik. 600 foktól a kerámia állaga gyengülni kezd és egyes típusok felülete üvegesedni kezd. Bizonyos mázak ezen a hőfokon megolvadnak, de további hevítés szükséges a fémsalak kialakulásához. A salak eltávolítása után már a tiszta fém következik.³⁵

A hideg fémmegmunkálás és a kohászati eljárás során nyert fém öntésének felfedezésére több elképzelés is van. Az egyik elmélet szerint a felszínen talált, feltűnő színű természérez felkeltette az emberek érdeklődését és elkezdtek ütögetni, kalapálni, miközben rájöttek, hogy könnyen alakítható az anyag. Ennél sokkal valószínűbb az a feltevés, mely szerint véletlenül fedezték fel, hogy hő hatására bizonyos rögök megolvadnak és az eredmény: csillogó gyöngyszem, könnyen kalapálható anyag lesz, amelyből számos tárgyfajta készíthető.

³² WERTIME 1964; WERTIME 1973.

³³ WERTIME 1964.

³⁴ A két fogalomnak nincs pontos magyar megfelelője, csak körülírják a szakemberek

³⁵ WERTIME 1964, 1264–1265.

Wertime szerint hiba volna azt gondolni, hogy a korai fémművesség a tűz megjelenésével hozható összefüggésbe. A fémeket a kezdetekben kőként kezelhették az emberek. A különböző anyagok után kutatva (pl. kovakő, türkíz, obszidián, lapis lazuli, szteatit, amelyek már az egészen korai időkben a csereskereskedelem fontos cikkei voltak) találhatták meg a termérszögöket is, amelyeket csak később kapcsolhattak össze a kerámiakészítéshez használt tűzzel. Véleménye szerint a kitermelésen és öntésen alapuló fémfeldolgozást egyetlen központban, DNy-Ázsiában fedezték fel az ásványok utáni kutatás során több ezer mérföldre az eredeti helyüktől. A fémfeldolgozás volt az ember első komoly beavatkozása a Föld életébe.³⁶

Wertime új megállapításai közül rendkívül figyelemre méltó az a tény, hogy bár a kereskedelmi cikkek felkutatásával függhet össze az ércásványok felfedezése, a fémműves központok *nem* az ércbányák környékén keresendők, hanem azoktól távolabb. A korai fémművességi centrumok így – nem véletlenül – az obszidiánban, bitumenben, türkizben, lapis lazuliban stb. gazdag területeken, a Sínai-félszigeten a mai Izrael és Szíria területén, továbbá a mai Egyiptom, Törökország, Irak, Afganisztán, Pakisztán földjén találhatók.³⁷

Európában elsősorban a Balkán-félsziget, a mai Spanyolország, É-Európa, továbbá az osztrák-olasz Alpok és Kárpátok (Erdélyi- és Gömöri-érchegység) hegyeiben fedezhették fel a különböző érceket őskori elődeink.

A tudományos projektek keretében végzett fémvizsgálatokkal közel egyidőben több helyen is feltártak bizonyítottan a korai időszakban használt bányákat is, amelyek létezése reménykeltő volt a fémanyag származási helyének beazonosításához.

A szerbiai Majdanpek környékén lévő Rudna Glaván és a bulgáriai Ai Bunárban feltárt őskori bányáknak és az aranytárgyakban nagyon gazdag, összességében 6 kilónyi aranyat tartalmazó várnai temető (1972–1994 között feltárva) előzetes közleményeinek, majd a durankulaki temető feltárásának köszönhetően a nyolcvanas évek elején újabb lendületet vett a korai fémművesség kutatása.

A fémelemek kismonográfiának is beillő feldolgozását Martin Kuna adta közre 1981-ben megjelent cikkében.³⁸ Mindmáig idézett alapmunkájában a Kárpát-medencéből és a Balkánról leletfajták szerint (külön tárgyalva a kincsleleteket) vette sorra a lelőhelyeket. Típusokba sorolva értékelte és rajzos táblákon adta közre a régészeti anyagot, térképeken ábrázolva az egyes leletfajták elterjedését.

³⁶ WERTIME 1973, 876. és Fig. 2. a különböző kereskedelmi cikkekkel.

³⁷ WERTIME 1973, 879. Fig. 3.

³⁸ KUNA 1981.

Mindezek alapján vizsgálta a kapcsolatrendszereket, s ha volt fémvizsgálat, annak eredményét is közölte. A fémleleteket (réz és arany) négy egymást követő időhorizontba rendezte a korai rézkortól a késő rézkorig. Munkájában a téma legteljesebb irodalmát is megtaláljuk.³⁹

A stuttgarti SAM projekt adatbázisának folyamatosan kiegészített verzióját 2003-ban publikálta Rüdiger Krause.⁴⁰ A bonyolult szerkezetű kötetet CD melléklettel is ellátták, amelyen az adatok kereshető, táblázatos adatbázisban szerepelnek. A CD-n 35 490 adatsor található. Az adatgyűjtés kiterjedt Eurázsia, Észak-Afrika, Közel-Kelet, India és Afganisztán, a Távol-Kelet, Új-Zéland és Dél-Amerika területére. A bonyolult kódolással készült adatbázisban, különböző időszakokból 2823 magyarországi adatot találtam, ezek közül 404 az, amelyik a késő rézkor – korai bronzkor időszakára keltezhető. Ez azonban csak közelítően pontos, mert több esetben tévesen kódolták a helyneveket országhoz, és a korszakok, kultúrák időbeli kódolása is lehet hibás néhány esetben, így több is vagy kevesebb is lehet a hazai adat.

A megélénkült nemzetközi kutatásba a magyar régészek is bekapcsolódtak.

A hazai leletanyag nagyobb szériás fémvizsgálatait a Magyar Nemzeti Múzeum késő neolitik és kora bronzkori anyagából kiválasztott leleteken végezheték el az ötvenes évek elején indult *Studien zu den Anfängen der Metallurgie* (SAM) program keretében.

1959-ben Franz és Eckehard Schubertnek 200 magyarországi réztárgy összegyűjtésére volt felhatalmazása. A délkelet-európai réztárgyak spektrálanalíziséhez összegyűjtött anyagba a fémművesség korai időszakából az 1950–1954 között Kutzián Ida vezetésével feltárt Tiszapolgár-basatanyai temető egyes leletei is bekerültek. A temetőben 40 réztárgy volt, ezek közül 39-et 30 sír őrzött meg, egy szórványként került elő. A 39 tárgyból 23-at vizsgáltak (ez a leletek 59 %-át jelentette). Az eredményeket Eduard Sangmeister tette közzé a temetőt feldolgozó monográfiában. Rövid összefoglalása szerint a sírokban talált fémleletek tiszta

³⁹ Sajnos, helynévmutató nincs a cikkben, és az interneten hozzáférhető változatban sem lehet keresni a kissé nehezen áttekinthető tanulmányban, mindez azonban semmit nem von le a munka értékéből.

⁴⁰ KRAUSE 2003.

rézből készültek, csak nyomokban, vagy nagyon kis mennyiségben tartalmaztak ezüstöt, nikkelt, antimont, arzént, bizmutot.⁴¹

A cikkben Sangmeister ismertette még az 1960-ban megjelent SAM program első kötetének⁴² eredményeit, amelyben 2300 tárgy anyagösszetételét publikálták. Ezekből statisztikai módszerekkel 13 analitikai csoportot, clustert állítottak fel (A-tól F2-ig elnevezve), amelyek 13 fémműves terméket reprezentálnak különböző területekről és időszakokból. Az E00 – amelybe a tiszapolgári leletek is tartoznak – a legkorábbi. A másik korai csoportot az E01 jelzi. E két analitikai egység lelőhelyeit egy-egy térképen is bemutatta Sangmeister, s a cikkben röviden ismertette a két korai csoportot.⁴³

A középső rézkorra keltezett bodrogeresztúri kultúra jellegzetes rézcsákányait, arany- és rézékszereit Patay Pál gyűjtötte össze.⁴⁴ A SAM eredményeinek ismeretében csak nagyon röviden foglalkozott a fémművesség kérdéseivel, a tárgyakat a SAM clusterek típusba sorolása szerint említette.⁴⁵

Kutzián Ida (1918–2001) akadémiai doktori értekezését írva több szempontból tanulmányozta a középső és késő rézkor kapcsolatát is. A tiszapolgári leletek jelentősége és a fémművesség megélénkült kutatása elmélyült anyaggyűjtésre ösztönözte. Az 1971-ben, Belgrádban tartott konferencián áttekintést adott a Kárpát-Pannon régió késő neolitikus-réz kori régészeti kultúráiról. Mai kronológiánk szerint a Kr. e. 5. évezredtől a 4. évezred közepéig terjedő időszakból mutatta be a térség települési sajátosságait, temetkezéseit és fémművességét.⁴⁶ Elsősorban a közismert aranycsüngők és az ellentett élű rézcsákányok elterjedésével és tipológiájával foglalkozott, ez utóbbiaknál hangsúlyozta, hogy ezek elkészítéséhez már komoly kohászati ismeretek kellettek.

E lendületes történeti áttekintésnél – amelynek kronológiája és következtetései túlhaladottá váltak a tudomány fejlődésének köszönhetően – jelentősebb munkája az a kevésbé ismert tanulmánya, amely Stuart Piggott (1910–1996) 65. születésnapjára készült kötetben jelent meg. Bognár-Kutzián Ida e rövid, csak ritkán idézett cikkében összegyűjtötte a Kárpát-medence, Románia, szovjet Moldova és a Balkán-félsziget északi részének fémműves emlékeit a középső rézkor

⁴¹ SANGMEISTER 1963, 564. A fémanalíziseket N. Schröder az I. táblázatban foglalta össze (563. o.)

⁴² JUNGHANS *et al.* 1960.

⁴³ SANGMEISTER 1963, 560–564.

⁴⁴ PATAY 1974, 6–11, Taf. 1–6.

⁴⁵ PATAY 1974, 34–35.

⁴⁶ BOGNÁR-KUTZIÁN 1973.

végéig.⁴⁷ Térképeken is bemutatta korszakonként és leletfajtánként a korai lelőhelyeket, a bányák közül ekkor még csak Rudna Glavát ismerte.⁴⁸ Kronológiai jelentőségűnek tartotta az 1967-ben publikált, a romániai Balomirról származó, a korai neolitikumba sorolt Körös kultúrába(!) tartozó rézarat, amely jelenleg is a legkorábbi fémlelet ebben a régióban. Kutzián véleménye szerint a fémművesség Keleten korábban létezett, mint a Kárpát-medencében, de felhívta a figyelmet arra is, hogy cikkének írásakor csak négy éve volt ismert az első bánya és nyolc éve a legkorábbi rézlelet,⁴⁹ azaz ez a helyzet újabb adatok előkerülésekor bármikor megváltozhat.

A fémművesség különböző problémáival – a nemzetközi kutatás új eredményeinek inspirációjára – Kalicz Nándor (1928–2017) is több munkájában foglalkozott.

1982-ben megjelent rövid tanulmányában a Balaton-Lasinja kultúra belső tagolását és ennek történeti hátterét felvázolva M. Kuna nyomán foglalta össze az egymást követő délkelet-európai rézhorizontokat. A középső neolitikumban kezdődő 1. rézhorizonttól a 3. rézhorizontba sorolt, fémgazdagsággal jellemezhető bodrogkeresztúri kultúráig tekintette át vázlatosan a leletfajtákat és ezek területi előfordulását. Kalicz a megélt fémművességi kutatások eredményeinek ismeretében és M. Kuna anyaggyűjtése alapján, a magyarországi leletek elemzése után megállapította, hogy a Balaton-Lasinja I és II–III kultúra a 3. rézhorizontba tartozik, annak idősebb illetve fiatalabb szakaszába. Ekkor a Kárpát-medence fémművessége már elszakad a Balkántól, a Balaton-Lasinja metallurgia önálló jellege domborodik ki. Nagyon röviden foglalkozott a 4. rézhorizontba tartozó badeni kultúrával is.⁵⁰

Kalicz N. egy újabb tanulmányában a településtörténet oldaláról, az egyes kultúrák területfoglalását elemezve kereste a magyarázatot a fémművesség évszázadaiban bekövetkezett változásokra.⁵¹ Bognár-Kutzián Ida korábbi anyaggyűjtését kiegészítve – bár a cikkekre nem hivatkozott – közreadta a középső és késő neolitikus rézleletek délkelet-európai lelőhelyeinek térképét,⁵² rajta két bá-

⁴⁷ BOGNÁR-KUTZIÁN 1976.

⁴⁸ BOGNÁR-KUTZIÁN 1976, Fig. 1–2. (Ai Bunár és a várnai temető előzetes közlései cikkének megírásakor még nem voltak publikálva.)

⁴⁹ BOGNÁR-KUTZIÁN 1976, 75.

⁵⁰ KALICZ 1982, 10–16.

⁵¹ KALICZ 1988–1989.

⁵² KALICZ 1988–1989, 4. kép. E térkép továbbfejlesztett változatát közölte Kalicz N. 1992-ben, amely térképhez már a magyarországi lelőhelyeket is csatolta függelékben (KALICZ 1992, 3. kép 11–12).

nya jelölésével,⁵³ továbbá a korai⁵⁴ és középső rézkori⁵⁵ súlyos réztárgyak elterjedését DK-Európában. A térképeken szereplő lelőhelyek listáját csak 1992-ben közölte.⁵⁶

Kalicz N. az 1988-ban Saarbrückenben rendezett konferenciára készült, a Dunántúl rézkoráról írott nagyívű összefoglalásában csak nagyon röviden érintette a fémművesség problémáit a Zalavár-Basaszigeten előkerült rézkorong és rézvéső kapcsán,⁵⁷ amelyeket Virág Zsuzsanna publikált 1986-ban.⁵⁸

A metallurgia közel-keleti és anatóliai származtatásának tarthatatlanságát egy újabb, rövid tanulmányban foglalta össze Kalicz N., bemutatóva a Kárpát-medence és Délkelet-Európa legkorábbi, az 1. fémhorizontba sorolt leleteinek elterjedését.⁵⁹ Érintette a rézfeldolgozás kialakulásával kapcsolatos feltételezéseket is. Több kutatóval együtt Kalicz N. is véletlen felfedezésnek tulajdonította a fémművesség kezdetét. C. Renfrew-val egyetértve úgy vélte, hogy a délkelet-európai fémfeldolgozás ismerete közel-keleti befolyás nélkül, önállóan jött létre. Ebben nagy szerepet játszhatott az a tény, hogy a Kárpát-medencében és a Balkán-félszigeten voltak Európa legjelentősebb rézérc lelőhelyei, számos felszíni előfordulással.⁶⁰ Kalicz N. érvelésének alátámasztására felsorolta a Magyarország területén megtalálható réz-nyersanyagforrásokat,⁶¹ feltételezve, hogy ezek a neolitikumban is léteztek.⁶² Ezt azonban sem geológiai, sem anyagvizsgálati elemzéssel, sem régészeti adattal nem támasztotta alá. Ebben a tanulmányban már a 4. rézhorizontról is írt röviden, ami a korábitól teljesen eltérő badeni fémművességgel jellemezhető.⁶³

A korai fémművesség időszakában a réz és az arany közel azonos gyakorisággal fordult elő, és e két fém – amint már utaltam erre – jelentős szerepet játszott az egykori közösségek életében. A rézkori aranyokról Bóna István írt nagyobb

⁵³ Ai Bunár és Rudna Glava volt ekkor ismert a területről.

⁵⁴ KALICZ 1988–1989, 5. kép.

⁵⁵ KALICZ 1988–1989, 6. kép.

⁵⁶ KALICZ 1992, 11.

⁵⁷ KALICZ 1991, 361. és Abb. 10.

⁵⁸ VIRÁG 1986.

⁵⁹ KALICZ 1992, 3. kép.

⁶⁰ KALICZ 1992, 7.

⁶¹ KALICZ 1992, 2. kép és a függelékben hozzátartozó felsorolás a 11. o. alján.

⁶² KALICZ 1992, 7.

⁶³ KALICZ 1992, 10.

tanulmányt,⁶⁴ Makkay Jánossal folytatott vitacikként az aranykorongok lelőhely-azonosítása kapcsán.⁶⁵

A millenniumhoz kapcsolódó jelentős esemény volt a Magyar Nemzeti Múzeum 2000-ben megrendezett, az őskori aranykincseket bemutató időszak kiállítás. Ennek katalógusában Raczky Pál tanulmánya⁶⁶ foglalta össze azokat a meghatározó jelentőségű kutatási eredményeket és új adatokat, amelyek az egykori történeti események és régészeti elméletek újragondolását mozdították elő. A radiokarbon kronológia tarthatatlanná tette az anatóliai és balkáni, kárpát-medencei régészeti kultúrák etalonnak tartott korábbi szinkronizálását. Ekkor vetette fel Colin Renfrew a délkelet-európai fémművesség önállóságának lehetőségét, amelyet a várnai temetőben előkerült leletek jelentős mértékben megerősítettek. Raczky Pál szerint „... e tény valamint az anyagi kultúra sok más hasonlósága alapján állíthatjuk, hogy Délkelet-Európában ebben az időben (a Kr. e. 5–4. évezred fordulóján) összefüggő kulturális háttérű, egységes fémművességi kör jelent meg.” Ezt Sitagroi fémfeldolgozással kapcsolatos leletei, valamint a két ismert rézbánya (Rudna Glava és Ai Bunár) felfedezése is alátámasztotta.⁶⁷ Ebben a keretben érthető meg a Kárpát-medence kitüntetett szerepe a kora rézkor kezdetén: keleti fele a balkáni, égeikumi művelődési körrel állt kapcsolatban, míg nyugati területe a közép-európai régióhoz tartozott. „Az ekkor kialakuló két nagy fémművességi egység érintkezése, jellegzetes termékeinek kulturális, kronológiai összefüggései e viszonylag kis földrajzi területen különösen jól tanulmányozhatók.”⁶⁸ A korai réz korban létrejött fémfeldolgozás a középső réz korban teljesedik ki, majd a késő réz korban jelentősen visszaesik. Ennek magyarázatát Raczky Pál a gazdasági, szociális körülmények megváltozásán túl a felszínhez közeli ércforrások kimerülésével is magyarázhatónak látja, de másképp is interpretálhatóak az okok. A javaréz kori fémművességi körök egy-egy csererendszert, kulturális összefüggésrendszert testesítettek meg. Ezeket a kapcsolatokat azonban teljesen átrendezte az erősödő kelet-európai, észak-pontuszi, sztyeppei eredetű vándorlás, amely megszakította a korábban jól működő közvetítő mechanizmusokat.⁶⁹

A réz kori fémművességről írott áttekintésben Virág Zsuzsanna a korábban már ismert nézeteket és leleteket tudta bemutatni 2003-ban.⁷⁰

⁶⁴ BÓNA 1987.

⁶⁵ BÓNA 1990.

⁶⁶ RACZKY 2000.

⁶⁷ RACZKY 2000, 23.

⁶⁸ RACZKY 2000, 23–24.

⁶⁹ RACZKY 2000, 30.

⁷⁰ VIRÁG 2003.

A hazai késő neolitikus rézleletek legújabb régészeti és archaeometriai feldolgozása nemrégiben jelent meg.⁷¹

Napjainkban az egyre több műszeres fémelemzés eredményeinek közzététele átszövi a régészeti szakirodalmat. Fontos közléseket ismerhettünk meg az aranytárgyak vizsgálatáról,⁷² a korai bányák és nyersanyagok azonosításáról⁷³ és komoly szakmai vita zajlik a legkorábbi rézlelet körül.⁷⁴

A korai fémművesség kutatástörténetéből csak néhány sarokpontot emeltem ki. Ezekből is látszik, hogy a leletek összegyűjtésén túl Németországban már az ötvenes évek végén nagy léptékű szériavizsgálatokat végeztek spektroszkópai módszerrel. A nagyszámú mintából statisztikai alapon rajzolódtak ki időbeli és térbeli csoportosulások (klaszterek), amelyek a fémművesség kialakulásáról és elterjedéséről alkotott elméleti magyarázatok alapját adták.

Összegzésként megállapíthatjuk, hogy a Kárpát-medencében és tágabb körzetében a bronzkor előtti fémművességet a szokásos hármas felosztásban (kialakulás–virágzás–hanyatlás) vizsgálják a kutatók.

Eszerint a korai fémhasználat általános elterjedése a késő neolitikum–korai rézkor idejére tehető, ekkor szerény kivitelű réz- és aranytárgyakkal (elsősorban ékszerekkel) találkozunk a leletanyagban, amelyek a feltételezések szerint természetéből és természetéből hidegen kalapálva készültek.

A virágzó, fellendülő korszak a középső rézkor, amikor a fémöntés felfedezésével már a sok fémeket tartalmazó, súlyos rézeszközök és a szépen kidolgozott aranytárgyak a jellemzőek az emlékanyagban. Készítésük módja máig vita tárgya. A kérdés az, hogy kalapálták vagy öntötték-e ezeket a tárgyakat.⁷⁵ Napjainkban Siklósi Zsuzsanna pályázata⁷⁶ keretében folynak a rézkori fémművességre számos kérdésére választ kereső vizsgálatok. A kutatás keretében nagy hangsúlyt kap a Kr. e. 5000 és 3000 közé keltezhető kárpát-medencei réznyersanyag szár-

⁷¹ SIKLÓSI *et al.* 2015.

⁷² CSEDREKI–DANI 2011; CSEDREKI *et al.* 2011; LEUSCH *et al.* 2014; LEUSCH *et al.* 2015; LAZAROVICI *et al.* 2015 (mindegyikben további irodalommal).

⁷³ CIUGUDEAN 2012; FILIPOVIĆ 2015 (további irodalommal).

⁷⁴ RADIVOJEVIĆ *et al.* 2010; RADIVOJEVIĆ *et al.* 2013; ŠLJIVAR–BORIĆ 2014 (további irodalommal).

⁷⁵ Míg korábban csak feltételezések alapján határozták meg a régészek a készítési technikát, ma már egyre több műszeres vizsgálat segíti a pontosabb rekonstrukciót. Az egyszerű felületi csiszolattól a modern roncsolásmentes elemzésekkig bővült a lehetőségek köre. Első hazai összefoglalása: SZABÓ 2013.

⁷⁶ The spread of the products and technology of metallurgy in the Carpathian Basin between 5000 and 3000 BC c. projekt (NKFI-FK-124260).

mazási helyének meghatározása valamint a lehetséges magyarországi rézlelőhelyek, bányák(?) kimutatása.⁷⁷

A korai fémművesség hanyatló korszakát a késő rézkorra helyezi a kutatás. A Kr. e. 3600/3500–3000/2800 közötti évszázadok fémleletei – amint ez köztudottnak tekinthető – gyökeresen eltérnek az előző időszak tárgytypusaitól. Eltűntek a szépen kidolgozott aranytárgyak és nem találhatók meg a súlyos rézcsákányok sem a leletanyagban. Jelentősen csökkent a fémtárgyak mennyisége és megváltozott a minőségük is, a feltételezések szerint ismét a hidegen történő kalapálás volt a jellemző technológia.

⁷⁷ A projekt részletes bemutatása: SIKLÓSI *et al.* 2017.

II. A badeni kultúrkör fémművességének magyarországi leletanyaga

A késő rézkori badeni kultúra magyarországi emlékanyagában a hetvenes évek közepéig az alsónémedi temetőből (1949)⁷⁸ és a budakalászi temető (1952) első 115 sírjából publikált gyöngyök és egy-két ár,⁷⁹ továbbá a vörsi diadém (1952)⁸⁰ jelentette a korszak fémleleteit, s a Kárpát-medence sem bővelkedett ilyen emlékekben. E kevés, ám jelentős lelet – bár nem sok párhuzama volt – tág teret adott széles kapcsolatrendszer elméleti megrajzolására.

A fémművesség kutatásában fontos állomás volt a helyben végzett fémöntés bizonyítékának tekinthető olvasztótégelyek előkerülése a Lánycsokon⁸¹ és Zók-Várhegyen végzett ásatások során.⁸² Ecsedy István két kiállítási katalógusban röviden érintette a bronzkort megelőző fémműves ismereteket is. A Zók-Várhegyen feltárt vučedoli leletek kapcsán foglalkozott az egy települést és körzetét ellátó mesterek létezésével, az öntőformák fajtáival és az öntés néhány technikai vonatkozásával.⁸³

1985-ben a késő rézkori fémművességet tágabb kontextusba helyező új leletek kerültek elő Sármelléken. A badeni kultúra településének egyik gödrében egy rézkés pengéje és egy réztőr⁸⁴ látott napvilágot. Virág Zsuzsanna e két jelentős tárgyról írott tanulmányában felsorolta a badeni kultúrához köthető fémművesség emlékeit is,⁸⁵ amelyek a 4. rézhorizontba sorolhatók Martin Kuna felosztása alapján.⁸⁶

Újabb késő rézkori fémleletek csak az ezredforduló környékén végzett nagyberuházások eredményeként láttak napvilágot.⁸⁷ Ezek közül egyedülálló a badeni kultúra féminventáriumában a Balatonlelle-Rádpusztán, sírból előkerült rézkarperec, amely egyelőre analógia nélküli tárgy. Ugyancsak unikális lelet a Nagy-

⁷⁸ KOREK 1951.

⁷⁹ SOPRONI 1956. (A temető teljes feldolgozása: BONDÁR–RACZKY 2009.)

⁸⁰ BANNER 1956, 324. lh. (111. o) Taf. LXXXVII. (újraközlése: BONDÁR 2015a).

⁸¹ ECSEDY 1978, XI. t. 3–5.

⁸² ECSEDY 1983.

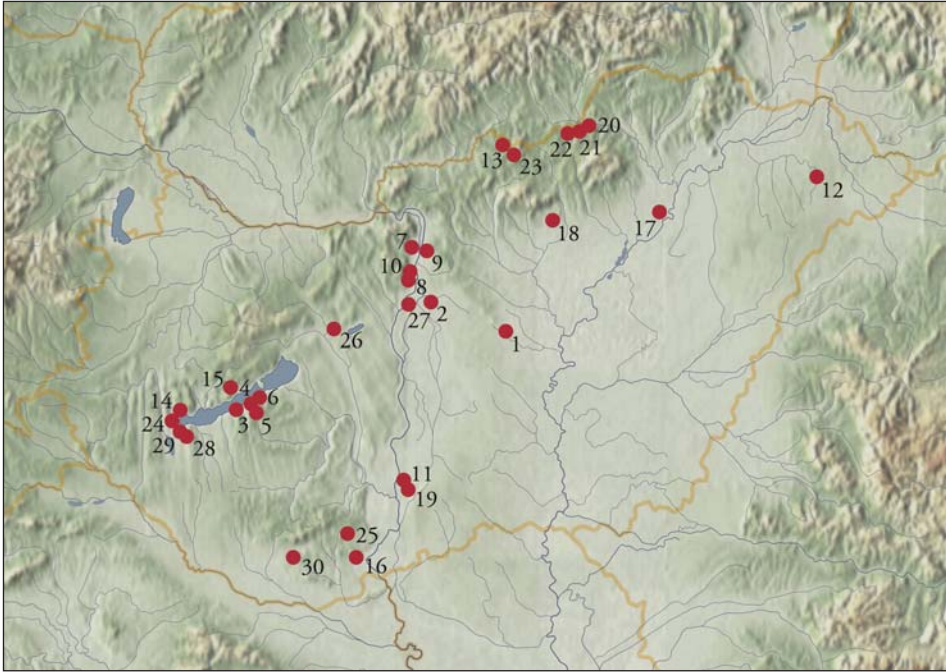
⁸³ ECSEDY 1994; ECSEDY 1995.

⁸⁴ VIRÁG 1999, 2. kép 1–2.

⁸⁵ VIRÁG 1999, 5–6. jegyzetben tárgytípusonként sorolja fel a lelőhelyeket.

⁸⁶ VIRÁG 1999, 39.

⁸⁷ Nagyfüged: FODOR 1997, 103; Tikos: NÉMETH–SIKLÓSI 2004, 47; Balatonlelle-Rádpusztá: MOLNÁR–SÍPOS 2005, 180–181; Abony: RAJNA 2006, RAJNA 2011; Balatonlelle-Felső-Gamász: NAGY 2010; Kántorjánosi: GYÖRGY 2012; Szebény: LIGNER 2012; Nemesnádudvar: V. SZÉKELY 2012; Balatonöszöd: HORVÁTH 2014.



5. kép: A badeni kultúra fémtárgyainak lelőhelyei

Fig. 5. Sites of the Baden culture yielding copper finds

- 1: Abony, 2: Alsónémedi, 3: Balatonboglár, 4: Balatonlelle-Felső-Gamász,
 5: Balatonlelle-Rádpusztá, 6: Balatonőszöd, 7: Budakalász, 8: Budapest-Andor u.,
 9: Budapest-Káposztásmegyer, Farkaserdő, 10: Budapest-Kőérberek,
 Tóvárosi lakópark, 11: Fajszt-Garadomb, 12: Kántorjánosi, 13: Karancslapujtő(?),
 14: Keszthely, 15: Köveskál, 16: Lánycsók, 17: Mezőcsát, 18: Nagyfüged,
 19: Nemesnáadudvar, 20: Ózd-Center, 21: Ózd-Kőaljatető, 22: Ózd-Sportstadion,
 23: Salgótarján, 24: Sármellék, 25: Szebény, 26: Székesfehérvár(?),
 27: Szigetcsép, 28: Tikos, 29: Vörs, 30: Zók

fügeden előkerült 4 cm hosszú, átfűrt törhegy és a Fajszt-Garadombon talált két gomb és huzaltörredék is. E különleges leleteket a jelen kötetben publikálom.

A bronzkori kutatások jelentős eredménye – bár ez a tény még nem került be teljes mértékben a szakmai köztudatba – hogy Dani János és Szeverényi Vajk a korábban bronzkorinak tartott, É-kaukázusi eredetű bányabükkli típusú rézbalták-ról bizonyította, hogy ezek valójában a késő rézkorra keltezhetőek.⁸⁸

⁸⁸ SZEVERÉNYI 2013; DANI 2013, 204, Fig. 10.

*1. táblázat: A badeni kultúra magyarországi fémleletei
Table 1. Metal finds of the Baden culture from Hungary (based on the author's database)*

lh-név	megye	tárgy-típus (rész)	db	a tárgy első említése, közlése	a jelen kötetben	fémvizsgálót végezte	fémvizsgálati módszer	fémvizsg. közölte	hol készült a fémvizsgálat	előkerülési körülmények
Abony-Elsővíz 45. objektum	(Pest m.)	ár	1	RAJNA 2006, 173; RAJNA 2011, 16. t. 4; RAJNA 2016, 188.	5. tábla 6.	–	–	–	–	Rajna András ásatása 2005..
Abony-Elsővíz 43. objektum	(Pest m.)	ár	1	RAJNA 2011, 16. t. 5; RAJNA 2016, 188.	5. tábla 5.	–	–	–	–	Rajna András ásatása 2005.
Alsónémedi-Kenderfőldék 3/B sír	(Pest m.)	gyöngy	1	KOREK 1951, IX. t. 2.; BANNER 1956, Taf. XLIII. 2.	2. tábla 1.	Szepesi Károly	színképelemzés	SZEPESY 1951, 104.	Miskolc? MÁFI?	Korek József ásatása 1949..
Alsónémedi-Kenderfőldék 4. sír	(Pest m.)	gyöngy	1	KOREK 1951, X. t. 5; BANNER 1956. Taf. XLIV. 5.	2. tábla 2.	Szepesi Károly	színképelemzés	SZEPESY 1951, 104.	Miskolc? MÁFI?	Korek József ásatása 1949.
Alsónémedi-Kenderfőldék 20. sír	(Pest m.)	gyöngy	2	KOREK 1951, X. t. 18–19; BANNER 1956. Taf. XLIV. 18–19.	2. tábla 3.	Szepesi Károly	színképelemzés	SZEPESY 1951, 104.	Miskolc? MÁFI?	Korek József ásatása 1949.
Alsónémedi-Kenderfőldék 25. sír	(Pest m.)	ár	1	KOREK 1951, X. t. 25; BANNER 1956, Taf. XLV. 25.	5. tábla 4.	Szepesi Károly	színképelemzés	SZEPESY 1951, 104.	Miskolc? MÁFI?	Korek József ásatása 1949.
Alsónémedi-Kenderfőldék 34. sír	(Pest m.)	gyöngy	2	KOREK 1951, XIII. t. 1–2; BANNER 1956. Taf. XLVII. 1–2. sírszám nélkül	2. tábla 4.	Szepesi Károly	színképelemzés	SZEPESY 1951, 104.	Miskolc? MÁFI?	Korek József ásatása 1949.
Alsónémedi-Kenderfőldék 36. sír	(Pest m.)	gyöngy	11	KOREK 1951, XII. t. 4; BANNER 1956. XLVI. 4.	2. tábla 5.	Szepesi Károly	színképelemzés	SZEPESY 1951, 104.	Miskolc? MÁFI?	Korek József ásatása 1949.
Balatonboglár-Zrínyi u. 11. sz. csontváznál	(Somogy m.)	gyöngy	1	HONTI 1981, 4. kép 3, 11. e	2. tábla 6.	–	–	–	–	Honti Szilvia ásatása 1980..
Balatonboglár-Zrínyi u. 11. sz. csontváznál	(Somogy m.)	gyöngy	1	HONTI 1981, 4. kép 4, 11. f	2. tábla 8.	–	–	–	–	Honti Szilvia ásatása 1980..

lh-név	megye	tárgy-típus (rész)	db	a tárgy első említése, közlése	a jelen kötetben	fémvizsgálót vezető	fémvizsgálati módszer	fémvizsg. közölte	hol készült a fémvizsgálat	előkerülési körülmények
Balatonboglár-Zrínyi u. 11. sz. csontváznál	(Somogy m.)	gyöngy	1	HONTI 1981, 4. kép 5, 11. g	2. tábla 7.	-	-	-	-	Honti Szilvia ásatása 1980..
Balatonboglár-Zrínyi u.	(Somogy m.)	gyöngy	1	HONTI 1981, 4. kép 1b	-	-	-	-	-	Honti Szilvia ásatása 1980.
Balatonlelle-Felső Gamász 7. sír	(Somogy m.)	tör	1	NAGY 2010, Abb. 11. 8.	7. tábla 4a-b	Költő László	röntgenemisszió	NAGY 2010, 439.	Kaposvár, Rippl Rónai Múzeum	Sófávi András ásatása 2002..
Balatonlelle-Felső Gamász 15. sír	(Somogy m.)	gyöngy	1	NAGY 2010, Abb. 22. 7.	2. tábla 12.	-	-	-	-	Sófávi András ásatása 2002..
Balatonlelle-Felső Gamász 16. sír	(Somogy m.)	gyöngy	1	NAGY 2010, Abb. 24. 19.	2. tábla 13.	-	-	-	-	Sófávi András ásatása 2002..
Balatonlelle-Felső Gamász 16. sír	(Somogy m.)	tű, (in-kább ár)	1	NAGY 2010, Abb. 24. 13.	5. tábla 1.	-	-	-	-	Sófávi András ásatása 2002..
Balatonlelle-Felső Gamász 16. sír	(Somogy m.)	ár, (in-kább véső)	1	NAGY 2010, Abb. 24. 15.	5. tábla 8.	-	-	-	-	Sófávi András ásatása 2002..
Balatonlelle-Felső Gamász 21. sír	(Somogy m.)	gyöngy	1	NAGY 2010, Abb. 36. 6.	2. tábla 11.	-	-	-	-	Sófávi András ásatása 2002..
Balatonlelle-Felső Gamász 22. sír	(Somogy m.)	gyöngy	3	NAGY 2010, Abb. 42. 21-23.	2. tábla 9-10, 14.	-	-	-	-	Sófávi András ásatása 2002..
Balatonlelle-Felső Gamász 23. sír	(Somogy m.)	ár, (in-kább véső)	1	NAGY 2010, Abb. 44. 16.	5. tábla 7.	-	-	-	-	Sófávi András ásatása 2002..
Balatonlelle-Rádpusztia (67/5. lh.) 415. sír	(Somogy m.)	karpercc	1	a jelen kötetben	1. tábla 6-7.	Gresits Iván 2017, 2018.	ED-XRF	a jelen kötetben	Budapesti Műszaki Egyetem	Molnár István-Sipos Carmen ásatása, 2005.

lh-név	megye	tárgy-típus (rész)	db	a tárgy első említése, közlése	a jelen kötetben	fémvizsgálót végzte	fémvizsgálati módszer	fémvizsg. közlve	hol készült a fémvizsgálat	előkerülési körülmények
Balatonlelle-Rádupuzsza (67/5. lh.) 415. sír	(Somogy m.)	gyöngy töredéke	1	a jelen kötetben	1. tábla 3-4.	Gresits Iván 2017, 2018.	ED-XRF	a jelen kötetben	Budapesti Műszaki Egyetem	Molnár István–Sipos Carmen ásatása, 2005.
Balatonöszöd-Temetői dűlő B-2660 objektum	(Somogy m.)	ár	1	HORVÁTH 2014, Fig. 276. 2	5. tábla 16.	–	–	–	–	Horváth Tünde ásatása 2001-2002.
Balatonöszöd-Temetői dűlő B-2391. objektum	(Somogy m.)	öntőtégely	1	HORVÁTH 2014, Fig. 276. 1.	8. tábla 6a-c	–	–	–	–	Horváth Tünde ásatása 2001-2002.
Balatonöszöd-Temetői dűlő B-2449. objektum	(Somogy m.)	füjtatócső	1	HORVÁTH 2014, Fig. 276. 3.	8. tábla 5.	–	–	–	–	Horváth Tünde ásatása 2001-2002.
Budakalászlupa csárda 2. sír	(Pest m.)	gyöngy	7	BANNER 1956, Taf. LXXXIX. 4-9; BONDÁR 2009a, Pl. II. 2/6	3. tábla 1, 4. tábla 6.	–	–	–	–	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 3. sír	(Pest m.)	ár	1	BANNER 1956, Taf. LXXXIX. 10; BONDÁR 2009a, Pl. IV. 3/5	5. tábla 15.	Schröder, Manfred 1962.	színképelemzés	BONDÁR 2009b, Tab. 25.	SAM adatbázisból, 12910	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 8. sír	(Pest m.)	gyöngy	30	BANNER 1956, Taf. LXXXIX. 1-34; BONDÁR 2009a, Pl. V. 8/1c	2. tábla 27.	–	–	–	–	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 28. sír	(Pest m.)	gyöngy? lemez?	1	BANNER 1956, Taf. XCII. 4; BONDÁR 2009a, Pl. XIV. 28/3	2. tábla 16.	Schröder, Manfred 1962.	színképelemzés	BONDÁR 2009b, Tab. 24.	SAM adatbázisból, 12911	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.

ll-név	megye	tárgy-típus (rész)	db	a tárgy első említése, közlése	a jelen kötetben	fémvizsgálót végezte	fémvizsgálati módszer	fémvizsg. közölte	hol készült a fémvizsgálat	előkerülési körülmények
Budakalászlupa csárda 36. sír	(Pest m.)	gyöngy	3	BANNER 1956, Taf. XCII. 5-6; BONDÁR 2009a, Pl. XVI. 36/3b	2. tábla 26.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 38. sír	(Pest m.)	gyöngy	2	BANNER 1956, Taf. XCII. 7-8; BONDÁR 2009a, Pl. XVII. 38/1	2. tábla 19.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 48/A sír	(Pest m.)	gyöngy	10	BANNER 1956, Taf. XCV. 1-8; BONDÁR 2009a, Pl. XXII. 48/1c	2. tábla 21.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 50. sír	(Pest m.)	gyöngy	2	BONDÁR 2009a: nem volt meg	-	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 63. sír	(Pest m.)	tű, (inkább ár)	1	BANNER 1956, Taf. XCV. 23; BONDÁR 2009a, Pl. XXVIII. 63/2	5. tábla 13.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 78/B sír	(Pest m.)	töredék	1	BONDÁR 2009a: nem volt meg	-	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 84. sír	(Pest m.)	gyöngy	1	BONDÁR 2009a, Pl. XXXVIII. 84/3b	2. tábla 17.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 113/A sír	(Pest m.)	gyöngy	2	BONDÁR 2009a, Pl. XLVIII. 113/2	2. tábla 18.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.

lh-név	megye	tárgy-típus (rész)	db	a tárgy első említése, közlése	a jelen kötetben	fémvizsgálatot végezte	fémvizsgálati módszer	fémvizsg. közölve	hol készült a fémvizsgálat	előkerülési körülmények
Budakalászlupa csárda 113/B sír	(Pest m.)	gyöngy	7	BANNER 1956, Taf. CIII. 13-17; BONDÁR 2009a, Pl. XLVIII. 113/3	2. tábla 22.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 114. sír	(Pest m.)	gyöngy	2	BANNER 1956, Taf. CIII. 8-9; BONDÁR 2009a, Pl. L. 114/1	2. tábla 20.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 127. sír	(Pest m.)	gyöngy	6	BONDÁR 2009a: nem volt meg	-	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 130. sír	(Pest m.)	gyöngy	1	BONDÁR 2009a, Pl. LIV. 130/3	2. tábla 28.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 144. sír	(Pest m.)	töredék	1	BONDÁR 2009a: nem volt meg	-	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 164. sír	(Pest m.)	gyöngy	1	BONDÁR 2009a, Pl. LXX. 164/13	3. tábla 2, 4. tábla 2.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 174. sír	(Pest m.)	gyöngy	8	BONDÁR 2009a, Pl. LXXIII. 174/4-5	3. tábla 6, 9; 4. tábla 1, 8.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 216. sír	(Pest m.)	gyöngy	6	BONDÁR 2009a, Pl. XCII. 216/3-5	3. tábla 3-5.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.

lh-név	megye	tárgy-típus (rész-)	db	a tárgy első említése, közlése	a jelen kötetben	fémvizsgálót végzte	fémvizsgálati módszer	fémvizsg. közlőve	hol készült a fémvizsgálat	előkerülési körülmények
Budakalászlupa csárda 218. sír	(Pest m.)	tű, (inkább ár)	1	BONDÁR 2009a, Pl. LXXXIX. 218/1	5. tábla 11.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 221. sír	(Pest m.)	gyöngy	11	BONDÁR 2009a, Pl. XCIII. 221/3	3. tábla 10, 4. tábla 5.	Schröder, Manfred 1962.	színképelemzés	BONDÁR 2009b, Tab. 24.	SAM adatbázisból, 12904	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 226. sír	(Pest m.)	gyöngy	1	BONDÁR 2009a, Pl. XCVIII. 226/1	3. tábla 12, 4. tábla 7.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 227. sír	(Pest m.)	gyöngy	6	BONDÁR 2009a, Pl. XCV. 227/25b	2. tábla 23.	Schröder, Manfred 1962.	színképelemzés	BONDÁR 2009b, Tab. 24.	SAM adatbázisból, 12907	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 227. sír	(Pest m.)	véső	1	BONDÁR 2009a, Pl. XCVII. 227/24	5. tábla 10.	Schröder, Manfred 1962.	színképelemzés	BONDÁR 2009b, Tab. 25.	SAM adatbázisból, 12912	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 229. sír	(Pest m.)	gyöngy	5	BONDÁR 2009a, Pl. XCVIII. 229/1a és 229/1b	2. tábla 24, 4. tábla 4.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 245. sír	(Pest m.)	gyöngy	4	BONDÁR 2009a, Pl. CI. 245/1	3. tábla 11.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 284. sír	(Pest m.)	gyöngy	1	BONDÁR 2009a: nem volt meg	-	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.

lh-név	megye	tárgy-típus (rész)	db	a tárgy első említése, közlése	a jelen kötetben	fémvizsgálót végzte	fémvizsgálati módszer	fémvizsg. közlőve	hol készült a fémvizsgálat	előkerülési körülmények
Budakalászlupa csárda 291. sír	(Pest m.)	gyöngy	1	BONDÁR 2009a: nem volt meg	-	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 301. sír	(Pest m.)	gyöngy	5	BONDÁR 2009a, Pl. CXXVI. 301/2	3. tábla 7, 4. tábla 3.	Schröder, Manfred 1962.	színképelemzés	BONDÁR 2009b, Tab. 24.	SAM adatbázisból, 12905	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 319. sír	(Pest m.)	véső, (inkább ár)	1	BONDÁR 2009a, Pl. CXXIV. 319/2	5. tábla 9.	Schröder, Manfred 1962.	színképelemzés	BONDÁR 2009b, Tab. 25.	SAM adatbázisból, 12909	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 355. sír	(Pest m.)	gyöngy	1	BONDÁR 2009a, Pl. CXXXVIII. 355/2	3. tábla 8.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 361. sír	(Pest m.)	gyöngy	4	BONDÁR 2009a, Pl. CXXXIX. 361/4c	2. tábla 29.	Schröder, Manfred 1962.	színképelemzés	BONDÁR 2009b, Tab. 24.	SAM adatbázisból, 12908	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budakalászlupa csárda 416. sír	(Pest m.)	gyöngy	3	BONDÁR 2009a, Pl. CLX. 416/1	3. tábla 13.	-	-	-	-	Soproni Sándor ásatása 1952-1961.
Budapest-Andor utca	(főváros)	huzal	1	TOMPA 1943, 18; ENDRÖDI 1997, 130; VIRÁG 1999, 40: a tárgy nem volt meg.	-	-	-	-	-	Nagy Lajos ásatása 1947.
Budapest-Andor utca	(főváros)	ár	1	ENDRÖDI 1997, 45, kép 9; VIRÁG 1999, 40; ENDRÖDI 2004 52, 73. kép	5. tábla 3.	-	-	-	-	Nagy Lajos ásatása 1947.
Budapest-Andor utca	(főváros)	véső	1	ENDRÖDI 1997, 75. jegyzet	-	-	-	-	-	Nagy Lajos ásatása 1947.

lh-név	megye	tárgy-típus (rész-)	db	a tárgy első említése, közlése	a jelen kötetben	fémvizsgálót végezte	fémvizsgálati módszer	fémvizsg. közölte	hol készült a fémvizsgálat	előkerülési körülmények
Budapest-Andor utca	(főváros)	balta öntőforma	1	ENDRŐDI 1997, 46. kép 4; VIRÁG 1999, 40.	8. tábla 3.	-	-	-	-	Nagy Lajos ásatása 1947.
Budapest-Káposztásme-gyer, Farkaserdő	(főváros)	gyűrű? karika?	1	ENDRŐDI 2004, 52. 72. kép	6. tábla 2.	-	-	-	-	Endrődi Anna ásatása 1982-1983.
Budapest-Káposztásme-gyer, Farkaserdő	(főváros)	ár. (inkább vésső)	1	ENDRŐDI 2004, 52. 71. kép	5. tábla 2.	-	-	-	-	Endrődi Anna ásatása 1982-1983.
Budapest-Kőérterek, Tóvárosi lakópark	(főváros)	balta öntőforma	1	TEREI <i>et al.</i> 196. közöletlen	-	-	-	-	-	Terei György, Horváth László, András, Korom Anita, Szilas Gábor ásatása 2003-2004.
Fajsz-Garadomb 1. objektum	(Bács-Kiskun m.)	huzal	1	a jelen kötetben	6. tábla 4.	Gresits Iván 2018.	ED-XRF	a jelen kötetben	Budapesti Műszaki Egyetem	Bánffy Eszter ásatása 2006.
Fajsz-Garadomb 1. objektum	(Bács-Kiskun m.)	gomb	1	a jelen kötetben	3. tábla 14.	Gresits Iván 2018.	ED-XRF	a jelen kötetben	Budapesti Műszaki Egyetem	Bánffy Eszter ásatása 2006.
Fajsz-Garadomb 1. objektum	(Bács-Kiskun m.)	gomb töredéke	1	a jelen kötetben	3. tábla 15.	Gresits Iván 2018.	ED-XRF	a jelen kötetben	Budapesti Műszaki Egyetem	Bánffy Eszter ásatása 2006.
Kántorjánosi-Homoki dűlő 17/18. objektum	(Szabolcs-Szatmár-Bereg m.)	tőr	1	GYÖRGY 2012, 8, 31. t. 1, 32. t. 3-4	7. tábla 1a-b	May Zoltán	XRF	MAY 2012.	MTA TTK	Szabó Adám-Szentehe Gergely ásatása 2010.
Kántorjánosi-Homoki dűlő 176. sz. kút	(Szabolcs-Szatmár-Bereg m.)	tőr	1	GYÖRGY 2012, 92, 31. tábla 2a-b	7. tábla 2a-b	May Zoltán	XRF	MAY 2012.	MTA TTK	Szabó Adám-Szentehe Gergely ásatása 2010.

ll-név	megye	tárgy-típus (rész)	db	a tárgy első említése, közlése	a jelen kötetben	fémvizsgálót végezte	fémvizsgálati módszer	fémvizsg. közölte	hol készült a fémvizsgálat	előkerülési körülmények
Kántorjánosi-Homoki dtűlő 23/26. objektum	(Szabolcs-Szatmár-Bereg m.)	öntőforma?	1	GYÖRGY 2012, 104, 28. t. 1.	8. tábla 4.	-	-	-	-	Szabó Adám-Szenthe Gergely ásatása 2010.
Kántorjánosi-Homoki dtűlő	(Szabolcs-Szatmár-Bereg m.)	kis réztárgy	1	GYÖRGY 2012, 108.	-	-	-	-	-	Szabó Adám-Szenthe Gergely ásatása 2010.
Karancslapujtó(?)	(Nógrád m.)	balta (Bánya-bükk típusú)	1	KÖSZEGI 1957, 47, 6. t. 6; DANI 2013, Appendix 1. 12. lh.	6. tábla 5.	-	-	-	-	n.a.
Keszthely-Alsódobogó	(Zala m.)	balta (Bánya-bükk típusú)	1	MRT 1. 77, 7. t. 13; DANI 2013, Appendix 1. 11. lh.	6. tábla 3.	-	-	-	-	Varga Antal földjén találták, szörvány.
Köveskál-Szülőhegy sírból?	(Zala m.)	gyöngy	11	BONDÁR 1987, 10. kép 2.	2. tábla 15.	-	-	-	-	Kápolnay István ajándéka
Lánycsók-Égethalom 8. objektum	(Baranya m.)	agyag öntőtégely	1	ECSEDY 1978, Taf. XI. 3, XII. 3; ECSEDY 1990, Fig. 6. 1.	9. tábla 2.	Kassay M. és J. Frana and A. Matalka	spektrálanalízis és neutron aktiváció	ECSEDY 1990, Chart 1-2, 223-224.	MAFI és a Csehszlovák Tudományos Akadémia Nukleáris Fizikai Intézete	ECsedy István leletmentése 1976.
Lánycsók-Égethalom 8. objektum	(Baranya m.)	agyag öntőtégely	1	ECSEDY 1978, Taf. XI.5, XII. 2; ECSEDY 1990, Fig. 6. 3.	9. tábla 3.	M. Kassay és J. Frana and A. Matalka	spektrálanalízis és neutron aktiváció	ECSEDY 1990, Chart 1-2, 223-224.	MAFI és a Csehszlovák Tudományos Akadémia Nukleáris Fizikai Intézete	ECsedy István leletmentése 1976.

lh-név	megye	tárgy-típus (rész)	db	a tárgy első említése, közzlése	a jelen kötetben	fémvizsgálót végezte	fémvizsgálati módszer	fémvizsg. közölve	hol készült a fémvizsgálat	előkerülési körülmények
Lánycsók-Égethalom 7. objektum	(Baranya m.)	agyag öntőfegyely	1	ECSEDY 1978, Taf. XI. 4, XII. 1; ECSEDY 1990, Fig. 6. 2.	9. tábla 1.	Kassay M. és J. Frana and A. Matalka	spektrálanalízis és neutron aktiváció	ECSEDY 1990, Chart 1-2, 223-224.	MÁFI és a Csehszlovák Tudományos Akadémia Nukleáris Fizikai Intézete	Ecsey István leletmentése 1976.
Mezősát-Hörösögös 9. sír	(Borsod-Abaúj-Zemplén m.)	gyöngy	6	KALICZ 1999, 14. kép 1; GYÖRGY 2014, 28. t. 1.	2. tábla 25.	-	-	-		Patek Erzsébet, Kalicz Nándor ásatása 1958-1962.
Nagyfűged-Ejzella	(Heves m.)	tőr	1	FODOR 1997, 103.	7. tábla 3a-b	Gresits Iván 2018.	ED-XRF	kézirat	Budapesti Műszaki Egyetem	Fodor László ásatása 1994.
Nemesnádudvar-Papföld (M9 7. lh.)	(Bács-Kiskun m.)	ár	1	V. SZÉKELY 2012, 304.	-	-	-	-		V. Székely György ásatása 2009-2010.
Ózd-Center 3. sír	(Borsod-Abaúj-Zemplén m.)	gomb	2	GYÖRGY 2014, 54. t. 5-6.	3. tábla 16-17.	-	-	-		Kalicz Nándor leletmentése 1958, Dobosy László ajándéka 1963.
Ózd-Kőajlatető	(Borsod-Abaúj-Zemplén m.)	tű, (inkább ár)	1	GYÖRGY 2014, 59. t. 10.	5. tábla 14.	-	-	-		Rozsnyói Márton és Pollák Dénes gyűjtése 1942-49; Gallus Sándor ásatása 1943.

ll-név	megye	tárgy-típus (rész)	db	a tárgy első említése, köztjele	a jelen kötetben	fémvizsgálatot végezte	fémvizsgálati módszer	fémvizsg. közölte	hol készült a fémvizsgálat	előkerülési körülmények
Ózd-Kőaljatető	(Borsod-Abaúj-Zemplén m.)	huzal	1	BANNER 1956, Taf. LXVI 9; GYÖRGY 2014, 157. kép nincs	6. tábla 7.	-	-	-	-	n.a.
Ózd-Kőaljatető	(Borsod-Abaúj-Zemplén m.)	véső	1	GYÖRGY 2014, 68. t. 7	5. tábla 17.	-	-	-	-	Rozsnyói Márton és Pollák Dénes gyűjtése 1942-49; Gallus Sándor ásatása 1943.
Ózd-Sportstadion	(Borsod-Abaúj-Zemplén m.)	ár	1	BANNER 1956, Taf. LXIX. 20.	5. tábla 12.	-	-	-	-	Mozsolics Amália és Korek József ásatásai és Rozsnyói Márton gyűjtése.
Salgótarján-Pécskő kutató-árokából	(Borsod-Abaúj-Zemplén m.)	öntőforma	1	KOREK 1968, Taf. XII. 3.	8. tábla 1	-	-	-	-	Korek József - Patay Pál ásatása 1960.
Sármellék-Égenföld 9. objektum	(Zala m.)	kés	1	VIRÁG 1999, 2. kép 1.	6. tábla 1a-b	Kis-Varga Miklós	n.a.	VIRÁG 1999.	ATOMKI	M. Virág Zsuzsanna ásatása 1985.
Sármellék-Égenföld 9. objektum	(Zala m.)	tőr	1	VIRÁG 1999, 2. kép 2.	7. tábla 5a-b	Kis-Varga Miklós	n.a.	VIRÁG 1999.	ATOMKI	M. Virág Zsuzsanna ásatása 1985.
Szebény-Farkasluk dtülő I	(Baranya m.)	gyöngy	1	LIGNER 2012, 353.	-	-	-	-	-	Ligner Jácint leletmentése 2010.
Szebény-Farkasluk dtülő I	(Baranya m.)	nyakpercc	1	LIGNER 2012, 353.	-	-	-	-	-	Ligner Jácint leletmentése 2010.

lh-név	megye	tárgy-típus (rész)	db	a tárgy első említése, közlése	a jelen kötetben	fémvizsgálót végezte	fémvizsgálati módszer	fémvizsg. közölte	hol készült a fémvizsgálat	előkerülési körülmények
Székesfehérvár?	(Fejér m.)	baltá	1	PULSZKY 1883; PULSZKY 1897, 110, 2. kép	6. tábla 6.	-	-	-	-	Ráth György gyűjteménye
Szigetesép	(Pest m.)	rög	1	KOREK 1984, 9.	-	-	-	-	-	Korek József ásatása 1974.
Tikos-Nyárfásdűlő (M7 S29. lh.)	(Somogy m.)	kés	1	HONTI <i>et al.</i> 2004, 47.	-	-	-	-	-	Honti Szilvia, Siklósi Zsuzsa, Németh Péter ásatása 2003.
Vörs-Majorsági épületek 2. sír	(Somogy m.)	diadém	1	PEKÁRY 1954, 72; BANNER 1956, 324. lh. Taf. LXXXVII. 4. BONDÁR 1996, 40+színes kép, BONDÁR 2015; BONDÁR 2015a; BONDÁR 2015b	1. tábla 1–2.	Gresits Iván 2014.	ED-XRF	SAM 13738; BONDÁR 2015.	Budapesti Műszaki Egyetem	Pekáry Tamás leletmentése 1952.
Zók-Várhegy	(Baranya m.)	agyag öntőfegyely	1	ECSEDY 1990, 223, Fig. 7.	8. tábla 2.	Kassay M. és J. Frana and A. Matalka	spektrálanalízis és neutron aktiváció	ECSEDY 1990, Chart 1–2, 223–224. .	MAFI és a Csehszlovák Tudományos Akadémia Nukleáris Fizikai Intézete	Ecsegy István ásatása 1980.
30 lefőhely			231							

*Alsonómedei és Budakalász esetében csak a rézgyöngyök száma szerepel a táblázatban, az ásatási napló adatai alapján (ez volt az elsődleges információ).

A badeni komplexum magyarországi megtelepedésének közel 2000 lelőhelyéből mindössze 30-ról ismerünk a fémművességhez köthető emlékeket (5. kép).⁸⁹

Jelenleg 231 db magyarországi réztárgyról van tudomásunk (1. táblázat).⁹⁰ Aranyeletet nem említenek a régészeti források ebből a kulturális komplexumból.

A kevés késő rézkori leletanyagot három nagyobb kategóriába sorolhatjuk: ékszerek, különböző eszközök, és a tárgyak készítéséhez kapcsolódó kellékek.⁹¹

II. 1. Ékszerek

Az ékszereket sokféle módon csoportosíthatjuk. Kategorizálhatunk a viseleti hely (fejdísz, hajdísz, fülbevaló, nyaklánc, gyűrű, karperec, övdísz, bokalánc), az összetevők anyaga (fém, szerves anyag), díszítettsége vagy egyéb szempontok szerint, felsorolni is sok lenne a lehetséges osztályozást.

A badeni kultúra eddig ismert leletei között a felsorolt ékszerfajtáknak csak egy része került elő eddig: diadém, gyöngyök, gyűrű, gombok, karperec.

Mindmáig egyedülálló lelet a vörsi diadém (1. tábla 1–2). E fejdísz újraközlésekor részletesen foglalkoztam kutatástörténetével és feltételezett funkciójával a középső rézkortól a bronzkorig áttekintve a szakirodalmat,⁹² most csak röviden összefoglalom a lényegi tudnivalókat.

A Kárpát-medencében a mai napig két késő rézkori diadémot ismerünk: az egyik a vörsi, a másik a Szlovákiában, a Magas-Tátra alján Kakaslomnicon (Vel'ká Lomnica) előkerült homloklemez (6. kép).⁹³

Ez utóbbi egy ovális alakú fejdísz két darabja, szélein helyenként átlukasztás nyomaival, szarvszerű végződés nélkül, azaz a vörsitől teljesen eltérő leletnek tekinthető. E tárgyak mérete alapján két csoport különíthető el: a fej körméretével közel azonos, és az annál jóval kisebb kerületű tárgyak, amelyeket töredékes fejdísznek tartott a szakirodalom.

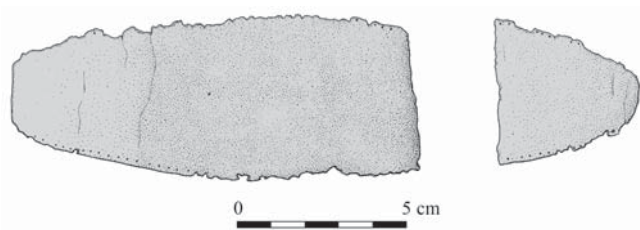
⁸⁹ Bondár M. adatbázisából kigyűjtve (2017. aug. 15)

⁹⁰ A táblázatban a megtalálás idején regisztrált fém darabszám szerepel. Vannak elvesztett vagy megsemmisült tárgyak, vagy a múzeumokban kevesebbet leltároztak be, mint amennyit az ásatási dokumentáció említ. Ez azonban már másodlagos információ. Témánk szempontjából a réztárgy létezése az irányadó, így az elsődleges forrásban említett darabszámot vettem figyelembe.

⁹¹ Az 1. táblázatban szerepel a lelőhelyre vonatkozó legfontosabb irodalom, különös tekintettel a tárgyak közlési helyére. Ezért az irodalmat a tanulmány ezen részében nem tüntetem fel a lelőhelyeknél.

⁹² BONDÁR 2015a, 104–112; BONDÁR 2015b, 4–6.

⁹³ BONDÁR 2015a, Fig. 4. 4 (további irodalommal).



6. kép: Homloklemez Kakaslomnicról (BONDÁR 2015a, Fig. 4. 4)

Fig. 6. Headband from Kakaslomnic



7. kép: A kültepei koponya aranylemezekkel (KULAKOĞLU–KANGAL eds. 2010 nyomán)

Fig. 7. The gold diadem, eye-piece and mouth-piece on a skull from Kültepe

Ezzel szemben Zuzanna Wignanska a közel-keleti fejdíszeket feldolgozó munkájában⁹⁴ számos fejdísz típust találunk, amelyek jelentős része nem fedi le az átlagos fejkörméretet.

A különböző méretű „diadémtöredékek” értelmezését segíti a 2009-ben újraindított kültepei kutatások eredményeit bemutató katalógus, amelyben közöltek egy koponyát (7. kép),⁹⁵ eredeti helyzetben megmaradt arany lemezből készített tárgyakkal: a homlokán diadém, a szemeken egy-egy négyszögletes lemez, a szájon vékony, ovális lap volt, ez utóbbi a kakaslomnici pontos mása.⁹⁶

A kültepei leletegyüttes ismeretében magyarázatot kaptunk arra, hogy miért vannak különböző méretű, hasonló formájú, de nem töredékes lemezek a halott-

kultuszban, s pontosíthatjuk a terminológiát is: a diadémon kívül létezett homlokpánt, szájjáró- és szemfedő lemez is. Mindezek ismeretében a kakaslomnici rézlemez – mérete alapján – szájjáró funkciót tölthetett be.

⁹⁴ WIGNANSKA 2014.

⁹⁵ KULAKOĞLU–KANGAL eds. 2010, 300, Kat. 319–321.

⁹⁶ BONDÁR 2015a, Fig. 4. 1; BONDÁR 2015b, 6. kép.

Jelentős lelet lenne a sajnálatos módon elveszett⁹⁷ szebényi nyakperec is, erről azonban semmit nem tudhatunk már meg, így arról sincs információnk, hogy a Leobersdorfihoz hasonló, nyitott nyakdísz volt-e?⁹⁸

A különböző nyakláncok részei voltak a lemezből hajlított rézgyöngyök. Gyöngysorokba fűzött, vagy önmagukban álló rézgyöngyök ismeretesek Alsónémedi (2. tábla 1–5), Balatonboglár (2. tábla 6–8), Balatonlelle-Felső-Gamász (2. tábla 9–14), Budakalász (2. tábla 16–24, 26–29; 3. tábla 1–13; 4. tábla 1–8), Köveskál (2. tábla 15), Mezőcsát (2. tábla 25), Balatonlelle-Rádpusztá sírjaiból (1. tábla 3–4), és Szebényből, telepről (közöletlen).

Az említett lelőhelyeken összesen 176 rézgyöngy, vagy annak töredéke került elő a feltáráskor. Mállékony, gyenge minőségű anyagból készült részük ma már elporladt, a műtárgy revízióknál jelentős részüket már nem regisztrálhatták a leltári tárgyak ellenőrei.

A jelentősebb temetőekben nagyobb számban fordultak elő (Alsónémedi: 5 sírban 17 db; Budakalász: 26 sírban 131 db volt eredetileg; Mezőcsát: 1 sírból 6 db, Balatonlelle-Felső-Gamász: 4 sírból 6 db), de magányos temetkezésben (Köveskál 11 db; Balatonlelle-Rádpusztá 1 db) vagy tömegsírban (Balatonboglár 3 db) is megtalálhatók voltak a gyöngyök. Telepről egy lelőhelyről említenek 1 db rézgyöngyöt (Szebény, közöletlen).

A gyöngyök – a készítési technika alapján – két nagyobb csoportra oszthatók. Az egyik típus hosszú, téglalap alakú lemezből készült oly módon, hogy a lemez két hosszanti oldalát behajlították a lemez tengelyéig, így egy hosszúkás, henger alakú „csőgyöngy” jött létre (2. tábla 1–5, 15, 25). A másik típusba a kalapált rézlemezből előállított, ún. tekercselt gyöngyök tartoznak (2. tábla 6–8; 3. tábla 7). A budakalászi temető leletanyagában sikerült megfigyelni, hogy mire tekercselték fel a rézlemezt a készítők. A „valami” praktikusán egy-egy dentálium volt (4. tábla 3, 5, 8), amelyre rátekerték a hajlékony, vékony lemezt.⁹⁹ Hasonló módon készített gyöngyöket közölt a Kr. e. 4. évezred második feléből, Németországból Ralf Gleser.¹⁰⁰

Az ásató szerint gyűrű vagy huzal került elő Budapest-Káposztásmegyer, Farkaserdőn (6. tábla 2).

Új leletegyüttes a 2006-ban Fajsz-Garadombon telepobjektumból előkerült két gomb töredéke, kétoldalán felvarrársra(?) szolgáló lyukkal (3. tábla 14–15) és

⁹⁷ A körülményeket ld. a Katalógusban.

⁹⁸ WILLVONSEDER 1937. Abb. 3. 2.

⁹⁹ BONDÁR 2009b, 292.

¹⁰⁰ GLESER 2017, 253, Abb. 1. tekercselt és hengeres gyöngyök.

az ugyanott megtalált vékony huzal (6. tábla 4).¹⁰¹ E leletek az Ózd-centeriekkel együtt a késő rézkori fémművesség ritka leletei közé sorolhatók. Gombokat korábban csak Ózd-Centerről (3. tábla 16–17), temetkezésből ismertünk.

A gomboknak nevezett tárgyak a középső rézkor arany- és rézlemezeihez hasonlítanak. Kissé domborított formájuk, finom kidolgozásuk, lehetővékonyosságuk és rögzítéseket biztosító átlukasztásuk is inkább e dísz tárgyakkal mutat rokonságot.

E ritka leletekhez a Tripolje B kultúrából találtam hasonlót.¹⁰² E tények újabb bizonyítékok arra, hogy a korábbi időszak fémműves tudása, és a tárgyakhoz kapcsolódó elvont jelentéstartalom még a késő rézkorban is létezhetett.

A Fajszi-Garadombon a gombokkal egy objektumban lévő vékony huzaltöredék (6. tábla 4) első pillanatban nyersanyagnak tűnhet további tárgy készítéséhez. Valójában több analógia is valószínűsíti, hogy nem az volt. A Coțofeni III kultúra négy lelőhelyéről közölt hasonló töredékeket Christian Popa. Egy részüket karkötőként,¹⁰³ másik részüket nyersanyagként említi.¹⁰⁴ Hasonló tárgyakat ismerünk a mai Törökország területéről is, ezeket tűnek határozták meg.¹⁰⁵ A fajszi huzal egyenletes, finom kidolgozása alapján valószínűbbnek tartom a karkötő funkciót. Vékony huzalból tekerceselt karpereceket a bronzkorból is több helyről ismerünk. A fajszi huzal ékszer mivoltát a vele együtt talált két gomb töredéke is erősíti.

Egy hosszabb és szélesebb huzalt ismerünk Ózd-Kőaljatetőről (6. tábla 7). Lehetne nyersanyag is, de valószínűbb, hogy egy hurkos fejű tű lehetett, olyan, amilyet a szerbiai Klokocevac, Kulmjaról ismerünk a késő rézkort megelőző Bodrogkeresztúr-Bubanj Hum Ia időszakból.¹⁰⁶ A Coțofeni kultúrából közölt hasonló tűt Dubova-Cuina Turcului lelőhelyről Petre Roman.¹⁰⁷

Új lelettípus a badeni anyagban az a karperec, amelyet Balatonlelle-Rádpusztán találtak. Az egyedülálló lelet rézszalagból készített ún. pántkarperec egy 8–9 éves korban meghalt gyermek¹⁰⁸ bal csuklóján volt (1. tábla 6–7). A

¹⁰¹ Ezúton is köszönöm Bánffy Eszternek a leletek feldolgozásának engedélyezését és Marton Tibor segítségét.

¹⁰² KLOCHKO 1994, Fig. 1. 2. alsó sor, középen.

¹⁰³ POPA 2017, Fig. 4. 1–2.

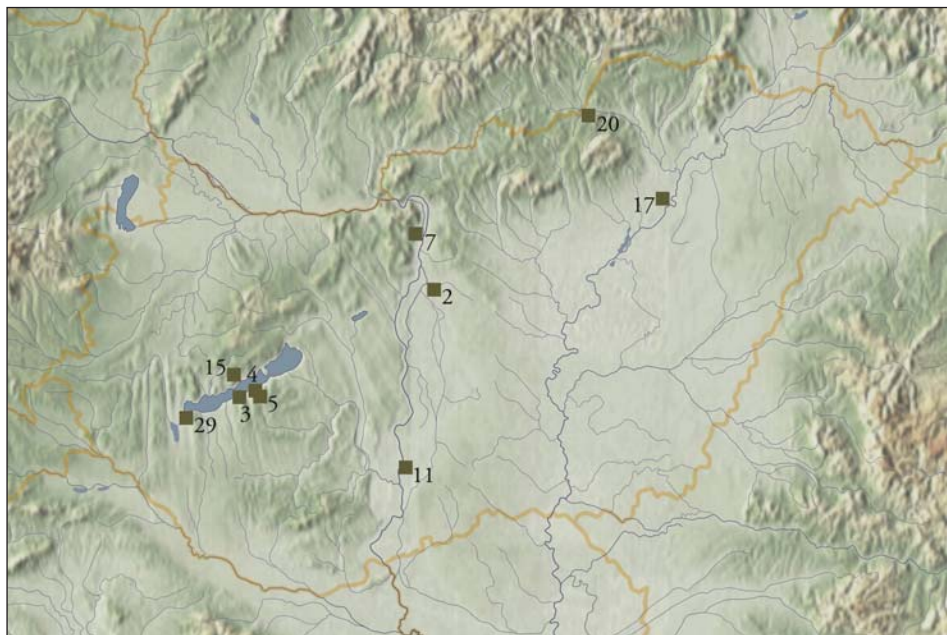
¹⁰⁴ POPA 2017, Fig. 4. 3–4.

¹⁰⁵ MASSA *et al.* 2016, Katalog 1–9.

¹⁰⁶ PERNICKA *et al.* 1993, Plate 13. 5.

¹⁰⁷ ROMAN 1977, Pl. 8. 17.

¹⁰⁸ Infans II korú, nőies jelleget mutató csontváz. Serdülő kor előtti gyerekeknél (a nemi jellegek hiánya miatt) fizikai antropológiai módszerekkel nincs lehetőség nem-meghatározásra (Köhler Kitti meghatározása).



8. kép: A badeni kultúra ékszereinek lelőhelyei

Fig. 8. Sites of the Baden culture yielding jewellery items

2: Alsónémedi; 3: Balatonboglár; 4: Balatonlelle-Felső-Gamász;
5: Balatonlelle-Rádpusztá; 7: Budakalász; 11: Fajsz; 15: Köveskál;
17: Mezőcsát; 20: Ózd-Center; 29: Vörs

3,7 cm átmérőjű, 2 cm széles, 11,6 cm hosszú, 14 gramm súlyú lemezkarpercehez egyelőre nem találtam analógiát a korszakból. Korek József említ ugyan rézkarpercet a vučedoli telepről, a hivatkozott képeken azonban egy vékony huzal¹⁰⁹ és egy bronzkori karperec töredéke¹¹⁰ látható.

Az ékszerek (8. kép) döntő többsége temetkezésekben fordult elő, nem ritkán különleges sírokban.

Az egyelőre analógia nélküli vörsi sír különlegességét a diadém adja (1. tábla 1–2), az ugyanott feltárt másik badeni sír teljesen jellegtelen volt.¹¹¹

Az Ózd-centeri temető 3. sírjában 3 antropomorf urna volt, ez egyedülálló együttes az inventáriumban. A kísérő leletek között két rézgomb töredéke (3. tábla 16–17) is előkerült. A vékony rézlemezről készített félgömb alakú tárgyak

¹⁰⁹ KOREK 1951, 58; SCHMIDT 1945, Taf. 28. Abb. 6.

¹¹⁰ SCHMIDT 1945, Taf. 28. Abb. 7.

¹¹¹ BONDÁR 2015a, 99.

egyik szélén két apró átfúrás látható. György László szerint feltehetően ruhára voltak felvarrva, de elképzelhető, hogy a sírban talált ember alakú urnák díszítésére szolgáltak, a mellék vagy a szemek kihangsúlyozására lehettek alkalmasak.¹¹² A már említett kültepei koponya (7. kép) és a várnai temető 2. sírja¹¹³ ismeretében a halottkultuszban elképzelhető, hogy a szemet takaró tárgyként is használhatták ezeket a „gombokat”.

Egészen kivételes a Balatonlelle-rádpusztai sír. A pántkarpereccel eltemetett 8–9 éves gyermek sírjában még 5 koponyát talált az ásató (1. tábla 5). A töredékes maradványokból négy kisgyereket (1–7, 3–4, 3–5 és 5–10 évesek), és egy felnőtt nőt (20–25 éves) azonosított az antropológus.¹¹⁴ A teljes testi valójában eltemetett gyerek mellé tett fejek és a karperec a halott kiemelkedő státuszára utalhat. Azt még nem tudjuk, hogy volt-e rokonság a felnőtt nő és a gyerekek között. Erre a kérdésünkre a választ az archeogenetikai vizsgálatoktól remélhetjük. A 2018-ban elnyert NKFI pályázatomban ez folyamatban van.¹¹⁵

A budakalászi temetőben 26 sírban (2. tábla 16–24, 26–29) voltak rézgyöngyök.¹¹⁶ Két sírban volt rézlap,¹¹⁷ amelyből gyöngyöt tekereshettek, egy sírban volt réztöredék,¹¹⁸ s három sírban jegyezte fel az ásató rézoxidáció nyomait.¹¹⁹ A 26 rézgyöngyöt tartalmazó sírból a legtöbb, 12 sír, gyereksír volt.¹²⁰ Kizárólag rézgyönggyel eltemetett halott nem volt, a rézgyöngyök mindig más ékszerelemekkel (egyéb gyöngyökkel, kagylókkal, kagylólemezekkel) együtt fordultak elő. Egy-egy rézgyöngy volt a gyöngysorban, kilenc sírban.¹²¹ A legtöbb rézgyöngy, 30 darab a 8. sír gyöngysorába került. Érdekes jelenség, hogy e gyereksírokban mindössze egy esetben tettek egy ritka edényt (függeszthető edény a 361. sírban), a többi sírban a gyöngyök, ékszerfélék mellett pattintott pengék voltak még.¹²² Nyolc nő és öt férfi sírjában volt rézgyöngy. A temető egyik leggazdagabb mellékletű sírjában (227. sír) a rézgyöngyökön kívül további ékszerfésülés-

¹¹² GYÖRGY 2014, 155.

¹¹³ LEUSCH *et al.* 2014, Fig. 2.

¹¹⁴ Köhler Kitti meghatározása.

¹¹⁵ NKFI K-128413 pályázat.

¹¹⁶ 2, 8, 36, 38, 48/A, 50, 84, 113/A, 113/B, 114, 127, 130, 164, 174, 216, 221, 226, 227, 229, 245, 284, 291, 301, 355, 361, 416. számú sírok.

¹¹⁷ 28, 130. számú sírok.

¹¹⁸ 78. sír.

¹¹⁹ 29, 111, 144. számú sírok.

¹²⁰ 41, 84, 113/A, 113/B, 114, 221, 226, 229, 245, 301, 361. számú sírok.

¹²¹ 50, 84, 130, 164, 226, 245, 284, 291, 355. számú sírok.

¹²² 84, 221, 291, 361. számú sírok.

gek, köeszközök, különleges edények és egy rézár is volt, összesen 26 mellékletet tartalmazott a 35–45 éves férfi temetkezése.¹²³

Az alsónémedi temetőben (2. tábla 1–5) csak öt sírban (3, 4, 20, 34, 36. számú sírok) volt lemezből hajlított, hengeres alakú, rézgyöngy. Egy csecsemőt (34. sír), két gyereket (4. és 20. sír) és két férfit (3. és 36. sír) temettek el gyönggyel. A csecsemő sírjában a feje körül egy vastagabb és egy vékonyabb rézgyöngy volt. A 4. sírban különleges edények, dentálium gyöngyök és a gyerek kezében egy félopál pengeszilánk volt még. A 20. sírban lévő gyerek rézgyöngyei mellett két dentálium gyöngy volt még. A 3. sírban egy nő és egy férfi és két szarvasmarha tetemét tárta fel Korek József. A különleges sír tévesen, kocsitemetkezésként vount be a szakirodalomba.¹²⁴ A 36. sírből 11 rézgyöngy került elő a férfi bal keze mellől, a hastájékaról.

A különböző temetkezésekben előforduló ékszerek minden bizonnyal az egykori kognitív szféra szimbolikus jelrendszerének részét képezték, amelyet ma már sajnos, nem tudunk rekonstruálni.

II. 2. Eszközök/szerszámok

A különböző eszközök/szerszámok között (tűk), árák, vésők, balták, török és kés-penge fordult elő (9. kép).

A tárgyak elnevezése általában nem a néprajzi vagy műszaki paraméterek alapján történt/történik. A régészek a tűket gyakran árnak, az árat vésőnek vagy fordítva írják le. Könyvemben az eredeti publikációkban talált elnevezéseket voltam kénytelen alkalmazni, ez szerepel a katalógusban is, mert így kereshető vissza a hivatkozott irodalomban is egy-egy eszköz. A terminológiai pontatlanságokra igyekszem felhívni a figyelmet. Az 5. táblán azonos méretben mutatom be a különböző eszközöket és a képaláírásban javaslatot teszek a helyes(ebb) terminológiára is.

(Tűk), Árák, lyukasztók, vésők

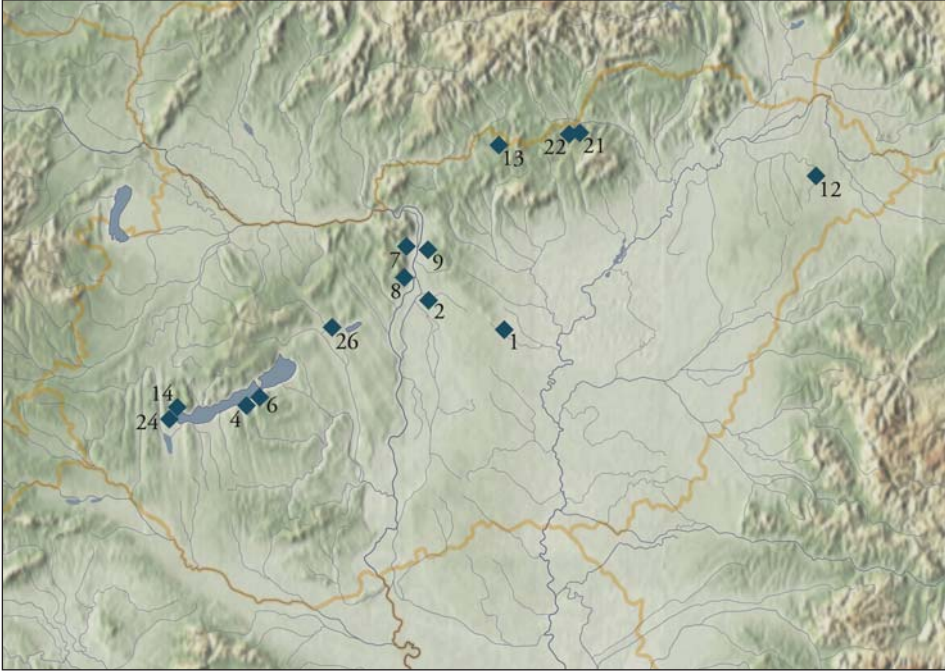
Nehéz eldönteni a kevés, nem túl jó minőségű fennmaradt eszközzel, hogy mi is volt a funkciója egykoron.

