

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 ARCHAEOLOGICAL METALLURGY

KISS VIKTÓRIA

MTA Bölcsészettudományi Kutatóközpont Régészeti Intézet, 1014 Bp, Úri u. 49.

E-mail: kiss.viktoria@btk.mta.hu

Abstract

Prehistoric copper and bronze artefacts have been studied from many different viewpoints during the past 100 years of archaeometallurgical research based in the Carpathian Basin and in broader Central Europe. This short overview focuses upon the technological and social historical backgrounds of these processes, attempts to explore the operational sequences (chaîne opératoire) taking place during the production and addresses possible directions for future research.

Mines used and exploited during prehistoric times and their related social context have recently been brought in the scope of archaeometallurgical studies. By locating ore sources combined with compositional analysis of raw materials of finished metal products – in some cases supplemented by lead-isotope analysis – can help to identify places of origin for these artefacts. These new results will certainly improve our knowledge about the network of relations between the Carpathian Basin and the surrounding regions operated during the Copper and Early Bronze Age. Different methods including use-wear analysis – beyond the composition of the object – reveal details of production technologies and ways of use.

Studies on ingots and local metal production during the Hungarian Middle Bronze Age (between 2000 and 1600/1500 BC) which time period is in the present paper's focus, could be one possible direction for future research. Compositional and morphological analysis of metal objects can reveal details of production and technological methods applied by bronzeworkers in the past. In the Zalasabar hoard – assigned to the Transdanubian Encrusted Pottery culture – a group of cast objects can be identified to have been produced in the same mould. Compositional analysis carried out by the Tübingen laboratory has shown the identical elemental composition of disc-shaped pendants presented here, which raises some issues on production technologies. A single object used repeatedly as a prototype for several clay moulds would indicate the practical decision of producing a larger number of identical artefacts during the same casting procedure. The small number of stone moulds known from the distribution of the Transdanubian Encrusted Pottery culture would serve as proof for this latter assumption. Metallographical examinations looking at the microstructure of the object – beside compositional analysis – would shed light on certain aspects of production technologies: cold working, hammering and annealing of artefacts following the casting procedure leave detectable marks on the object's fabric. Examinations carried out so far point out that only the combination of various methods could result a reliable dataset. The synchronisation of archaeological research questions, aspects of heritage protection, clear strategies of sampling methods and the precise documentation of sampling locations are all issues of vital importance.

Kivonat

A kárpát-medencei és közép-európai metallurgiai kutatás több mint 100 éve alatt különféle szempontok szerint vizsgálták az őskori réz és bronz tárgyakat. Jelen rövid áttekintés a fém tárgyak készítésének munkafolyamata (chaîne opératoire) mellett a technikátörténeti és társadalomtörténeti szempontokat tekinti vezérfonalnak, és a további kutatás kérdéseit foglalja össze.

Az őskorban is művelt bányahelyek kutatása, valamint az ezzel összefüggő társadalmi kérdések újabban a kutatás homlokterébe kerültek. Az érlelőhelyek megélénkült kutatását kiegészítheti a kész tárgyak – a nyersanyag összetétel-elemzése mellett néhány esetben már ólomizotóp elemzéssel is kiegészített – eredet meghatározása. Mindettől nagy előrelépést várhatunk a Kárpát-medence és a környező régiók közötti kapcsolatokat illetően a rézkor és a kora bronzkor időszakában. A különféle elemzési módszerek és a kopásnyomok vizsgálata a nyersanyag összetételén túl a készítéstechnikáról, és a tárgy használatáról is árulkodik.

Az itt részletesebben is vizsgált magyarországi középső bronzkor időszakában (Kr. e. 2000 és 1600/1500 között) a félkész termékek és a helyi fémművesség nyomainak megismerése viheti előre a kutatást. A bronzműves mesterek munkafolyamatairól is fontos információt nyerhetünk a tárgyak vizsgálata révén. A mészbetétes

kerámia kultúrája zalaszabari kincsében megtalálható öntött tárgyak egy részénél a rajtuk megfigyelhető részletek alapján valószínűsíthető, hogy azonos öntőformában készültek. A tübingeni elemösszetétel vizsgálat a bemutatott korong alakú csüngők összetételének azonosságát mutatta ki, ami érdekes készítméstechnikai kérdést vet fel. Praktikus indokok mellett szólnak, hogy ugyanazon kész tárgyról készített agyag öntőformák párhuzamos használatát feltételezhetjük, amelyek segítségével a megolvasztott bronzból egyszerre több tárgyat is gyárthattak. Ez utóbbi megoldást valószínűsíti a mészbetétes kerámia kultúrája területéről ismert kő öntőformák kis száma is. A nyersanyagelemzés mellett a tárgyak szövetszerkezetét elemző metallográfiai vizsgálat a készítméstechnika további részleteibe is bepillantást nyújt: az öntést követő kalapálás, nyújtás jól látható nyomot hagy a tárgyak szerkezetében. Az eddig elvégzett vizsgálatok arra hívják fel a figyelmet, hogy többféle módszer kombinációjával lehet jó, megbízható adatsort kapni. A vizsgálat helye és a mintavétel kijelölésében alapvető fontosságú a régészeti kérdésfelvetés és a műtárgyvédelmi szempontok összehangolása, mintavételi protokoll kidolgozása és a mintavételi helyek dokumentálása.

KEYWORDS: ARCHAEOLOGICAL METALLURGY, COPPER, BRONZE, GOLD, COPPER AGE, BRONZE AGE, TOLNANÉMEDI TYPE HOARDS, ZALASZABAR

KULCSSZAVAK: ARCHEOMETALLURGIA, RÉZ, BRONZ, ARANY, RÉZKOR, BRONZKOR, TOLNANÉMEDI KINCSEK, ZALASZABAR

Bevezetés

A kárpát-medencei és közép-európai metallurgiai kutatás több mint 100 éve alatt különféle szempontok szerint, elsősorban tipokronológiai csoportosítás és a felhasznált nyersanyag alapján vizsgálták az őskori réz és bronz tárgyakat, de deponálásuk módját és célját, vagy „életciklusait” (készítés, használat, földbe kerülés) figyelembe vévő összefoglalásokkal is találkozunk (vö. Miske 1904, 1929; Otto–Witter 1952; Pittioni 1957; Novotná 1955; Schubert–Schubert 1967; Junghans et al. 1968, 1974; Kalicz 1982, 1992; Durman 1983; Patay 1984; Mozsolics 1984; Schumacher–Matthäus 1985; Ecsedy 1990, 1995; Ilon 1989, 2006; Czajlik 1993, 1996; Liversage 1994; Lernerz–de Wilde 1995; Czajlik et al. 1999; Szabó 1996, 1999a, 1999b, 2001, 2011; Pernicka et al. 1993; Pernicka 1995; Schalk 1998; Batora 2002, 2009; Hansen 2002, 2005; Fontijn 2002; Kemenczei 2003; Krause 2003; Horváth 2004; V. Szabó 2009, 2010; Kiss 2009a, 2009b; Kienlin 2010). Az alábbi rövid áttekintés a fém tárgyak készítésének munkafolyamata (chaîne opératoire) mellett a technikatörténeti és társadalomtörténeti szempontokat tekintve vezérfonalnak, elsősorban a kora és középső bronzkor emlékeit vizsgálva.

Ércek és bányák

A fémek használatba vétele Közép-Európában többnyire az érctelepek geológiájának megfelelően alakult. Ebből kiindulva felmerül a különféle ércek felhasználásának a régészeti kronológiával való egyértelmű korrelációja (Lockhoff 2009, Abb. 2); ez azonban helyenként változhat az eltérő ércesedések és környezeti hatások miatt (vö. O’Brien 1994; Strahm–Hauptmann 2009, Fig. 5).

A Kárpát-medence tágabb térségében a késő neolitikumtól a középső rézkorig a felszínen gyűjthető termésvázak rögök, és a könnyen kitermelhető oxid- és karbonátércek (kuprit, malachit, azurit) használata jellemző

festékanyagként és apró gyöngyök formájában. A szerbiai Rudna Glaván már a késő neolitikum idejében művelt karbonátérc-bánya főként néhány méter mélységű felszín alatti bányászatot bizonyít, de ugyanitt léteztek 20–30 m mélységű tárnák is (Jovanović 1999; Borić 2007; Kienlin 2010, 16–17). Ezt követően a felszínhez közeli nyersanyagok kimerültek: ilyenkor felhagyták a bányát, vagy elkezdődött a mélyművelésű szulfidércek és fakóércek kitermelése. A középső rézkori tárgyak közül Maria Novotná által elkülönített Nógrádmárcal és Handlová Kupfer csákányok magas antimon és ezüst, illetve arzén tartalmú fakóércekből (tetraedrit=réz–vas–antimon–szulfid, tennantit=réz–arzenit) eredeztethetők. Ny-Magyarország területén a középső és késő rézkorban arzénréz tárgyak jelennek meg, melyeket a Mondsee-kultúra népe által kitermelt kelet-alpi forrásokhoz kötnek. A badeni kultúra jól ismert vörsi diadémájának valamint a budakalászi temető tárgyainak nyersanyagvizsgálata szerint továbbra is számolhatunk termésváz használatával (Novotná 1955; Junghans et al. 1974, 12904–5, 12907–12; Obereder et al. 1993; Virág 1999, 2003; Bondár 2009, 292–293, 296–297). A rézkor legvégén, a Vučedol-kultúra klasszikus időszakában oxidércekből, a későbbi – már a magyarországi kora bronzkorba keltezett – fázisban (véltetően arzéntartalmú kalkopiritből nyert) arzénrézből készült tárgyak fordulnak elő (Durman 1983, 81; 1990, 226; 1995, 32, 34; Kemenczei 2003, 167).

