

KOMÁROM-ESZTERGOM

MEGYEI MÚZEUMOK

KÖZLEMÉNYEI 18.



KOMÁROM-ESZTERGOM MEGYEI  
MÚZEUMOK KÖZLEMÉNYEI

18.



**TATA**  
**2012**

KOMÁROM-ESZTERGOM MEGYEI MÚZEUMOK KÖZLEMÉNYEI 18.

MITTEILUNGEN DER MUSEEN DES KOMITATS KOMÁROM-ESZTERGOM 18.

PUBLICATIONS OF THE MUSEUMS OF THE COUNTY KOMÁROM-ESZTERGOM 18.

Szerkesztették:

FÜLÖP ÉVA MÁRIA

LÁSZLÓ JÁNOS

Tanulmányok lektorai:

BORHY LÁSZLÓ

CSOMA ZSIGMOND

C. TÓTH NORBERT

KAPOSI ZOLTÁN

A címlapon: Blondine (Franz Reichmann olajfestménye)  
(KDMM ltsz.: 66.47.1.)



Nemzeti Kulturális Alap

A kötet megjelenését a Nemzeti Kulturális Alapprogram Múzeumi Szakmai Kollégiuma,  
valamint a Komáromi Közgyűjteményi Közalapítvány támogatja.

ISSN 1215-7457

Kiadja a Kuny Domokos Múzeum  
Felelős kiadó: Schmidtmayer Richárd mb. múzeumigazgató  
Nyomda: Alfadat-Press Kft., Tatabánya  
Felelős vezető: W. Csoma Éva  
Példányszám: 300

## TARTALOM — INHALT — CONTENTS

BARTUS DÁVID—BORHY LÁSZLÓ—DÉVAI KATA—KIS ZITA—NAGY ANNA—SEY NIKOLETTA—SZÁMADÓ EMESE—SZÓRÁDI ZSÓFIA—VIDA ISTVÁN	
JELENTÉS A KOMÁROM—SZÖNY, VÁSÁRTÉREN 2010-BEN FOLYTATOTT RÉGÉSZETI FELTÁRÁSOK EREDMÉNYEIRŐL .....	7
BERICHT ÜBER ERGEBNISSE DER IN KOMÁROM—SZÖNY, VÁSÁRTÉR IM JAHRE 2011 GEFÜHRTE ARCHÄOLOGISCHEN AUSGRABUNGEN .....	39
DÉVAI KATA—GELENCSÉR ÁKOS	
RÓMAI KORI LAKÓÉPÜLET ÉS ÜVEGMŰHELY BRIGETIÓBÓL .....	59
THE SECONDARY GLASS WORKSHOP IN CIVIL TOWN OF BRIGETIO .....	93
FÓRIZS ISTVÁN—DÉVAI KATA—TÓTH MÁRIA—NAGY GÉZA—MAY ZOLTÁN	
A BRIGETIÓI ÜVEGGYÁRTÓ MŰHELY NÉHÁNY JELLEMZŐ ÜVEGLELETÉNEK MŰSZERES ANALITIKAI VIZSGÁLATA .....	103
ARCHAOMETRIC STUDY OF CHARACTERISTIC ASSEMBLAGES OF THE GLASS WORKSHOP IN BRIGETIO .....	114
SCHMIDTMAYER RICHÁRD	
A KÉT ROZGONYI, IDŐSEBB ÉS IFJABB ISTVÁN ITINERÁRIUMA (1388?–1443) .....	115
THE ITINERARIES OF THE TWO ROZGONYIS, ISTVÁN SR. AND ISTVÁN JR. ....	130
FÜLÖP ÉVA MÁRIA	
A PÁPA—UGOD—DEVECSERI ESTERHÁZY-URADALOM GAZDÁLKODÁSA A 18. SZÁZADBAN, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ ÚRBÉRI RENDEZÉSRE I. ....	131
AGRICULTURAL PRODUCTION ON THE FEUDAL ESTATES OF PÁPA—UGOD—DEVECSEK OF THE ESTERHÁZY'S IN THE 18TH CENTURY, WITH SOME SPECIAL REGARDS TO THE RELATING THE URBARY REGULATION .....	157
KEMECSI LAJOS	
TATA-TÓVÁROSI NŐI HAGYATÉKI LETTÁRAK ELEMZÉSE (ESETTANULMÁNY) .....	159
ANALYSE VON FRAUENNACHLASSINVENTAREN AUS TATA-TÓVÁROS.....	170
MARTON MELINDA	
A TATAI LOVAS ÉLET A DUALIZMUS KORÁBAN .....	171
THE RIDING LIFE OF TATA IN THE AGE OF DUALISM .....	179
MUSKOVICS ANDREA ANNA	
A FILOXÉRA ÉS HATÁSA ESZTERGOMBAN .....	181
PHYLLXERA UND IHRE AUSWIRKUNG IN GRAN .....	195
KÖVESDI MÓNKA	
ANGOLKERT BŐRKÖTÉSBN .....	197
JARDIN ANGLAIS RELIÉ EN CUIR .....	203

