

A JÁSZBERÉNYI ÉS BEREKSZÁSZI HONFOGLALÁSKORI SÜVEGCSÚCSOK KOMPLEX ARCHEOMETRIAI ÉS KÉSZÍTÉSTECHNIKAI VIZSGÁLATAI

COMPLEX ARCHAEOLOGICAL AND TECHNICAL ANALYSIS OF TWO HUNGARIAN CONQUEST PERIOD CAP MOUNTS FROM JÁSZBERÉNY AND BEREGSZÁSZ (BEREGOVO, UKRAINE)*

TÜRK, Attila¹; TÖRÖK, Béla²; STROHMAYER, Ádám³; SZABÓ, Tamás⁴

JANCSIK Balázs⁵ & GULYÁS András⁶

¹Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Régészettudományi Intézet, Magyar Őstörténeti és Honfoglalás Kori Régészeti Tanszék, 1088 Budapest Mikszáth Kálmán tér 1. turk.attila@btk.mta.hu

²Miskolci Egyetem, Fémelőállítási és Öntészeti Intézet, 3515 Miskolc-Egyetemváros, bela.torok@uni-miskolc.hu

³Ötvös-cizellőr, Budapest, sadam895@gmail.com

⁴Miskolci Egyetem, Energia-, Kerámia- és Polimertechnológiai Intézet, 3515 Miskolc-Egyetemváros, tamas.szabo@uni-miskolc.hu,

⁵Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Régészettudományi Intézet, történelemtudományi Doktori Iskola, 1088 Budapest Mikszáth Kálmán tér 1. b.jancsik@gmail.com

⁶Jász Múzeum, Jászberény Táncsics Mihály u. 5. 5100 tsmregesz@gmail.com

Abstract

The archaeological record of the Hungarian Conquest Period became enriched with an outstanding find in 2017, when the Jász Museum obtained a gilded silver cap mount, dated to the 10th century AD, probably found at Jászberény-Alsómuszály, Homokbánya [Sand mine]. A control excavation was conducted on the site in 2018, and a research group, including experts from the University of Miskolc, was created to carry out archaeometric investigations on the find and its comparative evaluation with the cap mount from Beregszász (Beregovo, Ukraine). The results of the XRF analysis revealed that the two artefacts were made of similar silver alloys and gilded using the same technique. The endoscopic survey and the observation of the rim of the cap closing the upper end, consisting of a pair of hemispherical metal sheets, have revealed the residue of some white substance. Upon researching the technology applied in the making of the artefact, the possibility emerged that the hemispherical sheets were fastened together with some kind of adhesive instead of in a mechanical way. This hypothesis was partly confirmed by the results of the archaeometric (SEM-EDS and FTIR) analyses, though identifying the dark residue as pine-resin-based adhesive could not be achieved. This was the first time the theory that such materials were used as adhesives in jewellery making in the 10th century AD could be confirmed.

Kivonat

2017-ben kiemelkedő lelettel gazdagodott a honfoglalás kori régészeti hagyatéék. Jászberény határából egy aranyozott ezüstből készült 10. századi süvegcsúcs került be a Jász Múzeum gyűjteményébe, feltehetően Jászberény-Alsómuszály, homokbánya lelőhelyről. 2018-ban a hitelesítő ásatás mellett kutatócsoport jött létre a süvegcsúcs archeometriai vizsgálatára, illetve a beregszászi lelettel való részletes összehasonlításra, melyben a Miskolci Egyetem munkatársai is részt vettek. A két süvegcsúcs XRF-vizsgálata hasonló ötvözetet, illetve aranyozási technológiát mutatott ki. A jászberényi lelet belső részeit feltáró endoszkópos vizsgálat, illetve a két

* How to cite this paper: TÜRK, A.; TÖRÖK, B.; STROHMAYER, Á.; SZABÓ, T.; JANCSIK B. & GULYÁS A. (2023): A jászberényi és beregszászi honfoglalás kori süvegcsúcsok komplex archeometriai és készítőtechnikai vizsgálatai / Complex archaeometric and technical analysis of two Hungarian Conquest Period cap mounts from Jászberény and Beregszász (Beregovo, Ukraine) [In Hungarian with English abstract], *Archeometriai Műhely* XX/4 281–294.

doi: [10.55023/issn.1786-271X.2023-024](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2023-024)

félgömbből álló felső kupakos rész peremének megfigyelése egy fehér színű anyag maradványait mutatta ki. A lelet készítése technikai elemzése során merült fel, hogy a két félgömb összefogásához nem mechanikai rögzítést, hanem valamilyen ragasztót alkalmazott az egykori mester. A megfigyelést az archeometriai vizsgálatok (SEM-EDS és FTIR) részben igazolták, ragasztó jelenléte kimutatható volt, és bár feltételezzük, hogy fenyőgyanta alapú, azonban a pontos minőségét, eredetét nem sikerült megállapítani. Ezzel első ízben nyert igazolást az az ötvöstechnikai feltételezés, hogy a 10. században természetes eredetű ragasztókat is használtak.

KEYWORDS: HUNGARIAN CONQUEST PERIOD, JÁSZBERÉNY, ARCHAEOLOGY, ARCHAEOMETRIC ANALYSES, NATURAL RESIN-BASED ADHESIVES

KULCSSZAVAK: HONFOGLALÁSKOR, JÁSZBERÉNY, RÉGÉSZET ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATOK, TERMÉSZETES GYANTA ALAPÚ RAGASZTÓ

Bevezetés és régészeti adatok

2017-ben kiemelkedő lelettel gazdagodott a honfoglalás kori régészeti hagyaték. Jászberény határából egy aranyozott ezüsből készült 10. századi süvegcsúcs (1–2. ábra) került be a Jász Múzeum gyűjteményébe (Ltsz.: Jász Múzeum 2018.11.1.1.). A tárgy feltételezett lelőhelye Jászberény-Alsómuszály, homokbánya (Fodor 2017; Szeniczey & Hajdu 2017). A Pázmány Péter Katolikus Egyetem Régészeti Intézete és a Jász Múzeum 2018 márciusában és novemberében hitelesítő feltárást végzett a lelőhelyen (Jancsik et al. 2019), azonban mindössze a közeli tanyából került elő egy újabb, a radiokarbon vizsgálatok alapján szintén a honfoglaló temetőből származó csontváz (F. sír). A hitelesítő feltárást így közvetve megerősítette, hogy a süvegcsúcs származhatott innen, mivel a helyszínen nagy valószínűséggel volt egy 10. századi temető.