A magyarországi kora bronzkor 2. fázisában (a Reinecke Bronzezeit A0 fázissal egy időben) továbbra is jellemzők az arzénréz tárgyak (a harangalakú edények kultúrája közép-európai anyagából megvizsgált 65 fém tárgy ötöde ilyen), de a korábbinál gyakrabban használják a fakóérceket is (Bertemes–Heyd 2002; Merkl 2010). Érdekes, hogy ezen időszakban az önbronze eszközök általános megjelenését jóval megelőzően néhány 1%-nál magasabb öntartalmú tárggyal is találkozunk. Ezek – az Albertfalván előkerült

leletek újabb vizsgálati eredményei szerint (Endrődi et al. 2003) – egy kezdetleges technológia, a rézérc és a kassziterit ásvány egy olvasztótégelyben történő összeolvasztása révén készültek. A kora bronzkor 3. fázisától (RB A1) jellemző apró lemezékszerek, hajkarikák és nyakperecek fakóércből készültek. Közülük az ordacsehi-csereföldi temető ékszereinek újabb vizsgálata során Költő László igen magas antimon, arzén és ezüst tartalmat állapított meg – ez a klasszikus Ösenring (Schubert–Schubert 1967; Liversage 1994; Krause 2003, Cl. 34/1) típusra utal; ötvözéssel összefüggő óntartalom (3,49%) csupán egy hajkarikában fordul elő (Somogyi 2004; Költő 2004). A középső bronzkor 1-2. fázisában már általánossá válnak az ónbronzzok. A dunántúli tárgyak nyersanyagában többféle fakóérc között az Ösenring fém típus dominál (a mészbetétes kerámia kultúrája ruhadíszének 80%-a sorolható ide; Kiss 2009a, 201, 8. ábra). A korszak végén, a koszideri periódusban ennek helyét egy másik fakóérctípus, az ún. kelet-alpi réz (Einheitskupfer; Krause 2003, Cl. 34/4) veszi át (Kiss 2009b).

Közép-Európából ma már több olyan bányavidékét ismerünk, ahol bizonyított az őskori rézérc kitermelés: ilyen a Kárpát-medence déli peremén a neolitikum és a rézkor idején művelt Rudna Glava, valamint a bronzkorból a Keleti-Alpokban Mitterberg, Szlovákiában Špania Dolina (Úrvölgy), valamint a mai Románia területén Nagybánya térségében (Vihorlat-Gutin hg.) megtalált bánya (Czajlik 1997; Krause 2003, Abb. 7; Sánta 2011, 315). Az őskori bányahelyek kutatása, valamint az ezzel összefüggő kérdések (pl. a kitermelésben részt vevők és az érc kereskedelembe kerülési módjának meghatározása; együttesen: Montanarchäologie) újabban a kutatás homlokterébe kerültek (Schreiner 2007; Stöllner 2008; Duffy 2008). Jelenleg kevés esetben lehetséges a kész tárgyak pontos érclelőhelyhez kapcsolása: egyrészt nem minden érclelőhelyen készültek pontos elemösszetétel vizsgálatok, másrészt nem ismerjük minden részletében azoknak az ércről a kész tárgyig végbemenő változásoknak a hatásait, amelyek az érc kohósítása és a fémelőkészítési eljárások során végbemennek a nyersanyagban. Az érclelőhelyek megélénkült kutatásától és a kész tárgyak nyersanyagának néhány esetben már ólomizotóp elemzéssel is kiegészített (Pernicka et al. 1993; Niederschlag et al. 2003; Höppner et al. 2005) – eredet meghatározásától nagy előrelépést várhatunk a Kárpát-medence és a környező régiók közötti kapcsolatok szempontjából, a rézkor és a kora bronzkor időszakában egyaránt. A Fertő-tó környéki népességek esetében például ólomizotóp elemzés segítségével kimutatható volt, hogy a magyarországi középső bronzkor végén megfigyelhető említett nyersanyagváltás különböző nyersanyagforrásokat, vagyis a korszak

kapcsolatrendszerében megfigyelhető változást jelez (Schreiner 2007; Duberow et al. 2009).

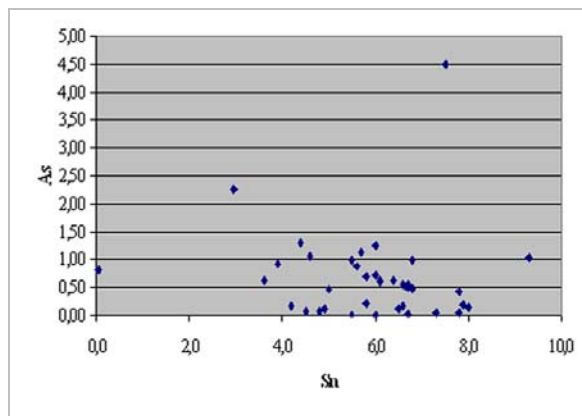
Nagymértékű aranyérc bányászattal a vaskort megelőzően nem számolnak a feldolgozások. Eszerint az arany tárgyak nyersanyaga a hegységekben előforduló felszíni terméсарany kibúvások keresésével és az ezekben a hegyekben eredő folyók vizéből, aranymosás révén volt beszerezhető. Az eddig megvizsgált Kárpát-medencei és közép-európai réz- és bronzkori arany tárgyak vizsgálata során Axel Hartmann több nyersanyagtypust különített el. A csoportosítás lényege, hogy a bányászott aranyban nem mutatható ki ón, míg a folyóból mosott arany óntartalmú. A rézkori és kora bronzkori arany tárgyak nem tartalmazzák ónt, vagyis terméсарanyból készültek; a folyóból mosott arany használatának kezdetét a középső bronzkorra teszik (Hartmann 1970, 1978, 1982; Tylecote 1987, 46; Csedreki et al. 2011, Csedreki–Dani 2011). Történeti adatok alapján Makkay J. 5–10 kg-os, vagy olykor ennél is nagyobb, felszínen található terméсарany rögöket említ (Makkay 1995, 70–71). Az aranymosás bizonyítékai több helyről, Erdélyből, Szlovákiából, a Dunántúlon pedig a Dráva és a Duna mentéről is ismertek. Utóbbi két folyóba az alpesi hegyekből a patakok által kimosott arany került. A folyószabályozás előtti időkben, a szigetközi és csallóközi Duna-szakaszon különösen kedvezőek voltak a körülmények az aranymosáshoz a kis esésű, szétterülő medernek köszönhetően. Itt a római kortól a múlt századig rendelkezünk az aranyászok tevékenységére vonatkozó adatokkal. Uzsoki András az őskorral kapcsolatban is felvetette a folyóból mosott arany fontosságát. A Dunából mosott arany nagy finomságú, aranytartalma 95%-os, a Drávából mosott 92,5%-os (Uzsoki 1959; 1961). Az erdélyi arany fő tulajdonsága viszont az, hogy 20%-nál is nagyobb arányban található benne ezüst, ami a belőle készült tárgyaknak zöldessárga színt kölcsönöz. Emiatt Axel Hartmann a magas ezüst tartalmú európai tárgyakkal kapcsolatban felvetette, hogy ezek az erdélyi „arany négyszög” nyersanyagforrásaiból eredeztethetők. Az eddig megvizsgált kevés bronzkori aranytárgy (Ruttkay 1989; Hänsel–Weiermann 2001; P. Fischl–Kulcsár 2011, 1. táblázat) esetében gyakran csak az arany, ezüst és réz arányát vizsgálták, pedig az ón tartalom is fontos a nyersanyagforrás meghatározásához. Makkay János emellett a tellúr, román kutatók pedig a platina csoport elemeinek (pl. platina, irídium) vizsgálatához kötötték a közelebbi azonosítást; újabban izotópgeokémiai elemzéseket is végeztek hasonló célból (Makkay 1995; Bugoi et al. 2008; Constantinescu et al. 2008). Az arany tárgyak mellett az ezüstöt is korán használatba vette az ember a középső rézorból ismert ezüst csüngők alapján (Primas 1995; Patay–Szathmári 2001).

Fémek és társadalom

Az egyik legfontosabb kérdés, hogy mikor, mennyi ércet bányásztak ki, majd ebből mennyi fém került kereskedelmi forgalomba. Az arany esetében tanulságos Makkay összevetése: a várnai temető impresszív arany tárgyainak össztömege 6 kg, vagyis gyakorlatilag egy nagyobb arany rög megtalálása lehetővé tette ezek elkészülését.

