

A KÁRPÁT-MEDENCEI ARCHAOMETALLURGIAI KUTATÁSOK EREDMÉNYEI, AKTUÁLIS KÉRDÉSEI A 21. SZÁZAD ELEJÉN, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A BRONZ- ÉS VASGYÁRTÁS TÁRSADALMI HÁTTERÉNEK VÁLTOZÁSAIRA

RECENT ADVANCES AND NEW QUESTIONS OF ARCHAOMETALLURGICAL RESEARCH IN THE CARPATHIAN BASIN AT THE BEGINING OF THE 21st CENTURY, WITH SPECIAL EMPHASIS ON THE CHANGE IN THE SOCIAL BACKGROUND OF BRONZE AND IRON ARTEFACTS

SZABÓ GÉZA

Wosinsky Mór Múzeum, H-7100 Szekszárd, Szent István tér 26.

E-mail: kaladea@freemail.hu

Abstract

Recently, archaeological research has focused more and more on the material, metallurgy and processing of copper and its alloys, particularly bronze and also of iron. The literature usually arranges metals and metal artefacts, also labelling the great archaeological ages, according to their material and chronology. In our study, we follow a different approach: we review the observations regarding the two metals side by side, in order to point out the most important features that show their role in archaeological research and in sociological processes.

The use of native copper as jewellery (like small pearls, bracelets) can be observed ubiquitously, already from the late Neolithic Age. It became really common and significant, however, in the Carpathian Basin, in the middle period of the separate Copper Age, an era based on the native copper deposits, when even the commonly used tools were made of it in greater numbers. The most typical example of copper usage is the treasure from Szeged-Szillér, found in 1881. Microscopic examination of the segments showed a homogeneous texture, indicating that the artefacts were made of high purity copper. In the archaeological practice, it is only observed on artefacts made of native metals (Szabó 1998). Further examination of the finds from Szillér, also indicates that besides hammering the native metals, the technique of smelting was also used and in order to further improve the utility of metal tools, the crystallite structure of the metal was modified by cooling. According to our measurements, this improved the 60-86 HV hardness of smelted copper to as much as 128 HV.

The evolution of manufacturing already alloyed copper tools, bronze artefacts, utilizing various technological solutions, has reached a level, also in our area, at latest by the early Iron Age, when individual types of products were assembled from mass produced pieces, using the same toolkits. This can be traced by the analysis of stamps on the cistas found in Kurd, but it is further supported by the examination of the hanging ear of a kettle found in Regöly. The double cross-shaped piece was made with the same form, as the one found in a grave in Artánd or another found in grave No. 696 in Hallstatt.

These relatively cheap and simple comparative studies, defined by measures based on technological features, can be extended to other types of artefacts of the era as well, particularly to the finds from the Hallstatt cemetery, which is of great significance regarding the European research. Based on the ornaments on the rich bronze finds from this site, it can also be assumed that these artefacts were made processed by the same toolkit. The pieces made in the same manufacture, might be recognised by the examination of detailed ornaments, which are thus hard to copy by free hand, like birds, horses and other frequent animal figures. In case of carefully designed geometric motifs, the smaller, recurrent errors might be helpful in the identification. The historical and ethnical changes in the background of the emerging mass production in the second half of the 7th century BC, on the boundary of Bronze Age and Iron Age in the Carpathian Basin, are implied by the fact that antecedents of both these products and the technologies used during their production point towards the Anatolian Peninsula. By the population leaving this area in multiple waves for the Carpathian area, for the Balkans, for Italy, or for the Western Mediterranean Basin, Europe was occupied by closely related peoples. Because of the sparsely located copper deposits, in the great territorial unity of the Urnfield culture, it was important to have a central system for directing and organising the distribution of stocks. Societies based on iron instead of bronze, could purchase this much more common ore nearly anywhere, thus it is not that important anymore to maintain the former great cultural unity, knowing the technology of iron smelting. Europe-wide, the same demand is satisfied by artefacts, strongly Orientalist in their design, technology and decoration, or even produced straight away in

Greece or Anatolia, found in the much richer tumulus of the elite than before. The new centres, more or less independent from each other, but covering whole Europe as a dense network, have emerged at the sites of strategically important deposits (e.g. iron ore, salt). Only the Roman conquest creates a bigger territorial unity in the area again, and this also meant the central organisation of mining and supplying of the Empire with stocks. During the Migration Period, metallurgy is based on the local deposits of smaller territories, again. In Hungary, mining and metallurgy could only be centralised in the 13th century, in parallel with the emergence of water power usage. Although it resulted in poorer quality, but it also helped the evolution of mass production and increased the royal incomes.

Kivonat

A régészeti kutatások során a közelmúltban mindinkább előtérbe kerültek a réz és ötvözetek, főként a bronz, valamint a vas anyagának, kohászatának, megmunkálásának kérdései. A szakirodalom általában nyersanyagtípus, illetve időrend szerint rendszerezi a régészeti korszakoknak is nevet adó fémeket, fém tárgyakat. Tanulmányunkban eltérő megközelítési szempontot alkalmazunk: a két fém típussal kapcsolatos megfigyeléseket, ismereteket egymással párhuzamosan tekintjük át annak érdekében, hogy kirajzolódjanak azok a csomópontok, amelyek a régészeti kutatástörténetben, a társadalmi folyamatokban játszott szerepüket jelzik.

A termésvéz elsősorban ékszerek (pl. apró gyöngyök, karperecek) formájában történő felhasználása már az újkőkör végétől széles körben megfigyelhető. Általánossá és igazán jelentőssé azonban éppen a Kárpát-medencében, a termésvéz lelőhelyeken alapuló önálló rézkor középső időszakában vált, amikor már használati eszközök is nagyobb mennyiségben készültek belőle. E nyersanyag típus felhasználására egyik legjellemzőbb példa a Szeged-Szilléren 1881-ben előkerült kincslelet. A csiszolatok mikroszkópos vizsgálat során az egységes szövetsé minden esetben arra utalt, hogy a tárgyakat nagytisztaságú rézből készítették – és ez a régészeti gyakorlatban csak a termésvézből előállított tárgyra jellemző. (Szabó 1998) A szilléri tárgyak egyben azt is jól mutatják, hogy a termésvéz kalapálással történő formálásán túl már az öntés technikáját is használták, illetve a használhatóság növelésére a rács szerkezetet hidegalakítással is megváltoztatták; így az öntött állapotú réz 60-86 HV keménységét mérési adataink szerint 128 HV-ig tudták növelni.

A már ötvözött rézeszközök, bronz tárgyak készítésének fejlődése a változatos technológiai megoldások alkalmazása mellett területünkön is legkésőbb a kora vaskör idején eljutott addig a szintig, amikor az egyes terméktípusokat már ugyanazon eszközkészlet segítségével készült, sorozatban gyártott alkatrészekből szerelték össze. Ez egyértelműen követhető a kurdi cisztákon lévő fenékbélyegek elemzése alapján, de hasonló eredményekre jutottunk a regölyi bogrács kettőzött kereszt alakú függesztőfülének vizsgálata során is, melynek előmintájával készült az ártándi sír és a hallstatti temető 696. sírjának bográcsa is.

A technológiai sajátosságok figyelembe vételével kialakított mérőszámokon alapuló olcsó és egyszerű összehasonlító vizsgálatokat érdemes a korszak más tárgytípusaira is kiterjeszteni, különösen az európai kutatás szempontjából meghatározó hallstatti temető tárgyait, ahol a gazdagon díszített bronz edényeken látható legkülönbözőbb díszítések alapján ugyancsak felmerül, hogy azokat azonos szerszámkészlettel készíthették. Az azonos műhelyhez tartozó darabok szétválasztására kiválóan alkalmasak lehetnek az olyan részletgazdag – és ezért szabadkézzel nehezen másolható – elemek, mint a madár, a ló és egyéb ismétlődő állatalakok. A gondosan szerkesztett geometrikus mintáknál pedig éppen a kisebb, következetesen ismétlődő rendellenességek segíthetnek az azonosításban. A bronzkor és a vaskör határán a Kárpát-medencében a Kr. e. 7. sz. második felében feltűnő sorozatgyártás hátterében meghúzódó történeti, etnikai váltásra utal, hogy e termékek, továbbá az előállításukhoz használt technológiák előzményei a kisázsiai területek felé mutatnak. Az onnan több hullámban érkezőknek köszönhetően Európát a Kárpátokon, a Balkánon, Itálián és a Földközi-tenger nyugati medencéjén át részben rokon népek szállják meg. Az elszórtan elhelyezkedő rézérc lelőhelyek miatt az urnamezős kultúra hatalmas területi egységében még szükség volt a nyersanyagelosztás egyfajta központi irányítására, szervezésére. A bronz helyett a vasa, mint stratégiai nyersanyagra alapozott társadalmak a vasércet már szinte mindenütt beszerezheték, tehát a vaskohászat technológiájának ismeretében ebből a szempontból sem szükséges a korábbi nagy kulturális egység fenntartása. Európa szerte hasonló igényeket kiszolgáló, formájukat, díszítésüket, az előállítás technológiáját tekintve is erősen orientalizáló, vagy egyenesen görög és kisázsiai gyártmányú tárgyak jelennek meg az új hatalmi elit minden korábbinál gazdagabb sírjaiban. Az új, Európát szinte hálószerűen lefedő, egymástól többé-kevésbé független központok már rendre a stratégiai szempontból fontos nyersanyag lelőhelyekhez (vasérc, só) igazodva jönnek létre. A területen majd csak a római hódításokkal alakul ki ismét nagyobb területi egység, a bányászat és a birodalom nyersanyagellátása pedig ismét központi irányítás alá kerül. A népvándorlás kor századaiban ismét a kialakuló kisebb területi egységek helyi érceinek feldolgozásán alapul a kohászat. Magyarországon csak a 13. században sikerül – részben párhuzamosan a vízierő elterjedésével – a bányászati, kohászati tevékenységet központi irányítás alá vonni, ami ugyan minőségromlással járt, de lehetőséget adott a tömegtermelés felfuttatására és a királyi regáléjvédelmek növelésére is.

KEYWORDS: ARCHAEOLOGICAL METALLURGY, BRONZE AGE, IRON AGE, HALLSTATT, REGÖLY, PANNONS, MASS PRODUCTION

KULCSSZAVAK: ARCHEOMETALLURGIA, BRONZKOR, VASKOR, HALLSTATT, REGÖLY, PANNONOK, SOROZATGYÁRTÁS

Bevezetés

Az Archeometriai Műhely 2011. év novemberi vitaülésének előadására készülve a Kárpát-medencei archeometallurgiai kutatások eredményeinek, aktuális kérdéseinek áttekintése során a szűkre szabott területi korlátok között a gazdag és tanulságos magyar kutatástörténeti adatok inkább csak vázlatos ismertetése mellett igyekeztünk azokat a fontosabb csomópontokat kiemelni, amelyek a 21. század elejének régészeti kutatásában is időszerűek, és amelyek elsősorban a bronz- és vaskor társadalmi háttere változásainak megvilágítását segítik.

A régészeti kutatások során a közelmúltban mindinkább előtérbe kerültek a réz és ötvözetek, főként a bronz, valamint a vas anyagának, kohászatának, megmunkálásának kérdései. A szakirodalom általában nyersanyag típus, illetve időrend szerint rendszerezi a régészeti korszakoknak is nevet adó fémeket, fém tárgyakat. Tanulmányunkban eltérő megközelítési szempontot alkalmazunk: a két fém típusal kapcsolatos megfigyeléseket, ismereteket egymással párhuzamosan tekintjük át annak érdekében, hogy kirajzolódjanak azok a csomópontok, amelyek a régészeti kutatástörténetben, a társadalmi folyamatokban játszott szerepüket jelzik. A bronzkortól a középkorig keltezhető példák segítségével arra szeretnénk rávilágítani, hogy melyek azok az alapvető hasonlóságok és különbségek a fém művészetre, a fém használatra, a bronzra, a vásra, mint alapvető fém nyersanyagra épülő társadalmakra vonatkozóan, amelyek kutatása ma nemcsak Magyarországon, de európai szinten is időszerű társadalomtörténeti alapkérdésekre adhat válaszokat.

A magyarországi bronz- és a vasművészet kutatástörténeti csomópontjai

Általános jelenség, hogy vassal szemben a színes fémekhez kapcsolódó kutatások később kezdődnek, és hosszú időn keresztül kevesebb figyelem és támogatás is jut e területre. A késő bronzkori hazai rézkohászat történetének kutatása például majd fél évszázaddal elmarad a vasé mögött. A hazai őskor kutatásában Kubinyi Ferenc volt az első, aki Erdy János és Ipolyi Arnold kifejezését pontosítva a réz helyett a bronz szót használja a mai fogalmaink szerinti bronzkori tárgyra és korszakra egy 1861-ben megjelent írásában. Ezen cikkének előzménye legkorábbi feltárásról, a Hársas hegyi leletekről készült, a Sas 1833. évi számában közölt kézirat volt, amelyet később csak kiegészített a pókahegyi és gombai ásatásokon tett megfigyelésekkel.