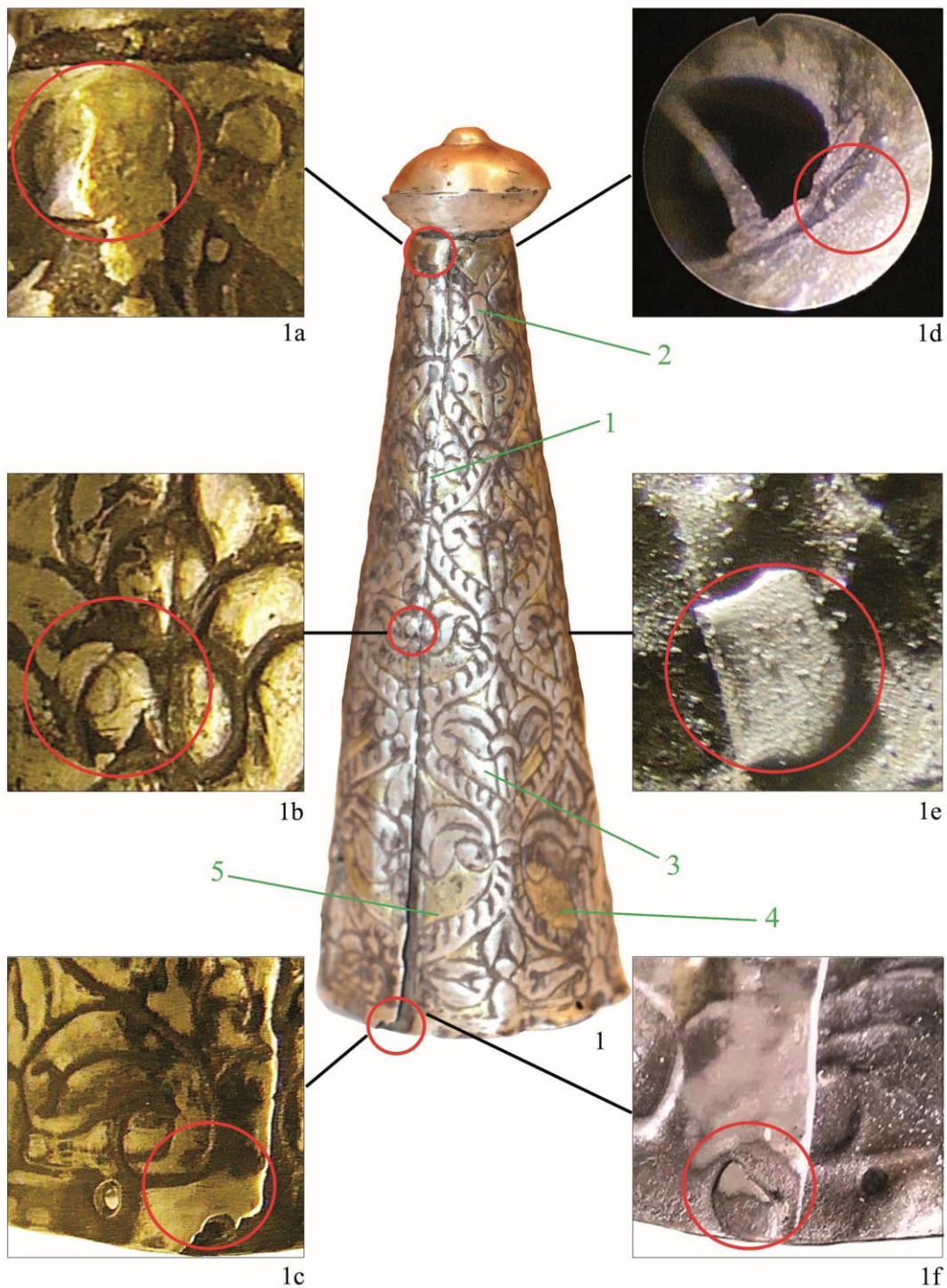
A két említett intézmény a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának vezető kutatóival kiegészülve kutatócsoportot hozott létre a jászberényi süvegcsúcs komplex archeometriai vizsgálatára (Strohmayer et al. 2019). Az ötvöstechnikai szempontú, illetve kémiai analitikai vizsgálatok kapcsán a kutatók összehasonlító vizsgálatokat is végeztek az 1890-ben, Beregszászon (Beregovo, Ukrajna) előkerült, szintén 10. századi süvegcsúccsal (3. ábra) (Fodor 2017, 242).

A jászberényi és a beregszászi süvegcsúcs ötvöstechnikai jellegű leírása

A jászberényi süvegcsúcs egyetlen hazai párhuzamát a kárpátaljai Beregszászról ismerjük (3. ábra). Néhány éve a nyíregyházi Jósa András Múzeum szakemberei felvetették, hogy a geszterédi leletből ismert, eddig pontosan meg nem határozott rendeltetésű palmetta hálós mintájú aranyozott ezüstlemez töredékek is egy süvegcsúcs darabjai lehetnek, azonban e hipotézist később maguk is elvetették. A töredékek egykori szerepét végül Strohmayer Ádámnak sikerült tisztáznia, aki a sírban lelt aranyveretes szablya hüvelyének végét lezáró koptató maradványaiként határozta meg azokat (Jakab & Strohmayer 2021).

Mind a jászberényi, mind a beregszászi csúcs gombszerű végződéssel ellátott, csonkakúp alakú, végtelen palmetta hálós díszítésű, aranyozott ezüstlemezről készített süvegdísz. Az alsó peremükön a felerősítéshez szükséges lyukak figyelhetők meg (2. ábra). A jászberényi süvegcsúcs palástjának találkozó éleit egyszerűen egymásra hajtották (lapolták), majd 3 szegeccsel rögzítették, amelyek fejét a csúcs síkjába kalapálták. Ezzel szemben a beregszászi süvegcsúcs esetében egy bonyolultabb illesztési megoldást, valamint forrasztást alkalmazott az ötvös e célra. Az összeillesztés helyét mindkét csúcson utólag átdolgozták. A csúcsok felső, gombszerű tagja mindkét esetben két félből készült, és a csúcsok testéhez kihajtott fülecskékkel illesztették azokat. Míg a beregszászi csúcson e füleknél egyértelműen kimutatható a forrasztás nyoma, a jászberényin a konkáv formába való behajtáson túl egy ezüst stift biztosítja a gomb rögzítését (4. ábra). A csúcsok gombjainak osztósíkja is különböző: a beregszászié függőleges, a jászberényi pedig vízszintes.

A jászberényi süvegcsúcs láthatóan ezüst alapú ötvözetből készült, ahol a minta háttérét aranyozták. A palást díszítését síkban végezte az ötvös. Először – vélhetőleg körző segítségével – felszerkesztette a lemezre a palást kontúrjait, majd a főbb segédvonalak felrajzolása után vonalzó (trasszírozó) poncolóval ütötte bele a vonalakat. A minta technikai kivitele azonban gyenge, a vonalvezetés sem folyamatos és pontos minden szakaszon, a háttér az aranyozáson túl sem plasztikai (alapleverés), sem felületi alakítással (körponccal való kitöltés) nem különítette el a mintától a készítője. A csúcs palástjának egymást fedő éleit három szegeccsel rögzítette egymáshoz a mester. Az alsó szegecs a palást díszítetlen szegélyébe esik, a másik kettő azonban a mintába. A felső szegecs a hálót alkotó leveles indák találkozási pontjára fed rá, míg a középső az egyik palmetta közepére esik. Mindhárom szegeccset laposra, a csúcs palástjával közel egy síkba kalapálta az ötvös, így e mechanikai rögzítési pontok egyike sem feltűnő, csak közelről nézve láthatók (1/a-c ábra).