Nagy Borbála szerint az különbözteti meg a tűket az áraktól, hogy jóval vékonyabbak.¹²⁵ Véleményem szerint a tű alapvető jellegzetessége a lyuk, amibe a

¹²³ BONDÁR 2009a, 119–120, Pl. XCV–XCVII.

¹²⁴ cáfolatát ld. BONDÁR 2018, 278–279.

¹²⁵ NAGY 2010, 413.



9. kép: A badeni kultúra eszközeinek, szerszámainak lelőhelyei

Fig. 9. Sites of the Baden culture yielding tools and implements

- 1: Abony; 2: Alsónémedi; 4: Balatonlelle-Felső-Gamász; 7: Budakalász;
 8: Budapest-Andor utca; 9: Budapest-Káposztásmegyér; 12: Kántorjánosi;
 13: Karancslapujtő; 14: Keszthely; 21: Ózd-Kőaljatető; 22: Ózd-Sportstadion;
 24: Sármellék; 26: Székesfehérvár?

fonalat befűzték. Az ismert leletek egyike sem ilyen, ezért nem nevezem túnek a kisebb árákat sem. A hegyes eszközök inkább lyukasztó (bőrhöz) vagy ár funkciót tölthettek be.

Az árák (5. tábla 1, 3–6, 9, 11–16) telepen gyakrabban fordulnak elő, mint temetkezésekben. Abony, Balatonőszöd, Budapest-Andor u., Nemesnádudvar (közöletlen), Ózd-Sportstadion, Ózd-Kőaljatető telepobjektumaiból, továbbá Alsónémedi, Balatonlelle, Budakalász sírjaiból kerültek elő különböző méretű árák. Szlovákiából Nitriánsky Hrádokról (Kisvárad),¹²⁶ Horvátországból Beli

¹²⁶NOVOTNÁ 1976, 127.

Monastirról (Pélmonostor)¹²⁷ említenek még árákat a korszakból. A Coțofeni kultúrából Romániából is közöltek árákat különböző lelőhelyekről.¹²⁸

E tárgyak készítési technikájáról jelenleg nincsenek pontos információink.

Kamen Boyadzhiev a rézkori fegyvereket feldolgozó munkájában a hasonló tárgyakat nyilaknak nevezi. Megjegyzi, hogy csontból és kőből jóval több van, mint az ekkor még ritkaságnak számító rézből készült fegyverből.¹²⁹ Felvetése ugyancsak figyelemre méltó: nyilvánesszöbe erősítve ki lehet lőni ezeket a vékony, hegyes tárgyakat íjjal. Vadászatnál jól használhatták ezt, előnyös volt azért is, mert az állat bundáján is csak kis lyukat ütött, így a prém nem sérült.

Az árákat és vésőket gyakran szinonimaként olvashatjuk a publikációkban. Az őskor ezen időszakában elsősorban a fa- és bőrmegmunkálás volt a jellemző kézműves tevékenység, amelyhez ilyen szerszámok kellettek. A néprajzban a fafaragó szerszámok között három véső-alaptípus van:¹³⁰ a lapos véső, az íves- és a szögvész. Méretük nagyjából azonos, hosszúságuk 12–15 cm, az élük azonban a funkcióhoz igazodva eltérő. E három alaptípusnak több változata is létezik. A legfontosabb talán az, hogy egyik végük V alakú vagy hegyes, a másik – ahová ráütnek nagyobb erővel – lapos legyen, lehetőleg négyyszög keresztmetszetű, mert így a legpraktikusabb.

A fémből készített vésők készítési módja az árákéval azonos lehet, jó megtarthatású, eszközt kellett készíteni. Készítési folyamatra egyelőre nincs adatunk.

Mindössze hat vésőt említhetünk a hazai leletanyagból (5. tábla 2, 7–8, 10, 17). Telepről (Budapest-Káposztásmegyer, Farkaserdő, Ózd-Kőaljatető) és sírokból (Budakalász, Balatonlelle) is előkerült ez a tárgytypus. Budapest-Andor utca területéről említ egy elveszett vésőt Endrődi Anna.¹³¹ Az Ózd-Kőaljatetőről származó eszközt (5. tábla 17) György László árnak nevezte (szerintem véső), analógiáit korábbi időszakból, a bodrogkeresztúri és hunyadihalmi kultúrákból sorolta fel.¹³² Ezekon kívül a Coțofeni kultúrából ismerünk még egy vésőt.¹³³

¹²⁷ KUNA 1981, 57.

¹²⁸ ROMAN 1977, Pl. 8. 1–4; CIUGUDEAN 2000, Pl. 134. 17, 21–23.

¹²⁹ BOYADZHIEV 2014, Obr. 28–33. és 171. o.

¹³⁰ <http://www.nemesfamives.hu/a-fafaragas-alapjai/a-fafaragas-eszkozei> (utolsó megtekintés: 2018. április 11).

¹³¹ ENDRŐDI 1997, 75. jegyzet.

¹³² GYÖRGY 2014, 155.

¹³³ ROMAN 1977, Pl. 8. 23.

Balták/fejszék

A balta elnevezés helyett a fejsze lenne a helytálló, Pulszky Ferenc még így nevezte ezt a szerszámot.¹³⁴ A két eszköz között a nyél hossza alapján tesz különbséget a néprajzi irodalom. A régészeti anyagban a fából készített nyél csak különösen szerencsés esetben marad meg. Korszakunkból jelenleg egyetlen fanyelű baltát ismerünk, a híres rézkori Ötzi eredeti állapotban megmaradt eszközei között volt egy rézbalta is. A trapéz alakú – a korábbi időszak formáját követő – balta 99,7 % tisztaságú rézből készült. A tiszafából készült nyél hossza 60 cm.¹³⁵

A badeni kultúrához köthető balták/fejszék (6. tábla 3, 5–6) jó minőségű, öntött tárgyak, technikailag eltérnek az ékszerektől és a kisebb eszközöktől. A balták/fejszék készítéséhez már egyértelműen más technológiai tudás és öntőforma is kellett.

Késő rézkori baltát korábban egyetlen említésből ismertünk: Bóna István Nyírturáról sorolt fel egy rézbaltát,¹³⁶ amely egyedülálló tárgy volt a késő rézkori fém-inventáriumban. Dani János kutatásainak köszönhetően kiderült, hogy ez a tárgy valójában a korai bronzkor II-re (EB II) keltezhető és lelőhelye is téves volt, helyesen: Nyírtass,¹³⁷ így a késő rézkori inventáriumból törölhetjük a nyírturai lelőhelyet.

Rézbalták azonban – amint már említettem – voltak a korszakban, igaz, más típusúak, mint a már említett Ötzi baltája. Szeverényi Vajk¹³⁸ és Dani János¹³⁹ kutatásai bebizonyították, hogy a Bányabükk–Vâlcele–Maikop 2-3 típusú tárgyak a késő rézkor leletei. Ebből a típusból Dani János – a bronzkori baltákat kronológiai szintekben feldolgozó tanulmányában – 25-öt sorolt fel Románia, Horvátország, Szerbia, Lengyelország területéről, s mindössze két magyarországi tárgy található a katalógusában: Keszthely-Alsódobogó (6. tábla 3)¹⁴⁰ és Karancslapujtó (6. tábla 5) lelőhelyről.¹⁴¹ E két tárgyon kívül, egy – a karancslapujtóival teljesen megegyező formájú – baltát sorolhatunk még ide Kőszegi Frigyes adata nyomán

¹³⁴ PULSZKY 1883, 59–61.

¹³⁵ <http://www.iceman.it/en/equipment/> (utolsó megtekintés: 2019. augusztus 4).

¹³⁶ BÓNA 1986, 25. o.

¹³⁷ DANI 2013, Fig. 4. (Appendix 4. 44. lh.)

¹³⁸ SZEVERÉNYI 2013.

¹³⁹ DANI 2013.

¹⁴⁰ DANI 2013, Appendix 1. 11. lh.

¹⁴¹ DANI 2013, Appendix 1. 12. lh.

Székesfehérvár lelőhely megjelöléssel.¹⁴² A lelet rajzát Pulszky Ferenc közölte 1883-ban, majd 1897-ben (6. tábla 6).¹⁴³

Kések

A magyarországi inventáriumban mindössze két késről tudunk: Sármelléken egy kalapált lemezből készített kés 5,9 cm hosszú ívelt pengéjének töredéke került elő (6. tábla 1a-b) és Tikosról említnek még késő rézkori kést, ez közöletlen lelet.

Virág Zs. elemzése szerint a sármelléki késpenge analógiái a keleti Alpok vidékén több helyen is megtalálhatóak, a kelet-kárpáti fémművességben azonban nincs előzménye.¹⁴⁴ Újabb analógiákat a Coțofeni kultúrából említhetünk.¹⁴⁵ Ugyancsak kés pengéje lehet egy, a szerbiai Bor közelében lévő Lázár-barlanból közölt tárgy is (amelyet Zlotska pecína lelőhellyel említ a szakirodalom),¹⁴⁶ és egy németországi lelet Beckum-Dalmerből, amelyen a nyelet rögzítő szegecslyuk is jól látható.¹⁴⁷

II. 3. Tőrök

A badeni kultúra magyarországi anyagából négy különböző tört ismerünk. Sír-ból került elő a Balatonlelle-Felső-gamászi példány (7. tábla 4a-b), telepről a sármelléki lelet (7. tábla 5a-b), és a kántorjánosi nagyobb és kisebb tör (7. tábla 1a-b, 2a-b). Új lelet a Nagyfüged-Ejzellán szintén telepről előkerült kis törhegy (7. tábla 3a-b).

Virág Zsuzsanna, Nagy Borbála, és György László részletesen elemezte a török analógiáit, amelyeket a badeni kultúrát megelőző korszakokban már nagy területen megtalálhatunk.

Virág Zsuzsanna Matuschik munkája¹⁴⁸ ismeretében a sármelléki leletek kapcsolatait vizsgálva arra a következtetésre jutott, hogy a markolatnyúlvány nélküli szegecses törtípus elterjedése Közép- és DK-Európában jellemző már a bade-

¹⁴² KŐSZEGI 1957, 53. Kőszegi F. a Magyar Nemzeti Múzeum raktárában lévő anyagból közölte a baltákat, jól ismerte Pulszky műveit is. A karancslapujtőin kívül ő Székesfehérvár lelőhellyel említi a Pulszky által lelőhely megnevezése nélkül közölt tárgyat.

¹⁴³ PULSZKY 1883, 60, 14. ábra 2; ugyanez PULSZKY 1897, 110, 36. ábra 2. Pulszkyknál lelőhely megnevezés nincs.

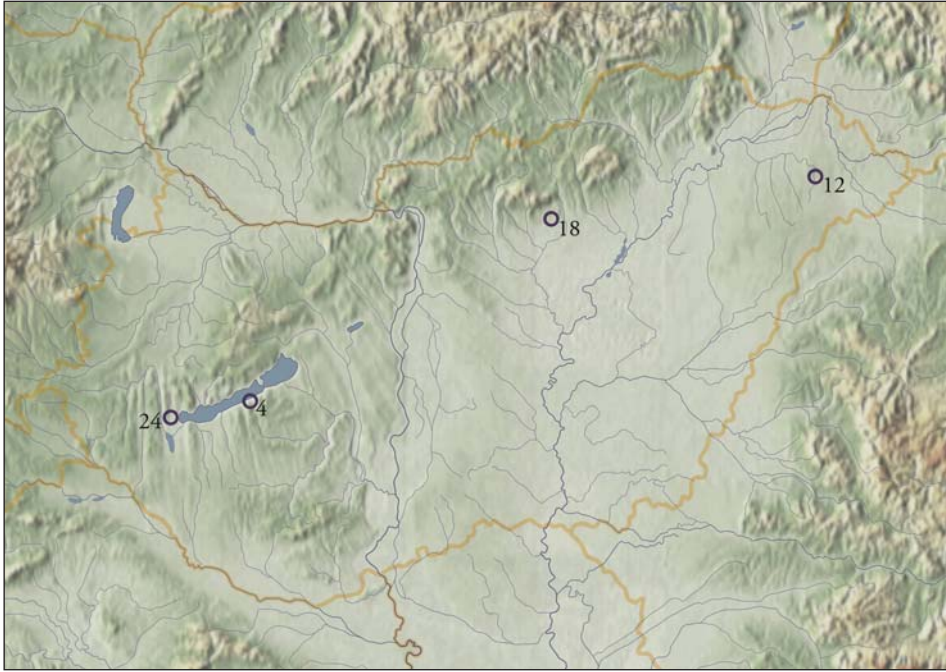
¹⁴⁴ VIRÁG 1999, 37.

¹⁴⁵ ROMAN 1977, Pl. 8. 12, 20; CIUGUDEAN 2000, Pl. 134. 1–2.

¹⁴⁶ PERNICKA *et al.* 1993, Pl. 13. 1.

¹⁴⁷ GLESER 2017, Abb. 1. jobbra lent.

¹⁴⁸ MATUSCHIK 1998.



10. kép: A badeni kultúra töreinek lelőhelyei

Fig. 10. Sites of the Baden culture yielding daggers

4: Balatonlelle-Felső-Gamász; 12: Kántorjánosi; 18: Nagyfüged; 24: Sármellék

ni kultúrát megelőző időszakban is, majd megtalálható ez a típus a badeni és a Coțofeni kultúra területén is. Mindezek alapján véleménye szerint folytonosság tételezhető fel a metallurgiában.¹⁴⁹

Kalicz Nándor véleményével egyetértve Virág Zsuzsanna is számos olyan bizonyítékot látott a badeni kultúra fémművességében, amely a középső rézkor végén kibontakozott kelet-alpi, nyugat-kárpáti fémművesség hagyományainak szerves folytatásaként értelmezhető, ugyanakkor tipológiailag jól nyomon követhetően keleti hatások is érvényesültek.¹⁵⁰ A súlyos rézeszközök száma a Dunántúlon erősen lecsökkent, és ekkor vált jelentőssé a nyugat-kárpátival szemben a kelet-alpi fémművesség.¹⁵¹

Nagy Borbála – Virág Zsuzsanna tanulmányára hivatkozva – írja, hogy a Kárpát-medencében megjelenő szegecses, arzénrézből készült török eredetét a

¹⁴⁹ VIRÁG 1999, 37.

¹⁵⁰ VIRÁG 1999, 38–39.

¹⁵¹ VIRÁG 1999, 38.

kutatás a Kárpát-medencén kívül keresi: a Ny-Alpok-vidékén (Altheim-, Pfyn- és Mondsee kultúra), a Kárpátoktól keletre eső területen (Cucuteni-Tripolje-kultúra), és Ny-Anatóliában (a kora bronzkori Trója és köre). Ez a lelet tehát nagy térséget, egymástól távol eső területeket, s olyan kultúrákat érint (bár az első két kör biztosan érintkezett), amelyeknek a relatív kronológiai helyzete sem teljesen tisztázott.¹⁵² Nagy Borbála szerint míg a sármelléki markolatnyúlvány nélküli szegecses törtípus az ún. Mondsee típusú török közé tartozik (7. tábla 5a-b), a balatonlellel, görbülő hegyű példány (7. tábla 4a-b) más típust képvisel. Ez a törtípus keleten már egészen korán Cucuteni A-AB-B – Tripolje B1-B2-C1-periódusban) megjelenik, a Tripolje C2-periódusra datálható Usatovo-típusú török is jó párhuzamok a balatonlellel lelethez, bár a török hegye nem, vagy csak nagyon kissé görbül felfelé. Nagy B. szerint a keltezésük sem hozható teljesen összefüggésbe a badeni kultúrával, abszolút évszámokban a Kr. e. 3. évezred második és harmadik negyedére kelteznek.¹⁵³ A késő rézkorból a sármelléki törön kívül Nagy B. még Vučedolról említ egy tört, amelyet telepgödörbe temetett halott gyerek mellett találtak.¹⁵⁴ Ez utóbbi Nagy B. szerint inkább kés lehetett. Megállapítja, hogy mindhárom tör arzénrézből készült szegecses példány. Hasonlóságuk ellenére a balatonlellel abban különbözik a többitől, hogy markolatnyúlványos és a hegye ívelt.¹⁵⁵

Nagy B. véleményével ellentétben úgy vélem, hogy a balatonlellel tör nem markolatnyúlványos, hanem ugyanolyan szegecselt típus, mint a sármelléki lelet. A markolat indításának tartható része inkább átfúrás nyomait őrzi.

György László a kántorjánosi török közlésénél felhívja a figyelmet arra, hogy ez a lelettípus nagy területen, Franciaországtól Ukrajnáig, Lengyelországtól Horvátorszáig létezett a középső rézkor végétől a korai bronzkorig. Matuschik munkája nyomán analógiákat is e nagy területről és széles időspektrumból hoz.¹⁵⁶ A

¹⁵² NAGY 2010, 411.

¹⁵³ NAGY 2010, 411–412. Nagy B. keltezése pontosítható az újabb irodalom ismeretében (ȚERNA–ȚURCANU 2014, Fig. 8). A Dnyeper-Kárpátok erdős vidékein megtelepedett Cucuteni, Tripolje B2/C1 és Tripolje C2 közösségek emlékműve a Kr. e. 3800-3000 közötti időszakra keltezhetőek, azaz nagyobb részben párhuzamosak a közép-európai badeni kultúrával.

¹⁵⁴ TEŽAK-GREGL 1985, 38, Sl. 2. 2. Az angol nyelvű összefoglaló szerint az 1984-ben végzett ásatáson a 3. sz. sírban volt egy 5,5 cm hosszú réztör. A képeken viszont az 5. sírban szerepel a tárgy. A 3. sír felnőtt férfié, az 5. sírban gyerek feküdt. Vélhetőleg a sírrajzok képaláírása a téves.

¹⁵⁵ NAGY 2010, 411.

¹⁵⁶ GYÖRGY 2012, 111–112.

badeni kultúrából Vučedolról¹⁵⁷ és Pişcoltról említ egy-egy tört. Ez utóbbi azonban formájában és a markolatlap kialakításában is eltér a kántorjánosi I. törtől.¹⁵⁸

Új típusú tárgy a nagyfügedi lelet, amely az ásatási jelentésben „csepp alakú réztárgy”-ként szerepelt (7. tábla 3a-b). A 4 cm hosszú, 3,5 gramm súlyú, vékony lemezből készített tárgyat mérete és a rajta lévő határozottan átütött egyetlen lyuk alapján csüngőnek is tarthatnánk. Valójában rövid tör vagy törkés lehetett. A kérdés eldöntéséhez (csüngő vagy tör/törkés) a szakirodalomban kerestem analógiákat.

A töröket monografikusan feldolgozó Ivan Vajsov alapvető kutatási eredményei, amelyet a *Prähistorische Zeitschrift*-ben publikált,¹⁵⁹ csak az analógiák keresésénél kerülnek be itt-ott a kutatási palettába. I. Vajsov nagy tanulmányban közölte a bulgáriai korszakolás szerinti rézkor-bronzkor átmeneti fázisra keltezhető (Kr. e. 4. évezred), nagy területről összegyűjtött töröket. A különböző területek terminológiai és kronológiai rendszerében való tájékozódást egy táblázattal segíti.¹⁶⁰ Anyaggyűjtése kiterjedt Dél-Bulgária (Rhodope hegység), Nyugat-Ukrajna és Alsó-Ausztria (Mondsee) közötti nagy régiókra. A nagy területről mintegy 50 lelőhelyről közel 80 tört regisztrált, amelyeknek pontos leírását, méreteit és rajzát is közölte, s jó részük fémvizsgálati (spektrálanalízis) lineáris grafikonját is publikálta. Tipológiai alapon tizenkét típust különített el (a Bodrogkeresztúr típuson belül két altípust is), amelyeknél csak részben volt kimutatható átfejlődési kapcsolat.¹⁶¹ A felállított csoportosítás elterjedése területileg nem fedte a régészeti kultúrák megtelepedését. A spektrálanalízis után elvégzett korrespondencia elemzés eredményeként két területi csoport rajzolódott ki: az arzént tartalmazó török a nyugat-pontuszi régióban, az arzénmentes tárgyak a Nyugat-Kárpátok–Közép-Duna-vidéken jellemzőek. Erdélyben a Bodrogkeresztúr típusú török mindkét változata, az arzéntartalmú és az anélküli is előfordul.¹⁶²

Vajsov szerint a korai időszakban nyugat-keleti elterjedéssel számolhatunk, ami egy idő után ellentétes irányt vett. Vajsov munkájának legfontosabb tanulsága témánk szempontjából az, hogy az arzénréz nemcsak az Alpokban fordult elő, ahogyan nem kellő odafigyeléssel ezt hajlamosak vagyunk a Mondsee típus hal-

¹⁵⁷ TEŽAK-GREGL 1987, 74. a számozatlan képen egy markolatnyúlványos, kétlyukú szegecses tör van, amely nem azonos az 1984-ben talált 5,5 cm hosszú törrel, amit Nagy B. említett.

¹⁵⁸ GYÖRGY 2012, 112.

¹⁵⁹ VAJSOV 1993.

¹⁶⁰ VAJSOV 1993, Abb. 33.

¹⁶¹ VAJSOV 1993, Abb. 34.

¹⁶² VAJSOV 1993, Abb. 35.

latán kizárólag az Alpokhoz kötni. A sokak által feldolgozott durankulaki 982. sz. sír törje például 18 % arzént tartalmazott.¹⁶³

Iräneus Matuschik – Vajsov gyűjtését kiegészítve – más csoportosításban közölte a korai fémművesség rézleleteit, köztük a töröket. Táblázatban foglalta össze a fémvizsgálatokra kiválasztott tárgyak legfontosabb adatait és elemösszetételét,¹⁶⁴ szemléletes grafikonon ábrázolta a nagy területről összegyűjtött török hosszúság-szélesség megoszlását. Eszerint a Mondsee típusú darabok a 4–8 cm hosszúságú tartományba sorolhatóak.¹⁶⁵

Marija Ivanova összegyűjtötte a Kr. e. 4. évezredi (3800–3300 közötti) anatóliai és délkelet-európai töröket. Ezek is rövid, 5–10 cm hosszú darabok, és meglepően kevés van belőlük. Fegyverként tartja számon e tárgyakat.¹⁶⁶ Közölte a már említett, a bulgáriai durankulaki temető 982. sírjában talált tört is.¹⁶⁷

A már említett analógiákon kívül további töröket említhetünk a vizsgált korszakból különböző számú szegeccsel.¹⁶⁸ A szegecsek leggyakrabban páratlan számúak, egy-, három- vagy öt lyukba tettek rögzítőszöveget.

Az egy szegeccsel készített törből keveset ismerünk, a németországi aspenstedti egy szegeccses, ívelt pengéjű, 11,8 cm hosszú példány,¹⁶⁹ a moldvai Tudorovo 7,7 cm hosszú sírlelete,¹⁷⁰ vagy a nagyfügedi kisméretű tör sorolható ide.

A Pfyn kultúrából,¹⁷¹ továbbá a Mediterráneumban, Ponte San Pietroból ismerünk újabb, háromszegeccses töröket.¹⁷² Az ún. Mondsee típusú török mindig három nittel készültek. Ötszegeccses változatát ugyancsak a Mondsee időszakból, Dél-Tirolból, a közismertté vált Ötzi vadászterületéről ismerjük, ennek szegeccsei csontból készültek.¹⁷³

¹⁶³ VAJSOV 1992, 63.

¹⁶⁴ MATUSCHIK 1998, Abb. 233–234.

¹⁶⁵ MATUSCHIK 1998, Abb. 229.

¹⁶⁶ IVANOVA 2008, 72–73.

¹⁶⁷ IVANOVA 2008, 73. Abb. 10.

¹⁶⁸ A szegeccses tör elnevezés a készítési módra utal: a fából vagy csontból készült maroklatot a penge lekerekített vagy háromszög formájú peremén kialakított lyukakba tett szögekkel rögzítették.

¹⁶⁹ MÜLLER 2013, Fig. 3a-3b. Európa nyugati és északi részén egyedülálló ez a tör, amelynek arzéntartalma is magas, 5,7 %, s minden bizonnyal az Alpokban bányászott nyersanyagból készült (MÜLLER 2013, 445).

¹⁷⁰ VAJSOV 1993, Abb. 3. 2.

¹⁷¹ STRAHM–HAUPTMANN 2009, Fig. 4. 4.

¹⁷² DOLFINI 2014, Fig. 18.8.

¹⁷³ MAURER 2013, 80; MAURER 2014.

Megtalálhatóak a leletanyagban a páros számú szöggel rögzített pengék is, ilyen például a németországi Bilsteinhöhléről közölt 8,4 cm hosszú, kétszegeccses példány.¹⁷⁴ Két (vagy három) lyukkal készült a Vučedol-Vinogradov telep badeni rétegében talált 8,2 cm hosszú törpenge.¹⁷⁵ Négy lyukkal készült egy, a Coțofeni kultúrába tartozó tör,¹⁷⁶ és hat szegeccsel egy Ukrajnából ismert darab.¹⁷⁷ Létezik szegeccselés nélküli törpenge is, jellemzően a Bodrogkeresztúri kultúrkörből,¹⁷⁸ és vannak hosszú markolatnyelű török ugyancsak szegeccsek nélkül.¹⁷⁹ Legutóbb Türkmenisztánból közölt egy markolatnyúlványos, jól keltezett tárgyat N. Boroffka.¹⁸⁰

A nagyfügedi pengéhez hasonló, kisméretű tört több lelőhelyről ismerünk. A kántorjánosi 2. sz. tör 4,4 cm hosszú, három lyukkal készült. Három lyukkal készített, 3,1 cm hosszú törpengét közölt Vajsov Nerušajról (Szlovákia),¹⁸¹ sírból, csontnyéllel (*II. kép*). Ugyancsak Szlovákiából közölt egy 4,9 cm hosszú szegeccslyuk nélküli törhegyet Šebavtovcéről,¹⁸² továbbá Bulgáriából 5,5 cm hosszú nyelnyújtványos tört publikált Hotnica-Vodopada települési gödréből.¹⁸³ Figyelemre méltó a Korzikán talált, harangedényes körbe sorolt kb. 5 cm hosszú, két lyukkal készített tör is.¹⁸⁴ A Mondsee típusúak is, amint már említettem, 4–8 cm pengehosszúságúak. A kisméretű török tehát különböző típusként nagy területen előfordulnak, igaz, nem túl gyakran.

A nagyfügedi lelet lehetséges funkcióját (csüngő vagy tör?) keresve – bár pontos analógiát nem találtam hozzá – megállapítható, hogy sem a mérete, sem a szegeccslyuk elhelyezése és száma nem zárja ki, hogy törként vagy törkésként definiáljuk, a felsorolt hasonló leletek ezt alátámasztják.

A töröket szinte mindenki szűrőfegyvernek tartja, a későbbi korok kardjaitól csak méretben térnek el az általános vélekedés szerint.

¹⁷⁴ GLESER 2017, Abb. 4.

¹⁷⁵ TEŽAK-GREGL 1987, 74. számozatlan kép.

¹⁷⁶ ROMAN 1977, Pl. 8. 29.

¹⁷⁷ KLOCHKO–VASZILJEVICS 2017, 34, Fig. 49.

¹⁷⁸ VAJSOV 1993, Abb. 24.

¹⁷⁹ ROMAN 1977, Pl. 8. 26; CIUGUDEAN 2000, Pl. 133. 7.

¹⁸⁰ BOROFFKA–KURBANOV 2015, 49–50, Fig. 6.

¹⁸¹ VAJSOV 1993, Abb. 2.6.

¹⁸² VAJSOV 1993, Abb. 27. 3.

¹⁸³ VAJSOV 1993, Abb. 12. 2.

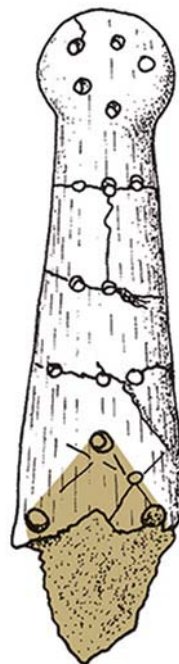
¹⁸⁴ TUREK 2013, Fig. 2. 2.

A néhány centiméteres pengehosszúságú török az élet kioltására minden bizonnyal alkalmatlanok.¹⁸⁵ Joggal feltételezhető, hogy a kisméretű török valamilyen megkülönböztető üzenetet hordoztak, státuszjelző vagy foglalkozásra utaló jelvények is lehettek.

A mindennapokban bontó vagy állatbőr felfejtésére, nyúzásra alkalmas eszközként használhatták volna e kisméretű tárgyat, erre azonban sokkal alkalmasabb kőeszközök a megfelelőek. A nyélbe erősített kisméretű eszközzel csak roncsolni lehetne, vágni, bontani, szűrni aligha.

Éppen a mérete miatt feltételezem, hogy – mint a többi miniatűr tárgy – a nagyfügedi tör is szimbolikus jelentőségű lehetett.

Korszakunkban a miniatürizáció már egyértelműen kötődik a halottakkal kapcsolatos hitvilághoz. A badeni kultúra nagy sírszámú két temetőjében, a Budakalászlupa csárdai és a Pilismarót-basaharci temetőben talált miniatűr edények és egyéb kisleletek is ezt támasztják alá. A kicsinyített tárgyak – az írásbeliséggel már rendelkező ókori civilizációkban – egyértelműen a halotti kultuszhoz kötődnek, a legtöbb hiteles forrást erre az ókori Egyiptomban találjuk. Ebben a kultúrkörben a miniatűr leleteknek rituális tartalmuk van, a jelent kötik össze az örökkévalósággal. A redukált nagyságú tárgyak különböző anyagokból (kerámiából, kőből, fémből stb.) készülhettek, rendeltetésük szerint a halott kényelmét kellett biztosítaniuk a túlvilágon: helyettesítették a valós ételeket, italokat, mindennapi tárgyakat. Messzire vezetne az egyiptomi miniatűr használati eszközök funkciójának további bemutatása, csak azért idéztem ezt a példát, mert ebben a civilizációban írásos emlékek és különböző ábrázolások (freskók, sztélék) egyér-



11. kép: A nerušaji tör csontnyéllel (VAJSOV 1993, Abb. 2. 6. nyomán)

Fig. 11. The bone-hilted dagger from Nerušaj

¹⁸⁵ Magyarországon a 175/2003 (X. 28.) korm. rendelet szabályozza a különösen veszélyes eszközök használatát. Eszerint 8 cm-nél hosszabb pengehosszúságú kést nem hordhat magánál a törvénytisztelő állampolgár. Mindebből világos, hogy az élet kioltására a 8 cm pengehosszúság már alkalmas lehet, viszont az ennél kisebb eszközök más funkcióval rendelkeznek.

telmüen bizonyítják, hogy a kisméretű, különböző anyagokból készített tárgyak a halott istenné válásának kísérő elemei.¹⁸⁶

A Kárpát-medence késő rézkori közösségei esetében természetesen nem mehetünk ilyen messzire a jelenség értelmezésében, csak egy lehetséges szellemi tartalomra mutattam rá, amely a korszak temetőiben megragadható.

A késő rézkori török – mint látjuk – nagy területről, kevés lelőhelyről ismeretek, ám elég széles tipológiai spektrumba tartoznak. A magyarországi leletek is négy típusba sorolhatóak.

A publikációk a készítési technikával nem foglalkoztak. Az áttekintett leletek alapján úgy tűnik, hogy a török egy részét (a középben bordával készült darabokat) valószínűleg öntéssel állították elő, míg a borda nélküli változatok kalapált lemezből is készülhettek. Erre utal a határozott szegecslyukak kiütése és a török szélének erőteljes kopása, csipkézettsége is. Ezek a példányok a korróziónak is kevésbé álltak ellen, mint a jobb minőségű bordázott rokonaik. Mindezek azonban csak feltételezések részéről, műszeres vizsgálat nem áll rendelkezésemre.

Az öntéssel készített töröknél merül fel a szakirodalomban a Mondsee típusú tárgyak kapcsán az arzénréz problematikája. Erről bővebben *A fémelemzések tanulságai* c. fejezetben írok.

II. 4. A fémfeldolgozás kellékei

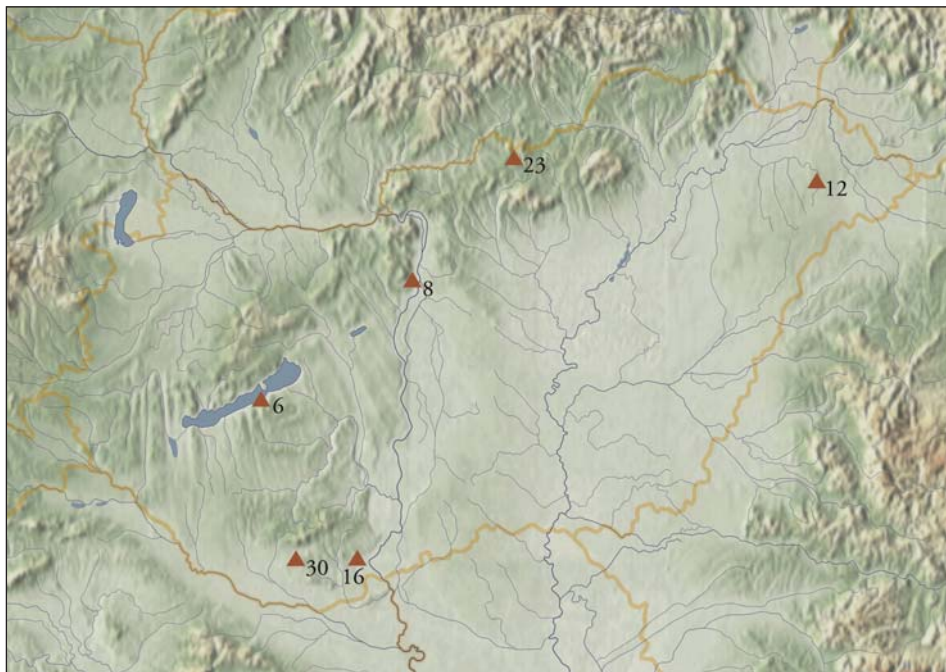
A fémfeldolgozás műveletsorában – a fém kinyerésének módján túl – az öntés metódusát is fontos lenne ismerni. Ehhez a művelethez a nyersanyagon és adalékanyagokon kívül szükség van a kívánt tárgy öntőformájára, a forró fém kiöntéséhez olvasztótégelyekre, vagy biztonságos öntőtégelyre is. Fontos momentum az előkészítésnél, hogy az öntőformák belsejét mészkepporral szórták be, ennek következtében a tárgy felülete simább lett és az agyagforma könnyebben leválasztható volt a késztermékről. Ezért van az, hogy néhány vizsgált öntőforma töredékében mészkepporokat találtak.¹⁸⁷

A tárgyak készítéséhez kapcsolódó leletek közül agyag öntőformák,¹⁸⁸ olvasztótégelyek/öntőkanalak, agyag fúvó/fújtatócső valamint nyersanyag (rézrög,

¹⁸⁶ BONDÁR 2015d, 191–193, 225–226, 286–288.

¹⁸⁷ ECSEDY 1983; HORVÁTH 2014, 40.

¹⁸⁸ Kiss Viktória hívta fel a figyelmemet az alábbiakra: A szakirodalomban nem megfelelően használjuk az öntőminta kifejezést. Az értelmező szótár szerint: az öntőminta „valamely megöntendő, öntés útján elkészítendő tárgynak fából, fémből v. gipszből való eredeti (pozitív) mintája, amelyről az öntőformát (negatívot) készítik.” (<https://www.>



12. kép: A badeni kultúra fémfeldolgozási leletei

Fig. 12. Sites of the Baden culture yielding finds associated with metalworking
 6: Balatonőszöd; 8: Budapest-Andor utca; 12: Kántorjánosi;
 16: Lánycsók; 23: Salgótarján; 30: Zók

huzal formájában) mindössze néhány magyarországi lelőhelyről (12. kép) került elő a badeni kultúrából.

A jelenleg ismert négy magyarországi öntőforma töredékéből (8. tábla 1, 3–4, 6) balta/fejsze öntőformára gondolhatunk. Az ország négy különböző pontján talált leletekhez (Salgótarján-Pécskö, Budapest-Andor utca, Kántorjánosi-Homoki dűlő és Zók-Várhegy) analógia alig ismert ebből a kategóriából, a horvátországi Saloš lelőhelyről a Belgrád-Zágráb autópálya építéskor feltárt területről publikáltak 13 balta öntőforma töredékét.¹⁸⁹

E kevés öntőforma magyarázatát abban látják a kutatók, hogy egyrészes homok- vagy agyagformát készíthettek a rézkori fémművesek. Más vélemények szerint kétrészes agyag öntőformával dolgoztak a rézkori mesterek. Ezt mindkét

arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-magyar-nyelv-ertelmezo-szotara-1BE8B/o-o-433E2/ontominta-437A1/). Pontosítását köszönöm.

¹⁸⁹ LOZUK 1995, 57, Fig. 8.

esetben széttörték a fém lehülése, megszilárdulása után, így a forma megsemmisült. Ecsedy István szerint létezett egy mintasorozat fából,¹⁹⁰ amelynek alapján rövid idő alatt elkészíthették a következő tárgy öntőformáját agyagból vagy homokból, fa öntőminta maradványa azonban egyelőre nem ismert.

A magyarországi „öntőtégelyek” valójában olvasztótégelyek vagy öntőkanaalak, amelyekben kis mennyiségű fémet lehetett megolvasztani. Mindössze négy leletet ismerünk a publikációkból (*8. tábla 2*; *9. tábla 1–3*), Lánycsókáról és Zókról, ezek is csak töredékekben maradtak meg. Létezésük a helyben végzett, egyszerű fémolvasztás bizonyítéka. Valódi öntőtégelyeket nem ismerünk magyarországi anyagból.¹⁹¹

A fémolvasztás magasabb szintje már a magas hőfokon történő olvasztás, amelyhez fűvó- vagy fűjtatócsövek is kellettek, használatukat a VI. 5. fejezetben szemléltetem (*24–25. kép*). Ezek praktikusán üreges növényi szárak (pl. nádszál) voltak, amelyeknek a végére agyag kupakot húztak, hogy ne gyulladjon fel a fűvószál. Ilyen agyag applikációt találtak Balatonöszöd-temetői dűlőn a B-2391 rétegben (*8. tábla 5*).¹⁹²

Nyersanyag lehetett a Szigetcsépről említett, közöletlen rézrög és az ugyancsak publikálatlan huzal is Budapest, Andor u. lelőhelyről.

Ha a térképeken megnézzük az ékszerek (*8. kép*), eszközök (*9. kép*), török (*10. kép*), valamint a fémfeldolgozás kellékeinek (*12. kép*) elterjedését, mindhárom esetben azt látjuk, hogy a hegyes-dombos vidékek által kirajzolt, ÉK–DNy irányú sávban koncentrálnak ezek a leletek. Ez a tény talán arra utal, hogy itt is volt kibányászható nyersanyag. Ennek bizonyítása azonban még nem történt meg. Mind a három tárgykategóriánál megfigyelhető a leletek nagy területi szórása, amely azt is jelzi, hogy további tárgyak előkerülésére számíthatunk.

Meglepő módon az ország nyugati területéről (az Alpok közelségéből) egyelőre nem ismerünk fémleletet vagy fémművességre utaló jelenséget a korszakból, annak ellenére, hogy a korábbi időszakban jelentősnek mondott kapcsolat (Mondsee típusú, arzéntartalmú leletek) volt e két terület között.

¹⁹⁰ ECSEDY 1990a, 16.

¹⁹¹ Használatuk leírását ld. a pörkölőgödröknél.

¹⁹² HORVÁTH 2014, Fig. 276. 3.

III. A késő rézkori fémtárgyak archeometriai vizsgálata: módszerek, eredmények

A fémfeldolgozás régészeti bizonyítékai között a leggyakoribb, a késztermék, azaz valamilyen használati tárgy, amely számunkra már régészeti leletté vált a készítése óta eltelt évezredek alatt.

A régészeti adatok regisztrálása azonban nem elegendő a fémművesség problémáinak, nyitott kérdéseinek megválaszolásához. Az anyagösszetétel, a készítési technika, a nyersanyaglelőhely kérdése régóta foglalkoztatja a téma szakértőit, az önálló rézkor elhatárolásánál is alapvető fontosságú volt mindez.¹⁹³ Ma már a műszeres vizsgálatok iránti igény szervesen hozzátartozik a fémművességet vizsgáló palettához.

A fémvizsgálatok terén – érthető módon – a bronzkori kutatás jóval nagyobb tapasztalattal és jelentősebb eredményekkel rendelkezik, mint a rézkorral foglalkozó kutatók.

Magyarországon – Mozsolics Amália életműve után – elsősorban Szabó Géza,¹⁹⁴ Kiss Viktória,¹⁹⁵ Sánta Gábor,¹⁹⁶ Czajlik Zoltán¹⁹⁷ régészeti tanulmányaiból tájékozódhatunk a fémművességről és a bronzkori leletek újabb fémvizsgálati módszereiről, a fémösszetétel tanulságairól, a kulturális kapcsolatrendszeréről.

Kiss Viktória a fémtárgyak több mint 100 éves múltra visszavezethető kutatási helyzetét áttekintő tanulmányaiban röviden foglalkozott a bronzkort megelőző időszakokkal is. A korábbi kutatói véleményeket idézve megállapítja, hogy Nyugat-Magyarország területén a középső és késő rézkorban arzénréz tárgyak jelennek meg, amelyek a Mondsee kultúra népe által kitermelt, kelet-alpi forrásokhoz köthetők. A badeni kultúra jól ismert vörsi diadémjának, valamint a budakalászi temető tárgyainak anyagvizsgálata alapján azonban továbbra is számolhatunk a termésréz használatával. A rézkor végén, a Vučedol-kultúra klasszikus időszakában oxidos ércből, a későbbi – már a magyarországi kora bronzkorba keltezett – fázisban (véltetően arzéntartalmú fakóércből nyert) arzénrézből készült tárgyak vannak.¹⁹⁸

¹⁹³ PULSZKY 1883.

¹⁹⁴ SZABÓ 2013; KISS *et al.* 2015; GYÖNGYÖSI *et al.* 2017.

¹⁹⁵ KISS 2009; KISS 2012; KISS 2014 (további irodalommal).

¹⁹⁶ SÁNTA 2011.

¹⁹⁷ CZAJLIK 2012; CZAJLIK 2012a

¹⁹⁸ KISS 2009, 198; KISS 2012, 62.

A hazai bronzkori leletek vizsgálatára több nemzetközi projekt keretében is sor kerülhetett az utóbbi néhány évben. A 2012–2014-ben futó EU FP7-es NMI3 projekt keretén belül, a *Studies on local metal production of the Carpathian Basin from the late Copper Age until the Middle Bronze Age (3500–1500 BC)* c. pályázat segítségével többek között a késő rézkori vörsi diadém roncsolásmentes elemzésére is lehetőség nyílt.

A nemzetközi szakirodalomban az utóbbi 10–15 évben rendkívüli módon megnőtt a fémvizsgálatokat közlő publikációk száma a célzott nagy kutatási programoknak köszönhetően. Újabb és újabb elemzési módszereket próbálnak ki régészeti leleteken is, ezáltal az analitikai lehetőségek tárháza egyre gazdagabbá válik. Ma már alapkövetelmény az elemzési mód rövid leírása, a műszerek típusának közlése is, és a publikációkban egyre gyakrabban megtalálható az is, hogy a tárgy melyik részén végezték el a vizsgálatot. Több olyan munkát is találunk, amely az alkalmazott módszerek történetével, részletesebb bemutatásával is foglalkozik.¹⁹⁹

Európában több kiemelkedő jelentőségű vizsgálati centrum van. Ernst Pernicka történeti összefoglalója szerint²⁰⁰ C. J. Thomsen 1836-ban végezte az első fémvizsgálatot, aki azt javasolta, hogy a nyomelemeket vizsgálják, mert így jobban beazonosítható a származási hely geológiai környezete. Több tudományos műhely foglalkozott a geológiai proveniencia és a fémtárgyak azonosításával (az 1930-as évektől Halle, Bécs, később Stuttgart, Freiburg, majd Baku és Moszkva). Európában egyéb projektek keretében is kutatták a metallurgiai leletek összetételét és geológiai eredetét (pl. Svédországban, Franciaországban, Nagy-Britanniában és a volt Szovjetunióban voltak jelentős kutatások), az elemösszetétel vizsgálata azonban nem adott megfelelő választ a származási helyre.

Pernicka áttekintette a nagyszériás vizsgálatok értékelhetőségét, és ő is felhívta a figyelmet a modern módszerekben rejlő buktatókra. Hiába a nagyszámú vizsgálat, az eredmények nem összehasonlíthatóak, a származási hely nem határozható meg egyértelműen, és a leletek keltezése sem visz közelebb a probléma megoldásához. Az ólomizotópos vizsgálatoknak is több hátránya van, nem jelent egyedüli megoldást a származási hely meghatározására: pl. a különböző forrásból származó fémek összeolvasztása kevert ólomizotóp-összetételt eredményez, ami megnehezíti a proveniencia meghatározását.²⁰¹

¹⁹⁹ REHREN–PERNICKA 2008; PERNICKA 2014; PERNICKA–LUTZ–STÖLLNER 2016; PEARCE 2016.

²⁰⁰ PERNICKA 2014.

²⁰¹ PERNICKA 2014, 256–257.

A kutatási módszerek finomodásának köszönhetően egyre több kételkedő gondolatot olvashatunk ezek korlátairól és főként a különböző metódusokkal nyert elemösszetételek összehasonlíthatóságáról.²⁰²

A szakirodalomban gyakran találkozunk a terminológia pontatlanságával is. Keveredik az érc, ásvány és kőzet fogalma. Szinonimaként szerepel a réz, vörösréz és bronz elnevezés a régészeti leírásokban, attól függően, hogy a régész a tárgy színe alapján mire gondolt. Ezek szubjektív kategóriák és nem kémiai analízis birtokában megnevezett fémfajták.

Röviden a pontosabb definíciók.²⁰³ Az érc olyan kőzet, amelyben ásványok vannak. Az ásványok lehetnek hasznosak (ezek az ún. ércásványok, amelyekből kinyerik a fémeket) és lehetnek „nem hasznosak” (meddő ásványok). Amit a köznyelv réznek nevez (Copper) az valójában vörösréz, csaknem tiszta fém. A termésréz (native copper) a fémeket adó ércásvány. Ez több helyen is megtalálható a felszínen, különböző rögökben. A termésréz önmagában tartalmazhat vasat, de arzént és ezüstöt jellemzően nem. Ha egy réztárgyban ezek megjelennek, akkor az nem termésrézből készült.²⁰⁴ A bronz a réz valamely ötvözet. A szépen csillogó sárgarézt pl. a réz és cink különböző arányú elegye.

A csillogó ércet már az ókorban leírta id. Plinius. Egyes festékek is erről kapták a nevüket és ezek a színek jelennek meg a színképelemzésekben. Barbara Ottaway és Ben Roberts jól áttekinthető táblázatban foglalta össze a különböző rézásványok nevét, képletét és jellemző színét.²⁰⁵ A termésréz fémes, vöröses aranyszínű. Két réz-oxid ásvány van: a tenorit fekete, a kuprit vörös. A réz-karbonátként számon tartott azurit sötétkék, a malachit smaragd zöld–sötétzöld. A réz-szilikát (krizokolla) halvány türkizkék. A fakőercsekhez tartozó, max. 20 % arzéntartalmú tennantit és a max. 29 % antimont tartalmazó tetraedrit rézérc vaskékete–acélszürke színűek. Tiszta tennantit és tiszta tetraedrit ritkán fordul elő a természetben a köztük lévő folyamatos elegység miatt. Az antimon-gazdag változat a gyakoribb.²⁰⁶

²⁰² PERNICKA 2014, 239–245; PERUCCHETTI *et al.* 2015; PEARCE 2016.

²⁰³ Köszönöm Bajnóczi Bernadett megjegyzéseit.

²⁰⁴ Az ukrain Volhynában talált természetek vizsgálatánál olyan termésrézből készült tárgyak is voltak (KLOCHKO *et al.* 2000, Table 1). Bajnóczi Bernadett szerint ez akkor fordulhat elő, ha a termésrézben zárványként meglévő elemi ezüst van, amely átkerülhetett a kész tárgyba.

²⁰⁵ OTTAWAY–ROBERTS 2008, Table 4.2.

²⁰⁶ Bajnóczi Bernadettnek köszönöm a pontosítást.

III. 1. A badeni kultúra magyarországi anyagából korábban publikált anyagelemzések

Az itt bemutatásra kerülő anyagvizsgálatok nem a mai protokoll szerint készültek. Az esetek többségében nem szerepel az igénybevett műszer típusa, a vizsgálati módszer leírása. Ritkán találunk arra vonatkozó adatot, hogy a vizsgálat előtt milyen restaurátori beavatkozás vagy más által végzett felülettisztítás volt. Nincs dokumentálva, hogy a tárgy melyik részéről történt minimális mintavétel vagy mely részére fókuszálva végzett felszíni mérést a műszer. Több esetben utólag kellett kideríteni, hogy ki végezte a mérést, milyen módszerrel.

A kémiai összetételsort vagy értelmező magyarázat nélkül, vagy a régészek által „továbbgondolva” tették közzé. Hibaforrás lehet az is, hogy korábban még írógépen készültek a kutatási jelentések, így elütések, a kézírás rossz olvasata is „színezheti” az eredményeket.

A régészetbe bekerülő műszeres vizsgálati módszerek közül kezdetekben az XRF volt elérhető, emiatt ez a vizsgálat sokáig nagyon népszerű és szinte kizárólagos volt. Eredményei azonban fenntartásokkal kezelendők. A röntgenfluoreszcens módszer ugyan nem ronsolja a felületet, de hátránya, hogy a tárgy néhány tíz vagy száz µm-nyi felszíni részének kémiai összetételét méri, eredménye nem feltétlenül reprezentálja a tárgy tömbi összetételét (korrózió, talajmaradványok, utólagos restaurátori beavatkozások stb. miatt), ezért kellő óvatossággal kell értelmezni az XRF adatsort.²⁰⁷

A mérések eredményét is különbözőképpen tették közzé, lábjegyzetben, egy-egy sorban a főszövegben vagy táblázatban. Változó tizedesjegy pontossággal, százalékos formában vagy ppm mértékegységben szerepelnek az adatok. Ebben a fejezetben az eredeti adatsort mutatom be egységes formátumú táblázatba rendezve. Sok helyen van nulla vagy üres mező, attól függően, hogy az eredeti közlésben ez hogyan szerepelt. Az azonos mértékegységre átszámított, a vizsgálatok során előkerült valamennyi elem a 2. táblázatban szerepel. Itt is nulla van, ha ezt adta meg a vizsgálatot végző szakember (bár tudjuk, hogy nulla érték nincs, csak kimutatási határ alatti). Ha a mérés egy-egy elemre nem terjedt ki (-) jelölést alkalmaztam.

A badeni kultúra leleteiből a legkorábbi anyagelemzést Kurt Willvonseder közölte 1937-ben megjelent tanulmányának egyik jegyzetében, ezt a jelentős vizs-

²⁰⁷ Bajnóczi Bernadettnek köszönöm, hogy erre felhívta a figyelmem.

gálatot azonban nem idézik a témával foglalkozó publikációk. A vizsgált lelet két fémnyakpereg volt, amely 1876-ban Leobersdorfban került elő. Az itt feltárt két késő rézkori csontvázas sír egyikében, egyéb leletek mellett (korsó, pattintott nyílhegy és 20 db állatfog), egy ép és egy töredékes fémnyakpereg volt. A nyitott végű ékszerek spektrálanalízisét Hans Pesta (Bécs) végezte, vizsgálatának eredménye: a tárgyak jelentős mennyiségű rezet, kevés ezüstöt és ólmot, továbbá nyomokban nikkelt tartalmaztak.²⁰⁸

Magyarországi késő rézkori anyagból az első fémvizsgálást Korek József végeztette az alsónémedi temetőben talált gyöngyökön (2. tábla 1–5) és rézáron (5. tábla 4). 1951-ben a spektroszkópiai vizsgálat eredményét fél oldalban foglalta össze Szepesi Károly.²⁰⁹ A roncsolásmentes módszerrel a mechanikusan megtisztított leletek színeképét mérve megállapította, hogy valamennyi tárgy réz, ennél többet nem tudunk az elemösszetételéről.²¹⁰

Budakalász-Lupa csárda

A már említett SAM program keretében is végeztek elemzéseket, az eredményeket 1974-ben publikálták.²¹¹ A budakalászi temetőből a 28. sír rézlemezt, a 221. sír egyik rézgyöngyét, a 227. sír hosszúkás rézgyöngyét, a 301. sír gyöngyeinek egyikét és a 361. sír egyik rézgyöngyét vizsgálták. Az eszközök közül a 3. sírban talált rézárat, a 227. sír vésőjét és a 319. sírban talált árat elemezték még. Ezeken kívül a vörsi diadém került be a projektbe.²¹²

A budakalászi temető monográfiájában, táblázatba foglalva újraközöltem a kutatók által kevésbé ismert SAM adatokat (3. táblázat).²¹³ A temetőben talált

²⁰⁸ WILLVONSEDER 1937, 17. o. 7. jegyzet

²⁰⁹ Szepesi Károlyról sajnos, nem tudtam kideríteni, hogy hol végezte a vizsgálatokat. Az MTA II. Osztályának Értesítőjében megjelent cikkben az intézmény nem szerepel, és idősebb vegyész ismerőseim sem tudnak róla. Korek József jó kapcsolatot ápolt a diósgyőri Lenin Kohászati Művekkel, elképzelhető, hogy Szepesi Károly ott dolgozott vegyész-mérnök volt.

²¹⁰ SZEPESI 1951.

²¹¹ JUNGHANS *et al.* 1974; KRAUSE 2003: újraközli ezeket a korábbi azonosító számmal.

²¹² Az alsónémedi temető nem szerepel az adatbázisban. A SAM projekt anyaggyűjtése 1959-ben kezdődött a hazai anyagban, ekkorra Korek J. már elemeztette a temető válogatott réztárgyait. A SAM adatbázisban szereplő Alsónémedi 7. sír (SAM 12771) nem a késő rézkorba tartozó temetkezés. Az alsónémedi temetőben összesen 63 sír került elő, ebből 4 kora bronzkori urnasír, 19 szarmata volt, 40 sír volt késő rézkori (3–5, 9, 11, 14–15, 18–20, 22–26, 28–30, 32–36, 38–48, 52–53, 55–58. számú sírok).

²¹³ BONDÁR 2009b, Table 24–25.

valamennyi rézgyöngy anyagmeghatározása sajnos nem történt meg, mindössze a Manfred Schröder által 1962(?) -ben végzett fémvizsgálatok eredményeit ismerjük. M. Schröder szűkszavú jelentését szó szerint idézzük.²¹⁴

„Zur gefl. Beachtung: Kupfer stellt bei allen Analysen die Hauptmenge dar. Seine Grösse ergibt sich mit hinreichender Genauigkeit, wenn man die Summe der 11 angegebenen hauptsächlichsten Beimengungen von 100 subtrahiert.

Die Elemente sind quantitativ bestimmt und die Werte in Prozent angegeben. Nur Gold (Au) und Eisen (Fe) werden, sofern vorhanden, mit+, ++, gekennzeichnet.“

3. táblázat: A budakalászi temető sírjaiból kiválasztott rézgyöngyök SAM program keretében mért kémiai összetétele²¹⁵

Table 3. Chemical composition of the copper beads from burials of the Budakalász cemetery analysed as part of the SAM project

Budakalász	SAM	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Au	Zn	Co	Fe
28. sír (2. tábla 16)	12911	0	0	00	0,03	0	00	0	0	0	0	Sp
221. sír (3. tábla 10= 4. tábla 5)	12904	0	0	0	0	N0,01	0	0	0	0	0	0
227. sír (2. tábla 23)	12907	0	Sp	0	0	0,03	Sp	0	0	0	0	+
301. sír (3. tábla 7=4. tábla 3)	12905	0	0	0	0	N0,01	0	0	0	0	0	Sp
361. sír (2. tábla 29)	12908	0	Sp	0	0	0,03	Sp	0	0	0	0	+

Az elemzésből látható, hogy a gyöngyök és rézlemezkek anyagában ezüst van és nyomokban nikkel, vas és ólom, összetételükben alig van különbség, azaz szinte azonosak.²¹⁶

A budakalászi temetőben talált rézeszközök közül Korek J. 1962-ban megvizsgálta 3 sír tárgyait M. Schröderrel. A stuttgarti laboratórium vizsgálati eredményeit²¹⁷ a 4. táblázatban foglaltam össze:

²¹⁴ SzFM Adattára 1170/76. leltári számú dokumentum. Sp= Spur, csak nyomokban van meg

²¹⁵ A 3–4. táblázatban az Ag oszlopban szerepelő N-t nem tudjuk értelmezni

²¹⁶ BONDÁR 2009b, 292–293, Table 24.

²¹⁷ SzFM Adattára 1170/76. leltári számú dokumentum.

4. táblázat: A budakalászi temető sírjaiból kiválasztott rézeszközök SAM program keretében mért kémiai összetétele

Table 4. Chemical composition of the copper tools and implements from burials of the Budakalász cemetery analysed as part of the SAM project

Budakalász	SAM	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Au	Zn	Co	Fe
3. sír (5. tábla 15)	12910	0	0	0	0	N0,01	0	0	0	0	0	0
227. sír (5. tábla 10)	12912	0	0	0	0	<0,01	0	0	0	0	0	0
319. sír (5. tábla 9)	12909	0	0	0	0	0,02	Sp	0	0	0	0	0

A táblázatból jól látható, hogy a rézeszközök minimális ezüstöt és nyomokban nikkelt tartalmaztak, összetételük szinte azonos.²¹⁸

Lánycsók és Zók

1990-ben jelent meg a Lánycsókön (9. tábla 1–3) és Zókon (8. tábla 2) talált olvasztótégelyek és egy salak elemzése. A mérést két intézményben végezték (Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, Kassay M.²¹⁹ és a Csehszlovák Tudományos Akadémia prágai Nukleáris Fizikai Intézete, J. Frana és A. Matalka²²⁰). A MÁFI-ban spektrálanalízissel (5. táblázat), a cseh intézményben neutronaktivációs analízissel (6. táblázat) elemezték a kémiai összetételt. Ecsedy István a cikkben külön táblázatban közölte a két helyen végzett vizsgálatok eredményét.²²¹

5. táblázat: A lánycsóki olvasztótégelyek és salak spektrálanalízissel meghatározott kémiai összetétele

Table 5. Chemical composition of the crucibles and slag from Lánycsók as determined by spectroscopy

Lánycsók	Cu %	Zn ppm	Ag ppm	Pb ppm	Mn ppm	V ppm	Co ppm	Ni ppm	Cr ppm ²²⁰
tégely a (9. tábla 1)	0,11	400	4	60	1600	300	80	200	50
tégely b (9. tábla 3)	0,11	280	0,1	40	1300	300	50	150	50
tégely c (9. tábla 2)	1	200	3,5	50	1600	30	80	150	50
salak	0,4	100	1	40	800	120	50	200	10

²¹⁸ BONDÁR 2009b, 295–296, Table 25.

²¹⁹ ECSEDY 1990, Table 1. (a réz %-ban, a többi elem ppm-ben megadva) ld. 5. táblázat.

²²⁰ ECSEDY 1990, Table 2. (az elemek egy része %-ban, másik része ppm-ben megadva) ld. 6. táblázat.

²²¹ A ppm és százalék átváltása: 1000 parts per million (ppm) = 0,1 %, a 2. táblázatban az átszámított értékek szerepelnek.

6. táblázat: A lánycsóki olvasztótégelyek neutronaktivációs analízissel meghatározott kémiai összetétele

Table 6. Chemical composition of the crucibles from Lánycsók as determined by neutron activation analysis

Lánycsók	Na %	K %	Ca %	Fe %	Cu ppm	As ppm	Rb ppm	Sr ppm	Cr ppm	Ba ppm	Ce ppm	Nd ppm	Cod ²²¹ ppm
tégely a (9. tábla 1)	0,5	1,8	7,4	4,5	65	18	144	–	140	500	106	100	340
tégely b (9. tábla 3)	1,7	2,3	8,3	3,3	6,7% [sic!]	495	237	524	120	600	102	70	48
tégely c (9. tábla 2)	0,85	2,2	12,6	3,2	20	11,6	107	–	120	600	102	70	48

A két intézményben végzett más módszerű elemzés eredménye eltérő. A neutronaktivációs mérés részletesebb, mint a spektrálanalízis, de más elemeket mutatott ki, pl. cinket, ezüstöt, ólmot, mangánt stb. egyáltalán nem mértek a tégelyekben.²²²

Sármellék-Égenföld

1999-ben publikálta Virág Zs. a Sármelléken talált réztárgyak elemzésének adatait²²³ Kis-Varga Miklós (Debrecen, ATOMKI) mérései alapján. A két tárgy összetétele nem azonos (7. táblázat).

7. táblázat: A sármelléki leletek kémiai összetétele

Table 7. Chemical composition of the copper finds from Sármellék

Sármellék	Cu	As	Ag	Fe
rézkés (6. tábla 1a-b)	93.4 %	4.9 %	1.5 %	0.02 %
réztör (7. tábla 5a-b)	97.7 %	1.6 %	0.67 %	0.02 %

Balatonlelle-Felső-Gamász

A Balatonlelle-Felső-Gamászon feltárt temetőben talált réztör anyagvizsgálatát 2010-ben közölte Nagy Borbála.²²⁴ A mérést Költő László végezte Kaposváron, a Múzeum röntgenemissziós analizátorával (8. táblázat).²²⁵ A roncsolásmentes

²²² Cod vegyjelű elem nincs, gépelési hiba lehet.

²²³ VIRÁG 1999, 33.

²²⁴ NAGY 2010, 439.

²²⁵ A cikkből ez nem derült ki, anyaggyűjtésem során Költő Lászlót kérdeztem arról, ki és hol végezte a vizsgálatot. A kiegészítő adatokat Költő Lászlónak köszönöm.

XRF módszer a jódtól 125-ös izotópjának gerjesztésével határozta meg a tárgy összetételét.

8. táblázat: A Balatonlelle-Felső-gamászi tör kémiai összetétele

Table 8. Chemical composition of the dagger from Balatonlelle-Felső-Gamász

Balatonlelle–Felső-Gamász, 7. sír	Cu	As	Ag	Fe
réztör (7. tábla 4a-b)	98.4 %	1.6 %	0	0

A réztör elemösszetétele nagyon közel áll a sármelléki törhöz.

Kántorjánosi

2012-ben ismerhettük meg a Kántorjánosiban feltárt telepen előkerült két réztör összetételét (9. táblázat).²²⁶ Elemzésüket May Zoltán (MTA Természettudományi Kutatóközpont, Anyag- és Környezetkémiai Intézet, Budapest) végezte hordozható kézi röntgenfluoreszcens spektrométerrel (XRF).²²⁷

9. táblázat: A kántorjánosi török kémiai összetétele

Table 9. A Chemical composition of the daggers from Kántorjánosi

Kántorjánosi %-ban	Cu	As	Fe	V	Ti	S	P	Si	Bi	Pb	Se	Zn
1. tör (7. tábla 1a-b)	99,452	0,5	0,022	0,041	0,044	0,109	0,03	0,299	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2. tör (7. tábla 2a-b)	95,451	0,5	2,503	0,077	0,159	0,172	0,14	1,228	0,02	0,038	0,014	0,169

A két tárgy összetevői nem azonosak, a 2. sz. törnél nagyobb vastartalmat regisztráltak és eltérő a többi elem mennyisége is, mindössze az arzéntartalom azonos. Az eltérések okát a rövid függelékben May Zoltán nem részletezte. A rövid összefoglalóban ezt írja: „Minden mérés előtt a tárgy felületét megtisztítottuk egy kb. 1 cm²-es területen, eltávolítva a patinaréteget és egyéb szennyeződések, hogy az alapötövet elemezhessük.”

A tisztítás talán nem volt tökéletes, mert a szilíciumot, vasat és foszfort is mért a készülék, amely elemek talajszennyeződésre utalnak.²²⁸

²²⁶ GYÖRGGY 2012, 111, 113.

²²⁷ MAY 2012. A publikációkban egy- illetve két tizedesjegy pontossággal szokták közölni az elemösszetételt. May Zoltán három tizedesjegy pontossággal adta meg a mérések eredményét. Az eredeti adatokat átvéve én is így közlöm az adatokat.

²²⁸ Bajnóczi Bernadett kiegészítését köszönöm.

A vörsi diadém korábbi elemzései

A vörsi diadém első összetételi analizisét a '70-es években végezték el Németországban. Eredményét az 1974-ben megjelent SAM adatbázisnak a rézkorral foglalkozó kötete közölte (10. táblázat).²²⁹

10. táblázat: A vörsi diadém első elemzése (SAM 1974)

Table 10. Results of the first analysis of the Vörs diadem

Vörs	Cu	As	Ag	Fe
diadém, SAM 13378 (1. tábla 1–2)	? %	? %	0.01 %	?

Az összetevők között csak nyomokban található arzén, antimon, az ezüst 0,01%, a többi mért elem nulla. A réz mennyisége nem szerepel az összetételt közreadó egyetlen sorban, de az összetevőkből nyilvánvaló, hogy majdnem 100%-ot tett ki.

Ugyanazzal a SAM azonosítóval közölte a diadém összetételét Rüdiger Krause 2003-ban (11. táblázat).²³⁰

11. táblázat: A vörsi diadém kémiai összetétele (KRAUSE 2003)

Table 11. Chemical composition of the Vörs diadem

Vörs (%)	Cu	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Au	Zn	Co	Fe
diadém, SAM 13378 (1. tábla 1–2)	0	0	0	0	0	0,01	0,001	0	0	0	0	0

Az elemek között 0,001% nikkelt, 0,01% ezüst van, rézre itt sem szerepel adat. A korábbi SAM publikáció és a Krause által közzétett eredmények eltérőek, ennek oka nem világos.

III. 2. A vörsi diadém új elemzései

A SAM és R. Krause által publikált egysoros, nehezen értelmezhető vizsgálati eredmények után 2014-ben Gresits Iván végzett a diadémon energiadisziperzív röntgenfluoreszcens (ED-XRF) vizsgálatot a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyész-mérnöki és Biomérnöki Karának Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszékének Nukleáris Spektroszkópai Laboratóri-

²²⁹ JUNGHANS *et al.* 1974, Teil 4, 124–125. 13738. tétel.

²³⁰ KRAUSE 2003, Nr. 13738.

umában. Ennek eredményét a vörsi diadém újraközlésekor már publikáltuk,²³¹ röviden összefoglalom az eredményeket:

A vörsi diadém esetében a gyorsvizsgálat néhány percig, a precíz elemzés 2 napig tartott. Gresits Iván elemzése az eddigi legrészletesebb összetételt mutatta ki a vörsi diadémról (12. táblázat):

12. táblázat: A vörsi diadém ED-XRF módszerrel mért kémiai összetétele (2014)

Table 12. Chemical composition of the Vörs diadem as determined by ED-XRF

Vörs (%)	Cu	Ca	Pb	K	Fe	Ag	Zr	Ti	Mn	Cr
diadém (1. tábla 1–2)	99,24 ±0,2	0,224 ±0,05	0,19 ±0,02	0,172 ±0,009	0,0789 ±0,008	0,0344 ±0,0002	0,0162 ±0,0002	0,015 ±0,0008	0,0144 ±0,0008	0,001 ±0,0009

A diadém csaknem szintiszta vörösréz, mellette más elem csak kis koncentrációban fordul elő. A szennyezőanyagok (pl. cirkónium, Zr) jelenléte a földbe kerülés utáni folyamatokkal függ össze, szennyeződés. Az összetevők között arzén nem szerepel.

A vizsgálati módszer hibahatára ppm nyomelemben ± 10 relatív százalék, %-os mértékegységben ± 2 %. Az elemzés annál részletesebb, minél hosszabb idő áll rendelkezésre a tárgy vizsgálatára.

2014-ben a vörsi diadémmon további roncsolásmentes vizsgálatokat végeztünk.

Neutronradiográfia (NR) és prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA), valamint repülési idő (time of flight) neutron diffrakció (TOF–ND) elemzés készült a Budapesti Kutatóreaktornál a Budapesti Neutron Centrum (BNC) archeometriai kutatásokban résztvevő partnerintézményekkel (MTA Energiatudományi Kutatóközpont Nukleáris Analitikai és Radiográfiai Laboratórium, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont SzFI Neutronspektroszkópai Osztály) létrejött együttműködés keretében.²³² A TOF–ND vizsgálatok eredményét nemzetközi konferencián mutattuk be.²³³

E vizsgálatok is megerősítették, hogy a diadém nyersanyaga a két intézményben végzett új vizsgálatok szerint nagytisztaságú réz.

²³¹ BONDÁR 2015a; GRESITS 2015.

²³² A vizsgálatokra az EU FP7-es NMI3 projekt keretén belül került sor, a *Studies on local metal production of the Carpathian Basin from the late Copper Age until the Middle Bronze Age (3500–1500 BC)* c. pályázat segítségével. Az együttműködést ezúton is köszönöm Kiss Viktóriának, valamint a vizsgálatokat végző Kasztovszky Zsoltnak, Kis Zoltánnak, Maróti Boglárkának, Káli Györgynek és Mitsenkov-Horváth Eszternek.

²³³ KÁLI *et al.* 2014.

III. 3. A badeni kultúra új fémleleteinek roncsolásmentes vizsgálatai

A badeni kultúra legújabb rézleleteit (Balatonlelle-Rádpusztza: pántkarperec és gyöngy sírból; Fajsz-Garadomb: gombtörödékek és huzal telepődörből; Nagyfüged-Ejzella: rövid tör pengéje telepről) ugyancsak Gresits Iván mérte meg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Karának Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszékének Nukleáris Spektroszkópiai Laboratóriumában. Részletes eredményeit az Appendixben foglalta össze,²³⁴ most röviden ismertetem a régészet számára fontos eredményeket.²³⁵

Balatonlelle-Rádpusztza, pántkarperec

A lelőhelyen feltárt 415. sírban 8–9 éves gyerek volt eltemetve, vékonyka bal csuklójára feszülő karpereccel (1. tábla 6), amelynek belső oldalán jól látható bőr? lenyomata maradt meg.

A tárgyon – a hazai késő rézkori anyagban eddig egyedülálló módon – restaurálás előtt és után is el tudtuk végezni a roncsolásmentes elemzést. A két állapot eredményeit táblázatban foglaltam össze (13. táblázat).

13. táblázat: A Balatonlelle-rádpusztai 415. sír karperecének ED-XRF módszerrel mért kémiai összetétele restaurálás előtt és után (2016)

Table 13. Chemical composition of the bracelet from Grave 415 of the Balatonlelle-Rádpusztza burial ground as determined by ED-XRF

Balatonlelle, karperec (1. tábla 7)	Cu	As	Ag	Fe	Ca	Zr	Ti	Sr	Mn	Y	Rb
rest. előtt	94,5	2,04	0,02	0,82	2,38	0,04	0,08	0,04	0,06	0,01	0,01
rest. után	96,92	2,5	0,0171	0,17	0,35	0	0	0.	0,049	0	0

A karperec magas réztartalmú. Restaurálás előtt a felszínen alacsonyabb réz (94,5%) és arzén (2,04%) mennyiséget mért a műszer. A mechanikus tisztítás után a réz mennyisége 96,92%, az arzén 2,5% volt. Az ezüst szinte változatlan

²³⁴Ld. Gresits Iván tanulmányát a jelen kötetben (193–208. o.). Ezúton is köszönöm Gresits Iván precíz munkáját.

²³⁵Ez a roncsolásmentes módszer a tárgy felületét méri, mintavétel nélkül. Emiatt – és ez a módszer hátránya egyben – a tárgy tömbi összetételét nem biztos, hogy reprezentálja, a mérést befolyásolhatja a korrózió, talajmaradványok, restaurátori beavatkozások stb. (A kiegészítést Bajnóczy Bernedettnek köszönöm.)

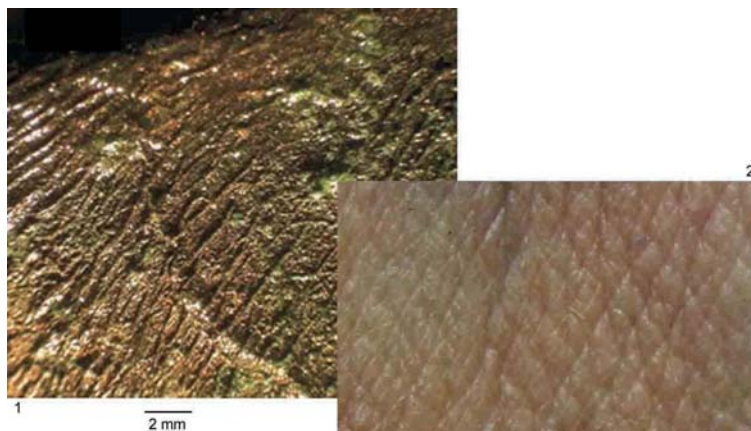
volt, a vas és a kalcium mennyisége viszont a tisztítás után csökkent. Restaurálás előtt még minimális cirkónium, titán, stroncium, ittrium és rubídium is volt a tárgyon, amelyeket a tisztított állapotban már nem mutatott ki a műszer.

Az eltéréseket Gresits Iván így indokolta:

A tisztítatlan karperec még földes volt, ahogyan kivehették a sírból. Ezt támasztja alá a felületi elemösszetétel analízis is, hiszen megjelennek a tisztítatlan karperec mérésében olyan tipikus elemek, amelyek a talajra jellemzőek. Ide tartozik a cirkónium, a stroncium, az ittrium, és a kalcium egyaránt. Valószínűleg a vastartalom magasabb szintje is a talajszennyezés miatt mérhető. Az előzőekben felsorolt elemeket minden magyarországi talaj tartalmazza, kivétel nélkül, de mértékük helytől és mélységtől függően változó.

A karperec azért is különleges lelet a fémművesség teljes arzenáljában, mert belső felületén jól látható rajzolat van, amelyet a tárgyról készített első fotóimon vettem észre. Feltételezésem szerint emberi bőr lenyomata lehet ez a haránt irányú, különleges rajzolat, amely csaknem a teljes belső felületen megtalálható, ám a látvány intenzitása eltérő.

A tárgy restaurálás előtti és utáni sztereomikroszkópos vizsgálatát Mihácz-Pálfi Anett végezte a Régészeti Intézetben, különös tekintettel a belső felületén lévő mintázatra (13. kép 1), amelyet az igazságügyi szakértőnek is elküldtünk.



13. kép: 1: A balatonlelle-i karperec belső részének mikroszkópos felvétele (fotó: Mihácz-Pálfi Anett); 2: emberi bőr azonos léptékű mikroszkópos felvétele (fotó: Felszeghy Endre)

Fig. 13. 1: Microscope image of the inner side of the bracelet from Balatonlelle (photo: Anett Mihácz-Pálfi); 2: microscope image of human skin, at the same scale (photo: Endre Felszeghy)

Dr. Felszeghy Endre igazságügyi orvostani szakértő kérésemre megvizsgálta a felvételeket és nem tartja elképzelhetőnek, hogy valóban az elhunyt gyermek bőrének cementálódott maradványát őrizte meg a karperec, amely gyors elektrolízis következtében maródhatott be a karperec belsejébe.

Az igazságügyi szakértő az alábbiakat írta a leletről egy összehasonlító fotóval (13. kép 2) kiegészítve véleményét.

„A morfológiai adottságok alapján (mintázat, nagyságrend) első megközelítésben nem zárható ki, hogy a karperecen látható rajzolat nincs összefüggésben a feltételezetten vele kontaktáló bőr rajzolatával.

A bőr felső rétege a földben zajló postmortális folyamat során, számos fizikai, kémiai, biológiai hatás következtében lényegében megsemmisül néhány hónapon belül. Ezen időtartamban azonban nem zárható ki valamely, olyan elektrokémiai folyamat lehetősége, amely a karperecen (karpánton) kialakult mintázattal oksági kapcsolatban állna. Az alaktani sajátosságok alapján felvetődött hipotézis kísérletes vizsgálatokkal esetlegesen alátámasztható.”

Azaz, nem zárható ki, hogy valóban lehet több, mint ötezer éves emberi bőr lenyomata, ennek bizonyítása azonban szinte lehetetlen, mert nem ismerjük a korabeli mikroklímát, a talaj összetételét, a talajvíz állapotát, az évszakot, amikor a kislányt eltemették és még számos tényezőt egy elvi kísérlet elvégzéséhez.

A mikroszkópos elemzés további eredményeiről Appendixben számol be Mihácz-Pálfi Anett a jelen kötetben.

Balatonlelle-Rádpusztá, rézgyöngy töredékei

A 415. sírban eltemetett gyerek nyakán, az álla alatt talált hengeres rézgyöngy három darabra tört (1. tábla 3–4). A gyöngy egésze is igencsak kisméretű volt, így a széttört részecskék is kicsi töredékek. Mindhárom töredéket külön-külön megmérte Gresits Iván (14. táblázat), amely – részben eltérő eredményei miatt – tanulságos lehet, ha nem méretünk meg minden töredéket.

Gresits Iván analiziséből jól látható, hogy a gyöngy főkomponense, a réz mennyisége 92,7 és 93,5% közötti, lényegében azonosnak vehető. Hasonló a helyzet az arzén nagyságrendjét nézve is: 6,08 és 6,8% közötti a három darabban, amely nagy mennyiségnek számít. Az ezüst minimális mindhárom töredékben, vasat viszont csak a közepes és nagyobb darab esetében mutatott ki a műszer.

14. táblázat: A Balatonlelle-rádpusztai 415. sír rézgyöngy töredékeinek ED-XRF módszerrel mért kémiai összetétele (2018)

Table 14. Chemical composition of the copper bead fragments from Grave 415 of the Balatonlelle-Rádpusztá burial ground as determined by ED-XRF

Balatonlelle-Rádpusztá, töredékes gyöngy (1. tábla 4)	Cu (%)	As (%)	Ag (%)	Fe (%)
kisméretű töredék	93,3	6,6	0,15	0
közepes méretű töredék	92,7	6,8	0,07	0,53
nagyméretű töredék	93,5	6,08	0,043	0,36

Rézgombok és rézhuzal töredéke Fajszi-Garadombról

A balatonlellei rézgyöngyöz hasonlóan itt is három tárgyat lehetett vizsgálni egyazon objektumból (15. táblázat), igaz, Fajszon nem egy tárgy három darabját, hanem három önálló leletet, egy csaknem ép gombot, egy hasonló gomb töredékét és egy rézhuzal darabját.