(Kubinyi 1861, 87) Az első kézirat és a cikk megjelenése közötti időszak alatt azonban az őskor hármasság tagolása mellett az egyes korszakok elnevezése, sőt a bronz pontos összetétele is tisztázódott. Kubinyi abban is úttörő volt, hogy a hazai kutatásban először készítettett a régészeti tárgyak értékelésére fémanalízist: a hársas hegyi bronzokat 1850 nyarán Szabó József elemezte. (Kubinyi 1861, 111) Az eredmények szerint a három megvizsgált tárgy – „sarlókép görbített vályús lemez, lúdtoll vastagságú rudacs, egy lándzsának hegye” – anyagának fő összetevője a réz, amely néhány százalék ónt tartalmazott, egyértelműsítve, hogy azokat bronzból készítették az egykori mesterek. Ez egyben az ón, mint ötvöző anyag első említése is a magyar régészeti szakirodalomban. (Kubinyi 1861, 81-82) Egy újabb évtized múltán Majláth Béla egy Lucskán talált, magas grafittartalmú kerámiatöredéket olvasztótégelyként határozott meg, kapcsolatot keresve a tárgy előkerülési helye és a környék ércben gazdag lelőhelyei között. Ez az első megfigyelés a Kárpát-medencei színesfém kohászatra. (Majláth 1871) Az 1876-os budapesti régészeti kongresszus újabb lökést adott a magyarországi kutatásoknak, és tovább növelte a hazai régészet nemzetközi tekintélyét. A kongresszuson azonban vita alakult ki a bronzművészet eredetét illetően. Ezért Rómer Flóris egy levélben kérte Szántai Aladárt, akinek előadása a kongresszuson egy szerencsétlen betegség miatt nem hangozhatott el, hogy cáfolja meg a magyarokat ért azon naiv vádak, hogy a bronzművészetet a Kárpát-medencében a cigányok terjesztették volna el. Hiszen Rómer a Magyarországon talált öntőlepletyek és a dunaföldvári öntőmintában talált lemezöntvények alapján már korábban egyértelműen bizonyítottak láttá, hogy a bronzeszközök nem kereskedelem révén kerültek hazánk területére, hanem itt készültek. (Rómer 1866) Szántai Aladár vizsgálatai során arra a következtetésre jutott, hogy az ötvöztetés ismerete Ázsiából terjedhetett el az őskori népmozgások révén, de a hazánkban talált bronztárgyak már helyi érc felhasználásával, helyi bronzművesek kezén készültek. (Szántai 1878, 4, 18-19) A magyarországi bronzkincsek iránt megnyilvánuló nemzetközi érdeklődés ellenére még a régészeti konferenciát követő évtizedben is előfordult, hogy egy-egy nemzetközi hírű tudós kétségbe vonta a magyar bronzkor önállóságát, és az előkerült leleteket csupán kereskedelmi árunak tekintette. Pedig mint báró Nyáry Jenő is felhívta rá a figyelmet, a pilinyi ásatáson előkerült kohók, öntőtégelyek, öntőminták

valamint bronz félkész- és kész tárgyak szintén az önálló magyarországi bronzgyártást bizonyították. (Nyáry 1870; 1885; 1885a) A hazai és az európai régészeti gyakorlatban továbbra is a formai jegyek vizsgálata volt előtérben, de megnőtt a fém tárgyakon végzett természettudományos vizsgálatok száma is.

Hatalmas előrelépést jelentet, amikor a Nemzeti Múzeumban Loczka József, mint múzeumi vegyész 1885-ben megvizsgálta a frissen előkerült kurdi edényeket. Loczka a több mint harminc évvel korábbi első vizsgálatoktól eltérően már nemcsak az ötvözet összetételét, hanem százalékos arányát is pontosan meghatározta. Ezen első, nagy precizitású hazai nedvesanalitikai eredmény szerint a leleteket tartalmazó kazán 81,46 % rezet és 4,57 % ónt tartalmazó ötvözeete viszonylag magas, 13,95 % ólomtartalmú volt, míg a megvizsgált ciszta 88,68% rezet, 11,44% ónt tartalmazó ötvözeete a bronz átlagos arányainak felel meg. (Loczka 1885; 1885a; 1889) Loczka közel kéttucat később közreadott bronztárgy analízisének eredményei és Hampel József óriási anyaggyűjtése a magyarországi bronzkori fém művesség kutatásában is új fejezetet nyitott. Hampel előremutató módon egységben vizsgálta a tárgyak formáját, díszítésének, készítésének, használatának módját, és a funkció meghatározásánál még a babiloni súlyrendszer vizsgálatáig is eljutott. (Hampel 1864; 1880; Hampel 1880a; 1886-96; 1896; 1908) Véleménye szerint a magyarországi bronzkori fém művesség az északi-, a déli- és a keleti-Kárpátokban a felszínen bányászott ércekből dolgozott, az ötvözéshez szükséges ónt pedig távolsági kereskedelem útján Európa más régióiból szerezték be. Loczka vegyelemzései alapján arra is felhívta a figyelmet, hogy a kereskedelem révén pálca, karika, stb., vagy leggyakrabban öntőlepenyek formájában az egyes műhelyekbe eljuttatott nyersanyagtömböknek igen magas volt a réztartalma, ónt viszont alig tartalmaztak. Ötvözéshez szükséges magas óntartalmú tárgyakat csak a szenterzsébeti leletből említett. Mindezek alapján Hampel arra a következtetésre jutott, hogy a bronz leletegyüttesekben talált töredékeknek az újrahasznosításon túl a nyersanyag ötvözésében is szerepe volt. Az öntési eljárások részletes ismertetése mellett (tégely használata, öntés földbe, homokba, agyag- és homokkő, illetve fémformába, viaszveszejtési eljárás) kitért az öntőformák készítéséhez használt előformák kérdésére (nyomóminták agyagból, fából, stb.), és ismertette a Magyarországon addig előkerült öntőminták mintegy felét - összesen 43 darabot. A továbbiakban a fém művesek szerszámkészletének (fűrészek, kalapácsok, vésők) áttekintése mellett az alapvető hőkezelési és fém megmunkálási eljárásokra is kitért. Hampel jól látta az egyes eljárások szerepét, jelentőségét, de indokolatlanul előtérbe helyezte az öntést, a kalapálással előállított

tárgyaknak a ténylegesnél jóval kisebb szerepet tulajdonított. Öntött tárgyaknak tartotta például a valójában kalapálással kialakított fűrészlemezeket is. Időrendi összefüggést látott az alacsony óntartalmú, korábban tartott bronz tárgyak, és a magas technikai színvonalon kivitelezett, főként fegyverekből álló leletek között. Különösen az ötvözet keménységét növelő, színét az aranyhoz közelítő, antimon is tartalmazó kardokat és lándzsákat tekintette ebben a tekintetben mérvadónak. Hampel a hasonló alakú fém tárgyak tömeges elterjedése alapján azt is felvetette, hogy egyes esetekben már nem kereskedelem révén elterjedt árukról, hanem az egyes népek vándorlását jelző tárgyakról lehet beszélni. (Hampel 1886-96, 180-236) Véleményére Otto Helm vizsgálatai is hatással voltak, aki a németországi leletek alapján arra a következtetésre jutott, hogy az antimon tartalmú Kárpát-medencei bronzok egészen a Keleti-tengerig eljutottak. (Helm 1895; 1895a; 1900) Hampel a hallstatti területekkel való szoros kapcsolatok felismerése és az öntött tárgyak mellett egy másik technológiával előállított, az egyre gyakoribbá váló kalapált lemezből készített leletek – különösen a trébeléssel készített bronz edények – elterjedése alapján különítette el a bronzkor kései időszakát, avagy ahogy ő nevezi a hanyatlás időszakát. (Hampel 1886-96, 250-251)

Hampel sok tekintetben korát meghaladó monográfiája a nemzetközi kutatás számára is egyértelműen bizonyította, hogy a kárpát-medencei bronzfeldolgozás műhelyei az alpesi területek és Skandinávia mellett az európai fém művesség legfontosabb központjai közé tartoztak. Miske Kálmán elsősorban a velemi leletek alapján, de gyakorlatilag az egész addig előkerült bronzanyag ismeretében rendszerezte a bronzkori fém művesség kutatásában az 1900-as évek elejéig elért eredményeket. Munkáiban az egyes tárgytípusok csoportosításán túl a kohászattal és a fémöntéssel, fém megmunkálással kapcsolatos legapróbb gyakorlati kérdésekre is kitért. Az egyes munkafolyamatok értékelését nagymértékben megkönnyítette számára, hogy számos esetben maga is végzett régészeti kísérleteket. (Miske 1897; 1899; 1904; 1904a; 1908; 1910; 1912; 1913; 1928; 1929) Megfigyelései között szerepelt, hogy a bronz csak hidegen munkálható meg, melegítve törékennyé válik, izzó állapotban pedig a legkisebb ütésre is darabokra hull szét. (Miske 1904, 124-138.; 1907, 22-30) Alapos és sokoldalú anyagismeretének alapját Otto Kröhke, és főként Otto Helm anyagvizsgálatai szolgáltatták. (Kröhke 1897; 1900; Helm 1895; 1900) A kémiai elemzések eredményei alapján a Velemben talált kénaskő, az érc kohászat félkész terméke alapján bizonyítottak látták a helybeli kohászatot, az antimon bronzok helyben történő előállítását. Ugyancsak az analízisek egyik eredményeként vázolta fel a bronz előállításához szükséges nyersanyagok és

késztermékek cseréje során egész Európát behálózó távolsági kereskedelmet. (Miske 1904, 125-138.; 1907. 30-42.; 1929, 81) Kortársaival szemben Lázár Jenő a sághegyi leletek feldolgozásakor a rézérc termézetes előfordulása hiányában a lelőhelyen talált számos fújtatócső, öntőkanál, öntőlepeny, öntőminta, bronzeszköz, stb. és kéneskő ellenére sem tartotta bizonyítottnak a helybeli kohászatot. Azt viszont a tiszta rézből álló öntőlepenyék, az itteni bronzok antimon helyett ónnal történő ötvözése és a kéneskő alapján a nyersanyagforrás körüli bizonytalanságok ellenére is megalapozottnak látta, hogy a bronz ötvözését helyben végezték el. (Lázár 1941, 145.; 1943, 285)

A második világháború után a korábbi nedvesanalitikai eljárásokkal szemben új lehetőségeket – és veszélyeket is! – jelentett a kutatás számára a spektrumanalízis, melyet Magyarországon először 1953-ban Szegedy Emil Mozsolics Amália kérésére használt késő bronzkori kocsi-alkatrészek elemzésére. (Szegedy 1954) Az egyes tárgyak készítési helyének pontosabb meghatározási igénye miatt egyre inkább előtérbe került a nyomelemek vizsgálata és a bronzkészítéshez szükséges érc kohászati feldolgozása egyes lépéseinek megismerése. Hegedűs Zoltánnak köszönhetően a nagykállói és a telekoldali leletek értékelése során Mozsolics Amália már az első régészeti célú hazai metallográfiai vizsgálatok eredményeire is támaszkodhatott. (Szegedy 1957) Ezzel lényegében teljessé vált az az eszköztár, melyet ma is használunk a bronztárgyak vizsgálatához. Mozsolics Amália személyes kapcsolatainak köszönhetően a hatvanas években az ópályi, a nyírbéltelki, a hajdusámsoni és a kosziderpadlási leletek bronzairól Franz és Eckehart Schubert adta közre az elemzések eredményeit, így sikerült bekapcsolódni a tárgyak nagyszabású analízisvizsgálatainak nemzetközi programjába. (Junghaus et al. 1968) A késő bronzkori fémművesség alapkérdései tisztázásának tekinthető munkájában Mozsolics Amália az ércfeldolgozás egyes körzeteinek felvázolása mellett részletesen kitér a bronzfeldolgozás nyersanyagformáinak, az egyes műveletek során használt eszközöknek, a mesteremberek társadalmi helyzetének tárgyalására is. (Mozsolics 1984, 44-46) Ezzel ismereteink az őskori bronztárgyakról fő vonalaiban teljessé váltak, a nagy elődök után a következő generációknak már szinte csak a részletkérdések tisztázásának korántsem könnyű és lebecsülendő feladata jut. Az 1980-as évektől ugrásszerűen gyarapodó fémvizsgálatok számáról, a rohamosan változó eszközparkról, valamint a vizsgálati módszerekről és a mára kialakult nemzetközi együttműködések sokszínűségéről már e hasábon is többször esett szó, ezért erre az időszakra ezúttal külön nem térünk ki, mindössze utalunk Ilon Gábor, Költő László, T. Biró Katalin kutatásaira

(Ilon 1989; 1990; 1991; 1992; 1992a; 1996; 1998; Ilon & Biró 1991; Költő & Kis 1992; Szabó 2011)