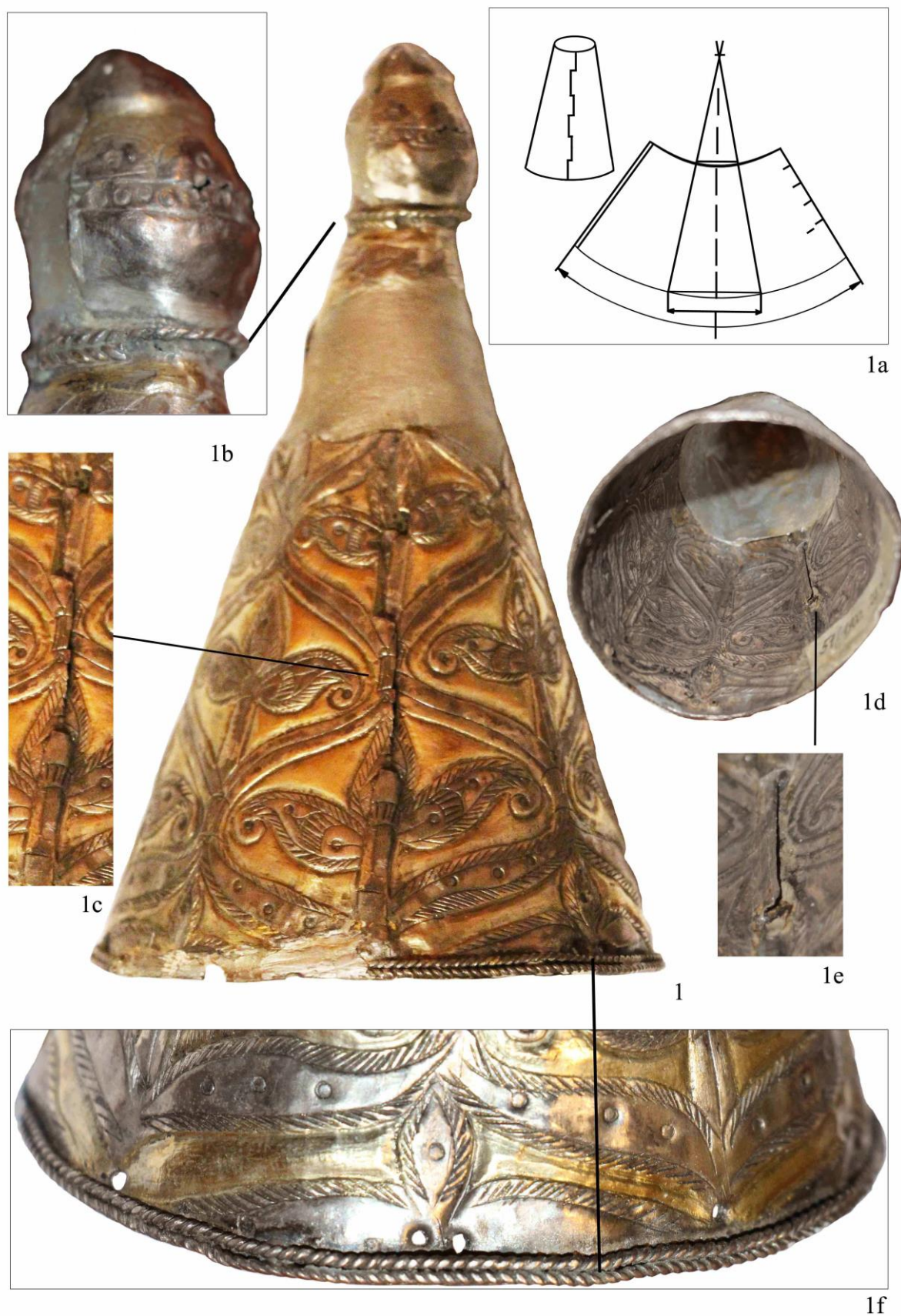
1. ábra: A jászberényi süvegcsúcs mechanikus szerkezeti rögzítő elemei: a palástot összetartó három szegecs külső (d-f) és belső oldalról (a-c) fotózva, a gomb belső, kihajtogatott rögzítő fülecskéivel, illetve az azokat a palásthöz rögzítő stifttel; továbbá XRF mérési pontok (1–5, zölddel) a jászberényi süvegcsúcson

Fig. 1.: Structural elements fastening together mechanically the parts of the cap mount from Jászberény. Images of the inner (d-f) and outer sides (a-c) of the three rivets and the side tabs that fasten the sphere to the mantle (d); green numbers (1–5) mark the XRF sampling points



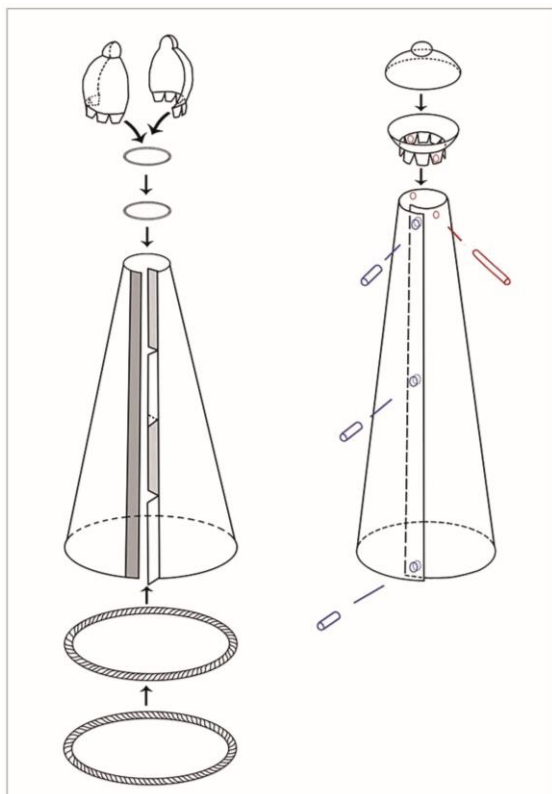
2. ábra 1–6: A jászberényi süvegcsúcs felső részének és gombjának mechanikus szerkezeti rögzítőelemei

Fig. 2. Structural elements for mechanically fastening together the upper part of the mantle and the sphere of the cap mount from Jászberény



3. ábra: A beregszászi süvegcsúc mechanikus szerkezeti rögzítőelemei

Fig. 3.: Structural solutions and parts for mechanically fastening together the parts of the cap mount from Jászberény



4. ábra: A jászberényi és a beregszászi süvegcsúcs sematikus szerkezeti összehasonlító ábrája

Fig. 4.: Structural outline of the cap mounts from Jászberény and Beregszász (Beregovo)

Mivel a középső szegecs ráta kart a palmetta szára fölötti belső osztóvonalakra, a készítőjének arra is volt gondja, hogy ezeket az elkalapált szegecsfejen újra üsse. Ilyen utólagos átcizellálásnak a felső szegecsfejen nincs nyoma.

Tanulmányunk vizsgálati fókuszja szempontjából alapvető fontosságú, hogy a jászberényi csúcs gombjának felső fele „lejár”. A lelet belső részeit feltáró endoszkópos vizsgálat során a két félgömbből álló, felső kupakos rész peremén fehér színű anyag maradványai voltak megfigyelhetők. Mivel a palást élének forrasztását sem sikerült kimutatni és a gomb alsó tagjának fülecskék rögzítését is biztosítja az átmenő szegecs, felvetődött, hogy forrasztást csúcs készítése során egyáltalán nem alkalmazott az ötvös, hanem a gomb két felét valamilyen ragasztóanyaggal rögzíthette egymáshoz (4. ábra).

Archeometriai vizsgálati módszerek

A jászberényi süvegcsúcson háromféle módszerrel is történtek archeometriai vizsgálatok. Valamennyi vizsgálat a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának intézeteiben történt. Röntgen fluoreszcens módszerrel roncsolásmentes kémiai összetétel méréseket végeztünk a lelet felületén, amelyet a beregszászi süvegcsúcson végzett hason-

ló vizsgálatok eredményeivel vetettük össze. A jászberényi lelet kupakját roncsolásmentes módon elektronmikroszkóppal vizsgáltuk, a belőle kikapart, minimális méretű, ragasztónak feltételezett anyagot pedig infravörös spektroszkópiával próbáltuk beazonosítani.

Mindkét süvegcsúcs palástján 2018 áprilisában Oxford Instrument X-MET8000 Expert típusú, hordozható energiadisperzív röntgen fluoreszcens (ED-XRF) spektrométerrel (a műszer mérőablaka 10,7 x 9,4 mm-es, röntgensőve Rh-anódos és 50 kV gerjesztő feszültséggel működik) több ponton roncsolásmentes kémiai összetétel elemzést végeztünk. Néhány mérési pont a jászberényi süvegcsúcs képén megjelölve látható az 1. ábrán. Mintegy három hét múlva a jászberényi lelet gombszerű végződésének felső felét külön megvizsgáltuk ED-XRF spektrométerrel.

Emellett – természetesen továbbra is roncsolásmentesen, csak megengedhető mértékű felületi tisztítás után – EDAX márkájú energiadisperzív mikroszondával ellátott, Zeiss EVO MA10 típusú pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM-EDS) is megmértük.

A hordozható ED-XRF spektrométerrel gyorsan és roncsolás mentesen lehet kémiai összetételt meghatározni 0,1% nagyságrendű precizitással, 0,2–1,0 rel.% közötti analitikai mérési pontossággal. Valamennyi 12-től nagyobb és 92-től kisebb rendszámú elem gyakorlatilag 0–100%-os tartományban mérhető ezzel a műszerrel, főként, ha az ún. Fundamental Parameter (FP) módszert alkalmazzuk, ahol a röntgen fluoreszcencia összetett matematikai elemzésével számítható ki az egyes összetevő koncentrációja. Bár bizonyos modern ipari sztenderdek alapján meghatározott koncentrációtartományokban egy empirikus módszer pontosabb lehet, az FP módszerek az elemkoncentrációk viszont sokkal szélesebb tartományban pontosak, így különösen egy bizonytalan összetételű régészeti ötvözet vizsgálatánál ajánlatos a használata. Az alkalmazott kalibráció ugyanakkor nem mérte a kisebb rendszámú elemeket (mint pl. a Mg, Al, Si, S, P, amelyek alapvetően felszíni szennyeződés összetevői lehetnek, így manipulálnák a fémötvözet összetételének mérési eredményeit).