15. táblázat: Fajszi-Garadomb 1. objektum leleteinek ED-XRF módszerrel mért kémiai összetétele (2018)

Table 15. Chemical composition of the finds from Feature 1 of the Fajszi-Garadomb settlement as determined by ED-XRF

Fajszi-Garadomb	Cu (%)	Fe (%)	Ca (%)	Ni (%)
egész gomb (3. tábla 14)	97,2	0,30	2,5	0
töredékes gomb (3. tábla 15)	97,7	0,29	2,1	0
rézhuzal töredéke (6. tábla 4)	98,7	0,48	n.a.	0,82

A fajszi két gomb ugyanabból a nyersanyagból készülhetett a regisztrált három összetevő alapján. A kalcium és a vas a talajszennyeződésből adódhat. Nikkel nem volt a gombokban.

Gondolhatnánk, hogy a rézhuzal volt a nyersanyag, amelyből a gombokat kalapálták. Az összetevők, kis százalékban ugyan, de eltérnek a gombokétól s a huzalban nikkelt is volt. Ez a komponens is alátámasztja azt az elképzelésemet (ld. a rézhuzalok tárgyalásánál), hogy a huzal valójában karkötő töredéke volt, nem a gombok nyersanyaga.

Nagyfüged, réztőr/törkés

A kisméretű törhegy erősen korrodált felületű, csak mechanikai tisztításon esett át, vegyszeres restaurálás nem történt.

16. táblázat: *Nagyfüged-Ejzella tőr, ED-XRF módszerrel mért kémiai összetétele (2018)*

Table 16. *Chemical composition of the dagger from Nagyfüged-Ejzella as determined by ED-XRF*

Nagyfüged-Ejzella	Cu (%)	Fe (%)	Ag (%)	Ni (%)
réztőr (7. tábla 3a-b)	97,8	1,83	0,031	0,35

A réztőr nagy tisztaságú réz, talajszennyezésből adódó(?) vasat, minimális nikkelt és ezüstöt tartalmaz (16. táblázat).

III. 4. A fémvizsgálatok tanulságai és problémái

A badeni komplexum magyarországi megtelepedésének bő félévezrednyi időszakából közel 2000 lelőhelyről – amint már említettem – jelenleg 30 helyről összesen 231 db, a fémművességhez sorolható tárgyat ismerünk (1. táblázat). Mindössze 11 lelőhelyről van publikált fémvizsgálat, amely 33 tárgy elemzését jelenti, azaz a fémleletek 14 %-áról van kémiai adatunk (2. táblázat, ld. a kötet végén).²³⁶

A kevés késő rézkori tárgy fémösszetétel elemzése különböző időpontokban és különböző vizsgálati módszerekkel készült, így a kapott eredmények összehasonlítása lényegében értelmetlen. Nagyobb mintaszám esetén próbálkozhatnánk cluster analízissel valamiféle összevetést végezni, amely bizonyos sűrűsödést kiutathatna, ám ennyi fémvizsgálat pillanatnyilag nem áll a tudomány rendelkezésére a késő rézkorból.

²³⁶ A cikkben közölt 2. táblázatban a Balatonlelle-Rádpusztai karperec kétszer szerepel, mert restaurálás előtt és után is tudtunk fémvizsgálatot végeztetni a tárgyon. A 17. táblázatban viszont csak a restaurálás utáni, a tömbi összetétel szempontjából releváns adatai szerepelnek lektorom javaslatára. A vörsi diadém 3-szor szerepel a táblázatban, 3 különböző időben és helyen végzett vizsgálati eredménnyel. Lektorom, Bajnóczi Bernadett, elegendőnek tartja a két tizedes jeggyel közölt mennyiségeket. Magam ezt azért nem alkalmaztam, mert ebben az esetben kerekíteni kellene a három tizedesjeggyel az eredményeket, amely a jelenlegi legpontosabb mérések eredményeit ha kis mértékben is, de megváltoztatná.

Megpróbálkozhatunk azzal, hogy az azonos tárgytipusok, azonos módszerű elemzéseinek eredményeit boncolgatjuk. Az alsónémedi és budakalászi temetőben előkerült gyöngyökről – bár azonos módszerrel elemezték összetételüket – semmilyen összehasonlítást sem tudunk tenni, mert az alsónémedi leletek százalékos összetételét nem publikálták, a budakalásziaknál pedig csak a nyomokban meglévő elemek kerültek közlésre a SAM kötetekben. Ugyanez a helyzet az árák és vésők esetében is.

Reménykeltőnek tűnnek azok a lelőhelyek, ahonnan több tárgy is előkerült. A sármelléki tör és kés ugyanabból a gödörből került elő, komponenseinek mennyiségei azonban nem egyeznek (*7. táblázat*). Kántorjánosin két különböző objektumból látott napvilágot egy-egy tör, összetételük itt is különbözik egymástól (*9. táblázat*). Balatonlelle-Rádpusztza 415. sírjából két rézleletet (karperec és gyöngy) is elemezhetünk, összetételük eltérő volt (*13–14. táblázat*). Fajszon három fémtárgyat vizsgálhattunk ugyanabból a gödörből, de itt sem tökéletesen azonosak a komponensek (*15. táblázat*). Az eredmények összehasonlítása ezekben az esetekben sem tárt fel törvényszerűséget.

A kisebb-nagyobb eltérések okát nem ismerjük, talán a készítéshez használt nyersanyag származási helyével vagy az előállításának körülményeivel függ össze a komponensek közötti eltérés. Adódhat azonban a felületi vizsgálati módszert befolyásolható tényezőkből is (talajszennyezés, restaurátori beavatkozás stb.).

A legnagyobb a réztartalom a kántorjánosi 1. sz. törben (99,452%). Utána a vörsi diadém (99,24%), majd a fajszi huzal, a balatonlellei és nagyfügedi tör, a fajszi gombok és a sármelléki tör, a balatonlellei karperec, a kántorjánosi 2. sz. tör, a balatonlellei gyöngy töredékei és a sármelléki késpenge következnek.

Kimutatási határ alatt volt az ezüst a kántorjánosi törökben és a fajszi leletekben. A legtöbb ezüstöt (1,5%) a sármelléki késben mutatták ki.

Vasat szinte mindegyik nagy réztartalmú leletben találtak a műszeres vizsgálatnál 1% alatti mennyiségben. Ez alól a két kis tör – a nagyfügedi (1,83%) és a kántorjánosi 2. sz. tör (2,5%) – volt kivétel.

A táblázatban látjuk, hogy vannak arzén tartalmú (kántorjánosi, Balatonlelle-Felső-gamászi török, sármelléki tör és késpenge, továbbá a Balatonlelle-rádpusztai leletek) és arzénmentes tárgyak (vörsi diadém, fajszi gombok és huzal, nagyfügedi tör). Az arzénmentes leletek egy része (vörsi diadém, fajszi gombok) és a Balatonlelle-rádpusztai karperec kalciumot is tartalmaz. Ezen megfigyelések értelmezése további kutatásokat igényel.

A fémelemzések eredményeit tartalmazó 2. táblázatot a réz csökkenő mennyisége szerint rendezve (*17. táblázat*) az alábbiakat látjuk:

17. táblázat: A késő rézkori tárgyak kémiai összetétele a réz mennyisége szerint csökkenő sorba rendezve (a szerző adatbázisa alapján)

Table 17. Chemical composition of Late Copper Age objects, arranged according to the proportion of copper in decreasing order (based on the author's database)

Lelőhely	tárgy	Cu	As	Ag	Fe	Ca
Kántorjánosi-Homoki dűlő (17/18. objektum)	1. sz. tör	99,452	0,5		0,022	
Vörs-Majorsági épületek (2. sír)	diadém	99,24		0,0344	0,0789	0,224
Fajsz-Garadomb (1. objektum)	huzal	98,7			0,48	0
Balatonlelle-Felső-Gamász (7. sír)	tör	98,4	1,6	0	0	
Nagyfüged-Ejzella	rövid tör	97,8		0,031	1,83	
Fajsz-Garadomb (1. objektum)	gomb töredéke	97,7			0,29	2,1
Sármellék-Égenföld (9. objektum)	tör	97,7	1,6	0,67	0,02	
Fajsz-Garadomb (1. objektum)	gomb egész	97,2			0,30	2,5
Balatonlelle-Rádpusztá (415. sír)	karperec (tisztítás után)	96,92	2,5	0,0171	0,17	0,35
Kántorjánosi-Homoki dűlő (176. str.szám)	2. sz. tör	95,451	0,5		2,503	
Balatonlelle-Rádpusztá (415. sír)	gyöngy töredék, nagy	93,5	6,08	0,043	0,36	
Sármellék-Égenföld (9. objektum)	kés	93,4	4,9	1,5	0,02	
Balatonlelle-Rádpusztá (415. sír)	gyöngy töredék, kicsi	93,3	6,6	0,15		
Balatonlelle-Rádpusztá (415. sír)	gyöngy töredék, közepes	92,7	6,8	0,07	0,53	

Folytathatnám a sort a további, nyomokban jelenlévő elem összevetésével, de ebből sem rajzolódna ki általános érvényű tendencia, csak annyi, hogy az arzén jelenléte önmagában még nem jogosít fel bennünket arra, hogy származási helyhez, netán bányához kössük a tárgyat. Az is nyilvánvaló, hogy a rézeszközök keménységét nem feltétlenül az adalékanyag adta, kalapálással is lehet edzeni a fémeket.

A késő rézkori rézleletek kémiai összetételének összevetésekor (17. táblázat) azt láttuk, hogy a Balatonlelle-rádpusztai törmelékes gyöngyben a legna-

gyobb, 6% fölötti mennyiségben van arzén (ennek ellenére csaknem szétporlad a gyöngyszem!), és relatíve nagy a karpereczen is (2,5%). A nagyobb erő kifejtésnek kitett sármelléki késben is jelentősebb mennyiségű az arzén (4,9%). A török esetében viszont, a várakozásunkkal ellentétben, alacsonynak mondható mindez. A két kántorjánosi törben 0,5%, a Balatonlelle-Felső-gamászi és sármelléki törökben 1,6%-ban van jelen, a nagyfügedi törben egyáltalán nem volt arzén. Ugyancsak nem mértek arzént a vörsi diadémban, a Fajszt-garadombi huzalban és gombokban sem.

Az arzénréz elnevezést gyakran olvashatjuk a publikációkban. Mint láttuk, a középső rézkori tárgyaknál azt bizonyítva is látják a kutatók. A késő rézkorban azonban ezt az általánosító megnevezést erős kritikával kell kezelnünk. Az arzénről tudni kell, hogy csak nagyobb százalékban (10–15%) tekinthető tudatosan alkalmazott ötvöző anyagnak. Az ércék között van nagy arzéntartalmú ércásvány is, a tennantit, amely max. 20% arzént tartalmaz. Az is igaz azonban, hogy 0,5–3 százalék arzén hozzáadása már keményebbé, jobban feldolgozhatóvá teszi a rézet. Kisebb százalékban csak az ércben található szennyeződéssel van dolgunk. Az elemi arzén 614 °C környékén gázzá alakul és elpárolog az ércből.

Az utóbbi években egyre több cikk olvasható e problémáról, most egyet, emelnék ki, David Killick geológiai súlypontú, archeometallurgiai tanulmányt, amely nagyon részletesen foglalkozik a problémával.²³⁷

A kérdés tehát az, hogy mi volt a tudatos cselekvés a késő rézkorban? Alapvetően azt kellene tudnunk, hogy a tárgyak készítői eleve a nagy arzéntartalmú ércásványt, a 20 % arzént tartalmazó ércet keresték és használták, vagy tudatosan adagoltak arzént az anyag keményítésére. Ez utóbbi esetben az is megválaszolható kérdés, hogy a hő hatására elpárolgó arzént mikor és hogyan keverték az olvasztott rézhez? Az a valószínűbb, hogy véletlenül együtt olvasztották a réz, arzén és antimón tartalmú érceket.

Az elvégzett fémelemzések ismeretében jelenleg az a leginkább elfogadható magyarázat, ha a kőzetben lévő „szennyezőanyagként” értékeljük a késő rézkori tárgyakban kis százalékban megjelenő arzént.

A késő rézkori török (Sármellék, Balatonlelle, Kántorjánosi) kapcsán a szakirodalomban gyakran olvashatjuk, hogy a tárgy típusa a Mondsee kultúra alpi fémművességhez kapcsolódik, és annak későbbi hatása az arzéntartalmú réztárgyak elterjedése a Kárpát-medencében.

²³⁷ KILLICK 2014.

A magyarországi jelenleg ismert késő rézkori fémleletek elterjedési térképeit nézve egyetlen olyan lelőhely sincs, amely az Alpokhoz közeli dunántúli régiók valamelyikében lenne, ezért földrajzilag sem kellően meggyőző ez az állítás.

A fémvizsgálatoknak köszönhetően más területekről (Anatólia, Kaukázus, Románia, Irán) is egyre több „arzenréz” leletet is részletesebben megismerünk,²³⁸ az alpi-fémművességgel való késő rézkori kapcsolat – nemcsak az analógiák, de az összetétel alapján is megkérdőjelezhető.

²³⁸ VAJSOV 1993; MELIKSETYAN–PERNICKA 2010; BUGOI *et al.* 2013; BOCHER 2016; KASHANI *et al.* 2013.

IV. A késő rézkori tárgyak készítési technikája

A rezet két módon dolgozhatták fel az őskorban. A hideg eljárással készült kalapált tárgyakhoz a rézszalagot viszonylag könnyen előállíthatták a fémrögökből, a nyílt terű olvasztáshoz (*melting*) ugyanis elegendő a tábortűz és az olvasztótégely. A magasabb szintű művelet, az érc zártterű, redukciós olvasztása (*smelting*), már kohászati tevékenység volt. Ehhez nagy mennyiségű faszén, pörkölőgödrök, speciális kemencék, fűvócsövek, tudatosan alkalmazott adalékanyagok és nagyobb öntőtégelyek, öntőformák is szükségesek.

E két lehetséges technológia határozta meg, hogy a különböző funkciójú tárgyakat milyen módon készíthetik el.

A késő rézkori fémtárgyak készítési módjáról keveset tudunk még. Az ismertett badeni leletek alapján bizonyos, hogy öntéssel és hidegen kalapált lemez alakításával is készítettek fémtárgyakat.

A készítési folyamat pontosabb meghatározásához néhány roncsolásmentes elemzéssel jutottunk közelebb.

A vörsi diadém roncsolásmentes vizsgálatai (sztereomikroszkópos, neutronradiográfiai és kísérleti régészeti módszerrel)

2014-ben Az ELTE BTK Régészettudományi Intézet, Archeometriai Laboratóriumban Tóth Zsuzsanna készített sztereomikroszkópos felvételeket,²³⁹ amelyek a tárgy készítési technikájának megállapításához nyújthatnak segítséget,²⁴⁰ ez azonban további elemzéseket igényel még, más műszeres vizsgálatokkal kiegészítve, így itt csak néhány felvételt adunk közre a diadémről (*10. tábla 1–4*). Eszerint a tárgy szélein látható apró pontsорт²⁴¹ hátulról ütötték be; néhol a tárgy annyira elvékonyodott, hogy mai állapotában már át is lyukadt. A felvételek és a fémvizsgálat segítségével egyértelművé vált az is, hogy a szarvakat összefogó drót egy gondos restaurátornak köszönhető modern kiegészítés, így rögzítette a csavarodó végeket a kiállításra került tárgyon.

²³⁹ Készült a „KMOP-4.2.1/B-10-2011-0002: Interdiszciplináris, innovatív kutatási irányok és az ipari kooperáció infrastrukturális háttérének fejlesztése valamint új oktatási technológiák bevezetése az ELTE-n” c. pályázat keretein belül, ZEISS SteREO Discovery.V8: zoom (6,3x–80x) sztereomikroszkóppal. A felvételeket Tóth Zsuzsanna készítette. Köszönöm Raczy Pál intézetigazgatónak, hogy engedélyezte a felvételek készítését és Tóth Zsuzsannának a gondos munkát.

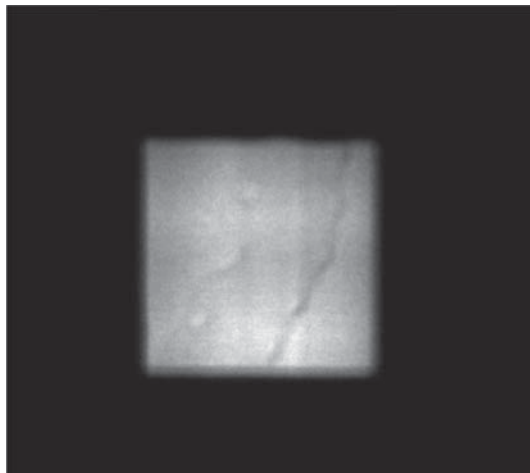
²⁴⁰ BONDÁR 2015a, 113, Fig. 5. 1–4.

²⁴¹ BONDÁR 2015a, Fig. 5. 3–4.

Az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontban a vörsi diadémon 2014-ben végzett neutronradiográfiai (NR) vizsgálatnál a készítési mód újabb szegmensére kaptunk előzetes adatokat, a teljes folyamat egy része azonban rejtve marad, mert a hőkezelés (a hideg kalapálás során időnként melegíthették a fémet) homogenizálja a tárgy felületét, eltüntetve a kalapálás nyomait.

„A diadém pozicionálási nehézségei miatt a tárgyról csak egy nézetből készült projekció. A radiográfias képet 20×20 mm²es szűkített neutronnyalábbal vettük fel. A szürkeárnyalat változása megfelel egy homogén szerkezetű anyag különböző vastagságú részeinek, a tárgy peremén látszanak pl. a díszítésből származó anyaghiányok, ill. megvastagodások. Makroszkopikus öntési hiba, ill. egyéb szerkezeti eltérés nem látható. A diadém képen látható része az elemanalízis céljából besugárzott területet mutatja.”²⁴²

A feltételezett munkafolyamatban a kalapálás–melegítés–kalapálás művelet-sort nem tudjuk, hányszor ismételték. Végezetül a tárgy egyirányú kalapálására került sor, amely tartást adott a hevítés hatására meglágyult fémnek, így a pánt



14. kép: A vörsi réz diadém neutronradiográfias képe

Fig. 14. Neutron radiography image of the copper diadem from Vörs

²⁴² Az idézett szakvéleményt és ábrát Maróti Boglárka, Kis Zoltán, Kasztovszky Zsolt MTA EK Nukleáris Analitikai és Radiográfiai Laboratóriumának NAL2014/49. számú jelentéséből vettem át.

szilárd és ruganyos maradt, meghajlítva össze lehetett kapcsolni a két szarvszerű végét is.²⁴³

A tárgy hideg eljárással történő formálásáról (kalapálásáról) kísérleti régészeti módszerekkel is meggyőződhettem.²⁴⁴ A napjainkban kapható vörösréz drótból Barna Borbála ötvössel²⁴⁵ elkészítettem egy, a diadémhoz hasonló, ám jóval kisebb tárgyat. Az eredmény: fakalapáccsal pillanatok alatt nyújtható, alakítható a fém. Készítés közben már nem kellett hőhatásnak alávetni a rézdrótot. Érdekes adalék még a készítési technikához, hogy a drót egyik végétől indulva vékonyította lemezzé a drótot az ötvös, amelynek végső hossza a fémhuzal „tűrőképességétől” függ.

A hideg módszerrel, kalapálással készíthető tárgyakhoz tehát elegendő volt a rézhuzal, amelyet fakalapáccsal könnyen és gyorsan alakíthattak tekerceslt lemezgyönggyé vagy akár diadémmé, ameddig az anyag tűrte a kalapálást. Az ötvös által készített újkori tárgyról Tóth Zsuzsa készített sztereomikroszkópos felvételt (*10. tábla 5–10*), amely további összehasonlító elemzések alapja lehet.

A Balatonlelle-rádpusztai karperec roncsolásmentes vizsgálata sztereomikroszkóppal

A jelenleg egyedülálló karperecről rajzot és fotókat készítettünk (*11. tábla*), amelyeken jól látszik a már említett lenyomat.

A Balatonlelle-rádpusztai karperec restaurálás előtti és azt követő sztereomikroszkópos vizsgálatát (*12. tábla; 13. tábla 1–2*) Mihácz-Pálfi Anett végezte el az MTA BTK Régészeti Intézetben. Eredményeit külön fejezetben közöljük a jelen kötetben appendixként, itt csak a készítés-technika szempontjából fontos megállapításokat emeltem ki.

A készítésechnikai munkafolyamatok meghatározásakor vizsgáljuk, hogy a formába öntés után kialakult-e öntési hólyag, megmaradtak-e az öntési kéreg nyomai, vagy lereszelték-e azokat, láthatóak-e kalapácsütések okozta benyomódások a tárgyon. A részletes elemzés alapján a karperec rézlemezéből készült, és nem öntvény. Belső oldalán a szabad szemmel is jól látható redőzés lenyomatát (*12. tábla 1–2*) a mikroszkópos felvételek is alátámasztották, feltehetően az el-

²⁴³ Mítsenkov-Horváth Eszter (2014-ben az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont munkatársa) szíves szóbeli kiegészítése a jelentés értelmezéséhez. A mérést Káli György végezte. Az eredményeket nemzetközi konferencián mutattuk be: KÁLI *et al.* 2014.

²⁴⁴ BONDÁR 2015a, 114.

²⁴⁵ Ezúton is köszönöm Barna Borbála segítő együttműködését.

hunyt bőrének rajzolatát őrizte meg a karperec, amely elvi lehetőséget az igazságügyi orvostani szakértő sem zárt ki (ld. III. 3. fejezetben).

Összegezve a készítési technikáról tudható információinkat, elmondhatjuk, hogy a gyöngyök, a vörsi diadém, a Balatonlelle-rádpusztai karperec, továbbá a kisebb eszközök (áruk) hideg eljárással, kalapálással készülhettek.

Egyes gyöngyöknél a méretre vágott lemezek két hosszanti oldalát egymásra hajtották, így jött létre a hengeres csőgyöngy.

A tekercselt vagy spirális gyöngyöknél a dentalium segítségével tekercselhették spirál alakúra a könnyen alakítható rézlemez (ld. II.1 fejezet).

A vésők, kések, török esetében ennél magasabb szintű technológiára volt szükség, a tartósabb használathoz jobb anyagból kellett készíteni ezeket a tárgyakat. Hogy öntötték-e vagy hideg eljárással készítették, egyelőre nem tudjuk.

A baltákat biztosan öntéssel készítették, ezt bizonyítja a néhány ismert öntőforma.

A vörsi diadém és a balatonlelleli karperec újonnan végzett műszeres vizsgálatai során szabad szemmel nem látható összefüggéseket is feltártak a vizsgálatot végző kollégák. Mindezek egyre közelebb visznek bennünket a készítés folyamatának rekonstrukciójához.

A késő rézkori badeni kultúra magyarországi leletanyagát elemezve egyes tárgytipusoknál néhány megfigyeléssel pontosítottuk a korábbi megállapításokat.

V. A fémfeldolgozás feltételrendszere (bányászati, geológiai, ásványtani és metallográfiai aspektusok)

Régészeti indíttatású munkákban általában a leletekről és anyagvizsgálatokról esik szó a régészek szemszögéből. Ha ezzel a témával foglalkozunk, hasznos ismerni azokat a természetben meglévő, *a priori* feltételeket, amelyek alapvetően meghatározzák, hogy mit is találhatunk egy szerencsés ásatás során, és arra is rávilágítanak, hogy mik az eleve adott feltételek a fémművesek számára.

A jelen munkában a régészekkel gyakran együtt dolgozó bányamérnök és geológus tanulmányainak segítségével áttekintem a fémekkel kapcsolatos egyéb feltételeket és tudnivalókat is: a geológiai környezet, az ércek előfordulási helye és a kőzetek összetétele szempontjából, továbbá a bányászat és a feldolgozás néhány fontos elemét. Ez azért is fontos, hogy a fémek összetételét és származási helyét kutatva ismerjük a lehetőségeinket, természetes előfordulásukat, amelyek a régészet számára is pontosabb ismereteket nyújtanak.

Hegedűs Zoltán bányamérnök (1925–1995, az MTA doktora, az Országos Érc- és Ásványbányák főmérnöke)²⁴⁶ és Molnár Ferenc geológus (egyetemi docens, ELTE Természettudományi Kar Ásványtani Tanszék) közérthető munkája alapján foglaltam össze mindazt, amit jó, ha ismer a fémművességgel foglalkozó kutató.²⁴⁷

Hegedűs Zoltán 31 fémelemzést dolgozott fel a Tiszapolgár-basatanyai korai rézkori temető rézleleteiből.²⁴⁸ A cikket B. Kutzián Ida felkérésére írhatta, aki a Régészeti Intézet interdiszciplináris osztályának vezetőjeként több tudományág szakemberével dolgozott együtt és maga is foglalkozott a korai fémművesség kronológiai problémáival és eredetének kérdéseivel. Hegedűs Z. a tiszapolgári fémek kontextusának megértéséhez, más lelőhelyekkel való összehasonlításához áttekintette az akkor ismert fontosabb lelőhelyeket és archeometriai szakirodalmat is. Kéziratban megmaradt, fontos észrevételeket tartalmazó munkája tudomásom szerint sehol nem jelent meg, ezért is választottam ezt a tanulmányt, hogy eredményei legalább ily módon ismertté válhassanak.²⁴⁹

²⁴⁶ HEGEDŰS 1985.

²⁴⁷ MOLNÁR 2008.

²⁴⁸ HEGEDŰS 1985, 23. Sajnos, az eredményeket közlő, a szövegben hivatkozott XIV. táblázat nem található meg a kéziratban.

²⁴⁹ Az eredeti gépelt kéziratot a Várból való kiköltözéskor (2016 december) a Magyar Nemzeti Múzeum könyvtárának adta át az adattárunk. A kézirat korábban fénymásolt másolatával dolgoztam.

Hegedűs Z. Theodor Wertime mindmáig idézett, fentebb már többször említett cikkének bemutatásával indítja cikkét. Wertime a közel-keleti leletanyagra alapozva²⁵⁰ a rézkohászat kialakulását folyamatos fejlődés eredményeként írta le és az ismeretek diffúzióját tételezte fel. A rézmetallurgia egymást követő állomásait így határozta meg: apró réztárgyak készítése válogatott termésrész darabokból, hideg kovácsolással; a hidegen kovácsolt rezes tüzben lágyították, ami erős túlhevülés-kor megolvadt; a rézolvastás felismerése; rézöntés nyitott formában. Hegedűs Zoltán áttekintette a kutatástörténet fontosabb állomásait, röviden ismertette a véletlenszerű felfedezéseket valló véleményeket is a rézkohászat kialakulásáról.

Megfogalmazta azokat a kérdéseket is, amelyekre a régészek választ várnak. A tárgy termésrészről készült-e és hogyan? A tárgyat ércből redukált rézből készítették-e? A réz vagy érc eredetéről mi tudható? Alakítást, hőkezelést alkalmaztak-e?

„A kérdésekre, az érceredet kivételével, a metallográfiai vizsgálatok adhatnak választ. A metallográfiai értékelés a következő szövevelemek alapján lehetséges:

- Cu_2O gömbzárvány vagy eutektonikus jelenléte olvasztásra, kohósításra utal
- mennyisége és alakja alapján lehetőség van a melting és smelting megkülönböztetésére pontos kémiai elemzés alapján
- Cu_2O eutektonikus háló deformáltsága alakításra utal, ha a nyújtott háló átmegy a kristályokon, úgy alakítás után hevítették a réztárgyat
- Cu_2O mellett, ha Cu_2S van, szulfid kohósításra utal, a $\text{Cu}/\text{As}/\text{O}$ pedig ötvözésre, utóbbi alakításkor nem törik szét, hanem erősen elnyúlik
- a réz alfa kristály ikerlemez nélkül: öntött állapotban, termésrész
- az alfa kristály nyújtott, csúszási sávok: hidegen alakított tárgy.

... A kémiai elemzés a réz tisztaságán kívül utalhat a kohósításra, pl. nagy Fe vagy As egymagában salakadalék alkalmazása. Ni, Sb, As, Pb, Bi, Fe kis mennyiségben: szulfidérc kohósítás. Szerencsés esetben egyes szennyezőkből Mn, Cr, Te az érc eredetére is lehet következtetni, illetve egyes kohászati területek elkülöníthetők...²⁵¹

Hegedűs Z. leírta a különböző közlésekben szereplő fémanalíziseket is. Ennek alapján is megállapította, hogy a korai réztárgyak nagy tisztaságú termésrészről készültek, míg a későbbi időszakból való rezesekben a Kárpát-medencében is megjelenik az arzén (As) és más szennyező anyag. A réz nagy tisztaságú akkor, ha termésrész olvasztottak; ha válogatott réz-oxid vagy réz-karbonát érceket

²⁵⁰ WERTIME 1964, Table 1.

²⁵¹ HEGEDŰS 1985, 5–6.

kohósítottak; ha nem alkalmaztak külön salakképző vagy folyósító anyagot.²⁵² Közreadta a Kárpát-medencéből néhány legújabb kori bányából vett termésrész minta komponenseit is. Táblázatban közölte az őskori rézleletek elemzési adatait, röviden értelmezve az összetételüket.

Általános megállapítása, hogy az arzén jelenléte a rézben salakadalék alkalmazására utal. A Kárpát-medencéből nem ismer salakot, de Catal Hüyükről és Timnából, valamint a Balkánról több lelőhelyről igen, ezekről elemzések is ismertek.²⁵³

Hegedűs Z. arra is felhívta a figyelmet, hogy a különböző vizsgálatok értelmezése körül széles szakmai viták vannak a termésrész és az olvasztott réz megkülönböztethetőségét illetően.²⁵⁴

Hegedűs Z. mindezeket azért írta le, hogy régészek számára is érthetőbb legyen, mit kell vizsgálni, mi az aktuális helyzet a metallográfia terén. Ezt követően mutatta be röviden a tiszapolgár-basatanyai minták fontosabb jellemzőit,²⁵⁵ majd felsorolta, mit kellene még vizsgálni a magyarországi anyagban. Munkáját jegyzetapparátus és irodalomjegyzék zárta.

Fontos ismernünk a geológiai viszonyokat és problémákat is a fémművesség megértéséhez.

Molnár Ferenc geológus az ércelőfordulások és a készítési technika felől vizsgálta a korai fémművesség legfontosabb feltételeit.²⁵⁶ A természetes környezetben különböző kőzetekben viszonylag gyakran megtalálható termésrész, terméсарany és terméсарезüst olyan fémeket rejt, amelyeknek kristályszerkezeti sajátosságai alkalmasak a megfelelő mechanikai behatásra (kalapálás, húzás). E műveletek során az anyag szerkezete nem esik szét, a felhasználó igényeinek megfelelő tárgyak alakíthatók belőlük. Mind a termésrész, mind a terméсарany megfelelő keménységű anyag, nagyobb mennyiségben azonban csak a termésrész fordul elő a természetben különböző tömbök formájában. A terméсарany finom szemcseméretben és kis tömegekben található különböző kőzetekben.

A termésrészeken kívül a réz oxidos és szulfidos ásványokban is előfordul, ezekből azonban már kohászati módszerekkel nyerhető ki a fém, redukációs eljárással. A kohászat önmagában nem létezik: a szakmai tudás mellett bányászati tevékenység, kohászatban felhasznált anyagok (pl. faszén) együttese szükséges hozzá. A

²⁵² HEGEDŰS 1985, 16.

²⁵³ HEGEDŰS 1985, 15–16.

²⁵⁴ HEGEDŰS 1985, 19–20.

²⁵⁵ HEGEDŰS 1985, 23–27.

²⁵⁶ MOLNÁR 2008.

kohászati tevékenységhez a félkész termékek feldolgozása is hozzátartozik, ez már az iparszerű tevékenységet is jelenti.

„A természetes és egyéb rézben gazdag oxid, karbonát, szulfid nagyobb tömegű keletkezése az őskori bányászat által elérhető felszín közeli zónákban az eredetileg szulfidos ércanyag átalakulása révén lehetséges. A szulfidos rézérc-telepek többnyire magmás kőzetekhez kötődően, ún. likvidmaggás, illetve hidrotermális folyamatok révén képződtek a földtörténet különböző időszakaiban, és képződnek ma is...

A primer szulfidérc zónájában a réz legfontosabb, nyersanyagként leggyakrabban felhasznált ásványa a kalkopirit (CuFeS_2), a fakóérc-félék (tennantit $\text{Cu}_{12}\text{S}(\text{AsS}_3)_4$, tetraedrit – $\text{Cu}_{12}\text{S}(\text{SbS}_3)_4$) és az enargit-luzonit (Cu_3AsS_4 , Cu_3SbS_4) társasága. E réz-szulfidok mellett galenit (PbS), szfalerit (ZnS), pirit (FeS_2) és sok más Ag-, Bi-, Ni-, Sb-, As-tartalmú szulfidásvány is előfordulhat, sokszor a rézásványokkal olyan szoros összenövésben, hogy elkülönítésük még a mai technológiák alkalmazásával is körülményes. Ez abból a szempontból fontos, hogy a rézszulfidok kohósítása során ezen egyéb szulfidokból származó fémek szükségképpen az előállított nyersrézbe átöröklődnek, és mivel a rézhez társult egyéb ásványok jelenléte, vagy hiánya az adott érctelep kialakulási körülményeit tükrözi, ezért a fémréz összetétele utalhat a nyersanyagként felhasznált érc lelőhelyére... Az oxidos-karbonátos rézérccekből direkt kohósítás, azaz az érc redukáló közegben (faszénen) történő hevítésével is kinyerhető a réz, tehát nem véletlen, hogy az ilyen típusú ércek kerültek elsőként kohászati feldolgozásra. A vasoxid-ásványok szoros és bőséges társulása e rézérccekhöz a „vaskalap” zónát egyben a vasérc fontos lelőhelyévé is teszi.

Tehát a rézérc korai kohászata során már a vas nyersanyagával is technológiai közelségbe került az emberiség... a kohósítás előtt a kén tartalmat el kell távolítani, és az ércet oxidos formába kell hozni. Ez az érc ún. „pörkölésével” érhető el, mely lényegében a szulfidásványok szénágyon történő kihevítését jelenti. E pörkölőgödrök megtalálása (a társult érc-, és pörkölt érc depókkal együtt) egy adott terület régészeti feltárása során egyértelmű bizonyítéka a bányászati és kohászati tevékenységeknek. ... A kohósítás során rézsalak is keletkezik.”²⁵⁷

²⁵⁷ MOLNÁR 2008, 94–95.

VI. A fémfeldolgozás további bizonyítékai

A legfontosabb bizonyítékaink a leletek, pontosabban azok a fémből készült tárgyak, amelyeket sírokban vagy települési objektumokban találunk (ld. a II. fejezetben). Ezeken kívül további, a terepen az egykori természeti környezetben megtalálható információk is hozzásegítenek a korabeli fémművesség megismeréséhez.

A késztermék (a számunkra már leletté vált tárgyak) előállításához – amint ezt már többször említettem – bonyolultabb feltételek és eszközállomány kell. Szükséges hozzá mindenekelőtt a fémnyersanyag lelőhelye (felszíni vagy mélyégi előfordulás), továbbá víz, bányászati szerszámok és öntési eszközök (olvasztótégely, öntőforma stb.).

A nyílt terű olvasztáshoz (melting) elegendő a tábortűz és az olvasztótégely. Az interneten a kísérleti régészet területéről számos hasznos anyagot találhatunk az egyszerű körülmények közötti ércikvonásról, rézolvasztásról.²⁵⁸ A tábortűz nyomait nem biztos, hogy ásatáson is tudjuk detektálni, az olvasztótégely azonban nem ismeretlen a leletek között.

Az érc zárterű, redukciós olvasztása (smelting) már kohászati tevékenység. Ehhez nagy mennyiségű faszén, pörkölőgödrök és/vagy speciális kemencék, fűvócsövek, tudatosan alkalmazott adalékanyagok és nagyobb öntőtégelyek, öntőformák is szükségesek. A fémfeldolgozás egyik bizonyítéka a salak is. Ne feledkezzünk el az írást már ismerő közösségek feljegyzéseiről, különböző ábrázolásairól sem, ahogyan ezt a bevezetésben felvázoltam, amelyek további hasznos információkkal szolgálnak.

Vegyük tehát sorra, hogy mit ismerünk a késő rézkorból – a késztermékeken kívül – a fémművesség régészeti módszerekkel feltárható bizonyítékaiból.

VI. 1. Rézkori bányák

A fémművesség egyik sarkalatos problémája a rézkori bányák megtalálása, keltezhetősége és az ismert leletek beazonosítása valamely bányával, azaz a proveniencia meghatározása.

A szakirodalomban számos esetben – még ma is – találkozunk olyan megállapításokkal, amelyek az újkorban művelés alá vont, vagy a középkori forrásokban említett bányahelyeket veszik számításba lehetséges őskori bányákként, pusztán elméleti alapon. Ez a „visszavetítés” nem jó megközelítése a témának, mert jó

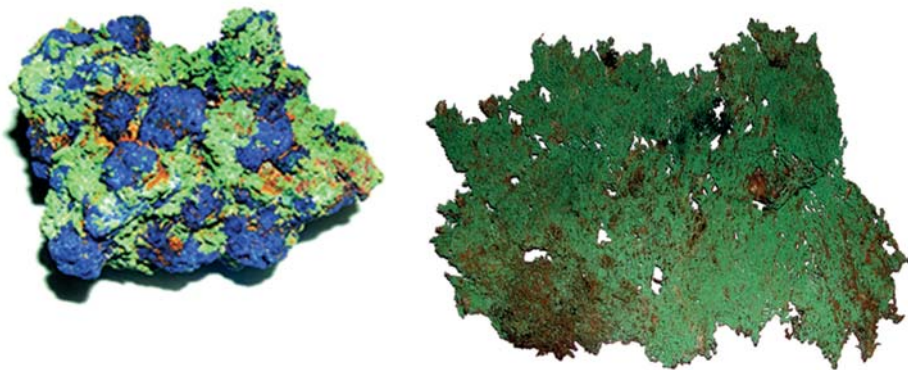
²⁵⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=8uHc4Hirexc> (utolsó megtekintés: 2017. szept. 6).

esetben csak középkori leletek kelteznek a bányát, amelyek az őskorra semmilyen információt nem adnak. Ha létezett is a bánya már az őskorban, nem tudjuk, hogy mennyi idő alatt merült ki egy-egy fémlelőhely, valóban használhatták-e még a későbbi korokban is?

A helyes módszer az őskori bányák keltezése, valamint az innen származó érc és az ismert fémtárgyak összetételének összehasonlítása lehetne, ám az utóbbi évek kutatásai arra is rávilágítottak, hogy a fémtárgyak és bányák azonosítása is számos kérdést, problémákat vet fel.

A modern kor embere a bányászathoz a felszín alatti mélységekben történő kitermelést asszociálja. Tudjuk, hogy nem csak ily módon lehetett hozzájutni a rézhez. A természet rögök sok helyen (nem túl nagy mennyiségben) ma is elfordulnak a felszínen.²⁵⁹ A színes „köveket”²⁶⁰ (15. kép) csak össze kellett szedni őskori elődeinknek, amelyeket azután kisebb hőfokon melegíthették, s az így elővarázsolt kis mennyiségű fémből már készíthettek egyszerűbb tárgyakat.

A korai fémművesség több ezer éve alatt mindkét technológiát alkalmazták különböző közösségek: összegyűjtötték a felszínen található vagy kis mélység-



15. kép: Rudabánya, 1: rézásvány: azurit és malachit, 2: termésrész
(<http://www.rudabanya.hu/hu/asvanyaok.html> nyomán)

Fig. 15. Rudabánya, 1: copper minerals: azurite and malachite, 2: native copper

²⁵⁹ Pl. Ny-Jordániában ma is számos helyen találhatóak a felszínen a fémeket tartalmazó „színes kövek”: <https://ssl.c.photoshelter.com/img-get/I0000GplZwCF34MM/s/750/750/KLGCopper056.jpg>

²⁶⁰ A malachit, vagy azurit valóban színes, ha ilyen kiválások vannak a termésrész rögökön is, akkor joggal beszélünk színes kövekről. Köszönöm Bajnóczi Bernadett pontosítását.

ben hozzáférhető színes, csillogó rögöket, ahol ez magától értetődő volt, és felkutatták, kiaknázták a mélyebben fekvő ércteléreket is, ha erre volt szükségük.

Az őskori bányászok a kívánt anyag (tűzkő, érctelérek) természetes elhelyezkedését követve gödröket, árkokat húztak a felszíni kibúvások környezetében. A külfejtést – a rétegek dőlése miatt – az aknás kitermelés követte. Tárókat mélyítették a földbe, követve a kőzet elhelyezkedését. Az aknák mélységét a bányászni kívánt anyagot fedő réteg határozta meg. Ezeket a többnyire ferde, itt-ott elágazó, olykor kacskaringós aknákat legalább olyan méretűre kellett vájni, hogy egy vagy két ember hajolva, guggolva beférjen és le tudja ütögetni a kívánt kőzetet. A lefejtett darabokat összegyűjtötték az adott aknában, s amikor már felgyűlt az anyag, kihordták a felszínre.

Ha a folyamatot végiggondoljuk, nem feledkezhetünk meg arról sem, hogy világításról és levegőről is gondoskodniuk kellett az egykori bányászoknak, amit praktikus szellőzőnyílásokkal és fáklyákkal, mécsesekkel(?) oldhattak meg. Omladékonyabb területeken arra is ügyelniük kellett, hogy a már kivájt akna ne omljon rájuk. Mindezek hosszú, keserves tapasztalat és sok áldozat árán válhattak napi gyakorlattá, örökíthető tudássá.

Európa egyik legkorábbi felszíni rézbányáját 1968–1985 között Szerbia DK-i részén, Rudna Glava lelőhelyen tárták fel. E munkák során mintegy 40 akna vált ismertté. A különböző típusú és mélységű függőleges vajatokból négy edénydepó, agyag oltárok, jelentős szerszámok (nagyobbrészt bányászkalapácsnak használt súlyos kövek és szarvasagancsból készült eszközök), továbbá rézsalak került elő.²⁶¹ A feltárást követően kiállításon mutatták be e jelentős leleteket.²⁶² A bányát a kalibrált ¹⁴C adatok alapján a Kr. e. 5. évezred első felére, közepére keltezte B. Jovanović.²⁶³ A korhatározás az ötvenes évek óta régészeti alkalmazást is nyert radiokarbon módszerrel történt, amelynek során nem a kőzeteket, hanem a bányában előkerült szerves anyagokat (elsősorban állatcsontot) lehetett keltezni. A bánya használata ily módon a kalibrált radiokarbon adatok alapján 4980–4670 közé tehető.²⁶⁴ A lelőhely aktuális keltezése ennél korábbi, a Kr. e. 6. évezred

²⁶¹ JOVANOVIĆ 1985.

²⁶² JOVANOVIĆ 1985, Catalogue 1–8.

²⁶³ JOVANOVIĆ 1985, 40.

²⁶⁴ OTTAWAY–ROBERTS 2008, Tab. 4.1.

vége–5. évezred első fele, azaz a Vinča kultúra teljes ideje alatt használatban volt.²⁶⁵ Rudna Glava tehát egyértelműen a korai fémművességhez köthető bánya.

Rudna Glava mellett a másik jelentős őskori kitermelő hely a bulgáriai Ai Bunár, amelyben 1971–1972, 1974-ben végeztek feltárásokat.²⁶⁶

Ezekon kívül csak néhány kis-ázsiai bányát említett a szakirodalom,²⁶⁷ amelyek csak előzetes közlésekből ismertek, és későbbiek, mint a szerbiai vagy bulgáriai bányák.

Kevésbé ismert – alig idézik – a szlovákiai Špana Dolina bányahelyet.²⁶⁸ Az innen származó 103 mintán elvégzett többfajta archaeometriai vizsgálat alapján megállapítható,²⁶⁹ hogy a Kr. e. 5. évezredtől a korai bronzkor végéig bizonyíthatóan folyt kitermelés.

Nemrégiben újabb szerbiai bányákról közöltek információkat. Ezek a korai és középső réz korban már bizonyítottan létező nyersanyag kitermelő helyek voltak.²⁷⁰

Az ausztriai Brixlegg a rézkori Münshöfen kultúra idején létesülhetett.²⁷¹ Aktuális keltezése 3960–3650 cal. BC.²⁷² Az ugyancsak az Alpokban felfedezett Mitterberg bányája már a bronzkorra keltezhető.²⁷³

A megélnékvül kutatások eredményeként a fémlelőhelyek száma is gyarapodott. Barbara S. Ottaway és Ben Roberts összegyűjtötte az ismert őskori rézbányahelyeket. Térképen ábrázolták ezeket, és közreadták radiokarbon-keltezésüket is. Elkülönítették az olvasztóhelyként működő (pl. Brixlegg) és a kitermelést biztosító bányahelyeket (pl. Rudna Glava, Monte Loretto, Kargaly).²⁷⁴ További térképeken tüntették fel a réz, ón, ezüst és ólom, továbbá az arany természetes előfordulásait.²⁷⁵

²⁶⁵ FILIPOVIĆ 2015, 343.

²⁶⁶ CERNÝCH 1978; CERNÝCH 1978a.

²⁶⁷ JOVANOVIĆ 1978, 11.

²⁶⁸ A szlovákiai bányára Kiss Viktória hívta fel a figyelmemet. A vonatkozó irodalmat is neki köszönöm. ŽEBRÁK 1995 (a bányászat bizonyítékai); SCHALK 1998 (a fémelemzések értelmezése).

²⁶⁹ MODARRESSI-TEHRANI *et al.* 2016.

²⁷⁰ ANTONOVIĆ–DIMIĆ 2017.

²⁷¹ BARTELHEIM *et al.* 2002; HÖPPNER *et al.* 2005.

²⁷² OTTAWAY–ROBERTS 2008. Tab. 4.1.

²⁷³ STÖLLNER *et al.* 2006; PERNICKA–LUTZ–STÖLLNER 2016.

²⁷⁴ OTTAWAY–ROBERTS 2008. Fig. 4.7, Table 4.1.

²⁷⁵ OTTAWAY–ROBERTS 2008, Fig. 4.8.a–4.8.d.

Ernst Pernicka és David W. Anthony is térképen ábrázolva mutatta be Kr. e. 8000–3500 közötti évezredekben a rézbányákat és a fémforrásokat (ezüst, arany, réz, ón).²⁷⁶ A szerzők szerint a fémfeldolgozás felfedezésének meghatározó lépése volt a réz kiolvasztása különböző kőzetekből.²⁷⁷

Egy másik tanulmány szerint a legkorábbi fémművesség DNy-Ázsiában, a mai Irak és Törökország területén létezett, a Kr. e. 11–9. évezredben. DK-Európában az aranyfeldolgozás az 5. évezred közepén, míg a réz feldolgozása a 4. évezred közepétől vált általánossá.²⁷⁸

A tárgyak és a nyersanyag származási helye közötti egyértelmű megfeleltetés fontosságát James Charles vetette fel, aki nyomelemek alapján javasolta meghatározni a tárgyak és geológiai származási helyük összefüggését.²⁷⁹ Ötletét már elég korán kritikával fogadták a természettudósok.

Ma a proveniencia megállapításához az ólomizotópos elemzést alkalmazzák egyre szélesebb körben, nagy kutatási projektek keretében.

A költséges és roncsolásos módszer a tárgyakban található stabil ólomizotópok arányát adja meg, amely összevethető ismert őskori bányák hasonló adataival. A módszer lényegében keltezési metódus, a földtörténeti korokban keletkezett kőzetek megszilárdulásának idejét tudja rögzíteni. Alapelve az a tény, hogy a Föld kezdetben homogén, folyékony halmazállapotú volt, ekkor az ősi ólomizotóp-összetétel mindenütt azonos volt. A földkéreg megszilárdulásának bonyolult folyamata után azonban regionális különbségek alakultak ki az ólomizotóp-összetételben. Az érctelepek képződése során a közönséges ólmot tartalmazó ásványok létrejöttekor az ólom elkülönült az urántól és a tóriumtól, az adott ércásványban már nem növekedett tovább a radiogén ólom mennyisége, így az ásvány megőrizte a képződésekor jelen levő ólomizotóp-összetételt.²⁸⁰

„A radioaktív elemek bomlásának során tehát bármely időpontban megtalálhatók az anyagban a kiindulási és a végtermék elemek atomjai, csak azok mennyisége az idő előrehaladásával csökken, az utóbbiaké viszont növekszik. A Földön jelenleg természetes körülmények között megtalálható radioaktív izotópok többsége (a 82-nél nagyobb rendszámú elemek izotópjai) három természetes radioaktív bomlási sorba sorolhatók ... urán-rádium család, urán-aktinium,

²⁷⁶ PERNICKA–ANTHONY 2010, Fig. 7.1.

²⁷⁷ PERNICKA–ANTHONY 2010, 165.

²⁷⁸ ROBERTS *et al.* 2009, 1012–1013.

²⁷⁹ CHARLES 1980.

²⁸⁰ MOZGAI *et al.* 2016, 275.

urán-tórium.”²⁸¹ Az ólom három stabilizotópja (²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb) alkalmas korhatározásra és szerencsés esetben a fémnyersanyag származási helyének megállapítására is.²⁸²

Az ólomizotóp-összetételén alapuló proveniencia meghatározásról az 1990-ben rendezett szimpóziumon már beszámoltak belgrádi geológusok. Eszerint a középső rézkorban az ilyen vizsgálatok eredményei alapján Majdanpek környéke (és nem a remélt Rudna Glava!) nyújtotta a rézművességhez a nyersanyagot.²⁸³ Majdanpek lehetett a legfontosabb rézlelőhely, az itt gyűjtött tárgyak és az itt talált rézércek között szoros összefüggés mutatható ki.²⁸⁴

A konferencián bemutatták azokat az eredményeket is, amelyek a heidelbergi Max-Planck Intézzel közös projektben születtek. A kutatók K-Szerbia területén szisztematikusan gyűjtöttek rézérceket és salakot ásványtani, kémiai és ólomizotópos vizsgálatokhoz. Minden esetben ¹⁴C és termolumineszcens korhatározást is végeztek, így módon a területről ismert leletek és bányászati helyek korát sikerült nagy pontossággal meghatározni.²⁸⁵

A szerbiai rézkori fémforrások lelőhelyeit 1993-ban publikálták. A különböző nyersanyagok régészeti és geológiai összehasonlítását is közreadták a szerzők.²⁸⁶

A költséges vizsgálat régészeti alkalmazása – bár egyre több célzatos nemzetközi projektben szerepel már – még nem túl gyakori. A magyarországi kutatásban csak néhány éve rendelkezünk ilyen eredményekkel.²⁸⁷

E módszer alkalmazásában is úttörőnek tekinthető Ernst Pernicka felhívta a figyelmet arra, hogy az ólomizotópos vizsgálatoknak is több hátránya van, és nem jelent egyedüli megoldást a származási hely meghatározására. Pl. az eltérő forrásból származó ércek összeolvasztása vagy az eltérő izotóparányú tárggyal történő újraolvasztás az eredetvizsgálat eredményét teljesen megváltoztatja.²⁸⁸ Jelen ismereteink szerint a különböző elemösszetétel vizsgálatok a nyersanyagforrások megismeréséhez közelebb visznek ugyan, de az ércforrások eredetének

²⁸¹ VÖLGYESI 2002, 122.

²⁸² Az izotóparányok bonyolult számításánál a ²⁰⁴Pb is szerepel. Ez az izotóp azonban nem radiogén, de a proveniencia meghatározásánál fontos lehet.

²⁸³ BEGEMANN *et al.* 1995, 148.

²⁸⁴ KRAJNOVIĆ–JANKOVIĆ 1995, 26.

²⁸⁵ KRAJNOVIĆ *et al.* 1995.

²⁸⁶ PERNICKA *et al.* 1993.

²⁸⁷ KISS 2012; PERNICKA 2013; KISS 2014; SIKLÓSI *et al.* 2015.

²⁸⁸ PERNICKA 2014, 256–258.

(provenienciájának) meghatározása csak izotópos vizsgálatok segítségével kísérhető meg.²⁸⁹

Az is nyilvánvaló, hogy a bányák kőzeteinek összetétele heterogén. Ha sikerül is jól keltezni és bányához kötni egy-egy tárgyat az őskor hosszú éveztáráiban belül, az már szinte lehetetlen, hogy a bányán belül pontosabban lokalizáljuk a fémtárgy nyersanyagának kitermelési pontját. Azt ugyanis végképp nem tudhatjuk már, hogy a bánya kőzetéből topográfiaileg honnan, melyik pontról vették több ezer évvel ezelőtt azt az ércdarabot, amelyből az általunk vizsgált tárgyat készítették!

Az ólomizotópos vizsgálatok eredményeiről több adatbázisból is tájékozódhatunk már. Európára az Oxford Isotrace Laboratory adatbázisából kapunk képet.²⁹⁰ Az Alpok ausztriai részére, továbbá Olaszország bizonyos tartományaira az AAcP (Alpine Archaeocopper Project) ad információkat,²⁹¹ és komoly szakirodalma is van a témának.²⁹² Az adatbázisok segítségével meg tudták határozni az egy-egy szűkebb térségre jellemző geológiai karaktert is, és a mai bányák geológiai atlasza is hozzáférhető.²⁹³

A közép-európai késő rézkori bányászati helyekre egyelőre sejtések vagy kezdődő kutatások vannak. A jelenleg elérhető ólomizotópos adatok alapján az első Kárpát-medencei réztárgyak nyersanyaga a mai bulgáriai és szerbiai bányákból származhatnak,²⁹⁴ amely bányák még a korai bronzkorban is fontosnak tűnnek. A legkorábbi időszakról a középső bronzkorig a szlovákiai térség bányái kapnak hangsúlyt a jelenlegi kutatások alapján. A már említett Špana Dolina-n feltárt bányából rézkori és kora bronzkori kerámia és a kifejtéshez használt kőeszközök kerültek elő.²⁹⁵ Az első hazai kora és középső bronzkori ólomizotóp elemzések is a Szepes-Gömöri-érchegység rézérceinek felhasználására utalnak.²⁹⁶

²⁸⁹ Köszönöm Kiss Viktória kiegészítő megjegyzését.

²⁹⁰ OXALID database: <http://oxalid.arch.ox.ac.uk/The%20Database/TheDatabase.htm>

²⁹¹ <http://geo.geoscienze.unipd.it/aacp/welcome.html>

²⁹² LING *et al.* 2014; ARTIOLI *et al.* 2014; ARTIOLI *et al.* 2016 (mindegyikben további irodalommal).

²⁹³ DE VOS *et al.* 2002: <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/article.php?id=8> (utolsó megtekintés: 2018. február 19).

²⁹⁴ SIKLÓSI *et al.* 2015.

²⁹⁵ ŽEBRÁK 1990

²⁹⁶ A közlés alatt álló adatokról ld. <http://mobilitas.ri.btk.mta.hu/?media=eaa-2017-kutatoink-europa-regeszeinek-talalkozojan&lang=hu>. Az adatot és a kiegészítéseket Kiss Viktóriának köszönöm.

A hazai rézércforrásokat a Mátra, Velencei-hegység és Mecsek hegyeiben sejtik egyes kutatók,²⁹⁷ erre azonban egyelőre nincs bizonyítékunk. Mind a korábbi, mind a késő rézkor utáni évezredek bányászatának kutatása jelentős eredményeket ért és ér el. Ezekből azonban csak közvetett információink, feltételezéseink lehetnek a késő rézkorra vetítve mindaddig, amíg biztos adatokkal (korhatározás, proveniencia eredmények) nem rendelkezünk. Éppen ezért nem elemeztem részletesebben a magyarországi fémleletek elterjedési térképét (5. kép).

VI. 2. Bányászati eszközök

Nehéz elképzelni az őskori bányatechnológiát azokkal a szerszámokkal, amelyek a bányászatra specializálódott emberek rendelkezésére álltak, ám a kreativitás és a tapasztalat legyőzte a nehézségeket.

Theodor Wertime után Borislav Jovanović is felhívta a figyelmet arra, hogy nem a rézbányák voltak az első nyersanyagot biztosító természeti források az emberiség életében. A paleolitikumtól kezdve ismerték a különböző eszközökhöz szükséges kőanyagok lelőhelyeit, ahonnan kitermelték a pattintott kövek nyersanyagát. Ez is olyan feladat volt, mint az ércet tartalmazó kövek kibontása.

Az egyes régészeti korok ércbányászata tehát komoly előzményekre, tapasztalatokra, korábban már kitalált, jól bevált módszerekre épülhetett.²⁹⁸ Minden bizonnyal „követ” bányásztak akkor is, amikor megtalálták azokat a különleges kőzeteket, amelyekről a véletlenek összjátéka folytán később bebizonyosodott, hogy valójában ércek. Nem meglepő, ha ezen „különleges kövek” bányászatához hasonló módszerek és eszközök kellettek, mint pl. az obszidián vagy a különböző kovák kibontásához, amely technológiát már régóta ismerték az emberek.²⁹⁹

A rendelkezésükre álló nagyobb kövekkel, szarvasagancsokkal keskeny nyílásokat, szabálytalan lyukakat vájtak a korabeli bányászok a rézforrás köré, majd ebből választották le ütögetéssel, feszítéssel a csillogó ásványokat tartalmazó kőzetdarabokat. Az üregek tágításához – kreatív módon – ún. kőpörgettyűket használtak. E nagy súlyú köveket egy vízszintes rúdra helyezve tengelyük körül jól megpörgették, majd elengedték (16. kép).³⁰⁰

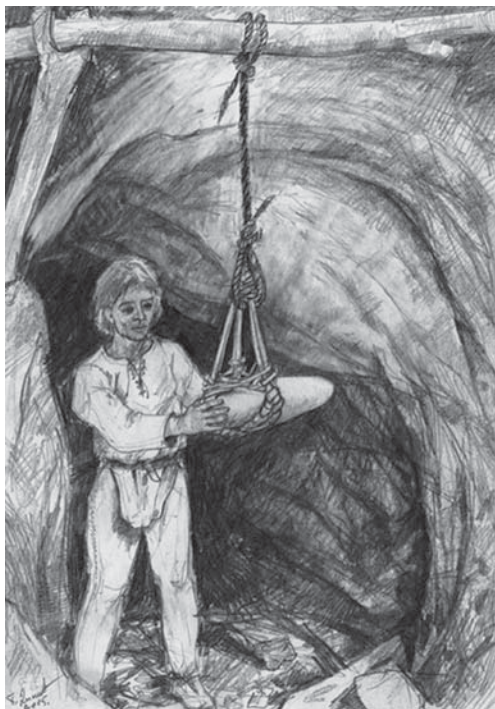
A súlyos parittya működött, a centrifugális erővel a sziklatömbhöz csapódó kő nagyobb darabokat tört le a kőzetből, így lassan kitágították a sziklajáratokat.

²⁹⁷ ECSEDY 1978, 168; ECSEDY 1990, 228–229; KALICZ 1992, 7; SZABÓ 2013, 69.

²⁹⁸ JOVANOVIĆ 1978, 17.

²⁹⁹ JOVANOVIĆ 1985, 35; ANTONOVIĆ–DIMIĆ 2017.

³⁰⁰ ANTONOVIĆ–DIMIĆ 2017, Fig. 12.



16. kép: A nehéz kőpörgettyű alkalmazása (ANTONOVIC–DIMIC 2017, Fig. 12. nyomán)
 Fig. 16. Reconstruction of how hanging mallets were used

E módszer ismételt alkalmazásával folyamatosan tudtak előre haladni a tömör kőzetben és kisebb-nagyobb, szűk folyosók jöttek létre az ércek kitermeléséhez. A fémeket tartalmazó letördelt kődarabokat összeszedték és kihordták a mélyebb üregekből.

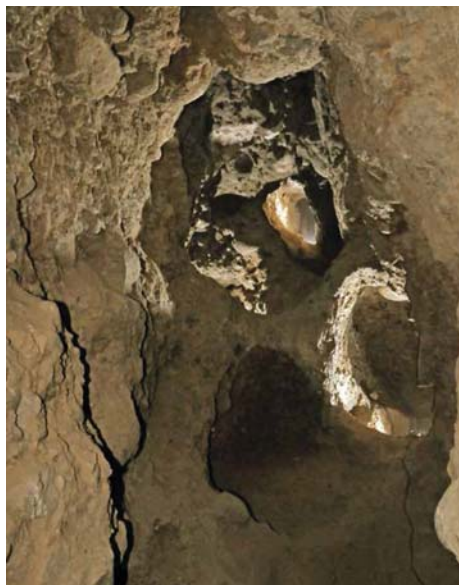
A bányászat fontos eszköze volt tehát a nagy súlyú, tengelye körül megpörgetett kő. A majdnem 20 kilós kövekkel elég hatékonyan tudták alakítani a kitermelendő fémtelére megközelíthetőségét. Prljuša lelőhelyen 178 különböző méretű és súlyú követ tártak fel.³⁰¹

Jól szemléltetik a szűk, függőleges bányaaknákat a Kr. e. 3. évezred első felére keltezett anatóliai Derekuđuğun ásatásán készült fotók is (17–18. kép).³⁰²

Bányászathoz használtak szarvasagancsból készült, fa nyélbe erősített csákányokat, kalapácsokat is, amelyeken kopásnyomokat és rézmaradványokat is

³⁰¹ ANTONOVIC–DIMIC 2017, 133.

³⁰² YALÇIN *et al.* 2015, Abb. 8–14.



17. kép: Derekutuğun, bányaaknák, fémforrás (YALÇIN *et al.* 2015, Abb. 8 nyomán)

Fig. 17. Mine shafts and ore veins



18. kép: Derekutuğun, bányaaknák (YALÇIN *et al.* 2015, Abb. 10. nyomán)

Fig. 18. Mine shafts

találtak (19. kép 1–2).³⁰³ Ezekkel valószínűleg a földet bontották le a kőzetek körül. A különböző mélységekben lévő telérekből ilyen eszközökkel bontották ki azokat a rögöket, amelyekben megcsillant az ércásvány.

A mélyebb rétegekben lévő ásványok kiszabadításához már komolyabb eszközök kellettek. Rudna Glava tanúsága szerint ezek elsősorban tömör kőből kialakított, nehéz ütőkövek, „bányászkalapácsok” voltak (19. kép 3–6), súlyuk 1 és 5,3 kg közötti volt a lelőhelyen.³⁰⁴

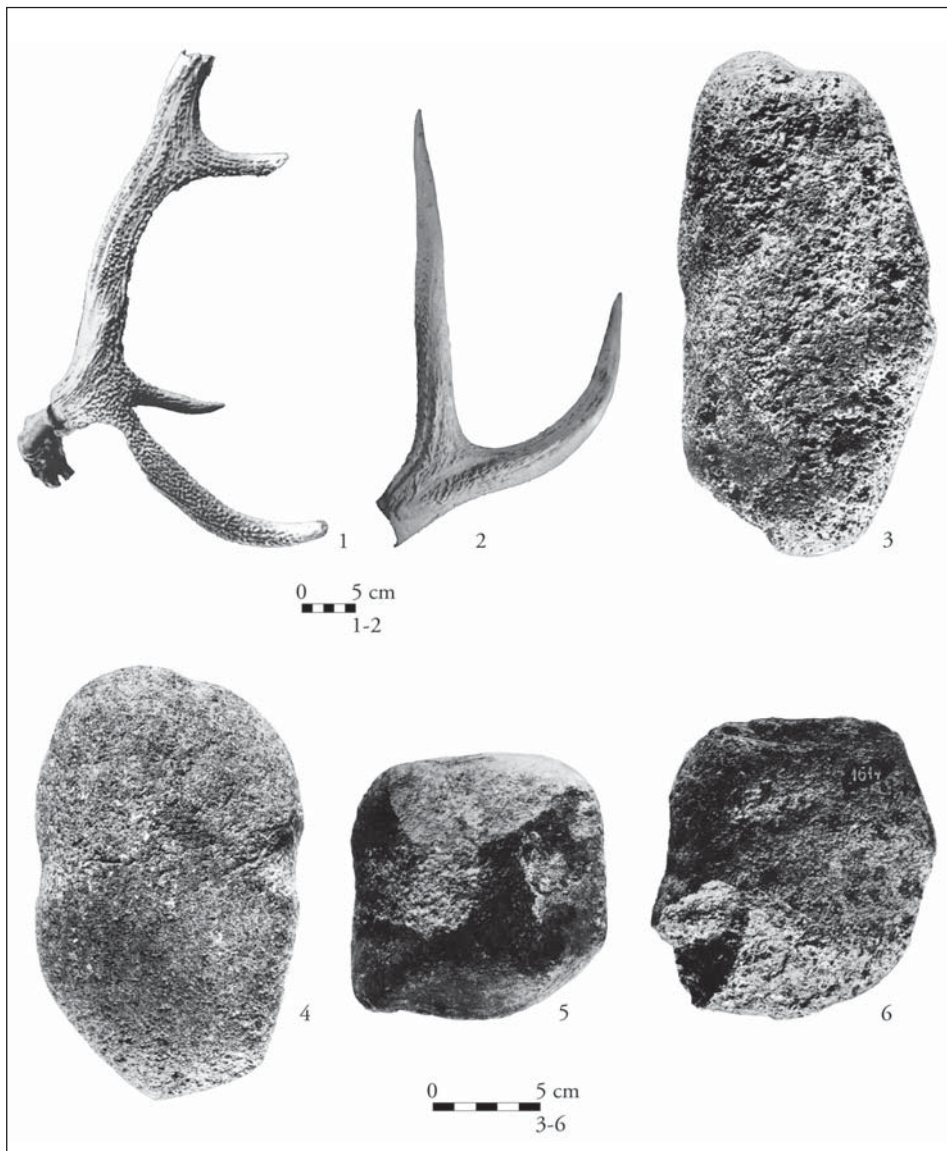
Rudna Glava aknái 1,5–2 m mélységűek voltak, de előfordul 20 m mély vágat is. Jovanović feltételezi a faeszközök használatát is, erre azonban régészeti bizonyíték nem volt a lelőhelyen.³⁰⁵ Fa bányászszerszámokat csak nemrégiben közöltek az Alpokból, a középső bronzkorból.³⁰⁶

³⁰³ JOVANOVIĆ 1985, Cat. 24–25.

³⁰⁴ JOVANOVIĆ 1985, Cat. 9, 11–13.

³⁰⁵ JOVANOVIĆ 1985, 34.

³⁰⁶ STÖLLNER *et al.* 2016. Fig. 3.



19. kép: Bányászati eszközök Rudna Glaváról

Fig. 19. Mining tools from Rudna Glava

- 1: szarvasagancs eszköz 4a akna (JOVANOVIĆ 1985, Kat. 24); 2: szarvasagancs eszköz 6. akna (JOVANOVIĆ 1985, Kat. 25); 3: kőeszköz 6. akna (JOVANOVIĆ 1985, Kat. 21); 4–5: kőeszköz 4a akna (JOVANOVIĆ 1985, Kat. 17–18); 6: kőeszköz a központi területről (JOVANOVIĆ 1985, Kat.19)

Tudomásom szerint a hazai leletanyag kőeszközeit nem vizsgálták még bányászati szempontból. Talán a jövő kutatása erre is fókuszálhatna. Ugyanez a helyzet a szarvasagancsokkal, amelyeket az archeozoológusok ezen új szempont szerint átnézhetnének.

Az érc kihordásához fából készült lapos, sajkaszerű edényeket és ún. kiemelő vödröket használtak. Ilyen eszközöket egyelőre a bronzkorból ismerünk Mitterberg környékéről (1500–1400 cal BC).³⁰⁷ Ezekre a segédeszközökre az itteni, mélyebb, olykor 20 m mély kürtőknél volt szükség.

VI. 3. Pörkölögödörök

Tábornúzhöz hasonló körülmények között már kiolvasztható kisebb mennyiségű fém a kőzetekből. A kísérleti régészet tapasztalatai alapján ehhez az egyszerűbb művelethez nem kellett nagyon mély gödört ásni. Ennek az eljárásnak a régészeti nyomait azonban csak akkor találhatjuk meg, ha egy gödörben rézolvadék és égett felület is fennmaradt.

A kohászati tevékenységhez szükséges mennyiségű fém előállításához már bonyolultabb eljárás szükséges, amelynek során kohósítás előtt a kén tartalmat el kell távolítani, és az ércet oxidos formába kell hozni. Ez az érc ún. „pörköléssel” érhető el, mely lényegében a szulfidásványok szénágyon történő kihevítését jelenti. Ehhez egy gödörbe faszenet tesznek, erre kerülnek a rezet tartalmazó rögök, amelyeket a faszén meggyújtásával megolvasztanak, így nyerik ki a kőzetből a fémet. E pörkölögödörök megtalálása (a társult érc-, és pörkölt érc depókkal együtt) egy adott terület régészeti feltárása során egyértelmű bizonyítéka lehetne a bányászati és kohászati tevékenységeknek, ha azt a folyamatos kitermelés nem semmisíti meg.³⁰⁸ Fontos még, hogy a kohósítás során rézsalak is keletkezik.³⁰⁹

Késő rézkori adatot nem találtam pörkölögödör létezésére. Ha végiggondoljuk, hogy a kohászatnak ez az első lépése kénes gőzökkel, egyéb mérgező, rákkeltő gázokkal kísért folyamat volt,³¹⁰ akkor a pörkölögödöröket nem a lakókörzetben kell keresni, hanem a településtől távolabb, talán a bányászati terület

³⁰⁷ STÖLLNER *et al.* 2006, Abb. 38–39.

³⁰⁸ Mitterbergnél szerencsére ezek megmaradtak, mert a későbbi korokban már nem tartották bányászatra érdemesnek a területet. Kiss Viktóriának köszönöm a kiegészítést.

³⁰⁹ MOLNÁR 2008, 94–95.

³¹⁰ Itt jegyezzük meg, hogy a rézércekben gyakran előforduló arzén melegítés hatására (az elemi arzén forráspontja 614 °C) nem megolvad, hanem elpárolog. További hőhatásra erős fokhagymaszagú gázt képez. Az arzénvegyületek köztudottan mérgezőek. Ez csak erősíti a kénes gázok bűzét, a művelet egészségkárosító következményeit.

körzetében, amelyet nem ismerünk, így nem meglepő, hogy pörkölögődör sem került még elő ebből a korszakból.

VI. 4. Speciális kemencék és öntőtégelyek

A réznek a kőzetből való hevítéses kinyerésén túl a komolyabb fémolvasztáshoz már nagyobb hőmérséklet³¹¹ szükséges. E hőfok előállításához speciális, kürtőszerű kemencék kellettek. Ezek elkészítése azonban nem okozhatott problémát a késő rézkori közösségeknek, mert a korábbi időszakban bizonyos díszkerámiák előállításánál már használtak ilyen kemencéket, pl. a festést így égették rá az edényekre.³¹²

A kohászat komoly felszerelést igényel. Régészeti szempontból nagyon fontos az olvasztókemencék és tégelyek leírása. Tylecote munkái³¹³ nyomán a Közel-Keletről, Izraelből több olvasztókemence ismert.

„Az olvasztókemencék kőekkel határolt, falazatlan tűzhelyek. Tel Zeróban maximálisan 15 cm átmérőjű tégelyt találtak, falán rézsalakkal és rézgyöngy maradvánnyal. A tégely kiképzése olyan volt, hogy öntéshez nem kellett kiemelni a kemencéből.”³¹⁴

Ez a leírás lényegében egy egyszerű kohó bemutatása. Lényeges az öntőtégelyek rögzített állapota. Ezek a hosszúkás, fordított csonkakúp alakú eszközök fogták fel az olvasztott fémeket. Előttük helyezték el jól rögzítve, beágyazva az öntőformát (egyrészes, vagy a két részből álló egyik fele) amelybe az öntőtégely megbillentésével folyatták bele a forró fémeket, úgy, hogy a tégelyt nem emelték ki a helyéről. Jól szemlélteti ezt a technikai megoldást egy napjainkból ismertetett példa. A folyamatot Nepálban fényképezett olvasztás bemutatásával illusztrálta Stöllner és szerzőtársainak tanulmánya (20. kép).³¹⁵ A fémolvasztást egy 19. század második felében készült rajzzal is szemléltetik (21. kép).³¹⁶

Nemrégiben Mongóliából publikáltak vaskori, a pipához hasonló öntőtégelyeket (22–23. kép) salakmaradványokkal,³¹⁷ amelyek láttán jobban megértjük a folyamatot.

³¹¹ A réz és arany olvadáspontja egymáshoz közeli. A réz 1083 °C, az aranyé 1063 °C.

³¹² RENFREW 1971; TYLECOTE–BOYDELL 1978, 28; RACZKY 2000, 25–26.

³¹³ TYLECOTE *et al.* 1967, 235–243; TYLECOTE 1976, 9–10; TYLECOTE–BOYDELL 1978, 28.

³¹⁴ HEGEDŰS 1985, 18.

³¹⁵ STÖLLNER *et al.* 2016. Fig. 6.

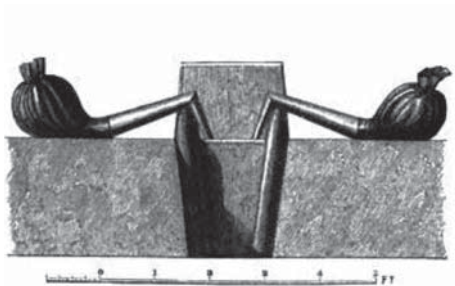
³¹⁶ STÖLLNER *et al.* 2016. Fig. 5.

³¹⁷ ISHTSEREN 2015, Fig. 11, Fig. 12.



20. kép: Rögzített öntőtégely alkalmazása Nepálban, a 20. században (STÖLLNER et al. 2016. Fig. 6. nyomán)

Fig. 20. Copper smelting furnace with a fixed mould in Nepal in the twentieth century



21. kép: Rögzített öntőtégely 19. századi rajzon (STÖLLNER et al. 2016. Fig. 5. nyomán)

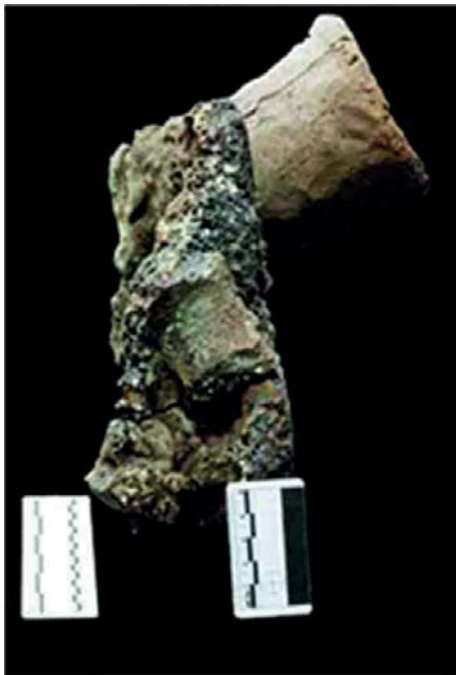
Fig. 21. Drawing of a nineteenth-century copper smelting furnace with a fixed mould

Hazai vagy Kárpát-medencei lelőhelyről nem ismerek olvasztókemencét említő ásatási feljegyzést. Esetleg Budapest-Kőérberek hozható összefüggésbe e speciális kemencékkel. 2003-ban Budapesten a Kőérberek, Tóvárosi lakópark nevű lelőhelyen „egy gödörbe épített, de még az őskor folyamán szétvert tűzhely romjai alatt” találták meg egy balta agyag öntőformájának töredékét.³¹⁸ A szűkszavú ásatási leírásból ennél többet nem tudunk meg, de gyanakodhatunk arra, hogy ha egy ilyen gödörbe ásott tűzhelyben öntőforma töredékét találtak, az a helyben végzett fémművesség bizonyítéka.

Szigetcsépen, késő rézkori telepen feltárt kemence alján rézrögöt találtak. A kemence (13. objektum) leírása: „Földbe mélyített kemence. Boltozatának maradványa 1,2 m, feneke 1,6 m mélységben került elő. K-Ny-i átmérője 100, É-D-i 110 cm. A kemence legnagyobb belső magassága 40 cm volt. A szájnyíláshoz a mélyítés során kiszedett agyagból szélvédőt tapasztottak. Belsejének kitöltése hamus, laza szerkezetű volt.”³¹⁹ Ez a leírás is fémműveléshez épített kemencét sugall.

³¹⁸ TEREI et al. 2004, 196 (közöletlen).

³¹⁹ KOREK 1984, 9.



22. kép: Pipára emlékeztető, rögzített öntőtégelyek salakmaradványokkal a vaskorból, Mongóliából (ISHTSEREN 2015, Fig. 10–12. nyomán)

Fig. 22. Fragment of a furnace wall with a pipe with slag remains from the Iron Age of Mongolia



23. kép: Pipára emlékeztető, rögzített öntőtégelyek salakmaradványokkal a vaskorból, Mongóliából (ISHTSEREN 2015, Fig. 10–12. nyomán)

Fig. 23. Fragment of a furnace wall with a pipe with slag remains from the Iron Age of Mongolia

VI. 5. Fújtató csövek

A fújtató csövet a tűz izzításához, a hőfok növeléséhez használták az egyszerűbb fémolvasztásnál. A korai időkben nádszálon át fújták a levegőt a tűzre. A nádszál végére kicsi agyag fúvókát is tettek, amely megvédte a nádszálat attól, hogy megégjen. A technológiát – az egyiptomi ábrázolás mellett (1. kép) – egy Peruból ismert edényen is megőrkítették (24. kép).³²⁰ Egy rekonstrukciós rajzon még világosabb a fúvócsövek szerepe (25. kép).³²¹

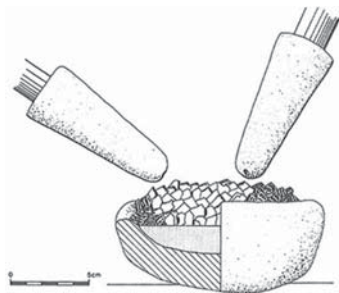
³²⁰ TYLECOTE 1976, Fig. 4.

³²¹ NESSEL 2014, Abb. 10.



24. kép: Fújtatócső alkalmazása
fémolvasztásnál Peruból (TYLECOTE
1976, Fig. 4. nyomán)

Fig. 24. Use of tuyères during smelting
in Peru



25. kép: A fúvócső használata
(NESSEL 2014, Abb. 10.
nyomán)

Fig. 25. The use of tuyères

VI. 6. Fémsalak

Nagyobb salakdarabra utaló forrást a badeni kultúra hazai anyagában nem találtam.³²² Ecsedy I. említ egy kisebb salakdarabot Lánycsókról, amely a bolerázi gödör (8. objektum) környékéről került elő.³²³ A lánycsói 8. objektumban talált egyik öntőformában és a zóki leletben salaknyomokat fedeztek fel, amelyeknek anyagvizsgálatát is elvégezték.

Szerbiából gyűjtöttek és vizsgáltak nagyobb mennyiségű salakmaradványt. Egy különleges salakdarabot közölt Rudna Glava lelőhelyről Jovanović,³²⁴ s a Balkánról és Anatóliából is több helyről publikáltak ilyen mellékterméket.

VI. 7. Fémnyersanyag további feldolgozáshoz

A késő rézkori fémművesek műhely és bonyolult felszerelés nélkül is bárhol tudtak dolgozni, ha a nyersanyagot különböző formában magukkal vitték, ahogyan ezt a későbbi korok egyiptomi ábrázolásai és régészeti források is bizonyítják. A nyersanyagot a legegyszerűbben különböző tömbökben mobilizálhatták a mesterek. Ezek az ún. öntecsek/félkésztermékek/alapanyagok (angolul: ingot, németül Barren) már túlestek egy olvasztási folyamaton, amelynek során több,

³²² Szerbiában gyűjtöttek és vizsgáltak salakmaradványokat Donja Vrba lelőhelyen: LOZUK 1995, 57.