A vasgyártást és kutatástörténetét Gömői János és Kiszely Gyula is részletesen feldolgozta. Kutatási eredményeiknek itt és most csak vizsgálatunk szempontjából fontos részleteit emeljük ki. (Gömői 2000; Kiszely 2007) A vas eredetének, korai feldolgozásának, megmunkálásának kutatása a bronzhoz képest jóval korábban a figyelem középpontjába került: egyrészt mert az ipar szempontjából a legjelentősebb fém nyersanyagról volt szó, másrészt a vizsgálatokból remélhető haszon miatt. A frissen alapított Magyar Nemzeti Múzeumban már 1808-ban megalakították a Technológiatörténeti Osztályt. A kohászati tevékenységre utaló salakdarabokról szóló első hírek értékelését megnehezíti, hogy sokáig nem tettek különbséget vassalak és bronzsalak között. A kettőt gyakran összekeverték, sőt, még arra is volt példa, hogy a vassalakot is a bronzolvasztás melléktermékének tartották. A vasérc feldolgozására vonatkozó első adat ennek ellenére megelőzte a rézércekről szóló híradást. Kralovánszky László a munkácsi vasgyár történetének feldolgozása során írja le 1854-ben, hogy a környéken szinte minden völgyben található vastartalmú salak. Mindezek ellenére az első vasbucadarab előkerülésére, amit Kubinyi Miklós talál Krasznahorkán, egészen 1892-ig kellett várni. A millennium évében a gyalári vasolvasztó kemencéről pedig már rajz is készült. Ma kissé meglepőnek tűnhet, hogy az első dokumentált kohók Veszprém megyében kerültek elő, bizonyítva a dunántúli vasgyártást. (1908, 1911, 1936). Aztán a Kohászati Múzeum 1949-es megalapításával kezdett kialakulni az a szervezeti háttér is, amely az addigi véletlenszerű leletmentések helyett már a célzottan kohászati témájú feltárásokat helyezte előtérbe. (Kiszely 2007, 135-136) Nováki Gyula 1952-ben megkezdte Sopron-Magashíd lelőhelyen a salakdomb feltárását, majd az újmassai kohó kutatását, rekonstruálását. (Gömői 2000, 174) A véletlennek köszönhetően került elő a soproni római kori temetőben egy vasolvasztó, amelyet az 1955-ös leletmentésen R. Alföldi Mária tárt fel. (Gömői 2000, 170) A vas és acél országában a közgondolkodásban is sokkal erősebb volt a vasgyártás iránti érdeklődés, a Kohászati Történeti Bizottság megalakításakor (1956) a történelmi Magyarország egykori és mai kohásztörténetének kutatását jelölték meg célként. Az anyagi támogatást az akkori politika biztosította a Kohó- és Gépipari Minisztériumon keresztül. A Bizottságban a régészeti feltárásokat a soproni Liszt Ferenc Múzeum régésze, Nováki Gyula végezte Vastagh Gábor műszaki szakértői segítségével mellett. Vastagh Gábort vegyész-mérnöki végzettsége ellenére egész életében a kohászat érdekelte, és különösen nyugdíjazása után szinte már csak e terület kutatásával foglalkozott, elévülhetetlen érdemeket

szerezve a magyar kohászattörténet területén. A leletek értelmezéséhez azonban elengedhetetlen volt a történeti háttér kutatása, amely feladatot Heckenast Gusztáv történész vállalta. Nováki és Vastagh 1959-1964 között majdnem minden évben újabb és újabb kohókat tárt fel (Felsőkelecsény, Imola-Tóberke, Trizs, Jósvalő). Az ásatásokon előkerülő X-XII. századi edénytöredékek a kohók korára, a vasolvasztók, a salakok, a fűvókák pedig a korabeli technológiára utaltak. Ez utóbbiak alapján Zoltay Endre kohómérnök az imolai olvasztókemence alapján megépített kohóban elvégezte az első hazai sikeres olvasztási kísérletet. (Kiszely 2007, 136) Vastagh Gábor kidolgozta a vassalakok vizsgálatának komplex módszerét, amely lehetővé tette a honfoglalás kori vasolvasztás technológiájának elméleti és gyakorlati megismerését, végső soron A magyarországi vaskohászat története a korai középkorban. (A honfoglalástól a XIII. századközepéig) című könyv megjelenését. (Heckenast et al. 1968) Ezt jól kiegészítette Heckenast Gusztávnak a magyarországi vaskohászat történetét a XIII. századtól a XVIII. század végéig tárgyaló munkája. (Heckenast 1991) Így a monografikus feldolgozásokkal a vaskohászat kutatástörténete nem csak korábban kezdődött, de hősora is előbb lezárult, mint a bronzkori metallurgiáé. A Sopronban 1980-ban, az MTA Veszprémi AB Iparrégészeti és Archeometriai Munkabizottsága által rendezett első hazai iparrégészeti konferencia, majd 1996-tól a somogyfaiszi leletek megmentésén túl is jelentős szerepet játszó Dunaferr-Somogyország Archeometallurgiai Alapítvány és konferenciái jelentős mértékben segítették a kutatás folyamatosságát, miként Hadobás Sándor, Kiszely Gyula, Magyar Kálmán, Rempert Zoltán, és Szemán Attila kutatásai is. Azonban a vasművesség újabb, Gömöri János által végzett immár teljeskörű adatgyűjtésére így is az ezredfordulóig kellett várni (Gömöri 2000). A bronzkori metallurgia hasonló katalógusának még tervezéséhez sem értünk el. A régészeti célú kohászati kísérletek terén a regölyi, százhalmibattai, nagytényi bronzolvasztások (Szabó 1996) néhány alkalmával mellett a rendszeres kutatást ezen a területen is Gömöri János, Thiele Ádám nyári vasas táborai jelentik. (Thiele 2011) A bronz- és vasolvasztás kétségtelen eredményei ellenére a kísérletezők kemény munkájuk tanulságai alapján abban egyetértenek: az egykori mesterek szintjének eléréséhez még rengeteget kell fejlődniük...

A rövid kutatástörténeti áttekintésből is jól látható, hogy a vaskohászattal kapcsolatos kutatások a kezdetektől szoros nemzetközi kapcsolatok segítségével, jelentős társadalmi és anyagi támogatással, erős ipari és műszaki háttérrel rendelkezett. (Török 2010a) Ez elsősorban a színesfém kohászattal szemben a vasnak az iparban, a társadalomban betöltött jelentősebb szerepével

magyarázható. Érdekes azonban, hogy ennek ellenére a feldolgozások zöme vizsgálat- és adatközpontú, a kiváló monografikus feldolgozások ellenére is (Gömöri 2000) még mindig hiányzik a régészeti leletek vizsgálatoknál a teljeskörű értékelés és megközelítés. Általában az anyagösszetétel vizsgálatokra koncentrálva elmarad a rácsszerkezetre, a technológiára, a használhatóságra vonatkozó metallográfiai adatok komplex értékelése és történeti szempontú összehasonlítása. (Hellebrandt 2010, Czajlik 2002). Ez magyarázza, hogy a hazai kutatásokban a fentebb már kifejtett elmaradások ellenére a bronzkori tárgyak komplex archeometallurgiai vizsgálata, szemlélete mégis előrébb tart. (Szabó 1996a; Kienlin 2010)

A bronz- és vas feldolgozásának összehasonlítása, az alapanyagváltás társadalmi és településtörténeti vonatkozásai

A réz és a vas egyaránt előfordul a természetben. Hazánkban a legfontosabb terméshéz lelőhelyek Nagyörzsöny, Aszalás-hegy, Recsknél a Baj-patak és Lahóca környéke, Rudabánya, Parádsasvár, Sirok, Szabadbattyán – vagyis elsősorban a Börzsöny, a Mátra, a Velencei-hegység területén. A ritka, de előforduló vasmeteoritokat általában lelőhelyükről nevezik el. A történeti Magyarország területéről a hrasinaival együtt nyilvántartott 24 meteoritnak csak egy része vas-nikkel tartalmú. Az ismertebbek közül a lénártói (108,6 kg, Szlovákia, 1814) darab a Magyar Nemzeti Múzeumban látható, a hrasinai meteorit hullás (Horvátország, 1751) darabjaiból Európa több múzeuma is szerzett magának. A bécsi Naturhistorisches Museumba került 2,8 kg-os darabból a múzeum öre, Paul Partsch és báró Brudern József késeket és kardokat készített, melyek pengéi hasonló mintázatúak lettek a damaszkuszi acélból készült kardok mintázatához – ez az első Kárpát-medencei adatunk a meteoritvas feldolgozására. (A legutóbbi adatunk pedig egy 1995-ben, a kaposfüredi plébánia udvarán méteres krátert vájó 2,5 kilogramm tömegű vasmeteoritról tudósít.) (Kubovics et al. 2001)

A terméshéz elsősorban ékszerek (pl. apró gyöngyök, karperecek) formájában történő felhasználása már az újkőkor végétől széles körben megfigyelhető. Általánossá és igazán jelentőssé azonban éppen a Kárpát-medencében, a terméshéz lelőhelyeken alapuló önálló rézkor középső időszakában vált, amikor már használati eszközök is nagyobb mennyiségben készültek belőle. E nyersanyagtípus felhasználására egyik legjellemzőbb példa a Szeged-Szilléren 1881-ben előkerült kincslelet. A kincslelet tárgyain mért keménységi értékek alapján megállapítható, hogy az adatok alapvetően három csoportra oszthatók:

A.) 60-86 HV keménység figyelhető meg az öntőlepenynél és az eszközök öntött, megmunkálatlan részeiből vett mintákon. A csiszolatokon látható öntött, *as cast* állapot keménységi értékei közötti eltérés az eltérő hűtési sebesség miatt kialakuló, némileg eltérő szövetszerkezettel magyarázható.

B.) 90-114 HV keménységi érték figyelhető meg a tárgyak egy részénél az élek és a megmunkált részek környékéről vett mintákon. Általában ezeken a területeken a felszínen gyakran voltak kalapálásra utaló apró, lencse alakú bemélyedések. A csiszolatokon pedig egyértelműen észlelhető volt a hidegen történő megmunkálás.

C.) Magas, 128 HV értéket csak egy esetben lehetett mérni, az ellentett élű csákány nagyobb élének letörése után kalapácsként használt ütőfelületénél.

A csiszolatok mikroszkópi vizsgálatok az egységes szövetszerkezet minden esetben arra mutat, hogy a tárgyakat nagytisztaságú rézből készítették, amely a régészeti gyakorlatban csak a természetfém előállított tárgyakra jellemző. (Szabó 1998) A szilléri tárgyak egyben azt is jól mutatják, hogy a természetfém kalapálással történő formálásán túl már az öntés technikáját is használták, illetve a használhatóság növelésére a rácsszerkezetet hidegalakítással is megváltoztatták – így az öntött állapotú réz 60-86 HV keménységét a mérési adataink szerint 128 HV-ig tudták növelni.

A meteorvasak feldolgozására környékünkön csak a hrasinai darabból kovácsolt késekre, kardokra van meglehetősen késői adatunk, de az ókori keleten erre már a neolitikumtól vannak adatok (Tepe Sialk, Uruk, Ur: Tylecote 1987, T.1.5.) Vagyis a közhiedelemmel ellentétben a vas felhasználása lényegében a réz általános használatával közel egyidejűleg kezdődött! A természetfém állapotban előforduló két fém megmunkálása is lényegében a kőeszközökhöz hasonlóan történt – mintegy kalapálással alakítható kőzetként kezelték. A parázsnál alig magasabb hőmérsékletigénye miatt fújtatás segítségével a réznél hamar áttértek az öntésre is, a vasnál a magasabb olvadáspont miatt ez még sokáig nem volt kivitelezhető. A természetből készen begyűjthető, ritka vasat továbbra is elsősorban különleges értékű presztízstárgyak készítéséhez használták. Nem véletlen, hogy ezekkel Alaca Hüyük, Trója, Hagia Triada, Ugarit leggazdagabb sírjainak leletei között találkozunk. Ezek közül is leghíresebbek talán a mükénéi oroszlánabrázolásos, aranyberakásos vastör, illetve a Tutankhamon mellett talált vastárgyak (miniatur vésők, fejdísz, tör). Ezen leletek körén kívül kohósított vasból is készítettek eszközöket a Hettita Birodalom területén – gyakorlatilag már a mi középső bronzkorunk idején.

A viszonylag szűk területre korlátozódó és kis mennyiségű, véletlenszerűen előforduló – így gyorsan kimerülő természetfém lelőhelyekkel szemben a nagyságrendekkel nagyobb mennyiségben előforduló érctartalmú kőzetek sokkal kiegyensúlyozottabb nyersanyagellátást tesznek lehetővé. Azonban az ércek feldolgozásához ismerni kell a kohászat nem egyszerű, érc típusonként is változó technológiáját. Az egyszerű redukciós eljárással akár közvetlenül is, könnyebben kohósítható oxidos rézérc lelőhelyek aránya kisebb, de Rudahegy, Lahóca, Nagyörzsöny területén ezek is megtalálhatók. Oxisók, szulfidok, tiósók már jóval szélesebb körben, Rudabánya, Recsk, Gyöngyös, Bakonya, Erdősmecske, Magyarürög, Pécs, Balatonfüred, Nemesgulács, Litér, Szabadbattyán, Gánt, Lábatlan, Velem, Felsőcsatár, Fertőrákos környékén fordulnak elő. A gilmarit, réz-arzenát Pécs Kozár melletti lelőhelye a kora bronzkorban általánosan elterjedt arzéntartalmú bronzok szempontjából is érdekes lehet, de fontos megjegyezni, hogy hazánk területén egyértelmű helyi ércfelhasználásra utaló adatot eddig nem találtunk. Csak az egyértelmű, hogy nem csak a természetfém olvasztása, de érceinek kohósítása is már a rézkor végén megkezdődött, mint azt M. Virág Zsuzsanna még közöletlen Budapest környéki badeni arzén tartalmú bronztárgyai mutatják. Az eddigi elemzések eredményeinek ismeretében felvázolható bizonyos trend a felhasznált ércekkel összefüggésben a késztermékekben megjelenő ötvöző- és szennyezőanyagokra vonatkozóan, mely az arzéntől az ónon át az antimonig tart. Ez azonban nem okvetlenül függ össze a bányavidékekkel, a jelenség hátterében az érc képződési folyamatok, a bányák kimerülése is állhat. (Pásztor et al. 1990, 15)