A süvegcsúcsok XRF-méréseinél minden esetben kifejezetten nemesfémekre készült kalibrációt használtunk (Precious_FP), mindig 30 másodperces mérési időtartamokkal. A mérési eredményeket (XRF, EDS) a tanulmányunkban minden esetben tömegszázalékban közöljük.

Az elektronmikroszkópos vizsgálat felvételei visszaszórt elektronokkal (BSE) készültek, ez alapján a minél nagyobb rendszámú elemek dominálnak egy adott területen, a terület színe (szürkésége) annál világosabb. Az eljárás gyors,

könnyen kezelhető, és bár esetünkben a roncsolás mentesség megőrzése miatt vizsgálati korlátokkal is kellett számolni, mivel nem polírozott-maratott szövetszerkezetet vizsgáltunk, lehetőséget jelentett a tárgy felszíni mikroszerkezetének vizsgálatára. Az elektronmikroszkópba beépített energiadiszipatív spektrométerrel (EDS) lokális vagy a képmezőre érvényes átlagos kémiai összetételt is meg lehet határozni. Bár az eljárás szoftvere tömegszázalékban és atomszázalékban is 100%-os összegzéssel sorolja fel a vizsgált elemeket, a műszerrel csak a nátriumnál nagyobb rendszámú, illetve legalább 0,5 tömeg%-os mennyiségű elemek detektálhatóak megbízhatóan. A süvegcsúcs gombjának vizsgálatakor azonban, mivel a fémötvöztetéstől eltérő, attól elkülöníthető, feltételezhetően szerves anyag maradványát kutattuk, karbon- és oxigéntartalmat is mértünk az EDS-mikroszondával, de ezeknél az elemeknél csak az egymáshoz való arányok jelenthetnek információt, pontos mennyiségi adatként nem kezelhető.

A jászberényi süvegcsúcs tetején lévő gomb esetleges ragasztásának vizsgálatára, a lehetséges ragasztóanyagok összehasonlítására infravörös spektroszkópiát használtunk. A mintákat FTIR (Fourier transzformált infravörös spektroszkópia) technikával vizsgáltuk. Az IR spektroszkópia egy roncsolásmentes eljárás, melynek során a minták elektromágneses mezővel történő kölcsönhatását, specifikusabban az infravörös tartomány által kiváltott vibrációs és rotációs átmeneteket detektáljuk. Az így keletkező spektrum (abszorpció) hasznosítható az anyagok minőségi és mennyiségi összetételének meghatározására. Infravörös elnyelési sáv akkor képződik, amikor a sugárzás egy kvantumának elnyelése révén molekula egyes funkció csoportjainak, kötéseinek vibrációs energiája egy meghatározott szintről egy magasabbra ugrik. Az elnyelt fotonok száma az energia-változásban résztvevő funkció csoportok, valamint molekulák számától függ.

A Fourier transzformációs eljárás lényege, hogy a forrásból kilépő sugarat a hagyományosabb eljárásoktól eltérően optikai elemekkel nem bontjuk fel spektrumra, hanem egy interferométer alkalmazása mellett a „fehér” fényt engedik rá a mintára és detektálják az interferencia képet. Az interferogram Fourier transzformációja után megkapjuk a frekvencia-úthossz függvényében ábrázolt jelet. Ez nagyban lecsökkenti a spektrum előállításához szükséges időt és a nedvességre érzékeny optikai elemek számát és méretét.

Az infravörös spektroszkópia a molekulán lévő funkció csoportokat azonosítja, így kifejezetten jól használható szerves molekulák esetében a szerkezet felderítésére, az anyag azonosítására. Az infravörös spektroszkópiát ujjlenyomat spektroszkópiának is nevezik, mivel amennyiben két anyag spektruma azonos, úgy az anyagoknak is azonosnak, azonos

funkció csoportokkal rendelkezőknek kell lenniük, így jól használható összehasonlító mérések elvégzésére. Ismeretlen idegen anyag beazonosítását azonban csak egyéb technikákkal kombinálva lehet nagy biztonsággal megoldani. Referenciák felhasználásával azonban jól használható specifikus keverékek beazonosítására is, ahogy azt a forenzikus területen is kihasználják.

A méréseket Bruker Tensor 27 típusú spektrométeren GladiATR reflexiós feltét segítségével végeztük. Az ATR feltét lehetővé teszi a minimális minta-előkészítést, és általában roncsolás melletti vizsgálatot, ugyanis csak egy síkfelületre van szükség és akár a minta darabolása nélkül is lehetővé válik annak vizsgálata, azonban a reflexiós módszer miatt az érzékenysége némileg gyengébb. Azonban a ragasztóanyag mennyiségéből és állapotából adódóan ezt a módszert találtuk a legalkalmasabbnak a vizsgálatra, összehasonlításos módszerrel.

A süvegcsúcsok ED-XRF és SEM-EDS vizsgálatainak eredményei és következtetései

A jászberényi és beregszászi leletek palástján végzett XRF mérések eredményeit az **1. táblázat** mutatja. A palástok több pontján is végeztünk mérést, köztük a palást anyagának összeillesztésénél is. A jászberényi süvegcsúcs esetében az **1. ábrán** zöld számokkal jelöltük a mérési helyeket, a 6, 7 és 8 pontok a süvegcsúcsnak a képen nem látható oldalán helyezkedtek el. A jászberényi lelet gombszerű végződésének felső felén elvégzett XRF mérések eredményei a **2. táblázatban** láthatók.

A táblázatokban csak azok az elemek összetételei adatai vannak feltüntetve, amely a tárgyak eredeti ötvözetében, illetve korabeli bevonatában fordulhattak elő. A jászberényi süvegcsúcs 1-es mérési helye, illetve a beregszászi 7-es mérési pontja a süvegpalást forrasztási helyeinek összetételét mutatja. Az **1. táblázat** adataiból kiderül, hogy mindkét süvegcsúcs 2–4 tömeg% réztartalmú ezüstből készült, amit részben tűzi aranyozással (amalgámozással) vontak be. A középkorban közismert és elterjedt eljárás Európában már a hellenisztikus korszak óta ismert (Craddock, 1977, Perea et al 2008, Martinón-Torres & Ladra, 2011, Giumlia-Mair 2020), Kínában pedig még korábban, már a Kr. e. 5. században is (Jett & Chase 2000). A tűzi aranyozás technológiai részleteit illetően többféle megoldás létezett, de az eljárás után mindig maradt az aranyrétegben kimutatható higanytartalom. Létezett olyan módszer, hogy az aranytöredékeket, törött drótdarabokat higanyval keverték össze, így mozsárban örölve szürkés színű amalgámot kaptak. A felesleges higanyt úgy távolították el, hogy a keveréket egy bőr- vagy szövetszakban összenyomkodták, hogy a folyékony higany kifolyhasson belőle. A kész

amalgámot, azaz 10–20%-os aranytartalmú Au₂Hg-t, egy kemény ecsettel az aranyozandó tárgy zsírtalanított felületére vitték fel. Ezután a tárgyat lassan még a higany forráspontja alatti, de 280–300 °C körüli hőmérsékletre hevítették. A melegítést kellő óvatossággal kellett elvégezni, mert a túl nagy hő hatására az aranyozás tönkre

mehet. A higany elpárolgása után a porózus felületet itt is polírozták, csiszolt kövekkel, mint a karneol vagy a hematit. A polírozás után az aranyozott terület fényes, tömör aranynak tűnik (Török & Giunlia-Mair 2022).