³²³ ECSEDY 1990, 223.

³²⁴ JOVANOVIĆ 1985, Cat. 28.

különböző geológiai környezetből származó ércet is összeolvaszthattak, megnehezítve a modern módszerű fémvizeléseket.³²⁵ A nyersanyag-tömbök különböző alakúak lehettek, ismertek „buci” formájúak³²⁶ vagy hosszúkásak,³²⁷ a leggyakoribbak azonban a téglatest alakú, megnyúlt csücsökben végződő „kispárna” alakú ingotok.³²⁸ A korabronzkorból származó, bronzkincsekben nagyobb számban előforduló „nyakpercc”-ként leírt tárgyak is valójában egyszerű huzalok vagy feltekerített spirál alapanyagok.³²⁹

Ebben a fejezetben a fémtárgyak előállításának feltételeit tekintetem át, elsősorban a bányászat és kohászati technológiák régészeti nyomaira helyezve a hangsúlyt. Ez, amint már a bevezetésben is utaltam rá, azért fontos, hogy a késztermékeken kívül (leletek ma már) az ásatásokon előkerülő jelenségeket is értelmezni tudjuk.

³²⁵ Itt jegyezném meg, hogy a réz vég nélkül újraolvasztható fém, s e folyamat során nem veszít alaptulajdonságaiból, napjainkban is számtalanszor újrahasznosítható anyag. A fémek értékét nagymértékben meghatározza az a mutató, hogy újraolvasztásnál mennyit veszítenek tulajdonságaikból. A réz értékes fémnek számít.

³²⁶ STÖLLNER *et al.* 2016, Fig. 12.

³²⁷ BOBOKHYAN *et al.* 2014, Fig. 8. 3–4.

³²⁸ TODOROVA *et al.* 2011, Obr.116, 129–130.

³²⁹ KRAUSE 2009, Fig. 5 (rib- and ring-shaped ingots).

VII. A késő rézkor fémművészete és társadalmi vonatkozásai

A fémművészet bizonyítékai közül a magyarországi anyagban a leleté vált készterméket és az öntéssel kapcsolatos néhány eszközt említhetjük. Bányát, pörkölgödöröt, fémolvasztáshoz használt speciális kemencét nem ismerünk.

A késő rézkori magyarországi leletek, anyagvizsgálatok és készítése technika elemzése alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a korszak fémművészete nem iparszerű, nagyléptékű, széles tömegigényeket kielégítő metallurgia volt. Még csak manufaktúrálisnak (kisszériás termékek egy-egy műhelyből) sem tekinthető jelen ismereteink szerint. Helyben dolgozó (vagy vándorló) mesterek egyedi tárgyait látjuk a leletanyagban. E kézművesek között vannak ügyesebb, nagyobb tudású specialisták (pl. a vörsi diadém, a balatonlellei karperec, az Ózdcenteri és fajszi gombok készítője), és vannak az egyszerűbb árákat, vésőket és gyöngyöket előállító mesterek.

Az öntött rézbalták a kohászati ismeretekkel rendelkező fémművesek termékei: előállításukhoz nemcsak nyersanyag, de pontosan elkészített öntőforma és speciális szaktudás is kellett. A szegecses török elkészítése is a bonyolultabb műveletek közé tartozik, hiszen itt az öntés és kalapálás kettősét kellett jól alkalmazni. Az, hogy helyben készült vagy máshonnan beszerezett késztermékek voltak-e a különböző török, sajnos, nem tudjuk. Azonban nagyon valószínű, hogy a balták és török már olyan helyen készülhettek, amelyeket a későbbi korokban műhelyeknek nevez a kutatás.

Szélesebb földrajzi kitekintésben a késő rézkorban komoly kohászati ismereteket igénylő, szinte művészeti alkotásokkal is találkozunk a leletanyagban. A badeni kultúrával részben egyidőben élt kaukázusi Maikop kultúra temetőjében 9500, részben ezüst, részben arany leletet találtak, köztük rendkívül realiztikusan megformált különleges állatfigurákat is.

Míg a korábbi időszakból a várnai temetőben talált, aranylemezből készült, kétdimenziós szarvasmarha figurák³³⁰ a kiemelkedő leletek, a Kr. e. 4. évezredben készült, öntött, ugyancsak szarvasmarha szobrocskák már jóval fejlettebb technikáról tanúskodnak. A legszebb tárgyakat a Maikop kultúra (Kr. e. 3800/3600–3000) névadó lelőhelyének nagy kurgánjából ismerjük: két arany³³¹ és két ezüst³³² kisméretű szarvasmarha figura került elő a temetkezésből, amely a Kr. e. 4. évezred első felére keltezhető. Az állatkák 7,6 és 9,2 cm hosszúak.

³³⁰ HANSEN 2015. Fig. 4; LEUSCH *et al.* 2015. Fig 12, 13.

³³¹ HANSEN 2014, Fig. 13.

³³² HANSEN 2014, Fig. 14–15.

Ezeket a művészi kivitelű, háromdimenziós zoomorf szobrocskákat viaszve-szejtéses technikával öntötték. A Kr. e. 5. évezred óta ismert üreges öntéssel készült tárgyakhoz nemcsak alapos kohászati rutin, de a realiztikus megformálás-hoz jó kézügyesség és nagyon aprólékos, gondosan kidolgozott, viaszba karcolt mintázat és agyagborítás is kellett.

A korszak fémműves tudásának ezen emblemikus emlékeihez hasonló, fémből készített zoomorf leletet magyarországi anyagból még nem ismerünk.

A háromdimenziós, élethű, öntött állatfigurák azonban másutt megtalálhatók. A Kaukázustól távol, Európa É-i felében is több helyen előkerültek ilyen állatkák. Ezek a korszak egyik innovációját, a kocsit húzó, járomba fogott szarvasmarhápárt ábrázolják.³³³

A Kr. e. 4. évezred második felére keltezhető a lengyelországi Bytynben megtalált, járomba fogott miniatűr marhapár³³⁴ ugyancsak hasonlóan realiztikus, ám nem olyan művészi kivitelű, mint a maikopiak. A szlovákiai Lisková (Liszková) barlangban szintén járomba fogott (emiatt testének közepén átfűrt), 4,8 cm hosszú szarvasmarha figurát találtak.³³⁵ A németországi Dieburgból ismert egy, ugyancsak a szekér elé fogott, hátsó felén átfűrt 9,1 cm hosszú szarvasmarha szobrocska.³³⁶

A kocsit húzó, kisméretű fémbe öntött állatok nem a mindennapi élet részei, újabb bizonyítékok a nagyfügedi tör kapcsán már említett miniatűrízáció szakrális szimbolikájához. A miniatűr állatok a ritka leletek kategóriájába sorolhatók.

Nem tudjuk, hogy a viaszve-szejtéses technológia hogyan terjedt el mozaik-szerűen az említett nagy területen, a Kaukázustól É-Európáig, a szlovák hegy-vidékig. Elképzelhető, hogy a távolsági kereskedelem bizonyítékai és nem az öntészeti tudás átvételének emlékei ezek a tárgyak. A hasonlóságok mellett jelentős a különbség abban, hogy a badeni kultúra leletei járomba fogott szarvasmarhák miniatűr ábrázolásai, azaz a kocsit ismeretének és használatának bizonyítékai, míg a kaukázusi leleteknél erre utaló adat nincs.

A különböző fémműves technikák ismerete/alkalmazása vagy a késztermék átvétele, a szokásos használati eszközök és az egyedi leletek arra utalnak, hogy a badeni kultúrának széles kapcsolatokat jelző, különleges fémművessége volt, amelyben szakrális elemek és a közösségen belüli státusz különbségek is

³³³ BONDÁR 2012, Fig. 17.

³³⁴ HANSEN 2014, Fig. 21; HANSEN 2015, Fig. 6–7. A szobrocskák 2,3–4 % arzént tartalmaztak.

³³⁵ HANSEN 2014, Fig. 22.

³³⁶ HANSEN 2014, Fig. 23.

megjelennek. Mindezen tények azt bizonyítják, hogy a badeni fémművesség több szintű volt.

Az általánosan elfogadott nézet szerint a késő neolitikumtól a középső rézkorig a felszínen gyűjthető termésrész kibúvások, és a könnyen kitermelhető oxid- és karbonátércsek használata volt a jellemző. Az ezt követő késő rézkorban a felszín közeli nyersanyag elfogyott, ezért új nyersanyagokat kellett keresni, amelyek már a mélyebb rétegekben voltak.³³⁷ Ha ez tényleg így is történt, ez még nem magyarázza meg, miért nem volt már fontos a tömör rézcsákány és miért hagytak fel az aranycsüngők vagy az arany mellkorongok viseletével a késő rézkori népcsoportok?

Sem az okát, sem a társadalmi hátterét nem ismerjük annak, hogy a középső rézkorban miért halmoztak fel és rejtettek el aranykorongokat és nagy súlyú rézcsákányokat. E deponálásnak lehetett szakrális indítéka – ahogy azt a szakirodalomban a leggyakrabban olvashatjuk – de lehetett valamiféle fenyegetettségtől való félelem is, ami miatt földbe ásták ezeket az értékhordozókat, remélve, hogy a veszély elmúltával ismét elővehetik majd kincseiket. Mindezek persze feltételezések.

A középső rézkori fémfeldolgozás pontos technológiáját még nem rekonstruálta a tudomány teljes egészében. A nehéz rézcsákányok öntésére készített öntőformákat csak nemrégiben ismerhettük meg.³³⁸ Az utóbbi években a kísérleti régészet közzétett eredményei alapján reprodukálható e szerszámok készítési módja az öntőforma előállításától a késztermékig.³³⁹

A középső rézkor végén már feltételezett változások – a fémhasználat visszaesésének? – okait nem jegyezték fel az írást még nem ismerő közösségek krónikáiban. Biztosnak látszik, hogy a késő rézkor idején valami okból paradigma-váltás történt. Az arany elvesztette korábbi szerepét. A leletek tanúsága szerint az aranyban és a rézben teaurált értékek ekkor már nem játszottak szerepet a közösségek életében.

A késő rézkori fémmennyiség radikális csökkenésére és a tárgytipusok megváltozására a szakirodalom több magyarázatot is ad. Ezek között két markáns vélemény körvonalazódott. Eszerint vagy megváltozott a késő rézkori közösségek szemlélete a fémeket illetően (nem tartották fontosnak, értékhordozónak a rézet és az aranyat), vagy a neolitikum óta használt, felszín közeli fémlelőhelyek kimerültek, emiatt a korábbiaktól eltérő technológiájú, gyengébb minőségű

³³⁷ KISS 2009, 198.

³³⁸ BOROFFKA 2009.

³³⁹ HEEB 2009; HEEB 2011.

produkáló fémfeldolgozást kell feltételeznünk, amelynek emlékei közül csak nagyon kevés maradt meg.

A leletanyagot áttekintve bizonyos, hogy a késő rézkori közösségek is ismerték a fémmegmunkálás különböző módozatait, így a nagy felkészültséget igénylő fémöntési technikákat is.

Ha ugyanolyan fontos lett volna életükben a réz és az arany, mint a középső rézkorban, akkor felkutattak volna fémlelőhelyeket vagy kereskedelmi kapcsolatokat, amelyek biztosították volna a vágyott nyersanyagot. Ha tényleg kimerültek volna az ismert érclelőhelyek, akkor más anyaggal is helyettesíthették volna a csillogó aranyat és a rezet. Különböző korok régészeti hagyatékában nem ritkán előfordul, hogy eredetileg nemesfém tárgyakat később kőből, agyagból készítenek el. A leletek tanúsága szerint azonban most nem ez történt.

E változások okait a Kr. e. 4. évezred második felében megszülető felfedezésekben kereshetjük. E félévezred alatt számos, máig élő innováció született meg. Ezek közül talán a két legfontosabb a kerék és a kocsis megalkotása volt, amely további felismeréseket, invenciókat eredményezett még ebben a korai időszakban. Az új szerkezet hosszú próbálkozások, gyakorlati tapasztalatok nyomán született meg, aprólékos munkával kellett kidolgozni, tökéletesíteni a találmányt a földrajzi körülményekhez igazítva és a közösség elvárásait, igényeit is kielégítve. Ez a jelentős felfedezés kezdetben csak keveseknek adatott meg. A kiváltságot, a presztízst, a különleges státuszt manifesztálta, amelyet mindenkori birtokosai szakrális tartalommal is gondosan alátámasztottak. Mindez a leletanyagban is tükröződik.³⁴⁰

Ugyancsak jelentős gazdasági felfedezés volt a szarvasmarha másodlagos hasznosítása. Sir Andrew Sherratt angol régész professzor 1981-ben megjelent nagyhatású tanulmányában a „másodlagos termékek forradalma” néven írta le ezt a folyamatot, amely valóságos „láncreakciót” eredményezett.³⁴¹

Az SPR (*secondary product revolution*) lényege: az állatok teje, gyapja, igyonó ereje megújuló erőforrás, ismétlődően felhasználható, így a közösség élete könnyebbé, tervezhetőbbé és gazdagabbá válik. A vadászat eredményessége már nem meghatározó eleme a közösség húsfogyasztásának, csak színesíti a húsválasztékot. Ez a pozitív változás különböző gazdasági stratégiák kialakítására készítette a közösségeket. A bármikor leölhető, tenyésztett állatok húsmennyisége előmozdította a sütés, főzés, tartósítás, fűszerezés technológiáinak kitalálását, fejlesztését. A bőr- és csontmegmunkálás különböző módszerei is gazdagodtak,

³⁴⁰ BONDÁR 2012.

³⁴¹ SHERRATT 1981.

a börcserzés bonyolult technológiája is ehhez az időszakhoz köthető felfedezés lehetett. Az állatok tejének tudatos felhasználása további tejalapú élelem előállítását tette lehetővé: a sajt és a vaj már nem ismeretlen ekkor.³⁴² Az innovációkat befogadó közösségek gazdagodtak, felesleges termékeiket elcserélhették más csoportokkal.

A kocsi már megkönnyítette az emberek életét, annak ellenére, hogy még nehezen fordul, tömör fakerekekkel együtt mozgó tengelyű szerkezet volt. A kocsi szélesebb körű elterjedése utak építését vonta magával, így nagyobb területekre kiterjedő távolsági vagy közvetítő kereskedelem is létrejöhetett.

A különböző értesüléseket összetett láncolatban érték/érhették el és adták tovább. Ennek során távoli vidékekről, szokásokról is tudomást szereztek, és emberi kapcsolatokat is teremtettek.

Elképzelhető az is, hogy így szereztek tudomást metallurgiai szakismereteket birtokló fémművesekről, akiket alkalmanként megbízhattak különlegesebb tárgyak elkészítésével is. Ha ez így történt, akkor már stílusok, műhelyek létezését is feltételezhetjük egyes régiókban.

A késő rézkori közösségek ismerhették a fémnyersanyag és/vagy a késztermékek beszerzési lehetőségeit is kapcsolataik révén. Mindezen tudás a munkamegosztást és specializációt is nyilvánvalóvá teszi a közösségen belül.

Ebben az időszakban a különböző közösségek sóval, obszidiánnal és nagy valószínűséggel, gyapjúval is kereskedtek. Ezek lehetnek az új, a ritka, nagyobb „értéket” megtestesítő árucikkek a korszakban.

Az egykori valóságnak csak kis részéből, a ránk maradt leletekből, nyilvánvalóan nem tudjuk meghatározni azt a szellemi hátteret, amelyből megtudhatnánk, hogy milyen jelentőséget tulajdoníthattak a Kr. e. 3600/3500–3000/2800 közötti évszázadokban a réznek és az aranyaknak. Bármilyen volt is a csillogó fémekhez fűződő szimbolikus jelentéstartalom, bizonyos, hogy széles kapcsolatrendszerrel rendelkező közösségek éltek a Kárpát-medencében is, akik ismerték a fémművesség különböző eljárásait és a korábbi időszaktól gyökeresen eltérő típusú és minőségű réztárgyakat készítettek nagy tisztaságú fémből.

A fémekhez kapcsolódó különböző képzetekről a Kr. e. 4. évezredből nincsenek közvetlen adataink, csak a későbbi mitológiák alapján gondolhatjuk, hogy ezek gyökerei már korán, a csillogó fémtárgyak elkészítésekor, az izzó tűz és olvadt, forró fém ihletésében megszülethettek meg. A fémlelőhelyek, a bányák birtoklása minden korszakban stratégiai fontosságú, komoly hatalmi és gazdasági pozíciót jelentett, a fémforrás pontos helyszíne ezért sem tartozott a széles köz-

³⁴² BONDÁR 2012; BONDÁR 2018, 283–284.

véleményre, csak kevesek ismerhették. Mindezek tovább mélyítették a fémekhez fűződő misztikus légkört és az ebből fakadó szakralitást és a közösségen belüli különbségeket.

A Kr. e. 4. évezred második felében az emberek mindennapjaiban az új felfedezések hatására bekövetkezett jelentős pozitív változások magyarázhatják a gazdasági, szellemi és szakrális életben bekövetkezett paradigmaváltást, amelynek új szimbólumai a miniatűr állatszobrok és egyedi ékszerek lehettek.

A korai fémművesség több évezredes időszakának leletek által kirajzolt kapcsolati mátrixáról napjainkban több térkép is készült. Ezek a fémművesség innovációjának terjedését,³⁴³ feltételezett kereskedelmi útvonalakat,³⁴⁴ bányákat,³⁴⁵ a lehetséges fémlelőhelyeket³⁴⁶ és különböző fémtárgyak elterjedését³⁴⁷ ábrázolják a szerzők.

Legutóbb a Rosenstock–Scharl–Schier szerzői trió összegezte a különböző századok fémfelhasználását.³⁴⁸ A régészetben még újdonságnak számító módszerrel, ún. krigeléssel vizsgálták a réztárgyak elterjedését Anatóliában és Európában. A módszer a kriging, egy térbeli interpolációs algoritmus,³⁴⁹ amellyel a lelőhelyeket 200 éves bontásban ábrázolják, feltételezve, hogy 200 km távolságon túl már nem korrelálnak az adatok. Az alkalmazott módszerről csak nagyon érintőlegesen, röviden írnak, ahogyan a felhasznált adatbázisról is.³⁵⁰ A 253. lábjegyzetben rendkívül sommásan írták le a módszer lényegét.³⁵¹ A tanulmány

³⁴³ ROBERTS *et al.* 2009, Fig. 1a, Fig. 1b; MERKL *et al.* 2013, Fig. 1; ROSENSTOCK *et al.* 2016, Abb. 1.

³⁴⁴ LING *et al.* 2014, Fig. 21.

³⁴⁵ HÖPPNER *et al.* 2005, Fig. 1; ARTIOLI *et al.* 2014, Fig. 1; YALÇIN *et al.* 2015, Abb. 1; PERNICKA–LUTZ–STÖLLNER 2016, Fig. 1, 3.

³⁴⁶ PERNICKA *et al.* 1993, Fig. 18; LEUSCH *et al.* 2015, Fig. 1. réz, arany és kova lelőhelyek szerepelnek a térképen a Kr. e. 5. évezredből

³⁴⁷ HANSEN 2013, Fig. 7: aranycsüngők; Fig. 16: axe-adzes; Fig. 22: réz és bronz török; PERNICKA–LUTZ–STÖLLNER 2016, Fig. 18; KOWALSKI *et al.* 2016, Fig. 9, 12 (rézcsákányok)

³⁴⁸ ROSENSTOCK *et al.* 2016.

³⁴⁹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Kriging>, Térinformatikai Értelmező Szótár 1997; TELBISZ *et al.* 2013, 35–39.

³⁵⁰ ROSENSTOCK *et al.* 2016, 58–60, 63.

³⁵¹ „Unscharf datierte Fundbelege wurden auch hier gewichtet bei mehreren Zeitscheiben kartiert. Mehrfache Vorkommen von Kupferfunden mit identischen Geokoordinaten (z. B. Gräberfeld von Varna) werden aus methodischen Gründen als nur ein Beleg

előzménye egy doktori disszertáció. Az idézett cikkből nem derül ki, hogy a térképeken megjelenített színskála milyen mennyiséget jelölt pontosan. A térképekhez használt adatbázist sem közlik a szerzők. A módszer csak az előfordulási skálát szemlélteti. A látványos térképek jól érzékeltetik, hogy milyen lehetett a fémművesség intenzitása a szerzők által vizsgált 200 éves időszakokban.

Kr. e. 5200–5000 között a mai Törökország és Irán, Izrael és Szíria továbbá Bulgária, Románia és Magyarország mutat jelentős sűrűsödést. 200 évvel később a felsorolt területeken kívül nagyobb térségekben fordulnak elő a réztárgyak: Görögország, Szerbia, Ausztria, D-Németország és Lengyelország egyes területei is jelentősebbé váltak.

Kr. e. 4800–4600 között már Németország középső része és balti-tengeri partvidéke is érintett a fémművesség terjedésében.

Kr. e. 4600–4400 között a Balkán-félszigeten, Bulgária területén rendkívüli intenzitást jelez a térkép, s Közép-Európa is lelőhelyekkel telepötyözött.

Kr. e. 4400–4200 között Bulgária mellett Románia és Magyarország területén figyelhető meg rendkívüli sűrűsödés és Ukrajna is jelentős centrummá válik.

Kr. e. 4200–4000 között a Kárpát-medencébe tevődik át a fémművesség súlypontja.³⁵² Kr. e. 4000–3800 között már egyre nagyobb területeken figyelhető meg a metallurgia térhódítása, intenzív központként ekkor Szlovákia É-i része és D-Lengyelország szerepel a térképen.³⁵³

Kr. e. 3800–3600-ra az ausztriai és olaszországi Alpok vidéke tudhatja magáénak a legtöbb leletet. A késő rézkor kezdetén Európa középső, keleti és déli része csaknem egészében ismeri a fémeket, megmaradt Kis-Ázsia, a Kaszpi-tenger déli részén Irán, valamint Szíria jelentősége a fémművességben.³⁵⁴

A szerzők további térképeken mutatják be az egyes réztárgy típusok elterjedését. A Kr. e. 3800–3400 közötti időszakból a háromfajta balta, vésők, az ún. rövid török lelőhelyei szerepelnek, ebből világosan látható, hogy a török a mai Románia és Szlovákia területén a jellemzőek, Ausztriából és Németországból egy-egy lelőhely szerepel a térképen.³⁵⁵ Magyarországi késő rézkori anyag, bele-

gewertet. Die Berechnung der Kerndichteschätzung erfolgte mit QGIS und einem Suchradius (Kernbandbreite) von 200 km und biquadratischem Kern; anschließend wurden alle errechneten Rasterwerte logarithmiert (mit dem Programm SAGA), um über alle Zeitscheiben hinweg eine vergleichbar darstellbare. Skala zu erhalten.”

ROSENSTOCK *et al.* 2016, 253. jegyzet.

³⁵² ROSENSTOCK *et al.* 2016, Abb. 12.

³⁵³ ROSENSTOCK *et al.* 2016, Abb. 13.

³⁵⁴ ROSENSTOCK *et al.* 2016, Abb. 15.

³⁵⁵ ROSENSTOCK *et al.* 2016, Abb. 18.

értve pl. a vörsi diadémot is, sajnos, nem szerepel ebben az összefoglalásban sem, a badeni kultúrát is csak néhányszor említik.³⁵⁶

A színes térképeken élénk táruló, kiterjedt kapcsolatrendszer látva, felmerül a kérdés: mekkora fémmennyiségről beszélhetünk ezekben az évszázadokban?

A fémleletek kvantitatív mutatóiról (súly, darabszám) kevés adatot találunk a szakirodalomban. Ernst Pernicka és David Anthony számításai szerint Kr. e. 4500 és 3800 közötti 700 évből DK-Európában, beleértve Magyarországot is, a rézleletek súlya 4.700 kg, azaz 4,7 tonnára tehető. Ebben a mennyiségben az öntött rézcákányok is benne foglaltatnak, köztük nemritkán egy-egy 20 kg-os darabbal. Az aranyak több mint 6 kg-ot nyomnak a leletanyagban.³⁵⁷

Nehéz megmondani, hogy ez a mennyiség sok vagy kevés, és mihez képest az e nagy területről 700 év alatt.

A világ rézmennyiségére vonatkozó megbízható adatot alig találtam a világhálón.

Az International Copper Study Group 2012-es adatai szerint³⁵⁸ az Európában felhasznált réz 44,8 %-a újrahasznosított, ez 2,25 millió tonna volt.

A világ rézkészletéről az USA Geológiai Szolgálatának honlapján az alábbi adatokat olvashatjuk:

Napjainkig mintegy 700 millió tonna rezet használtak fel a világban. Ez egy 430 m oldalú kockában férne el. További 2,1 milliárd tonna rézlelőhelyről van tudomásuk, ezzel együtt 2,8 milliárd tonna a rézmennyiség, amely egy 680 m oldalú kockába férne bele. A Föld teljes rézkészletét a még fel nem fedezett forrásokkal együtt mintegy 3,5 milliárd tonnára becsülik. A már kitermelt és ismert, továbbá a még fel nem tárt rézmennyiség tehát 3,5 milliárd tonnára tehető, amely 890 m oldalú kockába férne el.³⁵⁹

E mennyiségek vizuális érzékeltetéséhez: a 430 m élhosszúságú kocka (eddig felhasznált réz a világban) a New York-i 102 emeletes Empire State Buildingnél 13 méterrel alacsonyabb lenne.

³⁵⁶ E nagyarányú összegzés ismeretében is teljesen indokolt, ha a késő rézkori Kárpát-medence központi területéről bemutatjuk a létező fémleleteket.

³⁵⁷ PERNICKA–ANTHONY 2010, 169. Az adatok nyilván becslésen alapulnak. A várnai temetőben talált több mint 3100 aranytárgy súlya ca. 6 kg (LEUSCH *et al.* 2014, 23). Az aranykorongok, gyöngyök stb. súlya nyilván nem túl nagy mennyiség, de valószínűleg 6 kilónál azért jóval több lehetett az aranytárgyak súlya.

³⁵⁸ International Copper Study Group – ICSG, Brüsszel. www.eurocopper.org (utolsó megtekintés: 2018. július 23)

³⁵⁹ https://www.usgs.gov/faqs/how-much-copper-has-been-found-world?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products (utolsó megtekintés: 2019. márc. 31)

A 680 m élhosszúságú kocka (a még kiaknázatlan rézlelőhelyekről nyerhető mennyiség) a Tokyo Skytree toronynál 50 m-rel magasabb lenne.

A Föld teljes réz mennyisége a Dubajban épült, 160 emeletes Burdzs Kalifa 828 méterénél 62 méterrel magasabb kockában férne el.

E látványos, milliárdos mennyiségekhez képest a korai fémművesség részfeldolgozása ugyancsak elenyészőnek tűnik. Az említett 4,7 tonna rézlelet egy fél vagonban (vasúti kocsiban) elférne.

Hasonló a helyzet az arannyal is. Magyarország 2018-ban hazahozott aranytartaléka 3 tonna súlyú aranytömbökben, ez hozzávetőleg százezer uncia. Az Arany Világtanács egy 2010-es adata szerint a világ országainak aranykészlete valamivel több, mint 30.000 tonna volt, a rézkori aranyak becsült súlya, a 6 kg csak egy csepp a tengerben.

A késő rézkorhoz köthető mennyiséget nemrégiben közöltek. A badeni kultúrával részben párhuzamos, É-kaukázusi Maikop kultúra sírjaiban mintegy 10 ezer leletet találtak, ebből 9.500 volt az ezüst és arany tárgyak száma.³⁶⁰

A rézkorra vonatkozó mennyiségeken kívül három szemléletes bronzkori adatot találtam. Ekkor már nagyon intenzív fémkereskedelem folyt a Mediterráneumban.

A bevezetőben említett Cape Gelidonyánál elsüllyedt késő bronzkori szíriai hajón (Kr. e. 1200) egy edényben 34 különböző összetételű nyersanyagtömb, ún. ingot volt.³⁶¹ Az ugyancsak Törökország déli partjainál, Uluburunnál elmerült hajó (Kr. e. 1300) több mint tíz tonna rezet és egy tonna ónt szállított, továbbá 354 db öntecs is volt a rakományában.³⁶²

2019 áprilisában újabb, az említett két hajónál néhány száz évvel korábban elsüllyedt bárkát találtak a Földközi-tengerben. A Kr. e. 1600-as évekből származó hajó maradványaira az Akdeniz Egyetem víz alatti régészcsoportja bukkant rá Törökország déli partvidékén, Antalya közelében. A kereskedőhajó 14 méter hosszú volt, rakományként réztömböket szállított, a becslések szerint körülbelül 1,5 tonnányit.³⁶³

Ezek az adatok a súlyon kívül arra is rávilágítanak, hogy ebben az időszakban komoly, szinte ipari méretű kitermelés és nyomában szervezett kereskedelem zajlott a Földközi-tenger medencéjében. Ugyanazon a tengeri útvonalon különböző

³⁶⁰ HANSEN 2013, 153.

³⁶¹ JONES 2007, 7.

³⁶² JONES 2007, 6–7.

³⁶³ https://index.hu/techtud/tortenelem/2019/04/09/3600_eves_hajot_talaltak_torok_buvarregeszek/ (utolsó megtekintés: 2019. ápr. 9)

típusú áruszállítás folyt: egy kis mennyiséget vivő magán célú, és a nagy mennyiséget szállító kereskedelmi hajózás bizonyítékát őrizték meg az elsüllyedt tengeri járművek. A fémtömbök eltérő összetétele különböző forráshelyekre utal, amely újabb adalék a kiterjedt kapcsolatrendszerhez ebben az időszakban, amelynek előzményei nyilvánvalóan már korábban létrejöttek.

Az említett rézkori és bronzkori mennyiségek ismeretében már van viszonyítási alapunk arra, hogy a késő rézkori fémművesség valóban csökkent volument jelent-e a Kárpát-medencében.

Az általános vélekedéssel ellentétben feltételezem, hogy a réz mennyiségének csökkenése nem volt olyan radikális, ahogyan ezt a szakirodalomban toposzként olvashatjuk.

A réz és az arany köztudottan újrafeldolgozható fém. A réz minőségromlás nélkül szinte a végtelenségig újra és újra felhasználható kis hőhatással is, így a késő rézkori közösségek ezt a tapasztalatot jól kamatoztathatták. Azt is tudjuk, hogy felszín alatti ércekből a korabeli technológiával csak a fém kis hányadát lehetett kinyerni, így eleve nem büszkélkedhettek nagy fémgazdagsággal, s a kevésből csak kevés maradhatott az utókorra is. Így még fontosabbá válik az a leletspektrum, amely a több fajta feldolgozási technológiát alkalmazó, széles kapcsolatrendszerrel rendelkező késő rézkori fémművességet jellemzi.

VIII. A fémfeldolgozás hatása az emberre és környezetére

A fémművesség társadalmi vonatkozásainak egy másik szegmense az ember és környezetének szimbiózisa az új felfedezések konstellációjában.

A fémfeldolgozás kezdetben nem okozott nagy katarzist az ember és a természeti környezet életében. A korai időkben hideg eljárással készült, kalapált tárgyakhoz a rézszalagot viszonylag könnyen előállíthatták a fémrögökből, a nyíltterű olvasztáshoz (*melting*) ugyanis elegendő a tábortűz és az olvasztótégely.

A fémbányászat és fémöntés feltételrendszere és műveleti sora (*chaîne opératoire*) azonban már számos ponton megváltoztatta a természetet földön, vízben, levegőben. Tájátalakító, az ökológiai egyensúlyt megbontó visszafordíthatatlan folyamatokat indítottak be a korai fémművesek az új felfedezés és technológia kihasználása feletti örömeikben.

A magasabb szintű művelet, a kőzet zárterű, redukciós – azaz oxigénszegény környezetű – olvasztása (*smelting*) már kohászati tevékenység volt. Ehhez nagy mennyiségű faszén, pörkölőgödrök, speciális kemencék, fűvócsövek, tudatosan alkalmazott adalékanyagok és nagyobb öntőtégelyek, öntőformák is szükségesek. A kohászati művelethez patak vagy folyó közelsége is ideális.

A fém pörköléséhez szükséges szén előállításához fákat kellett kivágni, célszerűen a fémfeldolgozó területek közelében. A szükséges mennyiségű faszén előállítása az erdőben történt, ahogyan ezt még az újkori faszénégetőknél ma is tapasztalhatjuk. A szénégetők leggyakrabban gyertyánt, bükköt, kőrist és cserfát használhattak. A fát boksába rakták. Ehhez először vízszintes terepet készítettek. 80 m³ fa égetéséhez 8 m átmérőjű hely kell. A hasábokat szorosan, függőlegesen vagy gúlába rakva állítják fel a területen. A boksa 3–3,5 m magas is lehet. Amikor ez kész, az egész farakást földdel betakarják, a levegőt teljesen kizárják, csak itt-ott hagynak egy-egy nyílást. Ezután a máglya tetejét meggyújtják. 8–12 napig lassan égetik, majd egy napig pihentetik. Utána szétbontják az égetőhelyet. A széndarabokat összeszedik, felhasználják.³⁶⁴ (Szerencsés esetben ilyen jelenségekre is figyelhet a régész feltáráskor.) Ebből a folyamatsorból könnyen kiszámítható, hogy a telet leszámítva, amikor az időjárás nem kedvezett a bányászatnak, hány napot tölthettek optimális esetben szén előállításával a közösség egyes tagjai, így már a munkamegosztásnak egy újabb területét is láthatjuk a folyamatok mögött.

³⁶⁴ <https://hu.wikipedia.org/wiki/Szénégetés> (utolsó megtekintés: 2017. szeptember 3).

Az ércfeldolgozás magasabb szintjére, a rézkohászatra utaló adatokat magyarországi késő rézkori környezetben nem találtam, talán a véletlen egyszer majd pótolja ezt a hiányosságot.

A fairsítás nagyságrendjére a bronzkori Mitterberg (Ausztria) bányával kapcsolatban idézett számításokat Sánta Gábor. Eszerint „5 kg réz kinyeréséhez 100 kg faszén szükséges. A mitterbergi bányákból a bronzkorban kitermelt 18.000 tonna réz kinyeréséhez összesen 360 ezer tonna faszénre volt szükség. 100 kg faszénhez 700 kg fára van szükség, így kb. 2,5 millió tonna fát használtak fel a bronzkorban rézolvasztáshoz ... kb. 4 millió m³ fát vágta ki Mitterberg környékén.”³⁶⁵ Ezzel az óriási pusztítással is csak a réz 5 %-át tudták előállítani a kőzetből! A mitterbergi főtélér környezetében megtalálható többi telért is figyelembe véve 50.000 tonna rézzel számolnak a kutatók.

A fák kivágása a közösségen belüli összefogást és szervezetséget igényelte. A munkákhoz komoly szerszámok és megfelelő ismeretek is kellettek.

Az elégetésre kerülő, óriási mennyiségű fa biztosításához gyakori erdőirtásra volt szükség, amely már komoly környezetkárosítást okozott, amint ezt érzékeltettük a fenti számításokból.

A réz olvadáspontjának (1083 °C) eléréséhez – mint a számításokból is láthattuk – nagy mennyiségű faszénnel kellett hevíteni az ércet. Ennek során az arzéntartalmú rézérccekből 640 °C körül már bűzös, mérgező gáz szabadult fel, miközben az arzénből keletkező por, arzén-oxid, került a levegőbe. Mindennek jelentős rákkeltő hatása volt a munka résztvevőire.

A pörköléskor keletkező mérgező anyagok és bűzös szagok miatt minden bizonnyal a településektől távol, vízfolyás közelében egyedül vagy kis létszámú közösségben végezték a specializálódott kézművesek az ércfeldolgozást, amint ezt anatóliai és ausztriai példák is bizonyítják.³⁶⁶

Ezért is van az, hogy az ismert telepeken nem találjuk meg a fémműves tevékenység nyomait, ezt csak véletlenül vagy célzott, műszeres kutatással fedezhetjük fel szerencsés esetben.

Az erdőirtás a talajeróziós hatásokat is felerősítette és előidézte egyes területek elmozsarasodását, jó táptalajt biztosítva az itt szaporodó, különböző fertőzőseket terjesztő rovarok számára.

Nemcsak az erdők ritkultak, sérült az ökológiai környezet is: számos növény és állat látta kárát az erdők átalakításának, megkezdődött a fajok kipusztulása.

³⁶⁵ SÁNTA 2011, 316.

³⁶⁶ YALÇIN *et al.* 2014, Abb. 2; STÖLLNER *et al.* 2006, Abb. 2.

Az ércet mossák, ezzel mérgezik a patakok és folyók vizét. A vizekben leggyakrabban előforduló szennyezők a vas és a mangán ionjai.

A mangán nagy koncentrációban idegkárosító. A cink nagyobb mennyiségben a növényeket károsítja. A kadmium nagyon mérgező. Az ólom zavarja az agyfunkciókat és a vérképzést. Az arzén rákkeltő.

Nemcsak a fémfeldolgozás egyéni szereplőinek egészségére hatott negatívan a kohászati tevékenység. A kohósítás során felszabaduló gőzök és gázok, a szálló por már a levegőt is szennyezték, s nagyobb közösségek egészségére is káros hatással voltak.

Ezek a tények mai tudásunknak köszönhetőek, ám egyes elemei jóval korábban, a mitológiában is megjelennek és írott forrásokban is található már feljegyzések az emberi egészségkárosodásra, a levegő és vizek szennyeződésére, amelyekből csak néhányat említek példaként.

A különböző népek mitológiájában szereplő kovácsok (Héphaisztosz, Vulcanus, Völund, Szvarog) fogyatékosága nem az isteni kiváltság része, hanem tevékenységük súlyos élettani következménye volt. Az olimposzi Héphaisztosz sántaságára több lehetséges orvosi kórkép is született. Mozsolics Amália, vegyészekkel és orvosokkal konzultálva, igazolva látta, hogy a rézércnek pörkölésénél felszabaduló, finom por, az arzén-oxid okozhatta mindezt,³⁶⁷ amely egészségkárosodás – mai szóhasználatlaltal – komoly foglalkozási ártalomnak tekinthető.

Rómában a Kr. e. 1-2. században ez már olyan méreteket öltött, hogy Seneca is méltán panaszkodott a város rossz levegőjére.

Egy, a Római Birodalom ökológiai hatásait elemző tanulmányban a Kr. u. 1–2. századra vonatkoztatva az alábbi adat olvasható:

„Még magasabb volt a levegő rézkoncentrációja: kb. 2100–2300 tonna/év a Római Birodalom csúcskorszakában (Kr. u. 1–2. század), amely magasabb, mint a 18–19. századi európai emisszió. Mindez azzal függ össze, hogy a bányák és fémfeldolgozó üzemek a császárkor első két évszázadában teljes kapacitással üzemeltek. Csak a hispaniai ólombányák termelése meghaladta a 20 000 tonnát évente; a dalmáciai, ciprusi és arábiai rézbányáké pedig a 15 000 tonna/év szinten mozgott.” Seneca tehát joggal panaszkodott a város rossz levegője miatt. Hogy mennyire komoly lehetett a szálló por és a különböző gázok miatt a légszennyezés, azt a grönlandi gleccserek kémiai vizsgálatának meglepő eredményei is bizonyították az 1990-es évek elején.³⁶⁸ A légkör szennyezettsége a holttesteken

³⁶⁷ MOZSOLICS 1976.

³⁶⁸ GRÜLL 2013, 1030.

is mérhető. A Rómában talált (Grotta Rossa) múmiáról kiderült, hogy fiatal kora ellenére bányásztüdő (*anthracosis*) nevű kórban hunyt el.³⁶⁹

A 16. században Georgius Agricola a fémekről írott könyvében leírta: a bányászat ellenzői azzal érvelnek, hogy a kohók miatt egész erdőket és ligeteket tarolnak le, mert a bányá rengeteg fát nyel el. Az erdőirtások következtében kipusztulnak a madarak és olyan állatok, amelyeknek a húsa az emberi táplálkozást szolgálja.³⁷⁰

³⁶⁹ GRÜLL 2013, 1030.

³⁷⁰ AGRICOLA 1556.

IX. Összegzés

Ma már életünk minden területén jelen vannak a fémek. Az épületek, hidak, közlekedés, háztartások, informatikai eszközök stb. megannyi fémeket tartalmaznak. A gyógyászatban nélkülözhetetlen vizsgálati műszerek, protézisek stb. fémből készülnek. Sorolhatnánk még a felhasználási területeket, de felesleges, mert e néhány példa alapján is egyértelmű, hogy a különböző fémek ma már szinte észrevétlenül behálózják mindennapjainkat, az emberi lét minden területén megtalálhatóak. Felfedezésük, tulajdonságaik megismerése és a fémtárgyak elkészítéséhez vezető folyamat kimunkálása azonban hosszú évezredek alatt született meg és tökéletesedett. Apró megfigyelések, generációról generációra öröklődő tudás és tapasztalatok, sok szenvedés után kidolgozott módszerek nyomán jutott el az emberiség az úrkorszak csúcstechnológiájához.

A réz, az arany és az ezüst több ezer éve jelen van a különböző közösségek életében. Mai tudásunk szerint a korai fémművesség DNy-Ázsiában, a mai Irak és Törökország területén a Kr. e. 11–9. évezredben már létezett. DK-Európában az aranyfeldolgozás az 5. évezred közepén, míg a réz feldolgozása a 4. évezred közepétől már része a mindennapoknak.³⁷¹

A régészetben a korai fémművesség/Early Metallurgy (I. fejezet) terminológia azt sugallja, hogy a legkorábbi metallurgiai nyomok megtalálását, a fémfeldolgozás felfedezésének kezdeti időszakát jelöli a *korai* meghatározás. Valójában nem ezt, hanem a már ipari méretekben termelő, az „*igazi*” *bronzkor előtti* több ezer év technológiai tudását és ránk maradt emlékeinek kutatását jelenti a korai fémművesség fogalma.

A Kárpát-medencében és tágabb körzetében a korai fémművességet a szokásos hármás felosztásban (kialakulás–virágzás–hanyatlás) vizsgálják a kutatók. (Ez a felosztás a késő neolitikum, korai, középső és késő rézkort öleli fel a hazai kutatásban.)

Eszerint a korai fémhasználat általános elterjedése a késő neolitikum–korai rézkor idejére tehető, ekkor szerény kivitelű réz- és aranytárgyakkal (elsősorban ékszerekkel) találkozunk a leletanyagban, amelyek a feltételezések szerint természetéből és természetéből hidegen kalapálva készültek.

A virágzó, fellendülő korszak a középső rézkor, amikor a fémöntés felfedezésével már a sok fémeket tartalmazó, súlyos rézeszközök (nem ritkán 20 kilogrammos rézcsákányok) és a szépen kidolgozott aranytárgyak a jellemzőek az

³⁷¹ ROBERTS *et al.* 2009, 1012–1013.

emlékanyagban. E két fém – az általánosan elfogadott nézetek szerint – tulajdonosaik társadalmi státuszát, presztízsét kifejező, és teaurálható értéket megtestesítő anyag volt.

A hanyatló korszakot a késő rézkorra, a Kárpát-medencében és tágabb térségében megtelepedett badeni kultúra időszakára helyezi a kutatás. A Kr. e. 3600/3500–3000/2800 közötti évszázadok fémleletei gyökeresen eltérnek az előző korszak tárgytípusaitól. Eltűntek a szépen kidolgozott aranytárgyak és nem találhatók meg a leletanyagban a tömör, súlyos rézcsákányok sem. Jelentősen csökkent a fém tárgyak mennyisége, gyenge minőségű tárgyak készültek rézből. A feltételezések szerint ismét a hidegen történő kalapálás volt a jellemző technológia.

E jelentős változást a kutatók többféleképpen magyarázzák, részben a könnyen hozzáférhető fémlelőhelyek kimerülésével, részben a korábbi kapcsolatrendszerek átrendeződésével hozzák összefüggésbe.

A fémművességet az utóbbi években jelentős nemzetközi programok keretében kutatják. A kezdetek és az igazi fémkorszak, a bronzkor, egyre részletesebben feltárul régészeti és archeometriai oldalról is. A két, fémekben gazdag periódus közötti évszázadok leletanyagát azonban alig ismerjük.

A Bevezetésben már említettem, miért született meg ez a kismonográfia. A Kárpát-medence középső része a metallurgia szempontjából is fontos terület, Kelet és Nyugat közötti kapcsolati zóna technikai tudásátadásban, kereskedelemben. Ennek ellenére a budakalászi temető monográfiájának írásakor szembesültem az a tényvel, hogy a késő rézkori fémművesség leleteit csak a magyar szakirodalom ismeri, manapság ugyanis általánossá kezd válni, hogy az egyes országok kutatói saját nemzeti szakirodalmukat idézve dolgoznak fel egy-egy témát, ennek következtében jelentős leletek és tanulmányok is rendre kimaradnak a nemzetközi tudásbázisból. Ez történt a késő rézkor egyedülálló leletével, a vörsi diadémmal is. A fejdísz újraközlésével és új, roncsolásmentes anyagvizsgálatokkal igyekeztem ismét a kutatás vérkeringésébe integrálni e különleges relikviát.³⁷²

Ezért is tartottam fontosnak a magyarországi késő rézkori fémleletek feldolgozását. Jelen kismonográfiámban a késő rézkori fémművesség hazai leletanyagának összegyűjtését, a korábbi fémvizsgálatok közreadását és az új leletek elemzéseit is publikáltam.

Választ kerestem arra a kérdésre is, hogy milyen jellegzetességei voltak a Kr. e. 4. évezred második felében a badeni kultúrkör fémművességének.

³⁷² BONDÁR 2015a; BONDÁR 2015b; BONDÁR 2015c; BONDÁR 2016.

A régészek számára kevésbé ismert geológiai, geokémiai vonatkozásokkal, továbbá a bányászat és a fémöntés problémáival is foglalkoztam. Esetenként a kísérleti régészet eredményeit is felhasználtam.

Keveset olvashatunk a fémművesség társadalmi hatásairól, valamint egészségrontó és környezetkárosító következményeiről. Adatokkal, számításokkal alátámasztva vázoltam fel az őskori fémkitermelés, kereskedelem és fémfeldolgozás méreteit és környezeti hatását.

Az ipari társadalmak előtti évezredekben a fémfeldolgozást jól szervezett, jelentős munkamegosztással dolgozó közösségekben megfelelő felkészültségű emberek végezték. A korabeli technikákkal a bányászat, a fémek pörköléséhez szükséges fa kivágása, a kohászati műveletek előkészítése és megvalósítása, a késztermék előállítása e korai időkben is szakmai tudást, ismereteket és széleskörű emberi kapcsolatokat igényelt és hozott létre a tevékenység során. A fémbányászat, fémfeldolgozás, kereskedelem, a különböző csoportok eltérő erőviszonyai esetenként komoly ellentétekhez, olykor háborúskodáshoz is vezettek.

A késő rézkori tárgyakat látva felmerült a kérdés: van-e régészeti kultúrához köthető metallurgia vagy egy bizonyos szinten túl a fémművesség már a korai időszakban is szupraregionális invenció volt? Milyen ismeretekkel rendelkeztek e korai fémművesek? Valóban radikálisan csökkent a fémtárgyak mennyisége a késő rézkorban? Milyen mennyiségi adatokat ismerünk a fémek volumenéről? Hogyan bányászták az érceket? Hogyan dolgozták fel azokat? Mi történt mindennek során a környezettel és hogyan hatott a kohászati munkafolyamat a fémművesek egészségére?

A késő rézkori badeni kultúra centrális területének fémanyagát, a publikált fémelemzések eredményeit összegyűjtve, az újabb leletek anyagvizsgálatával együtt elemezve az alábbi eredményekre jutottam:

A fémművesség bizonyítékai közül a magyarországi anyagban a leletté vált készterméket (II.1–II.3. fejezet) és az öntéssel kapcsolatos néhány eszközt (II.4. fejezet) említhetjük, bányát, pörkölőgödrt, fémolvasztáshoz használt speciális kemencét nem ismerünk.

A magyarországi leletek (II. fejezet és Katalógus), anyagvizsgálatok (III. fejezet) és készítés-technikai elemzések (IV. fejezet) azt mutatják, hogy a korszak fémművessége nem iparszerű, széles tömegigényeket kielégítő metallurgia volt. Még csak manufakturálisnak (kisszériás termékek egy-egy műhelyből) sem tekinthető jelen ismereteink szerint. Helyben dolgozó (vagy vándorló) mesterek egyedi tárgyait látjuk a leletanyagban. E kézművesek között voltak ügyesebb, nagyobb tudású specialisták (pl. a vörsi diadém, a balatonlelleli karperec, az Ózd-

centeri és fajszi gombok készítője), és vannak az egyszerűbb árákat, vésőket és gyöngyöket előállító emberek, akik a különböző fémműves technikákat ismerték és alkalmazták. Az is lehetséges, hogy a késztermékhez csere útján jutottak távolabbi vidéken. A leletek szóródása ugyanis nagy területre kiterjedő kapcsolatrendszert mutat: az Alpoktól a Kaukázusig, Németországtól Olaszországig fellelhetők párhuzamaik.

A badeni kultúra fémleletei néhány tárgy típusra szorítkoznak, amelyekhez csak kevés analógiát találhatunk különböző régészeti kontextusból.

A használati eszközök és az egyedi leletek arra utalnak, hogy a badeni kultúra kiterjedt kapcsolati hálójának köszönhetően különleges fémművességgel jellemezhető, amelyben szakrális elemek és a közösségen belüli státusz különbségek is megjelentek. Mindezen tények azt jelzik, hogy a badeni fémművesség több szintű volt technikai tudásban, kivitelezésben és igényekben is.

A késő rézkorban olyan gazdasági, társadalmi és szellemi paradigmaváltás történhetett, amely miatt a fémek szerepe is megváltozott (VII. fejezet). A korábban nagyon elterjedt, jó minőségű rézből és aranyból készített tárgyakra – számunkra ismeretlen ok miatt – már nem tartottak igényt az ekkor élt közösségek. Úgy tűnik, hogy az egyéni és közösségbeli státuszt és presztízst, a teaurálható értéket a késő rézkor 600–800 éves időszakában már nem ezek az anyagok és nem a belőlük készített, komoly fémmegmunkálási tudást igénylő rézcsákányok és aranyékszerek testesítették meg, de – amint láttuk – a fémművesség ekkor is létezett.

Az értékrend megváltozásán nem csodálkozhatunk, hiszen a Kr. e. 4. évezred második felében számos, máig élő innováció született meg. Ezek közül talán a két legfontosabb a kerék és a kocsis megalkotása volt, amely további felismeréseket, invenciókat eredményezett még ebben a korai időszakban. Az új szerkezet hosszú próbálkozások, gyakorlati tapasztalatok nyomán született meg, aprólékos munkával kellett kidolgozni, tökéletesíteni a találmányt a földrajzi körülményekhez igazítva és a közösség elvárásait, igényeit is kielégítve. Ez a jelentős felfedezés kezdetben csak keveseknek adatott meg. A kiváltságot, a presztízst, a különleges státuszt manifesztálta, amelyet mindenkori birtokosaik szakrális tartalommal is gondosan alátámasztottak. Mindez a leletanyagban is tükröződik.

Jelentős gazdasági felismerés volt a szarvasmarha másodlagos hasznosítása. Az úgynevezett SPR (*secondary product revolution*) felfedezés lényege: az állatok teje, gyapja, igavonó ereje megújuló erőforrás, ismétlődően felhasználható. Értéknövelő tényező az is, hogy az állatot tenyészteni kell és meg kell tanítani

egyes példányait a kocsi vagy eke vontatására, amely csak több év alatt tanulható meg.

Ebben az időszakban a különböző közösségek sóval, obszidiánnal és nagy valószínűséggel, gyapjúval is kereskedtek. A szekér birtokában ez már könnyen megoldható, hosszabb távolságra is kiterjedő gyakorlat lehetett.

A késő rézkorban bekövetkezett gazdasági, szellemi és szakrális paradigma-váltás tehát új értékrendet hozott létre, amelynek szimbólumai a miniatűr kocsik,³⁷³ kicsinyített állatszobrok és egyedi ékszerek lehetnek. A „miniatürizáció” fogalma, jelentése, jelentősége csak napjainkban került a kutatás homlokterébe.³⁷⁴ A kicsinyített tárgyak – az írásbeliséggel már rendelkező ókori civilizációkban – egyértelműen a halotti kultuszhoz kötődnek, a legtöbb hiteles forrást erre az ókori Egyiptomban találjuk.³⁷⁵ Ugyancsak a halálhoz kapcsolódnak az eddig ismertté vált egyedi ékszerek is (vörsi diadém, balatonlellel pántkarperec, lemezből készített rézgyöngyök).

A fémek jelentősége a teaurálásban nem jelenik meg. De mi a magyarázata annak, hogy jelentősen csökkent a réztárgyak mennyisége.

A kérdésre azzal válaszolhatunk, hogy egyáltalán nem biztos, hogy csökkent. Mind a réz, mind az arany újrafeldolgozható fém ugyanis, így feltételezhető, hogy a ránk maradt leleteknél jóval több fémtárgy készült, ám ha megsérült, használhatatlanná vált, akkor nem kidobták, hanem újraolvasztották. A réz minőségromlás nélkül szinte a végtelenségig újra és újra felhasználható, így a késő rézkori közösségek ezt a tapasztalatot jól kamatoztathatták.

A badeni kultúra közel 2000 lelőhelyét ismerjük a mai Magyarország területéről, a metallurgiai emlékek ennek kis hányadán, mindössze 30 lelőhelyen kerültek elő, összesen 231 tárgyról tudunk (*1. táblázat*). A leletek döntő része, mintegy kétharmada csontvázas temetkezésekből³⁷⁶ származik. Mindössze három ham-

³⁷³ BONDÁR 2018.

³⁷⁴ A *World Archaeology* 2015-ben tematikus számot szentelt a kérdéskörnek; BONDÁR 2015d, 215–216.

³⁷⁵ ALLEN 2006; COLIN *et al.* 2014.

³⁷⁶ Alsónémedi (6 sírból), Balatonboglár-Zrínyi utca (tömegsírból), Balatonlelle-Felső-Gamász (6 sírból), Balatonlelle-Rádpusztá (1 sírból), Budakalász-Luppa csárda (33 sírból), Budapest-Andor utca és Köveskál: talán sírból, Mezőcsát-Hörccsögös és Ózd-Center 1-1 sírjából, Vörs, sírból.

vasztásos sírban találtak fémleletet.³⁷⁷ Telepekről³⁷⁸ is kerültek elő fémtárgyak, és néhány esetben bizonytalan az előkerülési hely jellege.

Az a tény, hogy a leletek többsége jelen ismereteink szerint temetkezésekből került elő, két dolgot jelenthet: 1. a rituális célra készült fémtárgyakat megőrizte az idő; 2. a mindennapi életben használt tárgyakat, ha nem jól sikerültek vagy a használat során eltörték, sérültek, kis hőhatással újra feldolgozhatóvá tették, így „végtelenítve” pl. egy-egy rézszalag élettartamát egészen addig, amíg már nem volt megfelelő minőségű a további tárgyak elkészítéséhez.

A rézleletek területi megoszlása (bár a véletlennek köszönhető a tárgyak előkerülése) jelenleg azt sejteti, hogy egyes régiókban nagyobb igény lehetett fémtárgyakra – köztük különlegesekre is – mint másutt. Az ismert 30 lelőhely jellemzően a hegyes-dombos vidékeken, a Dunántúlon (Baranya, Somogy, Veszprém, Zala, Fejér és Pest megye, továbbá a főváros) és Északi-középhegységben (Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves és Nógrád m.) koncentrálnak, de az ország középső (Bács-Kiskun megye), és keleti régiójában (Szabolcs-Szatmár-Bereg m.) is előfordulnak a fémművesség ránk maradt emlékei.

Ha térképen nézzük a három fő leletkategória – ékszerek (8. kép), eszközök/szerszámok (9. kép) valamint a fémfeldolgozás kellékei (12. kép) – elterjedését, mindhárom esetben azt látjuk, hogy a hegyes-dombos vidékek által kirajzolt ÉK–DNy irányú sávban koncentrálnak ezek a leletek. Mind a három leletcsoportnál azt látjuk, hogy nagy a területi szórásuk, amely azt is jelzi, hogy további tárgyak előkerülésére számíthatunk.

Ugyanezt látjuk a török (10. kép) esetében is, a Dunántúli-középhegységben és az Északi-középhegységben került elő az eddig ismert néhány tárgy.

Meglepő módon az ország nyugati határvidékéről, az Alpok közeléből egyelőre nem ismerünk fémleletet vagy fémművességre utaló jelenséget a korszakból, annak ellenére, hogy a korábbi időszakban jelentősnek mondott kapcsolat volt e két terület között (Mondsee típusú leletek).

A széles kapcsolatrendszerrel rendelkező közösségek életében nyilván konfliktusok is voltak. Nem tudunk nagy háborúkról, tömegmészárlásról, de van egy forráscsoport, amely fegyverek használatát is ábrázolja. A Kr. e. 4. évezredben

³⁷⁷ Budakalász: 130. sír, Mezőcsát: 9. sír és Ózd-Center: 3. sír

³⁷⁸ Abony-Elsővíz, Budapest-Káposztásmegyer-Farkaserdő, Budapest-Kőérberek-Tóvárosi lakópark, Fajszt-Garadomb, Kántorjánosi, Lánycsók-Égett halom, Nagyfüged-Ejzella, Nemesnádudvar-Papföld, Ózd-Kőaljatető, Salgótarján-Pécskő, Sármellék-Égenföld, Szebény-Farkaslik dűlő, Szigetcsép, Tikos-Nyárfás dűlő, Zók-Várhegy.

sírsztéléken és a sziklaművészet (rock art) különböző alkotásain is megjelennek a kőtömbökre karcolt vagy festett török, fokosok, nyilak, későbbi sztéléken komoly kardok is. Ez a jelenség nagy területen előfordul, emlékeit az Ibériai-félszigettől Dél-Európa számos területéig, továbbá É-Európától a Kaukázusig megtalálják a sziklarégészetre szakosodott szakemberek.³⁷⁹ Ezeket az ábrázolásokat újabban a harcos, a hős alakjával azonosítják egyes kutatók.³⁸⁰

A sírsztéléken és a sziklákra vésett rajzokon az egyén különleges helyzetét más elemek, pl. a kocsiábrázolásokkal együtt feltűnő fegyverek is jelzik. Tekintve, hogy nagy háborúskodásról, tömegek gyors elpusztításáról nincs régészeti adatunk, egyetérthetünk azokkal a kutatókkal, akik a sztéléken ábrázolt fegyveres embereket rituális harcosként értelmezik.³⁸¹

Természetesen vannak vadászatot megörökítő ábrázolások is, így a nehezen megfejthető karcolt ábrákat óvatosan és kellő józansággal kell vizsgálnunk, értelmeznünk.³⁸²

A fegyver ábrázolása az idolon is megjelenik ebben az évezredben. Közismert és sokszor idézett a romániai Cernavodă-Dealul Sofia lelőhelyen talált férfi szobrocska, amelynek jobb vállán átvetett szíjon egy háromszög alakú nyeles tör van.³⁸³ Hasonló idol töredéke ismert Satu Nou lelőhelyről is.³⁸⁴ Az idol felső része maradt meg, bal vállán átvetett szíj alatt (valószínűleg abba beletűzve, beledugva) viselte a tört a férfi(?). Ez az ábrázolásmód egyrészt a fegyvert, másrészt annak viselését mutatja meg. A szíjra erősített vagy abba beledugott tör mindkét szobrocskán háromszög alakú, nyeles (nyélnyújtványos) fegyvert ábrázol. Mindkét idol a a késő rézkori Cernavoda III kultúra emléke. E két ábrázolás is arra utal, hogy a késő rézkorban egyénhez kötött fegyver létezik, a Harcos, a Vadász használhatja, azaz hatalmi vagy státuszt jelző szimbólum.

A hazai leletanyagban négy lelőhelyről (Sármellék, Balatonlelle-Felső-Gamász, Kántorjánosi, Nagyfűged) származó öt darab tört sorolhatunk a „fegyverarzenálba”, azzal a megkötéssel, hogy ezek miniatűr változata (Kántorjánosi

³⁷⁹ SANSONI 2013, Fig. 5–6; ARCA 2014, számozatlan ábrákkal; LING–UHNÉR 2014, Fig. 18; RAMIREZ *et al.* 2005. a téma jó összegzése, kiemelendő ábrázolások: Fig. 6–7, Fig. 1, Fig. 18–19, Fig. 21, Fig. 25, Fig. 33, Fig. 37.

³⁸⁰ HANSEN 2015, Fig. 11.

³⁸¹ TUREK 2017.

³⁸² RAMIREZ *et al.* 2005, Fig. 34; KORKUTI 2008, Fig. 47, 49.

³⁸³ DUMITRESCU 1974, Fig. 289. 3; ROMAN 2001, Taf. 1. A törre P. Roman hívta fel a kutatók figyelmét.

³⁸⁴ ROMAN 2001, Abb. 16. 12.

2. sz. tör és Nagyfüged) más funkciót töltött be: az egyéni presztízs szimbolikus jelzése lehetett.

A fémművesség kutatója nem feledkezhet meg arról, hogy a kőkorszaktól bányászott anyagok (különböző kövek, só stb.) kitermeléséhez már voltak szerzők és technológiák, amelyek a fémek bányászatánál is működtek, és működtek is (részletesen az V. és VI. fejezetben). A „minden egy kővel kezdődött”³⁸⁵ tehát több értelmezésben is igaz: a kezdeti kőkorszakra is utal, de azt is jelzi, hogy a fémek felfedezése nem tudatos volt, hanem véletlennek köszönhető felismerés: a furcsa vagy szép színes kő sok-sok emberi tapasztalat, kísérletezgetés után különleges átalakuláson esett át és végül fémtárgyak születtek belőle.

A fémművesség kutatása több tudományt is érint (ld. XI. fejezet). A régészeti alapkérdések a következők: mikor/hol/hogyan fedezték fel/készítették el először a megtalált leletet? Azaz kronológia, terület, készítési mód a vizsgálandó.

A technológiai alapkérdések: mi volt előbb? Az öntés vagy a kalapálás? Milyen ércásványból készítették? Honnan származhat a nyersanyag? Milyen eljárással készültek a tárgyak?

A kérdéskör mindkét területen hasonló (kronológia/terület/módszer), de az érdeklődés oka más. A régész az emberi társadalom fejlődését vizsgálva teszi fel a kérdéseket, mert a felfedezések kiindulópontja és mozgása érdekli elsősorban, amely az emberek tevékenységével, felfedező kíváncsiságával és helyváltoztatásával, valamint birtoklási vágyával függ össze. Felfedezni, megszerezni valami újat, ezt továbbfejleszteni, terjeszteni és az elsőség jogán minél több gazdasági hasznot, hatalmi pozíciót megszerezni ennek révén, ha lehetséges. A fémbányák e törekvés megvalósítására kiválóan alkalmasak voltak, az írást már ismerő társadalmak idején számos háborút, komoly vérontást jegyeztek fel réz-, ón- vagy aranybányák miatt.

A technikatörténéseket és természettudósokat inkább az anyag tulajdonságai, összetétele és a matériával végrehajtható műveletek érdeklik. Válaszaikban a különböző műszerek objektivitására támaszkodhatnak.

A két tudományos közelítés nagyon gyümölcsöző lehet, hiszen vannak közös kérdések, amelyekre a választ is közösen, a másik tudomány művelőjével együtt gondolkodva, vitatkozva lehet valószínűsíteni, vagy valamilyen pontossággal megadni.

Napjainkban már a tudományok párbeszédének örülhetünk, s ami korábban az egyik félnek nyilvánvaló volt, az ma már a másik számára is kezd egyre világosabbá válni.

³⁸⁵ FAUL–FAUL 1983.

Gyakran találkozunk pontatlan terminológiával, keveredik az érc, ásvány és kőzet fogalma. Anyagmeghatározásoknál szinonimaként is szerepel a réz, vörösréz és bronz elnevezés a régészeti leírásokban, attól függően, hogy a régész a tárgy színe alapján mire gondolt. Ezek szubjektív kategóriák és nem kémiai analízis birtokában megnevezett fémfajták.

Röviden a pontosabb definíciók.³⁸⁶ Az érc olyan kőzet, amelyben ásványok vannak. Az ásványok lehetnek hasznosak (ezek az ún. ércásványok, amelyekből kinyerik a fémeket) és lehetnek haszontalanok (meddő ásványok). Amit a köznyelv réznek nevez (copper) az valójában vörösréz, csaknem tiszta fém. A termésréz (native copper) a fémeket adó ércásvány. Ez több helyen is megtalálható a felszínen, különböző rögökben. A bronz a réz valamely ötvözetete. A szépen csillogó sárgaréz pl. a réz és cink különböző arányú elegye.

Máig megoldatlan kérdés a nyersanyag bányászati helyének azonosítása annak ellenére, hogy több módszerrel is kísérleteznek.

A magyarországi leletek fémvizsgálatait összegyűjtve (2. táblázat) megkísértem valamilyen közös nevezőt találni, tendenciát felfedezni az elemzett tárgyak között. Ezt – a csekély adatmennyiség miatt – csak arra redukálhattam, hogy a komponensek összehasonlításával próbálkoztam (17. táblázat), hátha kiderül valamilyen törvényszerűség. Be kellett látnom, hogy ez az út reménytelen vállalkozás, nem hoz semmilyen nagy felismerést. Eddigi ismereteink szerint a különböző időszakban összegyűjtött ún. kincsleletekben eltérő összetételű volt a fémanyag, ahogyan a nemrégiben publikált késő rézkorra keltezhető olaszországi (Col del Buson) kincsben is.³⁸⁷ A magyarországi elemzésekből azt látjuk, hogy nemcsak a kincsleletekben felhalmozott tárgyak fémösszetétele eltérő, hanem az azonos objektumból előkerült egykorú daraboké is lehet ilyen (III.4 fejezet). Mindebből az következik, hogy bár logikus lenne, de téves az a feltételezés, hogy egyazon lelőhelyen hasonló összetételű tárgyaknak kellene lennie.

E kérdés kapcsán említhetjük a Pernicka–Anthony szerzőpáros meglepő eredményeit is. Szerbiában és Bulgáriában kézenfekvő lenne, hogy az ott található rézkori bányákból (Rudna Glava és Ai Bunar) származó nyersanyagból készítették a különböző réztárgyakat. Az ólomizotópos vizsgálatok azonban nem ezt bizonyították. Pernicka kutatásainak köszönhetően kiderült, hogy a szerbiai rézleletek többségének nyersanyaga nem a rézkori bányából, Rudna Glavából származik, hanem a közeli Majdanpek környékéről.³⁸⁸ A bulgáriai Durankulak

³⁸⁶ Köszönöm Bajnóczi Bernadett megjegyzéseit ezzel kapcsolatban.

³⁸⁷ ARTIOLI *et al.* 2014, 56–57.

³⁸⁸ PERNICKA–ANTHONY 2010, 170.

réz kori sírjainál azt tapasztalták, hogy ugyanabban a sírban is eltérő összetételű réztárgyak voltak. Későbbi időszakban is azt állapíthatták meg a kutatók, hogy az ÉK-Égeikum korai bronzkorának fémtárgyai jelenleg nem köthetők egyik ismert égeikumi bányához sem.³⁸⁹

Mindez arra utal, hogy a késő réz kori közösségeknek is kiterjedt kereskedelmi/cseres kapcsolatai voltak, amelynek során beszerezték a különböző helyekről származó nyersanyagot vagy késztermékeket.

Mindmáig keveset tudunk a késő réz kori évszázadainak fémművességéről. Nincsenek pontos ismereteink a nyersanyagforrások helyéről, s a fémfeldolgozás módszerei is csak az utóbbi években kerültek az érdeklődés homlokterébe. A különböző vizsgálati lehetőségek egyre újabbakkal bővülnek, és egyre több kétkedés fogalmazódik meg a régebbi eredmények megbízhatóságáról, az egyes metódusok hibáiról. A kevés fémvizsgálat a korábban feltételezett kapcsolatrendszerek (pl. kereskedelem) felvázolásához nem visz közelebb.

A tényeket és a tapasztalt szakemberek véleményét elfogadva, egyelőre meg kell békülnünk azzal, hogy – bár logikus lenne – nyomelemek vagy sajátos jellemzők alapján beazonosítani a kész tárgyat geológiai származási hellyel, erre jelenleg nincs mód. Nem csak azért, mert az őskori emberek kapcsolati rendszere másképp működött, mint a mi logikánk, hanem azért sem – amint ezt már többször említettem – mert ha bármilyen újrafeldolgozási akció (hőhatás, beolvasztás) érte a fémet, vagy több, különböző helyről származó ércel dolgoztak akkor már lehetetlen a geológiai hely azonosítása. A helyzetet még az is nehezíti, hogy ha ismernénk is a bányászati helyet, azt már végképp nem tudjuk rekonstruálni, hogy a kőzetet honnan, melyik pontról választották le annak idején.

A késő réz kori fémművesség kutatásában gyakran találkozunk az arzénréz megjelöléssel (III. 4 fejezet). Hogy ez mennyire helytálló, az vita témája, akkor lehet(ne) ezt a kifejezést bizonyos típusú tárgyakra alkalmazni, ha egyértelműen tudnánk, hogy az arzén a rézhez *tudatosan* hozzáadott adalékanyag volt.

Az arzénről tudni kell, hogy csak nagyobb százalékban (10–15%) tekinthető tudatosan alkalmazott ötvöző anyagnak. A problémát színezi még az a tény, hogy van nagy arzéntartalmú ásvány is: a tennantit max. 20% arzént tartalmaz. Az is igaz azonban, hogy már 0,5–3 % arzén is keményebbé, jobban feldolgozhatóvá teszi a rézet. Kisebb százalékban csak a kőzetben található szennyeződéssel van dolgunk, ami ráadásul 614 °C környékén arzén-oxid porként távozik a levegőbe.

Mindezek után az a kérdés, hogy mi volt a tudatos cselekvés a késő réz korban? Alapvetően azt kellene tudnunk, hogy a tárgyak készítői eleve a nagy

³⁸⁹ PERNICKA–ANTHONY 2010, 170.

arzéntartalmú ércásványt, a 20% arzént tartalmazó ércet keresték és használták, vagy tudatosan adagoltak arzént az anyag keményítésére. Ez utóbbi esetben az is megválaszolandó kérdés, hogy a hő hatására elpárolgó arzént mikor és hogyan adagolhatták a rézhez?

Jelen ismereteim alapján a legvalószínűbb az, hogy a kőzetben lévő „szennyezőanyagként” értékelhetjük a késő rézkori tárgyakban fellelhető kis mennyiségű arzént.

A késő rézkori török (Sármellék, Balatonlelle, Kántorjánosi) kapcsán a szakirodalomban gyakran olvashatjuk, hogy a maga a tárgy típus a Mondsee kultúra alpi fémművességhez kapcsolódik, és annak későbbi hatása az arzéntartalmú réztárgyak elterjedése a Kárpát-medencében.³⁹⁰ A fémvizsgálatoknak köszönhetően más területekről (Anatólia, Kaukázus, Románia, Irán) is egyre több „arzenréz” leletet is részletesebben megismerünk,³⁹¹ az alpi fémművességgel való késő rézkori kapcsolat – nemcsak az analógiák, de az összetétel alapján is – megkérdőjelezhető.

Az elemzett réztárgyaink megítélésem szerint tehát nem tartoznak az „arzenréz” kategóriába, így az ennek alapján felállított tipológiai kategóriákba sem sorolhatók be. Összetétel alapján mindössze a minden vonatkozásban különleges Balatonlelle-rádpusztai sírból előkerült töredékes rézgyöngyben volt nagy arzéntartalom (6–6,8 %), amelynek okát nem tudjuk.

A fémművesség társadalmi vonatkozásainak egy másik szegmense az ember és környezetének szimbiózisa az új felfedezések után (VI–VIII. fejezet).

A fémfeldolgozás kezdetben nem okozott nagy katarzist az ember és a természet életében. A korai időkben hideg eljárással készült, kalapált tárgyakhoz a rézszalagot viszonylag könnyen előállíthatták a fémrögökből, a nyíltterű olvasztáshoz (*melting*) ugyanis elegendő a tábortűz és az olvasztótégely.

A fémbányászat és fémöntés feltételrendszere és műveleti sora (*chaîne opératoire*) azonban már számos ponton megváltoztatta a természetet földön, vízben, levegőben. Tájátalakító, az ökológiai egyensúlyt megbontó visszafordíthatatlan folyamatokat indítottak be a korai fémművesek az új felfedezés és technológia kihasználása feletti örömeikben.

³⁹⁰ Elgondolkodtató, hogy a magyarországi jelenleg ismert késő rézkori fémleletek elterjedési térképeit nézve egyetlen olyan lelőhely nincs, amely az Alpokhoz közeli dunántúli régiók valamelyikében lenne.

³⁹¹ VAJSOV 1993; MELIKSEYAN–PERNICKA 2010; BUGOI *et al.* 2013; BOCHER 2016; KASHANI *et al.* 2013.

A kőzet zártterű, redukciós – azaz oxigénszegény környezetű – olvasztása (*smelting*), már kohászati tevékenység volt. Ehhez nagy mennyiségű faszén is kellett, amelynek előállításához gyakori erdőirtásra volt szükség. Mindez már komoly környezetkárosítást okozott, amint ezt a különböző számításokkal is érzékeltettem.

A kohászati művelethez patak vagy folyó közelsége is ideális, az érceket ugyanis vízben mosták, mindez a vizek szennyezését is jelentette.

A réz olvadáspontjának (1083 °C) eléréséhez – mint a számításokból is láthatuk – nagy mennyiségű faszénen kellett hevíteni az ásványt. Ennek során az arzéntartalmú rézércből 640 °C körül már bűzös, mérgező gáz szabadult fel, miközben a kőzetben található arzén por alakban távozott. Mindennek jelentős rákkeltő hatása volt a munka résztvevőire.

Az elmúlt évtizedekben egyre több tudományos bizonyítékot ismerünk meg, amelyek alátámasztják a fémfeldolgozás általános egészségrontó és környezetkárosító hatását már az őskortól kezdődően. A grönlandi jégminták elemzését már említettem.

A korai fémművességgel foglalkozó emberek csontjában több helyen is kimutatták már az ólom jelenlétét, amelyet minden valószínűség szerint belelegeztek a munkát végző emberek. Az egyéb fémek (arzén, kadmium, kobalt, antimon, szelén, vanádium, ittrium és cink) jelenlétét is vizsgálták már emberi csontokban. Kimberly Oakberg és szerzőtársai erről is beszámolnak 2000-ben megjelent tanulmányukban, amelynek témája az izraeli Shiqmimben talált rézkori temetők néhány halottjának arzén elemzése volt.³⁹² Tizenkét egyént vizsgáltak, mindnyájuk csontjában kimutatható volt az arzénkoncentráció. A szerzők szerint ez nemcsak a fémolvasztást végző személyekre igaz, de a közösség többi tagjánál is fennállhat. Mindez további elemzéseket igényel még. Következtetéseiket a Pike–Richards szerzőpáros kétségbe vonta. Véleményük szerint Oakbergék figyelmen kívül hagyták azt, hogy az arzén a talajban, talajvízben is előfordul, így egyáltalán nem biztos, hogy az olvasztás során épült be a csontokba.³⁹³ Ebből is látszik, hogy az új tudományos eredmények elsődleges értelmezése olykor még vitatott.

Ami bizonyos és minden kétségen felüli: a bemutatott mennyiségi adatok és számítások alapján (VIII. fejezet) is láthatjuk, hogy a környezetátalakítás vs. rombolás egyidős az eszközöket már használó/készítő emberiséggel. Ám a fémművéség kiteljesedése okozta az első visszafordíthatatlan beavatkozást a természet életébe, amely pusztítás a korai bronzkortól napjainkig már elképesztő

³⁹² OAKBERG *et al.* 2000.

³⁹³ PIKE–RICHARDS 2002.

méreteket öltött. E radikális természetátalakítás komoly környezeti/éghajlati következményekkel járt, amelyet csak napjaink tudományos eredményeinek, aggodalmának ismeretében tudunk érzékelni.

Mélységesen megszívlelendő Theodore Wertime véleménye, mely szerint a fémek felfedezése volt az ember első jelentős beavatkozása a Föld életébe: „Metallurgy represented the first serious penetration of the earth by men and fire.”³⁹⁴

³⁹⁴ WERTIME 1973, 876.

X. Katalógus

1. Abony, Elsővíz-dűlő II. (Pest m.)

2005-ben a 4. sz. főút Abonyt elkerülő szakaszának 83 km-e közelében, az Abony 49. lelőhelyen több korszak települési objektumait tárta fel Rajna András. Az ún. Proto-Boleráz település két gödrében két réztárgy is előkerült.³⁹⁵

Abony, Elsővíz-dűlő, 45. objektum

Rézár (5. tábla 6). Keresztmetszete négyszögletes, két vége hegyben végződik. H.: 4,8 cm (RAJNA 2011, 16. t. 4).³⁹⁶

Abony-Elsővíz, 43. objektum

Rézár (5. tábla 5). Keresztmetszete kerek, végei inkább lekerekítettek, mint hegyesek. Kopásnyomok figyelhetőek meg rajta. H.: 5 cm (RAJNA 2011, 16. t. 5).³⁹⁷

2. Alsónémedi-Kenderföldek (Pest m.)

Alsónémedin, a községtől ÉNy-ra 1 km-re volt a lelőhely, a falu északi részén lévő, É-D-i irányú homokdűnék utolsó homokdombján került elő a temető 1949-ben. Korek József 63 sírt tárt fel, ezek közül 40 a badeni kultúra zsugorított csontvázas temetkezése volt. A temetőben 43 egyén, köztük egyazon sírba temetve két ember és két szarvasmarha (3. sír), továbbá ember és két szarvasmarha (28. sír) teteme volt.³⁹⁸

Alsónémedi-Kenderföldek, 3/B sír

Kettős sírba temetett férfi nyakán hengeres rézcsövecske volt, amely gyöngy lehetett.

Gyöngy (2. tábla 1). Hengeres rézcsövecske, méret: n.a. (KOREK 1951, 45, IX. t. 2).

Alsónémedi-Kenderföldek, 4. sír

A gyereksír mellékletei között egy gyöngysor is volt, benne egy rézgyöngy.

Gyöngy (2. tábla 2). Vékony, hengeres rézgyöngy, méret: n.a. (KOREK 1951, 45, X. t. 5).

³⁹⁵ RAJNA 2006.

³⁹⁶ RAJNA 2011, 102, 16. t. 4: itt 45. objektumként szerepel az előkerülési helye; RAJNA 2016, 187, 6.29. ábra 1: szórványként említi a szerző.

³⁹⁷ RAJNA 2011, 102, 16. t. 5: itt 43. objektumként szerepel az előkerülési helye; RAJNA 2016, 187, 6.29. ábra 2: a 418-as nagyméretű gödör leleteként említi a szerző.

³⁹⁸ KOREK 1951.

Alsónémedi-Kenderföldek, 20. sír

Gyerek sírja, nyakán 2 erősen oxidálódott rézgyöngy is volt.

Gyöngyök (2. tábla 3). Két erősen oxidált rézgyöngy, méret: n.a. (KOREK 1951, 47, X. t. 18–19).

Alsónémedi-Kenderföldek, 25. sír

A női sírban rézár is volt.

Rézár (5. tábla 4). Négyzetes metszetű rézár, az ár hegye ép, a másik vége törött, méret: n.a. (KOREK 1951, 47, X. t. 25).