A vasércet jóval nagyobb mennyiségben és több helyen fordulnak elő, mint a rézércet. A földkéreg mintegy 5%-át alkotó vas az egyik leggyakoribb elem, amely ferro- (Fe^{2+}) és ferri- (Fe^{3+}) vegyületeket alkot. Felhalmozódása, dúsulása az oxidációs állapotától függ, szempontunkból különösen a felszín közeli gypvas ércek, valamint a bányászott neogén ércek fontosak. A vasércet előfordulása az eddigi szakirodalom szerint a Mátra, Tokaj, a Bakony, a Mecsek, a Soproni-síkság és -dombság, valamint a Somogyi-dombság területén gyakori. (Gömöri 2000, 258-262) Azonban az elmúlt években a különböző nagyberuházásokhoz kapcsolódó régészeti szakfelügyeleteink, leletmentéseink során előkerült kohó- és salakmaradványok alapján (Bátaszék-Leperd, Szedres-Apáti pusztá, Regöly, Dombóvár) ma már nyilvánvaló, hogy a vasérc lelőhelyek száma ennél sokkal, de sokkal több, és területi eloszlása szerint is a korábban feltételezettnél jóval sűrűbb. Mint a fentiekben is jól látható, mindkét fém ércei Magyarországon széles körben

bányászható, azonban eddig csak a helyi vasérc felhasználására van biztos, régészeti adatunk – sajnos az is csak a kelta időszakból. (Sopron-Krautacker, Gömöri 2000, 172-174) Azonban érdemes napirenden tartani a kérdést, mert Ilon Gábor az érctelep gödreiben megfigyelt római kori és esetleg keltaként meghatározott edénytöredékek jelenléte alapján például Nardánál is elképzelhetőnek tartja a magyar középkort megelőző használatot. (Ilon & Isztin 2007, 162) A Kárpát-medencében kisázsiai hatásra a vastárgyak szórványosan már a Kr. e. 13-11. században, a késő bronzkorban megjelentek (Oláhlapos, Magyarláros, Rozália, Királykegye, Papd, Új-Tátrafüred, Nagylomnic), bár ezek hitelessége azonban sokszor megkérdőjelezhető, ezért ezekkel nem is foglalkozunk részletesebben. (Ferenczy 1999, 107-108). Noha az egyértelmű, hogy kisebb vastárgyakkal az adott időszakban már szélesebb körben is számolnunk kell – erre mutat a Ha A1-Ha B időszakra keltezett szentkirályszabadjai kincsletben talált vas tű is. (Ilon 1998, 182., 189) A kora vaskor egyértelműen keletről érkező népeinek útját már jelentős tömegű vas fegyverzet, lószerszám jelzi. Arra azonban egyelőre nincs bizonyíték, hogy ezeknek akár csak egy részét is itt kohósított ércből készítették volna. A helyi vaskohászatot bizonyító első adatok a Kr. e. 7. század második felében, a közvetlenül a kisázsiai területekről beköltöző pannonok és hasonló sorsú társaik európai megjelenésével köthetők össze. (Szabó & Fekete 2011) A Regöly csoporttal egykorú népek közül délre Szlovéniában, a Krka völgyében fekvő Dolenjskih Toplicah lelőhelyről ismert vasérc olvasztására használt gödörkohó. (Dular & Kriz 2004) Tőlünk északra, a híres korabeli barlangi lelőhely, Bícyskőla is egy vasérctelepbe mélyed. Itt számos kalapács, kovácsszerszám bizonyítja a helyi vaskohászatot. (Parzinger et al. 1995, T. 49)

A vas eszközök helyi gyártásának általános elterjedése után is még hosszú ideig megmarad a bronztárgyak párhuzamos készítése. Még olyan fontos területen is igaz ez, mint a fegyverzet előállítása: a regölyi páncéldarabok között bronz- és vas pikkelylemezek egyaránt találhatók. (1. ábra) A széles területen és hosszú ideig használt szkítákori háromtollú bronz nyílhegyek arra is felhívják a figyelmet, hogy bizonyos tárgytipusok tömeges gyártásánál a könnyebb, precízebb előállítási mód lehetősége a vas nagyobb keménységéről vallott általános nézettel szemben fontosabb szerepet játszott. A keménységmérések egyébként világosan mutatják, hogy a megmunkált, hőkezelt bronztárgyak keménysége meg is haladhatta a gyengébb minőségű vastárgyakét. (Szabó 2001) A két kohászati technológia tehát egymás mellett él tovább – valószínűleg még hosszú időn át egymástól nem teljesen elkülönülten, amit a kora vaskorban megjelenő bimetal tárgyak is jeleznek.



1. ábra: Bronz pikkelylemezek díszítőcéllal felhasználása vas páncélon. 1-12.: Regöly, Strupka-Magyar birtok.

Fig. 1.: Decorative bronze scales on an iron armour. 1-12.: Regöly, Strupka-Magyar estate

Ez már önmagában is felveti a kérdést, hogy mi a két eljárás közötti alapvető különbség? F. Tylecote a technológia oldaláról közelítve a vas és a színesfémek metallurgiája között két alapvető különbséget lát. Egyrészt a színesfémek esetében a folyékony fémtől választják el a salakot, míg a vasérc kohósításánál lényegében a salakot olvasztják ki a vasból. Másrészt a réz és ólom kohászatához sokkal erőteljesebben redukáló környezet kell, mint a vashoz. (Tylecote 1987, 151) A szükséges feltételek közül azonban ha például az egyik legfontosabb, a hőmérséklet oldaláról vizsgáljuk a dolgot, akkor azt látjuk, hogy a korai bucatechnológiáknál a vas előállításához lényegében nem kell magasabb hőfok, mint a bronzolvasztáshoz, elegendő az 1000-1100 °C. Egyébként az érc előkészítésének menete (válogatás, tisztítás, mosás, pörkölés), a kohósítás (faszén, az érc és salakképző keveréke), illetve a korai időszakban gödörben, majd kohóban történő olvasztás is fejlődéstörténete is nagyon hasonló. Tehát a bronzkorban hosszú időn át bárhol adottak lettek volna a műszaki feltételei annak, hogy áttérjenek a vasgyártásra. Így Tylecote-tal szemben úgy tűnik, hogy a lényegi – bár technológiai szempontból tényleg fontos – kérdés nem az, hogy kicsit sarkított megfogalmazásban: a fém

csapoljuk le a salakról, vagy a salakot a fémről, hanem az, hogy melyek lesznek azok a hatások, amelyek következtében Európa jelentős részén a korai vaskor végén közel egy időben megfigyelhető lesz az alapanyag váltása. Gyártás szempontjából azonos műszaki háttér mellett a bronz csak egyetlen előnnyel rendelkezik a vassal szemben: azon a hőfokon, ahol a vas még csak a kovácsolás utólagos, nehéz munkájával – ráadásul egyenként – alakítható, a rézötvözetek könnyedén és nagy precizitással végső formájukra önthetők akár nagy sorozatokban is.

A sorozatgyártás lehetőségének és korlátainak vizsgálata a két alapanyag esetében azért rendkívül fontos kérdés, mert az azonos műhelyben készített termékek elkülönítése lehetőséget ad a történeti, időrendi összefüggések pontosabb megvilágítására. A bronzöntés, az öntőminták és –formák használata a kezdetektől önmagában hordja a sorozatgyártás lehetőségét, s ezzel főleg helyi felhasználásra kisebb szériák gyártására éltek is a korabeli mesterek. A kora vaskortól azonban már egész Európában felbukkannak rendkívül hasonló tárgyak, melyeknél azonban sokszor csak egy-egy részlet mutat különösen nagy hasonlóságot. **(2. ábra)** Éppen a bronz-vas nyersanyagváltás időszakában egy új jelenséggel is találkozunk: a tárgyak egy részét már sorozatban gyártott alkatrészekből állítják össze. Kontinensünket széles sávban érő orientalizáció hatására megjelenő új díszítésmódok mögött gyakran új technológiák, szerszámkészletek használata is kimutatható.



2. ábra: A kurdi kincslelet (1886) cisztáinak alján látható díszítés összehasonlító vizsgálata az azonos eszközzel készített darabok meghatározására. A 62.886.1. leltári számú tárgyról vett lenyomat illeszkedése a 62.886.4. Ltsz. ciszta alján.

Fig. 2.: Comparison of the decoration on the bottom of the cist in the treasure from Kurd (1886), in order to identify pieces made using the same tools. The imprint of artefact No. 62.886.1 fits the decoration on the bottom of the cist No. 62.886.4.

Armgar Geiger a Kr. e. 8. század közepétől a 7. század végéig elszórtan a görög területeken is előforduló, de alapvetően Itália etruszkok lakta részeire jellemző pajzsokon – melynek előzményei Urartuig követhetők – figyelte meg célszerszámok sorozatának használatát. (Geiger 1994; Özdem 2003, 214-219; Köroglu & Konyar 2011, 240-242) (Egyelőre nehezen magyarázható jelenség, hogy ugyanezen ember-, állat-, növény és geometrikus mintákkal a jóval későbbre datált bronzedényeken is találkozunk, mint pl. a hallstatti temető számos sírjában.) Ez a műhelytevékenység, a munkaszervezés magasabb szintje, egyfajta manufakturalizálódás felé mutat, amelynek előzményeit az ókori kelet területén találjuk meg, és így a háttérben Európa bronzkor végétől eltérő etnikai és társadalomszerkezetére is utalhat. A kurdi kincsleletben például az első pillantásra nincs két egyforma ciszta. A 14 darab hengeres, bordázott falú bronzvödör szerkezetileg négy, külön-külön elkészíthető részből áll. A két fület a palásthöz szögecselt kettőshurkú fül rögzíti. **(3. ábra)** Az egyetlen lemezből hengeresre hajlított palástot az egyik oldalon szögeccseléssel zárták össze, a külön darabból elkészített alját pedig az érintkező részek visszaperemezésével rögzítették. **(3/2. ábra)** A legtöbb esetben az áltordirozott, viaszveszejtéssel megöntött fülek között nincs két egyforma, de ugyanakkor a fülek madár alakúra visszakalapált vége teljesen hasonló. A bronzszáלבól hajlított és szegeccseléssel rögzített hurkos függesztőfülek a kialakítás módja miatt kisebb eltéréseket mutatnak. A hengeres palást külső oldalán – különösen az összeszegeccselésnél – több esetben is megfigyelhető egy ellendarab, egy célszerszám nyoma, amit a lemezből kikalapált merevítőbordák külső oldalának tövében figyelhetünk meg. A bordák méretében és egymástól való távolságában eltérések vannak: ez adódhat a szabadkézzel készített lemezdomborítás technológiájából. A negyedik alkatrészen, a fenéklemez közepén azonban a legtöbb esetben méretében, szerkezetében, de még a körtől enyhén eltérő szabálytalanságában is nagyon hasonló minta figyelhető meg: a középső dudort háromszoros körbefutó borda (Kreisringbuckel) veszi körül. A külső borda szélén utólagos igazítás, kalapálás nyom látható. **(3/3. ábra)** A jelenségek összessége alapján felmerült a beütő szerszám, bélyegző használatának lehetősége. A 62/866.1. és 62/866.3. leltári számú ciszták aljáról műanyagból készült lenyomatot vettünk, amiből a fotózhatóság érdekében egy körcikket kivágtunk, majd ezeket a pozitív mintákat megcseréltük. **(3/4-5. ábra)** Azt tapasztaltuk, hogy a csere után is mindkettő minimális eltéréssel illeszkedett, az eltérés az aszimmetriából és az eltérő erővel történt beütéstől ered, de egyértelmű az azonos beütő szerszám használata.



3. ábra: A kurdi kincslet (1886) cisztáinak alján látható díszítés összehasonlító vizsgálata. 1.: A 62.886.3. ltsz. ciszta ; 2-3.: A 62.886.1. Ltsz. ciszta aljának rögzítése és díszítése.; 4-7.: Illeszkedő lenyomatok (62.886.1., 62.886.3., 62.886.2. Ltsz.). 7.: A 62.886.3. Ltsz. ciszta díszítéséről vett lenyomat nem illeszkedik a 62.886.6. Ltsz. tárgy hasonló szerkezetű, de nagyobb méretű fenékbélyegébe.