1. táblázat: A jászberényi és beregszászi süvegcsúcs palástján végzett XRF mérések eredményei (tömeg%-ban)

Table 1.: Results of the XRF measurements on the mantles of the cap mounts from Jászberény and Beregszász (Beregovo) (given as wt%)

Mérési hely	Fe	Cu	Zn	Ag	Au	Hg	Pb	Bi
Jaszbereny 1	0,19	2,16		90,46	3,29	2,22	0,46	0,26
Jaszbereny 2	1,27	4,36	0,32	91,67	0,72		0,61	0,38
Jaszbereny 3	0,21	4,02	0,29	93,89	0,66		0,57	0,35
Jaszbereny 4	0,24	2,06		78,96	13,35	4,71	0,38	0,20
Jaszbereny 5	0,33	2,27		79,29	12,37	4,96	0,39	0,21
Jaszbereny 6	2,39	2,81	0,14	72,42	14,48	4,97	0,03	0,01
Jaszbereny 7	0,30	2,34		91,75	3,33	1,39	0,47	0,31
Jaszbereny 8	0,21	2,03		72,09	18,80	6,02	0,36	0,20
Beregszasz 1	0,28	3,34	0,32	92,55	1,96	0,70		
Beregszasz 2		1,48		64,87	25,74	7,15		
Beregszasz 3	0,23	1,53		69,13	17,85	10,47		
Beregszasz 4	0,28	1,84		79,42	9,19	8,75		
Beregszasz 5	0,24	1,40		70,71	18,38	8,89		
Beregszasz 6	0,22	3,41		85,36	6,44	4,19		
Beregszasz 7	0,31	1,67		68,35	17,98	11,27		

2. táblázat: A jászberényi süvegcsúcs gombszerű tetején végzett XRF mérések eredményei (tömeg%-ban)

Table 2.: Results of the XRF measurements of the sphere closing the top of the cap mount from Jászberény (given as wt%)

Mérés No.	Fe	Cu	Ag	Au	Zn	Pb	Bi
jbereny_gomb 1	2,89	4,40	85,45	0,70	0,55	0,59	0,30
jbereny_gomb 2	0,55	3,38	94,26	0,67	0,25	0,48	0,29
jbereny_gomb 3	1,46	4,03	92,43	0,75	0,34	0,53	0,35
jbereny_gomb 4		3,53	94,86	0,71		0,54	0,36
jbereny_gomb 5	6,85	2,79	75,70	0,81	0,34	0,55	0,26
jbereny_gomb 6	0,18	3,76	94,24	0,75		0,58	0,38

Az Anheuser által említett egyik módszer szerint az aranyat forró higanyban oldották fel, majd az így kapott aranyamalgámot rádörzsölték az előzetesen megtisztított fémfelületre. Ezután a tárgyat néhány percig 250–300 °C-on melegítették, amíg a felület szürkéből sárgává nem változott. Ennek eredménye egy szilárdan kötődő, de porózus, matt aranyozott réteg lett a felületen, amit ezután políroztak (Anheuser 1997). A másik módszer szerint a fémfelületre higanyréteget vittek fel, majd aranylemez-darabokat helyeztek rá, amely a higanyban feloldódott és arany-amalgámot képezett. A tárgyat ekkor is felmelegítették és fényesítették (Anheuser 1997). A középkori hasonló eljárás technikai részleteit mutatja be Theophilus Presbyter *Schedula diversatum artium* című gyűjteményes munkájában a 12. század elején, amikor ezüstkelyhek fülének aranyozásáról írt (Theobald 1933, Takács 1986).

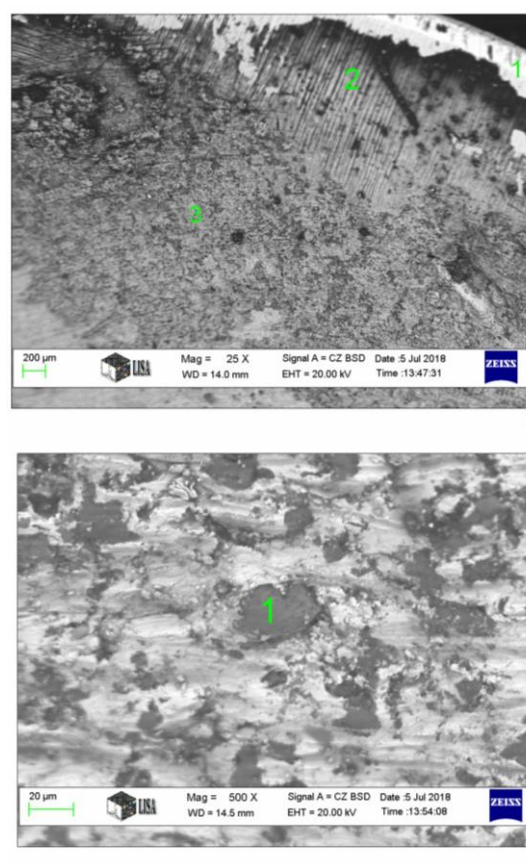
Az XRF-mérések esetén az aranytartalom csökkenésével a higanytartalom is kisebb lett, illetve minimális aranytartalom mellett – amikor már a teljesen ezüst színű felületen minden bizonnyal az alapfémekben lévő aranytartalmat méri a műszer – higany már nem is volt mérhető (2, 3 pont).

A réz mindkét süvegcsúcs esetében, illetve a jászberényi lelet gombszerű tetejének anyagában is az ezüst ötvözője, hasonló nagyságrendű mennyiségben (2,1–2,8%). A jászberényi süvegcsúcs palástjának átlagos réztartalma mintegy 0,7%-kal magasabb, mint a beregszászi süvegcsúcsé. A jászberényi lelet kupakszerű tetejének mért réztartalma kissé ennél is nagyobb, átlagosan 3,6% körüli. Persze, ez minden bizonnyal annak az eredménye, hogy az aranybevonat itt sokkal jobban lekophatott. Az ezüstbe adagolt réz a fém keményedését eredményezi, kérdés, hogy szándékos ötvözésről volt-e szó. Az ezüst relatív kevés rézet tud oldani – 7–8 tömeg%-ot (Pallai 1975; Okamoto et al. 2016) – a szerkezetében, hogy a réz ne alkosson önálló, elkülönült fázist, ne keletkezzen eutektikum. Az XRF mérések alapján – figyelembe véve a többi elem hányadát is – a vizsgált tárgyak alapfémjének réztartalma minden esetben az eutektikus értéktől kisebb. A jászberényi süvegcsúcs tetejének SEM-EDS vizsgálatakor is hasonló réztartalom értékeket kaptunk (lásd **3. táblázat** első két sora).

Az aranyréteg az idők folyamán természetesen számos helyen lekopott a tárgyakon, illetve ahol láthatóan is megmaradt, a műszer ott is érzékeli a réteg alatti ezüstöt is, mivel nagyobb mélységig mér. A vas, ólom, cink és bizmut nyilván nem szándékos ötvöző, hanem szennyező anyag az ezüstben. Feltűnő, hogy a beregszászi süvegcsúcs egyetlen mérésénél sem lehetett ólomot és bizmutot detektálni, a jászberényivel szemben, ahol gyakor-

latilag valamennyi XRF-mérés kimutatta ezt a két szennyezőt.

A jászberényi süvegcsúcs gombszerű tetejének felső felén roncsolásmentes SEM-EDS vizsgálatot is végeztünk, elsősorban azért, hogy mikroszerkezeti és összetételi információkat kapjunk a tárgy belsejében megfigyelhető fekete színű tapadványról. Ehhez a tapadványhoz XRF spektrométerrel nem férünk hozzá. Az **5. ábra 1.** képén három terület különböztethető meg: a tiszta fém a peremen, amely tulajdonképpen alacsony réztartalmú ezüst (1), vékony sávban ugyanez a fém enyhén oxidált, szennyezett változatban (2), illetve a vizsgálandó tapadvánnyal borított rész (3). A három terület egy-egy pontjának összetételét mutatja a **3. táblázat**, a többi EDS mérés eredményével együtt.