A rézkori és kora bronzkori rézérc kitermelés mértékéről egyelőre kevesebb adatunk van. A kelet-alpi mitterbergi bányára vonatkozó késő bronzkori számítások már tömegtermelést mutatnak: csak a mitterbergi főtéletről kb. 20.000 t rezet állítottak elő a bronzkorban, a környék többi telérét is figyelembe véve 50.000 t-t. A salzburgi régió kutatásaiból tudjuk, hogy az érclélőhelyek közelében létesített rövid idejű telephelyeken zajlott az érc kohósítása (Neuninger et al. 1969; Shennan 1995). A kibányászott kőzetnek csak mintegy 1%-a a hasznos fém, így a bányavidékeken a meddőhányók és a kohókból kikerülő salakhányók – amennyiben ezek keltezhetők – utalnak az egykori kohászat mértékére (Szabó 1999a).

A kora és középső bronzkor időszakában (Kr. e. 2200 és 1600/1500 között) a bányavidékek környezetében előkerült, azonos tárgyak sorozatát (pl. több tucat bronz nyakpercecet vagy baltát) tartalmazó kincsleletekből a kutatás arra következtet, hogy ezek formaöntött félkésztermékként, nyersanyag-öntecsekként értelmezhetők (Müller 2002, Abb. 6; Krause 2003). A bányák nyersanyaga ebben a formában juthatott a cserekereskedelemben. Ezt támasztja alá a nyakpercek és balták nagyjából standard (150–230 g körüli) tömege valamint az a tény, hogy a bányáktól távol eső területeken a formaöntött félkésztermékekből (nyakpercek, balták) csak 1-1 fordul elő a kész tárgyakkal együtt elrejtett kincsleletekben (Lenerz-de Wilde 1995; Vandkilde 2005; Krenn-Leeb 2006, 2010; 009b). A félkész termékeként azonosítható, eddig megvizsgált középső bronzkori – a mészbetétes kerámia kultúrája emlékananyagához köthető – nyakpercek és balták anyaga bronz: a Gyirmótról származó darab ón tartalma 8% (Junghans–Sangmeister–Schröder 1974, 13818), a Tata-Nagy S. utcai kincs darabjának ón tartalma 13,7% (Kisné Cseh 1997, 1. táblázat). Utóbbi tárgy szokatlanul magas óntartalmát felszíni óndúsulás okozhatta: a közlés során Cseh Julianna fel is hívta a figyelmet a tárgyak ezüstös, „ónozott” felszínére. A tárgy óntartalma ennél kisebb lehetett; a felszíni ónbő réteg a készíttéstechnika, vagyis a hőkezelés és hűtés következményének tartható (Szabó 2010, 117, 3. ábra). A hasonló korú, Zalasabaron előkerült, 83 tárgyat tartalmazó, 1,5 kg tömegű kincslelet (Honti–Kiss in print) 50 tárgyan történt roncsolásos mintavétel. Ezek tübingeni elemösszetétel vizsgálata szerint a tárgyak óntartalma zömmel 4 és 8% közé esik; a peremes balta 8%, a nyakpercec-töredék 7,8% ónt tartalmaz (1. ábra).



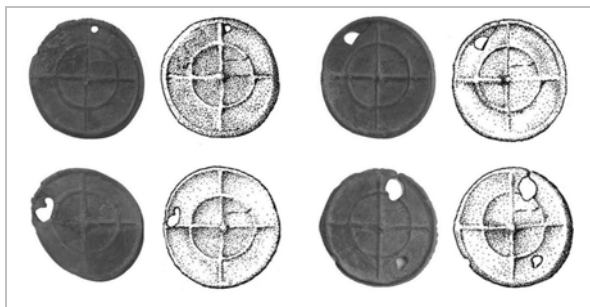
1. ábra: A zalasabari kincs tárgyain végzett elemösszetétel vizsgálat Sn–As diagramja

Fig. 1.: Sn-As chart of the compositional analysis carried out on the objects of the Zalasabari hoard, Hungary

Amennyiben helytálló ezen tárgyak formaöntött nyersanyagformakénti értelmezése, úgy az ón beszerzés kérdése (Primas 2002; Gerloff 2010) tárgyalat térségünkben a kora és középső bronzkort illetően részben megoldottnak tekinthető.

Fontos társadalmi kérdés a kitermelés „intézményessége”. A kutatók egy része szerint az érc kitermelését már a kora bronzkortól a korabeli elit irányította–kontrollálta és fölözte le a hasznot, más kutatók szerint viszont inkább a mai természeti népek példája alapján egy közösség által végzett szezonális bányaművelést tételezhetünk fel, ami nem volt központosított (összefoglalóan Stöllner 2008; Kienlin–Stöllner 2009).

A bányászatban részt vevők meghatározása a tevékenységek specializáltságának és az egykori nemi szerepeknek a kutatásával is összefügg. Walesi kisméretű bányavágatok alapján például arra következtetnek, hogy a kitermelésben gyerekek is részt vettek (Wager 2009; vö. még Pany-Kucera et al. 2010). A kitermelés modellezése újabban a – bizonyítottan a késő bronzkortól használatba vett – hallstatti sóbányával kapcsolatban történt meg kísérleti régészeti módszerek és számítógépes modell alkalmazásával. A példaként választott modellben egy 300 fős közösség 120 év alatt 27.000 tonna sót (évi 225 tonnát) termel ki 26 munkással. A munkások a 18–50 éves korú férfiak közül kerültek ki, de a nyersanyag válogatásában, egyéb munkákban 5 éves kortól az idősebbekig mindenki részvételével számoltak, napi 10 munkaórán, havi 3 pihenőnappal. A kalóriaszükségletre vonatkozó számítás szerint – egy tradicionális alpesi egytálalt alapul véve (amiben F.E. Barth szerint 27% köles, 41% árpa, 27% lóbab és 5% disznóhús volt) – mindez 3000 tonna köles, 5000 tonna árpa, 1000 tonna disznóhús megtermelése mellett volt lehetséges (Kowarik et al. 2010). Amennyiben ezt a közösség termelte meg, úgy a munkaidejüket csak részben fordíthatták a sókitermelésre.

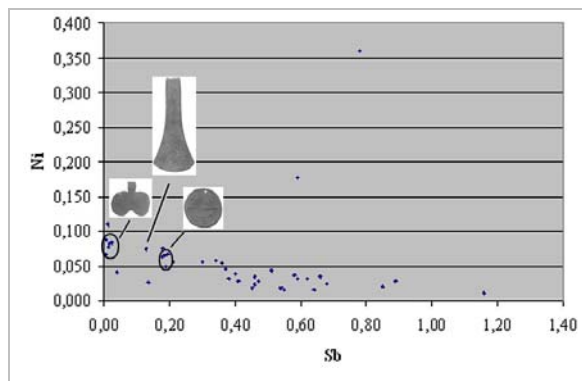


2. ábra: A zalasabari kincs azonos öntőformában készült korongcsüngői

Fig. 2.: Disc-shaped pendants of the Zalasabari hoard, cast in the same mould

A munkafolyamat következő lépése a kész tárgyak előállítás. A kora és középső bronzkori féművesség emlékei azt bizonyítják, hogy ez a településeken történt (ld. az öntőtégelyeket, anyag és kő öntőformákat, fűjtatócsöveket, és az öntőműhelyként azonosítható épületek maradványait: Ecsedy 1995; Horváth 2004; Hänsel és Medović 2004; Ilon 2006; Kienlin 2007; Bátor 2009). A közösség kovács mesterségre specializálódott, nagy szaktudással rendelkező tagjaira következtethetünk a tárgyak vizsgálata (pl. a funkciónak megfelelően szelektált nyersanyag használat, vagy az ón arányának változtatása) és a sírleletekben is megfigyelhető bronzműves eszközök (öntőformák, fűjtatócsövek) alapján (Bátor 2002). Azonban itt is kérdéses a specializáltság mértéke, vagyis, hogy a féművesek teljes munkaidőben, vagy más, kiegészítő tevékenységek mellett űzték-e munkájukat (Sofaer 2010; P. Fischl et al. in print). Ennél a folyamatnál is felmerült az intézményesség kérdése, vagyis a központi településeken az elit által kontrollált módon előállított fém tárgyak elosztása a kisebb telepek felé; azonban a tárgyalta korszakból eddig ismert adatok ezt az elgondolást nem támasztják alá (Duffy 2008).

A középső bronzkori féműves mesterek munkafolyamatairól fontos információt nyerhetünk a tárgyak vizsgálata révén. A mészbetétes kerámia kultúrája zalasabari kincsében megtalálható öntött tárgyak egy részénél (pl. 4 korong alakú csüngő esetében; **2. ábra**) a rajtuk megfigyelhető részletek alapján valószínűsíthető, hogy azonos öntőformában készültek. A tübingeni elemösszetétel adatok (Ag-Ni vagy Sb-Ni) diagramon való ábrázolása kisebb nyersanyagcsoportokat rajzol ki. Az egyik ilyen csoportot alkotják az említett korongok. Az azonos nyersanyag érdekes készítménytechnikai kérdést vet fel (**3. ábra**). Amennyiben ugyanabban a kétrészes kő öntőformában készültek a tárgyak, az meglehetősen időigényessé tette a munkafolyamatot.