Fig. 3.: Comparison of the decoration on the bottom of the cist in the treasure from Kurd (1886). 1.: Cist No. 62.886.3; 2-3.: Fixation and decoration of the bottom of cist No. 62.886.1; 4-7.: Fitting imprints (Cist No. 62.886.1, No. 62.886.3, No. 62.886.2). 7.: The imprint of the decoration on cist No. 62.886.3 does not fit the stamp on cist No. 62.886.6, having a similar structure, but bigger size

A pozitívokat belepróbáltuk egy kurdi ház padlásáról a Wosinsky Múzeumba került, L44/933.1. leltári számú, formailag a leletegyüttes darabjaihoz hasonló vödör aljába is. Ennek sajnos a fenékdíszítése részben hiányzik, de az illeszkedő pozitívek alapján a továbbiakban nem lehet kétséges, hogy ez a később múzeumba került tárgy is a Kaposból előkerült leletekhez tartozik. Szathmári Ildikó segítségével a Magyar Nemzeti Múzeum kiállításán lévő kurdi vödrök aljába is belepróbáltuk a pozitívokat és a 62/866.2., 62/866.4., 62/866.5., 62/866.7., 62/866.9., 63/866. leltári számú tárgyaknál mindkét pozitív illeszkedése tökéletes volt. **(2. ábra, 3/6. ábra)** Az eddig vizsgált darabok között csak egy esetben találtunk eltérést, ott azonban nem csak a fenékbélyeg mérete, hanem sima, tordírozás nélküli füle is eltért a többi vödörétől (62/866.6). A fenékdísz azonos szerkezete, megjelenési formája mellett a pozitívoktól egyértelműen eltérő mérete más beütő szerszám használatára utal. **(3/7. ábra)** Ez egyben az ellenpróbája is annak, hogy az azonos szerszámmal készült alkatrészek kimutathatók a korszak cisztái között, illetve a látszólagos formai hasonlóság ellenére is több beütő szerszámmal kell számolnunk. Az csak a hazai és külföldi párhuzamok további, szélesebb körű vizsgálatai alapján deríthető ki, hogy az eltérő szerszámlenyomatok mely esetben jelentenek eltérő műhelyt is. Hiszen akár egyetlen mesternek is lehet több, eltérő méretű és formájú szerszámkészlete. A legfontosabb lydiai leleteket őrző usaki múzeumban Sabiha Pazarci segítségével köszönhetően például sikerült alaposabban is szemügyre venni egy Kr. e. 7. századra keltezhető, az egyszerű geometrikus formáktól a bonyolultabb növényi mintákon át az állat- és emberalakos ábrázolásokig mindenféle korabeli bronz beütő szerszámot tartalmazó készletet. (Bilgi 2004, 125; Özgen & Ötörk 1996, 218-230) A sorozatban gyártott alkatrészekből összeszerelt termékek, a célszerszámok, mintázó eszközök használata már inkább a manufaktúrális termeléshez közelítő állandó műhelyre utal és nem a homéroszi korban már lenézett, földönfutóknak tartott vándormesterek tevékenységére. A Kr.e. 7-6. század fordulójára keltezhető kurdi ciszták alapján tehát a korabeli fémművesség munkaszervezetét is érintő változásokkal kell számolnunk. A hengeres falú bronz vödrök használata az iráni népeknél a mai napig általános, már a nimrudi palotában és más asszír domborműveken is számos esetben ábrázolják, amint egy – talán a szent szóma italhoz szükséges – növényt szednek. A kötött szerkezetű, rituális témájú ábrázolások arra is felhívják a figyelmet, hogy ezeket az edényeket nem lehet egyszerűen csak hétköznapi használati tárgyaknak vagy valamilyen technológiával készített és díszített bronzeszközöknek tekinteni. Használatuk mögött

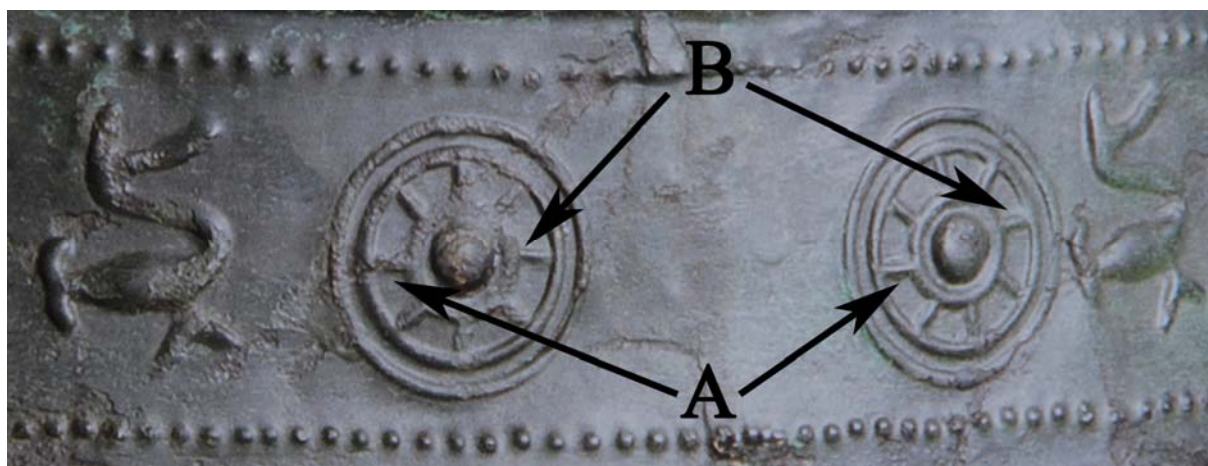
mindig egy szokásrendszer, életforma és világkép húzódik meg – ezért elengedhetetlen az időrendi, technológiai és kultúrtörténeti szempontú komplex vizsgálatuk. A bronz vödrök előzményeinek használata Keleten a bronzkortól folyamatosan megfigyelhető (Bilgi 2004, 86, 103; Özdem 2003, 276-279). A bordázott falú változat formai előzményei a Kr. e. 8. századtól Urartu, Gordion bronzanyagaiban (Bilgi 2004, 110-111) jelennek meg, mint azt az ankarai múzeum kiállításán látható kos- és oroszlánfejes ciszták oldalának kialakítása is mutatja. A gordioni edények esetében fontos külön is hangsúlyozni a formai hasonlóságot, hiszen ezek a tárgyak meglepő módon öntéssel készültek. Így a kurdi és az ahhoz hasonló típusú ciszták jól követhetően jelzik a fémművesség terén a hazai – és az egész európai! – anyagban azokat a Kr. e. 7. század második felétől a díszítésben, tárgytípusban, technológiában, munkaszervezésben jelentkező új jelenségeket, melyek gyökerei a fentiek alapján nem lehetnek kétségesek. Mint ahogy az sem, hogy a különleges, a kultuszélethez szorosan kötődő tárgytípusok mellett megjelenő egyéb jelenségek (új technológiák, tárgyak, díszítések - a települések jellegétől a temetkezés ritusának megváltozásáig) már túllépnek azon a szinten, ami a presztízstárgyak ajándékozásával lenne magyarázható. Fontos megjegyezni, hogy a kurdi és Hallstatt 769. és 910. sírjában talált hasonló cisztákat Patay Pál egyértelműen elkülönítve az itáliai gyártmányoktól a kelet-alpi fémművesség helyi termékeinek tartotta. (Patay 1990, 78) Az általa említett két párhuzam közül azonban formája, szerkezete, fenékdíszítése alapján csak a 769. sír cisztája hasonlítható a kurdiakhoz. A másik sír vödre egyetlen és eltérő kialakítású fülével, négy bordájával és sűrűn poncolt díszítésű oldalával, omphalloszos aljával nem tekinthető párhuzamnak. (Prüssing, 1991, T. 106, 327., T. 104, 322) Ugyanakkor a hallstatti temető további sírjaiban (574, 660) is találhatók a minta szerkesztésében a kurdi ciszták többségén látható fenékbélyegekhez a rajzok alapján nagyon hasonló, de mindenképpen további összehasonlítást igénylő díszítések. (Prüssing 1991, T. 106, 326., T. 105, 325.)

Az sem mellékes, hogy a korszak névadó lelőhelyén hasonló, a középső dudort háromszorosan körbefutó bordadíszítés variációját számos esetben különböző edénytípusokon is megtalálhatjuk. Például az 507. sírban talált edénytartó állvány oldalán több, körbefutó sorban is. A fotókon jól látható, hogy itt a két külső koncentrikus bordapárt sugárirányban a belsővel összekötő kis küllőszerű egyenesek egy része nem a középpont felé mutat, és ez a többi hasonló díszítőelem esetében is következetesen ismétlődik. (Lammerhuber & Kern 2010) **(4. ábra)**



4. ábra: Azonos beütő szerszám használatára utal a geometrikus mintasoron megfigyelhető apró, de következetesen ismétlődő eltérések sora (Hallstatt, 507. sír, edénytartó részlete Lammerhuber 2010. alapján)

Fig. 4.: The small, but recurrent errors in the geometric pattern indicate the usage of the same stamp (Hallstatt, tomb No. 507, part of a baseframe, according to Lammerhuber 2010)



Ez jól mutatja, hogy a kurdi cisztákban elvégzett olcsó és egyszerű vizsgálatokat érdemes kiterjeszteni a korszak más tárgytypusaira is, különösen az európai kutatás szempontjából meghatározó hallstatti temető tárgyaire, ahol a gazdagon díszített bronz edényeken látható legkülönbözőbb díszítések alapján felmerül, hogy azokat azonos szerszámkészlettel készítették. Az azonos műhelyhez tartozó darabok szétválasztására kiválóan alkalmasak lehetnek az olyan részletgazdag, és ezért szabadkézzel nehezen másolható elemek, mint a madár, a ló és egyéb ismétlődő állatalakok. A gondosan szerkesztett geometrikus mintáknál pedig éppen a kisebb, következetesen ismétlődő rendellenességek segíthetnek az azonosításban. (Püssing, 1991, T. 122-134; Geiger, 1994, 23) (**4. ábra**)

A kurdi ciszták áltordirozott fülével megegyező formájú és kialakítású fogókkal szerelték a kettőzött kereszt alakú függesztőfüllel ellátott bográcsokat is. (Szabó 2009; Szabó & Fekete 2011, 39. tábla 5) (**5/1.1. ábra**) A két tárgytypus együttes előfordulása elég gyakori, csak néhány fontosabb lelőhelyet említve is látható, hogy használatuk Hallstatt, Helpfau-Uttersdorf, Kleinklein, Býčí skála, Heuneburg sírjaiban az új, kora vaskori elit temetési

szertartásához kapcsolódik. (Prüssing 1991, 69., 72; Parzinger et al. 1995, T. 39) Patay Pál munkája során alapvetően a bográcsok ívelt alja és a kettőzött kereszt alakú függesztőfül használata alapján, lényegében a funkcióból eredő, a készítés módjától és kortól is jelentős mértékben független jelenségek alapján különítette el az általa B1 csoportba tartozó tárgyakat. Az eredetileg a Dnyesztertől Skandináviáig széles körben, a Ha A2-B2 időszakon át a Ha C-D időszakig feltételezett (Patay 1990, 25-30) hosszú használat helyett az archeometallurgiai vizsgálatoknak köszönhetően a regölyihez valóban hasonló bográcsok használatának időben és térben is lényegesen szűkebb horizontja kezd kirajzolódni. Megfigyelésünk szerint csak azok a vasszervezővel öntött bográcsok sorolhatók biztosan a 7. sz. vége – 6. sz. elején külön csoportot alkotó tárgyak közé, amelyek peremének külső szélé alatt gyakran megfigyelhető egy esztergálásnyom-szerű jellegzetes, körbefutó kis vonalköteg. Kettőzött kereszt alakú függesztőfüle pedig öntött, trapéz keresztmetszetű, fülei áltordirozással díszített öntvények, amelyek kalapálással visszahajlított végét madár alakúra alakították.

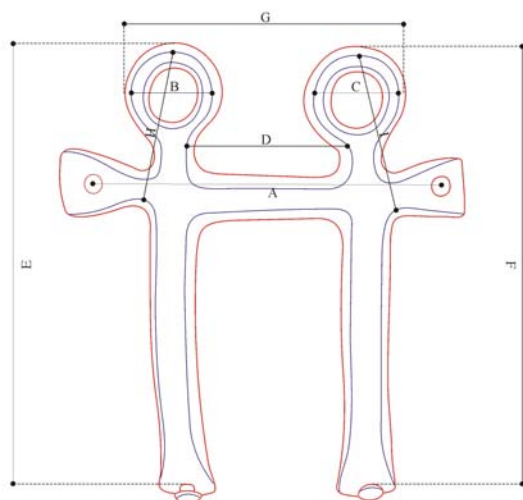


5. ábra: A regölyi bogrács kettőzött kereszt alakú függesztőfülének összehasonlítása a hasonló típusú bográcsokkal. 1.1-3.: A regölyi bogrács és füle, illetve a szaggatottan jelzett méretvonalai az összehasonlításához. 2.1-3.: Az ártándi, 3.1-3.: a Hallstatt 696. sír bográcsa és füle, illetve a regölyi rávetített méretvonalai (Lammerhuber 2010 alapján). 4.: Bogrács Heuneburgból (<http://www.zum.de/heuneburg.htm>)

Fig. 5.: Comparison of the double cross-shaped hanging ear of the kettle from Regöly with similar vessels. 1.1-3.: The pot from Regöly and its ear, with broken lines indicating the size, for further comparison. 2.1-3.: The kettle and its hanging ear from Ártánd. 3.1-3.: The kettle and its hanging ear from the Hallstatt grave No. 696, and the projections of the lines indicated on the kettle from Regöly (according to Lammerhuber 2010). 4.: Kettle from Heuneburg (<http://www.zum.de/heuneburg.htm>).

Eddigi ismereteink szerint ebbe a körbe tartoznak a Regölyből korábban előkerült bogrács mellett a fentiekben már említett darabokon túl az újabb feltáráson talált töredék, (Szabó & Fekete 2011, 38. tábla 4) továbbá az Ártánd, Hallstatt 696. sír, Pfaffstätten lelőhelyeken előkerült darabok. (Patay 1990, 32; Prüssing 1991, 262., 264)

A regölyi, a hallstatti 696. sír és a Býčí skála barlang bográcsának öntött függesztője között – és a kísérőleletek között is tapasztalható – szemlátomást is szoros a hasonlóság alapján felmerül az azonos öntőforma vagy –minta használata, a sorozatgyártás lehetősége. Első lépésben a regölyi bogrács két oldalán lévő függesztőfülek méreteit hasonlítottuk össze. A fülgyűrűk szélessége (B-C) illetve az azok külső ívén mért legnagyobb távolság (G), a fülgyűrűk tövének belső oldala közötti távolság (D), a fül legmagasabb pontja és keresztösszekötő külső szögleténél mért távolság (H-I) eltérése elhanyagolható, század mm-ben mérhető. Ezek a mérési pontok minden esetben az alkatrész olyan részein találhatók, amelyeket az öntés utáni utólagos megmunkálás nem érintett. Az utólagosan készített szegecslyukak távolságánál (A, E-F) azonban már jelentősebb, közel másfél centis eltérés is megfigyelhető ugyanazon bográcsnál. (6. ábra, 1. táblázat)



6. ábra: Mérési pontok a regölyi kettőzött kereszt alakú függesztőfüles bogrács és párhuzamai vizsgálatához

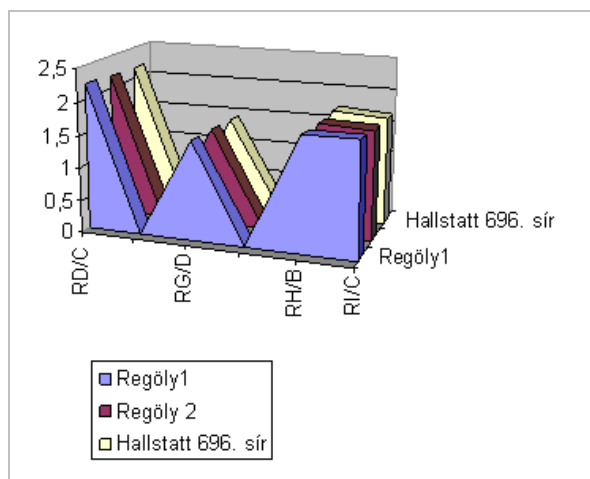
Fig. 6.: Measurement points for the examination of the pot with double cross shaped hanging ear from Regöly and its parallels

1. táblázat: Bogrács kettőzött kereszt alakú függesztőfül párjának összehasonlítása (Regöly, WMM B.48.933.1. ltsz.)