Alsónémedi-Kenderföldek, 34. sír

Az eltemetett csecsemő fejénél rézgyöngyök is voltak.

Gyöngyök (2. tábla 4). Vékonyabb és vastagabb réz csögyöngy, méret: n.a. (KOREK 1951, 49, XIII. t. 1–2).

Alsónémedi-Kenderföldek, 36. sír

A férfi bal keze mellett, a hastájékon 11 db rézgyöngy volt.

Gyöngysor (2. tábla 5). 11 db rézgyöngy, méret: n.a. (KOREK 1951, 49, XII. t. 4).

3. Balatonboglár, Zrínyi u. (Kokashegy és Borkombinát néven is) (Somogy m.)³⁹⁹

1980-ban a Kokashegy Ny-i lejtőjén, a Borkombinát és a falu között, a Balatonboglár-Kaposvári úttól 50 m-re húzott csatorna ásásakor a feltárható 2-3 m²-es területű sírreszen, 1 m mélységben nagy lapos kövek alatt tömegsírt tárt fel Honti Szilvia. A sírban 12-14 halott teljes vagy részleges csontvázát találta meg az ásató. Az egyes egyéneket betűvel jelölte.

A bolygatott tömegsírban több halott körül is talált réz spirálgyöngyöket Honti Szilvia.⁴⁰⁰

Gyöngy. Keskeny rézlemezből hengerré csavart gyöngy, a gyöngysorhoz tartozhatott. H.: 0,5, Átm.: 0,5 cm. A tömegsírban „P”-vel jelölt koponya körül különböző gyöngyök voltak, köztük egy rézgyöngy is (HONTI 1981, 29, 4. kép 1).⁴⁰¹

Gyöngy (2. tábla 7). Réz spirálcsovecske töredékei, 2 db. Átm.: 0,5 cm. (HONTI 1981, 29, 4. kép 5) A „C” csontváz bal felső karjánál volt.

Gyöngy (2. tábla 6). Réz spirálcsovecske. Átm.: 0,35, H.: 0,9 cm (HONTI 1981, 29, 4. kép 3).⁴⁰²

Gyöngy (2. tábla 8). Réz spirálcsovecske (méret: n.a.) a sír bolygatott részéből. (HONTI 1981, 29, 4. kép 4).

³⁹⁹ A lelőhely azonos az M7/S-25. lh. nyomvonalától K-re eső területtel.

⁴⁰⁰ HONTI 1981, 27.

⁴⁰¹ A kép alapján nem dönthető el, melyik az említett rézgyöngy.

⁴⁰² A lelet közelebbi helyét nem írja az ásató.

4. Balatonlelle, Országúti dűlő és Felső-Gamász (Somogy m.)

Balatonlelle DNY-i határában az autópálya építését megelőző feltárások (M7/S-17. lh.) érintették a Szőlőskislak felé haladó ún. „Római út” két oldalát. Ennek keleti felét a kataszteri térképeken Országúti dűlőként, nyugati részét Felső-Gamászként nevezik. A bolerázi-badeni időszak telepe és négy sír az Országúti dűlőben, önálló temetője Felső-Gamászon került elő 2004-ben Sófalvi András ásatásán.⁴⁰³ A temetőt Nagy Borbála dolgozta fel.

Balatonlelle, Felső-Gamász, 7. sír

A 42-46 éves férfi sírjában a csontvázról kb. 50 cm-re a térdel egyvonalban egy réztőr volt csaknem függőleges helyzetben, a többi mellékletnél mélyebben, azaz a tört beleszúrták a sír földjébe.⁴⁰⁴

Réztőr (7. tábla 4a-b). Háromszögletű pengéjű, hegye lekerekített. Rombusz keresztmetszetű, enyhe középbordával. Trapéz (?) alakú nyele enyhe ívelődéssel csatlakozik a pengéhez. A nyél két szára mentén egymás alatt két-két, felül középen egy szegecslyuk. A három felső szegecslyuknak csak az alsó része maradt meg. A jobb oldalon a felső szegecslyuknál kissé hátragyűrődött a rézlemez. Zöld színű. H.: 8,8 cm, Sz.: (legnagyobb): 2,7 cm, D_{lyuk}: 0,41 cm. KRRM. A. sz. 13.4/472.1. (NAGY 2010, 439, Abb. 11. 8).

Balatonlelle, Felső-Gamász, 15. sír

A 11-12 éves gyerek hátgerince tájékáról egy rézgyöngy pici töredéke került elő.⁴⁰⁵

Gyöngy (2. tábla 12). Rézlemezről tekercselt hengeres rézgyöngy pici töredéke, H: 0,6 cm, D: 0,35 cm. KRRM. A. sz. 13.4/533.1. (NAGY 2010, 454, Abb. 22. 7).

Balatonlelle, Felső-Gamász, 16. sír

A 22-28 éves nő sírjából egy rézgyöngy pici töredéke is előkerült.⁴⁰⁶

Gyöngy (2. tábla 13). vékony rézlemezről tekercselt hengeres rézgyöngy pici töredéke, H: 0,9 cm. KRRM. A. sz. 13.4/405.3. (NAGY 2010, 460, Abb. 24. 19).

A 22-28 éves nő koponyája felett 25-30 cm-re több edény is volt. A 2. sz. tál alatt egy rézár feküdt.⁴⁰⁷

Rézár (5. tábla 8). Négyszögletes átmetszetű rézár, egyik végén, kb. egyharmad részében erőteljesen megvastagszik, ez a vége hegyben végződik, másik vége felé fokozatosan elvékonyodik, ez a vége egy rövid, függőleges, lapos él. H: 5,2 cm, Km (középen): 0,35 cm, Km (vastag részén): 0,42 cm. KRRM. A. sz. 13.4/405.4. (NAGY 2010, 459, Abb. 24. 15).

⁴⁰³ SÓFALVI 2004.

⁴⁰⁴ NAGY 2010, 436.

⁴⁰⁵ NAGY 2010, 452.

⁴⁰⁶ NAGY 2010, 456.

⁴⁰⁷ NAGY 2010, 456.

A 22-28 éves nő koponyája mögött egy majdnem függőleges helyzetű réztű volt.⁴⁰⁸

Réztű (5. tábla 1). Négyyszögletes keresztmetszetű, mindkét vége fokozatosan elvékonyodik, egyik vége tompa. Kissé aszimmetrikus. H: 4,3 cm, Km: 0,15×0,15 cm. KRRM. A. sz. 13.4/405.2. (NAGY 2010, 459, Abb. 24. 13).

Balatonlelle, Felső-Gamász, 21. sír

A 49-57 éves férfi bolygatott sírjából a nyaktájékról egy rézgyöngy töredéke is előkerült.⁴⁰⁹

Gyöngy (2. tábla 11). Vékony rézlemezről tekercselt, hengeres töredék, H: 1,9 cm, D: 0,4 cm. KRRM. A. sz. 13.4/291.15. (NAGY 2010, 478, Abb. 36. 6).

Balatonlelle, Felső-Gamász, 22. sír

A 33-39 éves nő nyakánál két rézgyöngy volt, egy harmadik a jobb alkartól 10 cm-re került elő.⁴¹⁰

Gyöngyök (NAGY 2010, 485–486, Abb. 42. 21–23):

Töredékes állapotú, vékony rézlemezről tekercselt, hengeres gyöngy (2. tábla 9), H: 2,3 cm. KRRM. A. sz. 13.4/142.21.

Töredékes állapotú, vékony rézlemezről tekercselt, hengeres gyöngy (2. tábla 10), H: 3,5 cm, D: 0,5 cm. KRRM. A. sz. 13.4/142.22.

Eredeti állapotban megmaradt, vékony rézlemezről tekercselt, hengeres gyöngy, az összehajlított lemez két széle szorosan egymásra simul (2. tábla 14). H: 4,6 cm, D: 0,4 cm. KRRM. A. sz. 13.4/142.23.

Balatonlelle, Felső-Gamász, 23. sír

A 40-49 éves férfi nyakánál elszíneződést és egy rézdarabkát figyelt meg az ásató, amelyet azonban nem gyűjtöttek össze. A sírba tett edényektől kb. 10 cm-re egy vízszintesen elhelyezett rézár volt.⁴¹¹

Rézár (5. tábla 7). Négyyszögletes keresztmetszetű, egyik vége a harmadában megvastagodik, majd hegyben végződik. Másik vége fokozatosan vékonyodik el, lapos, lekerekített. H: 6,1 cm, Km: 0,3×0,3 cm, lapos végének hossza: 0,2 cm. KRRM. A. sz. 13.4/116.9. (NAGY 2010, 493, Abb. 44. 16).

5. Balatonlelle-Rádpusztá (Somogy m.)

A lelőhely a 67-es út nyomvonalának Balatonlelle és Rádpusztá közötti szakaszán, Rádpusztától az Árpád-kori romtemplomtól nyugatra, a Tetves-pataktól keletre

⁴⁰⁸ NAGY 2010, 456.

⁴⁰⁹ NAGY 2010, 474.

⁴¹⁰ NAGY 2010, 481.

⁴¹¹ NAGY 2010, 489.

található. 650 objektumot bontottak ki 2005-ben a feltárt 9837 m²-en, köztük két csontvázas késő rézkori sírt tárt fel Molnár István.⁴¹²

Balatonlelle-Rádpusztza, 415. sír

A sírba temetett Infans II korú (8–9 éves) gyermek bal csuklóján vékony lemezből hajlított, 1,5–2 cm széles **pántkarperec** volt (1. tábla 6–7). Egy helyen a lemez élesen bevágva. Az összehajlított két végén egy-egy lyuk, a belső oldalon lévő részen a lyuk széle letörött. A karperec belső oldalán jól látható rajzolat volt látható restaurálás előtt.

Átmérő: 3,7 cm, legnagyobb magasság: 2 cm, lyukátmérő: kb. 2 mm. súlya: 14 gramm. A.sz.: nincs a tárgyon, 13.10/415.1.3. lenne.

A gyermek tarkójánál törmelékes, pici **rézlemez gyöngy** rossz megtartású töredékei (3 db) voltak (1. tábla 3–4). A. sz. 13.10/415.1.1.

6. Balatonőszöd-Temetői dűlő (Somogy m.)

A 2001–2002-ben feltárt nagy kiterjedésű település több objektumában volt a fém-művességhez köthető lelet.

Balatonőszöd-Temetői dűlő, B-2391. objektum

A bolerázi település gödréből egy vastag falú **öntőforma** (8. tábla 6a-c) féltöredéke került elő. (HORVÁTH 2014, Fig. 276. 1. és Fig. 338. 2).

Balatonőszöd-Temetői dűlő, B-2660. objektum

A gödréből kisméretű, négyszögletes átmetszetű **rézár** (5. tábla 16) került elő. (HORVÁTH 2014, Fig. 276. 2).

Balatonőszöd-Temetői dűlő, B-2449. objektum

A bolerázi gödörben agyagból készült **fűjtatócsövet** is találtak (8. tábla 5), amelyet azonban Horváth Tünde szerint növényi kátrány olvasztásánál is használhattak (HORVÁTH 2014, 427, Fig. 276. 3).

Balatonőszöd-Temetői dűlő, R-925. rétegből objektum

A rétegben egy olyan edénytöredéket is találtak, amelyben réz huzaldrót lenyomata volt kivehető (HORVÁTH 2014, 427, Fig. 276. 4).

7. Budakalász-Luppa csárda (Pest m.)

Soproni Sándor 1952–1961. között a Luppa csárda nevű helyen homokbányászáshoz igazodva feltárta a badeni kultúra máig egyedülálló birituális, 436 síros temetőjét, benne (355 csontvázas, 72 hamvasztásos, 8 jelképes sír, 1 üres sír és egy két embert–két szarvasmarhát rejtő sírját.⁴¹³

⁴¹² MOLNÁR–SÍPOS 2005, 180–181; MOLNÁR–SÍPOS 2006, 51–52, 18. t. 1. Ezúton is köszönöm Molnár Istvánnak, hogy a sír publikálási jogát átadta nekem. Az előzetes antropológiai meghatározást Köhler Kittinek köszönöm.

⁴¹³ BONDÁR–RACZKY 2009.

Budakalász-Luppa csárda, 2. sír

A fiatal nő sírjában a nyaktól a medencéig lenyúló gyöngysor volt, amely a lábakat is körülfogta. A gyöngysorban 3 töredékes réz csőgyöngy is volt.

Gyöngy (3. tábla 1; 4. tábla 6). Két nagyobb, két kisebb és három töredékes réz csőgyöngy volt a sírban (méret: n.a.). A rézgyöngyök a dentaliumok⁴¹⁴ vékonyabb végére voltak ráhúzva. Ltsz.: SZFM. 56.11.2.5. (BONDÁR 2009a, Pl. II. 2/6).⁴¹⁵

Budakalász-Luppa csárda, 3/B sír

A kettős sírba temetett férfi térdétől 15 cm-re DK-re feküdt a rézár.

Rézár (5. tábla 15) Négyzet keresztmetszetű rézár. Nyélbe illeszthető része kerék keresztmetszetű. H.: 6,7 cm, Vast.: 0,44 cm. Ltsz.: SZFM. 56.11.3.5. (BONDÁR 2009a, Pl. IV. 3/5).⁴¹⁶

Budakalász-Luppa csárda, 8. sír

Az idősebb férfi sírjában a nyakra akasztva két gyöngyfűzér volt, a hosszabb fűzérben 10 nagyobb méretű réz csőgyöngy és 20 rézgyöngy töredék volt a kagylók és egyéb gyöngyök mellett.

Gyöngysor (2. tábla 27), méret: n.a. Ltsz.: 56.11.5.1. (BONDÁR 2009a, Pl. V. 8/1c).⁴¹⁷

Budakalász-Luppa csárda, 28. sír

Az idősebb nő bal vállán, a nyak közelében rövidebb végein visszahajlított, négyzetes, lapos rézlapocska volt.

Rézlapocska (2. tábla 16). Szabálytalan téglalap alakú. Rövidebb végein visszahajlítva. Talán lemezből kalapált gyöngy maradványa. H.: 4,1 cm, Sz.: 1,2 cm. Ltsz.: 56.11.18.2. (BONDÁR 2009a, Pl. XIV. 28/3).⁴¹⁸

⁴¹⁴ Soproni S. sírleírásaiban a *Dentalium*, kögyöngy, kagylógyöngy, márványgyöngy és Vermetus terminológia szerepel. E gyöngyök szakszerű anyagmeghatározása megtörtént, a legtöbb gyöngy *Dentalium badense* csigákból, különböző színű és összetételű mészkőből és égetett agyagból készült. A Soproni-féle kögyöngy, kagylógyöngy és márványgyöngy valójában mészkőgyöngynek bizonyult (SÜMEGI 2009).

⁴¹⁵ BONDÁR 2009a, 32–33.

⁴¹⁶ BONDÁR 2009a, 33. A tárgy nincs meg, leírását a leltárkönyvből vettük át. Fotója megtalálható a szentendrei múzeumban őrzött fémvizsgálati dokumentációban (SZFM Adattára 1170/76. dr. M. Schröder vizsgálata). Rajzát Korek J. sírlapjáról vettük át.

⁴¹⁷ BONDÁR 2009a, 36. A feldolgozáskor önálló rézgyöngynek nyoma sincs, mindössze két kagylógyöngynél lehetett megfigyelni, hogy a belsejébe becsúszott a rézgyöngy.

⁴¹⁸ BONDÁR 2009a, 43. A tárgy nincs meg, leírását a leltárkönyvből vettük át. Fotója a szentendrei múzeumban őrzött fémvizsgálati dokumentációban megtalálható (SZFM Adattára 1170/76. dr. M. Schröder vizsgálata) Rajzát Korek J. sírlapjáról vettük át.

Budakalász-Luppa csárda, 36. sír

Az idősebb nő nyakán karjáig lelógó gyöngysor volt, benne két ép és egy töredékes, erősen oxidált réz csőgyönggyel.

Gyöngyök (2. tábla 26). 40 db mézsköböl készült és 1 db *Dentalium badense* gyöngyből és 2 db ép, valamint 1 db töredékes rézgyöngyből álló gyöngysor. (méret: n.a.) Ltsz.: 56.11.22.2. (BONDÁR 2009a, Pl. XVI. 36/3b).⁴¹⁹

Budakalász-Luppa csárda, 38. sír

A 40 éves kora körül meghalt nő mellén 2 db réz csőgyöngy volt.

Gyöngyök (2. tábla 19). 2 db töredékes, cső alakú, erősen égett rézgyöngy. (méret: n.a.) Ltsz.: 56.11.24.1. (BONDÁR 2009a, Pl. XVIII. 38/1).⁴²⁰

Budakalász-Luppa csárda, 48/A sír

A kettős sírban talált 10-12 év körüli gyerek nyakán gyöngysor volt különböző gyöngyökből, köztük 5 ép, 5 töredékes réz csőgyönggyel.

Gyöngyök (2. tábla 21), benne 3 db ép és 5 db töredékes rézcsőgyöngy. (méret: n.a.) Ltsz.: 56.11.30.1.(BONDÁR 2009a, Pl. XXII. 48/1c).⁴²¹

Budakalász-Luppa csárda, 50. sír

A iuvenis korú halott mellkasán különböző gyöngyökből álló füzér volt, benne rézgyöngy maradványa és 1 töredékes réz csőgyöngy.

Gyöngysor, benne 1 db töredékes **rézgyöngy**. (méret: n.a.) Ltsz.: 56.11.32.2. (BONDÁR 2009a, Pl. XXIII. 50/2b).⁴²²

Budakalász-Luppa csárda, 63. sír

A 13-15 éves gyerek ujjai között réztű volt.

Réztű (5. tábla 13). H.: 3,5 cm. Ltsz.: 56.11.41.2. (BONDÁR 2009a, Pl. XXIII. 50/2b).⁴²³

Budakalász-Luppa csárda, 78/B sír

A kettős gyereksírba temetett 4-6 év körüli gyerek koponyája alatt apró **réztöredék** volt, amelynek a leltározáskor már nem volt nyoma.⁴²⁴

⁴¹⁹ BONDÁR 2009a, 45–46. A rézgyöngyöknek a feldolgozáskor már nyoma sem volt.

⁴²⁰ BONDÁR 2009a, 46. A tárgynincs meg, rajzát Korek J. sírlapjáról vettük át.

⁴²¹ BONDÁR 2009a, 51. A naplóban említettek közül 3 db töredékes kagyló, és 2 rézgyöngy már nem lett beletárolva.

⁴²² BONDÁR 2009a, 51–52. A töredékes rézgyöngynek a feldolgozáskor már nyoma sem volt.

⁴²³ BONDÁR 2009a, 51–52., Az 1980-as revíziós bejegyzés szerint a tárgy még megvolt, a feldolgozásnál már nem találtuk meg. Rajzát Korek J. sírlapjáról vettük át.

⁴²⁴ BONDÁR 2009a, 63–64. A sírból nem leltározta rézmaradványt.

Budakalász-Luppa csárda, 84. sír

A 6-7 éves gyerek nyaka és törzse körül különböző elemekből készült gyöngysor volt, benne 1 töredékes réz csőgyönggyel.

Gyöngy (2. tábla 17), benne 1 db töredékes rézcsőgyöngy. (méret: n.a.) Ltsz.: 56.11.56.3. (BONDÁR 2009a, Pl. XXXVIII, 84/3b).

Budakalász-Luppa csárda, 113/A sír

A kettős sírba fejükkel egymásra fektetett két gyermeket temettek. Mindkét halott törzsi részén 8-10 cm vastag finom hamuréteg volt, ebben találtak a csontmaradványokat. Az ásatási megfigyelések szerint halottakon tüzet gyűjthettek. A két csontváz törzsénél, valamint az „A” váz lábcsonthajlatai égési nyomokat figyeltek meg Soproni Sándor. Az A váz törzse mentén 4 db dentalium, 2 db felszeletelt dentalium, 12 db ép és 1 db töredékes gyöngy, valamint 1 db márványgyöngy alkotta gyöngysor volt (BONDÁR 2009a, 78, Pl. XLVIII. 113/1). A nyakán 1 db ép és 1 töredékes réz csőgyöngyöt találtak.

Gyöngyök (2. tábla 18). 2 db teljesen szétmorzsolódó rézgyöngy töredéke. (méret: n.a.) Ltsz.: 56.11.71.2. (BONDÁR 2009a, 78, Pl. XLVIII. 113/2).

Budakalász-Luppa csárda, 113/B sír

A kettős gyerek sír másik halottjának nyaka körül 3 dentaliumra húzott réz csőgyöngy és 4 töredékes rézgyöngy volt.

Gyöngysor (2. tábla 22). 3 db *Dentalium badense* gyöngyből és 4 db, hosszúkás, töredékes rézgyöngyből álló gyöngysor. Két dentaliumra rézgyöngy van ráhúzva, egy dentaliumba pedig rézgyöngy van bedugva. (méret: n.a.) Ltsz.: 56.11.71.3. (BONDÁR 2009a, 78, Pl. XLVIII. 113/3).

Budakalász-Luppa csárda, 114. sír

A csecsemő homlokán 2 db réz csőgyöngy volt.

Gyöngyök (2. tábla 20). 1 db hosszú, dentalium formájú, jó megtartású rézgyöngy és 1 db égett (?) rézgyöngy töredéke. (méret: n.a.) Ltsz.: 56.11.72.1. (BONDÁR 2009a, 78–79, Pl. L. 114/1).

Budakalász-Luppa csárda, 127. sír

A fiatal nő jobb vállán kettős gyöngysor volt különböző gyöngyökből, amely a derékon lefelé egészen a medencéig lógott, benne 6 töredékes réz csőgyönggyel. A **rézgyöngyök** a nyak körül voltak. (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.6.2. (BONDÁR 2009a, Pl. LV. 127/2).⁴²⁵

Budakalász-Luppa csárda, 130. sír

A szórthamvas sírban néhány gyöngy és egy rézlapocskás töredéke is volt, amely valószínűleg tekerescelt gyöngy lehetett.

⁴²⁵ BONDÁR 2009a, 82. A rézgyöngyök a leltározásnál már nem voltak meg. A feldolgozáskor már kevesebb gyöngyöt találtunk.

Rézlap töredéke (2. tábla 28). Négyszögletes, lapos, rossz megtartású, görbült rézlap töredékei. 2 db.⁴²⁶ H.: 2,5 cm, 2,6 cm, Sz.: 0,8 cm, 1 cm. Ltsz.: 61.2.9.3.(BONDÁR 2009a, Pl. LIV. tábla 130/3).

Budakalász-Luppa csárda, 144. sír

A sírgödörben csak nyomaiban megmaradt csecsemő feje mellett teljesen oxidálódott **rézmaradvány** volt.⁴²⁷

Budakalász-Luppa csárda, 164. sír

A fiatal férfi nyakán több gyöngy volt, köztük egy cső alakú **rézgyöngy** töredéke (3. tábla 2; 4. tábla 2). (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.30.12. (BONDÁR 2009a, 93–94, Pl. LXX. 164/13).

Budakalász-Luppa csárda, 174. sír

A 14–16 éves nő nyakán és mellkasán gyöngysor volt,⁴²⁸ benne 3 ép és 4 töredékes réz csőgyöngy. A medencéjénél dentaliumba bújtatott réz csőgyöngyöt (3. tábla 9) találtak.

Gyöngysor (3. tábla 6; 4. tábla 1). 5 db töredékes, cső alakúra kalapált rézgyöngyből álló gyöngysor. (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.33.4. (BONDÁR 2009a, Pl. LXXIII. 174/4).

Gyöngysor (3. tábla 9; 4. tábla 8). 1 db *Dentalium badense* gyöngyből és a dentaliumba behajtott cső alakúra kalapált töredékes rézgyöngyből álló gyöngysor. (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.33.5. (BONDÁR 2009a, Pl. LXXIII. 174/5).

Budakalász-Luppa csárda, 216. sír

A 23-30 év körüli nő jobb könyöke és bal medencecsontja között gyöngyfűzér volt, benne 1 db töredékes rézgyöngy, valamint 3 db réz csőgyöngy. Az egyik rézgyöngy egy kagylógyöngybe van befűzve. Nyakán is egy rézgyöngy töredék volt, amely a dentaliumba van bújtatva. A jobb alkar alatt töredékes rézgyöngy volt.

Gyöngysor (3. tábla 4). 1 db cső alakúra kalapált, töredékes rézgyöngyből (amely az egyik kagylógyöngybe van bebújtatva) és 4 db rézgyöngy töredékből⁴²⁹ álló gyöngysor. (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.58.3.(BONDÁR 2009a, Pl. XCII. 216/3).

Gyöngysor (3. tábla 3). Az egyik gyöngy belsejében pici zöld folt, rézoxidáció nyoma (a naplóban említett rézgyöngy maradványa) látható. (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.58.4. (BONDÁR 2009a, Pl. XCII. 216/4).

⁴²⁶ BONDÁR 2009a, 83–84. Időközben három darabra tört az eredetileg 2 darabként beletárolt rézlap.

⁴²⁷ BONDÁR 2009a, 88. A sírból rézmaradványt nem leltározta be.

⁴²⁸ BONDÁR 2009a, 97. A két említett gyöngysort a feldolgozásnál már egybefűzve találtak, így rajzolta le Gucsi László a monográfia számára.

⁴²⁹ BONDÁR 2009a, 114–115. A rézgyöngyök annyira töredékesek, hogy darabszámuk ma már nem határozható meg biztonsággal.

Gyöngy (3. tábla 5). Kalapált rézlemezről készített, hosszúkásra feltekert csőgyöngy töredékei. H.: 2,4 cm. Ltsz.: 61.2.58.5. (BONDÁR 2009a, Pl. XCII. 216/5).

Budakalász-Luppa csárda, 218. sír

Az időse nő nyakánál töredékes **réz tűhegy** (?) (5. tábla 11) volt. H.: 0,9 cm. Ltsz.: 61.2.59.1. (BONDÁR 2009a, Pl. LXXXIX. 218/1).

Budakalász-Luppa csárda, 221. sír

A 2-2,5 éves gyerek nyaka körül és mellkasán gyöngyfűzér volt, benne egy dentalium gyöngy vékonyabb végére ráhúzott rézgyönggyel és további 10 db **rézgyöngy** töredékével (3. tábla 10; 4. tábla 5). (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.61.3. (BONDÁR 2009a, Pl. XCIII. 221/3).⁴³⁰

Budakalász-Luppa csárda, 226. sír

A 2,5-3 éves gyerek nyakán és mellkasán gyöngysor volt, benne 1 töredékes **rézgyöngy** (3. tábla 12; 4. tábla 7). (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.65. (BONDÁR 2009a, 118–119, Pl. XCVIII. 226/1).

Budakalász-Luppa csárda, 227. sír

A 35-40 éves férfi állkapcsa körül és a nyakán gyöngysor volt, az állkapocs középső része alatt volt 6 db töredékes, cső alakú **rézgyöngy**.

Gyöngysor, benne 1 db töredékes réz csőgyöngy (2. tábla 23), méret: n.a. Ltsz.: 61.2.66.25. (BONDÁR 2009a, Pl. XCV. 227/25b).⁴³¹

A 35-40 éves férfi jobb könyökénél négyszög keresztmetszetű **rézvéső** volt.

Rézvéső (5. tábla 10). Négyszög keresztmetszetű rézvéső. Nyélbe illeszthető vége elkeskenyedik. A véső éle laposra kalapált. H.: 5 cm. Ltsz.: 61.2.66.24. (BONDÁR 2009a, Pl. XCVII. 227/24).⁴³²

Budakalász-Luppa csárda, 229. sír

A 3–4 éves gyerek nyakán különböző gyöngyökből álló gyöngysor volt, köztük 5 db **réz csőgyöngy** töredéke is. A piros gyöngyök közül 1-1 db a rézgyöngyökbe volt bújtatva.

⁴³⁰ BONDÁR 2009a, 116–117. A rézgyöngyökből a feldolgozáskor már csak 6 db maradványa volt meg. A rézgyöngy fotója megtalálható a szentendrei múzeumban őrzött fémvizsgálati dokumentációban (SZFM Adattára 1170/76. dr. M. Schröder vizsgálata)

⁴³¹ BONDÁR 2009a, 119–120. A leltárkönyvben szereplő gyöngyök száma a feldolgozáskor már kevesebb volt, a töredékes rézgyöngynek nem találtam nyomát. A rézgyöngy fotóját a szentendrei múzeumban őrzött fémvizsgálati dokumentációból vehettük át (SZFM Adattára 1170/76. dr. M. Schröder vizsgálata)

⁴³² BONDÁR 2009a, 120. A tárgy nincs meg, leírását a leltárkönyvből, rajzát Korek J. sírlapjáról vettük át. Fotója a szentendrei múzeumban őrzött fémvizsgálati dokumentációban található (SZFM Adattára 1170/76. dr. M. Schröder vizsgálata).

Gyöngysor (4. tábla 4), benne 3 db **réz csőgyöngy** és 2 db töredékes **réz csőgyöngy** (2. tábla 24), méret: n.a. Ltsz.: 61.2.67. (BONDÁR 2009a, Pl. XCVIII. 229/1a-b).⁴³³

Budakalász-Luppa csárda, 245. sír

Az 5-7 éves gyerek nyakán gyöngysor volt, benne 1 db erősen oxidált rézgyöngy töredéke. Több rézgyöngy lehetett, de teljesen oxidálódtak.

Gyöngysor (3. tábla 11), benne 4 töredékes rézgyöngy. (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.75. (BONDÁR 2009a, Pl. CI. 245/1).⁴³⁴

Budakalász-Luppa csárda, 284. sír

A 30-40 éves nő nyaka körül, a hátgerinc mentén és a mellkasán gyöngysor volt. A gyöngysorban **rézgyöngy** is lehetett, mely teljesen szétporladt csak nyomaiban volt megfigyelhető. Ltsz.: 61.2.94. (BONDÁR 2009a, Pl. CXIII. 284/1).⁴³⁵

Budakalász-Luppa csárda, 291. sír

Az 1-7 éves gyerek nyakán 1 db réz csőgyöngy volt.

Gyöngy. Csőalakúra kalapált rézgyöngy. H.: 2,9 cm. Ltsz.: 61.2.99.2.⁴³⁶

Budakalász-Luppa csárda, 301. sír

A csecsemő nyakán gyöngysor volt, benne 5 db töredékes réz csőgyöngy. A rézgyöngyök a kagylógyöngyökbe voltak bújtatva.

Gyöngysor (3. tábla 7; 4. tábla 3). 6 db *Dentalia badense* kagylógyöngyből és 5 db cső alakúra tekerceselt, töredékes, kalapált rézgyöngyből álló gyöngysor. Az egyik rézgyöngy egy dentaliumba van bedugva. A dentalium gyöngyök végein rézoxidáció nyomai figyelhetők meg. (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.103.2. (BONDÁR 2009a, Pl. CXVI. 301/2).⁴³⁷

Budakalász-Luppa csárda, 319. sír

A 40-50 év körüli férfi koponyájától ÉK-re, 20 cm-re rézvéso volt a sírban.

⁴³³ BONDÁR 2009a, 120–121. A naplóban szereplő (23 gyöngy + 5 rézgyöngy) és a leltározásnál regisztrált gyöngyök (12 gyöngy + 5 rézgyöngy) száma nem egyezik. A feldolgozásnál a leltárkönyvben jegyzett gyöngyök számánál is kevesebbet találtunk.

⁴³⁴ BONDÁR 2009a, 125. A leltárkönyvi bejegyzés szerint 4 töredékes rézgyöngyből 1 töredék önállóan, 1 pedig az egyik dentalium gyöngybe dugva maradt meg. Az egyik rézgyöngy fotóját a szentendrei múzeumban őrzött fémvizsgálati dokumentációban találtuk meg (SZFM Adattára 1170/76. dr. M. Schröder vizsgálata). A feldolgozás idején rézgyöngynek már nyoma sem volt, egy dentaliumgyönggyel viszont több van.

⁴³⁵ BONDÁR 2009a, 136–137. A beletározott gyöngyök száma kevesebb, mint a naplóban.

⁴³⁶ BONDÁR 2009a, 139–140. A tárgy nincs meg, leírását a leltárkönyvből idézzük.

⁴³⁷ BONDÁR 2009a, 142–143. A leltárkönyvben lévő megjegyzés szerint az egyik rézgyöngyben rostból készült fonalmaradvány volt. A rézgyöngy fotóját a szentendrei múzeumban őrzött fémvizsgálati dokumentációból vehettük át (SZFM Adattára 1170/76. dr. M. Schröder vizsgálata).

Rézvéső (5. tábla 9). Négyzög keresztmetszetű rézvéső. Nyélbe illeszthető vége elkeskenyedik. A véso éle laposra kalapált. H.: 5 cm. Ltsz.: 61.2.113.2. (BONDÁR 2009a, Pl. CXXIV. 319/2).⁴³⁸

Budakalász-Luppa csárda, 355. sír

A fiatal férfi nyakán gyöngysor volt, amelyben réztöredékeket figyelt meg az ásató. Az egyik gyöngyre rézgyöngy lehetett ráhúzva a patinafolt alapján. Réznyomok voltak a bordákon és a kulcsesonton is.

Gyöngysor (3. tábla 8), benne 1 db töredékes rézgyöngy. (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.133.1. (BONDÁR 2009a, Pl. CXXXVIII. 355/2).⁴³⁹

Budakalász-Luppa csárda, 361. sír

A 11-12 éves gyerek medencecsontja felett, közvetlenül a dereka körül hármast **gyöngysor** volt (2. tábla 29), különböző alkotóelemekből, köztük 4 db töredékes, cső alakúra kalapált rézgyöngy is előfordult. (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.137.4. (BONDÁR 2009a, Pl. CXXXIX. 361/4c).⁴⁴⁰

Budakalász-Luppa csárda, 416. sír

A fiatal nő nyakán lévő **gyöngysorban** (3. tábla 13) 3 darab töredékes réz csőgyöngy is volt. (méret: n.a.) Ltsz.: 61.2.166. (BONDÁR 2009a, Pl. CLX. 416/1).⁴⁴¹

8. Budapest, XI. Andor utca

1934-ben az Andor utca (volt Galvani u.) és a Budafoki út találkozásánál a Tress Vegyészeti Gyár építéskor 7 zsurgított csontvázas sír került elő a badeni kultúrából. 3 mellékletes volt, 4 melléklet nélküli. Ajándékozás illetőleg Nagy Tibor leletmentése nyomán kerültek a BTM-be a leletek. A negyvenes években az Andor utcában több helyen is kerültek elő őskori leletek és sírok. 1947-ben Nagy Tibor a Lőporraktár és Galvani utca közötti homokbányában, majd 1948-ban a Galvani u. északi oldalán levő Kábelgyár területén a badeni kultúra nagy kiterjedésű telepét és egy sírját tárta fel.⁴⁴²

⁴³⁸ BONDÁR 2009a, Pl. CXXIV. 319/2. A tárgy nincs meg, leírását a leltárkönyvből, Rajzát Korek J. sírlapjáról vettük át. Fotója a szentendrei múzeumban őrzött fémvizsgálati dokumentációban található (SZFM Adattára 1170/76. dr. M. Schröder vizsgálata).

⁴³⁹ BONDÁR 2009a, Pl. CXXXVIII. 355/2. A rézgyöngyből ma már csak pici zöld patinafolt látható az egyik kagylógyöngyön.

⁴⁴⁰ Az egyik rézgyöngy fotóját a szentendrei múzeumban őrzött fémvizsgálati dokumentációból vehettük át (SZFM Adattára 1170/76. dr. M. Schröder vizsgálata).

⁴⁴¹ BONDÁR 2009a, 186. A rézgyöngynek ma már nyoma sincs, csak két dentaliumgyöngyön megmaradt, zöld patinamaradványok jelzik egykori helyét a gyöngysorban.

⁴⁴² Nagy Tibor ásásairól a BTM Adattárában lévő közöletlen jelentésekből készítette az összefoglalásokat Endrődi A. (ENDRŐDI 1997, 122; HORVÁTH L. A. 2011, 15).

Endrődi A. az Andor utcai lelőhely ismertetésekor a huzalt az elveszett tárgyak között említi: „A réz leletek: rézvéső, rézhuzal és rézár közül ma már csak az utóbbi van meg.”⁴⁴³

Budapest, Andor utca

A sírból (?) származó **rézhuzal** 1997-ben már nem volt meg.⁴⁴⁴ A „hengeres” rézhuzal a Tress gyár területén talált csontvázas sírok egyikének melléklete lehetett.⁴⁴⁵

Budapest, Andor utca⁴⁴⁶

Rézár (5. tábla 3). Ltsz.: And.6. H.: 6,4 cm. (ENDRŐDI 1997, 122, 45. t. 9; ENDRŐDI 2004, kat. 73). A rézár előkerülésének pontos helye ismeretlen.⁴⁴⁷

Budapest, Andor utca

A **rézvéső** az 1947. évi ásatás 1. árkából került elő. H.: 4x8,5 cm.⁴⁴⁸

Budapest, Andor utca

Balta öntőforma (8. tábla 3). Kétrészes öntőforma töredéke, méret: fotón 1:1. (ENDRŐDI 1997, 130, 46. t. 4).

9. Budapest, IV. Káposztásmegyer, Farkaserdő

A káposztásmegyeri lakótelep építését megelőzően a BTM leletmentéseket végzett a kijelölt területen. A lelőhely a Duna árteréből kiemelkedő dombháton van. A feltárt területen a badeni kultúra 40 települési objektuma, hét állattemetkezés, két zsugorított sír és egy 2,3 m magas sztélé került elő.⁴⁴⁹

1982-ben a badeni telepen egy rézkarika? huzal? is előkerült.

Rézkarika (6. tábla 2). Átm.: 1,8 cm, vastagság: 0,2 cm. Ltsz.: BTM 2004.2.5. (ENDRŐDI 2004, kat. 72).

Budapest-Káposztásmegyer, Farkaserdő

1982-ben a badeni telepen egy rézár is napvilágot látott.

Rézár (5. tábla 2). H.: 3,3 cm, vastagság: 0,3 cm. Ltsz.: BTM. 2004.2.4. (ENDRŐDI 2004, kat. 71).

⁴⁴³ ENDRŐDI 1997, 130, 45. kép 9.

⁴⁴⁴ ENDRŐDI 1997, 130.

⁴⁴⁵ ENDRŐDI 1997, 75. jegyzet

⁴⁴⁶ Nagy Tibor ásatása 1947–1949: ENDRŐDI 1997, 122, 45. t. 9; a későbbi publikációban (ENDRŐDI 2004, 52) a lelet 1952-ben került elő, hosszát is itt közölte a szerző.

⁴⁴⁷ ENDRŐDI 1997, 75. jegyzet.

⁴⁴⁸ ENDRŐDI 1997, 75. jegyzet.

⁴⁴⁹ ENDRŐDI 1988, 80. A feltárás közöletlen.

10. Budapest, XI. Kőérberek, Tóvárosi lakópark

A Budapest határához közeli, tervezett lakótelepen 14 történeti korszak objektumai kerültek elő. A késő rézkori telepen az egyik gödörben még az őskorban szétvert tűzhely romjai alatt egy rézbalta agyag öntőformájának egyik felét találták meg 2003-ban.⁴⁵⁰

Balta öntőforma. Rézbalta agyag öntőformájának fele. A szókszavú leírásból nem derül ki, hogy egy részes forma töredéke vagy kétrészes egyik feléről van szó.

11. Fajsz-Garadomb (Bács-Kiskun m.)

A Duna bal partján fekvő lelőhelyen, Bánffy Eszter 2006. évi ásátásán három kisebb szondát nyitottak. A 3x3 m alapterületű 1. szonda szinte teljes felületét nagyméretű, a késő rézkori badeni kultúrára keltezhető gödör foglalta el, amelyből nagy mennyiségű paticsomladék, kerámiatöredék és állatsont mellett néhány réz ékszer (lemez, illetve drót) került elő.⁴⁵¹

Fajsz-Garadomb, 1. szonda 1. objektum

87 cm mélységben egy nagyon vékony, kerek átmetszetű **rézhuzal** töredéke is előkerült (6. tábla 4). tör. h.: 8,5 cm, súlya: 1,4 gramm.

Fajsz-Garadomb, 1. szonda 1. objektum

87 cm mélységben egy közel ép **rézgomb** is előkerült. A rendkívül vékony lemezből készített, domború gomb közepén finom bemélyedés, egyik szélén kis kerek lyuk van (3. tábla 14). A lyuk széle vélhetőleg a használatból (felvarrás helye) teljesen elvékonyodott. A gomb szimmetriájából következően legalább két lyuk kellett a felvarráshoz. tör. átm.: 2,5 cm, súlya: 0,7 gramm.

Fajsz-Garadomb, 1. szonda 1. objektum

87 cm mélységben egy rendkívül vékony lemezből készített **rézgomb** töredéke volt, szélén nagyobb lyukkal, amely a domború lemez széléig tartott (3. tábla 15). Az előző gombhoz hasonló tárgy volt. tör. h.: 1,8 cm, súlya: 0,2 gramm

12. Kántorjánosi-Homoki dűlő (Szabolcs-Szatmár-Bereg m.)

A Budapestről Ukrajna felé tartó M3 autópálya építését megelőzően feltárásokat végeztek a Nemzeti Múzeum munkatársai a Nyírség ÉK-i részén lévő Kántorjánosiban (M3-52. lh.) is 2010-ben. A lelőhelyen több korszak telepnyomait megtalálták, köztük a badeni kultúra 47 különböző típusú objektumát (települési gödrök, gödörbe dobott tetemek, kutak, árok).⁴⁵²

⁴⁵⁰ TEREI *et al.* 2004. 196.

⁴⁵¹ A fémek közlési jogának átengedését Bánffy Eszternek köszönöm.

⁴⁵² GYÖRGY 2012.

Kántorjánosi-Homoki dűlő, 17/18. objektumból.

Réztőr (7. tábla 1a-b). Keskeny, háromszög alakú pengével és rövid, háromszög alakú markolatlappal rendelkezik. A markolatlemezen három szegecslyuk helyezkedik el, szabályos háromszög alakba rendezve. Átmetszete lapos rombusz alakú. A penge a hossz tengelyében enyhén megvastagszik, a felületből alig kiemelkedő középbordát képezve. A penge hegyénél enyhén hátrafelé hajlik. Felületét élénkzöld, helyenként sötétzöld patina borítja. Kisebb foltokban az eredeti szín is megfigyelhető. A tárgy az élen látható kisebb sérülésektől és a hiányzó szegecslektől eltekintve ép. Hosszúság: 13,7 cm; szélesség: 2,8 cm; vastagság: 0,25 cm; a szegecslyukak átmérője: 0,4–0,5 cm. Ltsz.: MNM OS 2011.1.9.6. (GYÖRGY 2012, 31. t. 1a–b).⁴⁵³

Kántorjánosi-Homoki dűlő, 176. strat. számú kútból

Réztőr (7. tábla 2a-b). Kisméretű tőr, háromszög alakú pengével és háromszög alakú markolatlappal. A markolatlapon három szegecslyuk helyezkedik el, enyhén aszimmetrikus elrendezésben. Átmetszete lapos. Középborda nincs. Felületét sötétzöld patina borítja. Hegye és a markolatlap felső része (a felső szegecslyuk egy részével együtt) hiányzik. Két darabból ragasztott, restaurált. Hosszúság: 4,4 cm; szélesség: 2 cm; vastagság: 0,1 cm; a szegecslyukak átmérője: 0,3 cm. Ltsz.: MNM OS 2011.1.92.374. (GYÖRGY 2012, 32. t. 2a–b).⁴⁵⁴

Kántorjánosi-Homoki dűlő, 23/26. objektumból

Öntőforma? (8. tábla 4). Az objektumból egy megmunkált homokkő is előkerült (GYÖRGY 2012, 84, 28. t. 1). Négyszögletes, lapos, közepén félgömb alakban kimélyített tárgy két összeillő töredéke. Elképzelhető, hogy fémtárgy (pl. félgömb alakú rézöntecs) előállításához készített (de égésnyomok hiányában feltételezhetően a használat előtt kettétört) öntőforma lehetett.⁴⁵⁵

Kántorjánosi-Homoki dűlő, 3. sz. kútból.

Kis réztárgy. A 3. kút embercsontokat tartalmazó rétegéből előkerült egy kisméretű réztárgy töredéke, amely egy emberi fog közeléből származik (a réz patinája zöldre színezte a fogat).⁴⁵⁶

⁴⁵³ leírását GYÖRGY 2012, 111. oldalról idéztük.

⁴⁵⁴ leírását GYÖRGY 2012, 113. oldalról idéztük. A tőr a 147/176. sz. kútból került elő. Sajnos, a szövegben van némi tévedés, keveredés. György L. a 108. oldalon még az első tőrrel írja, hogy a 3. számú kútból került elő, embercsontok mellől. Valójában a 2. tőrrel lehet szó.

⁴⁵⁵ GYÖRGY 2012, 104. A 28. tábla képaláírásában a tárgy örlőkőként szerepel.

⁴⁵⁶ GYÖRGY 2012, 108.

13. Karancslapujtó(?) (Nógrád m.)

Rézbalta (6. tábla 5). Bányabükki típusú, 16,2 cm hosszú, karcsútestű, kissé ívelt élű balta. Nyéllukának átmetszete elliptikus, ennek átmérője 3–3,5 cm. Ltsz.: MNM. 52.29.111. Leőhelye állítólag Lapujtó, közelebbit nem tudhatunk a találs körülményieről (KŐSZEGI 1957, 47, 6. t. 6).

14. Keszthely-Alsódobogó (Zala m.)

Az Alsódobogó délkeleti lábánál húzódó síkon, a domb tövéénél bányabükki típusú rézbaltát találtak Varga Antal földjén, amelyet a keszthelyi Balatoni Múzeum 1959-ben megvásárolt.

Rézbalta (6. tábla 3). A balta nyaka enyhén ívelt, a nyélluktól az élig egyenletesen szélesedik és ívelt élben záródik. A nyélluk éles fokban záródik. H.: 13,4 cm. Ltsz.: KBM.59.106.1. (MRT 1, 77. 7. t. 13).⁴⁵⁷

15. Köveskál-Szólóhegy (Veszprém m.)

Kápolnay István ajándékeként került a MNM-ba egy vélhetően sírlelet mellékletegyüttese, köztük 11 hengeres rézcsövecske, amelyből később már csak hatot találtam meg. Ltsz. MNM. 84.1871.1-8. (BONDÁR 1987, 48, 10. kép 2).

Gyöngyök (2. tábla 15).

16. Lánycsók-Égetthalom (Baranya m.)

A községtől Ny-ra fekvő dombháton 1973-ban egy nagy árkot húztak, ebből hordták a földet a közeli víztározó gátjának megerősítéséhez. A leleteket a MNM tudta megmenteni. 1976-ban Kalicz Nándor és Ecsedy István szondázó ásatást végeztek a területen, melynek során 11 régészeti kultúra maradványait tárták fel, köztük a badeni kultúra korai időszakának két gödrében fémműves emlékeket találtak.⁴⁵⁸

Lánycsók-Égetthalom, 7. objektum

Ovális öntőtégely töredéke (9. tábla 1) (méret: n.a.) Ltsz.: n.a. (ECSEDY 1978, Taf. XI. 4; XII. 1; ECSEDY 1990, Fig. 6. 2).

Lánycsók-Égetthalom, 8. objektum

Kisméretű, négyszögletes, erősen égett öntőtégely töredéke (9. tábla 2) (méret: n.a.). Ltsz.: JPM

Ó.77.4.1. (ECSEDY 1978, Taf. XI. 3; XII. 3; ECSEDY 1990, Fig. 6. 1).

⁴⁵⁷ Tárgyleírás és méretek nélkül. A balta leírását az intézeti fényképes kartonok között találtam meg, a kartonok a keszthelyi Balatoni Múzeum anyagából a topográfiahoz készültek.

⁴⁵⁸ ECSEDY 1978, 163, a feltárásról: .ECSEDY 1978a 119.

Lánycsók-Égetthalom, 8. objektum

Kisméretű, négyszögletes öntőtégely töredéke salakmaradvánnyal (9. tábla 3) (méret: n.a.). Ltsz.: JPM Ö.77.4.2. (ECSEDY 1978, Taf. XI. 5; XII. 2; ECSEDY 1990, Fig. 6. 3).

17. Mezőcsát-Hörcsögös (Borsod-Abaúj-Zemplén m.)

A Hörcsögös nevű lelőhely mintegy 4 km-re fekszik Mezőcsáttól délre, az Ároktőre vezető úttól nyugatra, azzal csaknem párhuzamosan. Patek Erzsébet végzett itt ásatásokat 1958-1962 között Kalicz Nándor közreműködésével. A lelőhelyen több ponton kerültek elő különböző korú temetkezések, ezek a helyszínek külön elnevezést kaptak az ásatás során. A késő rézkori birituális temető egy kurgán körzetében helyezkedett el, 14–17 sírt azonosítottak az ásatók.⁴⁵⁹

Mezőcsát-Hörcsögös, 9. sír

A szórthamvas sírban 6 db **rézgyöngy**ből készült gyöngysor (2. tábla 25) volt az égett csontok között. Rézlemezről hajtogatva, mintha a dentálium gyöngyöt utánoznák. Ltsz. 77.43.38. (KALICZ 1999, 67, 14. kép 1; GYÖRGY 2014, 28. t. 1)

18. Nagyfüged-Ejzella (Heves m.)

Az M3 autópálya Ludas és Nagyfüged között fekvő lelőhelyén középkori és őskori, köztük késő rézkori objektumokat tárt fel 1994-ben Fodor László. A VII szelvény „E” gödör meddőjéből egy késő rézkori fémtárgy is előkerült. A gödörben jellegzetes badeni edénytöredékek voltak. A lelőhelyen több korszak megtelepedését regisztrálták.

Vékony cseppformájú, átfúrt **rézlemez**.⁴⁶⁰ Valójában kisméretű, ún. rövid tör (7. tábla 3a-b). Méretei: h: 40 mm, sz: 20 mm, v: 1 mm, lyuk átm: 4 mm, súlya: 3,5 gramm.

19. Nemesnádudvar-Papföld (Bács-Kiskun m.)

2009-ben és 2010-ben megelőző feltárások során (M9 7. lh.) V. Székely György a badeni kultúra teleprészletét is feltárta. A leletanyagban egy szórvány rézár is volt.⁴⁶¹

20. Ózd-Center (Borsod-Abaúj-Zemplén m.)

A Kőfej-hegy lábát útépítés miatt 1958-ban átvágták. A munkák során edényekre bukkantak a munkások. A megindított leletmentés során Kalicz Nándor a badeni kultúra 7 hamvasztásos, kőpakolásos sírját tárta fel, az egyikben három ember alakú volt.⁴⁶² 1963-ban egy újabb hamvasztásos sírt mentett meg a helyi múzeum-

⁴⁵⁹ KALICZ 1999.

⁴⁶⁰ FODOR 1997, 103.

⁴⁶¹ V. SZÉKELY 2012, 304. Közöletlen.

⁴⁶² KALICZ 1963, Taf. I-III, Taf. IV. 1a-c.

barát kör tagja. A lelőhelyen Kemenczei Tibor végzett helyszínelést, aki megállapította, hogy a találási hely azonos a korábban feltárt temetővel.⁴⁶³

Ózd-Center, 3. sír

A sírban három antropomorf edény is volt. Az urnákban egy felnőtt és két gyermek hamvait azonosították. Az edények között két töredékes rézgomb hevert.

Két, gömbsüveg alakú **rézgomb**, ill. töredék (3. tábla 16-17). A felerősítésre két lyuk szolgált. Átm: 2,3 és 2,4 cm. Erősen oxidált állapotban vannak. Ltsz.: MNM. 59.14.10-11. (GYÖRGY 2014, katalógus 126, 54. t. 5-6).

21. Ózd-Kőaljatető (Borsod-Abaúj-Zemplén m.)

Rozsnyói Márton az ózdi múzeum alapító munkatársa 1942–1949. között szisztematikusan gyűjtött leleteket a területről.⁴⁶⁴ Munkájának köszönhetően több réztárgy is előkerült innen.

Kisméretű **réztű** töredéke (5. tábla 14). Vége lekerekített. Hegyes vége hiányzik. Kör átmetszetű. Díszítetlen. Hossz.: 2,8 cm; Va.: 0,2 cm; Ltsz.: 1942.3.25. (GYÖRGY 2014, katalógus 137, 59. t. 10).

Rézár (5. tábla 17). Négyszögletes átmetszetű, egyik vége lapos, négyszögletes. Éle lekerekített. Hossz.: 8,7 cm; Szé.: 1,1 cm; Va.: 1,2 cm; Ltsz.: 73.11.21. (GYÖRGY 2014, katalógus 152, 68. t.7; BANNER 1956, Taf. LXVI. 8).

Rézhuzal. Lapos, kalapálással készült rézhuzal (6. tábla 7). Hossz.: 15 cm; Szé.: 0,3 cm; Va.: 0,1 cm. (GYÖRGY 2014, katalógus 157; BANNER 1956, Taf. LXVI. 9).

22. Ózd-Sportstadion (Borsod-Abaúj-Zemplén m.)

A stadiont 1950 decemberében kezdték építeni.⁴⁶⁵ Az ötvenes években Korek József, Mozsolics Amália és Kemenczei Tibor is végzett ásatást a Stadion építését megelőzően. Nem tudjuk pontosan, melyikük ásatásán volt 84. objektum.

A 84. gödörben vékony **rézár** (5. tábla 12) volt (GYÖRGY 2014, katalógus 159; BANNER 1956, Taf. LXIX. 20).

23. Salgótarján-Pécskő (Nógrád m.)

A késő rézkori és bronzkori leleteket is megőrző, magángyűjteményeket is gyarapító lelőhelyen előkerült tárgyak keltezése számos esetben bizonytalan, köztük két, homokkőből készült öntőforma töredéké is (KOREK 1968, 55, Taf. XII. 1-2).

1960-ban Korek József ásatásán került elő a III. kutatóárokából egy **véső** homokkőből készült **öntőformájának** (8. tábla 1) töredéke (KOREK 1968, Taf. XII. 3).

⁴⁶³ KEMENCZEI 1966.

⁴⁶⁴ HELLEBRANDT 1973, 45.

1 HELLEBRANDT 1973, 48.

24. Sármellék-Égenföld (Zala m.)

1985-ben a Kis-Balaton rekonstrukciós munkálatainál földnyerő területként jelölték ki a lelőhelyet, az egykori szovjet repülőtérral szemben lévő területet. A repülőtérről miatti leletmentést nem végezhetek a területen, csak a gépi munkákat felügyelhetette M. Virág Zsuzsanna. A badeni kultúra nagy kiterjedésű telepének 26 objektumát sikerült megmenteni, az egyikben két réztárgy volt.

Sármellék-Égenföld, 9. objektum

Késpenge töredéke (6. tábla 1a-b). Vékonyra kalapált rézlemezből készített ívelt penge elkeskenyedő, lekerekített hegyű végződése. Domború oldala és hegye élezett, míg a homorú oldal tompa. A töredék valószínűleg egyélű kés. vagy esetleg borotva része lehetett. A tárgy szándékosság vagy másodlagos deformáció következtében kissé hullámosan hajlított. A töredék hossza: 5,9 cm. legnagyobb szélessége: 1,1 cm, fokának vastagsága: 0,1 cm. (VIRÁG 1999, 33, 2. kép 1).

Sármellék-Égenföld, 9. objektum

Réztőr (7. tábla 5a-b). Deltoid alakú, középső részén kissé megvastagodó tőrpenge. Keresztmetszete enyhén ívelő oldalú, csaknem ellipszis formájú, lapított rombusz. Lekerekített nyakrészén, közel a penge széléhez, két nagyméretű, téglalap alakú szegecslyuk látható. A penge legvégén harmadik szegecslyuk nyoma is felfedezhető. Ez, az egészen a penge széléhez ütött lyuk elképzelhetően már a készítés során átszakadhatott. A töredék hossza: 8,8 cm, rekonstruálható teljes hossza kb.: 9,1 cm. Vastagsága: 0,3 cm, legnagyobb szélessége: 2,5 cm. (VIRÁG 1999, 33, 2. kép 2).

25. Szébeny-Farkasluk dűlő I. (Baranya m.)

2010-ben a Városföld és Drávaszerdahely közötti gázvezeték építését megelőző feltáráson a Szébeny határában lévő lelőhelyen őskori telepet tártak fel, köztük a badeni kultúra objektumait is.

A késő rézkori leletek között egy réz **spirálgöngy** is előkerült.⁴⁶⁶

A badeni teleprészleten, a felszín nyesésekor egy nyitott, hurkos végű réz **nyakpercet** is találtak, amelyet „... a nyesést végző ember vattába csomagolva a felszínen felejtett, arról az ásatásvezető régésznek elfelejtett szólni, másnap reggelre pedig eltűnt.”⁴⁶⁷

26. Székesfehérvár(?) (Fejér m.)

Pulszky Ferenc a karancslapujtóival teljesen megegyező formájú, bányabükki típusú **fejstét** (6. tábla 6) közölt a Nemzeti Múzeum anyagából. H.: 16,5 cm.

⁴⁶⁶ LIGNER 2012, 353.

⁴⁶⁷ LIGNER 2012, 353.

(PULSZKY 1883, 60, 14. ábra 2). Az előkerülés körülményeiről nem írt, a lelőhelyet sem adta meg.⁴⁶⁸

27. Szigetcsép (Pest m.)

A Csepel-sziget K-i részén, a Szigetszentmárton és Szigetcsép közötti műút K-i oldalán, a ráckevei Duna-ág partján a tangazdaság gyümölcsösében földmunkákat végeztek 1974-ben. A leletmentő ásatáson csak egy kis terület feltárására volt mód. Korek József késő rézkori és kora bronzkori település maradványait mentette meg.

Szigetcsép, 13. objektum

A badeni kemence alján **réz öntörögöcske** hevert.⁴⁶⁹

28. Tikos-Nyárfás dűlő (Somogy m.)

Az M7 autópálya építését megelőző feltáráson (M7/S-29. lh.), 2003-ban korai badeni telepen (protobolerázi időszaknak határozták meg az ásatók) egy ép **rézské** is előkerült.⁴⁷⁰

29. Vörs-Majorsági épületek (Somogy m.)

1952-ben Vörsön, az ún. majorsági épületektől kb. 100 m-re silógödör ásásakor 2 kelta csontvázas sír került elő. A harmadik sír késő rézkori volt, ezt már szakember, Pekáry Tamás tárhatta fel (2. sz. sír a dokumentációban). A halott fején fémdiadém, nyakában gyöngysor, lábainál a badeni kultúrába tartozó két edény volt.⁴⁷¹ A lelőhely pontos helyéről, kutatástörténetéről és újabb metallurgiai vizsgálatairól több tanulmányban beszámoltam,⁴⁷² a tárgyat is közöltem (BONDÁR 2015a, Fig. 4; BONDÁR 2015b, 1. kép; BONDÁR 2015c Fig. 1; BONDÁR 2016, 2. ábra).

Vörs-Majorsági épületek, 2. sír

A halott feje körül rézlemezből készült **diadém** volt (1. tábla 1–2). Ennek teljes hossza 67 cm, szélessége 1,6–1,8 cm között változó. Két vége elkeskenyedik, s csaknem egészen kihegyesedik. Az egyik vége nagyjából egyenes, a másik kétharmad részében meg van görbítve. Ennek keskenyedő része elején két lyuk van. A szalag hosszában, mindkét szélén kis dudorokból álló pontdíszítés fut végig.

⁴⁶⁸ Kőszegi Frigyes Székesfehérvár lelőhellyel említi a tárgyat (KŐSZEGI 1957, 53). Pulszky 23 rézfejszét dolgozott fel a MNM gyűjteményéből. Néhánynál írta, hogy a Ráth gyűjteményből származnak, a többinél nem adta meg az előkerülés adatait.

⁴⁶⁹ KOREK 1984, 9.

⁴⁷⁰ NÉMETH-SIKLÓSI 2004, 47. Közöletlen.

⁴⁷¹ PEKÁRY 1954, 72; BANNER 1956, 324. lh. Taf. LXXXVII. 4.

⁴⁷² BONDÁR 2015a, BONDÁR 2015b, BONDÁR 2015c, BONDÁR 2016.

30. Zók-Várhegy (Baranya m.)

Ecsedy István ásatásán 1979-ben a badeni települési rétegből a fémöntés emléke is előkerült.

Agyag **öntőtégely** töredéke (8. tábla 2), helyenként égett salaknyomokkal (ECSEDY 1990, 223, Fig. 7).



1. tábla: Ékszerek

Plate 1. Jewellery

Vörs, 1–2: diadém (Bondár 1996 és Bondár 2015 nyomán, fotó: Hámori Péter (1) és Kádas Tibor (2) MTA BTK RI); Balatonlelle-Rádpusztá 415. sír (3–7): 3–4: töredékes rézgyöngy, 2. számú melléklet a sírban (fotó: Hámori Péter, MTA BTK); 5: a 415. sír (ásatási felvételek: Molnár István); 6: in situ fotó a 3. sz. melléklet helyéről (fotó: Molnár István); 7: rézkarperec (fotó: Bondár Mária)



2. tábla: Rézgyöngyök

Plate 2. Copper beads

Alsónémedi-Kenderföldek: 1: 3/B sír (KOREK 1951, IX. t. 2); 2: 4. sír (KOREK 1951, X. t. 5); 3: 20. sír (KOREK 1951, X. t. 18–19); 4: 34. sír (KOREK 1951, XIII. t. 1–2); 5: 36. sír (KOREK 1951, XII. t. 4); Balatonboglár-Zrínyi utca: 6–8: 11. csontváznál (HONTI 1981, 4. kép 3–5); Balatonlelle-Felső-Gamász (9–14): 9–10, 14: 22. sír (NAGY 2010, Abb. 42. 21–23); 11: 21. sír (NAGY 2010, Abb. 36. 6); 12: 15. sír (NAGY 2010, Abb. 22. 7); 13: 16. sír (NAGY 2010, Abb. 24. 19); Köveskál-Szőlőhegy, sírból?: 15: (BONDÁR 1987, 10. kép 2); Budakalász-Luppa csárda (16–24, 26–29): 16: 28. sír (BONDÁR 2009, Pl. XIV. 28/3); 17: 84. sír (BONDÁR 2009, Pl. XXXVIII. 84/3b); 18: 113/A sír (BONDÁR 2009, Pl. XLVIII. 113/2); 19: 38. sír (BONDÁR 2009, Pl. XVIII. 38/1); 20: 114. sír (BONDÁR 2009, Pl. L. 114/1); 21: 48/A sír (BONDÁR 2009, Pl. XXII. 48/1c); 22: 113/B sír (BONDÁR 2009, Pl. XLVIII. 113/3); 23: 227. sír (BONDÁR 2009, Pl. XCV. 227/25b); 24: 229. sír (BONDÁR 2009, Pl. XCVIII. 229/1b); 26: 36. sír (BONDÁR 2009, Pl. XVI. 36/3b); 27: 8. sír (BONDÁR 2009, Pl. V. 8/1c); 28: 130. sír (BONDÁR 2009, Pl. LIV. 130/3); 29: 361. sír (BONDÁR 2009, Pl. CXXXIX. 361/4c); Mezőcsát-Höröcsögös: 25: 9. sír (GYÖRGY 2014, 28. t. 1)



3. tábla: Rézgyöngyök a gyöngysorokban, rézgombok

Plate 3. Copper beads in necklaces and bead strands, copper buttons

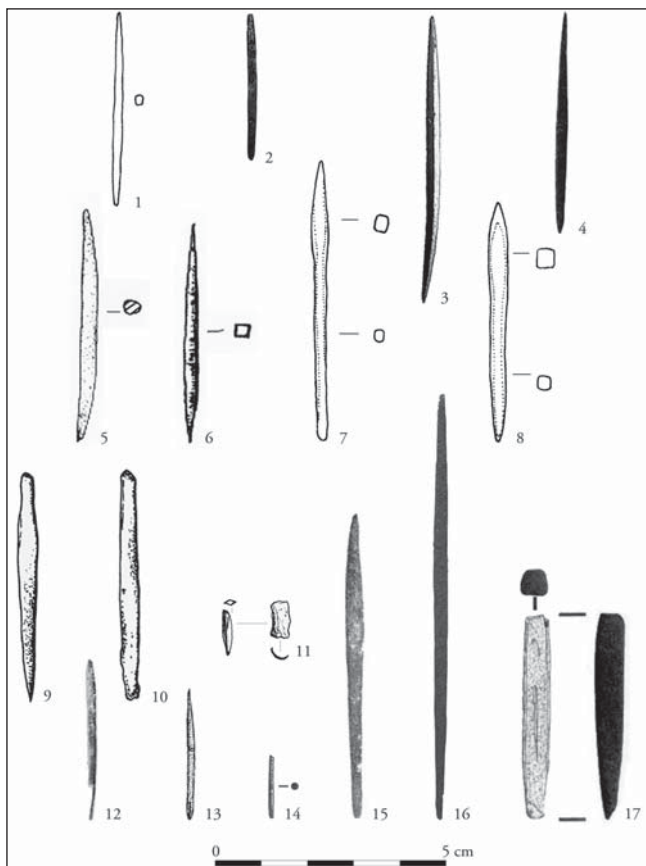
Budakalász-Luppa csárda 1: 2. sír (BONDÁR 2009, Pl. II. 2/6); 2:164. sír (BONDÁR 2009, Pl. LXX. 164/13); 3–5: 216. sír (BONDÁR 2009, Pl. XCII. 216/3–5); 6, 9: 174. sír (BONDÁR 2009, Pl. LXXIII. 174/4–5); 7: 301. sír (BONDÁR 2009, Pl. CXVI. 301/2); 8: 355. sír (BONDÁR 2009, Pl. CXXXVIII. 355/2); 10: 221. sír (BONDÁR 2009, Pl. XCIII. 221/3); 11: 245. sír (BONDÁR 2009, Pl. CI. 245/1); 12: 226. sír (BONDÁR 2009, Pl. XCVIII. 226/1); 13: 416. sír (BONDÁR 2009, Pl. CLX. 416/1); Fajsz-Garadomb 1. objektum (fotó: Marton Tibor): 14–15; Ózd-Center 3. sír: 16–17 (GYÖRGY 2014, 54. t. 5–6)



4. tábla: Gyöngysorok színesben

Plate 4. Bead strands (colour photos)

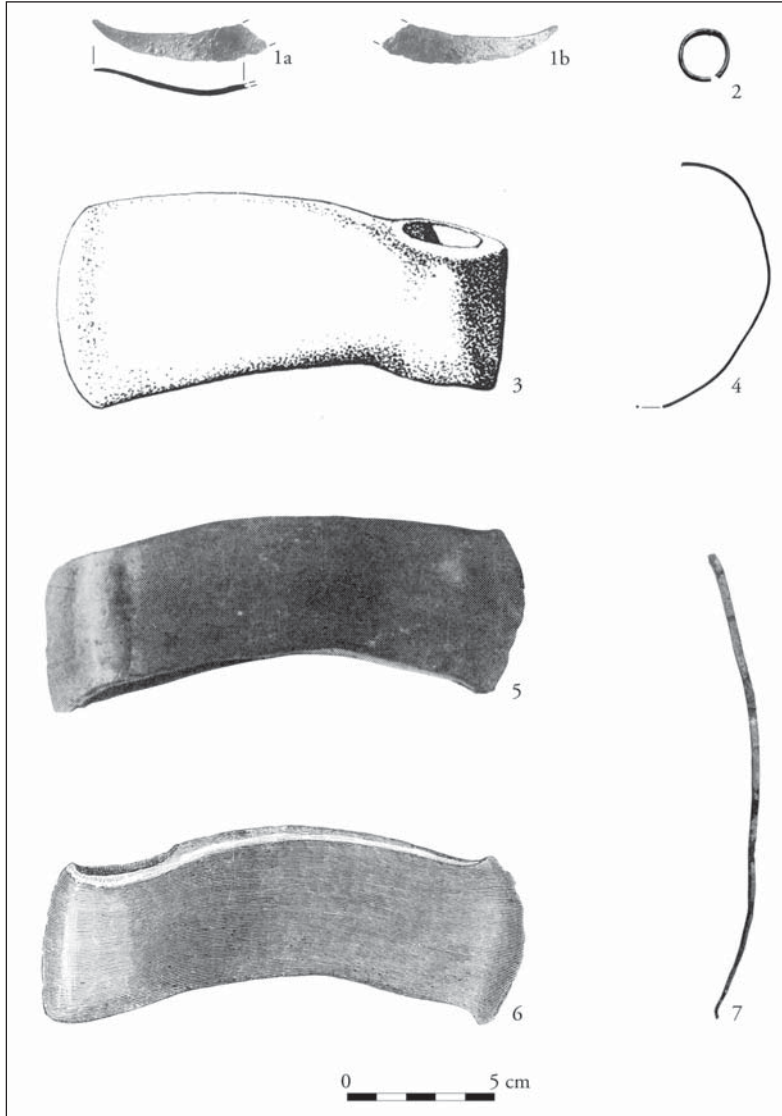
Budakalász-Luppa csárda – 1: 174. sír (azonos: 3. tábla 6); 2: 164. sír (azonos: 3. tábla 2); 3: 301. sír (azonos: 3. tábla 7); 4: 229. sír (Bondár 2009, Pl. XCVIII. 229/1a); 5: 221. sír (azonos: 3. tábla 10); 6: 2. sír (azonos: 3. tábla 1); 7: 226. sír (azonos: 3. tábla 12); 8: 174. sír (azonos: 3. tábla 9)



5. tábla: Árak (1, 3–6, 9, 11–16) és vésők (2, 7–8, 10, 17)

Plate 5. Awls (1, 3–6, 9, 11–16) and chisels (2, 7–8, 10, 17)

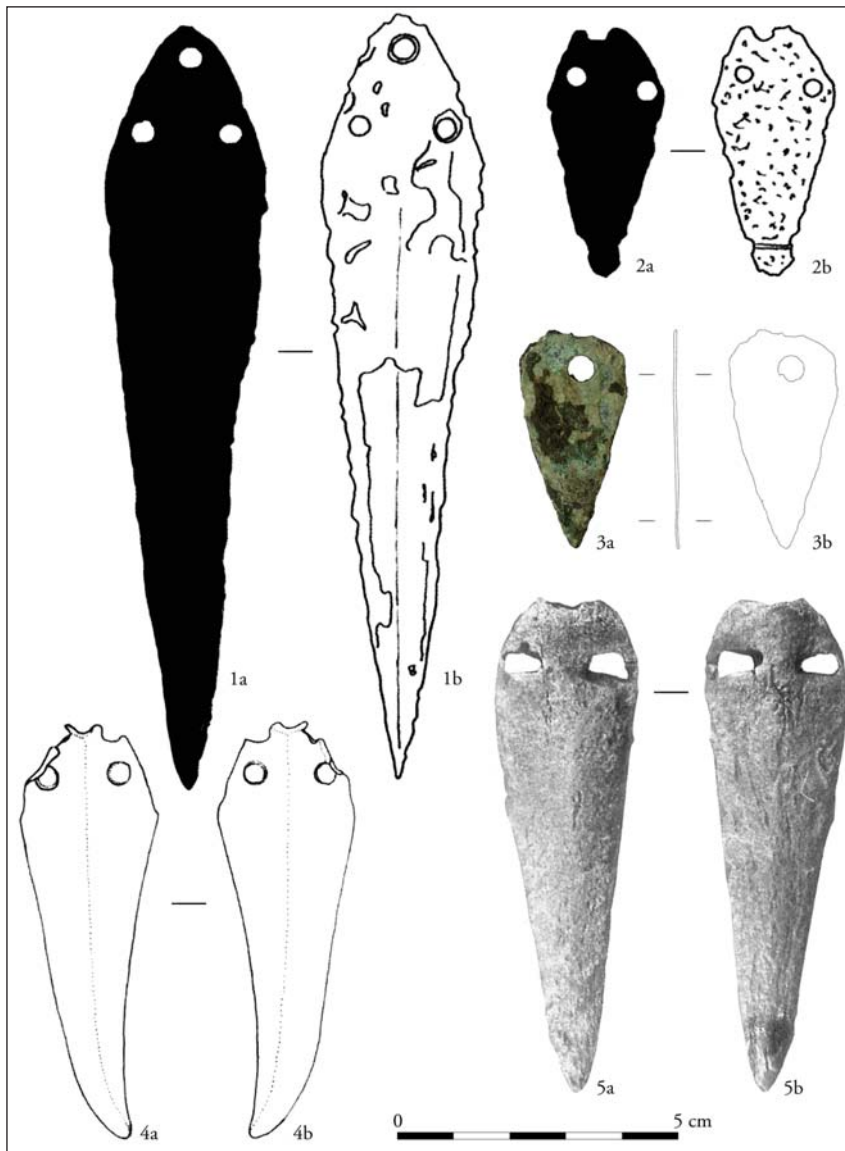
- 1: Balatonlelle-Felső-Gamász 16. sír (NAGY 2010, Abb. 24. 13); 2: Budapest-Káposztásmegyer, Farkaserdő (ENDRÓDI 2004a, kat. 71); 3: Budapest-Andor u. (ENDRÓDI 2004a, kat. 73); 4: Alsónémedi-Kenderföldek 25. sír: (KOREK 1951, X. t. 25); 5: Abony-Elsővíz 43. objektum (RAJNA 2011, 16. t. 5); 6: Abony-Elsővíz 45. objektum (RAJNA 2011, 16. t. 4); 7: Balatonlelle-Felső-Gamász 23. sír (NAGY 2010, Abb. 44. 16); 8: Balatonlelle-Felső-Gamász 16. sír (NAGY 2010, Abb. 24. 15); 9: Budakalász-Luppa csárda 319. sír (BONDÁR 2009, Pl. CXXIV. 319/2); 10: Budakalász-Luppa csárda 227. sír (BONDÁR 2009, Pl. XCVII. 227/24); 11: Budakalász-Luppa csárda 218. sír (BONDÁR 2009, Pl. LXXXIX. 218/1); 12: Ózd-Sportstadion (BANNER 1956, Taf. LXIX. 20); 13: Budakalász-Luppa csárda 63. sír (BONDÁR 2009, Pl. XXVIII. 63/2); 14: Ózd-Kőaljatető (GYÖRGY 2014, 59. t. 10); 15: Budakalász-Luppa csárda 3. sír (BONDÁR 2009, Pl. IV. 3/5); 16: Balatonőszöd-Temetői dűlő B-2660. objektum (HORVÁTH 2012, Fig. 276, 2); 17: Ózd-Kőaljatető (GYÖRGY 2014, 68. t. 7)



6. tábla: Kés (1), rézkarika (2), balták (3–5) rézhuzalok (6–7)

Plate 6. Knife (1), copper ring (2), axes (3–5) and copper wire (6–7)

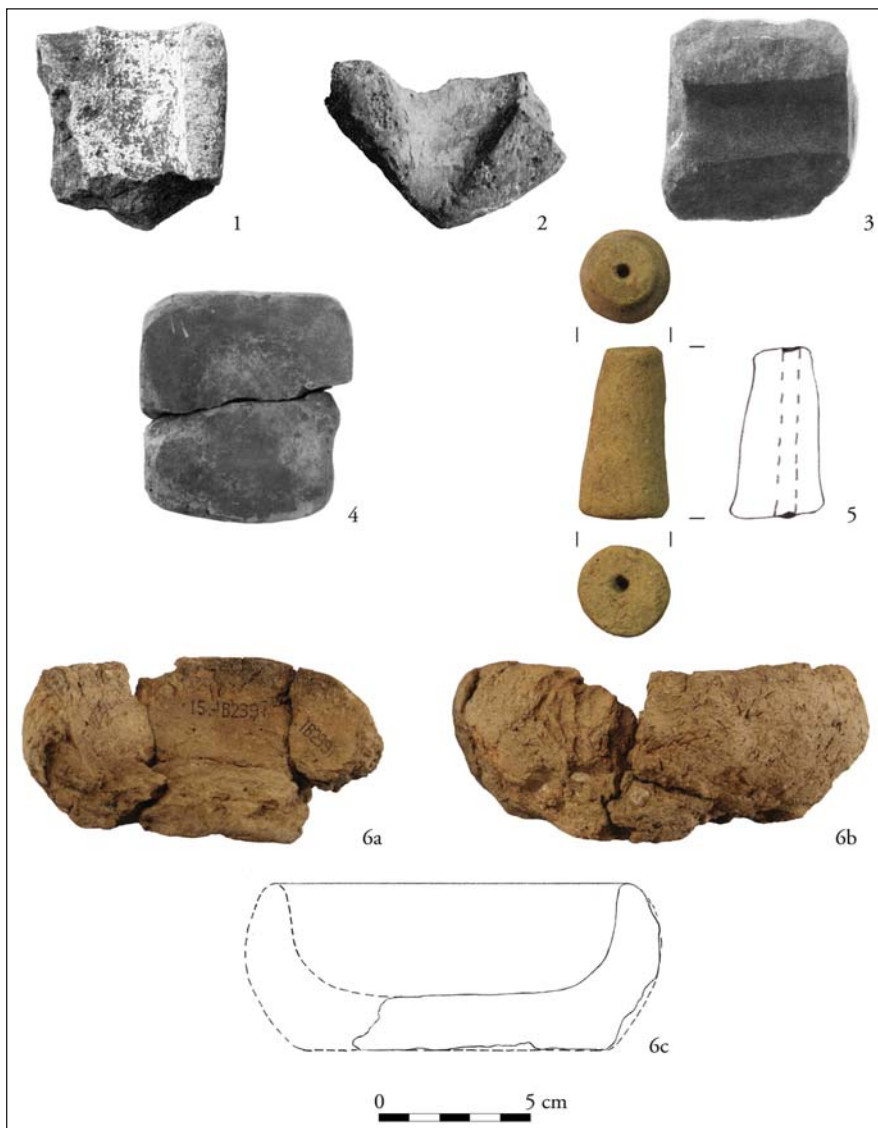
1a–b: Sármellék-Égenföld 9. objektum (VIRÁG 1999, 2. kép 1); 2: Budapest-Káposztásmegyér, Farkaserdő (ENDRÓDI 2004a, kat. 72); 3: Keszthely-Alsódobogó: (MRT 1. 7. t. 13); 4: Karancslapujtó (KŐSZEGI 1957, 6. t. 6); 5: Székesfehérvár(?) (PULSZKY 1897, 110. 2. kép); 6: Fajszt-Garadomb (fotó: Marton Tibor); 7: Ózd-Kőaljzatető: (BANNER 1956, Taf. LXVI. 9)



7. tábla: Tőrök

Plate 7. Daggers

1a–b: Kántorjánosi-Homoki dűlő 17/18. objektum (GYÖRGY 2012, 31. t. 1a–b);
 2a–b: Kántorjánosi-Homoki dűlő 176. sz. kút (GYÖRGY 2012, 31. t. 2a–b); 3a–b:
 Nagyfűged-Ejzella (fotó: Hámori Péter); 4a–b: Balatonlelle-Felső-Gamász 7. sír
 (NAGY 2010, Abb. 11. 8); 5a–b: Sármellék-Égenföld 9. objektum (VIRÁG 1999, 2. kép 2)



8. tábla: Öntőtégely (2), öntőminták (1, 3–4, 6), fújtatócső (5)

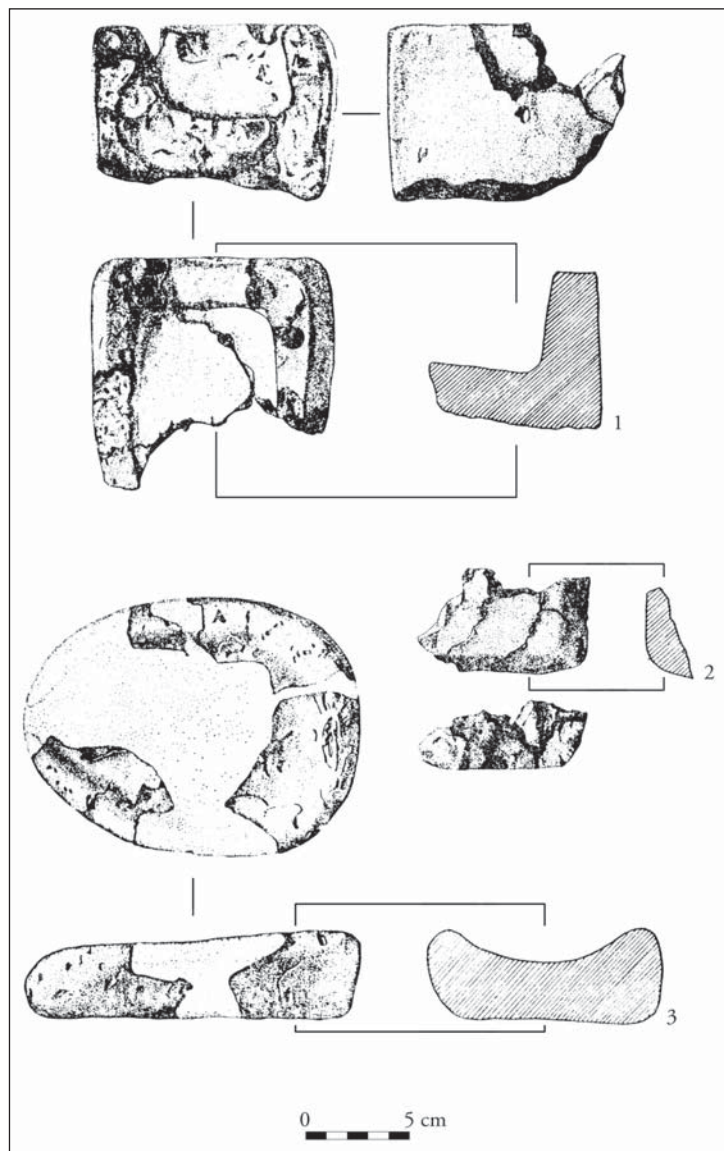
Plate 8. Crucible (2), moulds (1, 3–4, 6) and tuyère (5)

1: Salgótarján-Pécskő kutatóárokából (KOREK 1968, Taf. XII. 3); 2: Zók-Várhegy (ECSÉDY 1990, Fig. 7); 3: Budapest-Andor utca (ENDRŐDI 1997, 46. kép 4);

4: Kántorjánosi-Homoki dűlő 23/26. objektum (GYÖRGY 2012, 104, 28. t. 1);

5: Balatonőszöd-Temetői dűlő B-2449. (HORVÁTH 2014, Fig. 276. 3);

6a-c: Balatonőszöd-Temetői dűlő B-2391. (HORVÁTH 2014, Fig. 276. 1. és Fig. 338. 2)



9. tábla: Öntőtégelyek

Plate 9. Crucibles

- 1: Lánycsók-Égetthalom 7. objektum (ECSEDY 1978, Taf. XI. 4, XII. 1; ECSEDY 1990, Fig. 6. 2); 2: Lánycsók-Égetthalom 8. objektum (ECSEDY 1978, Taf. XI. 3, XII. 3; ECSEDY 1990, Fig. 6. 1); 3: Lánycsók-Égetthalom 8. objektum (ECSEDY 1978, Taf. XI. 5, XII. 2; ECSEDY 1990, Fig. 6. 3)

XI. A régészetben leggyakrabban alkalmazott fémvizsgálati módszerek

A régészeti leleteken végzett vizsgálatok a megválaszolandó kérdés szempontjából három csoportba sorolhatók: kémiai összetétel, ásványosösszetétel és az anyagszerkezet megállapítását célzó elemzések.