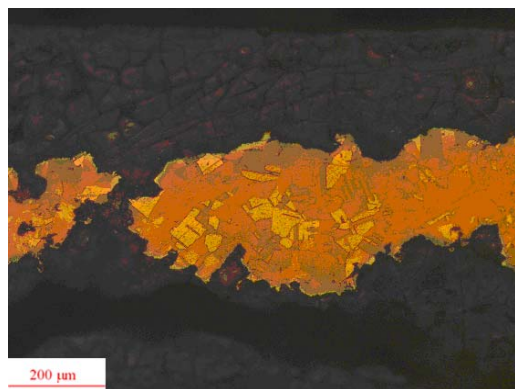
3. ábra: A zalasabari kincs tárgyain végzett elemösszetétel vizsgálat Sb–Ni diagramja; néhány fordított szív alakú csüngő és a négy korongcsüngő, valamint a formaöntött nyersanyagrudként is meghatározható peremes balta adatának kiemelésével

Fig. 3.: Sb–Ni chart of the compositional analysis carried out on the objects of the Zalasabari hoard; with highlighted figures of a few upturned heart-shaped pendants, the four identical disc-shaped pendants and the flanged axe (ingot?)

Praktikus indokok mellett szólnak, hogy inkább egy fa nyomómintáról vagy ugyanazon kész tárgyról készített agyag öntőformák párhuzamos használatát feltételezhetjük, amelyek segítségével a megolvasztott bronzból egyszerre több tárgyat is gyárthattak. Ez utóbbi megoldást valószínűsíti a mészbetétes kerámia kultúrája területéről ismert kis számú kő öntőforma is. Az a tény, hogy a formaöntött félkész nyersanyagformaként is értelmezett balta illeszkedik a nyersanyag csoportok közé, alátámasztja a feltételezést, mely szerint a bányavidékektől távol élő közösségek bronzműves mesterei a cserekereskedelem révén beszerzett bronz nyersanyag beolvasztása révén állították elő a speciális helyi tárgytípusokat (vö. Kiss 2009b). A zalasabari kincs tárgyai közül az – összesen 1,2 kg tömegű – ruhadíszek és ékszerek elkészítéséhez kb. 5–7 db, 150–230 g-os nyersanyagrudra lehetett szükség (a zalasabari peremes balta tömege 238 g; Honti–Kiss in print).

A nyersanyagelemzés mellett a tárgyak szövetszerkezetét elemző metallográfiai vizsgálat (Szabó 2001; Barkóczy et al. 2011; Sánta 2011, 311) a készítménytechnika további részleteibe is bepillantást nyújt: az öntést követő kalapálás, nyújtás jól látható nyomot hagy a tárgyak szerkezetében. Ezt mutatja a zalasabari kincs lemezesfejű tűjének optikai mikroszkópos vizsgálata is (**4. ábra**).

Az arany tárgyak készítménytechnikájával újabban Petra Weihermann foglalkozott számos magyarországi hajkarika vizsgálata révén.



4. ábra: Zalasabari lemezesfejű tű öntést követően megmunkált, hőkezelt szövetszerkezete (optikai mikroszkópos vizsgálat)

Fig. 4.: Microstructure of a Zalasabar pin with disc-shaped head showing signs of further shaping by annealing following casting (examined by optical microscope)

Megfigyelései szerint az arany hajkarikák zömét viaszveszejtési módszerrel készítették, majd esetenként tovább alakították, polírozták (Weihermann 2001).

A metallográfiai vizsgálat nemcsak a készítéstechnikáról, de a tárgy használatáról is fontos adatokkal szolgálhat. Az öntési hibák feltérképezése például hozzájárult annak a régi elképzelésnek a cáfolatához is, mely szerint a törött kardok minden esetben szándékosan használhatatlanná tett darabok lennének. Ez kiegészíthető a használati nyomok, kopások elemzésével és a használat kísérleti régészeti módszerekkel való modellezésével. Késő bronzkori kardokon például egyértelműen másik fémtárggyal, vélhetően kardpengével való találkozásból eredő sérüléseket mutattak ki; az összecsapások során az is megtörtént, hogy az öntési hibák mentén a kard eltörtött (Mödlinger–Ntaflós 2007; Molloy 2008; Mödlinger 2011a). Olaszországi kora bronzkori balták használati kopásnyom vizsgálata egyazon baltán eltérő irányú kopásnyomokat, vagyis különböző célokra való alkalmazást mutatott ki, emellett az aszimmetrikus kopásból a felnyelezés módjára is következtetni lehet (Dolfini 2011; alabárdokról ld. O’Flaherty 2007; törökről: Mödlinger 2004, 2011b; késő bronzkori baltákról: Roberts–Ottaway 2003).

Fontos szempont a fémtárgyak viselőinek helye a társadalomban. A temetkezések eddigi vizsgálata alapján kb. a sírok 10%-ában figyelhetők meg réz és bronz tárgyak (Primas 1977). Az aranymellékletekkel eltemetett személyek aránya még kisebb: az Unterwölbling-kultúra újabban feltárt, nagyobb sírszámú temetőiben (Franzhausen

I-II, Gemeinlebarn F) feltárt 1113 sírból csupán 27-ben fordult elő aranymelléklet, ez 0,024%-nek felel meg. Az aranytárgyak (hajkarikák, vékony aranylemezről készített ruhadíszek) méretét, súlyát, s egykori értékét segít elképzelni az az adat, hogy az említett temetők aranyékszereinek össztömege mindössze 48 g. Hozzá kell azonban tenni, hogy ez a szám valószínűleg nem teljes, mivel ez utóbbi temetkezések zömét erősen kirabolták, vagyis a sírokban a bennük hagyott apró arany hajkarikáknál jóval értékesebb mellékletek is voltak, amelyeket a sírrablók magukkal vittek (Neugebauer–Maresch–Neugebauer 1989; Csányi 1996).

A temetkezésekből előkerülő fém tárgyak patinájának részletes vizsgálata is fontos adatokat nyújthat. Egyrészt információval szolgálhat az előkerülés helyét illetően (pl. nedves vagy száraz környezet), ami főként szórvány fém tárgyak, ismeretlen helyről bekerült depók esetében lehet fontos. Másrészt szerencsés esetekben a korróziós anyagok másképp nem megmaradó szerves anyagokat őrizhetnek meg: így találkozhatunk karperec belső oldalának korróziós rétegében megőrződött, négyezer éves emberi bőr lenyomatával, hajdísz maradványával és kard markolatán megmaradt zsinemaradványokkal (Grömer–Mödlinger 2005; Peška et al. 2006).

Hazai eredmények és kérdések

Magyarországi kora és középső bronzkori tárgyakon a stuttgarti fémelemzési (SAM) projekt óta csak kis számú anyagösszetétel vizsgálat, általában röntgenfluoreszcens analízis készült: pl. a kiskundorozsmai kora bronzkori sírmellékletekből előkerült réz ékszereket és hasonló korú, régebben előkerült tárgyakat Kis-Varga Miklós vizsgálta meg; az ordacsehi-cserepföldi kora bronzkor végi temetkezések fém mellékleteit Költő László elemezte (Költő 2004; P. Fischl–Kulcsár 2011). A Velemből és Tatáról múzeumba került középső bronzkori leleteket Ilon Gábor és Költő László, valamint Kisné Cseh Julianna és Bertalan Ákos vizsgálták (Kisné Cseh 1997; Ilon–Költő 2000; Kiss 2009b). Ólomizotóp-elemzést eddig a hazai alföldi késő neolitikum és rézkor időszakából származó tárgyakon (Siklósi et al. in prep.), valamint kora és középső bronzkori fémleleteken az Ernst Pernicka és Tobias L. Kienlin által vezetett „*Untersuchungen zur Vermittlung der Zinnbronze nach Mitteleuropa über das Karpatenbecken*” c. tübingeni projekt során végeztek; az eredmények egyelőre közöletlenek.

Az eddig elvégzett vizsgálatok több kérdést is felvetnek. Amennyiben többféle vizsgálat is készül egy tárgyról, gyakran eltérő összetételi adatokat kapunk.