Table 1.: Comparison of the double cross-shaped hanging ears of a kettle (Regöly, WMM B.48.933.1.)

A regölyi bogrács kettőzött kereszt alakú függesztőfülének méretei (WMM B.48.933.1. ltsz.)			
Fül 1	Mérési pontok	Mérési pontok	Fül 2
A1	8,19 cm szegecs	8,32 cm szegecs	A2
B1	2,03 cm fülgyűrű	2,1 cm fülgyűrű	B2
C1	2,04 cm fülgyűrű	2,11 cm fülgyűrű	C2
D1	4,54 cm fülgyűrű	4,6 cm fülgyűrű	D2
E1	7,83 cm szegecs-fülgyűrű	9,29 cm szegecs-fülgyűrű	E2
F1	7,94 cm szegecs-fültető	9,49 cm szegecs-fültető	F2
G1	6,82 cm fül külsők	6,83 cm fül külsők	G2
H1	3,55 cm külső hálalj-fültető	3,59 cm külső hálalj-fültető	H2
I1	3,58 cm külső hálalj-fültető	3,55 cm külső hálalj-fültető	I2

Sajnos eddig csak a regölyi tárgyat tudtuk kézbe venni, a párhuzamul szolgáló darabok méreteit egyelőre csak a publikációs ábrák vagy kiállításon készített fotók alapján lehetett lemérni. Ezért a korábban más tárgytípusra az egyezések kimutatására kidolgozott módszer alapján (Boruzs & Szabó 2009) a kettőzött kereszt alakú függesztőfüles bográcsoknál is olyan mérési pontokat kerestünk, amelyek arányadatait sem a megmunkálás, sem a képek nagyítása nem befolyásolta.



7. ábra: A regölyi bogrács két függesztőfülének és a hallstatti hasonló darab összehasonlítása a mérési pontok távolsága alapján mért arányszámok segítségével.

Fig. 7.: Comparison of the hanging ears on the kettle from Regöly with the similar piece from Hallstatt, based on the ratios of distances between measurement points

Ilyen összevetésre a regölyi bogrács vizsgálatának tapasztalatai alapján a B-C-D-G-H-I távolságok arányának adatai, valamint az egymásra vetített körvonalrészletek voltak alkalmasak. (6. ábra) Előzetesen ugyan alkalmasnak tűntek a szegecslyukaknál mért adatok (A, E-F) is, de ezek az öntvény utólagos megmunkálása, kalapálása – méretváltozása miatt csak korlátozottan vehetők figyelembe. A párhuzamok adatainak összehasonlításakor csak a hallstatti temető 696. sírjában talált bográcsról állt rendelkezésre olyan beállítású és részletgazdag fotót, amelyen a legfontosabb mérési pontokat be lehetett jelölni. (Lammerhuber & Kern 2010) A regölyi adatokkal összevetve jól látható, hogy öt százaléknál nagyobb eltérés nincs a két lelőhely tárgy részlete között, sőt, a két – pedig kétségtelenül összetartozó – Kapos menti függesztő között nagyobb az eltérés, mint az az ausztriai darabhoz képest kimutatható. (7. ábra, 2. táblázat. Jól látható, hogy a regölyi és a hallstatti bogrács alkatrészei között csak elhanyagolható különbség mutatható ki, a 97 %-os megfelelés azonos nyomóminta használatára utal. Ezért korábbi megfigyeléseink és a mostani elemzések alapján a Hallstatt 696. sírjában és a Regölyben talált bográcsot ugyanazon műhely sorozatban gyártott alkatrészeiből összeszerelt terméknek tartjuk. A formailag hasonló, de pontos adatok hiányában most nem elemezhető fentebb említett párhuzamok között kisebb-nagyobb eltérések szemmel is láthatók. Ezek többnyire az utólagos megmunkálással magyarázhatók. Azonban van az eltéréseknek egy olyan sora is, amelyek sokkal inkább a fél nyomóminta használatára, s így a homok öntőforma használatára utalnak.

2. táblázat: A regölyi bogrács egyik és másik függesztőfüle, illetve a hallstatti párhuzam fotó segítségével (Lammerhuber 2010 alapján) azonos ponton mért arányszámok és százalékos megfelelésük.

Table 2.: The ratios of distances between measurement points on the two hanging ears of the kettle from Regöly and the Hallstatt parallel (photo by Lammerhuber 2010) and their match in percentage

Mérési pontok	Regöly1 100 %	Regöly2 %	Hallstatt 696. %	Hallstatt 696.
RD1/C1	2,23	97,76	97,31	2,17
RD2/C2	2,18			
RG1/D1	1,5	98,67	95,33	1,43
RG2/D2	1,48			1,43
RH1/B1	1,75	97,71	98,86	1,73
RI1/C1	1,75	96,00	94,86	1,66
RH2/B2	1,71	97,71	98,84	1,73
Megfelelés átlaga %-ban:	100 %	97,57 %	97,04 %	

Ezek közé tartozik például a részleteiben szoros formai hasonlóság ellenére is az ártándi bogrács függesztőjének sokkal rövidebb összekötő része, a regölyinél erősebb, tömörsébb kialakítása. Az ártándi leletegyüttesben talált hydria Kr. e. 625-615 közötti újabb keltezése, valamint a heuneburgi újabb leletek Kr. e. 600 elé keltezése pedig egyben a fémművességben bekövetkező változások valós idejét is jelzik a Hallstattban és a Býčí skála barlangban feltárt hasonló, általában kissé későbbi datált leletekkel együtt. (Stibbe 2004, 55) (4. tábla 4) Az utóbbi lelőhelyen talált kovácsszerszámok egyben azt is mutatják, hogy ez a változás együtt járt azzal a népmozgással, amely eredményeként Európa belsejében is kialakult a helyi vasgyártás. (Parzinger et al. 1995, T. 49)

A sorozatban gyártott alkatrészekből összeszerelt tárgyakat gyártó bronzművesség a Kr. e. 7. század második felében minden előzmény nélkül jelent meg környezetünkben a Balkánon, a Száva felső részén és a Kapos mentén, ahol a műhelytermékek kifejezett koncentrációja figyelhető meg a kurdi típusú vödörök, a kettős kereszt alakú függesztővel ellátott bográcsok mellett a csont- és kerámiaművességben is. (Szabó & Fekete 2011) Ezek a tárgyi kultúra több szintjén látható, több jól lehatárolható földrajzi területen egyszerre, szinte robbanásszerűen jelentkező, helyi előzmények nélküli új jelenségek nagy számuk miatt nem magyarázhatók másként, csak ha feltételezzük, hogy maguk a termékeket készítő mesterek,

műhelyek a Kr. e. 7. század második felétől megtelepedtek a Dél-Dunántúlon – a helyi vasművesség kialakításával egy időben. Egyetértünk azokkal, akik a vasgyártás technológiájának elterjedését kisázsiai hatásnak tartják, és a korabeli népmozgásokkal kötik össze. Különösen szemléletesnek tartjuk erre vonatkozóan Pleiner összefoglaló térképét. (Tylecote 1987, 176-178., Fig. 5.21)

A helyi késő bronzkori bronzművességből hiányzó, mind formájában, mind rendeltetésében új, sorozatban gyártott alkatrészekből szerelt bronztárgyak sorát még hosszan lehetne folytatni olyan leletekkel is, mint például a füstölőláncok vagy azok öntőmintái. Azonban az már a fentiek alapján is jól látható, hogy a bronzművesség egyfajta manufakturalizálódása nem a késő bronzkori helyi hagyományokat folytató korai hallstatti kultúrkör belső fejlődésének eredménye, hanem a Kárpát-medencébe a Kr. e. 7. század második felében a Kis-Ázsiából kiinduló utolsó ión vándorlás mesterei által készen átültetett gyakorlat, akik egyben a helyi vasművességet is kialakították. A megfelelő hőmérséklet hiánya miatt a vastárgyakat öntéssel ugyan nem tudták sokszorosítani, de számos célszerszámmal, pecsételővel mégis a sorozatgyártásra jellemző azonos formákat, mintákat tudtak előállítani. A korszakból azonban túl kevés a vaslelet, és a rozsdásodás miatt felületük sem alkalmas olyan jellegű vizsgálatokra, mint a bronztárgyaké. Viszont a bronzműves távoli bányákból erősen központosított elosztórendszeren keresztül beszerzett alapanyaga helyett a vas érce már szinte minden kisebb-nagyobb földrajzi egységen belül hozzáférhető volt. Regöly környékén Cziráki Viktor mintegy tucatnyi olyan lelőhelyre hívta fel figyelmünket, ahol a vasmegmunkálással kapcsolatos olvadékok, salakok, bucák és nyersvas tömbök, eszközök kerültek elő. Bár nem mindegyik bizonyult régészeti korúnak, a Strupka-Magyar birtokon feltárt halom nagymennyiségű vasleletének köszönhetően a Kr. e. 7. század végétől egészen a középkorig egyetlen földrajzi egységen belül volt vizsgálható a vas megmunkálásának változása.

A vasművesség újabb leletei Regölyben és a Dél-Dunántúlon

A késő bronzkorban szinte minden nagyobb telepen megtaláljuk az egyszerűbb eszközök helyi előállításának nyomát, de a nyersanyagot – a töredékek helyi összegyűjtésén túl – csak meghatározott előformákban, egy nagy kultúrkör elosztó rendszerének részeként, a távolsági kereskedelmen keresztül szerezhetette be a mester. Éppen ezért a fémműves alárendelt szerepben, csak korlátozott mértékben és meghatározott formában,

jól körülírt társadalmi keretek között juthatott hozzá a bronzhoz. Ismeretei is csak a fémművesség egyes részterületeire terjedtek ki. Ezzel szemben a vas ércei és a félkész alapanyagok helyben vagy a közelből is beszerezhetők voltak – helyi feldolgozására szinte minden telepen van adat. A kovács önállóan is dolgozhat: természeti környezetében összegyűjtheti a szükséges vasércet és a technológia birtokában képes akár egyedül is feldolgozni. A vaseszközök mennyisége a Kr. e. 7. századtól a tömegtermelést bizonyítja. Olcsósága révén hamarosan a társadalom minden rétegéhez eljut, megvalósul a vas társadalmisítása. A vaskor kezdetétől megfigyelhető a központi szerep és a településterület áthelyeződése, a településhálózat átrendeződése: a késő bronzkori velemi Szent Vid szerepét például egye inkább átveszi Sopron-Burgstall és a Fertő mocsarait körülölelő vaskori lelőhelyek sora. Akár délre, a Krka menti Dolenjska Toplica környékén lévő halomsírok és új települések felé, akár északra, a már többször említett Býčí skála barlang felé tekintünk, mindenütt találunk vasérclelőhelyeket a fontos központok közelében – sőt, ezeken a helyeken még ma is bányásznak. (Dular & Križ 2004) Regöly környékén szintén megvan ez az adott korszakban stratégiai fontosságú nyersanyag gypvasérc formájában – valószínűleg a pannonok központi helyének kiválasztásakor ez egy döntő szempont lehetett. Ha megnézzük a hallstatti lelőhelyet is – ahol Halléhoz hasonlóan a bronzkortól a mai napig bányásszák a söt –, akkor válik különösen szembeötlővé a lényegi közös vonás: az újonnan érkezők a nyersanyagbázis birtoklására és kihasználására törekedtek. Ezek a kisebb területi központok a legfontosabb fém, a vas esetében nem szorultak a korábbi nagy nyersanyagelosztó rendszerek fenntartására. A vaskohászat technológiájának ismeretében képesek voltak a szükséges fegyvereket, eszközöket legalább a maguk számára előállítani. Ez azt is jelenti, hogy a Kárpát-medencében az a történeti, társadalom- és technikátörténeti folyamat, amely a Dunántúlon a pannonok, az Alföldön a szkíta jellegű népek és az új technológiák megjelenését, a helyi vasművesség kialakulását eredményezi már a Kr. e. 7. sz. második felében megtörténik, ezért indokoltabb lenne Európa Alpoktól nyugatra eső részéhez hasonlóan a Kárpát-medencei középső vaskort ettől az időponttól, és nem a kelták megjelenésétől számítani. (Jerem 2003, 183)

Az utóbbi időben rohamosan szaporodó kohászati helyek száma és a Dél-Dunántúlon az autópályás feltárások során általunk is megfigyelt különböző korú, a vaskohászatra utaló lelőhelyek (Bátaszék-Leperd, Szedres-Apáti pusztá.) az eddig feltételezett kohászati központokon kívül esnek.