5. ábra: SEM-BSE felvételek: **1:** A jászberényi süvegcsúcs gombszerű tetejének belső, perem alatti része 25x nagyításban. (1) alacsony réztartalmú ezüst a peremen, (2) a fém enyhén oxidált, szennyezett változata, (3) tapadvánnyal borított rész; **2:** A tapadvány egy részlete 500x nagyításban
Fig. 5.: SEM-BSE images: **1:** of the inner side of the rim of the sphere closing the top of the cap mount from Jászberény. (1) low Cu-containing silver, (2) slightly oxidized, contaminated version of Ag, (3) residue cover on the metal at 25x magnification; **2:** of the residue on the inner side at 500x magnification

A **6. ábra 1.** képe az előzőhöz hasonló nagyításban egy olyan részletet mutat, ahol jól megfigyelhetők az ezüstre tapadt idegen anyag területei. A kép átlagösszetétele arányaiban jól illeszkedik az **5. ábra 1.** képének 3-mal jelölt pontja összetételéhez. Nagyobb nagyításban, pontszerűen is elemeztünk egy-egy sötét színű – tehát várhatóan kisebb rendszámú elemekben dúsabb – tapadványszemcsét (2 számú képek az **5. és 6. ábrán**). Az EDS összetételek szerves eredetű anyagról árulkodnak, amely esetleg ragasztóanyagként funkcionálhatott a két gombfél egyesítésénél. Bár a pontszerűen mért összetételek jelentős foszfor- és kalciumtartalmat mutatnak, a nitrogén hiánya nem valószínűsíti például a csontenyvet, viszont növényi eredetre utalhat, amelyet a kén- és klórtartalom is megerősít. Felvetődött valamilyen fa gyantájának, szurokjának használata, amely infravörös spektroszkópiás vizsgálat által is megerősítést nyert. Adódott viszont a kérdés, hogy a gyanta esetleges forrasztáshoz használt folyatószer (kolofónium), amely a forrasztás hőmérsékletén gyenge sav képződése közben elbomolva védené a forrasztás helyét az oxidációtól, de amely egyúttal nagyrészt vagy akár maradéktalanul el is tűnne, vagy direkt módon használt természetes ragasztóanyag. Lágyszeranyagok (pl. ón, ólom) nyomát viszont érdemben nem találtuk, így ez az utóbbi feltételezést erősíti.

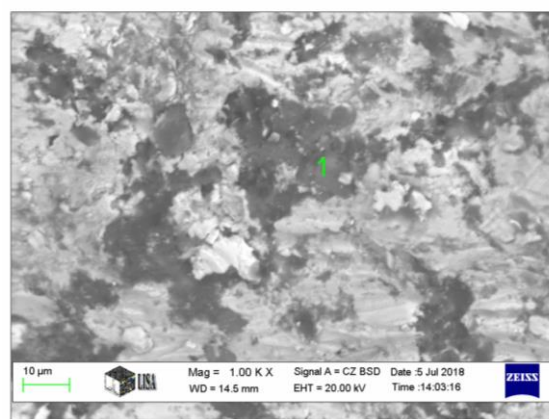
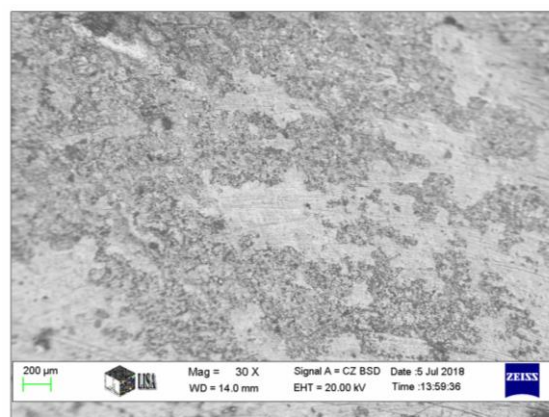
Az infravörös spektroszkópos vizsgálatok eredményei és következtetések

Vizsgálataink során először az összegyűjtött lehetséges, történeti időszaknak és regionális hozzáférhetőség és technológiai alkalmazhatóság szerinti, lehetséges ragasztó alapanyag (méhviasz, nyírfakátrány és fenyőgyanta, mint történetileg megfelelő lehetséges szerves ragasztóanyag) mintákat teszteltük, és vettük fel a spektrumaikat. Ezek jelentős mennyiségben álltak rendelkezésre, így jó minőségű spektrumokat tudunk készíteni.

3. táblázat: Az EDS mérések eredményei (tömeg%-ban)

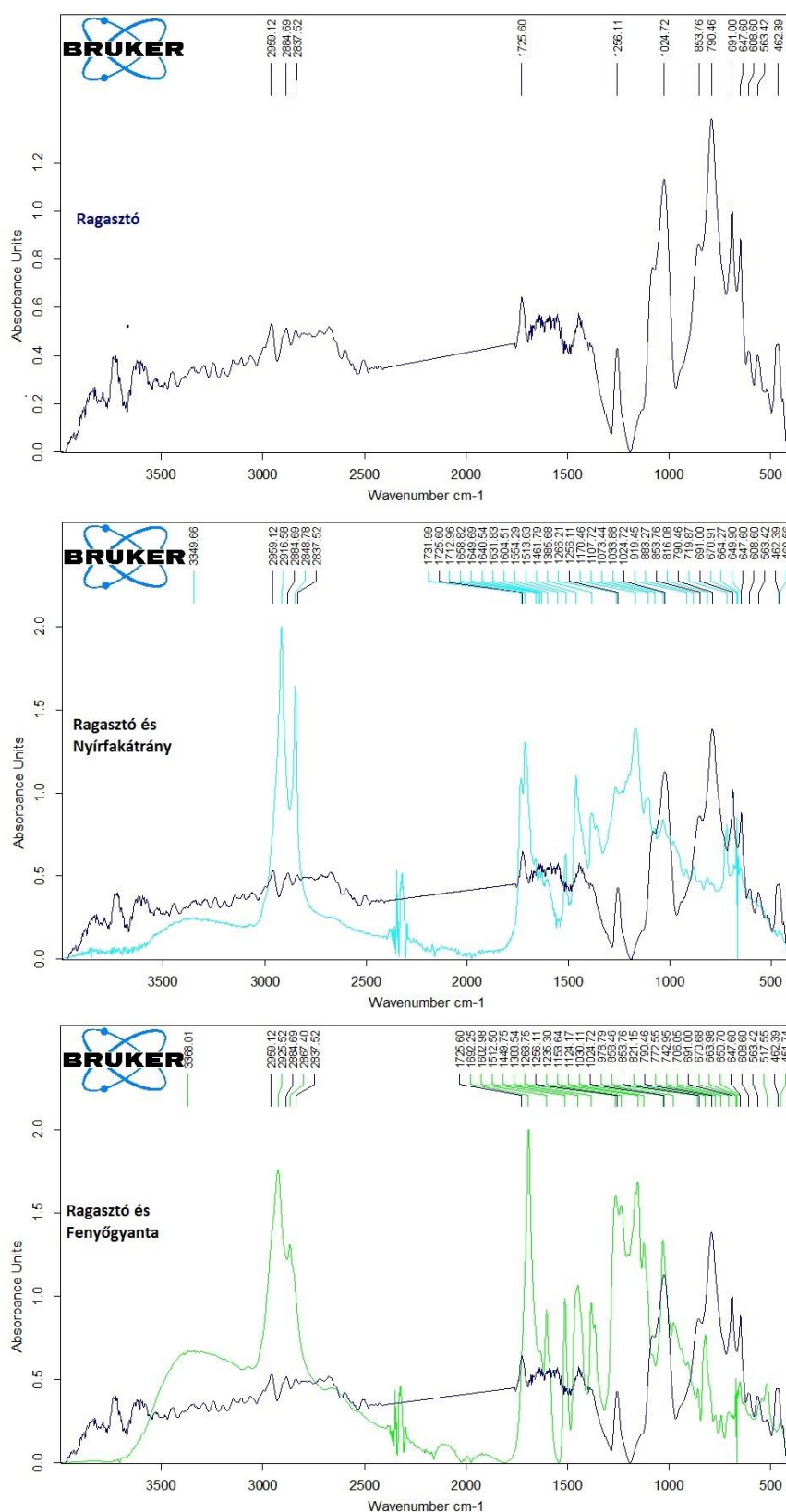
Table 3.: Results of the EDS measurements (given as wt%)