Lelőhely	Sír/tárgy	Tárgy	Leltári és azonosító szám (MFM)	Laboradat	%os összetétel											
					Cu	As	Sb	Ni	Ag	Bi	Sn	Pb	Co	Au	Fe	Zn
Pitvaros	2	karperec	53.1.2.	Debrecen	n.a.	–	–	–	0,06	n.a.	–	–	n.a.	–	–	–
				SAM 13120 (Cl. 34/3)	n.a.	0,37	0,009	0,001	0,03	0	0	0,08	0	0	nyom	0
Pitvaros	12/1	karperec	53.1.13.	Debrecen	97,0	–	–	–	0,63	–	–	–	n.a.	–	–	0,72
				SAM 13117 (Cl. 34/8)	n.a.	0,13	0,64	0,4	0,31	0,005	0	0,09	0	++	0	nyom
Pitvaros	12/1	karperec	53.1.14.	Debrecen	96,5	–	0,89	0,45	0,61	n.a.	–	0,67	n.a.	n.a.	–	0,57
				SAM 13118 (Cl. 34/8)	n.a.	0,11	0,58	0,46	0,29	0,005	0	0,007	0	++	0	0

5. ábra: Pitvarosi kora bronzkori tárgyak Stuttgartban és Debrecenben végzett elemzési eredményeinek összevetése (P. Fischl–Kulcsár 2011, 2. táblázat nyomán)

Fig. 5.: Comparison of examination results carried out by the Stuttgart and the Debrecen laboratories on artefacts of the Early Bronze Age Pitvaros culture (after P. Fischl–Kulcsár 2011, Table 2)

Erre jó példa a pitvarosi kora bronzkori tárgyak Stuttgartban és Debrecenben végzett elemzési eredményeinek összevetése (**5. ábra**; P. Fischl–Kulcsár 2011), ahol nemcsak az összetevők arányának eltéréseivel, de a debreceni mérősorozatban egyes elemek, pl. az As, Sb, Ni vagy Bi hiányzó adataival szembesülünk. Ennek oka részben a korszak tárgyainak heterogén anyagösszetételében, részben viszont az eltérő érzékenységi vizsgálati módszerekben és műszerekben kereshető. Emellett a roncsolásmentes vizsgálatoknál vagy a kis roncsolással, a tárgyból csak apró forgácsok kifűrésével járó mintavételeknél az eredményeket torzíthatja a felületi óndúsulás és a korrózió is. Emiatt is a vizsgálat helye és/vagy a mintavétel kijelölésében a régészeti kérdésfelvetés és a műtárgyvédelmi szempontok összehangolása alapvető kérdés (részletesen: Szabó 2010). Szövetszerkezeti elemzésnél például eltérő képet kapunk, amennyiben a tárgy (pl. balta) éltől távolabbi, illetve az öntés után megmunkált éléből veszünk mintát; egy bronz ruhadísz öntés után kalapálással tovább alakított, megnyújtott függesztő részének vizsgálata ugyanígy a tárgy többi részétől eltérő készítméstechnikai adatot ad. Mindezek arra hívják fel a figyelmet, hogy többféle módszer kombinációjával lehet jó, megbízható adatsort kapni (vö. Sánta 2011). Ez szükségessé teszi a fémvizsgálat eredményeinek közlésekor a mintavételi hely pontos megjelölését és dokumentálását (pl. Mödlinger 2004; Kienlin 2010; Barkóczy et al. 2011).

Szabó Géza nemrégiben fémvizsgálatával összefüggő mintavételi protokoll és a kivett mintákból létrehozott gyűjtemény felállításának szükségességét vetette fel. A gyűjteményben a minták későbbi vizsgálatok számára is hozzáférhetőek lehetnének, újabb mintavételezés és a tárgyak további roncsolása nélkül. Újonnan előkerült tárgyak esetében a mintavételt érdemes a restaurálást megelőzően elvégezni, a patina fent

említett vizsgálatával együtt. Mindezek alapján a fém tárgyak leírt vizsgálatából nyerhető adatok értelmezése és publikálása a kutatásban résztvevő, eltérő tudományterületen jártas szakemberek, régészek, restaurátorok és anyagmérnökök együtt gondolkodása révén valósítható meg legjobban.

Összefoglalás

A kárpát-medencei és közép-európai metallurgiai kutatás több mint 100 éve alatt különféle szempontok szerint vizsgálták az őskori réz és bronz tárgyakat. Az őskori bányahelyek kutatása, valamint az ezzel összefüggő kérdések (pl. a kitermelésben részt vevők és az érc kereskedelembe kerülési módjának, a nyersanyagformáknak a meghatározása; együttesen: Montanarchäologie) újabban a kutatás homlokterébe kerültek. A kutatók egy része szerint az érc kitermelését már a kora bronzkortól központosított módon, a korabeli elit irányításával végezték, más kutatók szerint viszont inkább a mai természeti népek példája alapján egy közösség által végzett szezonális bányaművelést tételezhetünk fel, ami nem volt központosított. A bányászásban részt vevők és a kész tárgyakat előállító mesterek meghatározása a tevékenységek specializáltságának és az egykori nemi szerepeknek a kutatásával is összefügg.

A magyarországi kora bronzkor végén és középső bronzkor időszakában (Kr. e. 2200 és 1600/1500 között) a bányavidékek környezetében előkerült, azonos tárgyak sorozatát (pl. több tucat bronz nyakpercecet vagy baltát) tartalmazó kincsleletekből a kutatás arra következtet, hogy ezek formaöntött félkésztermékként, nyersanyagöntecsekként értelmezhetők. A középső bronzkori fémműves mesterek munkafolyamatairól fontos információt nyerhetünk a tárgyak vizsgálata révén. A mészbetétes kerámia kultúrája zalaszabari kincsében megtalálható öntött tárgyak egy részénél (pl. négy korongcsüngő esetében) a rajtuk megfigyelhető részletek alapján valószínűsíthető, hogy azonos öntőformában készültek. A tübingeni

elemösszetétel vizsgálat a korongok összetételének azonosságát mutatta ki, ami érdekes készítechéknikai kérdést vet fel. Praktikus indokok mellett szólnak, hogy ugyanazon kész tárgyról készített agyag öntőformák párhuzamos használatát feltételezhetjük, amelyek segítségével a megolvasztott bronzból egyszerre több tárgyat is gyárthattak. Ez utóbbi megoldást valószínűsíti a mészbetétes kerámia kultúrája területéről ismert kő öntőformák kis száma is. Az a tény, hogy a formaöntött félkész nyersanyagformaként is értelmezett balta illeszkedik a nyersanyag-csoportok közé, alátámasztja a feltételezést, mely szerint a bányavidekektől távol élő közösségek bronzműves mesterei a cserekereskedelem révén beszerzett bronz nyersanyag beolvasztásával állították elő a speciális helyi tárgytípusokat. A nyersanyagelemzés mellett a tárgyak szövetszerkezetét elemző metallográfiai vizsgálat a készítechéknika további részleteibe is bepillantást nyújt: az öntést követő kalapálás, nyújtás jól látható nyomot hagy a tárgyak szerkezetében. Az eddig elvégzett vizsgálatok arra hívják fel a figyelmet, hogy többféle módszer kombinációjával lehet jó, megbízható adatsort kapni. Alapvető fontosságú a vizsgálat helye és a mintavétel kijelölésében a régészeti kérdésfelvetés és a műtárgyvédelmi szempontok összehangolása, mintavételi protokoll kidolgozása és a mintavételi helyek dokumentálása.

Köszönetnyilvánítás

A zalaszabari tárgyak elemösszetétel adatai felhasználásának lehetőségéért köszönettel tartozom az Ernst Pernicka és Tobias L. Kienlin vezetésével folyó tübingeni kutatási programnak. A szövetszerkezeti vizsgálatok a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Anyagtudományi Intézetével közös program részeként készültek, felhasználásuk lehetőségéért Barkóczy Péternek tartozom köszönettel.

Irodalom

BARKÓCZY P., KOVÁCS Á., P. FISCHL K. (2011): Óskori réz és bronz leletek metallográfiai és metallurgiai vizsgálata – Metallographical and Metallurgical Investigation of Prehistoric Copper and Bronze Finds. *Archeometriai Műhely* 8/4 293–304.

BÁTORA, J. (2002): Contribution to the problem of "Craftsmen" graves at the end of Aeneolithic and in the Early Bronze Age in Central, Western and Eastern Europe. *Slovenská Archeológia* 50 179–228.

BÁTORA, J. (2009): Metallurgy and Early Bronze Age Fortified Settlements in Slovakia. *Slovenská Archeológia* 57 195–219.

BERTEMES, F., & HEYD, V. (2002): Der Übergang Kupferzeit/Frühbronzezeit am

Nordwestrand des Karpatenbeckens – kulturgeschichtliche und paläometallurgische Betrachtungen In: BARTELHEIM, M., PERNICKA, E., KRAUSE, R. (Hrsg.) *Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt*. Rahden/Westfalen, 185–228.

BONDÁR, M. (2009): Grave goods. In: BONDÁR, M. & RACZKY, P. (eds.): *The Copper Age cemetery of Budakalász*. Budapest, 245–300.

BORIĆ, D. (2009): Absolute dating of metallurgical innovations in the Vinča Culture of the Balkans. In: KIENLIN, T. L. & ROBERTS, B. W. (eds.): *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* 169 Bonn, 191–245.

BUGOI, R., COJOCARU, V., CONSTANTINESCU, B., CALLIGARO, T., PICHON, L., RÖHRS, S., & SALOMON, J. (2008): Compositional studies on Transylvanian gold nuggets: Advantages and limitations of PIXE–PIGE analysis. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 266 2316–2319.

CONSTANTINESCU, B., BUGOI, R., COJOCARU, V., RADTKE, M., CALLIGARO, T., SALOMON, J., PICHON, L., RÖHRS, S., CECCATO, D., & OBERLÄNDER-TÂRNOVEANU, E. (2008): Micro-SR-XRF and micro-PIXE studies for archaeological gold identification – The case of Carpathian (Transylvanian) gold and of Dacian bracelets. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 266 2325–2328.