Korábban a tárgyból vett mintából lehetett elemanalízist végezni. Ez azt jelentette, hogy az adott leletből ki kellett venni/vágni egy kis darabkát, amely a tárgy eredeti állapotát megsértette, roncsolta. Napjainkban már a „roncsolásos” módszerek is csak minimális anyagot igényelnek az eredeti tárgyból. A technika fejlődése és más tudományokban (elsősorban a fizika, kémia, orvostudomány) kifejlesztett vizsgálati módszerek régészeti adaptálásának köszönhetően ma már számos roncsolásmentes elemzési lehetőség áll az régészek rendelkezésére.

A roncsolásos módszerek a vizsgálat céljától függően eltérő mértékű mintavétellel járhatnak: metallográfiai elemzéshez, vagyis a tárgy belső kristályszerkezetének vizsgálatához nagyobb, összefüggő darabra van szükség, amelyből vékonycsiszolatot kell készíteni, míg az elemösszetétel vizsgálatához a fémtestre részleg leemélyített kis fúrás minta fémforgácsai is elegendőek.

Az újabb és újabb non-destruktív kutatások műszerigényes és többségükben költséges eljárások – a régészetben általánosan elterjedt, mindennapos alkalmazásukról még nem beszélhetünk – a hibákat minimalizáló szériavizsgálatok csak nagyobb projektek keretében végezhetőek.

Fontosnak tartom, hogy ne csak az idegennyelvű tanulmányokból tájékozódhassunk az egyes módszerekről, ezért a hazai szakirodalomból is igyekeztem összegyűjteni mindazt, amit a non-destruktív (roncsolásmentes) és non-invazív (mintavételt nem igénylő) lehetőségekről jelenleg tudhatunk.⁴⁷³

Az alábbiakban geológiai, geofizikai, geokémiai és archeometriai tankönyvek,⁴⁷⁴ szakcikkek⁴⁷⁵ alapján foglalom össze az egyes vizsgálati módszerek legfontosabb jellemzőit, régészeti alkalmazásának kezdetét (ha ismert), és azt, hogy milyen kérdésre adhatnak választ.⁴⁷⁶ A régészetbe bekerülő újabb és újabb lehetőségekről folyamatosan tájékozódhatunk az Archeometriai Műhely negyedévente

⁴⁷³ Ezúton is köszönöm Bajnóczi Bernadett és Kiss Viktória hasznos kiegészítéseit, pontosításait ezen a számomra idegen területen történő tájékozódásban.

⁴⁷⁴ ZÁRAY 2005; TÖRÖK 2013.

⁴⁷⁵ SÁNTA 2006; KASZTOVSZKY 2011; ROSTA 2013; MOZGAI *et al.* 2016.

⁴⁷⁶ Az analízis elvének részletes ismertetése, a méréshez szükséges műszer vagy gép leírása az említett munkákban megtalálható, ezeket nem ismertetem.

megjelenő kötetéből,⁴⁷⁷ valamint más korszakok tárgyain alkalmazott vizsgálatok eredményeinek publikációiból.⁴⁷⁸

A régészetben alkalmazott leggyakoribb vizsgálati lehetőségeket jól áttekinthető táblázatban foglalta össze Török Béla (26. kép).⁴⁷⁹

A táblázatban szereplő módszereken kívül továbbiak is léteznek,⁴⁸⁰ (pl. neutronradiográfia, neutrontifrakció és ólomizotópos elemzés) azokat ismertetem röviden, amelyeket késő rézkori tárgyakon is alkalmaztak.

XI. 1. 1. Spektrálanalízis és spektroszkópia

A világűrből a Föld légkörébe érkező elektromágneses sugárzások többségét a földi légkör elnyeli. Két tartományt enged át: a fényt és a rádióhullámokat. A látható spektrum a fény, amelyet az emberi szem érzékel, színlátásunk is ezen alapul. A fény a 390–750 nanométer közötti spektrumban van, 790–400 terahertz frekvenciaértékben.

A látható hullámhossznál kicsivel nagyobb az infravörös, és a láthatónál kisebb tartományba esik az ultraibolya sugárzás. A különböző hullámhosszú nyalábok elnyelési intenzitásából meghatározhatóak az általunk vizsgált anyag összetevői.

A színképelemzés a spektrálanalízis, míg a spektroszkópia a spektrálanalízis módszerét alkalmazó vizsgálati eljárások összessége. Ide tartozik az elektromágneses sugárzás teljes hullámhosszát mérő és a részecskesugárzások megfigyelésével foglalkozó valamennyi eljárás.

A 19. század elején felfedezett módszert az 1850-es években tökéletesítették, így számos területen vált alkalmazhatóvá. A 20. század utolsó harmadáig a leggyakrabban alkalmazott anyagelemzési mód volt a régészeti tárgyak vizsgálatára.

A speciális lencsékkel és prizmákkal dolgozó spektrálanalízis (színképelemzés) különböző anyagok elemzésére is alkalmas, az anyag által kibocsátott fény hullámhosszának mérhetősége alapján (pl. a réz a kékeszöld hullámhosszon található). Ennél a módszernél a komponensek arányait detektálják. Ezért van az,

⁴⁷⁷ A teljesség igénye nélkül néhány fontos publikáció. SEM vizsgálatok: GHERDÁN 2010; HAVANCSÁK *et al.* 2013. Roncsolásmentes, általában mintavételt sem igénylő röntgendiffrakciós (XRD) vizsgálatok: MERTINGER–BENKE 2015; MOZGAI *et al.* 2019.

⁴⁷⁸ KISS 2012; KISS 2014; KISS *et al.* 2014; KISS *et al.* 2015; SZABÓ *et al.* 2019.

⁴⁷⁹ TÖRÖK 2013, 3.2. táblázat (44. o.)

⁴⁸⁰ A Magyarországon jelenleg elérhető fémvizsgálati módszerek és az ezeket alkalmazó intézmények összefoglalását ld. SZABÓ *et al.* 2019, 1–2. táblázat.

Vizsgálati módszer	Nemzetközi rövidítés	Információ	Mintavétel	Vizsgálati költség / elérhetőség
Röntgenfluoreszcens spektrometria (energia- ill. hullámhossz-diszperzív)	XRF (ED- WD-)	kémiai összetétel (nagy és kis mennyiségű alkotók, hullámhossz-diszperzív változatban esetleg nyomelemek is)	az egész tárgy felülete roncsolásmentesen, vagy fűrt minta	közepes (ED-) / gyakori magas (WD-) / ritka
Induktív csatolású atomemissziós spektrometria	ICP-AES	kémiai összetétel (nagy és kis mennyiségű alkotók, nyomelemek)	savban feloldott, 20-30 mg-os minta	közepes / ritka
Atomabszorpciós spektrometria	AAS	kémiai összetétel (nagy és kis mennyiségű alkotók)	savban feloldott, 20-30 mg-os minta	egy-egy elemre alacsony, többre közepes / közepes
Energiadiszperzív röntgenspektrometria	EDX (EDS)	kémiai összetétel (nagy és kis mennyiségű / min 0.5 w% / a C-nál nagyobb rendszámú alkotók, pontszerű és átlagos elemspektrumok)	SEM-vizsgálatra előkészített minta	önmagában alacsony / átlagos
Prompt-gamma aktivációs analízis	PGAA PGNA	kémiai összetétel (nagy és kis mennyiségű alkotók - bizonyos elemek csak főkomponensként)	roncsolásmentes, nincs szükség mintaelőkészítésre	magas / ritka
Elektronsugaras mikroanalízis / Részecske indukált röntgenfluoreszcencia analízis	EPMA PIXE	pontszerű vagy átlagos kémiai összetétel nagy és kis mennyiségű alkotókra, nyomelemekre, mikroszerkezet	néhány mm-es kivágott minta, vagy kisebb tárgyak	magas / nagyon ritka
Röntgen-diffraktometria, röntgen-pordiffraktometria	XRD XRPD	ásványi összetétel, csak szilárd, kristályos fázis esetén	kevés porrá tört minta, vagy szétlapított minta (ha fémes)	közepes / gyakori
Röntgen (radiográfia)	X-ray	makroszerkezet	az egész tárgy, roncsolás nélkül	közepes / gyakori
Optikai mikroszkópia	OM	mikrostruktúra, alapvető szerkezeti összetétel, hőkezelés, alakítás nyomai	néhány mm-es kivágott darab csiszolt és marotott metszete	alacsony / gyakori
Páasztzó elektronmikroszkópia	SEM	mikroszerkezeti összetétel, felszíni morfológia, alakítás, hőkezelés nyomai	néhány mm-es kivágott darab csiszolt és marotott metszete	közepes / átlagos
Keményésgvizsgálat	HV	a minta anyagának felszíni keménysége	OM- vagy SEM-vizsgálatra előkészített minta	alacsony / gyakori

26. kép: A régészeti tárgyakon alkalmazott leggyakoribb vizsgálati módszerek (TÖRÖK 2013, 3.2. táblázat, 44. o.)

Fig. 26. The most often used analytical procedures for archaeological artefacts

hogyan a késő rézkori fémvizsgálatoknál a rezet alapértelmezettnek tekintik, annak mennyiségét nem tüntetik fel, csak az egyéb elemek százalékát közlik.

A 19. század végén csaknem egyidőben fedezték fel a röntgen- és a radioaktív sugárzást (alfa- és béta-sugárzás), majd 1930-ban a gammasugárzást. Nap-

jainkban már ezeket a sugárzásokat hasznosító módszerek is alkalmazhatóak a régészetben.

XI. 1. 2. Röntgenanalitikai módszerek

1895-ben fedezte fel Wilhelm Conrad Röntgen, az első fizikai Nobel díjjal (1901) jutalmazott német fizikus a róla elnevezett, addig ismeretlen sugárzást. 1913-ban a 26 éves Henry Moseley angol fizikus felismerte a karakterisztikus röntgensugarak hullámhossza és az azokat emittáló elemek atomszáma közötti összefüggést, amely az analízis alapját képezi. Az 1940-es évek közepétől kezdtek gyártani a röntgenspektrométereket, ezt követően terjedt el a módszer a régészetben is.

A röntgenanalitikai roncsolásmentes metódusok csak az anyag felületi vagy felületközeli részéről tudnak információt adni.

Energiadiszperzív röntgenfluoreszcens vizsgálat (energy-dispersive X-ray fluorescence spectroscopy – ED-XRF)

A töltött részecskékkel vagy radioaktív izotópokkal végzett vizsgálat elsősorban a tárgy felszínéről ad összetételi adatot. Ez az elemzés nem roncsol, de mintavétellel is járhat.

A vizsgálatához fix, vagy napjainkban már hordozható eszköz vehető igénybe.

A vizsgálandó mintát töltött részecskékkel, gamma- vagy röntgen-fotonokkal besugározva létrejöhethat benne előforduló elemek karakterisztikus röntgensugárzása. Ha a gerjesztés röntgen- vagy gamma-sugárzással végzik, akkor beszélünk röntgenfluoreszcens analízisről (az angol nyelvű szakirodalomban XRF).

A gerjesztést izotópokkal is végezhetik. Izotópos gerjesztés esetén a leggyakrabban használt gerjesztő források a kadmium (^{109}Cd), a jód (^{125}I), és az amerícium (^{241}Am) radioaktív izotópok.

A módszerről Gresits Iván röviden ezt írta: a röntgenfluoreszcencia analízis minta-előkészítést egyáltalán nem, vagy csak minimálisan igénylő roncsolásmentes kvalitatív és kvantitatív elemanalitikai módszer, amely a gerjesztett (szekunder) sugárzás vonalainak energiájának és intenzitásának mérésén alapszik. A BME Nukleáris spektroszkópia laboratóriumában működő radioaktív izotópperjesztéses energiadiszperzív röntgenfluoreszcens (ED-XRF) mérőrendszer részegységei az alábbiak: röntgenfluoreszcens mérőfej, mely egy egységben tartalmazza a ^{125}I sugárforrást és a Canberra SSL 8016 Si(Li) félvezető detektort;

Canberra DSA-1000 digitális spektrum analízátor (analóg erősítő, jelformáló és a sokcsatornás amplitúdó analízátor egy egységbe építve); számítógép.⁴⁸¹

A kézi műszerrel végzett elemzésről May Zoltán írt röviden. Eszerint a Thermo Scientific Niton XI3t GOLDD+ típusú készülék nagy teljesítményű Peltier-hűtött energiadisziperzív szilícium drift detektorral (SDD) van ellátva. A beépített röntgenső Ag-anódos, 50 kV gyorsítófeszültséggel működik. A készülékhez újratölthető héliumpalack csatlakoztatható a könnyűelemek pontosabb mérésére. Ezen paramétereknek köszönhetően a magnéziumtól az uránig terjed a készülékkel mérhető elemek sora. A mérés maga egy 8 vagy 3 mm átmérőjű körnek megfelelő területen történik a tárgy felületén oly módon, hogy a készülék elejét hozzáérintik a mérendő felülethez. Egy teljes elemzés átlagosan 120 másodpercig tart. Az adatok kiértékelése számítógépes programmal történik.⁴⁸²

*Proton-indukált (újabbán részecske indukált) röntgenemissziós analízis
(Proton-Induced X-ray Emission – PIXE)*

Az anyag mikroszkópikus szerkezetvizsgálatára használható módszer, kb. 40 éve alkalmazzák a régészetben is. A módszert 1970-ben a svédországi Lund egyetemén fejlesztette ki Sven Johansson.

A módszer lényegét Kertész Zsófia PhD disszertációjából idézzük:⁴⁸³

„A PIXE (**P**article **I**nduced **X**-ray **E**mission, részecske indukált röntgenemisszió) atomfizikai folyamaton alapuló analitikai módszer. A vizsgálandó mintát gyorsítóból nyert töltött részecske nyalábbal sugározzák be, és vizsgálják a mintában lévő targetatomok legerjesztődése során kibocsátott röntgensugárzást.

Az új analitikai módszer, amely PIXE néven vált ismertté, gyors fejlődésnek indult.

A világon számos PIXE laboratórium működik. Ezek egyike az ATOMKI Elektrosztatikus Gyorsítók Osztályának PIXE csoportja, amely jelenleg a PIXE módszer mellett a mikro-PIXE technikát is alkalmazza.

A PIXE röntgenspektroszkópián alapuló analitikai módszer. Ha töltött részecskével bombázzuk az atomot, a részecske és az atomot körülvevő elektronok kölcsönhatásában végbemenő folyamatok egyike a röntgenemisszió. A töltött részecske valamelyik belső héjról kiüt egy elektront, melynek helyén lyuk marad (ionizáció). Amikor az így kapott lyuk betöltődik egy külső héj elektron-

⁴⁸¹ GRESITS 2015.

⁴⁸² MAY 2012, 158.

⁴⁸³ KERTÉSZ 2000.

jával, a vizsgált atomra jellemző karakterisztikus röntgensugárzás emittálódik (Moseley-törvény), vagy az energia átadódik egy külső héj elektronjának, és ez az elektron távozik az atomból (Auger-elektron).

Attól függően, hogy az ionizáció melyik héjon ment végbe, és melyik magasabb héjról töltődött be a lyuk, beszélünk $K\alpha$, $K\beta$, $L\alpha$, $L\beta$, $L\gamma$, ... [sic!] karakterisztikus röntgensugárzásról

Kevés kivételtől eltekintve a karakterisztikus röntgensugárzás spektroszkópiájához lítium-driftelt szilícium detektorokat használnak. Ezeknek a detektoroknak nagy a hatásfoka a kérdéses röntgenenergia tartományban (2–20 keV).⁴⁸⁴

XI. 2. Roncsolásmentes módszerek neutronokkal

A neutronok létezését John Chadwick angol fizikus bizonyította 1932-ben. Felfedezéséért 1935-ben Nobel-díjat kapott. Hevesy György 1934-ben kidolgozta a neutronaktivációs analízis alapjait, amelyért 1943-ben kémiai Nobel-díjat kapott.

A neutronok segítségével végzett non-destruktív vizsgálatok történeti áttekintését és felhasználási lehetőségeit Rosta László tanulmánya foglalta össze.⁴⁸⁵

Az archeometriában alkalmazható vizsgálatokról Kasztovszky Zsolt összegzéséből tájékozódhatunk legkönnyebben.⁴⁸⁶

Eszerint: „Az anyagvizsgálat nukleáris módszereinek egy jelentős csoportja a neutronok különböző kölcsönhatásait használja fel az anyag tulajdonságainak (összetételének, szerkezetének) megismerésére.

A neutronok – elektromosan semleges részecskék – mélyen be tudnak hatolni a vizsgálandó mintába, és útjuk során különböző kölcsönhatásokban vesznek részt. Ezek a magreakciók lehetnek befogás, illetve szórás jellegűek. A neutronnyalábok viszonylag kis intenzitása miatt a mintákban keletkező indukált radioaktivitás kismértékű, és a legtöbb esetben néhány napon belül a kimutathatóság szintje alá csökken. A hideg, termikus vagy rezonancia-neutronok befogódását követően az atommagok karakterisztikus gammasugárzást bocsátanak ki. A gamma-fotonok detektálásával következtethetünk a vizsgált minta elemi vagy izotópösszetételére, a neutronnyaláb méretétől függő mérettartományban.

⁴⁸⁴ KERTÉSZ 2000, 16.

⁴⁸⁵ ROSTA 2013.

⁴⁸⁶ KASZTOVSZKY 2011.

A neutronszórás lehet rugalmas vagy rugalmatlan, és általában a minták kristályszerkezetéről, a mintában ébredő mechanikai feszültségekről, a különböző fázisokról, kiválásokról, pórusokról kaphatunk képet a segítségével.⁴⁸⁷

A neutronos mérések tökéletes roncsolásmentességgel tárják föl a teljes tárgy ún. tömbi szerkezetét. Ezekhez a mérésekhez már komoly berendezések és kellő védelem szükséges a radioaktív sugárzás miatt. A neutronos vizsgálatok egyik fontos európai centruma a Budapesti Neutron Centrum (BNC), ahol az alább felsorolt vizsgálatokat végeztethetik a régészek is.

Neutronradiográfia (NR)

Átvilágítja a tárgyat és a készítésechnikához, a belső alakzat megjelenítésére szolgáltat adatokat.

A kutatóreaktorokból kivezetett neutronnyalábok jól használhatók tárgyak radiografikus (NR, 2D), illetve tomografikus (NT, 3D) leképezésére. A minta részeinek eltérő neutrongyengítése miatt a szürkeárnyalatos vetületi képeken a tárgy belsejé-nek eltérő anyagösszetétele megjeleníthető – annak károsítása nélkül.⁴⁸⁸

Prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA)⁴⁸⁹

Ez az elemanalitikai módszer a főelemek és néhány nyomelem meghatározására alkalmas az anyag felszínén és belsejében egyaránt.

A prompt-gamma aktivációs analízis a termikus vagy hideg neutronok sugárzásos befogódását – az (n,γ) reakciót – követően az atommagból kibocsátott karakterisztikus (prompt) gamma-fotonok detektálásán alapul. A prompt-gamma-spektrum csúcsait energia szerint azonosítva meghatározhatjuk az összetevő kémiai elemeket (izotópokat), a csúcsok nagysága pedig az adott összetevő mennyiségére ad információt.⁴⁹⁰

Nagyfelbontású repülési idő (time of flight) neutron diffrakció (TOF-ND)

A módszer az anyagszerkezet meghatározásában segít, és az ásványos összetétel meghatározását is lehetővé teszi. A Budapesti Kutatóreaktorban 2005-2006-ban

⁴⁸⁷ KASZTOVSZKY 2011, 1238–1239.

⁴⁸⁸ KISS *et al.* 2014, 22.

⁴⁸⁹ Az NAA (neutoraktivációs analízis) a nyomelemek meghatározására alkalmas módszer. Köszönöm Bajnóczi Bernadett pontosító megjegyzését.

⁴⁹⁰ KASZTOVSZKY 2011, 1242—1243.

befejeződött a diffraktométer telepítése, így hazai viszonyok között is elérhető ez a vizsgálati lehetőség. A módszerről bővebben Sánta Zsombor cikkéből tájékozódhatunk.⁴⁹¹

XI. 3. Radioaktív bomlás alapuló módszerek

Henry Becquerel francia fizikus fedezte fel 1896-ban az urán radioaktív sugárzását. Azt, hogy többfajta radioaktív sugárzás (alfa és béta) létezik, Ernest Rutherford és a Curie házaspár, Pierre és Marie Curie fedezte fel, valamennyien Nobel-díjat kaptak. A gammasugárzást Paul Ulrich Villard 1900-ban bizonyította.

A korhatározásra (geológiai korok meghatározása, és a közismert radiokarbon módszer) és a fémek eredetének megállapítására is alkalmazhatóak radioaktív bomlás alapuló módszerek, ez utóbbi a stabil (nagyraoszt radioaktív bomlás során keletkező) ólomizotópok mérésével érhető el. A radioaktív korhatározási módszerek a felezési időre épülnek.

A radioaktív bomlási folyamat lényege: az instabil atomok bomlása során stabilizotópok jönnek létre.

A bomlás során bármely időpontban megtalálhatók az anyagban a kiindulási és a végtermék elemek atomjai is. A kiindulási mennyiség az idő előre haladtával csökken, a végtermék mennyisége nő. Földünkön jelenleg a természetes körülmények között megtalálható radioaktív izotópok többsége (a 82-nél nagyobb rendszámú elemek izotópja) három természetes radioaktív bomlási folyamatba sorolható (urán-rádium, urán-aktínium és tórium család).⁴⁹²

Ólomizotóparány meghatározás

A Föld kezdetben homogén, folyékony halmazállapotú volt. Ekkor az urán, a tórium és az ólom egyenletesen oszlott el benne. Mindenütt ugyanaz volt az ólomizotóp-összetétel (primordiális (ősi) izotóp-összetétel). Később a földkéreg megszilárdulása és a különböző differenciációs események után, regionális különbségek alakultak ki az izotóp-összetételben, amikre eltérő U/Pb (μ) arány volt jellemző. Az adott kőzetrendszerben jelen levő urán és tórium bomlása tovább módosította az izotóparányokat. Az érctelepek kialakulása során a közönséges ólomot tartalmazó ásványok képződésekor az ólom elkülönült az urántól és a tóriumtól. Az adott ércásványban már nem növekedett tovább a radiogén ólom

⁴⁹¹ SÁNTA 2006.

⁴⁹² VÖLGYESI 2002, 122.

mennyisége, így az ásvány megőrizte a képződésekor jelen levő ólomizotóp-összetételt.⁴⁹³

Az ólom 38 izotópjából négy (^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb és ^{208}Pb) stabilizotóp. A ^{206}Pb , ^{207}Pb és ^{208}Pb stabilizotópok részben radioaktív bomlás révén keletkeznek, a ^{204}Pb nem radiogén. A radioaktív elemek felezési ideje ismert, így ezek a földtörténeti korhatározáshoz is használhatóak különböző számításokkal történő kalibrálás után.

A stabil ólomizotópok változása csak a Föld geológiai korával vethető össze. Bonyolult számításokkal az izotóparányokból kiszámolható az ólomércesedés kora, amely egy földtörténeti kor és történeti kor korrelációs skálával már összevethető lehet.

Az ólomizotópos vizsgálat a fémnyersanyag származási helyéről adhat információt. A stabilizotópok arányának meghatározása – bizonyos feltételek megléte esetén – alkalmas a fém nyersanyagának korhatározására, és a nyersanyag származási helyének azonosítására.⁴⁹⁴

A vizsgálati módszer történetét, szakirodalmát és régészeti alkalmazási lehetőségeit legutóbb Mozgai Viktória és szerzőtársai tekintették át.⁴⁹⁵

A proveniencia megállapításának elve röviden:

„A mérések során kapott izotóparányokból ... képletek segítségével úgynevezett modell-korok számolhatók, amik az ércesedés kialakulásának geológiai korát adják meg. Mivel az ércásványokban nincs beépült urán és tórium, ezért radioaktív bomlás sincs, így nem a jelenhez viszonyított korát számoljuk, hanem a Föld keletkezésétől az ólomérc-ásvány képződéséig eltelt időt. Mindennek archeometriai vizsgálatok során annyi a szerepe, hogy ha megmérjük egy adott tárgy ólomizotóp-összetételét, akkor a kapott adatokból szintén számolható modell-kor. Ez a kapott kor durva becsléssel megadja a geológiai korát annak az ércesedésnek, amelyből a tárgy nyersanyagául szolgáló érc származhatott. Ez útmutató lehet, de abban nem teljesen megbízható, hogy melyik érctelepelt kell figyelembe venni a proveniencia kutatásokban.”⁴⁹⁶

⁴⁹³ MOZGAI *et al.* 2016, 275.

⁴⁹⁴ Napjainkban Siklósi Zsuzsanna pályázata (The spread of the products and technology of metallurgy in the Carpathian Basin between 5000 and 3000 BC c. projekt. NKFI-FK-124260) keretében folynak ólomizotópos vizsgálatok (SIKLÓSI *et al.* 2017). Ennek keretében a késő rézkori vörsi diadémből is történt mintavétel 2018-ban. A lehetőséget Siklósi Zsuzsának köszönöm.

⁴⁹⁵ MOZGAI *et al.* 2016.

⁴⁹⁶ MOZGAI *et al.* 2016, 277 (további irodalommal).

A szerzők – ma még ritkán alkalmazott módon – együtt vizsgálták három elemet (ólom, ezüst és réz). Arra keresték a választ, hogy ezek izotópjainak együttes vizsgálatával meg lehet-e határozni régészeti tárgyaknál a nyersanyag származási helyét (nyomelemek és izotópok segítségével). Témánk szempontjából a rézzel kapcsolatos megállapításai fontosak. Eszerint: „... a rézizotópok önmagukban nem használhatók fel forrásterület meghatározására, mert a másodlagos, redox folyamatok miatt sokkal nagyobb egy adott érctelepen belüli izotópos változékonyság, mint a különböző érctelepek közötti eltérés.”⁴⁹⁷

„A rézizotópok az alacsony hőmérsékleten lejátszódó frakcionáció miatt a primer és a szekunder rézérctelepek elkülönítéséhez használhatók, ami révén tovább finomítható a tárgyakhoz használt nyersanyag eredetének behatárolása.”⁴⁹⁸

Ma a korszerű és pontos (nyomelemekre is kiterjedő) elemanalízis és ólom-izotópos elemzés minimális mintavételt és nagy pontosságú mérési technikát (különféle ICP-MS mérési módszerek) igényel a fémtárgyaknál, így a réznél is.

A régészeti kutatásokba – mint látjuk – fokozatosan kerültek be újabb és újabb műszeres eljárások, és a régebbiek (pl. a spektrálanalízis) már kikerülnek a mérési palettáról.

Időközben szinte mindegyik módszerről kiderült, hogy vannak hiányosságai, eredményeik nem tekinthetők általános érvényűnek és nagyon problémás a különböző módon nyert adatok összehasonlítása is.

Ma már több metódus együttes alkalmazásával igyekeznek a kutatók a lehető legpontosabb analíziseket végezni az anyagösszetétel és a készítési technika felderítéséhez.

Nagy előrelépés a tudományos elemzésben, hogy a műszeres eredményeket a természettudományok szakemberei és a régészek ma már egyre gyakrabban együtt értékelik. Ma már igényes feldolgozásnál nem csak a régészeti tanulmányok függelékéként jelennek meg a különböző ábrák, paraméterek, mennyiségek, hanem a különböző szakterületek együttgondolkodásának köszönhetően a matematikában, statisztikában kevésbé jártas olvasó számára is értelmezhetővé válnak a különböző grafikonok, elemzések is.

⁴⁹⁷ MOZGAI *et al.* 2016, 281.

⁴⁹⁸ MOZGAI *et al.* 2016, 285.

APPENDIX

A vörsi diadém és készítésestechnikai jellegű tárgyrekonstrukciójának elemzése a mikroszkópos vizsgálatok tükrében

MIHÁCZI-PÁLFI ANETT

MTA BTK Régészeti Intézet
mihaczi-palfi.anett@btk.mta.hu

A Kárpát-medence talajadottságának köszönhetően több ezer év távlatában is viszonylag jó állapotban maradnak meg a fém tárgyak, s nemcsak a nemes-, hanem a színesfémből készültek is. Miután a temetkezésekben gyakran *in situ* kerülnek elő, kimondottan érdemes ezekkel a leletekkel és a kontextusukkal foglalkozni. Az ilyen fém típusok (és természetesen az azokat előállító mesterek) megléte vagy hiánya már önmagában is betekintést nyújt a késő réz korban élt közösségek társadalmi és gazdasági hátterébe (jólét, ínség stb). Ilyen, a korszak kutatása szempontjából kulcsfontosságú fém tárgyra kiváló példa a jelen monográfiában és ebben a függelékben is tárgyalt vörsi diadém.⁴⁹⁹

Bondár Mária foglalta össze a szakirodalomban megjelent, egymásnak gyakran ellenmondó információkat a tárgyról: „*rézből, bronzból, vagy vörösrézből készült, öntéssel vagy kalapálással.*”⁵⁰⁰ A 66 évvel ezelőtt előkerült tárgyon zajló vizsgálat sorozat különösen széleskörűnek számít a hazai viszonylatban. Nemcsak régészeti (sőt kísérleti régészeti!), hanem számos természettudományos, archeometriai vizsgálatot végeztek az elmúlt évek folyamán az anyagának, összetételének és készítésestechnikájának a meghatározása céljából.⁵⁰¹ E vizsgálatok egyöntetűen megállapították, hogy a diadém (vörös)rézlemezéből készült.

Az archeometriai vizsgálatok egyik lépőkövét a roncsolásmentes mikroszkópos vizsgálat jelenti. Erre az ELTE Régészettudományi Intézet, Archeometriai Laboratóriumában került sor, Tóth Zsuzsanna tudományos munkatárs közreműködésével. A Zeiss SteREO Discovery.V8 típusú sztereomikroszkóppal készített fel-

⁴⁹⁹ A korszak fémművességének jellemzőiről, a diadémról, annak előkerülési körülményeiről, kontextusának elemzéséről lásd BONDÁR 2015a; BONDÁR 2015b; BONDÁR 2016.

⁵⁰⁰ BONDÁR 2015a, 99; BONDÁR 2015b, 1.

⁵⁰¹ A vizsgálatok módszeréről és eredményeiről lásd BONDÁR 2015a, 112-113; GRESITS 2015.

vételeik és megfigyeléseik nagyban hozzájárultak a diadém készítése technikájának a megismeréséhez (10. tábla 1–4).⁵⁰² Eszerint a diadém hideg eljárással készült, kalapácsot használtak a rézlemez kialakításához. A készítése technikai nyomok és díszítő eljárások nyomából, a díszítések alakjából az egykori szerszámokra, azok használati módjára lehet következtetni.

Bondár Mária kísérleti régészeti módszerrel rekonstruál(tat)ta az egykori munkafolyamatot. Barna Borbála ötvössel elvégeztette a diadém készítése technikai (nem formai!) jellegű tárgyrekonstrukcióját. A közös, régészeti és kísérleti régészeti együttműködés célja a vörösréz drót alakíthatóságának a vizsgálata volt, s nem műtárgymásolat készítése. Az ötvös vörösréz drótból, annak egyik végétől kezdve, hideg eljárással, hevítés nélkül, fakalapács használatával vékonyított lemezt. Erről a kísérleti régészeti módszerrel készített tárgyról Tóth Zsuzsanna szintén végzett mikroszkópos vizsgálatokat (10. tábla 5–10). Felvételein egyértelműen láthatóak a kalapálás nyomai.⁵⁰³

Ezzel szemben az eredeti tárgyon nem vehető ki a kalapácsnyomok. Mitscenkov-Horváth Eszter, 2014-ben az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont munkatársa, a Káli György által az intézményben végzett TOF-ND mérés eredményei alapján annyit közölt előzetesen, hogy az eredeti tárgy készítésekor a hideg kalapálás során szükséges hőkezelés hatására bekövetkezett homogenizált tárgyfelületen kevésbé láthatóak a készítési nyomok, így azok nem igazán ismerhetőek meg közelebről. Káli György és Mitscenkov-Horváth Eszter meglátása szerint a munkafolyamat végén egy irányba történő kalapálást kellett végrehajtani az eredeti tárgyon. Ez a művelet adhatott a diadémnak tartást, szilárdságot, de mégis ruganyosságot, hajlíthatóságot a két végén kialakított szarvak összekapcsolása végett.⁵⁰⁴

A fejké szélein található pontsor kialakításához poncolószerű eszközt használtak. Tóth Zsuzsanna mikroszkópos vizsgálataival bizonyítani tudta, hogy a pontsort a lemez hátoldalán ütögették be.⁵⁰⁵

2014-ben egy, az MTA infrastruktúra pályázatán sikeres elnyert keretösszegeből a Magyar Tudományos Akadémia Bölcsészettudományi Kutatóközpont Régészeti Intézete is telepített egy Zeiss SteREO Discovery.V12 típusú mikroszkó-

⁵⁰² BONDÁR 2015a, 113–114; Fig. 5. 1–4.

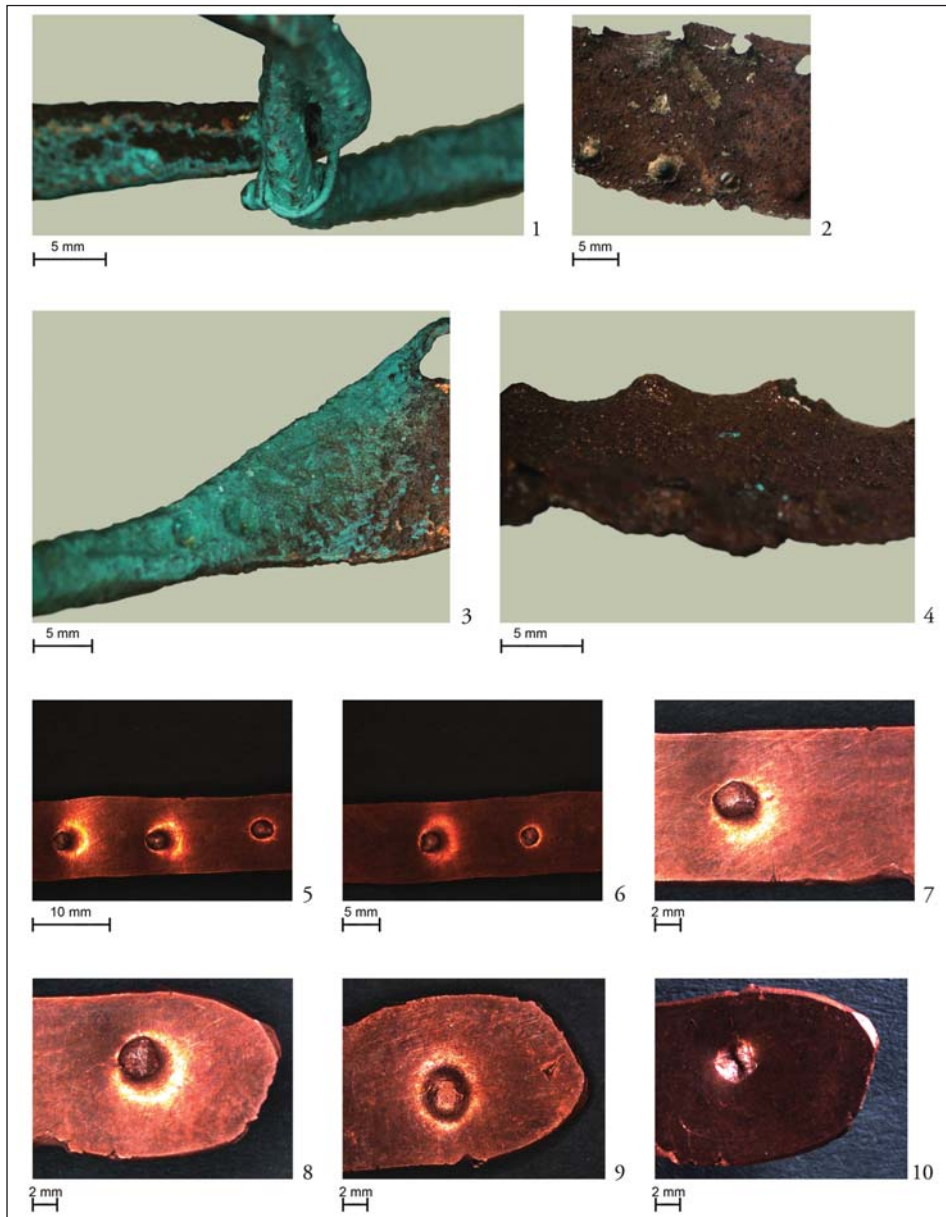
⁵⁰³ BONDÁR 2015a, 114–115.

⁵⁰⁴ Mitscenkov-Horvát Eszter megállapításait Bondár M. ismerteti a IV. fejezetben. Itt kell megjegyezni, hogy e szarvszerű csapokat összefogó drót 20. századi, a restaurálás eredménye (BONDÁR 2015a, Fig. 5. 3–4; BONDÁR 2015b).

⁵⁰⁵ BONDÁR 2015a, Fig. 5. 3–4.

pot. Az MTA BTK 2016. év végi átköltözése a Humán Tudományok Kutatóházába (HTK) lehetőséget teremtett a Roncsolásmentes Diagnosztikai Laboratórium végleges kiépítéséhez. Ennek eredményeképpen további mikroszkópos vizsgálatokat tervezünk a tárgyon a beépített objektívvel ellátott sztereomikroszkóp használatával, AxioVison SE 64 és Helicon Focus Focus 6.3.0 és Adobe Photoshop CS6 programok felhasználásával.

Az eddigi készítéstechnikai nyomok vizsgálata mellett egyrészt az összehasonlító készítéstechnikai elemzés, másrészt a korabeli kopásnyomok diagnosztizálása céljából remélhetőleg hamarosan sor fog kerülni az újabb vizsgálatra. Tehát a további, mikroszkópos vizsgálatok segíthetnek megválaszolni többek között azt a kérdést, hogy felfedezhető-e használati kopás nyoma a tárgyon. E megközelítés a tárgy korának, készítési és földbekerülési idejének a pontosabb meghatározásához adhat támpontot.



10. tábla: 1–4: A vörsi diadém sztereomikroszkópos felvételei; 5–10: modern drótból kalapált szalag sztereomikroszkópos képei (fotó: Tóth Zsuzsanna)

Plate 10. 1–4: Stereo microscope images of the Vörs diadem; 5–10: stereo microscope images of a band hammered from modern copper wire

A balatonlellel késő rézkori karperec mikroszkópos vizsgálata

MIHÁCZI-PÁLFI ANETT

MTA BTK Régészeti Intézet
mihaczi-palfi.anett@btk.mta.hu

A modern tárgyelemzés egyik aspektusa a régészeti leletek felületén szabad szemmel nem látható nyomok mikroszkóppal történő vizsgálata és dokumentálása. Ennek során a régészeti korú tárgyak készítése technikáját, díszítő eljárását, az egykori szerszámok típusait, azok használati módját, tehát a korabeli készítés-technológia fázisait tanulmányozhatjuk.

A függelékben a késő rézkori (badeni kultúra) Balatonlelle-Rádpusztza 67/5. lelőhely 415. objektumából származó karperec (*11. tábla*)⁵⁰⁶ mikroszkópos vizsgálatának a részeredményeit ismertetjük. A vizsgálatokat a Magyar Tudományos Akadémia Bölcsészettudományi Kutatóközpont Régészeti Intézetének Roncsolásmentes Diagnosztikai Laboratóriumában végeztük egy Zeiss SteREO Discovery.V12 típusú sztereomikroszkóppal.⁵⁰⁷

Két alkalommal végeztünk a leleten mikroszkópos vizsgálatokat, 2016-ban restaurálatlan állapotában (*12. tábla 1*) és 2018-ban mechanikusan tisztított állapotában (*12. tábla 2*). A leleten nem történt kémiai anyaggal történő restaurálás, ennek köszönhetően nemcsak a tárgy készítése technikája vált vizsgálhatóvá, hanem a karperec belső oldalán a korrózió által megőrződött lenyomat is.

Készítéstechnika

A készítéstechnikai munkafolyamatok meghatározásakor vizsgáljuk, hogy a formába öntés után kialakult-e öntési hólyag, megmaradtak-e az öntési kéreg nyomai, vagy lereszelték-e azokat, láthatóak-e kalapácsütések okozta benyomódások a tárgyon. E vizsgálatok közelebb vihetnek ahhoz a kérdéshez, hogy hevítés során vagy hidegen munkálták-e meg a tárgyat, annak előállítására járt-e anyagvesz-

⁵⁰⁶ Az appendix Bondár Mária jelen munkájához kapcsolódik, a leletről és annak kontextusáról l. feljebb.

⁵⁰⁷ A tanulmányban AxioVison SE 64, Helicon Focus 6.3.0 és Adobe Photoshop CS6 program használatával készített felvételek szerepelnek.

teséggel (l. öntés esetében szemben a kalapálással). A rézkarperec díszítetlen, ezért nem lehetett ezen a tárgyon a korabeli díszítő eljárást tanulmányozni.

A karperec felső és alsó szélei egyenetlen kidolgozásúak, nem párhuzamosak és nem vízszintesek, e szélek pereme pedig éles (mintha szabad kézzel vezetett eszközzel vágták volna ki a formát). A készítés-technikai nyomok vizsgálata során nem tapasztaltunk a karperecen öntési hólyagokat, öntési kérget. A tárgy külső, korróziótól mentes, tisztított felületén azonban egyenletes, több irányból történő csiszolás nyomait diagnosztizáltuk (12. tábla 3). Ezek biztosan nem a tisztítás során keletkeztek, hanem arra utalhatnak, hogy a tárgy elkészültével felpolírozhatták a tárgyat.

A karperec összekapcsolását biztosító, a tárgy két szélén található, közel szabályosan kerek, 3 mm átmérőjű, egyszerű lyukak kialakításával érték el (12. tábla 4), amelyeken egykor feltehetően bőrszalagot vagy textilszalagot vezethettek át. A karperec egyik végének sérült és hiányos az állapota. A karperec egy további helyén másodlagos sérülés nyoma látható. A sérülés következtében a tárgy egy kis részen felszakadt és felpenderedett (12. tábla 5–6).

Mindezek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a karperec rézlemezről készült, és nem öntvény. Öntött tárgy esetében feltételezésünk szerint a karperec felülete és széle egyenletesebb kidolgozású lenne, a sérüléskor pedig kitört volna belőle egy kis darab. A tárgy felületén, noha egyértelműen nem tapasztaltunk kalapácsnyomot, mégis a rézlemezről történő kialakításra, hevítéssel járó utólagos megmunkálásra utalhat a tárgy kb. 1 milliméteres vastagsága és 14 grammos tömege. A tárgy előállítása feltehetően nem járt anyagvesztéssel.

Lenyomat

A régészeti és antropológiai megfigyelések szerint a karperec egy 8–9 éves életkorában elhunyt gyermek bal alkarján került elő.⁵⁰⁸ Használati kopás- és javításnyomok nem látszódnak a karperecen, annak belső oldalán azonban strukturális lenyomat őrződött meg a korrózióknak köszönhetően (13. tábla 1).⁵⁰⁹ A lenyomat diagonális irányú redőzöttsége és a redők sűrűsége egyértelműen szerves anyag lenyomatára utal (13. tábla 2). A lenyomat jellege alapján kizárhatjuk a textilt, a gyapjút és egyéb hasonló szerves anyagot. Jaroslav Peška és munkatársai kora

⁵⁰⁸ Ld. a III: 3. fejezetben

⁵⁰⁹ KRÁLÍK–NEJMAN 2007, 8, 12, Table 1 részletesen taglalja, miként hat a tafonómiai folyamatok által előidézett fém sók kristályosodása, a fémkorrózió az emberi bőr negatív lenyomatának kialakulására a holttest bomlásakor.

bronzkori réz- és rézötvözetből öntött tárgyakon végzett mikroszkópos vizsgálatai során számos szerves anyag lenyomatát különítették el.⁵¹⁰ Többek között állati szőr-, fa- vagy levélmaradvány mellett emberi bőr lenyomatát sikerült azonosítaniuk.⁵¹¹ A morva Trstěnice (Znojmo) bronzkori lelőhelyről származó, gazdagon felszerelt női sírban előkerült karikán a gyűrűs ujj a kézközépcsontoz közlebbi (felső) ujjperccsontjának (phalanx proximalis) palmáris (belső, tenyér felőli) oldalának epidermális redőlenyomatát fedezték fel (13. tábla 5).⁵¹² Egy hulíni női sírban előkerült, Borotice-típusú karperec belső oldalán a kéz dorzális oldaláról (kézhát) származó bőrlenymatot figyeltek meg (13. tábla 6).⁵¹³ Mikroszkóppal dokumentált felvételeinket összevetettük az általuk közölt, különböző mintázatok képeivel. Az alapján megkockáztatjuk, hogy a balatonlellei karperecen látható rajzolatokban minden bizonnyal a csuklórészi bőrfelület⁵¹⁴ felhámregének lenyomatát diagnosztizáltuk. A lenyomat redőinek iránya és jellege arra utal, hogy a bal csuklóján, feltehetően annak belső oldalán összekapcsolva hordhatta a tulajdonosa a karperecet. Feltételezésünk bizonyítására, valamint az antropológiai adatokkal (nem, életkor) történő összehasonlítására dermatoglifiával (bőrlécrendszer) foglalkozó dermatológus kollégák szakvéleményét kívánjuk kikérni.

Konklúzió

A roncsolásmentes mikroszkópos vizsgálat előzetes eredményei alapján feltételezzük, hogy rézlemezből készült a karperec, annak belső oldalán pedig az elhunyt bőrének a lenyomata látható. E megállapítások megerősítésére vagy cáfolatára azonban további, a tárgyak anyagösszetételét, anyagszerkezetét és készítése technikáját együttesen elemző archeometriai, illetve dermatológiai vizsgálatok szükségesek.

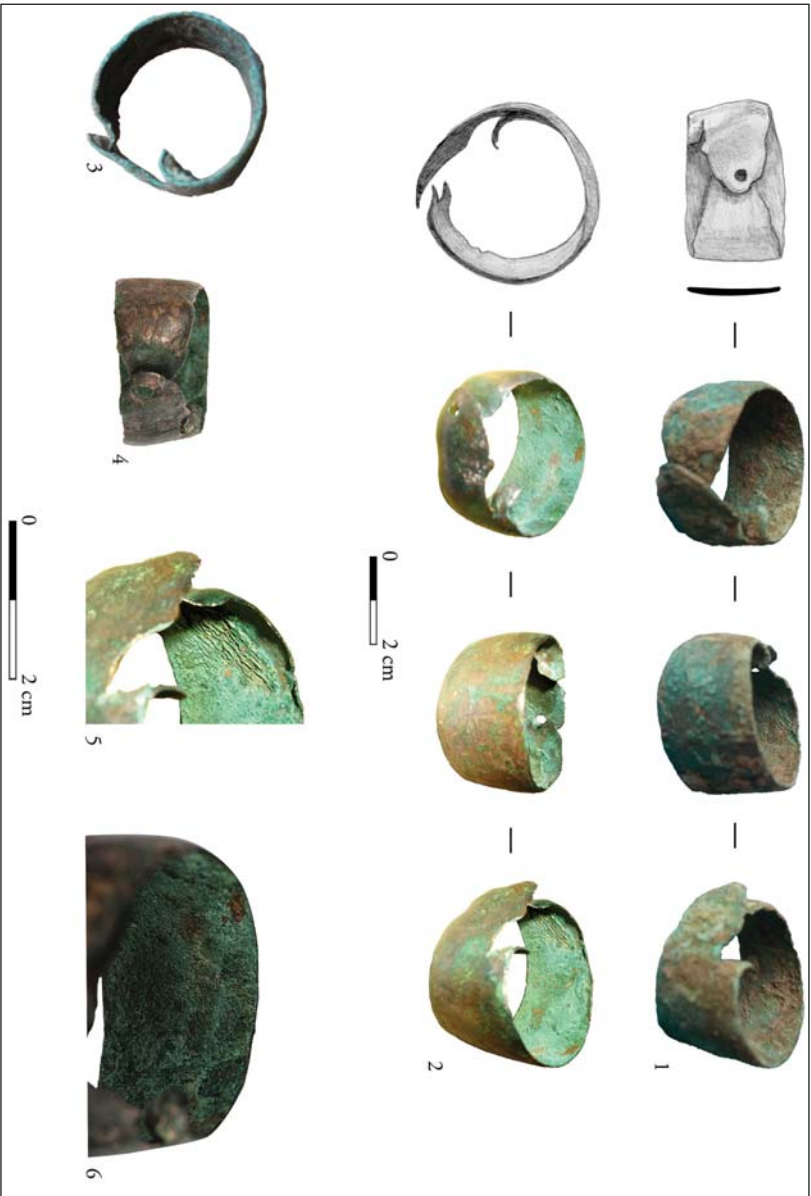
⁵¹⁰ Hálás köszönettel tartozunk Kiss Viktóriának (MTA BTK RI), hogy az idézett tanulmányra felhívta a figyelmünket.

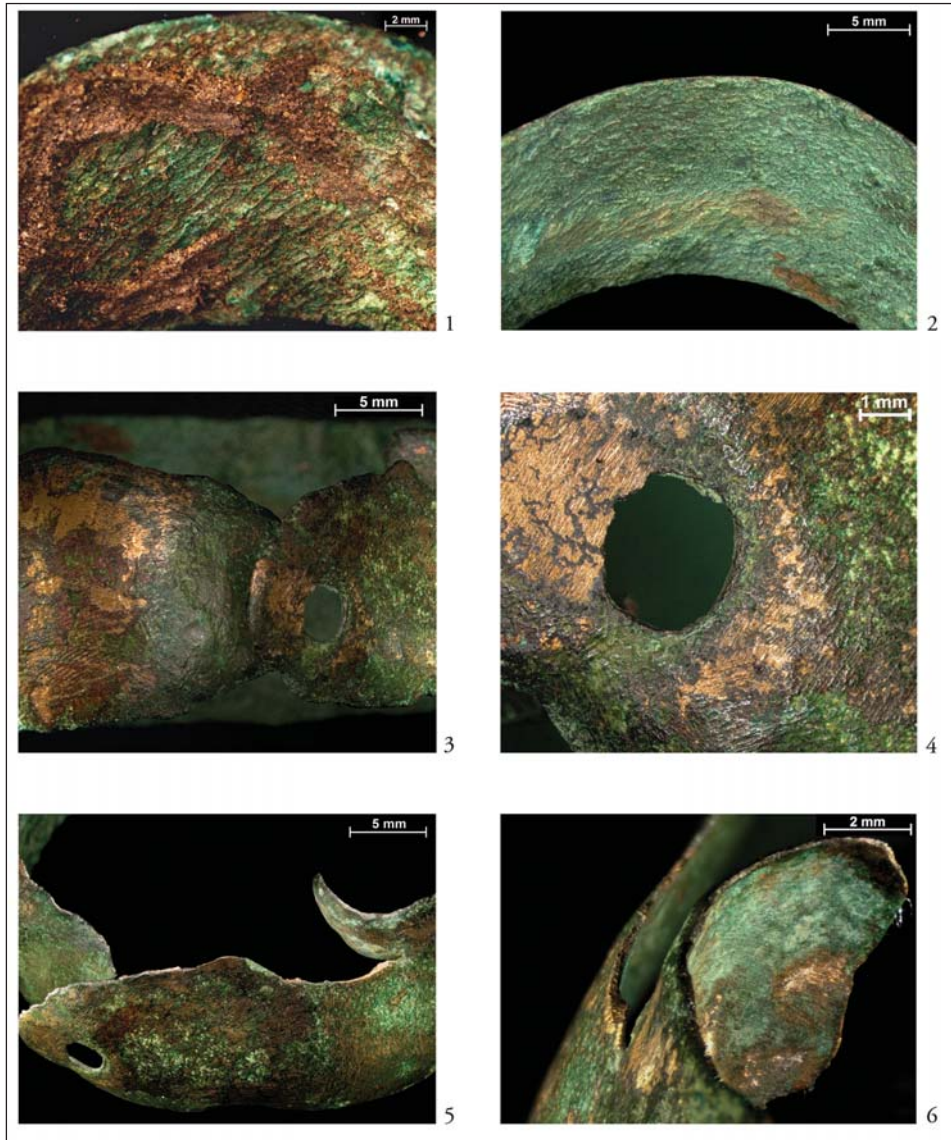
⁵¹¹ PEŠKA *et al.* 2006.

⁵¹² PEŠKA *et al.* 2006, 41, fig. 17.

⁵¹³ PEŠKA *et al.* 2006, 41, fig. 27.

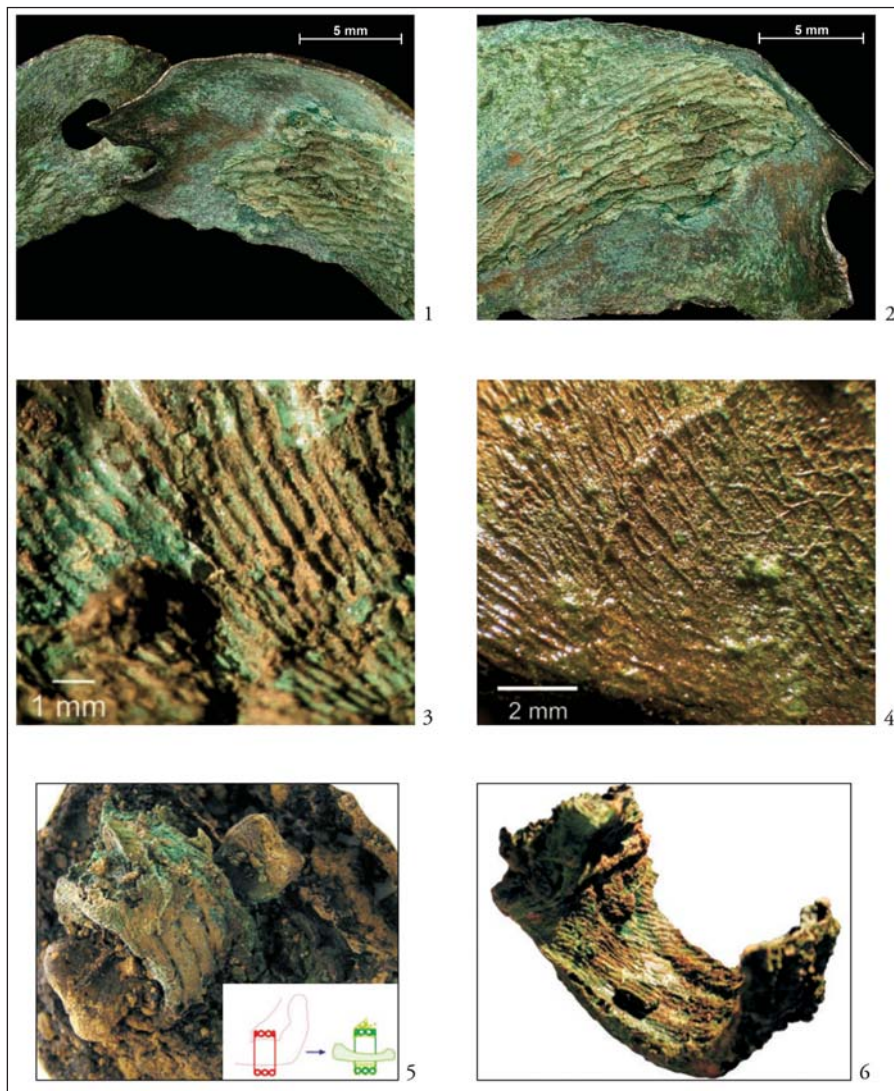
⁵¹⁴ A csukló (articulatio radiocarpalis) vagy ahhoz közel eső radius és ulna vagy a tenyér-régió bőrfelülete jöhet számításba.





12. tábla: Balatonlelle-Rádpusztza, a karkötő sztereomikroszkópos felvételei
(Mihácz-Pálfi Anett)

Plate 12. Stereo microscope image of the bracelet from Balatonlelle-Rádpusztza



13. tábla: 1–2: Balatonlelle-Rádpusztza, a karkötő sztereomikroszkópos felvételei (Mihácsi- Pálfi Anett); 3–4: Hulin, kora bronzkori gyűrű belsejében talált lenyomatok sztereomikroszkópos felvételei (PEŠKA et al. 2006, fig. 17, fig. 27. fotó: Miroslav Králik), 5–6: A gyűrű (PEŠKA et al.2006, fig. 39–40. fotó: Tereza Belanová, sematikus rajz: Miroslav Králik).

Plate 13. 1–2: Stereo microscope images of the bracelet from Balatonlelle-Rádpusztza; 3–4: Hulin, stereo microscope images of the imprints on the inner side of an Early Bronze Age ring; 5–6: Hulin, Early Bronze Age ring

Balatonlelle-Rádpusztza 67/5. lelőhely 415. sír embertani leleteinek vizsgálati eredményei

KÖHLER KITTI

MTA BTK Régészeti Intézet
kohler.kitti@btk.mta.hu

Bevezetés

A lelőhelyen két késő rézkori (többes) temetkezés embertani maradványai kerültek elő, ezek közül a 415. sírban voltak fémleletek is. Az alábbiakban ezt a sírt mutatom be, a 367. sír közlése a két temetkezést együttesen bemutató másik tanulmányban lesz publikálva.

A 415. sírban a csontok megtartása meglehetősen rossz. A biológiai életkor becslésére Infans és Juvenis korcsoportúaknál Schour és Massler (1941), Stloukal és Hanáková (1978), Ferembach és munkatársai (1979), valamint Bernert és munkatársai (2007) módszerét használtam fel. Az egyetlen felnőtt egyénnél az elhalálózási kor becslése az agykoponya töredékeinek átlagos, általános vastagsága alapján történt. A morfológiai nem meghatározásánál Éry és munkatársai (1963), valamint Acsádi és Nemeskéri (1970) munkáját használtam fel. Az egyetlen metrikus adatot Martin és Saller (1957) szerint vettem fel, melynek értékét Alekszejev és Debec (1964) kategóriája alapján osztályoztam. Az ún. öröklődő anatómiai variációk/epigenetikai jellegek vizsgálatát Hauser és De Stefano (1989), a patológiai megfigyeléseket Aufderheide és Rodríguez-Martin (1998), valamint Ortner (2003) munkája alapján végeztem el.

A leletanyag a kaposvári Rippl-Rónai Múzeumban található.

Eredmények

415. objektum (sír):

1. Infans II. korú (ca. 8–9) éves gyermek

A lelet rossz megtartású, töredékes koponya és vázcsontok maradványaiból áll. Az egyén elhalálózási életkorát a fogak kibúvási rendje és fejlettsége, valamint a

hosszúcsontok hossza alapján becsültük. Bal és jobb combcsont (*femur*): hossza: ca. 327 mm, jobb karcsont (*humerus*) hossza: ca. 230 mm.

Kóros elváltozás: Nincs.

Fogazat: A megmaradt négy tejfog (molarisok) kopásának mértéke AM fokozatú (közepes). A 7 maradó fog (főként molarisok) kopásának átlagos mértéke SA-ASI fokozatú (alig kopottak).

Anatómia variáció: Nincs.

1. koponya: Infans I. korú (1–7 éves) gyermek

A hiányos, töredékes koponya (homlok- nyakszirt- és halántékcsontr töredékei) alapján az elhalálozási életkort (fogazat és vázcsontozat híján) a koponyacsont töredékek falvastagsága alapján történt.

Kóros elváltozás: Nem vizsgálható.

Fogazat: Nem vizsgálható.

Anatómia variáció: Nincs.

2. koponya: Infans I. korú (3–4 éves) gyermek

A fal- és halánték töredékeiből álló lelet esetében az elhalálozási életkor becslése fogak és vázcsontok híján ebben az esetben is a koponyacsont töredékek falvastagsága alapján történt.

Kóros elváltozás: Nincs.

Fogazat: Nem vizsgálható.

Anatómia variáció: Nincs.

3. koponya: Adultus korú (20–25 éves) egyén

A lelet koponyacsont töredékekből (fal- és nyakszirtcsont) áll. Az elhalálozási életkor becslése a koponyatöredékek falvastagsága alapján történt. A nemet a töredékesség miatt nem lehetett meghatározni.

Kóros elváltozás: Mindkét oldali falcsonttöredék külső felszínén a csontlemez enyhe felritkulása, lyukacsossága figyelhető meg (*poroticus hyperostosis*, más néven *cribra cranii*). Az elváltozást a vérvérvető rendszer megbetegedésére, anémiára, a Kárpát-medencei embertani leletek esetében leggyakrabban a vashiányos vérszegénységre vezeti vissza kutatás.

Fogazat: Nem vizsgálható.

Anatómia variáció: A lambdavarratban önálló csontocskák figyelhetők meg (*ossa wormiana*).

4. koponya: Infans I–II. korú (5–10 éves) gyermek

A fal- és nyakszirtecsont töredékeiből álló lelet esetében az elhalálozási életkor becslése ebben az esetben is azok mérete, falvastagsága alapján történt.

Kóros elváltozás: Nincs.

Fogazat: Nem vizsgálható.

Anatómiai variáció: A lambda pontban, illetve a nyakszirtecsont varratban önálló csontocskák figyelhetők meg (*os lambdae, ossa wormiana*).

„Kéz alatti koponyatöredékek”: Infans I. korú (3–5 éves) gyermek

A lelet igen kevés és igen töredékes falcsonti maradványból áll. Az életkort ezen töredékek átlagos mérete alapján becsültük meg.

Kóros elváltozás: Nincs

Fogazat: Nem vizsgálható.

Anatómia variáció: Nem vizsgálható.

Összegzés

A Balatonlelle-rádpusztai lelőhelyen feltárt két késő rézkori (badeni kultúrához sorolható) temetkezés különlegesnek tekinthető, mivel az egyik esetben (367. sír) a szabályosan, zsugorítva eltemetett felnőtt nő mellé egy koponyát, míg a másik esetben (415. sír) egy szintén zsugorítva eltemetett, a mellékletek alapján feltételezhető leánygyermek mellé több koponyát is a sírgödörökbe helyeztek.

A korszak temetkezési szokása igen változatos, több lelőhelyről ismerünk többes-, vagy részleges emberi maradványokat tartalmazó temetkezéseket, így koponyatemetkezéseket is. Ezek egy részét rituális jellegüként írja le a régészeti szakirodalom, míg másik részénél megfigyelhető volt, hogy a csontváz többi része szétmállott az idők során.⁵¹⁵

Felmerül a kérdés, hogy a különálló koponyák a temetés/elföldelés idején vajon egész vázak voltak-e. Ezt megállapítani nem tudjuk, tekintettel arra, hogy a sírok betöltése nem ismert. Azt nagy valószínűséggel kizárhatjuk, hogy az idők során az ezekhez az egyénekhez tartozó vázrészek a talaj összetételétől függően

⁵¹⁵ BONDÁR–RACZKY 2009; HORVÁTH 2012.

(amit nem ismerünk) lebomlottak volna. Nem tudjuk azt sem megállapítani, bár feltételezhetjük, hogy egy időben kerültek a sírgödörbe az emberi maradványok.

Koponyát ért sérülés nyomait nem találtuk. A megmaradt maradványokon ütés, sérülés nyoma nincs. Felmerülhet még a fej/koponya szándékos elválasztása/levágása még az egyének életében vagy egyfajta halál utáni manipuláció során, azonban mivel az esetek szinte mindegyikében hiányzott, vagy igen töredékes volt a koponya alapi része, erre sem tudunk válaszolni.

A feltételezhető rokoni kapcsolatok kimutatására alkalmas anatómiai variációk vizsgálata alapján a következők állapíthatók meg. A 415. sírban két, a 367. sírban egy egyénél fordult elő éppen az az anatómiai variáció, mely minden más szériában igen gyakori, azaz arra se tudunk válaszolni, hogy az egy sírba temettek között, illetve a két sír esetében volt-e rokoni kapcsolat. Erre a kérdésre az archeogenetikai vizsgálatok eredményeinek ismeretében kaphatunk majd a jövőben választ.

További megválaszolatlan kérdés, hogy egy időben helyezték-e el az egyéneket a sírgödörbe, vagy elhalálozási sorrendben. Erre válaszokat talán a radiokarbon vizsgálatoktól várhatunk.

Késő rézkori régészeti tárgyak ED-XRF elemzése

GRESITS IVÁN

Budapesti Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem
gresits@mail.bme.hu

Az alkalmazott elemzési módszer: izotópgerjesztéses energiadiszperzív röntgenfluoreszcencia analízis (ED-XRF).

A röntgenfluoreszcencia analízis elve

A röntgenfluoreszcencia analízis mintaelőkészítést egyáltalán nem, vagy csak minimálisan igénylő roncsolásmentes kvalitatív és kvantitatív elemanalitikai módszer, amely a gerjesztett (szekunder) sugárzás vonalai energiájának és intenzitásának mérésén alapszik. A mérés előtt semmilyen előkészítést nem végeztünk.

Ha a vizsgálandó minta atomjait megfelelő energiájú röntgen vagy gamma-sugarakkal, vagy töltött részecskékkel bombázzuk, a minta atomjainak belső (K és L) elektronhéjairól elektronok lépnek ki, az atom gerjesztett állapotba kerül. Az eltávolított elektronok helyére a magasabb elektronhéjakról 10^{-15} másodperc alatt elektronok ugranak be és a héjak közötti energiakülönbség karakterisztikus röntgensugár formájában sugárzódik ki. Mivel az atommag pozitív töltése, az elektron kötési energiája és a héjak közötti energiakülönbség a rendszámától függ, a kibocsátott karakterisztikus röntgensugár energiája a rendszámmal, intenzitása pedig, a gerjesztett atomok számával arányos. Ily módon a röntgenemissziós spektroszkópia felhasználható mind minőségi, mind mennyiségi meghatározásokra.

A röntgenfluoreszcens spektrumok felvétele

A BME Nukleáris spektroszkópia laboratóriumában működő radioaktív izotópgerjesztéses energiadiszperzív röntgenfluoreszcens mérőrendszer részegységei az alábbiak:

- Röntgenfluoreszcens mérőfej, mely egy egységben tartalmazza a ^{125}I sugárforrást és a Canberra SSL 8016 Si(Li) félvezető detektort,
- Canberra DSA-1000 digitális spektrum analizátor (analóg erősítő, jelformáló és a sokcsatornás amplitúdó analizátor egy egységbe építve),
- HP számítógép.

A gyűrű alakú ^{125}I radioaktív forrás gerjeszti a minta atomjait. A kibocsátott karakterisztikus röntgensugarak $25\ \mu\text{m}$ vastag vákuumbiztos és fényre átlátszatlan Be ablakon át jutnak a cseppfolyós nitrogénnel hűtött Si(Li) félvezető detektorba.

Záró irányban előfeszített p-i-n típusú detektorban az E energiájú röntgensugár a Si atomokkal fotoelektromos kölcsönhatásba lépve töltéshordozó elektronlyuk párokat hoz létre. A detektor elektródjai közötti elektromos tér begyűjti a töltéshordozókat és a hűtött töltés érzékeny előerősítő kimenetén E-vel arányos amplitúdójú feszültség - impulzus jelenik meg.

Az előerősítőt követő analóg jelfeldolgozó egységnek az a feladata, hogy a sokcsatornás amplitúdó analízátor számára megfelelő alakú és nagyságú jeleket hozzon létre oly módon, hogy a jel-amplitúdó és a detektorban adszorbeált energia közötti arányosság fennmaradjon.

A megfelelően formált jeleket sokcsatornás amplitúdó analízátor és számítógép dolgozza fel. A sokcsatornás amplitúdó analízátor az analóg jelfeldolgozó egység kimenetén megjelenő impulzussorozat amplitúdó eloszlását és intenzitását határozza meg, amit röntgenspektrum alakban jelenít meg.

A röntgenspektrum csúcseinak helye az energiával, azaz a rendszámmal, a csúcsok nagysága (csúcsterület) pedig a megfelelő energiájú röntgensugárzást kibocsátó atomok számával, azaz a koncentrációval arányos.

Az analízis úgy történik, hogy a spektrum-kiértékeléshez használt szoftver megkeresi a valószínűsíthető csúcsok helyét, a csúcsokhoz energia értéket rendel és a csúcshintegrálokból meghatározza az elemek vonalának intenzitását. A csúcshatárok és a csúcs maximumának kijelölése után a program összegzézés csúcsterületet számol.

Kétfajta ábra készült minden egyes vizsgált tárgyról: egy lineáris és egy logaritmikus grafikon, ez utóbbi kiemeli a részleteket is. A vizsgált tárgyaknál a lineáris ábrán is jól látszik, hogy a réz 99 %-ban uralja a spektrumot. A maradék egy százalék (vas, nikkel, ezüst, arzén) jelenléte a logaritmikus ábrán látszik jól. A logaritmikus ábrán egy egység egy nagyságrendnek felel meg, azaz $0=1$; $1=10$; $2=100$; $3=1000$ és így tovább. A log ábrán a kék a spektrum, a sárga a csúcs alatti terület.

1. A vörsi diadém

A vörsi diadém esetében a gyorsvizsgálat néhány percig, a precíz elemzés 2 napig tartott, ez az eddigi legrészletesebb elemösszetételt eredményező vizsgálat (27. kép).

A mintában található elemek és koncentrációjuk:

Line	Comp	Conc	Std	Conc %	Std %
Zr- K α	Zr	162 ppm	2 ppm	0,0162	0,0002
Ag-K α	Ag	344 ppm	2 ppm	0,0344	0,0002
K -K α	K	0,172 %	0,009 %	0,172	0,009
Ca-K α	Ca	0,224 %	0,005 %	0,224	0,005
Ti-K α	Ti	150 ppm	20 ppm	0,015	0,002
Cr-K α	Cr	99 ppm	9 ppm	0,0099	0,0009
Mn-K α	Mn	144 ppm	8 ppm	0,0144	0,0008
Fe-K α	Fe	789 ppm	8 ppm	0,0789	0,0008
Cu-K α	Cu	99,24 %	0,02 %	99,24	0,02

2. Balatonlelle-Rádpusztza

2. 1. Karperec (28. kép)

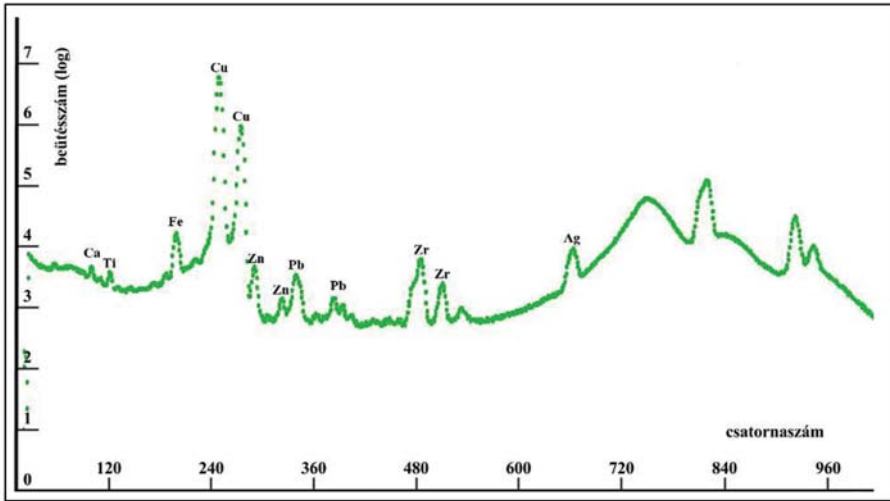
A tisztítatlan tárgyon mért eredmények:

réz	94,5 % \pm 0,1
arzén	2,04 % \pm 0,01
kalcium	2,38 % \pm 0,07
vas	0,82 % \pm 0,01
titán	0,08 % \pm 0,02
stroncium	0,04 % \pm 0,01
mangán	0,06 % \pm 0,01
cirkónium	0,04 % \pm 0,01
ezüst	0,02 % \pm 0,01
rubídium	0,01 % \pm 0,001
ittrium	0,01 % \pm 0,001

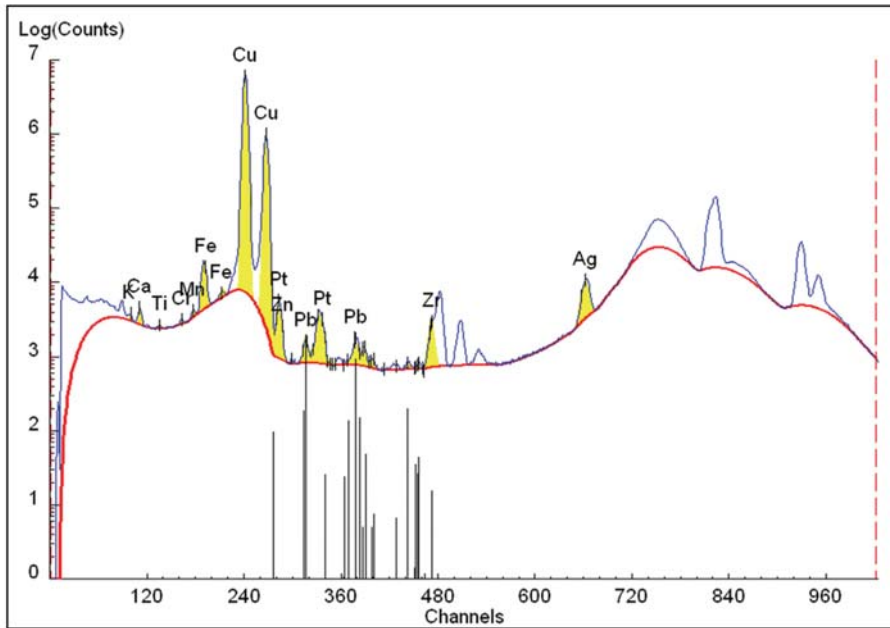
A tisztított karperec eredményei:

réz	96,92% \pm 0,08
arzén	2,50% \pm 0,01
kalcium	0,35% \pm 0,03
vas	0,17% \pm 0,005
titán	nincs
stroncium	nincs
mangán	0,049% \pm 0,00,004
cirkónium	nincs
ezüst	0,0171% \pm 0,0008
rubídium	nincs
ittrium	nincs

A tisztítatlan karperec még földes volt, ahogy kivehették a sírból, talán ecsettel tisztították. Ezt a gondolatot támasztja alá a felületi elemösszetétel-analízis is, hiszen megjelennek a tisztítatlan karperec mérésében olyan tipikus elemek, amik a talajra jellemzőek. Ide tartozik a cirkónium, a stroncium, az ittrium, és a kalcium egyaránt. Valószínűleg a nagyobb vastartalom is a talajszennyezés miatt mérhető. Az előzőekben felsorolt elemeket minden magyarországi talaj tartalmazza, kivétel nélkül, de mértékük helytől és mélységtől függően változó.