8. ábra: Négyzetes hasáb alakú vas nyersanyagok és belőlük készített üllők. 1-8.: Rúdvasak, 9-10.: üllők Regöly környékéről (Cziráki Viktor gyűjtése). 11.: Rúdvas Alsóhetényből (Kovacsik Zoltán ajándéka a Dombóvári Helytörténeti Gyűjteményben)

Fig. 8.: Quadratic shaped iron ingots and anvils made of them. 1-8.: Ingots. 9-10.: Anvils from the area of Regöly (collected by Viktor Cziráki). 11.: Ingot from Alsóhetény (a gift of Zoltán Kovacsik to the Dombóvár Local Historical Collection).

Ez arra hívja fel a figyelmet, hogy a gyevasérc alapú kohászat esetében társadalomtörténeti szempontból éppen az az egyik legfontosabb elem, hogy a bucavas gyártásban jártas kovács gyakorlatilag a Kárpát-medence bármely tájegységén tudott vasat készíteni. Tehát a vasérclelőhelyek egyes területeken kétségtelenül kedvezőbb dúsulása miatt sűrűbben elhelyezkedő műhelyek – szervezeti szempontból – még nem okvetlenül jelentenek központokat.

A római korban a források szerint a bányászatot és a fémkohászatot központilag szervezték, irányították. Pannonia területét a kora vaskortól használt Majdan-hegységbeli ércből kohósított és feldolgozott vasalapanyaggal látták el, amit aztán nagyrészt a helyi kovácsok dolgoztak fel a szükségleteknek megfelelően. Különösen izgalmas kérdéseket vet fel egy 1880-ban Hrvatska Dubica mellett előkerült, 97 darab négyzetes hasáb alakú, kereskedelmi forgalomba szánt rúdvasat tartalmazó leletegyüttes. Aleksandar Durman a még ma is meglévő 28 darab, római korinak meghatározott, mintegy 20 cm hosszú és 11-15 libra, azaz 3,6-4,91 kg közötti súlyúra kovácsolt vasrudak gyártásában a lelőhely környezetében talált leletek alapján szíriai hatásokat feltételez. (Durman 1999, 91-92) Pannoniában Intercisa környékéről ismert hasonló formájú nyersanyag (Gömöri 2000, 271), a Kapos völgyéből pedig Alsóhetényből Tóth Endre említ három darabot az erőd északnyugati részéről, amelyeket volt szíves nekem is megmutatni. (Tóth 2009, 75) Gömöri János ugyan négyet említ, súlyukat 5,6 kg-ban határozta meg, sőt az egyik metallográfiai vizsgálatának eredményeit is közreadta. Ezek szerint a vizsgált minta anyaga 0,25 mm vastag lemez perletes szegély mellett különböző finomságú ferrites rétegekből áll, hidegen megmunkált, összetétele: 0,05 % C, 0,05 % Si, 0,09 % Mn, 0,003 % S, 0,0002 Cr, 0,01% P, 0 % Ni. (Gömöri 2000, 271-73) Az alsóhetényi erőd déli kapuja előtt az úttörővasút töltésének földmunkái során a patak mindkét oldalán vasfeldolgozásra utaló műhely nyomait figyelték meg az 1970-es években. Az egyik munkás elmondása szerint akkor a partoldalban számos vörösre égett foltot figyelt meg és több, hosszában hasított féltéglához hasonló vasdarabot, valamint vasbucát talált, amelyek mára kettő kivételével elkallódtak. Kovacsik Zoltán segítségével az egyik darab a Magyar Nemzeti Múzeumba (valószínű, ezért van az említett közleményekben eltérő darabszám), a másik a Dombóvári Helytörténeti Gyűjteménybe került, ez utóbbi súlya 5,4 kg. **(8/11. ábra)** A Kapos völgyében Regölynél pedig Cziráki Viktor gyűjtött össze mintegy tucatnyi négyzetes hasáb alakú rúdvasat. **(8/1-8. ábra)** Valaha jóval több volt a faluban, több háznál ajtókitámasztónak használták, de a kovácsok is

sokat felhasználtak ezekből – kettőből például üllőt készítettek. **(8/9-10. ábra)** Ezen alapanyagforma regölyi felbukkanása elgondolkodtató, mert a környék a Kr. e. 7. század második felétől a kelta időszak végéig volt számottevő központ, a római korban éppen nem – bár a közelben ismerjük néhány villa helyét. A vastömbök 6-10 kg-os súlya is jelentősen meghaladja a horvát leletekét. Valerij Naumenko vezérigazgató engedélyével az ISD DUNAFERR Zrt. Innovációs Igazgatóságán elvégzett metallográfiai vizsgálatok pedig azt mutatják, hogy az alsóhetényihez képest a regölyi mintában a mikroszondás mérőpontokon minden szennyezőanyag magasabb %-ban van jelen, például C: 0,15-2,41 %, Si: 0,19-17,71 %, Mn: 1,34-12,26 %, S: 0,18-0,83 %.

A vaskohászat rendkívül technológia- és alapanyagfüggő, a minőség biztosítása érdekében kényszerűséből is minden részletében hagyományörző. Az azonos kohótípusban előállított buca maximális súlyát például csak viszonylag szűk határok között lehet változtatni. Így a horvátországi leletektől jelentősen nagyobb súlyokkal eltérő magyarországi leletek, illetve az azokon belül anyagösszetételükben is eltérő alsóhetényi és regölyi leletek alapján a továbbiakban kétséges, hogy ezek a négyzetes hasáb alakú rúdvasak mind a római korban és Siscia környékén készültek volna. A rendkívül kevés adat miatt egyelőre nem zárható ki akár már a római kort megelőző helyi készítés sem – akkor az viszont aligha vezethető vissza a kelta hagyományokra. A Kárpát-medence déli területein a négyzetes hasáb forma, és csak az északi területeken terjedtek el a kelta hagyományokon alapuló noricum kohók kettőskúpos végű, a Kr. e. 7. századtól gyártott vastömbjei. (Drescher 1976; Sperl, 1999, 93; Szabó 1966; Gömöri 2000, 271) A Balkán felőli illetve a Duna folyása mentén való elterjedésük is azt mutatja, hogy a két különböző nyersanyagforma kialakulása mögött mindenképpen eltérő történeti, kohászati hagyomány áll.

A római kor után az erősen központosított, az ércbányákra alapított kohászatot viszont a népvándorlás és Árpád-korban felváltotta a helyi igényekhez és lehetőségekhez jobban igazodó, jelentős mértékben a gyevasat feldolgozó, lényegesen decentralizáltabb forma. Ennek az időszaknak az anyagát Gömöri János monográfiájában részletesen feldolgozta (Gömöri 2000), ezért erre itt most nem térünk ki. Mindössze egy másfajta összefüggésben arra a jól ismert a jelenségre szeretnénk felhívni a figyelmet, hogy a vasművesség a 13-14. századra a technológia és a tulajdonviszonyok oldaláról ismét jelentősen megváltozik. A technológiai váltásban az egyik legfontosabb elem a vízierő felhasználása, ami lehetővé teszi az érc jobb és könnyebb

összezúzását, de főként az erősebben fűjtott olvasztók, hámorok üzemeltetését, ahol már – a korábbi bucakemencék direkt vasgyártása helyett – öntöttvasat készítenek. A nagyobb teljesítmény miatt a gyeppas helyett előtérbe kerül a bányászott ércek használata, a bányászat és a kohászat elkülönül, miként a kohászat és a kovácsmunka is. A háttérben gazdasági okok is voltak: a gyűjthető gyeppas helyett a királynak komoly bevételt jelentett a bányák regáléja, bányabére. Ma még nem teljesen világos, hogy az a magyar gyakorlat, amely szerint a bányajog a hódítás jogán kezdettől fogva a fejedelmet, az uralkodót illette, vonatkozott-e ez a felszíni gyeppasra is? Az azonban a források alapján egyértelműen követhető, hogy az Árpád-korban még Európa szerte híres magyar vasgyártás, a sztyeppei eredetű bucavas gyártás technológiája révén direkt módon előállított kiváló minőségű acéltermékek helyett, amikor áttér a tömeggyártásra, a termelés felfutása ellenére a leromlott minőségű termékeit csak a belső piacon tudja eladni. Ez a látszólag a történeti távlatokba vesző folyamat ma is megszívlelendő, aktuális üzeneteket hordoz – nemcsak a fémművesség terén.

Összefoglalás

A Kárpát-medencei archeometallurgiai kutatások történetében – mint az a kutatástörténeti áttekintésből is látható – sokáig az egyéni vagy kisebb csoportok kutatási eredményei jelentették a főbb csomópontokat. Sokszor a vizsgálati adatok csak szinte mintegy táblázat egészítették ki, díszítették a régészeti leletek feldolgozását. Az 1990-es években közel egy időben több disszertáció is született, melyek egymástól függetlenül és más-más irányból közelítettek a témához. Török Béla a római- és középkori bucakemencék salakjainak műszaki vizsgálatával, Czajlik Zoltán a késő bronzkor nyersanyagaival, bányavidékeivel, Szabó Géza a késő bronzkor fémművességének technikai, technológiai kérdéseivel foglalkozott behatódobban. A magyar kutatók közül először Szabó Géza vett részt először kifejezetten archeometallurgiai képzésben is, az angliai Bradfordban. A magyar archeometallurgiai kutatások szempontjából is fontos mérföldkőnek számít a hazánkban rendezett Archaeometry '98 nemzetközi konferencia éppúgy, mint előkészítő rendezvényei, amelyek eredményeként mind szemléletében, mind napi gyakorlatában egyre erősödő együttműködés alakult ki a terület kutatói között. Akkor a szilléri rézkincs közös vizsgálata még nem volt teljesen sikeres, mert még éppen csak formálódott az a vizsgálati eredményeket történeti összefüggésekben kutató egységes szemlélet, amely már nem külön a régészet és külön a metallográfia oldaláról közelít a fém tárgyakhoz. Az utóbbi években talán éppen ezen a területen történt a legtöbb előrelépés, amiről legutóbb a Magyar Nemzeti Múzeumban 2011 novemberében rendezett Archeometriai Műhely

előadásai, poszterei adhatják a legteljesebb képet. Ugyancsak jelentős lépés, hogy a Miskolci Egyetem révén már hazánkban is létezik kifejezetten archeometallurgiai képzés. (Török 2010) A továbbiakban az anyagi források csökkenésével csak a még fokozottabb összefogás lehet az egyetlen út, hogy olyan alapkérdéseket is újragondolhassunk, mint a helyi rézérczek felhasználásának lehetősége az urnamezős kultúra felbomlásának időszakában, vagy a Kárpát-medencei vasgyártás kezdeteinek és gyökereinek feltárása. Ugyancsak fontos új feladat és kutatási irány lehet a kelta-római vasművességben területünkön megfigyelhető, eltérő hagyományokra és irányokra mutató sajátos jegyek komplex vizsgálata, a rúdanyagok és ékelt bucák gyártási helyének meghatározása – és még hosszan folytathatnánk a sort egészen a sárospataki ágyúöntő műhely anyagának feldolgozásáig.

Köszönetnyilvánítás

Terepi megfigyeléseikért, a Regöly, illetve Dombóvár környéki lelőhelyek beazonosításáért, valamint a múzeumoknak beszolgáltatott tárgyakért Cziráki Viktornak és Kovacsik Zoltánnak ezúton is szeretnénk köszönetet mondani. Ugyancsak köszönöm Horváth Béla, Fehér András, Thiele Ádám, Barkóczy Péter tanácsait, Alaksandar Durman, Sabiha Pazarci, Mustafa Metin, Rifat Kuvanc, Nagy Marcella, Ilon Gábor, Szathmári Ildikó, Tóth Endre és Fekete Mária kollegiális segítségét, valamint a Valeriy Naumenko vezérigazgató engedélyével az ISD DUNAFERR Zrt. Innovációs Igazgatóságán elvégzett metallográfiai vizsgálatokat, Zsámboki-Tót Zsuzsannának és Ságiné Frank Apollóniának pedig az ábrák elkészítését.

Felhasznált irodalom

- BILGI, Ö., ed. (2004): *Anatolia, cradle of castings*. Istanbul. Döktaş, 303 p.
- BORUZZ, K. & SZABÓ, G. (2009): Neue Votivtafel aus Blei aus dem Komitat Tolna. In: *Ex Officina: studia in honorem Dénes Gabler* (Szerk.: Bíró Szilvia) Győr, 63–76.
- CZAJLIK, Z. (2002): Neue Ergebnisse in der Forschung der frühen Eisen verhüttung Nordostungarns (Aggtelek-Rudabánya Gebirge) *CommArcHung* 5–14.
- DULAR, J & KRIŽ, B. (2004): Železnodobno naselje na Cvingerju pri Dolenjskih Toplicah. *Arheološki vestnik* 55 207–250.
- DURMAN, A. (1999): The traditions of the Roman Age iron production at the border of Pannonia and Dalmatia. In: *Hagyományok és újítások a korai középkori vaskohászatban*. (ed.: Gömöri, J.) Sopron-Somogyfajsz, 91–92.