CSÁNYI M. (1996): Késő bronzkori adatok a sírrablás pszichológiájához. *Múzeumi Levelek* 75/1 33–43.

CZAJLIK, Z. (1993): Exploration geoarchéologique du Mont Szent Vid. Recherches franco-hongroises a Velem. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 45 317–347.

CZAJLIK, Z. (1996): Ein spätbronzezeitliches Halbfertigprodukt: Der Gusskuchen. Eine Untersuchung anhand von Funden aus Westungarn. *Archaeologia Austriaca* 80 165–180.

CZAJLIK Z. (1997): *A Dunántúl későbronzkori réznyersanyag-forgalma (urnamezős időszak)*. Kandidátusi értekezés, kézirat, ELTE Budapest.

CZAJLIK, Z., MOLNÁR, F., & G. SÓLYMOS, K. (1999): On the Origin of Late Bronze Age Semi-products found at Celldömölk-Sághegy according to Electronmicroprobe Studies. *Communicationes Archaeologicae Hungariae*, 35–47.

CSEDREKI L. & DANI J. (2011): 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** 285–192.

CSEDREKI L., DANI J., KIS-VARGA M., DARÓCZI L., & SÁNDORNÉ KOVÁCS J. (2011): A hencidai aranykincs interdiszciplináris vizsgálatai (új szempontok, új eredmények). *A Debreceni Déri Múzeum Évkönyve 2010*, 35–52.

DOLFINI A. (2011): The function of Chalcolithic metalwork in Italy: An assessment based on use-wear analysis. *Journal of Archaeological Science* **38** 1037–1049.

E. DUBEROW, E. PERNICKA & A. KRENN-LEEB (2009): Eastern Alps or Western Carpathians: Early Bronze Age Metal within the Wieselburg Culture. In: KIENLIN, T. L. & ROBERTS, B. W. (eds.): *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* **169** Bonn, 336–349.

DUFFY, P. R. (2008): A Körös vidék bronzkori tell-társadalmi. In: Martyin, E. & Bóka G. (eds.): *Körös-menti évezredek. Régészeti ökológiai és településtörténeti kutatások a Körös-vidéken. Gyulai katalógusok* **13** 107–149.

DURMAN, A. (1983): Metalurgija vučedolskog kulturnog kompleksa (Metallurgy of the Vučedol culture complex). *Opuscula Archaeologica* **8** 1–87.

ECSEDY, I. (1990): On the early development of prehistoric metallurgy in Southern Transdanubia. *Godišnjak Centra za Balkanološka ispitivanja* (Sarajevo) **26** 209–231.

ECSEDY I. (1995): Rézkori hagyományok és a bronzkori technika kezdetei. In: Maráz B. (szerk.): *A bronzkor kincsei Magyarországon*. Pécs, 31–37.

ENDRŐDI, A., BARADÁCS, E., UZONYI, I., KISS, A. Z., MONTERO, I., & ROVIRA, S. (2003): Technological study of Beaker metallurgy in Hungary. In: *Archaeometallurgy in Europe, proceedings* Vol. 2. Associazione Italiana di Metalurgia. Milan, 29–38.

FONTIJN, D. R. (2002): *Sacrificial landscapes. The cultural biographies of persons, objects and natural places in the Bronze Age of the Southern Netherlands, c. 2300–600 BC*. *Analecta Praehistorica Leidensia* **33/34**. Leiden: University of Leiden.

GERLOFF, S. (2010): Von Troja an die Saale, von Wessex nach Mykene. Chronologie, Fernverbindungen und Zinnrouten der Frühbronzezeit Mittel- und Westeuropas. MELLER, H. & BERTEMES, F. (Hrsg.): *Der Griff nach den Sternen – Wie Europas Eliten zu Macht und Reichtum kamen*. 2 Bände. *Internationales Symposium in Halle-Saale, 16.-21. Februar 2005*. Halle, 603–639.

GRÖMER, K. & MÖDLINGER, M. (2005): Metallographische und textilkundliche Untersuchungen an einem urnenfelderzeitlichen Schwert aus Nordböhmen. *Archäologie Österreichs* **16** 51–55.

HÄNSEL, B. & MEDOVIĆ, P. (2004): Eine Bronzegießerwerkstatt der Frühen Bronzezeit in Feudvar bei Mošorin in der Vojvodina. In: HÄNSEL, B. (Hrsg.) *Parerga Praehistorica. Jubiläumsschrift zur Prähistorischen Archäologie. 15 Jahre UPA*. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie Bonn, **100** 83–111.

HÄNSEL, B. & WEIHERMANN, P. (2000): Ein neu erworbener Goldhort aus dem Karpatenbecken im Berliner Museum für Ur- und Frühgeschichte. In: *Acta Praehistorica et Archaeologica* **32** 7–30.

HANSEN, S. (2002): “Überausstattungen” in Gräbern und Horten der Frühbronzezeit. In: J. MÜLLER (ed.), *Vom Endneolithikum zur Frühbronzezeit: Muster sozialen Wandels? Tagung Bamberg 14.-16. Juni 2001*. Bonn, 151–173.

HANSEN, S. (2005): Über bronzezeitliche Horte in Ungarn – Horte als soziale Praxis. In: HOREJS, B., JUNG, R., KAISER, E. & TERŽAN, B. (eds.): *Interpretationsraum Bronzezeit*. Bernhard Hänsel von seinen Schülern gewidmet. *Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie* Bonn, **121** 211–230.

HARTMANN, A. (1970): *Prähistorische Goldfunde aus Europa*. Spektralanalytische Untersuchungen und deren Auswertung. Studien zu den Anfängen der Metallurgie **3** Berlin, 1–130.

HARTMANN, A. (1978): Irish and british gold types and their West European counterparts. In: Ryan, M. (Ed.): *The origins of metallurgy in Atlantic Europe*. Dublin, 215–228.

HARTMANN, A. (1982): *Prähistorische Goldfunde aus Europa II*. Studien zu den Anfängen der Metallurgie **5**. Berlin, 1–155.

HONTI, SZ.–KISS V. (in print): Bronze hoard from Zalaszabar. New data on the study of the Tolnanémedi horizon – Part 2. In: ANDERS, A., KALLA, G., KISS, V., KULCSÁR, G. & V. SZABÓ, G. (eds): *Prehistoric Studies I*. Budapest.

HORVÁTH T. (2004): Néhány megjegyzés a vatyai kultúra fémművességéhez – technológiai megfigyelések a kultúra köeszközein – Die Metallkunst der Vatyá-kultur. Technologische Beobachtungen an ihren Steingeräten. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* 11–64.

HÖPPNER, B. BARTELHEIM, M., HUIJSMANS, M., KRAUSS, R., MARTINEK, K. P., PERNICKA, E. & SCHWAB, E. (2005): Prehistoric copper production in the Inn Valley

(Austria), and the earliest copper in Central Europe. *Archaeometry* **47** 293–315.

ILON G. (1989): Adatok az Északnyugat–Dunántúl későbronzkorának bronzművességéhez. *Pápai Múzeumi Értesítő* **2** 15–32.

ILON G. (2006): Bronzezeitliche Gussformen in dem Karpatenbecken. In: Kobal, J. (Hrsg.) *Bronzezeitliche Depotfunde – Problem der Interpretation. Materialien der Festkonferenz für Tivodor Lehocky zum 175. Geburtstag. Ushhorod, 5.-6. Oktober 2005*. Usgorod, 273–301.

ILON G. & KÖLTŐ L. (2000): Középső bronzkori emlékek a veleimi Szt.Vidről. Egy tolnanémedi típusú (VII. veleimi) kincslet? – Middle Bronze Age artifacts from Szent Vid of Velem. Another of the Tolnanémedi-type (VII. Velem) artifact sortiment?) Komárom-Esztergom Megyei Múzeumok Közleményei **7** 69–95.

JOVANOVIĆ, B. (1999): Technological significance of hoards from Rudna Glava, the copper mine of the Vinča culture. *Starinar* **49** 179–183.

JUNGHANS, S., SANGMEISTER, E. & SCHRÖDER M. (1968), *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Die Materialgruppen beim Stand von 12000 Analysen*. Studien zu den Anfängen der Metallurgie **2. 1-3**. Berlin, Mann 1–174.

JUNGHANS, S., SANGMEISTER, E. & SCHRÖDER M. (1974): *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas*. Studien zu den Anfängen der Metallurgie **2. 4**. Berlin, Mann

KALICZ N. (1982): A Balaton-Lasinja kultúra történeti kérdései és fémletelei – The historical problems of the Balaton-Lasinja culture and its metal finds. *Archaeologiai Értesítő* **109** 3–17.

KALICZ N. (1992): A legkorábbi fémletelek 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** 3–14.

KEMENCZEI T. (2003): A bronzkori féművesség. In: VISY ZS. (főszerk.) *Magyar régészet az ezredfordulón*. Budapest, 167–174.

KIENLIN, T. L. (2007): Von den Schmieden der Beile: Zu Verbreitung und Angleichung metallurgischen Wissens im Verlauf der Frühbronzezeit. *PZ* **82** 1–22.

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. Oxford.