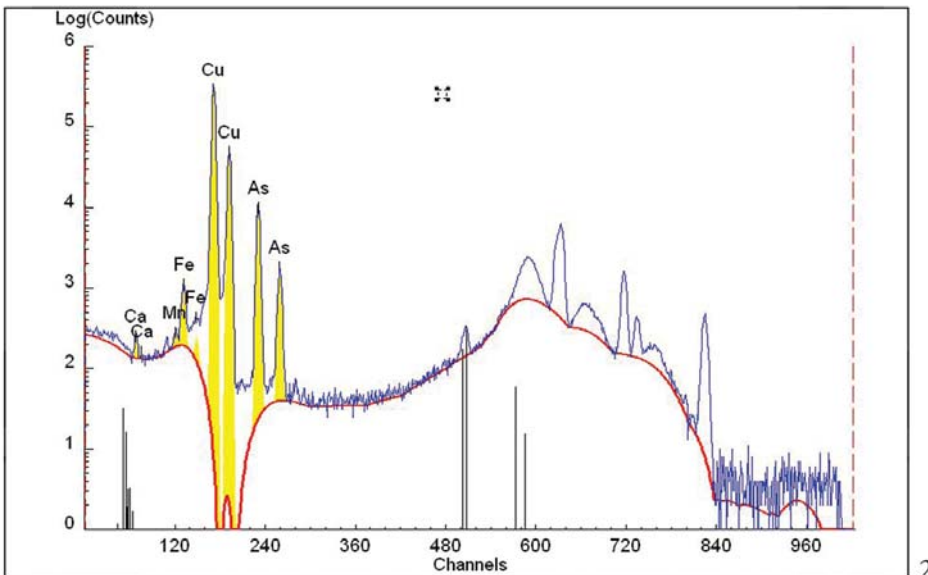
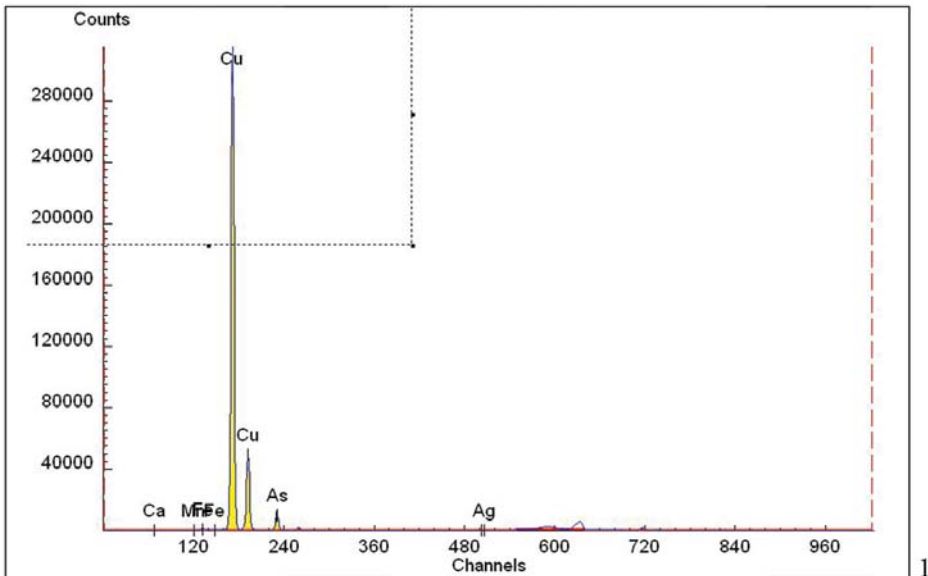
1



2

27. kép: A vörsi diadém elemösszetétele (ED-XRF)

Fig. 27. Trace element composition of the Vörs diadem (ED-XRF)



28. kép: Balatonlelle-Rádpusztá, karperec elemösszetétele (ED-XRF)

Fig. 28. Trace element composition of the bracelet from Balatonlelle-Rádpusztá (ED-XRF)

2. 2. A rézgyöngy töredékei

Az eredetileg egy darab rézgyöngy három részre tört az idők folyamán. Méréskor ezt kicsi, közepes és nagy jelöléssel láttuk el (29–31. kép).

A kisméretű gyöngytöredék:

WinFund Version 1.4.1 7/30/2018 1:03:53 PM

Quantitative analysis results

Spectrum: C:\Bondár kész\2018 jul 10 gyöngy kicsi.Wax

Fundamental parameter analysis

Standardsless mode

Secondary fluorescence effects considered

Line	Comp	Conc	Std
As-K α	As	6,6%	0,2%
Ag-K α	Ag	0,15%	0,03%
Cu-K α	Cu	93,3%	0,8%

Sum of analysed elements: 100,0 %

Concentrations are normalized to 100%

A közepes méretű gyöngytöredék:

WinFund Version 1.4.1 7/30/2018 12:59:08 PM

Quantitative analysis results

Spectrum: C:\Bondár kész\2018 jul 6 gyöngy közepes.Wax

Fundamental parameter analysis

Standardsless mode

Secondary fluorescence effects considered

Line	Comp	Conc	Std
Cu-K α	Cu	92,7 %	0,6 %
Fe-K α	Fe	0,53 %	0,08 %
Ag-K α	Ag	700 ppm	200 ppm
As-K α	As	6,8%	0,2 %

Sum of analysed elements: 100.0 %

Concentrations are normalized to 100%

A nagyméretű gyöngytöredék

Fund Version 1.4.1 7/30/2018 12:40:55 PM

Quantitative analysis results

Spectrum: C:\Bondár kész\2018 jul 5 gyongy nagy.Wax

Fundamental parameter analysis

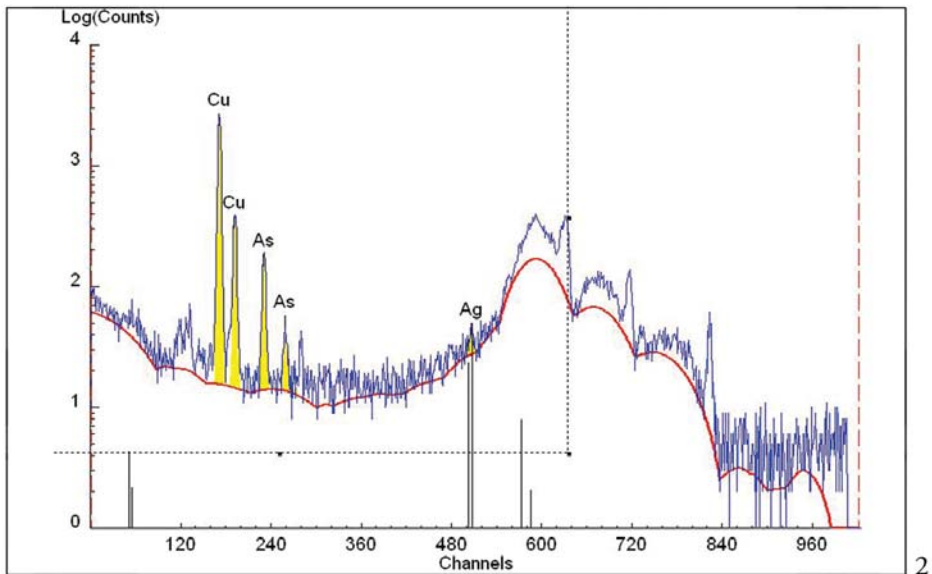
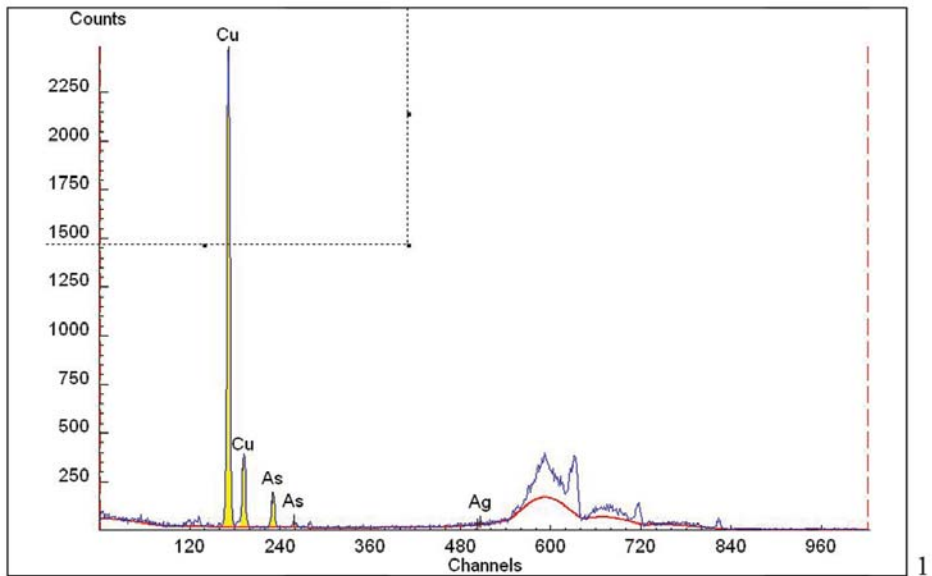
Standardsless mode

Secondary fluorescence effects considered

Line	Comp	Conc	Std
As-K α	As	6,08 %	0,09 %
Ag-K α	Ag	430 ppm	80 ppm
Fe-K α	Fe	0,36 %	0,03 %
Cu-K α	Cu	93,5 %	0,3 %

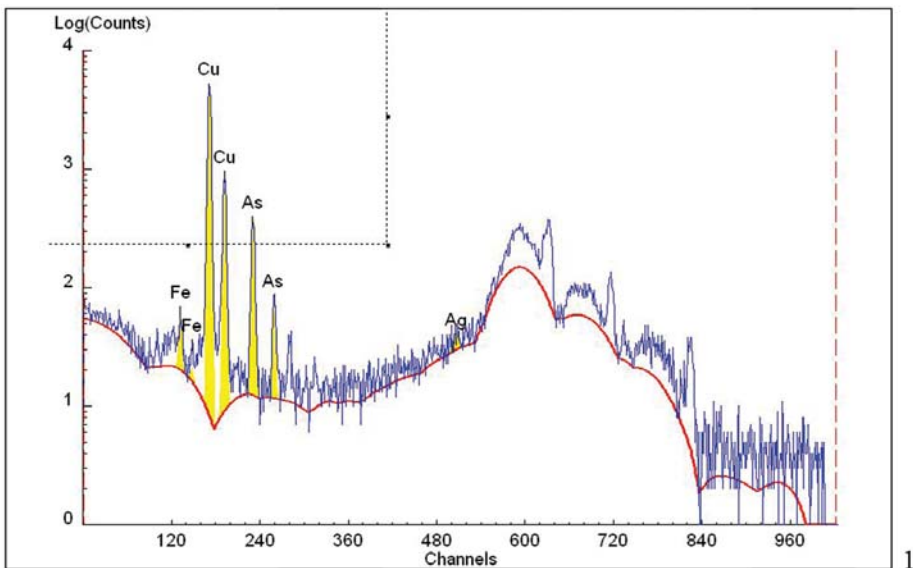
Sum of analysed elements: 100.0 %

Concentrations are normalized to 100%

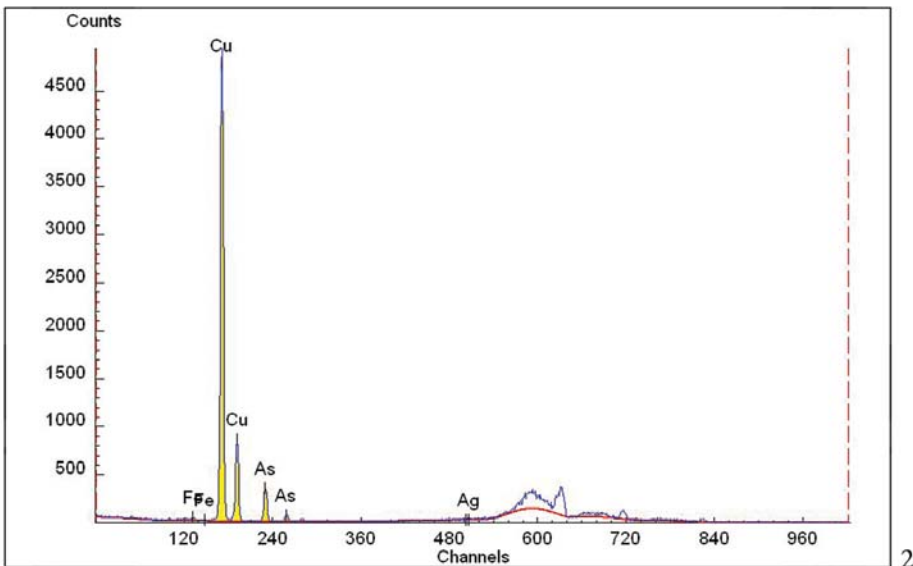


29. kép: Balatonlelle-Rádpusztá, gyöngytöredék elemösszetétele (ED-XRF)

Fig. 29. Trace element composition of a bead fragment from Balatonlelle-Rádpusztá (ED-XRF)



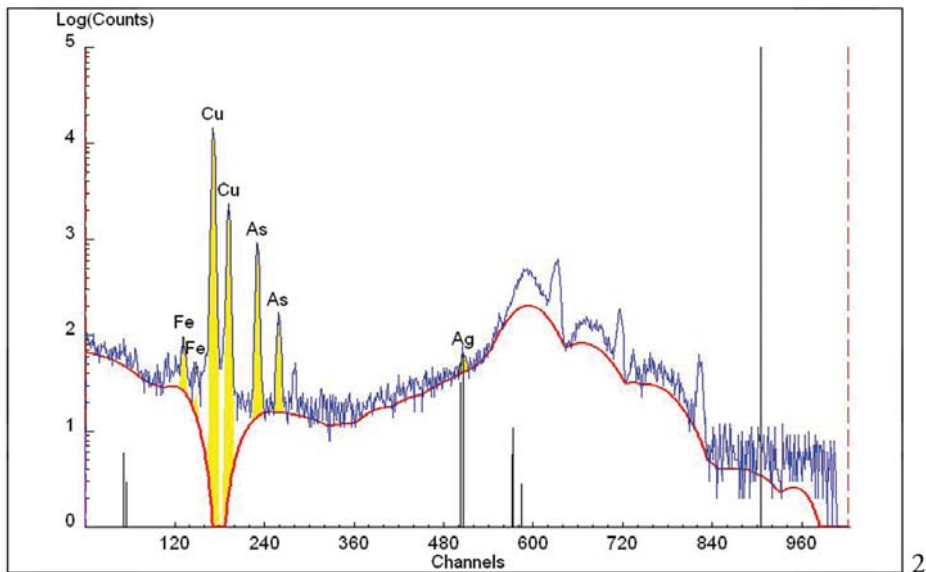
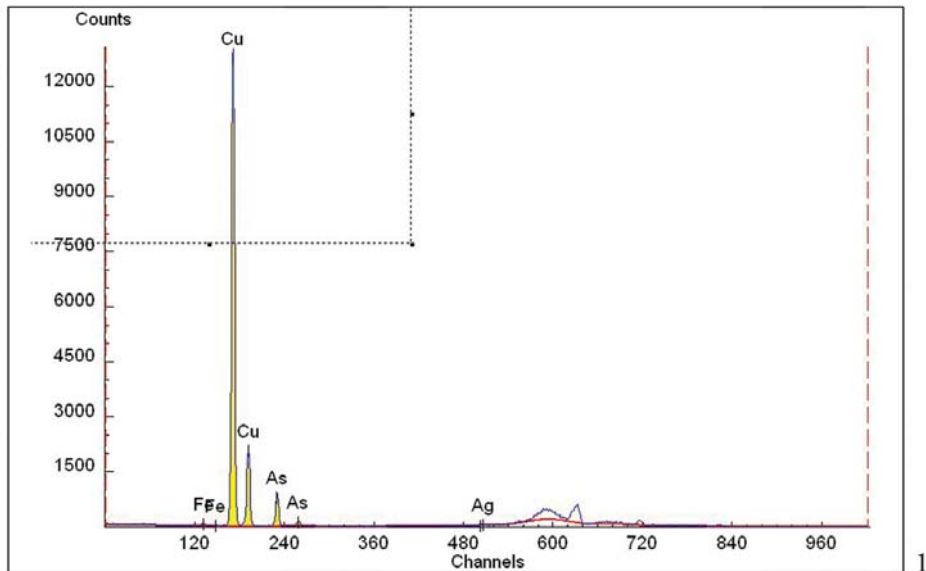
1



2

30. kép: Balatonlelle-Rádpusztza, gyöngytöredék elemösszetétele (ED-XRF)

Fig. 30. Trace element composition of a bead fragment from Balatonlelle-Rádpusztza (ED-XRF)



31. kép: Balatonlelle-Rádpusztá, gyöngytöredék elemösszetétele (ED-XRF)

Fig. 31. Trace element composition of a bead fragment from Balatonlelle-Rádpusztá (ED-XRF)

3. A fajszi részletek

3. 1. Egész gomb (32. kép):

WinFund Version 1.4.1 7/30/2018 11:18:41 AM

Quantitative analysis results

Spectrum: C:\Bondár kész\2018 jul 2 gomb teljes.Wax

Fundamental parameter analysis

Standardsless mode

Secondary fluorescence effects considered

Line	Comp	Conc	Std
Cu-K α	Cu	97,2 %	0,3 %
Fe-K α	Fe	0,30 %	0,02 %
Ca-K α	Ca	2,5 %	0,3 %

Sum of analysed elements: 100.0 %

Concentrations are normalized to 100%

3.2. Gombtöredék (33. kép)

WinFund Version 1.4.1 7/30/2018 11:13:31 AM

Quantitative analysis results

Spectrum: C:\Bondár kész\2018 jun gomb töredék.Wax

Fundamental parameter analysis

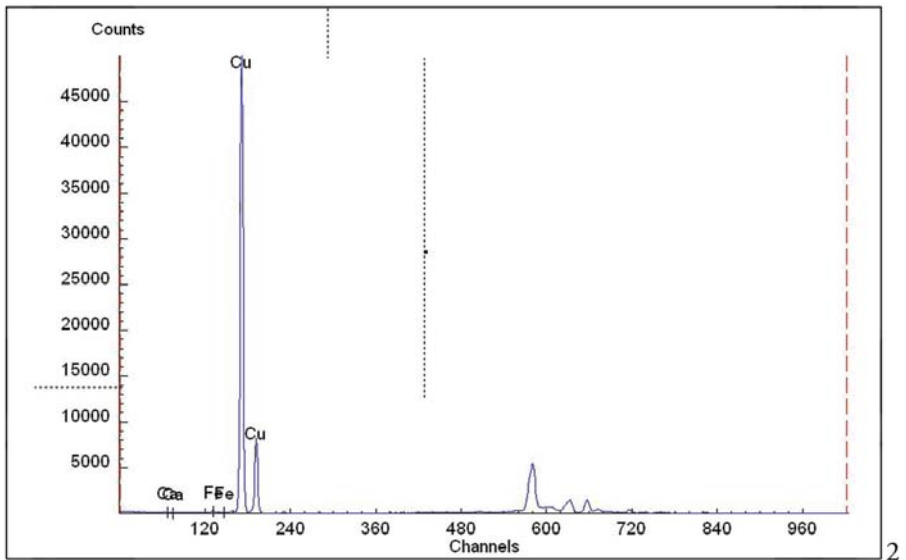
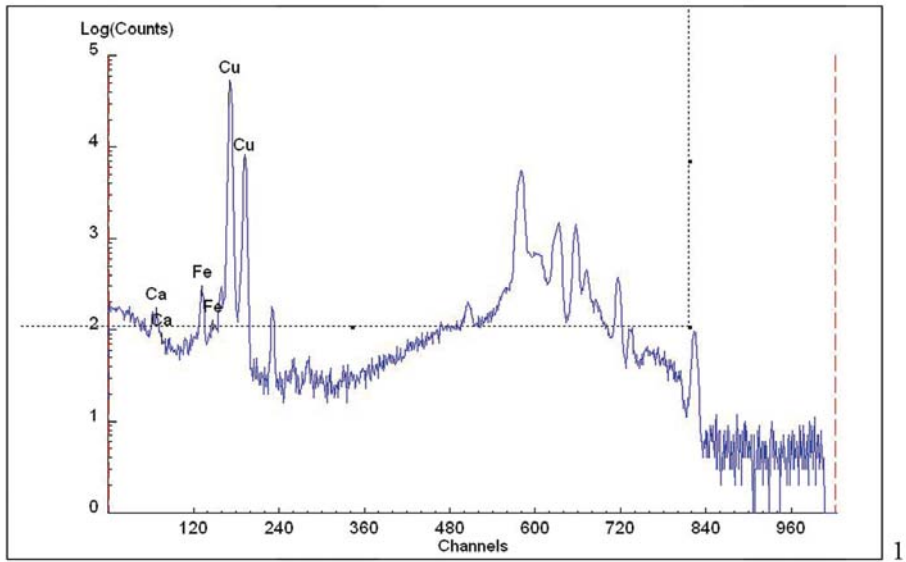
Standardsless mode

Secondary fluorescence effects considered

Line	Comp	Conc	Std
Ca-K α	Ca	2,1 %	0,3 %
Fe-K α	Fe	0,29 %	0,02 %
Cu-K α	Cu	97,7 %	0,3 %

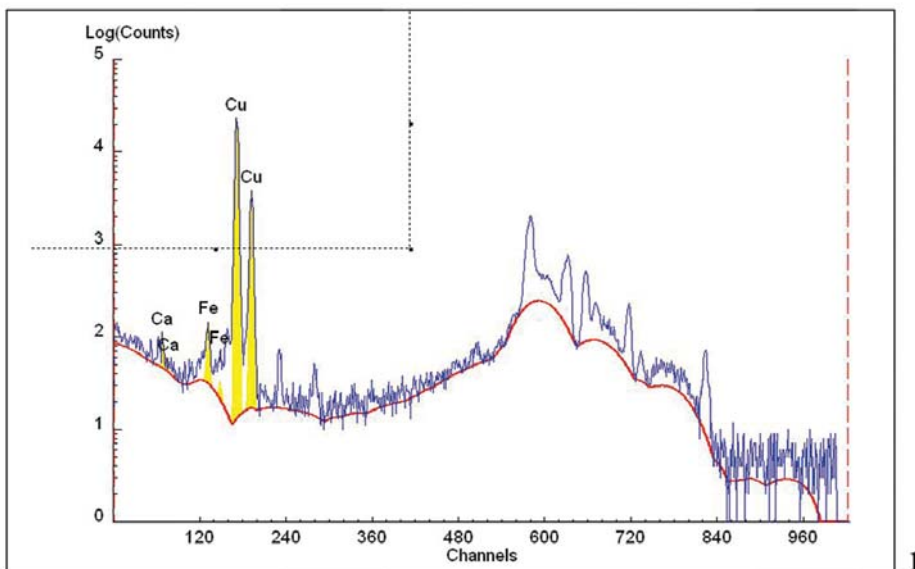
Sum of analysed elements: 100.0 %

Concentrations are normalized to 100%

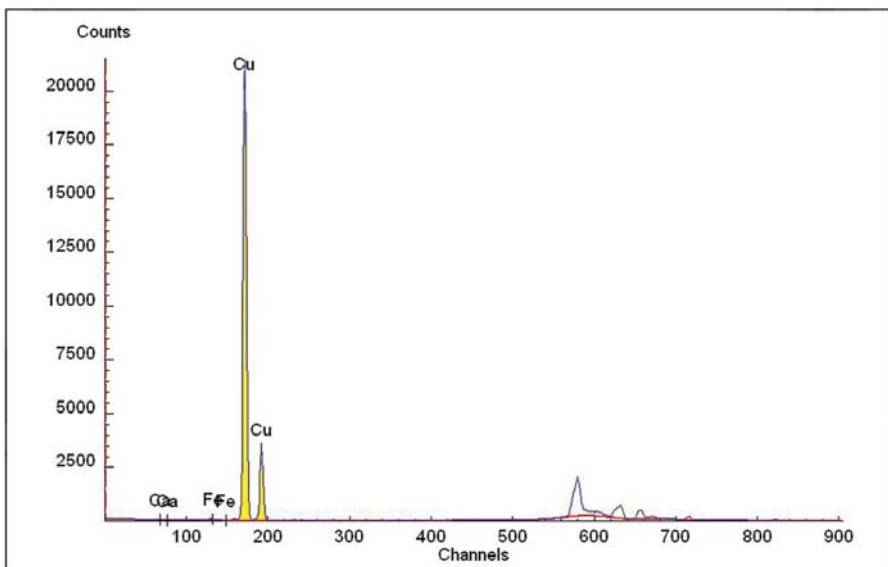


32. kép: Fajsz-Garadomb, egész gomb elemösszetétele (ED-XRF)

Fig. 32. Trace element composition of an intact button from Fajsz-Garadomb (ED-XRF)



1



2

33. kép: Fajsz-Garadomb, gombtörődék elemösszetétele (ED-XRF)

Fig. 33. Trace element composition of a button fragment from Fajsz-Garadomb (ED-XRF)

206

3. 3. Rézhuzal töredéke (34. kép)

WinFund Version 1.4.1 7/30/2018 11:26:34 AM

Quantitative analysis results

Spectrum: C:\Bondár kész\2018 jul 4 fajs nagy drót.Wax

Fundamental parameter analysis

Standardsless mode

Secondary fluorescence effects considered

Line	Comp	Conc	Std
Fe-K α	Fe	0,48 %	0,04 %
Ni-K α	Ni	0,82 %	0,06 %
Cu-K α	Cu	98,7 %	0,4 %

Sum of analysed elements: 100.0 %

Concentrations are normalized to 100%

4. Nagyfüged réztőr (35. kép)

WinFund Version 1.4.1 7/30/2018 12:33:15 PM

Quantitative analysis results

Spectrum: C:\Bondár kész\2018 jul 18 nyílhwgy.Wax

Fundamental parameter analysis

Standardsless mode

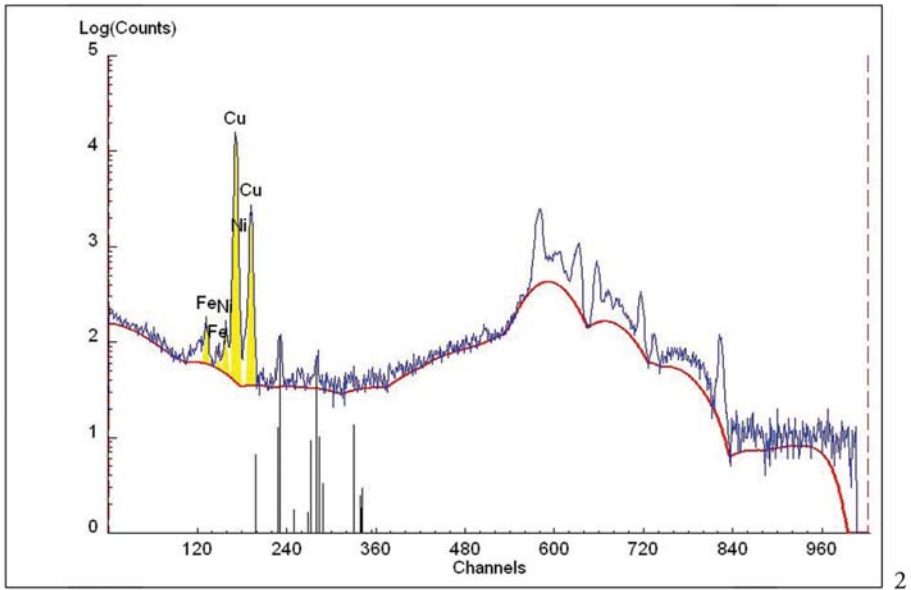
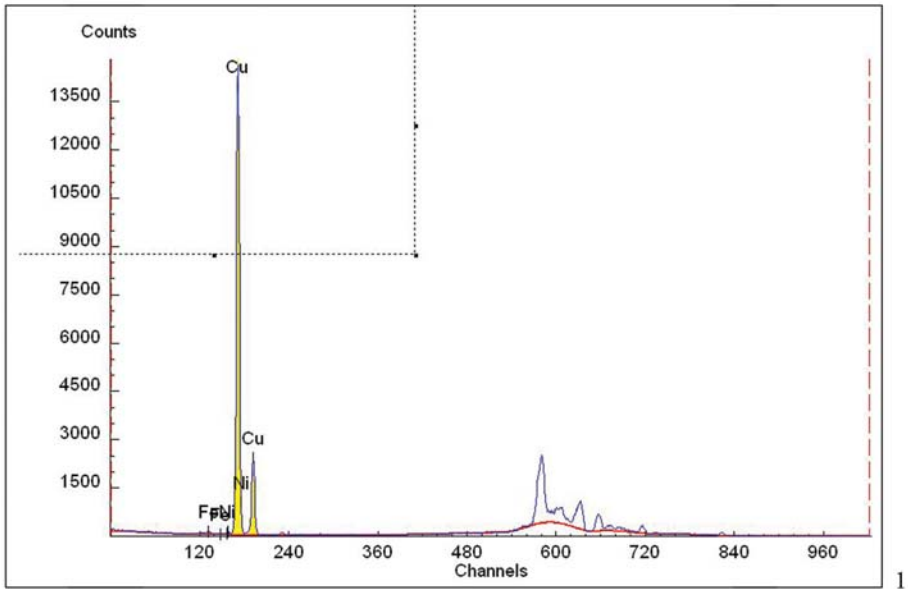
Secondary fluorescence effects considered

Line	Comp	Conc	Std
Ag-K α	Ag	310 ppm(=0,031 %)	30 ppm(=0,003 %)
Cu-K α	Cu	97,8 %	0,2 %
Ni-K α	Ni	0,35 %	0,02 %
Fe-K α	Fe	1,83 %	0,03 %

Sum of analysed elements: 100.0 %

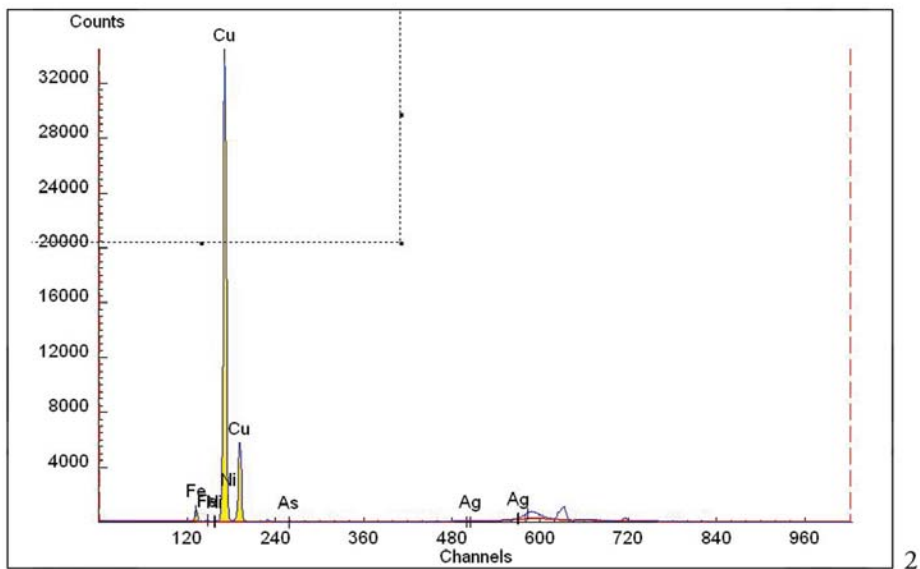
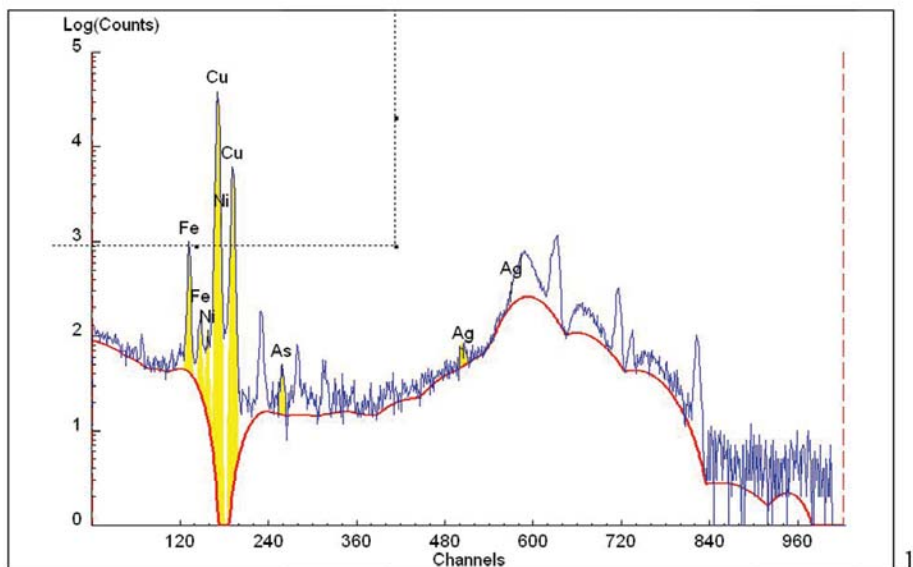
Concentrations are normalized to 100%

A vizsgált régészeti tárgyak mindegyike nagy tisztaságú réz, kisebb-nagyobb koncentrációban egyéb komponensekkel, amelyek nagyobb része talajszennyeződésekre utaló adat lehet.



34. kép: Fajsz-Garadomb, rézhuzal elemösszetétele (ED-XRF)

Fig. 34. Trace element composition of a copper wire from Fajsz-Garadomb (ED-XRF)



35. kép: Nagyfüged-Ejzella, réztőr elemösszetétele (ED-XRF)

Fig. 35. Trace element composition of the copper dagger from Nagyfüged-Ejzella (ED-XRF)

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondok mindazoknak, akik munkámat segítették, támogatták.

A kötet kiadását az NKA és MTA könyv- és Folyóirat Bizottságának támogatása tette lehetővé.

Köszönetet mondok lektoraimnak, Bajnóczi Bernadett geológus, tudományos főmunkatársnak (MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézet, az Archeometriai Kutatócsoport vezetője) és Kiss Viktória tudományos főmunkatársnak (MTA BTK Régészeti Intézet, Lendület-kutatócsoport vezető), amiért gondosan elolvasták és hasznos észrevételeikkel, kiegészítéseikkel segítették a munkámat.

Az új leletekért és hasznos felvilágosításokért a múzeumi munkatársaknak és intézeti kollégáimnak tartozom köszönettel. Az egri Dobó István Vármúzeumból Fodor Lászlónak, Domboróczky Lászlónak, Farkas Csillának és Bálint Csabának. A kaposvári Rippl Rónai Megyei hatókörű Múzeumból Molnár Istvánnak, Honti Szilviának, Németh Péter Gergelynek és Baksics Gergelynek. Az MTA BTK Régészeti Intézetéből Bánffy Eszternek és Marton Tibornak.

A vörsi diadém vizsgálatainak elősegítésért ismételt köszönetem P. Barna Juditnak (Keszthely, Balatoni Múzeum akkori munkatársának) és Havasi Bálintnak (Keszthely, Balatoni Múzeum igazgatójának).

A sztereomikroszkópos vizsgálatokért Raczy Pálnak és Tóth Zsuzsannának (ELTE BTK Régészettudományi Intézet) és Mihácz-Pálfi Anettnek (MTA BTK Régészeti Intézet) mondok köszönetet.

A további roncsolásmentes vizsgálatokért a Budapesti Neutron Centrum és partnerintézetei munkatársainak (Maróti Boglárka, Mitcsenkov-Horváth Eszter, Kasztovszky Zsolt, Káli György, Kis Zoltán tudományos főmunkatársaknak) továbbá Gresits Ivánnak Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Karának Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék tudományos főmunkatársának.

Az antropológiai elemzésért Köhler Kittinek, a genetikai mintavételért Mende Balázsnak, az előzetes eredményekért Szécsényi Nagy Annának mondok köszönetet, mindhárman az MTA BTK Régészeti Intézetének munkatársai.

Köszönetet mondok az illusztrációkat készítő intézeti grafikusoknak, Éber Magdának és Szinyei Viktornak, a fotósoknak, Kádas Tibornak és Hámori Péternek, és adattárunk munkatársainak, Darázsy Beatrixnak, Füredi Magdának és Sternád Vilmosnak.

A táblák készítői: 1, 11–13. tábla: számítógépes grafika, kivágás, tisztítás, táblába szerkesztés és a karkötő rajza: Éber Magda. 2–10 és 14. tábla: számítógépes grafika, kivágás, tisztítás, táblába szerkesztés, a tárgyak azonos méretre szerkesztése: Szinyei Viktor

Szövegközi képek készítői: 1, 3–4, 6–7, 11–24. kép: számítógépes grafika, kivágás, tisztítás, táblába szerkesztés, a tárgyak azonos méretre szerkesztése: Szinyei Viktor. 5, 8–10. kép : a térképek tervezése, lelőhelyek kikeresése: Szinyei Viktor.

Köszönetet mondok az Archaeolingua Alapítvány és Kiadó vezetőjének, Jerem Erzsébetnek és a könyv gondozását végző Kovács Ritának, a borítót tervező Kaszta Móninak, továbbá a nyomda munkatársainak és az angol fordításért Seleanu Magdalénának.

Bibliográfia

ACSÁDI–NEMESKÉRI 1970

Acsádi György – Nemeskéri János: *History of human life span and mortality*. Akadémiai Kiadó. Budapest 1970.

AGRICOLA 1556

Agricola, Georgius: *De Re Metallica*. Libri XII. Basilae 1556. Magyar kiadása: *De re metallica, libri XII.* – Tizenkét könyv a bányászatról és kohászatról. (szerk. Molnár László) Kiadja az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület. Budapest 1985.

ALEKSZEJEV–DEBEC 1964

Alekszejev, Valerij P. – Debec, Grigorij F. *Kraniometria. Metodika antropologithseskih isledovanij*. Nauka. Moszkva 1964.

ALLEN 2006

Allen, Susan: *Miniature and model vessels in Ancient Egypt*. In: *The Old Kingdom Art and Archaeology. Proceedings of the conference held in Prague, May 31–June 4, 2004*. (Ed. by Bárta, Mirosláv). Publishing House of the Academy of Sciences of the Czech Republic. Prague 2006, 19–24.

ANTONOVIĆ–DIMIĆ 2017

Antonović, Dragomir – Dimić, Vidan: *Copper ore exploitation at the site of Prljuša on Mali Šturac*. In: *Archaeotechnological studies: raw material exploitation from prehistory to the Middle Ages*. (Ed. by Vitezović, Selena – Antonović, Dragomir). Serbian Archaeological Society. Beograd 2017, 117–142.

ARCA 2014

Arca, Andrea: *Bulgarian rock art: the Magura Cave paintings*. *TRACCE Online Rock Art Bulletin* 33. November 2014.

ARTIOLI *et al.* 2014

Artioli, Gilberto – Angelini, Ivana – Nimis, Paolo – Addis, Anna – Villa, Igor M.: *Prehistoric copper metallurgy in the Italian Eastern Alps: recent results*. *Historical Metallurgy* 47:1 (2013) 51–59 (megjelent: 2014).

ARTIOLI *et al.* 2016

Artioli, Gilberto – Angelini, Ivana – Nimis, Paolo – Villa, Igor M.: *A lead-isotope database of copper ores from the Southeastern Alps: A tool for the*

investigation of prehistoric copper metallurgy. *Journal of Archaeological Science* 75 (2016) 27–39.

AUFDERHEIDE–RODRIGUEZ-MARTÍN 1998

Aufderheide, Arthur C. – Rodriguez-Martín, Conrado: *The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*. Cambridge University Press. Cambridge 1998.

D’AVENNES 1879

d’Avennes, Prisse Émil: *Histoire de l’art égyptien d’après les monuments, depuis les temps les plus reculés jusqu’à la domination romaine: Atlas*. Vol. 2. Bertrand. Paris 1879.

BANNER 1956

Banner, János: *Die Pécelser Kultur*. Akadémiai Kiadó. Budapest 1956. (Archaeologia Hungarica 35)

BARTELHEIM *et al.* 2002

Bartelheim, Martin – Eckstein, Kerstin – Huijsmans, Melitta – Krauß, Raiko – Pernicka, Ernst: Kupferzeitliche Metallgewinnung in Brixlegg, Österreich. In: *Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt (The beginnings of metallurgy in the Old World)* (Ed. by Bartelheim, Martin – Pernicka, Ernst – Krauß, Raiko). Rahden/Westf. Leidorf 2002, 33–82. (Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft 1)

BARTELHEIM–KRAUß 2012

Bartelheim, Martin – Krauß, Raiko: Sense and non-sense of the term ‘Chalcolithic’. In: *Is there a British Chalcolithic? People, place and polity in the later 3rd millennium* (Ed. by Allen, J. Michael – Gardiner, Julie – Sheridan, Alison) Oxbow. Havertown 2012, 85–97. (Prehistoric Society Research Paper 4)

BASS *et al.* 1967

Bass, George F. – Throckmorton, Peter – Taylor, Joan Du Plat – Hennessy, John Basil – Shulman, Alan R. – Buchholz, Hans-Günter: Cape Gelidonya: A Bronze Age Shipwreck. *Transactions of the American Philosophical Society* 57:8 (1967) 1–177.

BEGEMANN *et al.* 1995

Begemann, Friedrich – Pernicka, Ernst – Schmitt-Strecker, Sigrid: Searching for the ore sources of eneolithic and EBA copper artefacts from Serbia. In: *Ancient Mining and Metallurgy in Southeastern Europe*. International symposium Donji Mihalovac, May 10–25, 1990. (Ed. by Petrović, Petar –

Đurdekonović, Sladana) Archaeological Institute, Belgrade and Museum of Mining and Metallurgy, Bor. Beograd–Bor 1995, 143–149.

BERNERT *et al.* 2007

Bernert Zsolt – Évinger Sándor – Hajdu Tamás: New data on the biological age estimation of children using bone measurements based on historical populations from the Carpathian Basin. *Annales historico-naturales Musei Nationalis Hungarici* 99 (2007) 199–206.

BOBOKHYAN *et al.* 2014

Bobokhyan, Arsen – Meliksetian, Khachatur – Gasparyan, Boris – Avetisyan, Pavel – Chataigner, Christine – Pernicka, Ernst: Transition to Extractive Metallurgy and Social Transformation in Armenia at the End of the Stone Age. In: *Stone Age of Armenia. A Guide-book to the Stone Age Archaeology in the Republic of Armenia*. (Ed. by Gasparyan, Boris – Arimura, Makoto). Kanazawa University. Kanazawa 2014, 283–314. (Monograph of the JSPS-Bilateral Joint Research Project)

BOCHER 2016

Boscher, Loïc C.: *Reconstructing the Arsenical Copper Production Process in Early Bronze Age Southwest Asia*. PhD Thesis, University College. London, 2016.

BOGNÁR-KUTZIÁN 1973

Bognár-Kutzián, Ida: The beginning and position of the Copper Age in the Carpatho-Pannonien Region. In: *Actes du VIII^e Congrès International des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques UISPP. Beograd 9–15 Septembre 1971*. Tome II. (Ed. by Garašanin, Milutin – Benac, Alojz – Tasić, Nikola). Beograd 1973, 300–316.

BOGNÁR-KUTZIÁN 1976

Bognár-Kutzián, Ida: On the Origins of Early Copper-Processing in Europe. In: *To Illustrate the Monuments: Essays on Archaeology Presented to Stuart Piggott* (Ed. by Megaw, J. Vincent S.) Thames and Hudson. London 1976, 69–76.

BÓNA 1986

Bóna István: Szabolcs-Szatmár megye régészeti emlékei. In: *Szabolcs-Szatmár megye műemlékei I.* (szerk.: Dercsényi Dezső). Akadémiai Kiadó. Budapest 1986, 15–91. (Magyarország Műemléki Topográfiája 10)

BÓNA 1987

Bóna István: Javarézkori aranyleleteinkről. – Über Goldfunde aus der Hochkupferzeit. *Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei* 18 (1986)[1987] 21–72.

BÓNA 1990

Bóna István: Pannonia, Dacia és ami közte van. Megjegyzések Makkay János vitacikkére. – Pannonien, Dazien und was dazwischen liegt. *A Tapolcai Városi Múzeum Közleményei* 1 (1990) 243–252.

BONDÁR 1987

Bondár Mária: Újabb adatok a későrézkori badeni kultúra temetkezéseihez. – Neuere Beiträge zu Bestattungen der Badener Kultur. *Zalai Múzeum* 1 (1987) 47–58.

BONDÁR 1996

Bondár Mária: Késő rézkor. In: *Évezredek üzenete a láp világából. Régészeti kutatások a Kis-Balaton területén 1979–1992.* (szerk.: Költő László – Vándor László) Kaposvár–Zalaegerszeg 1996, 34–41.

BONDÁR 2009a

Bondár, Mária: Catalogue. In: *The Copper Age Cemetery of Budakalász.* (Ed. by Bondár, Mária – Raczky, Pál). Pytheas. Budapest 2009, 31–196.

BONDÁR 2009b

Bondár, Mária: Grave goods. In: *The Copper Age Cemetery of Budakalász.* (Ed. by Bondár, Mária – Raczky, Pál). Pytheas. Budapest 2009, 245–300.

BONDÁR 2012

Bondár Mária: *Agyag kocsimodellek a Kárpát-medencéből (Kr. e. 3500–1500).* Archaeolingua. Budapest 2012.

BONDÁR 2015a

Bondár, Mária: The Vörs diadem: a unique relic of Late Copper Age metallurgy. Supposition, fact, new results. *Antaeus* 33 (2015) 99–120.

BONDÁR 2015b

Bondár Mária: Újabb adatok a vörsi késő rézkori diadémról. *Magyar Régészet Online Magazin*, 2015 nyár. http://files.archaeolingua.hu/2015NY/Bondar_H15NY.pdf

BONDÁR 2015c

Bondár, Mária: Recent Data on the Late Copper Age Diadem from Vörs. *Hungarian Archaeology E-Journal* 2015 Summer. http://files.archaeolingua.hu/2015NY/eng_Bondar_15S.pdf

BONDÁR 2015d

Bondár, Mária: *The Late Copper Age cemetery at Pilismarót-Basaharc. István Torma's excavations (1967, 1969–1972)*. Institute of Archaeology, Research Centre for the Humanities, Hungarian Academy of Sciences. Budapest 2015.

BONDÁR 2016

Bondár Mária: A késő rézkori fémművesség emlékei a Kis-Balaton területén és tágabb térségében. – The Late Copper Age relics of metalwork in the Little Balaton and surrounding. *A Kaposvári Rippl-Rónai Múzeum Közleményei* 4 (2016) 109–116.

BONDÁR 2018

Bondár, Mária: Prehistoric innovations: wheels and wheeled vehicles. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 69 (2018) 271–298.

BONDÁR–RACZKY 2009

The Copper Age Cemetery of Budakalász. (Ed. by Bondár, Mária – Raczky, Pál). Pytheas. Budapest 2009.

BOROFFKA 2009

Boroffka, Nikolaus: Simple Technology: Casting Moulds for Axe-adzes. In: *Metals and Societies. Studies in Honour of Barbara S. Ottaway*. (Ed. by Kienlin, Tobias – Roberts, Ben W.) Habelt. Bonn 2009, 246–257. (Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 169)

BOROFFKA–KURBANOV 2015

Boroffka, Nikolaus – Kurbanov, Aydogdy: New data on the Neolithic and Eneolithic of Central Asia: Dashly Depe (Turkmenistan). *Miras* 1 (2015) 38–55.

BOYADZHIEV 2014

Boyadzhiev, Kamen: *ВЪОРЪЖЕНИЕ ПРЕЗ ХАЛКОЛИТА В БЪЛГАРСКИТЕ ЗЕМИ – Weapons from the Chalcolithic Period in Bulgaria*. The National Archaeological Institute with Museum at the Bulgarian Academy of Sciences. Sofia 2014. (Dissertations 9)

BUGOI *et al.* 2013.

Bugoi, Roxana – Constantinescu, Bogdan – Popescu, Anca-Diana – Munnik, Frans: Archaeometallurgical Studies of Bronze Age Objects from the Romanian Cultural Heritage. *Romanian Reports in Physics* 65:4 (2013) 1234–1245.

CERNÝCH 1978

Cerných, Evgenij N.: Aibunar – a Balkan copper mine of the fourth millennium BC. *Proceedings of the Prehistoric Society* 44 (1978) 203–217.

CERNÝCH 1978a

Черных, Е. Н.: *Горное дело и металлургия в древнейшей Болгарии*. Болгарска академия наук. София 1978.

CIUGUDEAN 2000

Ciugudean, Horia: *Eneoliticul final în Transilvania și Banat: cultura Coțofeni*. Mirton. Timișoara 2000.

CIUGUDEAN 2012

Ciugudean, Horia: Ancient Gold Mining in Transylvania: the Roșia Montana – Bucium Area. *Caiete ARA – Arhitectură. Restaurare. Arheologie* 3 (2012) 219–232.

CHARLES 1980

Charles, James A.: The coming of copper and copper-based alloys and iron: a metallurgical sequence. In: *The coming of the age of iron* (Ed. by Wertime, Theodor A. – Muhly, James D.) Yale University Press. New Haven 1980, 151–182.

COLIN *et al.* 2014

Colin, Frédéric – Adam, Frédéric – Pranjić, Ivana: Harpocrate au chien et les cadavres de Qasr 'Allam. Perspectives sur le statut rituel des inhumations animales dans l'Égypte Ancienne. *Archimède. Archéologie et Histoire Ancienne*. Automne (2014) 32–63. (Dossier thématique: Archéologie du rituel 1)

CZAJLIK 2012

Czajlik Zoltán: Fémnyersanyagok őskori kohósításának nyomai a Kárpát-medencében – Traces of prehistoric smelting workshops in the Carpathian Basin. *Archeometriai Műhely* 9:2 (2012) 97–104.

CZAJLIK 2012a

Czajlik Zoltán: *A Kárpát-medence fémnyersanyag-forgalma a későbronzkorban és a vaskorban*. ELTE BTK. Budapest 2012. (Tálatum könyvek)

CSEDREKI–DANI 2011

Csedreki László – Dani János: A hencidai rézkori aranykincsen végzett pixe vizsgálatok tanulságai/Experiences of the pixe analyses performed on the copper age gold treasure of Hencida. *Archeometriai Műhely* 8:4 (2011) 285–291.

CSEDREKI *et al.* 2011

Csedreki László – Dani János – Kis-Varga Miklós – Daróczi Lajos – Sándorné Kovács Judit: A hencidai aranykincs interdiszciplinális vizsgálatai (új szempontok, új eredmények). – Der Schatz von Hencida. *A Debreceni Déri Múzeum Évkönyve* 2010 [2011] 35–52.

DANI 2013

Dani, János: The Significance of Metallurgy at the Beginning of the Third Millennium BC in the Carpathian Basin. In: *Transitions to the Bronze Age. Interregional Interaction and Socio-Cultural Change in the Third Millennium BC Carpathian Basin and Neighbouring Regions* (Ed. by Volker Heyd – Gabriella Kulcsár – Vajk Szeverényi). Archaeolingua. Budapest 2013, 203–231. (Archaeolingua Main Series 30)

DAVIES 1943

Davies, Norman de Garis: *The Tomb of Rekh-mi-Rē at Thebes*. Vols. 1–2. New York Metropolitan Museum of Art. New York 1943. (Egyptian Expedition 9)

DOLFINI 2014

Dolfini, Andrea: Early Metallurgy in the Central Mediterranean. In: *Archaeometallurgy in Global Perspective: Methods and Syntheses*. (Ed. by Roberts, Ben W. – Thornton, Christopher P.) Springer. New York 2014, 473–506.

DUMITRESCU 1974

Dumitrescu, Vladimir: *Arta Prehistorică în România*. Editura Meridiana. București 1974.

DURMAN 2006

Durman, Alexandar: Simbol boga i kralja/Symbol of god and king. In: *Simbol boga i kralja. Prvi europski vladari/ Symbol of god and king. The first european rulers*. Galerija Kovačevići dvori. Zagreb 2006, 11–86.

ECSEDY 1978

Ecsedy, István: Die Funde der spätkupferzeitlichen Boleráz-Gruppe von Lánycsók. *Janus Pannonius Múzeum Évkönyve* 22 (1977) [1978] 163–183.

ECSEDY 1978a

Ecsedy, István: Excavations at Lánycsók in 1976. (Preliminary Report). *Janus Pannonius Múzeum Évkönyve* 22 (1977) [1978] 119–135.

ECSEDY 1983

Ecsedy István: Ásatások Zók-Várhegyen (1977–82) (Előzetes jelentés) – Excavations at Zók-Várhegy (1977–82) (Preliminary report). *Janus Pannonius Múzeum Évkönyve* 27 (1982) [1983] 59–91.

ECSEDY 1990

Ecsedy, István: On the early development of prehistoric metallurgy in Southern Transdanubia. *Godišnjak* 26 (1990) 209–231.

ECSEDY 1990a

Ecsedy István: Egy baranyai domb régészeti világhíre: Zók-Várhegy. *Baranya. Történelmi és honismereti évfolyóirat*. 3. évf. 1990:2, 7–17.

ECSEDY 1994

Ecsedy, István: Copper Age Traditions and Bronze Age Innovation. In: *Treasures of the Hungarian Bronze Age. Catalogue to the Temporary Exhibition of the Hungarian National Museum*. September 20–December 31, 1994. (Ed. by Kovács, Tibor). Budapest 1994, 37–45.

ECSEDY 1995

Ecsedy István: Rézkori hagyományok és a bronzkori technika kezdetei. In: *A bronzkor kincsei Magyarországon. Időszakos kiállítás katalógusa*. Janus Pannonius Múzeum 1995. május 12–október 15. (szerk.: Maráz Borbála) Pécs 1995, 31–37.

ELIADE 2004

Eliade, Mircea: *Kovácsok és alkímisták*. Cartaphillus Kiadó. Budapest 2004.

ENDRÓDI 1988

Endrődi Anna: Badeni idoltöredék Káposztásmegyér-Farkaserdőről – Badener Idolfragment aus Káposztásmegyér-Farkaserdő. *Archaeologiai Értesítő* 114 (1987–1988) 80–85.

ENDRÓDI 1997

Endrődi Anna: A késő rézkori bádendi kultúra Budapest, Andor utcai telepényaga a kulturális kapcsolatok tükrében. – *Die Siedlungsmaterialien*

der spätkupferzeitlichen Badener Kultur aus der Andorstraße im Spiegel der Kulturellen Verbindungen. *Budapest Régiségei* 31 (1997) 121–175.

ENDRÓDI 2004

Endródi Anna: Hitvilág. In: *Hétköznepok és vallásos élet a rézkor végén. A Baden-kultúra 5000 éves emlékei Budapestén. – Everyday life and spirituality at the end of the Copper Age. 5000 year old remains of the Baden Culture in Budapest.* A Budapesti Történeti Múzeum időszaki kiállítása – Temporary exhibition at the Budapest Historical Museum 2004. december – 2005. március. Kiállítási katalógus (szerk.: Endródi Anna). Budapest 2004, 27–34.

ÉRY *et al.* 1963

Éry Kinga – Kralovánszky Alán – Nemeskéri János: Történeti népessegek rekonstrukciójának reprezentációja. *Anthropologiai Közlemények* 7 (1963) 41–90.

FAUL–FAUL 1983

Faul, Henry – Faul, Carol: *It Began with a Stone. A History of Geology from the Stone Age to the Age of Plate Tectonics.* John Wiley & Sons. New York 1983.

FEREMBACH *et al.* 1979

Ferembach, Denise – Schwidetzky, Ilse – Stloukal, Milan: Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett. *Homo* 30 (1979) 1–32.

FILIPOVIĆ 2015

Filipović, Dragana: Rudna Glava in the Foreground of Recent Overviews of the Beginnings of Copper Mining in Europe and of the Development of Archaeometallurgy. *Balkanica* 46 (2015) 341–437.

FODOR 1997

Fodor László: Nagyfüged-Ejzella. Az 1994. év régészeti kutatásai. *Régészeti Füzetek* Ser. I. 48 (1997) 103.

GHERDÁN 2010

Gherdán Katalin: Nano léptékben az archeometriában: új lehetőség Magyarországon a kulturális örökség tárgyainak vizsgálatában: FIB/SEM (fókuszált ionsugaras mikroszkóp/szkenning elektronmikroszkóp) kétsugaras készülék az ELTE-n. – Archaeometry on the nanoscale: New possibility in Hungary in the research of cultural heritage materials: FIB/SEM (Focused Ion Beam Microscope/Scanning Electron Microscope) dual beam instrument at Eötvös Loránd University. *Archeometriai Műhely* 7:2 (2010) 157–160.

GLESER 2017

Gleser, Ralf: Ein Technologiesprung – Frühes Metall. Wissen, Funktion und Symbol. In: *Archäologie in NRW 2010-2015* [Archäologische Landesausstellung Nordrhein-Westfalen] Forschungen – Funde – Methoden. *Begleitbuch zur Ausstellung „Revolution jungSteinzeit. Archäologische Landesausstellung Nordrhein-Westfalen“ im LVR-LandesMuseum Bonn vom 5. September 2015 - 3. April 2016.* (Hrsg. Otten, Thomas – Kunow, Jürgen – Riond, Michael M. – Trier, Marcus). LVR-Landesmuseum. Bonn 2015, 251–259. (Schriften zur Bodendenkmalpflege in Nordrhein-Westfalen 11)

GRESITS 2015

Gresits, Iván: Non-invasive raw material analysis of the Vörs diadem. In: BONDÁR 2015a, Appendix 121–122.

GRÜLL 2013

Grüll Tibor: A Római Birodalom ökológiai hatásai. *Magyar Tudomány* 9 (2013) 1026–1034.

GYÖNGYÖSI *et al.* 2017

Gyöngyösi Szilvia – Erdélyi Zoltán – Juhász Laura – Barkóczi Péter – Szabó Géza: A réz ötvözésének technológiaváltása Európában a HaD időszak pannon bográcainak archaeometallurgiai vizsgálatai alapján. *A Wosinsky Mór Megyei Múzeum Évkönyve* 39 (2017) 7–27.

GYÖRGY 2012

György László: Rézkori megtelepedés emlékei Kántorjánosi határában. In: *Ante viam stratam. A Magyar Nemzeti Múzeum megelőző feltárásai Kántorjánosi és Pócspetri határában az M3 autópálya nyírségi nyomvonalán.* (szerk.: Szabó Ádám – Masek Zsófia) Budapest 2012, 81–154.

GYÖRGY 2014

György László: Észak-Magyarország a késő rézkorban. A Baden kultúra leletei Borsod-Abaúj-Zemplén megyében. Phd disszertáció. ELTE BTK. Budapest 2014.

HANSEN 2013

Hansen, Svend: Innovative Metals: Copper, Gold and Silver in the Black Sea Region and the Carpathian Basin During the 5th and 4th Millennium BC. In: *Metal Matters. Innovative Technologies and Social Change in Prehistory and Antiquity.* (Ed. by Burmeister, Stefan – Hansen, Svend – Kunst, Michael – Müller-Scheeßel, Nils) Rahden/Westf. Leidorf 2013, 137–167. (Menschen – Kulturen – Traditionen. Forschungs Cluster 2, 12)

HANSEN 2014

Hansen, Svend: Gold and Silver in the Maikop Culture. In: *Metalle der Macht – Frühes Gold und Silber / Metals of power – Early gold and silver*. 6. Mitteldeutscher Archäologentag vom 17. bis 19. Oktober 2013 in Halle (Saale) / 6th Archaeological Conference of Central Germany October 17–19, 2013 in Halle (Saale). (Hrsg. Meller, Harald – Risch, Roberto – Pernicka, Ernst). Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Landesmuseum für Vorgeschichte. Halle (Saale) 2014, 389–410. (Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle Band 11/2)

HANSEN 2015

Hansen, Svend: Aspects of Bronze Age Art. In: ИСКУССТВО БРОНЗОВОГО ВЕКА / *The Bronze Age Art / Kunst der Bronzezeit*. Materialien des Internationalen Symposiums April 15–19, 2013 Stralsund, Germany. Ministry of Education and Science of the Russian Federation Novosibirsk National Research State University / Siberian Branch of Russian Academy of Sciences Institute of Archaeology and Ethnography / German Archaeological Institute Eurasian Department (Hrsg. Hansen, Svend – Molodin, Vjacheslav I.) Novosibirsk – Berlin 2015, 141–158.

HAUSER–DE STEFANO 1989

Hauser, Gertrud – De Stefano, Gian Franco: *Epigenetic Variants of the Human Skull*. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart 1989.

HAVANCSÁK *et al.* 2013

Havancsák Károly – Baris Adrienn – Kalácska Szilvia: Az ELTE TTK kétsugaras pásztázó elektronmikroszkópja – Dual beam scanning electronmicroscope at Eötvös Loránd University. *Archeometriai Műhely* 10:2 (2013) 95–102.

HEEB 2009

Heeb, Julia: Thinking Through Technology – An Experimental Approach to the Copper Axes from Southeastern Europe. In: *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway* (Ed. by Kienlin, Tobias – Roberts, Ben W.) Habelt. Bonn 2009, 145–420. (Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 169)

HEEB 2011

Heeb, Julia: *Copper shaft-hole axes and early metallurgy in south-eastern Europe – an integrated approach*. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Archaeology. University of Exeter 2011.

HEGEDŰS 1985

Hegedűs Zoltán: A rézkohászat fejlődése a Kárpát-medence korai és középső rézkorában. Kézirat 31 oldal az MTA BTK Régészeti Intézet Adattárában (K 636/85).

HELLEBRANDT 1973

Hellebrandt Magdolna: Az ózdi régészeti gyűjtemény. *A Herman Ottó Múzeum Közleményei* 12 (1973) 37–51.

HÉSZIODOSZ [1955]

Hésziodosz: *Munkák és napok*. (ford.: Trencsényi-Wladapfel Imre. Budapest 1955)

HONTI 1981

Honti Szilvia: Rézkori temetkezés Balatonbogláron. – Ein Grab aus der Kupferzeit von Balatonboglár. *Somogy Megyei Múzeumok Közleményei* 4 (1981) 25–38.

HORVÁTH 2011

Horváth László András: Nagy Tibor kutatásai az őskorban. *Budapest Régiségei* 44 (2011) 15–16.

HORVÁTH 2012

Horváth Tünde (szerk.): *Balatonőszöd-Temetői dűlő őskori településrészei. A középső rézkori, késő rézkori és a kora bronzkori települések*. MTA BTK RI, Budapest [http:// real.mtak.hu/2959/](http://real.mtak.hu/2959/) ISBN 978-615-5254-00-0

HORVÁTH 2014

Horváth, Tünde: *The Prehistoric Settlement at Balatonőszöd-Temetői dűlő. The Middle Copper Age, Late Copper Age and Early Bronze Age Occupation*. Budapest 2014. (Varia Archaeologica Hungarica 29)

HÖPPNER *et al.* 2005

Höppner, Bernd – Bartelheim, Martin – Huijsmans, Melitta – Krauß, Raiko – Martinek, Klaus Peter – Pernicka, Ernst – Schwab, Roland: Prehistoric Copper Production in the Inn Valley (Austria), and the earliest Copper in Central Europe. *Archaeometry* 47:2 (2005) 293–315.

ISHTSEREN 2015

Ishtseren, Lochin: Xiongnu iron production sites in Mongolia In: *Ancient Metallurgy of the Sayan-Altai and East Asia*. Vol. 1 (Ed. by Murakami, Ya – Esin, Yu). Ehime University Press. Abakan–Ehime 2015, 107–116.

IVANOVA 2008

Ivanova, Marija: *Befestigte Siedlungen auf dem Balkan, in der Ägäis und Westanatolien, ca. 5000–2000 v. Chr.* Waxmann. Münster–New York 2008. (Tübinger Schriften zur Ur- und Frühgeschichtlichen Archäologie 8)

JONES 2007

Jones, Michael Rice: *Oxhide Ingots, Copper Production, and the Mediterranean Trade in Copper and other Metals in the Bronze Age.* MA Thesis. Texas A&M University. 2007.

JOVANOVIĆ 1978

Jovanović, Borislav: The Oldest Copper Metallurgy in the Balkans. *Expedition Magazine* 21.1 (September 1978) 9–17. *Expedition*. September 1978. University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology <http://www.penn.museum/sites/expedition/?p=4383>

JOVANOVIĆ 1985

Jovanović, Borislav: *Rudna Glava: najstarije rudarstvo bakra na Centralnom Balkanu – Les plus anciennes mines de cuivre au centre des Balkans* (autor teksta/auteur de l'exposition Borislav Jovanović) Muzej rudarstva i metalurgije. Bor 1985.

JUNGHANS *et al.* 1960

Junghans, Siegfried – Sangmeister, Eduard – Schröder, Manfred: *Metallanalysen kupferzeitlicher und frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europa.* Gebr. Mann. Berlin 1960. (Studien zu den Anfängen der Metallurgie 1)

JUNGHANS *et al.* 1968

Junghans, Siegfried – Sangmeister, Eduard – Schröder, Manfred: *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Tafeln, Tabellen, Diagramme, Karten.* Gebr. Mann. Berlin 1968. (Studien zu den Anfängen Metallurgie 2.1–2.3)

JUNGHANS *et al.* 1974

Junghans, Siegfried – Sangmeister, Eduard – Schröder, Manfred: *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Katalog der Analysen Nr. 10041–22000 (mit Nachuntersuchungen der Analysen Nr. 1–10040).* Gebr. Mann. Berlin 1968. (Studien zu den Anfängen der Metallurgie 2.4)

KÁLI *et al.* 2014

Káli, György – Bajnok, Katalin – Bondár, Mária – Horváth, Eszter – Kiss, Viktória – Siklósi, Zsuzsanna – Szilágyi, Márton: Non-destructive and Non-invasive Archaeometallurgical Investigation on Copper Age Artefacts

from the Carpathian Basin. In: *Synchrotron radiation and neutrons in art and archaeology (SR2A–2014)*. Musée du Louvre, Paris, 9–12 Sept 2014. (poszter)

KALICZ 1963

Kalicz, Nándor: *Die Pécelser (Badener) Kultur und Anatolien*. Akadémiai Kiadó. Budapest 1963. (Studia Archaeologica 2)

KALICZ 1982

Kalicz Nándor: A Balaton-Lasinja kultúra történeti kérdései és fémleletei – The historical Problems of the Balaton-Lasinja culture and its Metal Finds. *Archaeologiai Értesítő* 109 (1982) 3–17.

KALICZ 1988–1989

Kalicz Nándor: Kultúraváltozások a korai és középső rézkorban a Kárpát-medencében – Culture changes in the Carpathian Basin during the Late Neolithic and Copper Age. *Archaeologiai Értesítő* 111 (1988–1989) 3–15.

KALICZ 1991

Kalicz, Nándor: Beiträge zur Kenntnis der Kupferzeit im ungarischen Transdanubien. In: *Die Kupferzeit als historische Epoche. Symposium Saarbrücken und Otzenhausen 6.–13.11.1988*. (Hrg. Lichardus, Jan). Habelt. Bonn 1991, 347–387. (Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde 55)

KALICZ 1992

Kalicz Nándor: A legkorábbi fémleletek Délkelet-Európában és a Kárpát-medencében az i. e. 6–5. évezredben – The oldest Metal Finds in Southeastern Europe and the Carpathian Basin from the 6th to the 5th Millennia BC. *Archaeologiai Értesítő* 119 (1992) 3–14.

KALICZ 1999

Kalicz Nándor: A késő rézkori Bäden kultúra temetője Mezőcsát-Hörsögösön és Tiszavasvári-Gyepároson. – Das Gräberfeld der spätbadener Kultur in Mezőcsát-Hörsögös und in Tiszavasvári-Gyepáros. *A Herman Ottó Múzeum Évkönyve* 37 (1999) 57–101.

KASHANI *et al.* 2013

Kashani, Poorya – Sodaei, Bita – Zoshk, Rouhollah Yousefi – Hamivand, Mehdi: Arsenical Copper Production in the Late-Chalcolithic Period, Central Plateau, Iran. Case Study: Copper Based Artefacts in Meymanatabad. *IANSA. Interdisciplinaria Archaeologica. Natural Sciences in Archaeology* 4 (2013):2, 207–210.

KASZTOVSZKY 2011

Kasztovszky Zsolt: A Budapesti Neutronközpont szerepe az európai kulturális örökség kutatásában – CHARISMA. *Magyar Tudomány* 2011:10, 1238–1246.

KEMENCZEI 1966

Kemenczei Tibor: A péceli kultúra ember alakú urnalelete Centeren. *A Herman Ottó Múzeum Közleményei* 6 (1966) 10–13.

KERTÉSZ 2000

Kertész Zsófia: *Városi és barlangi aeroszolok vizsgálata PIXE és mikro-PIXE módszerrel*. PhD disszertáció. Debreceni Egyetem TTK. Debrecen 2000.

KILLICK 2014

Killick, David J.: From ores to metals. In: *Archaeometallurgy in Global Perspective: Methods and Syntheses*. (Ed. by Roberts, Ben W. – Thornton, Christopher P.) Springer. New York. 2014, 11–45.

KISS 2009

Kiss Viktória: A fém nyersanyag-felhasználás kérdései a Dunántúl kora és középső bronzkorában – Questions of the use of metal as raw material in the Early and Middle Bronze Age of Transdanubia. In: *ΜΩΜΟΣ VI. Őskoros Kutatók VI. Összejövetele. Nyersanyagok és kereskedelem* (szerk.: Ilon Gábor) Szombathely 2009, 197–212.

KISS 2012

Kiss Viktória: Arany, réz és bronztárgyak kutatása a középső bronzkorig – Az archeometallurgia aktuális kérdései. – The study of gold, copper and bronze artefacts until the Middle Bronze Age – Current questions of archaeometallurgy. *Archeometriai Műhely* 9:2 (2012) 61–73.

KISS 2014

Kiss Viktória: Régészeti fémtárgyak kutatásának újabb eredményei és kérdései Magyarországon – Recent results and questions of metal finds from archaeological context in Hungary. *Archeometriai Műhely* 11:3 (2014) 169–176.

KISS *et al.* 2014

Kiss Viktória – P. Fischl Klára – Kasztovszky Zsolt – Káli György – Kis Zoltán – Maróti Boglárka – Horváth Eszter – Szabó Géza: Bronzkori fémtárgyak roncsolásmentes neutronanalitikai vizsgálatának eredményei. *Gesta* 13 (2014) 19–32.

KISS *et al.* 2015

Kiss, Viktória – P. Fischl, Klára – Horváth, Eszter – Káli, György – Kasztovszky, Zsolt – Kis, Zoltán – Maróti, Boglárka – Szabó, Géza: Non-destructive analyses of bronze artefacts from Bronze Age Hungary using neutron-based methods. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry – Royal Society of Chemistry* 30 (2015) 865–693.

KLOCHKO 1994

Klochko, Viktor I.: The metallurgy of pastoral societies in the light of copper and bronze processing in the Northern Pontic Steppe – Forest Steppe Zone: 4500–2350 BC. In: *Nomadism and Pastoralism in the circle of Baltic-Pontic early agrarian cultures 5000–1650 BC*. (Ed. by Kosko, Aleksander) Poznań Institute of Prehistory. Poznań 1994, 135–166. (Baltic-Pontic Studies 2)

KLOCHKO *et al.* 2000

Klochko, Viktor I. – Manichev, Vyacheslav I. – Kvasnitsa, Viktor N. – Kozak, Sergey A. – Demchenko, Larisa V. – Sokhatskiy, Mikhail P.: Issues concerning Tripolye Metallurgy and the virgin copper of Volhynia. In: *The western border area of the Tripolye Culture*. (Ed. by Kosko, Aleksander) Poznań Adam Mickiewicz University Institute of Eastern Studies, Institute of Prehistory. Poznań (1999) [2000] 168–186. (Baltic-Pontic Studies 9)

KLOCHKO–KOZIMENKO 2017

Klochko, Viktor I. – Kozimenko, Anatolij V.: *Drevnij Metall Ukrajni*. Kiev 2017.

KOREK 1951

Korek József: A badeni kultúra temetője Alsónémedin. *A Magyar Tudományos Akadémia II. Osztályának Közleményei* 1 (1951) 41–63.

KOREK 1968

Korek, József: Eine Siedlung der spätbadener Kultur in Salgótarján-Pécskö. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 20 (1968) 37–58.

KOREK 1984

Korek József: Ásatások Szigetcsép-Tangazdaság lelőhelyen I. A későbronzkori település. – Ausgrabungen auf dem Fundort Szigetcsép-Tangazdaság I. Funde der spätkupferzeitlichen Siedlung. *Communicationes Archaeologiae Hungaricae* 1984, 5–30.

KORKUTI 2008

Korkuti, Muzafer: *Arti shkëmbor në shqipëri – Rock art in Albania*. Institute of Archaeology. Tirana 2008.

KOWALSKI *et al.* 2016

Kowalski, Łukasz – Krzyszowski, Andrzej – Adamczak, Kamil – Garbacz-Klempka, Aldona: Wyniki badań archeometalurgicznych tzw. siekiery z dawnej miejscowości Antoniny, pow. chodzieski – The results of archaeometallurgical study performed on a so-called axe from the former village of Antoniny, Chodzież district. *Fontes Archaeologici Posnanienses* 52 (2016) 175–205.

KŐSZEGI 1957

Kőszegi Frigyes: Keleti típusú bronzkori balták a Magyar Nemzeti Múzeumban – Bronze Age Axes of Oriental Type. *Folia Archaeologica* 9 (1957) 47–62.

KRAJNOVIĆ–JANKOVIĆ 1995

Krajnović, Darko – Janković, Slobodan: Copper mineralization as potential raw material source of ancient copper metallurgy in Serbia. In: *Ancient Mining and Metallurgy in Southeastern Europe*. International symposium Donji Mihalovac, May 10–25, 1990. (Ed. by Petrović, Petar – Đurđekonović, Slađana) Archaeological Institute, Belgrade and Museum of Mining and Metallurgy, Bor. Beograd–Bor 1995, 21–27.

KRAJNOVIĆ *et al.* 1995

Krajnović, Darko – Janković, Slobodan – Jovanović, Borislav – Lorenz, Irmtrud B. – Pavićević, Miograd K. – Wagner, Günther A.: Early copper production in Serbia: potential ore sources and archaeometallurgical studies on slags. In: *Ancient Mining and Metallurgy in Southeastern Europe*. International symposium Donji Mihalovac, May 10–25, 1990. (Ed. by Petrović, Petar – Đurđekonović, Slađana) Archaeological Institute, Belgrade and Museum of Mining and Metallurgy, Bor. Beograd–Bor 1995, 59–67.

KRÁLÍK – NEJMAN 2007

Králík, Miroslav – Nejman, Ladislav: Fingerprints on artifacts and historical items: Examples and comments. *Journal of Ancient Fingerprints* 1 (2007) 4–15.

KRAUSE 2003

Krause, Rüdiger: *Studien zur kupfer- und frühbronzezeitlichen Metallurgie zwischen Karpatenbecken und Ostsee*. Rahden/Westf. Leidorf 2003. (Vorgeschichtliche Forschungen 24)

KRAUSE 2009

Krause, Rüdiger: Bronze Age Copper Production in the Alps: Organisation and Social Hierarchies in Mining Communities. In: *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway* (Ed. by Kienlin, Tobias – Roberts, Ben W.) Habelt. Bonn 2009, 47–66. (Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 169)

KULAKOĞLU–KANGAL EDS. 2010

Anadolu'nun Önsözü, Kültepe-Kaniş Karumu Asurlular İstambul'da. Bu katalog, Aya Sofya, Aya Irini Müzesi'nde 29 Aralık 2010 – 28 Mart 2011. (Ed. by Kulakoğlu, Fikri – Kangal, Selmin) İstanbul 2010. (Kayseri Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları 78)

KUNA 1981

Kuna, Martin: Zur neolithischen und äneolithischen Kupferverarbeitung im Gebiet Jugoslawien. *Godišnjak*. Kniga 19 (1981) 13–81. (Centar za Balkanoška ispitivanja Knjiga 17)

LAZAROVICI *et al.* 2015

Lazarovici, George – Lazarovici, Cornelia-Magda – Constantinescu, Bogdan: New Data and Analyses on Gold Metallurgy during the Romanian Copper Age. In: *Neolithic and Copper Age between the Carpathians and the Aegean Sea. Chronologies and Technologies from the 6th to the 4th Millennium BCE*. International Workshop Budapest 2012. (Ed. by Hansen, Svend – Raczky, Pál – Anders, Alexandra – Reingruber, Agatha). Habelt. Bonn 2015, 325–352.

LEUSCH *et al.* 2014

Leusch, Verena – Pernicka, Ernst – Armbruster, Barbara: Chalcolithic Gold from Varna – Provenance, circulation, processing, and function. In: *Metalle der Macht – Frühes Gold und Silber – Metals of power – Early gold and silver*. 6. Mitteldeutscher Archäologentag vom 17. bis 19. Oktober 2013 in Halle (Saale). 6th Archaeological Conference of Central Germany Oktober 17–19, 2013 in Halle (Saale). (Hrsg. Meller, Harald – Rich, Roberto – Pernicka, Ernst). Landesmuseum für Vorgeschichte. Halle (Saale) 2014, 165–182. (Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle 11/2)

LEUSCH *et al.* 2015

Leusch, Verena – Armbruster, Barbara – Pernicka, Ernst – Slavčev, Vladimir: On the Invention of Gold Metallurgy: The Gold Objects from the Varna I Cemetery (Bulgaria) — Technological Consequence and Inventive Creativity. *Cambridge Archaeological Journal*—e 25 (01 /February, 2015) 353–376.

LIBBY 1952

Libby, Willard F.: *Radiocarbon Dating*. University of Chicago Press. Chicago 1952.

LIGNER 2012

Ligner Jácint: Szebény határa. *Régészeti kutatások Magyarországon 2010*. (szerk.: Kisfaludi Júlia) Budapest 2012, 353.

LING *et al.* 2014

Ling, Johan – Stos-Gale, Zofia – Grandin, Lena – Billström Kjell – Hjärthner-Holder, Eva – Persson, Per Olof: Moving metals II: provenancing Scandinavian Bronze Age artefacts by lead isotope and elemental analyses. *Journal of Archaeological Science* 41 (2014) 106–132.

LING–UHNÉR 2014

Ling, Johan – Uhnér, Claes: Rock Art and Metal Trade. *Adoranten*. Scandinavian Society for Prehistoric Art (2014) 23–43.

LOZUK 1995

Lozuk, Josip: A problem of the Baden Group Metallurgy at the site of Saloš-Donja Vrba near Slavonski Brod. In: *Ancient Mining and Metallurgy in Southeastern Europe*. International symposium Donji Mihalovac, May 10–25, 1990. (Ed. by Petrović, Petar – Đurđekonović, Slađana) Archaeological Institute, Belgrade and Museum of Mining and Metallurgy, Bor. Beograd–Bor 1995, 55–58.

MARTIN–SALLER 1957

Martin, Rudolf – Saller, Karl: *Lehrbuch der Anthropologie I–II*. Fischer Verlag. Stuttgart 1957.

MASSA *et al.* 2016

Massa, Michele – Fidan, Erkan – Mcilpatrick, Orlene: Çiledir Höyük, Seyitömer Höyük ve Ağızören Müze Kurtarma Kazılarında Bulunan Metal Eserlerin XRF Yöntemiyle Kimyasal Analizleri /PxrF Chemical Composition Analysis of the Bronze Age Metal Artefacts from the Museum Rescue Excavation of Çiledir Höyük, Seyitömer Höyük and Ağızören. *Kütaya Müzesi 2016 Yıllığı / 2016 Annual of Kütahya Museum* 4 (2017) 299–321.

MATUSCHIK 1998

Matuschik, Irenäus: Kupferfunde und Metallurgie-Belege, zugleich, ein Beitrag zur Geschichte der kupferzeitlichen Dolche Mittel, Ost- und Südosteuropas. In: *Das Moordorf von Reute. Archäologische Untersuchungen in der jungneolithischen Siedlung Reute-Schorrenried (Steinzeit in Ober-*

schwaben). (Hrsg. Mainberger, Martin). Teraqua CAP. Stuttgart 1998, 207–261.

MAURER 2013

Maurer, Jakob: Lebensalltag zur Zeit von Ötzi. Das Mostviertel im 4. Jahrtausend v. Chr. In: *Mosaiksteine. Spurensuche in der Mostviertler Geschichte*. (Hrsg. VEMOG – Verein zur Erforschung der Heimatkunde des westlichen Mostviertels) Randloss. Amstetten 2013, 70–83.