Mérés helye	C	O	Na	Si	P	S	Cl	Ag	Ca	Fe	Cu
5. ábra 1. kép 1								95,53			4,47
5. ábra 1. kép 2	15,74	9,26						71,36			3,63
5. ábra 1. kép 3	21,97	10,47		1,61	1,38	2,00	9,15	47,47	3,13	1,50	1,31
6. ábra 1. kép átlag	16,19	9,33		1,06	0,85	1,25	9,42	58,26	1,30	0,82	1,51
5. ábra 1. kép 1	9,61	22,05		0,40	19,72	0,24	0,25	1,70	45,04	0,45	0,53
6. ábra 1. kép 1	39,74	18,41	2,31	1,77	8,43	1,28	0,97	7,13	15,81	0,81	3,34



6. ábra: SEM-BSE felvételek: **1:** A jászberényi süvegcsúcs gombszerű tetejének belső, egy másik, tapadvánnyal érintett része kis nagyításban (30x); **2:** A tapadvány egy részlete nagyobb nagyításban (100x)

Fig. 6.: SEM-BSE images of the residue on the inner side of the sphere closing the top of the cap mount from Jászberény. **1:** at 30x magnification; **2:** at 100x magnification



7. ábra:
1: A „ragasztó” minta infravörös spektruma;
2: A „ragasztó” (sötétkék) és a nyírfa kátrány (világoskék) minták infravörös spektrumai;
3: A „ragasztó” (sötétkék) és a fenyőgyanta (világoszöld) minták infravörös spektrumai

Fig. 7.:
 Infrared spectra.
1: 'Glue';
2: 'glue' (dark blue) and birch tar (light blue);
3: 'glue' (dark blue) and pine resin (light green)

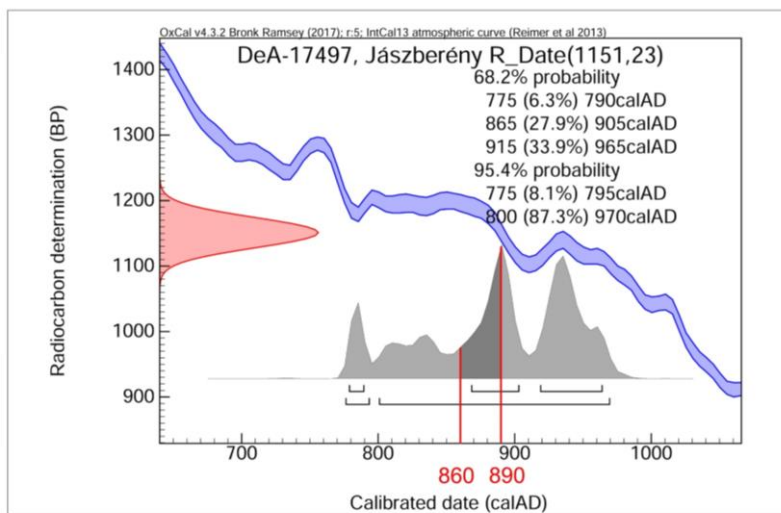
Ezt követte a süvegcsúcs gombjában lévő, feltételezett fekete színű „ragasztó” maradvány. Minimális, hozzáférhető mintát sikerült kinyernünk, aminek szintén felvettük a spektrumát. A vizsgálat alapvető célja a spektrumokat egymáshoz hasonlítva meghatározni a legjobban egyezőket. Az össze-

hasonlítás alapjául szolgáló, potenciális ragasztóanyagok spektrumait, valamint a süveg-csúcsban talált anyagot a **7. ábra** mutatja. Mivel a korábbi vizsgálatok által kapott kémiai összetételek alapvetően növényi eredetű anyagra utaltak, nyírfakátrány, valamint fenyőgyanta és méhviasz

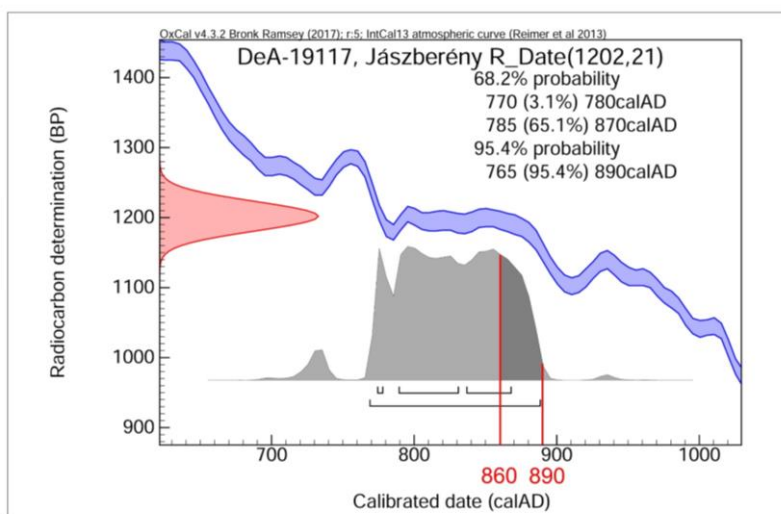
spektrumait vettük fel, illetve különböző megjelenésüket vizsgáltuk meg. Az összehasonlítható anyagok körét a növényi eredeten belül a korabeli körülmények alapján is logikusan használható anyagok mentén szűkítettük, illetve a nyírfa alapú ragasztóanyag használatának lehetősége archaikus ötvösmunkákban járatos mesterek javaslatára merült fel.

A **7. ábra** felső részén (1) sötétkéssel látható a süvegcsúcsból származó „ragasztó” minta spektruma, amely erőteljesen degradált volt, amire az 1726 cm^{-1} hullámszámnál látható csúcs utal. Emiatt, és a nagyon kevés minta, illetve annak ridegsége, egyenetlen felületének a gyémánt ATR ablakra való felfektetésének problémái miatt a spektrum „zajos”, sajnos viszonylag kevés értékelhető csúcs található benne. A ragasztó minta spektrumát a spektrométer szoftverének simító algoritmusát használva próbál-

tuk értékelhetőbbé tenni. A spektrumokat egymásra fektetve, a két legvalószínűbb mintával összehasonlítva is megvizsgáltuk őket (**7/2-3. ábra**). Arra a megállapításra jutottunk, hogy bár véleményünk szerint az egyes csúcsok megfeleltetésével, a legjobb egyezést a fenyőgyantával mutatja, a mintavételből kifolyólag a ragasztó spektruma nem alkalmas arra, hogy kétségtelenül igazolja ezen feltevésünket. A kinyert minta mennyisége és felületi tulajdonságai miatt a spektrum rossz minőségű és a különböző javítási próbálkozások (simítás stb.) sem eredményeztek megbízhatóan értékelhető spektrumot, csúcsokat. A spektrum nem feleltethető meg biztonsággal egyik valószínű ragasztó alapanyagának sem. A továbbiakban, amennyiben lehetőség nyílik rá, a méréseket tervezzük megismételni, nagyobb, jobban vizsgálható minta kinyerésével.



1



2

8. ábra:

Jászberény-Alsómuszály,
homokbánya 10. századi
lelőhely

1: B. sírjának kalibrált
radiokarbon mérési
eredménye;
2: F. sírjának (2018-ban mért)
kalibrált radiokarbon mérési
eredménye

Fig. 8:

Calibrated radiocarbon dates
from Jászberény-
Alsómuszály, Homokbánya, a
10th-century AD site.

1: Grave B;
2: Grave F (measured in
2018)

Összegzés

A jászberényi és beregszászi 10. századi ezüst süvegcsúcsok komplex archeometriai elemzését végeztük el, ötvöstechnikai fókuszú részletes szemrevételezés és leírás után, többféle műszeres vizsgálati módszerrel.