KIENLIN, T. L. & STÖLLNER, TH. (2009): Singen Copper, Alpine Settlement and Early Bronze Age Mining: Is There a Need for Elites and Strongholds? In: KIENLIN, T. L. & ROBERTS, B. (Eds.) *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* **169** Bonn, 67–104.

KISNÉ CSEH J. (1997): Bronzkori ékszerlelet Tatáról – Bronzezeitliche Schmuckfunde aus Tata). *Komárom-Esztergom Megyei Múzeumok Közleményei* **5**, 93–128.

KISS, V. (2009a): The Life Cycle of Middle Bronze Age Bronze Artefacts from the Western Part of the Carpathian Basin. In: KIENLIN, T. L. & ROBERTS, B. (Eds.) *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* Bonn, **169** 328–335.

KISS, V. (2009b): 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: ILON G. (Szerk.) *ΜΩΜΟΣ VI. Óskoros Kutatók VI. Összejövétele. Nyersanyagok és kereskedelem*. Szombathely, 197–212.

KÖLTŐ, L. (2004): Megjegyzések az Ordacsehi-Csereföld lelőhely fémvizsgálati eredményeihez (Beiträge zu Ergebnissen der Metallanalyse aus dem Fundort Ordacsehi-Csereföld). In: ILON G. (szerk.) *ΜΩΜΟΣ III. Az Óskoros kutatók III. Összejövetelének konferenciakötete. Halottkultusz és temetkezés*. Szombathely, 391–392.

KOWARIK, K., RESCHREITER, H. & WURZER, G. (2010): Modeling a mine. Agentbased Modeling, Systemdynamics and Experimental Archaeology applied to the Bronze Age Saltmines of Hallstatt. In: HOLZNER, B. & TILMANN, M. (eds.): *Mining in European History. Spezialforschungsbereich HiMAT*. Innsbruck, 44–53.

KRAUSE, R. (2003): *Studien zur kupfer- und frühbronzezeitlichen Metallurgie zwischen Karpatenbecken und Ostsee*. Vorgeschichtliche Forschungen **24**. Rahden/Westfalen, 1–203.

KRENN-LEEB, A. (2006): Gaben an die Götter? Depotfunde der Frühbronzezeit in Österreich. *Archäologie Österreichs* **17** 4–17.

KRENN-LEEB, A. (2010): Ressource versus Ritual – Deponierungsstrategien der Frühbronzezeit in Österreich. In: MELLER, H. & BERTEMES, F. (Hrsg.): *Der Griff nach den Sternen – Wie Europas Eliten zu Macht und Reichtum kamen. 2 Bände. Internationales Symposium in Halle-Saale, 16.-21. Februar 2005*. Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle-Saale, **5** 281–315.

LENERZ-DE WILDE, M. (1995): Prämonetäre Zahlungsmittel in der Kupfer- und Bronzezeit

Mitteleuropas. *Fundberichte aus Baden-Württemberg* **20** 229–327.

LIVERSAGE, D. (1994): Interpreting composition patterns in ancient bronze: the Carpathian Basin. *Acta Archaeologica (Copenhagen)* **65** 57–134.

LOCKHOFF, N. (2009): Modul NW5: Teil Kupferisotopie. *Curt-Engelhorn-Zentrums Archäometrie. An-Institut der Universität Tübingen Jahresbericht*, 14–16.

M. VIRÁG Zs. (1999): A badeni kultúra rézleletei Sármellék-Égenföldről – Die Kupferfunde der Badener Kultur in Sármellék-Égenföld. *Zalai Múzeum* **9** 33–54.

M. VIRÁG Zs. (2003): Korai féművesség a Kárpát-medencében. In: VISY ZS. (főszerk.) *Magyar régészet az ezredfordulón*. Budapest, 129–132.

MAKKAY, J. (1995): The rise and fall of gold metallurgy in the Copper Age of the Carpathian Basin: the background of the change. In: MORTEANI, G. & NORTHOVER, J. P. (eds.): *Prehistoric gold in Europe. Mines, metallurgy and manufacture*. Dordrecht–Boston–London, 65–76.

MERKL, M. B. (2010): Bell Beaker Metallurgy and the Emergence of Fahlore-copper Use in Central Europe. *Interdisciplinaria Archaeologica* **1** 19–27.

MISKE, K. (1904): Die Bedeutung Velem St. Veits als prähistorische Gusstätte mit Berücksichtigung der Antimon-Bronzefrage. *Archiv für Anthropologie* **2** 124–138.

MISKE, K. (1929): Bergbau, Verhüttung und Metallbearbeitungswerkzeuge aus Velem St. Veit (Westungarn). *Wiener Prähistorischer Zeitschrift* **16** 81–94.

MOZSOLICS, A. (1984): Ein Beitrag zum Metallhandwerk der ungarischen Bronzezeit. *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission* **65** 19–72.

MÖDLINGER, M. (2004): Metallographisch-analytische Untersuchungen an einem frühbronzezeitlichen Dolch aus Niederfellabrunn, Niederösterreich. *Archäologie Österreichs* **15** 26–28.

MÖDLINGER, M. (2011a): Ritual object or powerful weapon – the usage of central europe bronze age swords. In: UCKELMANN, M. & MÖDLINGER, M. (eds.): *Bronze Age Warfare. Manufacture and Use of Weaponry*. BAR IS **2255**. Oxford.

MÖDLINGER, M. (2011b): Zur Herstellung der frühbronzezeitlichen Dolche aus Hainburg/Teichtal und Mannersdorf am Leithagebirge, Niederösterreich. *Archäologie Österreichs* **22** 45–50.

MÖDLINGER, M. & NTAFLS, T. (2009): Manufacture and Use of Bronze Age Swords. Multidisciplinary Investigation of Austrian Metal Hilted and Organic Hilted Swords. In: CRADDOCK, P.T., GIUMLIA-MAIR A. AND & HAUPTMANN, A. (eds.): *Proceedings of the 2nd International Conference Archaeometallurgy in Europe. Selected Papers*. Aquileia, 191–200.

MOLLOY, B.P.C. (2008): Martial Arts and Materiality: A Combat Archaeology perspective on swords of the fifteenth and fourteenth centuries BC. *World Archaeology* **40** 116–134.

MÜLLER, J. (2002): Modelle zur Einführung der Zinnbronzetechnologie und zur sozialen Differenzierung der mitteleuropäischen Frühbronzezeit. In: MÜLLER, J. (Hrsg.): Vom Endneolithikum zur Frühbronzezeit: Muster sozialen Wandels? *Universitätsforschung zur prähistorischen Archäologie* **90** Bonn, 267–289.

NEUGEBAUER-MARESCH, C. & NEUGEBAUER, J.-W. (1989): Goldobjekte aus den Frühbronzezeitnekropolen Franzhausen I und II und Gemeinlebarn F. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* **118–119** 101–134.

NEUNINGER, H., PITTIONI, R. & PREUSCHEN, E. (1969): Salzburgs Kupfererzlagerstätten und Bronzefunde aus dem Lande Salzburg. Ein weiterer Beitrag zur Frage der Relation Lagstätte–Fertigobjekt. *Archaeologia Austriaca Beiheft* **9**.

NIEDERSCHLAG, E., PERNICKA, E., SEIFERT, T., BARTELHEIM, M. (2003): The determination of lead isotope ratios by multiple collector ICP-MS: a case study of Early Bronze Age artefacts and their possible relation with ore deposits of Erzgebirge. *Archaeometry* **45** 61–100.

NOVOTNÁ, M. (1955): Medené nástroje problém najstaršej ťažby medi na Slovensku – Kupfergeräte und das Problem der ältesten Kupfergewinnung in der Slowakei. *Slovenská Archeológia* **3** 70–100.

OBEREDER, J., PERNICKA, E., RUTTKAY, E. (1993): Die Metallfunde und die Metallurgie der Kupferzeitlichen Mondseegruppe. Ein Vorbericht. *Archäologie Österreichs* **4** 5–9.

O'BRIEN, W. (1994): Mount Gabriel: A Bronze Age copper mine in South West Ireland. Galway, 1–371.

O'FLAHERTY, R. (2007): A weapon of choice – experiments with a replica Irish Early Bronze Age halberd. *Antiquity* **81** 423–434.

OTTO, H. & WITTER, W. (1952): *Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa*. Leipzig, 1–222.

P. FISCHL K., KISS V. & KULCSÁR G. (in print): „Ahány ház, annyi szokás”? Specializált

háztartások a kora és középső bronzkorban – Specialized households in the Early and Middle Bronze Age Carpathian Basin. In: ANDERS, A., KALLA, G., KISS, V., KULCSÁR, G. & V. SZABÓ, G. (szerk.) ΜΩΜΟΣ VII. Őskoros Kutatók VII. Összejövetele, Százhalombatta 2011. március 16–18. *Ősrégészeti Levelek* **13**.

P. FISCHL K. & KULCSÁR G. (2011): Tiszán innen, Dunán túl. A kora bronzkor kérdései a kiskundorozsmai temető kapcsán – Diesseits der Theiss, jenseits der Donau. Fragen der Frühbronzezeit hinsichtlich des Gräberfeldes von Kiskundorozsma. *MFME–Studia Archaeologica* **12** 59–90.