- DURMAN, A. (2002): Iron Resources and Production for the Roman Frontier in Pannonia. *Historical Metallurgy* **6**, 24–32.
- FERENCZY, I. (1999): Az ős- és ókori vasművességről Erdélyben. In: *Hagyományok és újítások a korai középkori vaskohászatban*. (ed.: Gömöri, J.) Sopron-Somogyfajs, 105–129.
- GEIGER, A. (1994): Treibverzierte Bronzerundschilder der italischen Eisenzeit aus Italien und Griechenland. *Prähistorische Bronzefunde III/1* Stuttgart.
- GÖMÖRI, J. (2000): *Az avar kori és Árpád-kori vaskohászat régészeti emlékei Pannoniában*. Magyarországi iparrégészeti lelőhelykatasztere I. Vasművesség. Sopron. 373 p.
- HAMPEL, J. (1864): Marosmegyei aranyelet. *Archaeológiai Értesítő* **14** 29–32.
- HAMPEL, J. (1880): Őskori öntőminták. *Archaeológiai Értesítő* **14** 211–214.
- HAMPEL, J. (1880a): Pilini öntőminta. *Archaeológiai Értesítő* **14** 158.
- HAMPEL, J. (1886-1896): *A bronzkor emlékei Magyarhonban. I-III*. Budapest, 600 p.
- HAMPEL, J. (1887): *Alterthümer der Bronzezeit in Ungarn*. Budapest, 282 p.
- HAMPEL, J. (1896): A biharmegyei bronzlelet. *Archaeológiai Értesítő* **16** 383–384.
- HAMPEL, J. (1908): A hajdúsámsóni bronzkincs. *Múzeumi és Könyvtári Értesítő* **2** 127–133.
- HECKENAST, G. (1991): *A magyarországi vaskohászat története a feudalizmus korában*. (A XIII. század közepétől a XVIII. század végéig.) Budapest, Akadémiai Kiadó, 297 p.
- HECKENAST, G., NOVÁKI, Gy., VASTAGH, G., ZOLTAY, E. (1968): *A magyarországi vaskohászat története a korai középkorban*. A honfoglalástól a XIII. század közepéig. Budapest. Akadémiai Kiadó, 253 p.
- HELLEBRANDT, M. (2010): A vasművesség kezdetei Észak-Magyarországon. *Bányászat-történeti Közlemények X. (V. évf. 2.)* 3–20.
- HELM, O. (1895): Chemische Zusammensetzung einiger Metall-Legierungen aus der altdakischen Fundstätte von Tordosch in Siebenbürgen. *Zeitschrift für Ethnologie* **20** 619–627.
- HELM, O. (1900): Chemische Analyse vorgeschichtlicher Bronzen aus Velem St. Veit in Ungarn. *Zeitschrift für Ethnologie* **25** 359–365.
- ILON, G. (1989): Adatok az Északnyugat-Dunántúl késő bronzkorának bronzművességéhez. *Acta Musei Papensis* **2** 15–32.
- ILON, G. (1990): Keftubarren/Ingot melting form. *IRAMTO* **7** 12.
- ILON, G. (1991): A tudományok együttműködése a góri feltáráson (Interdisciplinary collaboration of sciences at the Górré excavations). *IRAMTO* **9** 12.
- ILON, G. (1992): A településszerkezet és a féművesség kapcsolatáról az Északnyugat-Dunántúl késő bronzkorában. In: *A Dunántúl településtörténete IX*. Szerk.: Solymosi L. - Somfai B.) Veszprém. 9–21.
- ILON, G. (1992a): Keftubarren ingot from an Urn-grave Culture settlement at Górré-Kápolnadomb (C. Vas) *Acta ArchHung* **44**, 239–259.
- ILON, G. (1996): [Ilon, Gábor: Beiträge zum Metallhandwerk der Urnenfelderkultur - Górré \(Komitat Vas, Ungarn\)](#). In: Die Osthallstattkultur. Jerem, E. & Lippert, A. (eds.), Budapest, 171–186.
- ILON, G. (1998): [Late Bronze Age Hoard from Szentkirályszabadja, Veszprém County, Hungary. Specimina Nova XII](#) 181–194.
- ILON, G. & BIRÓ, K. (1991): A góri régészeti feltárási későbronzkori öntőformáiról (On the Late Bronze Age casts of the Górré archaeological excavations). *IRAMTO* **9** 12–14.
- ILON, G. & ISZTIN, Gy. (2007): Vas megye első középkori vasbányája Narda határából. *Savaria* **31** 141–170.
- JUNGHAUS, S. & SANGMEISTER, E. & SHRÖDER, M. (1968) Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas, Berlin. 174 p.
- KIENLIN, T. L. (2010): Traditions and Transformations: Approaches to Eneolithic (Copper Age) and Bronze Age Metalworking and Society in Eastern Central Europe and the Carpathian Basin. *BAR International Series* **2184** 405 p.
- KISZELY, Gy. (2007): Vastagh Gábor (1899-1987) kohászat-történeti munkássága. In: *Vastagh Gábor: Tanulmányok a kohászat magyarországi történetéből*. (ed.: Hodobás, S.) Rudabánya, 135–141.
- KÖLTŐ, L. & KIS VARGA, M. (1992): A Pápai Helytörténeti Múzeum néhány későbronzkori leletének röntgenemissziós analitikai vizsgálata. *Acta Musei Papensis* **3-4** 81–84.
- KRÖHKE, O. (1897): Chemische Untersuchungen an vorgeschichtlichen Bronzen Schleswig-Holsteins. Kiel. 72 p.
- KRÖHKE, O. (1900): Untersuchungen vorgeschichtlicher Bronzen Schleswig-Holsteins. Hamburg, Meissner, 48 p.
- KUBINYI, F. (1861): Magyarországon talált kő- és bronzkori régiségek. *ArchKözl* **2** 81–113.

- KUBOVICS, I. & BÉRCZI, Sz. & DON, Gy. & DITRÓI-PUSKÁS, Z. & GÁL-SÓLYMOS, K. & FÖLDI, T. & SOLT, P. & ZÁRAY, Gy. (2001): New studies on meteorites from Hungary: Corrections into the Meteorite Catalogue Dataset. 64th Annual Meteoritical Society Meeting. <http://www.lpi.usra.edu/meetings/metsoc2001/pdf/5365.pdf>
- LAMMEHUBER, L. & KERN, A. (2010): *Hallstatt 7000*. Wien, 2010.
- LÁZÁR, J. (1941): *A sághegyi I. és II. számú bronzleletek ismertetése*. Szombathely. Martineum, 12 p.
- LÁZÁR, J. (1943): A sághegyi őskori telep bronzművészete. - Die Bronzeindustrie der urzeitlichen Siedlung am Ságberg. *Dunántúli Szemle* 280–287.
- LOCZKA, J. (1885): A kurdi etruszk bronzkazan vegyelemzése. *Archaeológiai Értesítő* 5 149.
- LOCZKA, J. (1885a): Kurdi ciszták vegyelemzése. *Archaeológiai Értesítő* 5 280–281.
- LOCZKA, J. (1889): Hazai bronzkori tárgyak vegyelemzése. *Math. Tt. Ért.* IX 275–291.
- MAJLÁTH, B. (1871): A bronz korszak. *Archaeológiai Értesítő* 5 153–157.
- MISKE, K. (1897): Edények és bronzlékek a velem-szentvidi őstelepről. *Archaeológiai Értesítő* 17 290–304.
- MISKE, K. (1899): A felső-szentlászlói(?) bronzleletről. *Archaeológiai Értesítő* 19 60–62.
- MISKE, K. (1904): Die ununterbrochene Besiedlung Velem St. Veits. *Archiv für Anthropologie* 29–41.
- MISKE, K. (1904a): Die Bedeutung Velem - St. Veits als prähistorische Gusstätte mit Berücksichtigung der Antimon-Bronzefrage. *Archiv für Anthropologie* 124–138.
- MISKE, K. (1908): Die prähistorische Ansiedlung Velem St. Vid, Wien, Konegen.
- MISKE, K. (1910): A Hallstatt-kor hazai és egyéb európai nevezetesebb kapcsolótípi. *Múzeumi és Könyvtári Értesítő* 4 66–77.
- MISKE, K. (1912): Bronzkori typologia. I. *Múzeumi és Könyvtári Értesítő* 6 77–97.
- MISKE, K. (1913): Bronzkori typologia. II. *Múzeumi és Könyvtári Értesítő* 7, 8–24.
- MISKE, K. (1924): St Vid, ein Mittelpunkt des prähistorischer Bronzehandels *Archiv für Anthropologie* 22 66–71.
- MISKE, K. (1928): A történelem előtti idők fémkohászata. *Természettudományi Közlemények* 41–53, 366., 476–480.
- MISKE, K. (1929): Bergbau, Verhüttung und Metallbearbeitungswerkzeuge aus Velem - St. Veit (Westungarn). *Wiener Prähistorische Zeitschrift* 18, 81–94.
- MOZSOLICS, M. (1984): Ein Beitrag zum Metallhandwerk der ungarischen Bronzezeit. *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission* 65 19–72.
- NYÁRY, J. (1870): A pilini régiségekről. *Archaeológiai Értesítő* 3 125–129.
- NYÁRY, J. (1885): A bronzcultura Magyarországon. *Archaeológiai Értesítő* 5 281–282.
- NYÁRY, J. (1885a): A bronzcultura Magyarországon. *Magyar Tudományos Akadémia Értesítője* 40–41.
- ÖZDEM, F. ed. (2003): *Urartu: War and Aesthetics*. Istanbul, Yapi Kredi, 279 p.
- ÖZGEN, I. & ÖTÜRK, J. (1996) *The Lydian Treasure*. Istanbul, Yapi Kredi, 583 p.
- PARZINGER, H. & NEKVASIL, J. & BARTH, F. E. (1995): Die Býčí Skála-Höhle. Ein hallstattzeitlicher Höhlenopferplatz in Mähren. *Römisch-Germanische Forschungen* 54, Mainz am Rhein.
- PÁSZTOR, G. & SZEPESY, A. & KÉKESI, T. (1990): Színesfémek metallurgiája. Budapest. Tankönyvkiadó, 480 p.
- PATAY, P. (1990): Die Bronzegefäße in Ungarn. *Prähistorische Bronzefunde*, II/10 München, 109 p.
- PRÜSSING, G. (1991): Die Bronzegefäße in Österreich. *Prähistorische Bronzefunde* II/5, Stuttgart. 117 p.
- RÓMER, F. (1866): *Műrégészeti Kalauz I. Őskori művészet*. Pest. 284 p.
- SPERL, G. (1999): Ferrum Norricum – The Iron Process in Celtic Noricum (1st century BC). In: *Hagyományok és újítások a korai középkori vaskohászatban*. (ed.: Gömöri, J.) Sopron-Somogyfajsz, 93. 240 p.
- STIBBE, C. M. (2004): Eine Bronzhydria mit menschlichen Protomen. Protomé-díszes bronzhydria. *Bulletin du Musée Hongrois des Beaux-Arts* 101, 31–55, 145–158.
- SZABÓ, G. (1996): Az urnamezős kultúra fémművészete a régészeti kísérletek tükrében. – Das Metallhandwerk der Urnenfelderkultur im Spiegel der archäologischen Experimente. In: *Bronzkor a Nyugat-Dunántúlon*. (ed.: Ilon, G.) *Pápai Múzeumi Értesítő* 6 265–276.
- SZABÓ, G. (1998): [A Konferencia Szimbóluma: A Szeged-Szilléri Raktárlelet vizsgálatának eredményei](#). *IRAMTO* 15-16.

SZABÓ, G. (2001): Újabb eredmények és módszerek a Kárpát-medence késő bronzkori tárgyainak archaeometallurgiai vizsgálataiban. – New Results and Methods in the Archaeometallurgical Investigation of the LBA Objects in the Carpathian Basin. *ΜΩΜΟΣ I* Debrecen, 225–250.

SZABÓ, G. (2009): Archaeometallurgiai adatok a technológiai ismeretek és a nyersanyagok áramlásához a Kárpát-medence késő bronzkorában – Archaeometallurgical data and circulation of technological knowledge and raw materials in the Late Bronze Age of the Carpathian Basin. *ΜΩΜΟΣ VI* Szombathely, 347–362.

SZABÓ, G. (2010): Az archaeometallurgiai kutatások gyakorlati és etikai kérdései – Practical and ethical issues of archaeometallurgical research. *Archeometriai Műhely* 7/2 111–122.

SZABÓ, G. & FEKETE, M. (2011): Janus-szobor Pannoniából, a kora vaskori Regöly-csoport lelőhelyéről – Janus-Statue aus Pannonien, vom Fundort der Regöly-Gruppe aus der Früheisenzeit. *Wosinsky Mór Múzeum Évkönyve XXXIII* 15–105.

SZABÓ, M. (1966): A kettőspiramis alakú vasrudak kérdéséhez. *Archaeológiai Értesítő* 93 249–253.

SZÁNTAI, A. (1878): *Az őskori bronzgyártás hazánk területén*. Nagyvárad, Hügel Ottó, 22 p.

SZEGEDY, E. (1954): Laboratórium analíz bronzovűh vtulok kolesz galstatsszkovo vremeni. Spektralanalytische Untersuchung spätbronzezeitlicher Radnabenverkleidungen. *Acta Arch. Hung.* 7 15–16.

SZEGEDY, E. (1957): Die Metalltechnologie der Depotfunde von Alsónémedi und Pusztaszentkirály. *Acta Arch. Hung.* 8 157–163.

THIELE, Á. (2011): Az ércről a vastárgyig . A bucavaskohászat metallurgiája. *Bányászati és Kohászati Lapok* 114/1 2–5.

TÖRÖK, B. (2010): Archeometallurgia, a múlt kohászata, a jelen műszaki vizsgálataival, a jövő régészettudományáért. *Gesta* IX 25–29.

TÖRÖK, B. (2010a): Árpád-kori vaskohászati műhelyek metallurgiája a műszaki vizsgálatok tükrében. *Gesta* IX 227–232.

TYLECOTE, R. F. (1987): *The early history of metallurgy in Europe*. London-New York, Longman, 424 p.