A két lelet összehasonlító jellegű, röntgen fluoreszcens módszerrel végzett kémiai összetétel vizsgálata az alapvető hasonlóságok mellett, mint például az amalgamozással elvégzett aranyozás, különbségekre is rámutatott, mint a kimutathatóan eltérő réztartalom, az ólom és bizmut jelenléte, illetve hiánya. A vizsgálatok exkluzivitását a jászberényi süvegcsúcs kétrészes kupakjában talált ismeretlen anyag jelentette. Az elektronmikroszkópos vizsgálat megerősítette azt a feltevést, hogy a kupak nem forrasztással, hanem egyedülálló módon, ragasztással lett összeállítva. A ragasztóanyagot infravörös spektroszkópia módszerrel, illetve etalonként használt, ismert anyagok spektrumai segítségével nem sikerült pontosan beazonosítanunk, nem tudtuk a fenyőgyanta vagy esetleges nyírfakátrány alkalmazását igazolni, de főképp az előbbi valószínűsítjük. Ismereteink szerint első ízben történt ilyen célú komplex archeometriai vizsgálat, amely középkori nemesfém tárgy készítésének rendkívüli ötvöstechnikai fogását nemcsak a módszert, hanem az alkalmazott anyagot illetően is feltérképezni próbálta. A kutatás során végzett időrendi vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a Jászberény-Alsómuszály, homokbánya másik temetkezése, az F. sírként elnevezett csontváz anyaga – a süvegcsúcsos sír mellett – szintén ebből az elpusztított temetőből származik (8. ábra).

Szerzők tudományos közreműködése

Türk Attila Kutatásvezetés, Formai elemzés, Módszertan, Eredeti kézirat, javított kézirat, Ellenőrzés. **Török Béla** Kísérletvezetés, Eredeti kézirat, Javított kézirat. **Strohmayr Ádám** Kísérletvezetés, Eredeti kézirat, Javított kézirat, Módszertan. **Szabó Tamás** Kísérletvezetés, Eredeti kézirat, Javított kézirat. **Jancsik Balázs** Ellenőrzés, Adminisztráció, Vizualizáció, Eredeti kézirat, Javított kézirat. **Gulyás András** Adminisztráció, Ellenőrzés, Pályázat, Eredeti kézirat.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a PPKE-BTK-KUT-23-3. és az ELKH KKT 2021-2023 - SA-30/2021. számú, illetve az Árpád-ház Program (IV.2. Az Árpád-ház elődeinek keleti kapcsolatrendszere projekt) keretében készült. A SEM-EDS vizsgálatok elvégzése vonatkozásában Kovács Árpádnak (Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet) tartozunk köszönettel.

Irodalom

ANHEUSER, K. (1997): The Practice and Characterization of Historic Fire Gilding Techniques. *JOM – The Journal of the Minerals, Metals & Materials Society (TMS)* **49** 58–62.

BRUDER, K. (1995): Restoration – re-restoration. *Műtárgyvédelem* **24** 139–144.

CRADDOCK, P.T. (1977): The composition of copper alloys used by the Greek, Etruscan and Roman civilisations: 2. The Archaic, Classical and Hellenistic Greeks. *Journal of Archaeological Science* **4** 103–124. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(77\)90058-9](https://doi.org/10.1016/0305-4403(77)90058-9)

FODOR, I. (2017): Honfoglalás kori temető Jászberény határában. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **2017** 237–254. <https://doi.org/10.54640/CAH.2017.237>

GIUMLIA-MAIR, A. (2020): Plating and Surface Treatments on Ancient metalwork. *Advances in Archaeomaterials*, **2020/1** 1–26. <https://doi.org/10.1016/j.aia.2020.10.001>

JANCSIK, B., GULYÁS, A., STROHMAYER, Á., SZIGETI, J. & TÜRK, A. (2019): A Jászság honfoglalás kori régészeti kutatásának új eredményei. Adatok a 10. századi poncolt süvegcsúcsok és a csövecskés merevítésű tarsolyok elterjedéséhez. In: SUDÁR, B. & TÜRK, A., szerk., *Hadak útján. A népvándorlaskor fiatal kutatóinak XXIX. konferenciája*. Absztraktkötet. *Studia ad Archaeologiam Pazmaniensia* **15**. – *Magyar Őstörténeti Témacsoport Kiadványok* **7** Budapest 68–76.

JETT, P. & CHASE, T.W. (2000): The gilding of metals in China. In: DRAYMAN-WEISSER, T., ed., *Gilded Metals. History, technology and conservation*. Archetype Publications, London, 145–155.

MARTINÓN-TORRES, M. & LADRA, L. (2011): Orígenes del dorado por amalgama: aportaciones desde la orfebrería protohistórica del noroeste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria* **68/1** 187–198. <https://doi.org/10.3989/tp.2011.11066>

OKAMOTO, H., SCHLESINGER, M. E. & MUELLER, M. eds., (2016): *ASM Handbook Volume 3: Alloy Phase Diagrams*. ASM International, Ohio, p. 1096.

PALLAI, S. (1975): *Nemesfémipari zsebkönyv* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, p. 175.

PEREA, A., MONTERO, I., GUTIERREZ, P. C. & CLIMENT-FONT, A. (2008): Origen y trayectoria de una técnica esquiava: el dorado sobre metal. *Trabajos de Prehistoria* **65/2** 117–130. <https://doi.org/10.3989/tp.2008.08006>

RAMSEY, C.B. (2017): Methods for Summarizing Radiocarbon Datasets. *Radiocarbon* **59(6)** 1809–1833. <https://doi.org/10.1017/RDC.2017.108>

REIMER, P., AUSTIN, W., BARD, E., BAYLISS, A., BLACKWELL, P., BRONK RAMSEY, C., BUTZIN, M., CHENG, H., EDWARDS, R. L., FRIEDRICH, M., GROOTES, P.M., GUILDERTSON, T.P., HAJDAS, I., HEATON, T.J., HOGG, A.G., HUGHEN, K.A., KROMER, B., MANNING, S.W., MUSCHELER, R., PALMER, J.G., PEARSON, C., VAN DER PLICHT, J., REIMER, R.W. RICHARDS, D.A., SCOTT, M.E., SOUTHON, J.R., TURNEY, C.S.M., WACKER, L., ADOLPHI, F., BÜNTGEN, U., CAPANO, M., FAHRNI, S.M., FOGTMANN-SCHULZ, A., FRIDERICH, R., KÖHLER, P., KUDSK, S., MIYAKE, F., OLSEN, J., REINING, F., SAKAMOTO, M., SOOKDEO, A. & TALAMO, S. (2020): The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon* **62(4)** 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>

STROHMAYER, Á., TÖRÖK, B. & TÜRK, A. (2021): A honfoglalás kori hagyatékok archeometriai kutatásának újabb eredményei. Ragasztók és egyéb szerves kitöltőanyagok azonosítása és használata a 10. századi lemezes ötvöztárgyakon. In: KULCSÁR, M., szerk., *Hadak útján – A népvándorlaskor fiatal kutatóinak XXX. konferenciája*. Absztraktkötet. Siklói Gyula Várostartörténeti Kutatóközpont, Székesfehérvár, 33–34.

SZENICZEY, T. & HAJDU, T. (2017): Jászberény- Alsómuszály honfoglalás kori lelőhely „B” sírjának embertani vizsgálata. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* 2017, 255–260.

TAKÁCS, V. (1986): *Theophilus Presbyter: A különféle művéségekről*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, p. 172.

THEOBALD, W. (1933): *Technik des Kunsthandwerks im 12. Jahrhundert des Theophilus Presbyter. Diversarium Artium Schemata*. VDI Verlag, Berlin, p. 551.

TÖRÖK, B. & GIUMLIA-MAIR, A. (2022): Examination of Metal Finds from the 10th Century Cemetery of Kiskunfélegyháza (Hungary). *Interdisciplinaria Archaeologica - Natural Sciences In Archaeology*, **XIII/2** 163–177. <http://dx.doi.org/10.24916/iansa.2022.2.6>