PANY-KUCERA, D., RESCHREITER, H., & KERN, A. (2010): Auf den Kopf gestellt? – Überlegungen zu Kinderarbeit und Transport im prähistorischen Salzbergwerk Hallstatt. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* **140** 39–68.

PATAY, P. (1984): Kupferzeitliche Meissel, Beile und Äxte in Ungarn. *PBF* **IX** **15**. München, 1–119.

PATAY, P. & SZATHMÁRI, I. (2001): Über einen seltenen urzeitlichen silbernen Blechanhänger aus dem Karpatenbecken. *Communicationes Archaeologicae Hungariae*, 5–13.

PERNICKA, E. (1995): Gewinnung und Verbreitung der Metalle in prähistorischer Zeit. Das Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz **37** 21–129.

PERNICKA, E.–BEGEMANN, F.–SCHMITT-STRECKER, S. & WAGNER, G. A. (1993): Eneolithic and Early Bronze Age copper artefacts from the Balkans and their relation to Serbian copper ores. *Prähistorische Zeitschrift* **68** 1–54.

PEŠKA, J., KRÁLÍK, & M. SELUCKÁ, A. (2006): 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** 5–46.

PITTIONI, R. (1957): Urzeitlicher Bergbau auf Kupfererz und Spurenanalyse. Beiträge zur Relation Lagedstätte–Fertigobjekt. *Archaeologia Austriaca Beiheft* **1** 1–76.

PRIMAS, M. (1978): Untersuchungen zu den Bestattungssitten der ausgehenden Kupfer- und frühen Bronzezeit: Grabbau, Bestattungsformen und Beigabensitten im südlichen Mitteleuropa. *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission* **58** 1–160.

PRIMAS, M. (1995): Gold and silver during the 3rd Mill. cal. BC. In: MORTEANI, G. &

NORTHOVER, J. P. (eds.): *Prehistoric gold in Europe. Mines, metallurgy and manufacture*. Dordrecht–Boston–London, 77–93.

PRIMAS, M. (2002): Early tin bronze in central and southern Europe. In: BARTELHEIM, M., PERNICKA, E. & KRAUSE, R. (eds.): *Die Anfänge der Metallurgie in der alten Welt – The beginnings of metallurgy in the old world*. Rahden/Westfalen, 303–314.

ROBERTS, B. W. & OTTAWAY, B. S. (2003): The use and significance of socketed axes during the Late Bronze Age. *European Journal of Archaeology* **6** 119–140.

RUTTKAY, E. (1989): Zwei verzierte Goldplättchen aus dem frühbronzezeitlichen Gräberfeld von Hainburg-Teichtal. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* **118–119** 135–150.

SÁNTA G. (2011): 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* **8/4** 305–320.

SCHALK, E. (1998): *Die Entwicklung der prähistorischen Metallurgie im nördlichen Karpatenbecken. Eine typologische und metallanalytische Untersuchung*. Internationale Archäologie–Naturwissenschaft und Technologie 1. Rahden/Westfalen, 1–178.

SCHUBERT, F. & SCHUBERT, E. (1967): Spektralanalytische Untersuchungen von Hort- und Einzelfunden der Periode B III. In: *Bronzefunde des Karpatenbeckens. Depotfundhorizonte von Hajdúsámson und Kosziderpadlás*. Budapest, 185–189.

SCHUMACHER-MATTHÄUS, G. (1985): *Studien zu bronzezeitlichen Schmucktrachten im Karpatenbecken*. Marburger Studien zur Vor- und Frühgeschichte 6. Mainz am Rhein: Philipp von Zabern, 1–266.

SCHREINER, M. (2007): *Erzlagerstätten im Hronal, Slowakei: Genese und prähistorische Nutzung*. Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft 3, Rahden/Westfalen, 1–292.

SHENNAN, S. J. (1995): Bronze Age copper producers of the Eastern-Alps. Excavation at St. Veit-Klinglberg. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* Bonn, **27** 1–397.

SIKLÓSI, ZS., PRANGE, M., KALICZ, N., ANDERS, A. & RACZKY, P. (in prep.): New data for the provenience of early copper finds from the Great Hungarian Plain. In: ANDERS, A., HANSEN, S & RACZKY, P (eds.): *Chronologies, Lithics and Metals. Late Neolithic and Copper Age*

in the Eastern Part of the Carpathian Basin and in the Balkans. Proceedings of the international workshop organised by the Institute of Archaeological Sciences, Eötvös Loránd University, the Eurasien-Abteilung des Deutschen Archäologischen Instituts, and the Römisch-Germanische Kommission des Deutschen Archäologischen Instituts, Budapest, 30th March 1st April, 2012. Berlin–Budapest in prep.

SOFAER, J. with contributions by BECH, J.-H., BUDDEN, S., CHOYKE, A., ERIKSEN, B. V., HORVÁTH, T., KOVÁCS, G., KREITER, A., MUHLENBOCK, C. & STICKA, H.-P. (2010): Chapter 7. Technology and Craft. In: EARLE, T. & KRISTIANSEN, K. (eds.) *Organizing Bronze Age Societies. The Mediterranean, Central Europe, and Scandinavia compared.* Cambridge, 185–217.

SOMOGYI K. (2004): A kisapostagi kultúra birituális temetője Ordacsehi-Csereföldön – Das birituelle Gräberfeld der Kisapostag-Kultur on Ordacsehi-Csereföld (Fundort M7/S-27, Südwestungarn). In: ILON G. (szerk.): *ΜΩΜΟΣ III. Óskoros Kutatók III. Összejelentésének konferenciakötete. Halottkultusz és temetkezés.* Szombathely, 349–381.

STÖLLNER, T. (2008): Montan-Archaeology and Research on Old Mining: Just a Contribution to Economic History. In: Ü. YALÇIN (Hrsg.): *Anatolian Metal IV. Der Anschnitt, Beiheft 21* (Bochum 2008) 149–178.

STRAHM, C. & HAUPTMANN, A. (2009). The metallurgical developmental phases in the old world. In: KIENLIN, T. L. & ROBERTS, B. W. (eds.): *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 169* Bonn, 116–128.

SZABÓ G. (1996): Az urnamezős kultúra fémművészete a régészeti kísérletek tükrében – Das Metallhandwerk der Urnenfelderkultur im Spiegel der archäologischen Experimente. *Pápai Múzeumi Értesítő* 6 265–276.

SZABÓ G. (1999a): *A késő bronzkori fémművészet és technikai kultúra a Kárpátmedencében.* Közöletlen PhD dolgozat. Műszaki Egyetem, Budapest 1999.

SZABÓ G. (1999b): Adatok a veleimi késő bronzkori önbronzok archaeometallurgiai vizsgálataihoz – Beiträge zu den archäometallurgischen Untersuchungen der spätbronzezeitlichen Zinnbronzen von Velem. *Savaria* 24/3 329–357.

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. In: Dani J., Hajdú Zs. & Nagy E. Gy. (szerk.): *ΜΩΜΟΣ I.* Fiala Öskoros Kutatók 1. Összejelentésének konferenciakötete. Debrecen, 225–250.

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

V. SZABÓ G. (2009): Kincsek a föld alatt. Elrejtett bronzkori fémek nyomában. In: ANDERS A., SZABÓ M., & RACZKY P. (szerk.): *Régészeti dimenziók. Tanulmányok az ELTE BTK Régészettudományi Intézetének tudományos műhelyéből.* Budapest, 123–138.

V. SZABÓ G. (2010): Fémkereső műszerek kutatások kelet-magyarországi késő bronzkori és kora vaskori lelőhelyeken. Beszámoló az ELTE Régészettudományi Intézete által indított bronzkincs kutató program 2009. évi eredményeiről – Metal detection investigations at Eastern Hungarian Late Bronze Age and Early Iron Age sites. Report on the results of the bronze hoard exploration project of the Institute of Archeology of ELTE in 2009. *Régészeti Kutatások Magyarországon* (2009) 19–38.

TYLECOTE, R. F. (1987): *The early history of Metallurgy in Europe.* London, 1–391.

VANDKILDE, H. (2005): A Biographical Perspective on Ösenringe from the Early Bronze Age. In: KIENLIN, T. L. (Hrsg.): *Die Dinge als Zeichen: Kulturelles Wissen und materieller Kultur. Internationale Fachtagung an der Johan Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main 3.-5. April 2003. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie Bonn, 125* 263–281.

UZSOKI A. (1959): Adatok a dunántúli aranyosás történetéhez. *Arrabona* 1 74–78.

UZSOKI A. (1961): Az aranyosás módszere. *Arrabona* 3 161–174.

WAGER, E. C. (2009): Mining Ore and Making People: Re-thinking Notions of Gender and Age in Bronze Age Mining Communities. In: KIENLIN, T. L. & ROBERTS, B. W. (eds.): *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie Bonn, 169* 105–115.

WEIHERMANN, P. (2001): Die goldenen Lockenringe der Bronzezeit. Einblicke in das frühe Goldschmiedehandwerk im Karpatenbecken. *Mitteilungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte* 22 167–181.