MAURER 2014

Maurer, Jakob: Die Mondsee-Gruppe: Gibt es Neuigkeiten? Ein allgemeiner Überblick zum Stand der Forschung. In: *Vorträge des 32. Niederbayerischen Archäologentages*. (Hrsg. Husty, Ludwig – Schmotz, Karl) Rahden/Westf. Leidorf 2014, 145–190.

MAY 2012

May Zoltán: A homoki-dűlői két rézkori tőr anyagösszetétel-vizsgálata. In: GYÖRGY 2012, 155–158, fűggelék.

MELIKSETYAN–PERNICKA 2010

Meliksetyan, Chačatur – Pernicka, Ernst: Geochemical characterisation of Armenian Early Bronze Age metal artefacts and their relation to copper ores. In: *Von Maikop bis Trialeti. Gewinnung und Verbreitung von Metallen und Obsidian in Kaukasien im 4.–2. Jt. v. Chr.* Beiträge des Internationalen Symposiums in Berlin vom 1.–3. Juni 2006. (Hrsg. Hansen, Svend – Hauptmann, Andreas – Motzenbäcker, Ingo – Pernicka, Ernst) Habelt. Bonn 2010, 41–58. (Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte 13)

MERKL *et al.* 2013

Merkl, Matthias – Steiniger, Daniel – Strahm, Christian: Les Alpes à l'aube de la métallurgie. In: *Les hommes préhistoriques et les Alpes*. (sous la direction de Maria A. Borrello) Document du Departement de géographie et environnement de l'Université de Genève 2011. Archaeopress. Oxford 2013, 175–194. (British Archaeological Reports International Series 2476).

MERTINGER–BENKE 2015

Mertinger Valéria – Benke Márton: Fémleletek röntgendiffrakciós vizsgálatainak speciális lehetőségei – Special X-ray diffraction methods for metallic artifacts. *Archeometriai Műhely* 12:1 (2015) 15–24.

MODARRESSI-TEHRANI *et al.* 2016

Modarressi-Tehrani, Diana – Garner, Jennifer – Kvietok, Martin: Copper Production in the Slovak Ore Mountains – New Approaches. In: *From Bright*

Ores to Shiny Metals. Festschrift for Andreas Hauptmann on the Occasion of 40 Years Research in Archaeometallurgy and Archaeometry. (Ed. by Körlin, Gabriele – Prange, Michael – Stöllner, Thomas – Yalçın, Ünsal). Bergbau Museum. Bochum 2016, 109–123.

MOLNÁR 2008

Molnár Ferenc: Ércsek, salakok, fémek. *A Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat* 74 (2008) 91–111.

MOLNÁR–SÍPOS 2005

Molnár István – Sípos Carmen: Balatonlelle-Rádpusztza, Romtemplom mellett (Somogy m.) In: *Régészeti kutatások Magyarországon 2005.* (szerk.: Kisfaludi Júlia) Budapest 2006, 180–181.

MOLNÁR–SÍPOS 2006

Molnár István – Sípos Carmen: Balatonlelle-Rádpusztza, Romtemplom mellett (67/5 lelőhely). In: Honti Szilvia – Fábián Szilvia – Gallina Zsolt – Hajdú Ádám Dávid – Hornok Péter – Koós István – Mersdorf Zsuzsa – Molnár István – Németh Péter Gergely – Polgár Péter – P. Szeőke Judit – Serlegi Gábor – Siklósi Zsuzsanna – Sipos Carmen – Somogyi Krisztina: Régészeti kutatások az M7-es autópálya Somogy megyei szakaszán és a 67-es úton (2004–2005) Előzetes jelentés IV – Archaeological research on the Somogy county section of the M7 highway and on Route No. 67. Preliminary Report IV. *Somogyi Múzeumok Közleményei* 17 (2006) 51–52.

MOZGAI *et al.* 2016

Mozgai Viktória – Fórizs István – Bajnóczi Bernadett: Régészeti és történeti fémtárgyak nyersanyaga származási helyének meghatározása izotóp-geokémiai módszerrel: ólom-, ezüst- és rézizotópok együttes használata – Provenance determination of archaeological and historical metal objects with isotope geochemical method: combined use of lead, silver and copper isotopes. *Archeometriai Műhely* 13:4 (2016) 273–290.

MOZGAI *et al.* 2019

Mozgai, Viktória – Bajnóczi, Bernadett – Mráv, Zsolt – Kovacsóczy, Bernadett – Tóth, Mária: Application of a laboratory micro-X-ray diffractometer (RIGAKU DMAX RAPID II) in the archaeometric analysis of archaeological artefacts – case studies of metal objects – Laboratóriumi mikroröntgendiffraktométer (RIGAKU DMAX RAPID II) alkalmazása régészeti leletek archeometriai vizsgálatában fémtárgyak példáján. *Archeometriai Műhely* 16:1 (2019) 9–42.

MOZSOLICS 1976

Mozsolics Amália: Hephaistos sántasága. *Communicationes de Historia Artis Medicinae* 78-79 (1976) 139–148.

MRT 1

Bakay Kornél – Kalicz Nándor – Sági Károly: *Veszprém megye régészeti topográfiája. A keszthelyi és tapolcai járás*. Akadémiai Kiadó. Budapest 1966. (Magyarország Régészeti Topográfiája 1)

MUHLY 1980

Muhly, James D.: The Bronze Age setting. In: *The coming of the age of iron* (Ed. by Wertime, Theodore – Muhly, James D.) Yale University Press. New Haven 1980, 25–67.

MÜLLER 2013

Müller, Johannes: Missed Innovation: the Earliest Copper Daggers in Northern Central Europe and Southern Scandinavia. In: *Counterpoint: Essays in Archaeology and Heritage. Studies in Honour of Professor Kristian Kristiansen* (Ed. by Bergerbrant, Sophie – Sabatini, Serena). Archaeopress. Oxford 2013, 443–448. (British Archaeological Reports International Series 2508)

NAGY 2010

Nagy, Borbála: Gräberfeld der Badener Kultur in Balatonlelle-Felső-Gamász. *Antaeus* 31–32 (2010) 375–498.

NÉMETH–SIKLÓSI 2004

Németh Péter Gergely – Siklósi Zsuzsanna: Tikos-Nyárfás dűlő (M7/S-43 lelőhely). In: Honti Szilvia – Belényesy Károly – Fábián Szilvia – Gallina Zsolt – Hajdú Ádám Dávid – Hansel Balázs – Horváth Tünde – Kiss Viktória – Koós István – Marton Tibor – Németh Péter Gergely – Oross Krisztián – Osztás Anett – Polgár Péter – P. Szeőke Judit – Serlegi Gábor – Siklósi Zsuzsanna – Sófalvi András – Virágos Gábor: A tervezett M7-es autópálya Somogy megyei szakaszának megelőző régészeti feltárása (2002–2003) Előzetes jelentés III – Preliminary Report III. The preceding archaeological excavations (2002–2003) of the M7 highway in Somogy County. *Somogyi Múzeumok Közleményei* 16 (2004) 3–70.

NESSEL 2014

Nessel, Bianka: Werkzeuge zur Produktion von Metallobjekten und weitere Geräte aus der Trojanischen Sammlung in Berlin. In: *Heinrich Schliemanns Sammlung. Trojanischer Altertümer*. Neuvorlage Bd. 2. Untersuchungen zu

den Schatzfunden, den Silber- und Bronzeartefakten, der Gusstechnik, den Gefäßmarken und den Bleigewichten. (Hrsg. Wemhoff, Mathias – Hertel, Dieter – Hänsel, Alix). Staatliche Museen zu Berlin. Berlin 2014, 205–257. (Berliner Beiträge zur Vor- und Frühgeschichte. Neue Folge 18)

NIGRO 2014

Nigro, Lorenzo: The Copper Route and the Egyptian Connection in 3rd Millennium BC. Jordan seen from the Caravan City of Khirbet al-Batrawy. *Vicino Oriente* 18 (2014) 39–64.

NOVOTNÁ 1976

Novotná, Mária: Beginn der Metallverwendung und -verarbeitung im östlichen Mitteleuropa. In: *Le début de la métallurgie. Actes du IX^e Congrès International des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques UISPP.* (sous la direction Müller-Karpe, Hermann). Colloque XXIII. Nice 1976, 118–133.

OAKBERG *et al.* 2000

Oakberg, Kimberly – Levy, Thomas – Smith, Patricia: A Method for Skeletal Arsenic Analysis, Applied to the Chalcolithic Copper Smelting Site of Shiqmim, Israel. *Journal of Archaeological Science* 27 (2000) 895–901.

ORTNER 2003

Ortner, Donald J.: *Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains.* Academic Press, 2nd edition. Amsterdam 2003.

OTTAWAY–ROBERTS 2008

Ottaway, Barbara S. – Roberts, Ben W.: The Emergence of Metalworking. In: *Prehistoric Europe: Theory and Practice* (Ed. by Jones, Andrew). Wiley–Blackwell. Hoboken (New Jersey) 2008, 193–225.

PATAY 1974

Patay, Pál: Die hochkupferzeitliche Bodrogkesztúr-Kultur. *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission* 55 (1974) 1–71.

PEARCE 2016

Pearce, Mark: Archaeology and archaeometallurgy: some unresolved areas in the interpretation of analytical data. *STAR: Science and Technology of Archaeological Research* 2016:2:1, 46–53. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/20548923.2016.1160593>

PEKÁRY 1954

Pekáry Tamás: Vörs. *Archaeologiai Értesítő* 81 (1954) 72.

PERNICKA 2013

Pernicka, Ernst: Analyses of Early Bronze Age metal objects from the Museum Debrecen, Hungary. *Gesta* 12 (2013) 48–55.

PERNICKA 2014

Pernicka, Ernst: Provenance Determination of Archaeological Metal Objects. In: *Archaeometallurgy in Global Perspective: Methods and Syntheses*. (Ed. by Roberts, Ben W. – Thornton, Christopher P.) Springer. New York 2014, 239–268.

PERNICKA–ANTHONY 2010

Pernicka, Ernst – Anthony, David W.: The Invention of Copper Metallurgy and the Copper Age of Old Europe. In: *The Lost World of Old Europe. The Danube Valley, 5000–3500 BC* (Ed. by Anthony, David W. – Chi, Jennifer Y.) The Institute for the Study of the Ancient World. New York 2010, 162–177.

PERNICKA–LUTZ–STÖLLNER 2016

Pernicka, Ernst – Lutz, Joachim – Stöllner, Thomas: Bronze Age Copper Produced at Mitterberg, Austria, and its Distribution. *Archaeologia Austriaca* 100 (2016) 19–55.

PERNICKA *et al.* 1993

Pernicka, Ernst – Begemann, Friedrich – Schmitt-Stecker, Sigrid – Wagner, Günther Adolf: Eneolithic and Early Bronze Age copper artefacts from the Balkans and their relation to Serbian Copper ore. *Prähistorische Zeitschrift* 68 (1993) 1–54.

PERUCCHETTI *et al.* 2015

Perucchetti, Laura – Bray, Peter – Dolfini, Andrea – Pollard, A. Mark: Physical barriers, cultural connections: Prehistoric metallurgy across the Alpine region. *European Journal of Archaeology* 18:4 (2015) 599–632.

PEŠKA *et al.* 2006

Peška, Jaroslav – Králík, Miroslav – Selucká, Alena: Rezidua a otisky organických látek v korozních produktech mědi a jejích slitin. Pilotní studie. Industrie starší doby bronzové (Organic Matter Residuals and Imprints in Products of Copper and Copper Alloy Corrosion. A Preliminary Study. Early Bronze Age Industry). *Památky Archeologické* 97 (2006) 5–46.

PIGGOTT 1965

Piggott, Stuart: *Ancient Europe from the beginnings of agriculture to classical antiquity: a survey*. University Press. Edinburgh 1965.

PIKE–RICHARDS 2002

Pike, Alistair W. G. – Richards, Michael, P.: Diagenetic Arsenic Uptake in Archaeological Bone. Can we Really Identify Copper Smelters? *Journal of Archaeological Science* 29 (2002) 607–611.

POPA 2017

Popa, Cristian Ion: Artefacts from the archaeological repository and their interpretations in the office: the case of a prehistoric copper ornament from Boholt. *Terra Sebus. Acta Musei Sabesiensis* 9 (2017) 21–41.

PULSZKY 1883

Pulszky Ferenc: *A rézkor Magyarországon*. MTA Archaeologiai Bizottsága. Budapest 1883.

PULSZKY 1897

Pulszky Ferenc: *Magyarország archaeológiája* I–II. Pallas. Budapest 1897.

RACZKY 2000

Raczky Pál: Rézkori aranyak – A fémművesség kezdetei a Kárpát-medencében. In: *A Magyar Nemzeti Múzeum őskori aranykincsei*. Kiállítás a Magyar Nemzeti Múzeumban 2000. V. 18.–VII. 16. (főszerk.: Kovács Tibor – Raczky Pál). Budapest 2000, 17–34.

RADIVOJEVIĆ *et al.* 2010

Radivojević, Miljana – Rehren, Thilo – Pernicka, Ernst – Šljivar, Dušan – Brauns, Michael – Borić, Dušan: On the origins of extractive metallurgy: new evidence from Europe. *Journal of Archaeological Science* 37 (2010) 2775–2787.

RADIVOJEVIĆ *et al.* 2013

Radivojević, Miljana – Rehren, Thilo – Kuzmanović-Cvetković, Julka – Jovanović, Marija – Northover, Peter: Tainted ores and the rise of tin bronzes in Eurasia, c. 6500 years ago. *Antiquity* 87 (2013) 1030–1045.

RAJNA 2006

Rajna András: Abony, Elsővíz dűlő. In: *Régészeti kutatások Magyarországon 2005*. (szerk.: Kisfaludi Júlia) Budapest 2006, 173.

RAJNA 2011

Rajna András: Az Abony 49. lelőhely Protoboleráz-kori leletei és interpretációs lehetőségei. *Studia Comitatus* 31 (2011) 31–124.

RAJNA 2016

Rajna András: *A rézkor kulturális kapcsolatrendszerének változásai a Duna-Tisza közén feltárt leletanyag tükrében*. PhD disszertáció. ELTE BTK. Budapest 2016.

RAMIREZ *et al.* 2005

Ramirez, Primitiva Bueno – Behrmann, Rodrigo de Balbín – Bermejo, Rosa Barroso: Hiérarchisation et métallurgie: statues armées dans la Péninsule Ibérique. *L'Antropologie* 109 (2005) 577–640.

REHREN–PERNICKA 2008

Rehren, Thilo – Pernicka, Ernst: Coins, Artefacts and Isotopes – Archaeometallurgy and Archaeometry. *Archaeometry* 50:2 (2008) 232–248.

RENFREW 1969

Renfrew, Colin: The Autonomy of the South-East European Copper Age. *Proceedings of the Prehistoric Society* 35 (1969) 12–47.

RENFREW 1971

Renfrew, Colin: Sitagroi and the independent invention of metallurgy in Europe. *Actes du VIII^e Congrès International des Science Préhistoriques et Protohistorique*. (Ed. by Garašanin, Milutin V. – Benac, Alojz – Tasić, Nikola) UISPP. Beograd 1971, 473–481.

RINGNES 1989

Ringnes, Vivi: Origin of the Names of Chemical Elements. *Journal of Chemical Education* 66:9 (1989) 731–736.

ROBERTS *et al.* 2009.

Roberts, Ben W. – Thornton, Christopher P. – Pigott, Vincent: Development of metallurgy in Eurasia. *Antiquity* 83 (2009) 1012–1022.

ROMAN 1977

Roman, Petre: *The Late Copper Age Cotofeni Culture of South-East Europe*. BAR. Oxford 1977. (British Archaeological Reports Supplementary Series 32)

ROMAN 2001

Roman, Petre: Die Cernavodă III–Boleráz-Kulturerscheinung im Gebiet der Unteren Donau. In: *Cernavodă III–Boleráz. Ein vorgeschichtliches Phänomen zwischen dem Oberrhein und der Unteren Donau. Symposium Mangalia/Neptun (18.–24. Oktober 1999)*. (Hrsg. Roman, Petre – Diamandi, Saviana). S. C. Vavila Edinf. București 2001, 13–59.

ROSENSTOCK *et al.* 2016

Rosenstock, Eva – Scharl, Silvine – Schier, Wolfram: Ex oriente lux? – Ein Diskussionsbeitrag zur Stellung der frühen Kupfermetallurgie Südosteuropas. In: *Von Baden bis Troia. Ressourcennutzung, Metallurgie und Wissenstransfer. Eine Jubiläumsschrift für Ernst Pernicka*. (Hrsg. Bartelheim, Martin – Horejs, Barbara – Krauß, Raiko). Rahden/Westf. Leidorf 2016, 59–122. (Oriental and European Archaeology 3)

ROSTA 2013

Rosta László: A neutronkutatók nyolcvan éve és mai társadalmi haszna. *Magyar Tudomány* 2013:4, 488–497.

SAM

Studien zu den Anfängen der Metallurgie Bd. Junghans *et al.* 1960, 1968, 1974

SANGMEISTER 1963

Sangmeister, Eduard: The Copper of the Cemetery. Results of spectroanalytical investigations. Appendix. In: Bognár-Kutzián, Ida: *The Copper Age Cemetery of Tiszapolgár-Basatanya*. Akadémiai Kiadó. Budapest 1963, 557–564. (Archaeologia Hungarica 42)

SANSONI 2013

Sansoni, Umberto: Reflection on European and Central Asian rock art in the Indo-European framework. In: "Art as a Source of History" XXV. Valcamonica Symposium Capo di Ponte (Italy) 20–26 September 2013. (Ed. by Anati, Emanuel). Centro camuno di studii preistorici. Capo di Ponte 2013, 1–7.

SÁNTA 2011

Sánta Gábor: Koszideri és halomsíros bronztárgyak komplex vizsgálata – Összetétel, fázisok és korróziós felületek. Complex Study of Bronze Objects from Koszider and Tumulus Period – Composition, Phases and Corrosion. *Archeometriai Műhely* 2011:4. 305–320.

SÁNTA 2006

Sánta Zsombor: Nagyfelbontású repülési idő diffraktométer a budapesti Neutron Kutatóközpontban. *Archeometriai Műhely* 3:2 (2006) 22–26.

SCHALK 1998

Schalk, Emily: *Die Entwicklung der prähistorischen Metallurgie im nördlichen Karpatenbecken. Eine typologische und metallanalytische Untersuchung*. Rahden/Westf. Leidorf 1998. (Internationale Archäologie–Naturwissenschaft und Technologie 1)

SCHMIDT 1945

Schmidt, Robert Rudolf: *Die Burg Vučedol*. Kroatische Staatsdr. Zagreb 1945.

SCHOUR–MASSLER 1941

Schour, Isaac – Massler, Maury: The Development of the Human Dentition. *Journal of American Dental Association* 28 (1941) 1153–1160.

SHERRATT 1981

Sheratt, Andrew: Plough and pastoralism: aspects of the secondary products revolution. In: *Pattern of the Past: Studies in honour of David Clarke*. (Ed. by Hodder, Ian – Isaac, L. Glynn – Hammond, Normann) Cambridge University Press. Cambridge 1981, 261–305.

SIKLÓSI *et al.* 2015

Siklósi, Zsuzsanna – Prange, Michael – Kalicz, Nándor – Raczky, Pál: New Data on the Provenance of Early Copper Finds from the Great Hungarian Plain. In: *Neolithic and Copper Age between the Carpathians and the Aegean Sea. Chronologies and Technologies from the 6th to the 4th Millennium BCE*. International Workshop Budapest 2012. (Ed. by Hansen, Svend – Raczky, Pál – Anders, Alexandra – Reingruber, Agatha). Habelt. Bonn 2015, 57–92. (Archäologie in Eurasien 31)

SIKLÓSI *et al.* 2017

Siklósi, Zsuzsanna – M. Virág, Zsuzsanna – Mozgai, Viktória – Bajnóczi, Bernadett: The spread of the products and technology of metallurgy in the Carpathian Basin between 5000 and 3000 BC – Current questions. *Dissertationes Archaeologicae ex Instituto Archaeologico Universitatis de Rolando Eötvös nominatae* Ser. 3. No. 5 (2017) 67–82.

ŠLIJVAR–BORIĆ 2014

Šljivar, Duško – Borić, Dušan: Context is everything: comments on Radivojević *et al.* (2013). *Antiquity* 88 (2014) 1310–1319.

SÓFALVI 2004

Sófalvi András: Balatonlelle-Országúti-dűlő és Balatonlelle-Felső-Gamász (M7/S16-S17 lelőhely) In: Honti Szilvia – Belényesy Károly – Fábrián Szilvia – Gallina Zsolt – Hajdú Ádám Dávid – Hansel Balázs – Horváth Tünde – Kiss Viktória – Koós István – Marton Tibor – Németh Péter Gergely – Oross Krisztián – Oszás Anett – Polgár Péter – P. Szeőke Judit – Serlegi Gábor – Siklósi Zsuzsanna – Sófalvi András – Virágos Gábor: A tervezett M7-es autópálya Somogy megyei szakaszának megelőző régészeti feltárása (2002–2003) Előzetes jelentés III – Preliminary Report III. The preceding

archaeological excavations (2002–2003) of the M7 highway in Somogy County. *Somogyi Múzeumok Közleményei* 16 (2004) 18–23.

SOPRONI 1956

Soproni, Sándor: Budakalász, Lupa csárda. In: BANNER 1956, 327. lh. 111–128.

STÖLLNER *et al.* 2006

Stöllner, Thomas – Cierny, Jan – Eibner, Clemens – Boenke, Nicole – Herd, Rainer – Maass, Alexander – Röttger, Klaus – Sormaz, Trivun – Steffens, Gero – Thomas, Peter: Der bronzezeitliche Bergbau in Südevier des Mitterberggebietes. Bericht zu den Forschungen der Jahre 2002 bis 2006. *Achaeologia Austriaca* 90 (2006) 87–137.

STÖLLNER *et al.* 2016

Stöllner, Thomas – von Rüden, Constance – Hanning, Erica – Lutz, Joachim – Kluwe, Sabrina: The Enmeshment of Eastern Alpine Mining Communities in the Bronze Age. From Economic Networks to Communities of Practice. In: *From Bright Ores to Shiny Metals. Festschrift for Andreas Hauptmann on the Occasion of 40 Years Research in Archaeometallurgy and Archaeometry*. (Ed. by Körlin, Gabriele – Prange, Michael – Stöllner, Thomas – Yalçın, Ünsal). Bergbau Museum. Bochum 2016, 75–107.

STRAHM–HAUPTMANN 2009

Strahm, Christian – Hauptmann, Andreas: The Metallurgical Developmental Phases in the Old World. In: *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway* (Ed. by Kienlin, Tobias – Roberts, Ben W.) Habelt. Bonn 2009, 116–128. (Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 169)

STLOUKAL–HANÁKOVÁ 1978

Stoukal, Milan – Hanáková, Hana: Die Länge der Langsknochen altslawischer Bevölkerungen unter besonderer Berücksichtigung von Wachstumsfragen. *Homo* 29 (1978) 53–69.

SÜMEGI 2009

Sümeği, Pál: The Archaeozoological Analysis of the Beads and Molluscs from the Late Copper Age Baden Cemetery at Budakalász. In: *The Copper Age Cemetery of Budakalász*. (Ed. by Bondár, Mária – Raczky, Pál). Pytheas. Budapest 2009, 409–435.

SZABÓ 2013

Szabó Géza: *A dunántúli urnamezős kultúra fémművészete az archaeometallurgiai vizsgálatok tükrében.* – The metallurgy of the Transdanubian Urnfield Culture in light of archaeometallurgical investigation. (PhD disszertáció 1997) Pécs 2013. (Specimina Electronica Antiquitatis Libri 1)

SZABÓ *et al.* 2019

Szabó, Géza – Barkóczy, Péter – Gyöngyösi, Szilvia – Kasztovszky, Zsolt – Káli, György – Kis, Zoltán – Maróti, Boglárka – Kiss, Viktória: The possibilities and limitations of modern scientific analysis of Bronze Age artefacts in Hungary – Lehetőségek és korlátok a bronztárgyak modern műszeres vizsgálatában Magyarországon. *Archeometriai Műhely* 16:1 (2019) 1–12.

V. SZÉKELY 2012

V. Székely György. Nemesnádudvar határa. *Régészeti kutatások Magyarországon 2010.* (szerk.: Kisfaludi Júlia) Budapest 2012, 303–305.

SZEPESI 1951

Szepesi Károly: Az alsónémedi temetőből származó leletek kémiai vizsgálata. In: KOREK 1951, 104.

SZEVERÉNYI 2013

Szeverényi, Vajk: The Earliest Copper Shaft-Hole Axes in the Carpathian Basin: Interaction, Chronology and Transformations of Meaning. In: *Moments in Time. Papers Presented to Pál Raczky on his 60th Birthday* (Ed. by Anders, Alexandra – Kulcsár, Gabriella) Budapest 2013, 661–669. (Ősrégészeti Tanulmányok/Prehistoric Studies 1)

TELBISZ *et al.* 2013

Telbisz Tamás – Székely Balázs – Timár Gábor: *Digitális terepmodellek. Adat, látvány, elemzés.* ELTE TTK. Budapest 2013.

TEREI *et al.* 2004

Terei György – Horváth László András – Korom Anita – Szilas Gábor: Budapest, XI. Kőérberek, Tóváros-lakópark. In: *Régészeti kutatások Magyarországon 2004* (szerk.: Kisfaludi Júlia) Budapest 2005, 196–197.

ȚERNA–ȚURCANU 2014

Țerna, Stanislav – Țurcanu, Senica: Notes on an anthropomorphic figurine from the multilayered site of Bilcze-Złote (Ukraine) and the development of a specific type of figurines in Southeast Europe. In: *Anthropomorphism and symbolic behaviour in the Neolithic and Copper Age communities of South-*

Eastern Europe. (Ed. by Ursu, Constantin-Emil – Țerna, Stanislav). Suceava 2014, 479–505. (Studies into South-East European Prehistory 1)

TEŽAK-GREGL 1985

Težak-Gregl, Tihomila: Dva nova groba badenske kulture s Vučedola – Two new graves of the Baden culture from Vučedol. *Opuscula Archaeologica* 10 (1985) 23–40.

TEŽAK-GREGL 1987

Težak-Gregl, Tihomila: Prilog poznavanju metalne produkcije Badenske kulture. – Beitrag zur Kenntnis der Metallproduktion der Badener Kultur. *Opuscula Archaeologica* 11–12 (1987) 73–81.

TODOROVA *et al.* 2011

Todorova, Henrieta – Jordanóv, Ciril – Velkov, Velisar – Torbatov, Sergej: *Istorijska na Dobrudzsa – History of Dobrudzsa*. Tom I. Veliko Tarnovo 2011.

TÖRÖK 2013

Török Béla: *Archeometallurgia*. Miskolci Egyetem. Digitális tankönyv 2013. metont.uni-miskolc.hu/wp-content/uploads/2014/03/01-Archeometallurgia.pdf

TUREK 2013

Turek, Jan: Echoes and Tradition of the Bell Beaker Phenomenon. In: *From Copper to Bronze. Cultural and Social Traditions at the Turn of the 3rd/2nd Millennia B.C. in Central Europe*. PhDr. Václav Moucha, CSc. anlässlich seines 80. Geburtstages (Hrsg. Bartelheim, Martin – Peška, Jaroslav – Turek, Jan). Beier & Beran. Langenweisbach 2013, 9–23. (Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 74)

TUREK 2017

Turek, Jan: Prehistoric Ceremonial Warfare: Beginning of Institutional Violence. *Archaeologies: Journal of the World Archaeological Congress*. 13:3 (2017) 535–548. <https://doi.org/10.1007/s11759-017-9330-x>

TYLECOTE *et al.* 1967

Tylecote, Ronald Frank – Lupu, Alexandru – Rothenberg, Beno: A Study of Early Copper Smelting and Working Sites in Israel. *Journal of the Institute of Metals* 95 (1967) 235–243.

TYLECOTE 1976

Tylecote, Ronald Frank: *A History of Metallurgy*. Institute of Metals. Second Edition 1992.

TYLECOTE–BOYDELL 1978

Tylecote, Ronald Frank – Boydell, F. J.: *Chalcolithic Copper Smelting. Excavation and experiments*. London 1978. (Institute for Archaeo-Metallurgical Studies. IAMS Monograph 27)

VAJSOV 1992

Vajsov, Ivan: Die früheste Dolche Bulgarians. *Anatolica* 18 (1992) 62–69.

VAJSOV 1993

Vajsov, Ivan: Die frühesten Metalldolche Südost- und Mitteleuropas. *Prähistorische Zeitschrift* 68 (1993) 103–145.

VIRÁG 1986

M. Virág Zsuzsanna: Javarézkori rézleletek Zalavár-Basaszigetről – Middle Copper Age Finds from Zalavár-Basasziget. *Archaeologiai Értesítő* 113 (1986) 3–14.

VIRÁG 1999

M. Virág Zsuzsanna: A badeni kultúra rézleletei Sármellék-Égenföldön – Die Kupferfunde der Badener Kultur in Sármellék-Égenföld. *Zalai Múzeum* 9 (1999) 33–54.

VIRÁG 2003

M. Virág Zsuzsanna: Korai féművesség a Kárpát-medencében. In: *Magyar régészet az ezredfordulón*. (főszerk.: Visy Zsolt). Budapest 2003, 129–132.

DE VOS *et al.* 2002

De Vos, Walter – Batista, Maria Joao – Demetriades, Alecos – Duris, Miloslav – Lexa, Jaroslava – Lis, Józef – Marsina, Karol – O'Connor, Patrick J.: Metallogenic mineral provinces and world class ore deposits in Europe. <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/article.php?id=8>

VÖLGYESI 2002

Völgyesi Lajos: *Geofizika*. Műegyetemi Kiadó. Budapest 2002.

WERTIME 1964

Wertime, Theodore A: Man's first encounters with metallurgy. *Science* 146 (4 December 1964) 1257–1267.

WERTIME 1973

Wertime, Theodore A.: The beginnings of metallurgy: a new look. *Science* 182 (30 November 1973) 875–887.

WIGNANSKA 2014

Wygnańska, Zuzanna: Tracing the “Diadem-Wearers”: An Inquiry into the Meaning of Simple-Form Head Adornments from the Chalcolithic and Early Bronze Age in the Near East. In: *Special Studies: Beyond ornamentation. Jewelry as an Aspect of Material Culture in the Ancient Near East* (Ed. by Golani, Amir – Wygnańska, Zuzanna), *Polish Archaeology in the Mediterranean* 23/2 (2014) 85–144.

WILLVONSEDER 1937

Willvonseder, Kurt: Zwei Grabfunde der Badener Kultur mit Metallbeigaben aus Niederösterreich. *Wiener Prähistorische Zeitschrift* 24 (1937) 15–28.

YALÇIN *et al.* 2015

Yalçın, Ünsal – Yalçın, H. Gönül – Maass, Alexander – İpek, Önder: Prähistorischer Kupferbergbau in Derekutuğun / Derekutuğun Tarihöncesi Bakır İşletmeleri. *Anatolien – Brücke der Kulturen. Aktuelle Forschungen und Perspektiven in den deutsch-türkischen Altertumswissenschaften / Kùltürlerin Köprüsü Anadolu. Türk-Alman Eskiçağ Bilimlerinde Güncel Bilimsel Araştırmalar ve Yeni Bakış Açılıarı. Tagungsband des Internationalen Symposiums „Anatolien – Brücke der Kulturen“ in Bonn vom 7. bis 9. Juli 2014. / 7–9 Temmuz 2014’te Bonn’da yapılan „Kùltürlerin Köprüsü Anadolu“ konulu uluslararası sempozyum kitabı. Der ANSCHNITT. Beiheft 27. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau Museum Bochum 203. Bonn 2015, 147–184.*

ZÁRAY 2005

Záray Gyula (szerk.): *Az elemanalitika korszerű módszerei*. Akadémiai Kiadó. Budapest 2005.

ŽEBRÁK 1995

Žebrák, Pável: The traces of the primary mining of non-ferrous metals in Slovakia. In: *Ancient Mining and Metallurgy in Southeast Europe*. International symposium, Donji Mihalovac, May 20–25 1990. (Ed. by Petrović, Petar – Đurđekonović, Slađana) Archaeological Institute, Belgrade and Museum of Mining and Metallurgy, Bor. Beograd–Bor 1995, 13–21. (Archaeological Institute Monographs 27)

Relics of Late Copper Age metallurgy in Hungary

The pipes and roofing elements of our houses, the door handles and various decorative items in our flats, the components and fixtures of our vehicles and countless other objects produced from, or containing, various metals, far too many to list them all, have become an integral part of our lives and environment. Our computers contain roughly 1.5 kg of copper, while the average household has about 100 kg. A car has between 25 and 50 kg of copper wire and other copper components, while an average of some 10 tons of copper goes into a high-velocity train.¹

Our modern life would be unimaginable without the discoveries and innovations made by our ancestors during the long millennia of human history as well as the many challenges they overcame. These are the millennia when our ancestors still lived without a writing system. They could hardly do a Google search on how to produce copper artefacts. The tiny elements of our modern metallurgical technology were born of human curiosity, perseverance, patience, a predilection for experimentation and a few chance discoveries and inventions.

The discovery of metals, a knowledge and understanding of their properties, and the perfection of the various phases of the process leading to the creation of metal objects was a major innovation developed over a long period of time.

Copper, gold and silver have been present in the life of human communities for several thousand years. According to our present knowledge, metalworking first appeared in South-West Asia, in the region of modern Iraq and Turkey, in the eleventh–ninth millennia BC. Gold metallurgy became widespread in the mid-fifth millennium BC in South-East Europe, while copper processing from the mid-fourth millennium BC.²

The earliest securely dated metal articles raise a number of intriguing questions, to which diverse hypothetical answers have been given. It has been repeatedly argued in the archaeological literature that pottery firing led to the realisation that metals will melt at a certain temperature. Other scholars believe that gaining control over fire was a necessary prerequisite to the firing of clay vessels. We know that pottery can only be fired at high temperatures, which could only be attained and maintained with advanced skills, and that these temperatures were sufficiently high for smelting metals too. However, there are

¹ International Copper Study Group (ICSG), Brussels. <http://www.eurocopper.org> (last accessed July 18, 2018).

² ROBERTS *et al.* 2009, 1012–1013.

also other techniques for producing metal objects. Archaeological experiments have convincingly demonstrated that metal can be smelted from “stone” in small crucibles in a small open fire and thus the ability to control fire had indeed preceded the discovery of metals.

No more than a small portion of the one-time physical and spiritual world is preserved in the archaeological record and our principal information comes from the artefacts preserved over the millennia. In the case of metallurgy, our knowledge is drawn from a wide range of sources. Aside from the metalworking locations such as mines and sites with roasting pits and furnaces, the textual and visual legacy of literate societies has also added much to our knowledge. Ancient Egyptian and Mesopotamian depictions, the Homeric epics and Greek vases have preserved various aspects of metal casting, smithying and the production of weapons.

The earliest visual document of smithying is an ancient Egyptian wall painting in a Theban tomb dating from 1500 BC (*Fig. 1*).³

Metals also inspired poetry. In his poem *Works and Days*, Hesiod, a Greek poet living in the eighth century BC,⁴ divided human history into five periods: the Golden Age, the Silver Age, the Copper Age, the Heroic Age and the Iron Age. However, this periodisation is not identical with the archaeological ages first distinguished in the nineteenth century.

Caius Plinius Secundus, the elder Pliny, included a fascinating section on copper smelting and various copper minerals in Book 34 of his encyclopaedic *Naturalis historia*, completed in 77 AD.⁵

During the millennia of prehistory, metalworking was also vested with sacral meaning by our ancestors. Metals were not perceived as quotidian materials. Some fell from the skies (such as meteorites) or could only be found in faraway, exotic locations, or the ores which underwent a unique metamorphosis in fire could only be brought to light from the depths of the earth under extremely difficult conditions. Only the chosen ones were privy to the knowledge that sparked this magical process. The locations of metal ore deposits were kept secret and only few knew about it. Possessing this information meant an advantage that conferred prestige.

³ TYLECOTE 1976, Fig. 12, and the title page

⁴ Hesiod *Works and Days* (tr. Hugh G. Evelyn-White, New York 2006).

⁵ SÁNTA 2011, 316. Pliny devoted five books (33–37) to various types of minerals, mining and metalworking. Gábor Sánta can be credited with drawing attention to the section on copper smelting in the Hungarian archaeological literature.

There are several imprints in religious beliefs of knowledge linked to the gods. The power of fire and the mystique surrounding the Sun and fire are entwined in sparkling metals, a motif that appears in many mythologies. Mircea Eliade cites several beliefs of various native peoples associated with the colourful, sparkling metals that could be coaxed out of minerals and ores and with the new material born from smelting at high temperature, pursuing this train of thought to the alchemists of later ages.⁶

Seven metals were known in Antiquity (gold, silver, copper, iron, mercury, tin and lead), each of which was identified with one of the seven known planets (Sun, Moon, Venus, Mars, Mercury, Jupiter and Saturn). There is a strong correlation between metals, planets and the names of the week's seven days. A fascinating study covers the associations between the names of the metals, chemical elements and certain compounds known in Antiquity alongside a look at the etymology of their names. Copper, the metal discussed in this study, was named after Cyprus and the island's major copper mines that were already exploited during the Bronze Age (Greek *kyprion*, Lat. *cuprum*). The ore known as *aes cyprium* was named after Cyprus, while the island itself received its name from the cypress, called *kyparissos* in Greek.⁷

For a long time, the prominent role of metals, available to but a select few, was reflected in their use as potent attributes such as weapons associated with various deities and the tokens and symbols of power and rank were likewise often crafted from metal.⁸ In later periods, ordinary humans would worship the monumental metal statues of the gods. Metals played a prominent role in the mortuary realms as shown by the gold funerary eye-pieces and gold jewellery of the Varna cemetery, the gold funerary mask of Agamemnon and the golden treasures of the Mycenaean kings from the Bronze Age.

The smiths populating the mythologies of various peoples (Hephaestus, Vulcan, Völund, Ilmarinen and Svarog) were themselves gods. Their unique knowledge, the social respect for their work was expressed by vesting them with a divine status. Their privileged social position was fuelled by their power over the lava-like flow of colourful molten metal, melting slowly at high temperatures, and their immense knowledge as well as their distinctive appearance. In reality, they were people suffering many miseries in their life owing to their craft, who were often at the mercy of their lords. These strong, able men are often portrayed

⁶ ELIADE 2004.

⁷ RINGNES 1989.

⁸ For an overview from an archaeological perspective, cf. DURMAN 2006.

as being lame or hunchbacked, sometimes with one eye blind. However, their disability was not part of their divine privilege, but a grave physiological consequence of their activity. They often lost their sight from inhaling the poisonous carcinogenic gases. The permanent exposure to high temperatures and the physical strains, no matter how strong they were, deformed their bodies and they became lame or hunchbacked with time.

The lameness of particularly gifted and skilful weaponsmiths or goldsmiths was sometimes deliberately and cruelly induced. Their lords often cut the tendons of their metalsmiths, making them lame, restricting their freedom of movement, binding them to the soil and thereby ensuring that only they would benefit from the special knowledge and skills of these gifted craftsmen.

Metal-bearing minerals played a prominent role not only in the ritual and sacral realm, but also in daily life. Copper and its derivatives were important ingredients of medications and of pigments in Antiquity. Egyptian ladies used various minerals, for example malachite, as cosmetics. These minerals were crushed and mixed with other materials and then used as eye shadow.

Metals were an important source and medium of economic and social power. They were important commodities that were exchanged through extensive, far-ranging networks. Metals were transported from Egypt and Cyprus through Mesopotamia to as far as Afghanistan through maritime trade and overland caravans.⁹ In early times, the pack animals used in caravans were donkeys, which could each be packed with 65 kg of tin.¹⁰

Evidence for extensive trade networks is provided by the Late Bronze Age Syrian ship whose wreck was found off Cape Gelidonya in southern Turkey, between Rhodes and Cyprus, whose cargo included some three dozen copper ingots.¹¹ The ship was excavated during the first underwater archaeological expedition led by George Bass in 1959.¹² Since then, several other similar shipwrecks have been discovered by underwater archaeologists. The ship which had sunk at Uluburun, also along the southern Turkish coast, carried metals on an

⁹ WERTIME 1973, Fig. 2. The map shows the various trade commodities; NIGRO 2014, Fig. 1: map of the eastern Mediterranean with the location of the mines, the distribution hubs of precious gems, copper and other valuable commodities, and the trade routes.

¹⁰ MUHLY 1980.

¹¹ FAUL–FAUL 1983, 1.

¹² BASS *et al.* 1967.

industrial scale.¹³ The most recent shipwreck, which met its fate around 1600 BC, was discovered in April 2019 along Turkey's southern shore (*Fig. 2*).¹⁴

Another new attestation of long-distance trade spanning enormous distances has recently been published from Scandinavia. The copper raw material used in the region during the Early Bronze Age was not of local origin, but imported from Iberia and Sardinia.¹⁵

Early metallurgy has been the subject of major international research projects during the past years. The origins of metallurgy and the many aspects of metalworking during the Bronze Age, the true Metal Age, are known in increasing detail, both regarding the archaeological and the archaeometric aspect. The centuries between the two periods so rich in metals is little known, even though metalworking was also practiced during the Late Copper Age.

While working on the assessment of the Budakalász cemetery, I found that very few analytical studies dealing with metallography, manufacturing techniques and the like were available on the metalwork of the Late Copper Age.¹⁶ I came to realize the sad fact that the Vörs diadem, one of period's emblematic finds, had been all but forgotten in mainstream scholarship and was barely mentioned in major academic works. I decided to re-publish this unique headdress together with the results of the new non-destructive analyses in order to re-integrate this unique Late Copper Age relic into mainstream research.¹⁷

Being a link between east and west in technological knowledge transfer and trade, the heartland of the Carpathian Basin is a truly exciting region in terms of metallurgy. It is also a key region because there is a tendency in international archaeological scholarship that researchers working in a particular country tend to focus on a particular research issue based on their own national academic literature, as a result of which very important finds and studies are often lacking from the international archaeological mainstream.

This is one of the reasons that I deemed it important to collect, review and publish the Hungarian finds of Late Copper Age metallurgy together with the findings of earlier metal analyses and the results of more recent analytical studies in a small monograph.

¹³ JONES 2007, 6–7.

¹⁴ <https://archaeologynewsnetwork.blogspot.com/2019/04/3600-year-old-shipwreck-found-off.html>

¹⁵ LING *et al.* 2014, 107–108.

¹⁶ BONDÁR 2009b.

¹⁷ BONDÁR 2015a; BONDÁR 2015b; BONDÁR 2015c; BONDÁR 2016.

I sought to identify the distinctive traits of the metallurgy of the Baden cultural complex during the later fourth millennium BC, which according to the general scholarly consensus reflected a serious decline compared to the metalworking of the previous periods.

I reviewed the academic literature on the newest research findings, including the geological and geochemical aspects which are less familiar to archaeologists. In some cases, I turned to the findings of experimental archaeology for a better understanding of mining and casting procedures.

There are few studies on the social impact of metallurgy, or on its detrimental effect on health and the damage to the environment, I have reviewed the volume of prehistoric mining, trade and metal processing as well as its impact on the environment based on the published figures and various estimates.

The sites yielding evidence for Late Copper Age metallurgy were listed by Zsuzsanna Virág in the footnotes to one of her studies.¹⁸ I have updated and enlarged this list to create a database of the currently known metal finds (*Table 1*). The sites and their finds are described in greater detail in the *Catalogue*.¹⁹

Until the turn of the millennium, the metal composition of the finds was specified very briefly, often in a footnote, in the studies devoted to the period and this aspect of metalwork was often neglected. I have also gathered the relevant information and presented the results of the metal analyses scattered in various publications according to uniform criteria,²⁰ adding the more recent ones performed on my request (*Table 2*). The latter can be found in the *Appendix*, written by the specialist who carried out these analyses. The *Supplement* also contains a brief discussion of the archaeometallurgical analyses and the analytical procedures most often used by archaeologists.

The term “early metallurgy” would at first sight suggest that the adjective “early” refers to the earliest traces and relics of metalworking and the initial

¹⁸ VIRÁG 1999, notes 5–6.

¹⁹ Continuously updated database of the sites of the Baden culture, assembled by the author, funded by OTKA Grant T-037503 (August 15, 2017). The database currently contains 1932 sites, including the sites mentioned in the reports published in the volumes of *Régészeti Kutatások Magyarországon*, whose last volume appeared in 2012. *Table 1* lists the relevant artefacts and their literature (first publication, detailed assessment, metallographic analysis), and I have therefore refrained from citing the literature in each and every case a site or a particular artefact is mentioned, restricting these to cases when a site or an artefact is relevant from some other aspect.

²⁰ The unit of concentration is variously specified in ppm (parts per million) or weight percentage in the literature. I converted the ppm values into percentages.

period of metal processing. However, the term actually denotes the technological knowledge and relics of metal processing during the many thousand years preceding the “genuine” Bronze Age.

The main research questions on the archaeological agenda are when, where and how were the first metal artefacts “invented” and produced? In other words, the research focus is on chronology, location and technological processes. The latter calls for the study of which was first: casting or cold hammering? What minerals were used? Where did the raw material originate from? What procedures were used for making metal artefacts?

The main questions are more or less the same, relating to chronology, region and technology, but research interest is motivated by different considerations. Archaeologists tend to focus on social development and their questions are raised within this framework because they are principally concerned with the origins of innovations and their diffusion, which is obviously related to human activities, innovative curiosity and the desire to possess goods, both material and immaterial. The discovery and/or possession of something new, its subsequent improvement, its dissemination and reaping as much economic benefits as possible in addition to gaining social power and prestige by being the first were major driving forces. Metal mines were one of the main arenas of these competing efforts: there are many instances in the written sources of literate societies about the wars and bloodsheds over copper, tin and gold mines.

In contrast, natural scientists and historians of technical progress are more interested in the properties and composition of various materials and how these can be manipulated. They base their findings on objective measurements performed with a range of analytical instruments.

The two approaches are highly fruitful, given that there are shared agendas, shared issues to be resolved, to which satisfactory answers can only be provided by pooling the research findings of the two disciplines, by integrating approaches as well as by sharing and discussing ideas. Today, we witness the fruitful dialogue between disciplines, with the result that what seems self-evident to one is becoming more obvious to the other too.

In the Carpathian Basin and its broader area, pre-Bronze Age metallurgy is generally studied according to the conventional periodisation (emergence – florescence – decline). Accordingly, the spread of early metalworking is assigned to the Late Neolithic and Early Copper Age, when most of the finds are modest copper and gold objects, principally jewellery, which are assumed to have been made from native copper by cold hammering. The Middle Copper Age represents

a flourishing period and the advent of casting, whose finds are characterised by heavy copper tools and implements as well as finely crafted gold articles. The decline of early metallurgy is dated to the Late Copper Age. The metal finds of the centuries between 3600/3500 and 3000/2800 BC differ markedly from the types of the preceding period. Sophisticated golden articles disappear and the number of copper artefacts decreases significantly, while their quality also deteriorates, which is believed to reflect the revival of cold hammering as the general metalworking technique.

Several explanations have been offered for these profound changes, ranging from the exhaustion of the easily accessible metal deposits to the shifts and realignments of earlier communications networks.

Until the mid-1970s, the metal finds of the Late Copper Age Baden culture amounted to the beads and the handful of awls published from the Alsónémedi cemetery (1949)²¹ and the 115 burials of the Budakalász cemetery that were first excavated (1952),²² as well as the Vörs diadem (1952);²³ the Carpathian Basin did not abound in metal relics. The few, but nevertheless significant finds stimulated theoretical reconstructions of wide-ranging cultural contacts despite the few parallels to the finds.

One major advance in studies on the region's metallurgy was the discovery of crucibles during the excavations at Lánycsók²⁴ and Zók-Várhegy,²⁵ which furnished evidence for local metal casting. In 1985, new finds – a copper dagger and a copper knife blade – unearthed at Sármellék set copper metallurgy in a broader European context.²⁶

New Copper Age finds were brought to light in the course of the large-scale excavations ahead of major construction projects in the years around the turn of the millennium. Outstanding among these in the copper inventory of the Baden culture is the copper bracelet found in a burial excavated at Balatonlelle-Rádpusztá, which does not have any parallels. Other unique finds are the 4 cm long perforated dagger from Nagyfűged and the two buttons and wire fragment from Fajsz-Garadomb, whose detailed description can be found in the present volume.

²¹ KOREK 1951.

²² SOPRONI 1956. For the full assessment of the cemetery, cf. BONDÁR–RACZKY 2009.

²³ BANNER 1956, Site 324 (p. 111), Taf. LXXXVII (republished by BONDÁR 2015a).

²⁴ ECSEDY 1978, Pl. XI. 3–5.

²⁵ ECSEDY 1983.

²⁶ VIRÁG 1999, Fig. 2. 1–2.

One major advance in Bronze Age studies was the revised dating of the Bányabükk-type copper axes of northern Caucasian origin to the Late Copper Age, even if there is still little awareness of this new dating.²⁷

No more than thirty of the currently known roughly two thousand Baden sites have yielded relics of metallurgy (*Fig. 5*).²⁸ We currently know of 231 copper artefacts from Hungary (*Table 1*).²⁹ No mention has so far been made of any gold finds from this cultural complex. The few Late Copper Age metal artefacts can be assigned to three major categories: jewellery, various tools and artefacts, and the objects associated with metal production.

Although the first metallographic analyses on Baden finds were undertaken and published by Kurt Willvonseder in one of the footnotes to a study written in 1937, this has been rarely cited in subsequent works.³⁰ In Hungary, the first metal analyses of Late Copper Age artefacts were performed on the beads (*Pl. 2. 1–5*) and the awl (*Pl. 5. 4*) from the Alsónémedi cemetery on the request of József Korek. The results of the spectroscopy were summarised by Károly Szepesi.³¹ A series of metallographic analyses were performed as part of the large-scale *Studien zu den Anfängen der Metallurgie (SAM)* project, whose results were published in 1974.³² A copper plate from Grave 28, a copper bead from Grave 221, the longish copper bead from Grave 227, one of the beads from Grave 301 and one of the copper beads from Grave 361 of the Budakalász cemetery were analysed as part of the SAM project, as was the copper awl from Grave 3, the chisel from Grave 227 and the awl from Grave 319. The Vörs diadem was also

²⁷ SZEVERÉNYI 2013; DANI 2013, 204, Fig. 10.

²⁸ From the author's database (August 15, 2017).

²⁹ *Table 1* specifies the number of metal objects registered in the field. Some of these have since been lost or have perished, or fewer objects were entered into the accessions register than the number recorded in the field documentation. However, this is secondary information. For the purposes of this book, the existence of the copper object was the primary consideration and thus I always took into account the number specified in the primary source.

³⁰ WILLVONSEDER 1937, 17, note 7.

³¹ Regrettably, I was unable to find out where Károly Szepesi had performed the analysis. His article published in 1951 makes no mention of the laboratory and my chemist acquaintances of the older generation had no idea either. Knowing that József Korek maintained good relations with the Lenin Metallurgical Works in Diósgyőr, it is possible that Károly Szepesi had been a chemical engineer working there.

³² JUNGHANS *et al.* 1974; republished by KRAUSE 2003 with the earlier code numbers.

examined at this time.³³ I re-published the SAM data in a table in the monograph of the Budakalász cemetery (*Table 3*).³⁴ In 1962, József Korek had the copper artefacts brought to light from burials of the Budakalász cemetery examined by Manfred Schröder. The results of the analyses performed in the Stuttgart laboratory are presented in *Table 4*,³⁵ while the other metallographic analyses can be found in *Tables 5–9*.

The first metallographic examination of the Vörs diadem was performed in Germany in the 1970s and its results were published in the SAM volume on the Copper Age in 1974 (*Table 10*).³⁶ In 2003, Rüdiger Krause published the metal composition of the diadem under the same SAM identification number (*Table 11*).³⁷ Given the difficulties in the interpretation of the analytical results published in the SAM volume and by Rüdiger Krause, the Vörs diadem was submitted to energy dispersive X-ray fluorescence analysis in the Nuclear Spectroscopy Laboratory of the Department of Chemical and Environmental Process Engineering at the Faculty of Chemical and Biochemical Engineering of the Budapest University of Technology and Economics in 2014. The examination by Iván Gresits yielded the most detailed composition of the diadem (*Table 12*). In 2014, the diadem was also submitted to non-invasive neutron radiography (NR), prompt gamma activation analysis (PGAA) and time of flight neutron diffraction (TOF ND) analyses in the laboratories of the Budapest Neutron Centre of the Budapest Research Reactor (the Nuclear Analytical and Radiography Laboratory in the Centre of Energy Research of the Hungarian Academy of Sciences and the Neutron Spectroscopy Department of the Institute for Solid State Physics and Optics in the Wigner Research Centre for Physics of the Hungarian Academy

³³ The finds from the Alsónémedi cemetery are not included in the SAM database. Data collection for the SAM project began in 1959, but by that time, József Korek had commissioned the analysis of various artefacts from the cemetery. Grave 7 of Alsónémedi that is included in the SAM database (SAM 12771) does not date from the Late Copper Age. A total of 63 burials were uncovered in the cemetery: of these, four were assigned to the Early Bronze Age, 19 were Sarmatian and 40 represented the Late Copper Age (Graves 3–5, 9, 11, 14–15, 18–20, 22–26, 28–30, 32–36, 38–48, 52–53 and 55–58).

³⁴ BONDÁR 2009b, Tables 24–25.

³⁵ Ferenczy Museum, Szentendre. Archives, inv. no. 1170/76.

³⁶ JUNGHANS *et al.* 1974, Teil 4, 124–125, No. 13738.

³⁷ KRAUSE 2003, Nr. 13738.

of Sciences) as part of a collaborative project.³⁸ These analyses confirmed that the diadem's raw material was almost pure copper and that it had probably been made from so-called secondary copper ores.

The most recently found copper artefacts of the Baden culture (Balatonlelle-Rádpusztá: a bracelet and a bead from a burial; Fajsz-Garadomb: button fragments and a wire fragment from a settlement pit; Nagyfűged-Ejzella: dagger blade from a settlement) were similarly analysed by Iván Gresits in the Nuclear Spectroscopy Laboratory of the Department of Chemical and Environmental Process Engineering at the Faculty of Chemical and Biochemical Engineering of the Budapest University of Technology and Economics. The results of these analyses are summarised in the *Appendix*.³⁹ Here, I shall briefly discuss what is relevant to archaeology.

Grave 415 of Balatonlelle-Rádpusztá contained the burial of a child and five skulls. The child wore a tight bracelet on her slender left wrist (*Pl. 1. 7*). Imprints of some material, perhaps human skin, were preserved on the bracelet's inner side. Quite uniquely, the bracelet was submitted to non-destructive analyses before and after its conservation. The results are presented in *Table 13*.

The bracelet is unusual in the corpus of metal finds because it bears an imprint on its inner side, which I only noticed on the first photos I had made of this find. It seemed to me that this remarkable pattern covering almost the entire inner side was the imprint of human skin, although its intensity varies. The stereo-microscopic scanning of the bracelet before and after its conservation, with special attention to the pattern on the inner side, was performed by Anett Mihácz-Pálfi in the Institute of Archaeology (*Fig. 13. 1*). We sent the images to Dr. Endre Felszeghy, forensic science specialist, who examined them and confirmed that these may indeed be imprints of the girl's skin which had been corroded onto the bracelet's surface owing to rapid electrolysis. He also kindly provided a comparative photo (*Fig. 13. 2*). The other results of the microscopic examination are described by Anett Mihácz-Pálfi in the *Appendix*.

³⁸ The analyses were performed as part of the NMI3 project of EU FP7, as part of the *Studies on local metal production of the Carpathian Basin from the Late Copper Age until the Middle Bronze Age (3500–1500 BC)* project. I would here like to thank Viktória Kiss for the fruitful cooperation, as well as Zsolt Kasztovszky, Zoltán Kiss, Boglárka Maróti, György Káli and Eszter Mitcsenkov-Horváth who undertook the analyses.

³⁹ See Iván Gresits's study in this volume. I am most grateful to him for his meticulous work.

The cylindrical copper bead found under the chin of the child interred in Grave 415 broke into three fragments (*Pl. I. 3–4*). The bead had been small and thus the fragments were tiny. Iván Gresits examined and measured all three fragments separately (*Table 14*), which yielded slightly differing results, an important caveat when not measuring every fragment of an artefact.

Similarly to the bead from Balatonlelle, three artefacts recovered from the same feature could be submitted for analysis (*Table 15*), although these were not fragments of the same object, but three separate ones: an almost intact button, the fragment of a similar button and a wire fragment.

The small dagger tip from Nagyfűged-Ejzella had a strongly corroded surface: it was mechanically cleaned, but not submitted to chemical conservations. The fragment was examined and analysed by Iván Gresits (*Table 16*).

From my overview of the metal finds from the core distribution of the Late Copper Age Baden culture as well as of the results of earlier metallographic analyses published in various journals and of more recent examinations, I drew the following conclusions: The evidence for metalworking in Hungary comprises finished products and the tools and implement used during casting. No traces of mines, roasting pits or special furnaces used for smelting have yet been found. The metal finds (cf. the *Catalogue*) and the metallographic analyses as well as the studies on technologies and manufacturing techniques clearly reveal that the period's metallurgy was not geared to production on an "industrial" scale to satisfy mass needs. The currently available record suggests that it cannot even be conceptualised as a rudimentary craft industry, as the production of small series in a workshop. The finds rather reflect the individual products of local (or itinerant) metalsmiths, some of whom were more skilled and commanded special knowledge (such as the creators of the Vörs diadem, the Balatonlelle bracelet and the buttons from Ózd-Center and Fajsz), while others were less adept, who despite their familiarity with metalworking techniques were capable of producing simple awls, chisels and beads only. It is also possible that some finished products had reached the region through exchange networks. The distribution of the finds reflects an extensive communications network, with analogies from the Alps to the Caucasus and from Germany to Italy.

Regarding manufacturing techniques, we may contend that the beads, the Vörs diadem, the bracelet from Balatonlelle-Rádpusztá and the smaller artefacts such as awls had been made by cold hammering. In the case of some beads, the long sides of the sheet copper plates cut to the appropriate size were folded over each other to create a cylindrical bead. In the case of twisted or spiral beads, the

soft sheet copper was wound around a *Dentalium* shell to create the bead. The new examination of the Vörs diadem and the Balatonlelle bracelet offered new insights into manufacturing techniques by identifying traces that were not visible to the naked eye and thus contributing to a better understanding and reconstruction of the period's technology.

A more sophisticated technology was needed for the production of chisels, knives and daggers; moreover, these articles had to be made from better-quality raw material in order to ensure their durability. Cast copper axes were produced by metalworkers familiar with smelting: the manufacture of these axes called for carefully made moulds and specialised knowledge. The manufacture of riveted daggers was similarly a more sophisticated procedure because it involved versatility in both casting and hammering. It remains unclear whether the different dagger types had been made locally or were acquired from elsewhere. However, it seems likely that both axes and daggers had been made in places which in later ages are designated as workshops in the archaeological literature.

The metal finds of the Baden culture are restricted to a few types, to which there are but a few analogies from various archaeological contexts. The utilitarian tools and implements as well as the unique finds would suggest that the Baden culture had a distinctive metallurgy fuelled by its extensive communications network and that sacral elements and differences in social status both appeared in its metalwork. Taken together, these indicate that the metallurgy of the Baden culture had several levels regarding technical skills, execution and social demand.

On the testimony of the archaeological record, the Late Copper Age witnessed an economic, social and spiritual transformation in the wake of which the role of metals also changed. It would appear that for reasons yet unknown to us, the period's communities no longer had a demand for the previously widespread articles of good quality copper and gold. It seems as if these raw materials and the objects crafted from them – such as copper axes calling for advanced metalworking skills and golden jewellery items – were no longer tokens of social status and prestige or valuables worth hoarding during the 600–800 years long duration of the Late Copper Age, even though metallurgy was still practiced.

The profound change in values and attitudes is hardly surprising, given the many innovations of the later fourth millennium. The two perhaps most significant among them were the invention of the wheel and of wheeled vehicles, which sparked further major inventions in this early period. The new device was no doubt born after long experimentation driven by practical needs and was initially conceived and perfected with meticulous attention to detail to ensure its

adaptation to local geographic conditions and the expectations and needs of the period's communities. Vehicles, the period's major invention, were initially the privilege of a few for they expressed prestige and exceptional social status that was also vested with a sacral meaning by their owners, which is clearly reflected in the archaeological material.

The secondary exploitation of cattle was of immense economic significance. The so-called secondary products revolution (SPR) meant the realisation that the milk, wool and the traction power of domestic animals were repeatedly exploitable resources and that long-term breeding strategies meant that certain individuals could be trained to draw vehicles and the plough, a several years' long process.

The period's main trade commodities were probably salt, obsidian and, in all likelihood, wool, which were exchanged between various communities. The use of wheeled wagons no doubt eased trade and ensured that these commodities reached faraway regions.

Miniature wagon models,⁴⁰ small animal figurines and unique jewellery can be perceived as symbols of the new values of the Late Copper Age. Studies on various aspects of the concept, meaning and significance of "miniaturisation" have more recently received considerable attention in archaeological scholarship.⁴¹ In the literate societies of the ancient world, miniature objects can quite evidently be associated with the mortuary realm, as best shown by the abundance of such finds with secure contexts from ancient Egypt.⁴² The currently known unique jewellery pieces (the Vörs diadem, the Balatonlelle bracelet and the sheet copper beads) can likewise be associated with the mortuary realm. In contrast, metals were apparently not hoarded. How, then, can we explain the decline in the number of copper artefacts?

Firstly, it is not at all certain that there was a decline. Both copper and gold can be recycled and it is therefore quite likely that considerably more copper artefacts had been made than what has survived in the archaeological record – however, once an artefact was damaged or became unfit for use, it was not discarded, but melted down. Copper can be repeatedly re-used, almost infinitely, without any deterioration in its quality and it seems likely that Copper Age communities were aware of this and made full use of it.

⁴⁰ BONDÁR 2018.

⁴¹ In 2015, *World Archaeology* devoted a thematic issue to the many aspects of miniaturisation. BONDÁR 2015d, 215–216.

⁴² ALLEN 2006; COLIN *et al.* 2014.

Some 2000 sites of the Baden culture are currently known from Hungary; however, relics of metallurgy have only been recovered from roughly 30 sites, which yielded a total of 231 objects (*Table 1*). The overwhelming majority of the finds, about two-thirds, comes from inhumation burials⁴³ and no more than three cremation graves yielded metal finds.⁴⁴ Metal artefacts have also been brought to light on settlements,⁴⁵ while some finds have an unknown or uncertain context.

The fact that most of the currently known copper artefacts came to light from burials can be interpreted either to mean that the metal objects made for ritual purposes were preserved, or that the objects with some blemish and the ones that had suffered some damage during their use were recycled with heating, making the use-life of a piece of copper wire almost infinite, until its quality had deteriorated to the extent that it became unsuitable for further use.

Despite the fortuitous nature of the discovery of archaeological finds, the distribution of the known copper objects nevertheless suggests that there was a greater demand for metal artefacts, including unique pieces, in some regions than in others. The thirty sites yielding metal objects typically lie in hilly or mountain areas in Transdanubia (Counties Baranya, Somogy, Veszprém, Zala, Fejér and Pest, as well as Budapest) and in the Northern Mountain Range (Counties Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves and Nógrád), although relics of metallurgy have also come to light in Hungary's central (County Bács-Kiskun) and eastern region (County Szabolcs-Szatmár-Bereg).

The distribution of the three main artefact types associated with metals and metalworking, namely jewellery (*Table 17*), tools and implements (*Fig. 18*), and the equipment needed for metal processing (*Fig. 21*), shows that these have a concentration in a north-west to south-east zone outlined by the hilly-mountainous regions. Each type has a wide regional distribution, an indication that we can expect the discovery of additional metal finds. The same holds true for daggers

⁴³ Alsónémedi (from six burials), Balatonboglár-Zrínyi utca (from a mass grave), Balatonlelle-Felső-Gamász (from six burials), Balatonlelle-Rádpusztá (from one burial), Budakalász-Luppa csárda (from 33 burials), Budapest-Andor utca (possibly from a burial), Köveskál (possibly from a burial), Mezőcsát-Hörösögös (one burial), Ózd-Center (one burial) and Vörs (one burial).

⁴⁴ Budakalász, Grave 130, Mezőcsát, Grave 9, and Ózd-Center, Grave 3.

⁴⁵ Abony-Elsővíz, Budapest-Káposztásmegyér-Farkaserdő, Budapest-Kőérberek-Tóvárosi lakópark, Fajsz-Garadomb, Kántorjánosi, Lánycsók-Égett halom, Nagyfüged-Ejzella, Nemesnádudvar-Papföld, Ózd-Kőaljatető, Salgótarján-Pécskő, Sármellék-Égenföld, Szebény-Farkaslik dűlő, Szigetcsép, Tikos-Nyárfás dűlő and Zók-Várhegy.

(Fig. 19), whose few exemplars are known from the Transdanubian Range and the Northern Mountain Range.

Curiously enough, no metal finds or any relics of metalworking activity have yet been found in Hungary's westerly regions, in the Alpine foreland, despite the fact that the region had good connections with the circum-Alpine region, as shown by the Mondsee-type finds.

There were no doubt occasionally conflicts between the period's communities, which maintained extensive communications networks. Although no mass graves or other indications of severe interpersonal violence have yet been found, there is reliable evidence attesting to the use of weapons. The grave steles and rock art of the fourth millennium BC feature countless engraved or painted daggers, axes, arrows and swords, the latter on the grave steles of later periods. This imagery can be found across an extensive territory: the relics are scattered across the continent from the Iberian Peninsula to southern Europe and from northern Europe to the Caucasus.⁴⁶ These depictions have more recently been interpreted as portrayals of warriors and heroes.⁴⁷

The special status of certain individuals on grave steles and rock depictions is indicated by other elements too, such as the weapons appearing together with wheeled vehicles. Given that there is no archaeological evidence of major wars or of mass murders, we may agree with the scholars who interpret the portrayal of weapon-bearing men on the steles as ritual warriors.⁴⁸ Some scenes quite clearly commemorate hunting and therefore the necessary caution needs to be exercised when decoding and interpreting these depictions.⁴⁹

Weapon depictions appear on figurines too during this period. One of these is the oft-cited, well-known male figurine with a triangular dagger on a strap slung over the shoulder from Cernavodă-Dealul Sofia in Romania,⁵⁰ and a similar figurine is known from Satu Nou,⁵¹ of which only the upper body has survived, which has a baldric-like strap over the left shoulder and the dagger shown under the strap, into which it was probably tucked. The dagger attached to or tucked

⁴⁶ SANSONI 2013, Fig. 5–6; ARCA 2014, with unnumbered illustrations; LING–UHNÉR 2014, Fig. 18; for an excellent overview, see RAMIREZ *et al.* 2005, and the relevant illustrations: Figs 6–7, Fig. 1, Figs 18–19, Fig. 21, Fig. 25, Fig. 33 and Fig. 37.

⁴⁷ HANSEN 2015, Fig. 11.

⁴⁸ TUREK 2017.

⁴⁹ RAMIREZ *et al.* 2005, Fig. 34; KORKUTI 2008, Fig. 47, 49.

⁵⁰ DUMITRESCU 1974, Fig. 289. 3; ROMAN 2001, Taf. 1. Petre Roman can be credited with drawing attention to the dagger.

⁵¹ ROMAN 2001, Abb. 16. 12.

into the strap was of the triangular tanged type. Both figurines are relics of the Late Copper Age Cernavoda III culture. The two figurines strongly suggest that there were weapons associated with particular individuals such as the Hunter or the Warrior, and that these weapons were tokens of power or social rank.

The Late Copper Age “weapon arsenal” of Hungary is made up of five daggers from four sites (Sármellék, Balatonlelle-Felső-Gamász, Kántorjánosi and Nagyfüged), with the caveat that the two miniature versions from Kántorjánosi (dagger 2) and Nagyfüged had an entirely different role, probably being symbols of personal prestige.

Most archaeological works discuss finds and their archaeometric analyses from an archaeological perspective. However, when addressing these issues, it is prudent to familiarise ourselves with the *a priori* natural conditions that ultimately determine what we can expect to find in a best-case scenario and what were the prerequisites for metalworking.

I drew from the studies by mining engineer Zoltán Hegedűs and geologist Ferenc Molnár, both of whom often work together with archaeologists, when reviewing the necessary preconditions to metalworking: the geological environment, the locations of ore deposits, the composition of ore-bearing rocks and the major elements of mining and processing. Studies on the composition of metals provide important clues for sourcing, while the mapping of natural ore deposits contributes important data for archaeologists too.

All students of prehistoric metallurgy should bear in mind that various tools and technologies were employed for mining a wide range of resources such as lithics and salt since the Palaeolithic and that these could have been and probably were employed when mining metal ores. Thus, the *bon mot* “It began with a stone” is true in several senses since it alludes both to the earliest Stone Age and to the fact that the discovery of metals was not the outcome of deliberate actions, but of a series of accidental happenstances: the strange or pretty colourful stones could be transformed into metal artefacts after pooling human knowledge and experiences as well as persistent experimentation.

Several disciplines are engaged in the study of early metallurgy (see the *Supplement*). The main questions on the archaeological agenda are when, where and how were the earliest copper artefacts discovered and made? In other words, issues of chronology, location and manufacturing procedures are high on research agendas.

The determination of the metal is often also bedevilled by imprecise usage. Copper, brass and bronze are generally used in the description of an artefact,

labels that are essentially determined by the colour of the artefact. However, these are subjective categories and not metal types determined by means of metallographic analyses. What is generally denoted as copper is actually the purest form of copper. We should also distinguish native copper, which often occurs in the form of surface nuggets that are often encrusted with impurities such as arsenic. Artefacts made from pure copper can likewise contain a minimal amount of impurities, which originate from post-depositional processes in the soil. These impurities are usually small percentages of silver and iron in addition to arsenic and thus their presence is not an indication of alloying, but a natural occurrence which remained in the copper even after smelting. Impurities from corrosion must also be taken into consideration. Finally, some artefacts are made of glittering brass, which is a copper alloy.

The origin of the raw material, i.e. the location of the mine whence it came from, remains unresolved, despite the many different techniques elaborated for sourcing artefacts. After gathering the data of the metallographic analyses on Hungarian artefacts (*Table 2*), I tried to identify shared patterns and tendencies among the analysed objects. Owing to the few available metallographic data, I decided to compare the trace elements (*Table 17*) in the hope that this would outline some patterns. However, I soon realised that this approach would not yield any major insights. On the testimony of the current evidence, the metal composition of the artefacts in the hoards collected over a period of time differed significantly, as for example in the case of the Copper Age hoard from Col del Buson in Italy.⁵² The metallographic study of the copper artefacts found in Hungary revealed that not only did the composition of the metal artefacts accumulated in hoards differ, but also of contemporaneous objects recovered from the same feature, the implication being that no matter how logical, we cannot assume that the metal articles from a particular site have an identical composition.

Mention must here be made of the surprising findings of Ernst Pernicka and David Anthony. It would seem self-evident that the copper artefacts found in Serbia and Bulgaria had been produced from the copper ores mined in Rudna Glava and Ai Bunar, both of which were exploited already during the Copper Age. However, the lead isotope analyses indicated that a significant portion of the copper artefacts brought to light on sites in Bulgaria was not made from copper originating from the Ai Bunar mine, but from ores mined near Majdanpek in Serbia, an ore source located close to Rudna Glava.⁵³ The examination of the

⁵² ARTIOLI *et al.* 2014, 56–57.

⁵³ PERNICKA–ANTHONY 2010, 170.

copper grave goods recovered from the Copper Age burials of the Durankulak cemetery indicated that artefacts made from copper originating from widely differing ore sources had been deposited in the same grave. The same seems to hold true for a later period as well: the majority of the Early Bronze Age metal artefacts from the north-eastern Aegean cannot be associated with any of the known Aegean ore sources.⁵⁴ It seems likely that Late Copper Age communities maintained extensive trade/exchange networks, enabling them to procure raw materials and finished products from various regions.

Very little is known about the metallurgy of the centuries of the Late Copper Age. The locations of the raw material sources remain largely unknown and copper processing techniques have only recently begun to be studied in greater detail. The range of analytical techniques has been enriched by new procedures and the reliability and accuracy of earlier results have been called into question, alongside a growing awareness of the errors of certain analytical methods. The few metal analyses barely shed any light on the previously assumed communications networks (e.g. trade).

Given these facts and the analytical findings of experienced specialists, we must resign ourselves to the fact that even though, theoretically, we should be able to identify the geological source of a particular artefact based on trace elements or other distinctive traits, this is sadly not the case. Not only because the communications networks maintained by prehistoric communities were organised along different lines than our logic would dictate, but also because – as already mentioned in the foregoing – if the metal was recycled and reworked by re-heating, or if a metalsmith used ores originating from different locations, it is virtually impossible to identify the geological source. To complicate matters further, even if we did know where exactly the ore was mined, we would be unable to determine from which part of the deposit the ore used for producing a particular artefact had been removed.

The expression arsenic copper is often encountered in studies on Late Copper Age metallurgy. The correctness of the term is still a matter of debate since this category could only be used if we could know for certain that arsenic had been an additive deliberately added to copper. Arsenic can only be regarded as an intentionally added alloying agent if its presence is around 10–15% or more. We know that some fahlores have a high arsenic content: for example, tennantite can contain up to 20% arsenic. Moreover, even as little as 0.5–3% arsenic can make copper more durable and more workable. A lower percentage of arsenic can be

⁵⁴ PERNICKA–ANTHONY 2010, 170.

regarded as an impurity in the ore, which is released as arsenic oxide smelting dust at around 614 °C and evaporates.

The question remains as to what can be regarded as intentionality and deliberate choice in the Late Copper Age? At present, we have no way of knowing whether metalsmiths consciously looked for and used ores with a high arsenic content, whether they deliberately searched for tennantite with an up to 20% arsenic content, or whether they added arsenic to enhance durability. Assuming the latter raises another question, namely of when and how arsenic was added to copper, knowing that it evaporates at a certain temperature.

On the testimony of the metallographic analyses, the low percentage of arsenic in various Late Copper Age artefacts can in all likelihood be explained by the impurities in the ore.

It has been argued that the Late Copper Age daggers from Sármellék, Balatonlelle and Kántorjánosi can be associated with the Alpine metallurgy of the Mondsee culture and that the spread of arsenic copper objects in the Carpathian Basin reflects the later impact of this metallurgy.⁵⁵ However, the increasing number of metal analyses has shown that artefacts made from arsenic copper occur in other regions too (Anatolia, the Caucasus, Romania and Iran),⁵⁶ and thus the Late Copper Age connections with Alpine metallurgy can be seriously challenged not only on the ground of the analogous finds, but also in terms of metal composition.

In my view, the objects submitted to metallographic analyses from Hungary cannot be assigned to the category of arsenic copper and thus they cannot be ordered according to the typological categories distinguished on this basis.

One aspect of the social dimension of metallurgy is the symbiosis between prehistoric communities and their environment following the new inventions and innovations. Initially, metalworking did not have a dramatic impact either on prehistoric communities or their environment. Copper articles were made by cold hammering and metal wire could easily be produced from metal nuggets, given that only a small fire and crucibles are required for open smelting. In contrast, the *chaîne opératoire* of ore mining and casting had a major impact on the environment (on the soil, the air and water). Early metallurgists sparked

⁵⁵ It must here be noted in passing that none of the sites appearing on a distribution map of Late Copper Age metalwork is located in a Transdanubian region lying close to the Alpine region.

⁵⁶ VAJSOV 1993; MELIKSETYAN–PERNICKA 2010; BUGOI *et al.* 2013; BOCHER 2016; KASHANI *et al.* 2013.

irreversible processes that disrupted the ecological balance and transformed the environment in their exhilaration over the new innovation and technology.

The smelting of ores in a reducing atmosphere poor in oxygen in a closed furnace called for immense amounts of charcoal, which in turn led to frequent forest felling. I have shown using various estimates that this resulted in grave environmental damage. Smelting is an activity that is ideally conducted near streams or rivers because the ores were washed in water, which led to their pollution.

Metal ores had to be heated on immense amounts of charcoal in order to attain the melting point of copper (1083 °C). At 640 °C, foul, poisonous gases were released as the arsenic evaporated, which increased the risk of cancer among those who performed these activities.

There is increasing evidence that metal processing involved considerable health risks and damaged the environment from prehistory onwards. The examination of cores from the glaciers of Greenland in the early 1990s provided surprising data on the extent of air pollution caused by fine dust and various gases.⁵⁷

The presence of lead in the bones of individuals engaged in early metalworking, probably inhaled during their work, has been demonstrated in several instances. The incidence of other metals such as arsenic, cadmium, cobalt, antimony, selenium, vanadium, yttrium and zinc in human bones has also been analysed. In a study published in 2000, Kimberly Oakberg and her colleagues reported on the presence of arsenic in the individuals interred in the Copper Age cemetery at Shiqmim in Israel.⁵⁸ A concentration of arsenic was noted in the bones of all twelve examined individuals, which was interpreted as an indication of arsenic uptake in the bones not only of metalworkers, but of the community's other members too. These preliminary findings have been challenged by Alistair Pike and Michael Richards, who argued that Oakberg and her colleagues did not take into consideration that arsenic is also present in groundwater and that it cannot be taken for certain that its uptake can be solely explained by participation in smelting activities.⁵⁹ This debate eloquently illustrates the controversies over the findings of new analytical methods.

What seems certain and beyond the shadow of doubt is that the transformation of and the damage to the environment is virtually co-eval with humankind once

⁵⁷ GRÜLL 2013, 1030.

⁵⁸ OAKBERG *et al.* 2000.

⁵⁹ PIKE–RICHARDS 2000.

tools and implements began to be used and made, as shown by the relevant figures and estimates presented in the book. The spread and extensive practice of metallurgy led to the first irreversible human impact on nature, a damage that has gained immense proportions from the Early Bronze Age to the present. The new technology had grave environmental and climatic consequences, which can only be fully comprehended in knowledge of our own scientific achievements and current anxieties over our planet's fate.

In sum, we can do no better than to cite Theodore Wertime's words: "Metallurgy represented the first serious penetration of the earth by men and fire."⁶⁰

⁶⁰ WERTIME 1973, 876.



A fémművesség kutatása az utóbbi években nemzetközi régészeti programok fókuszába került, de a késő rézkor évszázadairól ma is keveset tudunk. Az egyszerűbb használati tárgyak és a bonyolultabb kivitelű relikviák készítéséhez eltérő gyakorlati tudás volt szükséges, vagyis a fémművesség ebben a korszakban is többszintű volt. A Kárpát-medence középső része, mint a Kelet és Nyugat közötti kapcsolati zóna fontos szerepet játszott a technikai tudás átadásában és a kereskedelemben. Ez a hiánypótló kötet összegyűjti a szakirodalomban elszórtan megtalálható magyarországi fémleletek, ékszerek, eszközök, fegyverek adatait, és ezeket új adatokkal kiegészítve adja közre. A tárgyak fontosabb adatait részletes katalógus tartalmazza. Későbbi korszakokból is merít a korai fémművesség részletesebb bemutatásához, így átfogó képet ad az őskori bányászati technikákról, beleértve ezek egészségromboló és környezetátalakító hatását is. A kötet rövid összefoglalást nyújt a geológiai, bányászati környezetről, és áttekinti a fémművesség régészeti kutatásában leggyakrabban alkalmazott természettudományos vizsgálati módszereket is.



ARCHAEOLOGIA