VÁSÁRHELYI TAMÁS	
GONDOLATOK A MÚZEUMI TUDOMÁNYOS VÁNDORKIÁLLÍTÁSOK ESÉLYEIRŐL (STEEP ANALÍZIS) .....	205
<i>PONDERING THE NEAR FUTURE OF TRAVELLING MUSEUM EXHIBITIONS</i> .....	210
A KOMÁROM-ESZTERGOM MEGYEI ÖNKORMÁNYZAT MÚZEUMAINAK IGAZGATÓSÁGA	
RÉGÉSZETI FELTÁRÁSAI 2011-BEN .....	211
A KÖTETBEN TALÁLHATÓ RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE – <i>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</i> – <i>LIST OF ABBREVIATIONS</i> .....	217

## A BRIGETIÓI ÜVEGGYÁRTÓ MŰHELY NÉHÁNY JELLEMZŐ ÜVEGLELETÉNEK MŰSZERES ANALITIKAI VIZSGÁLATA

FÓRISZ ISTVÁN–DÉVAI KATA–TÓTH MÁRIA–NAGY GÉZA–MAY ZOLTÁN

### BEVEZETÉS

Az üvegtárgyak eredetének vizsgálata hosszú ideig alapvetően a formai jegyek és a szín alapján történt, napjainkban azonban már nélkülözhetetlen a természettudományi módszerek alkalmazása. A régészeti leletek természettudományi módszerekkel való vizsgálata önálló tudományág, archeometria néven. Hazánkban is egyre nagyobb a súlya. A különböző kutatóműhelyek tevékenységét a Magyar Tudományos Akadémia Geokémiai és Ásvány-, Kőzet-tani Tudományos Bizottsága koordinálja, az egyre aktívabb és bővülő kutatógárda az *Archeometriai Műhely* című folyóirat köré szerveződik.

A Római Birodalom különböző területeiről (Európa, Észak-Afrika, Közel-Kelet) nagyon sok üvegműhely maradványa került elő, amelyekből számos leletet vettek archeometriai vizsgálat alá.<sup>1</sup> Ma már bizonyítottan tekinthetjük, hogy a római alapüveg-készítés sztenderd receptúra alapján történt, amit id. Plinius rögzített, minden bizonnyal hallomás alapján.<sup>2</sup> Az alapüveget 3 fő nyersanyagból készítették: homok, mészkő és natúr szóda. A homokot és a mészkövet rendszerint az alapanyag gyártásának közvetlen közelében, azaz helyben bányászták, vagy kis távolságról szerezték be, míg a natúr szódát ismereteink szerint kizárólag a Nílus deltájában gyűjtötték, és szállították az egyes provinciákban lévő műhelyekbe, sőt gyakran azokon túlra is. A római üvegek kémiai összetételének szűk tartományban való változása azon túlmenően, hogy ezek azonos re-

cept alapján készültek, további következtetések levonására adhat lehetőséget. Sokan úgy vélik, hogy a Római Birodalmon belül csak néhány helyen olvasztottak üveget,<sup>3</sup> amelyet alapüveggé korongok, rudak vagy egyéb formákban szállítottak a kisebb műhelyekbe, ahol azokból készáru készítették. Olyan nézet is kialakult, hogy magát a nyersanyagot szállították az üvegműhelyekbe, és ez biztosította a nagyfokú kémiai homogenitást.<sup>4</sup> Ugyan kevesen említik, de az alapüveg előállítására létezik egy harmadik elképzelés is. Rehren föltételezi, hogy az üveget ún. eutektikus olvasztással készítették, vagyis az olvadék egy kristályos pufferral volt egyensúlyban, és ez biztosította a nagyfokú homogenitást, amely elképzelés egyébként összhangban van Plinius leírásával is.<sup>5</sup>

Annak eldöntéséhez azonban, hogy melyik elképzelés igaz, még további – nagy adatmennyiséggel dolgozó, statisztikai – vizsgálatokra van szükség. Pannonia területéről származó üvegleletek kémiai összetételének vizsgálata és ezek közlése eddig hiányzott a hazai kutatásból. Növeli a vizsgált minták jelentőségét, hogy üveggé készítő műhely tevékenységéhez köthető leletek elemzését tűztük ki célul, így a kiválasztott minták természettudományi vizsgálata, az adatok közlése és előzetes értékelése nemcsak időszerű, hanem egyúttal hiánypótló jelentőséggel is bír.

### MINTÁK LEÍRÁSA

A római kori Brigetióban, ma Komárom–Szőny, Vásártér 13. szám alatt föltárt üveggé készítő műhely területéről számos üveglelet került elő.<sup>6</sup> Ebből a gazdag lelethalmazból választottuk a következőkben ismertetett 12 mintát, amelyeken részben elektronmikroszondás, részben röntgen-diffrakciós, röntgen-fluoreszcencia analízist végeztünk. Az elektron-

mikroszondás vizsgálatokhoz a mintákból néhány tízed mm-es darabot törtünk le, így a minta 99%-ban megmaradt, más módszerekkel is vizsgálható. Ennél lényegesen nagyobb darabot vágunk le a nyersüveg rögökből, hogy a kéreg–üveg átmenet teljes egészében vizsgálható legyen. Ezek a minták röntgen-diffrakciós vizsgálatot is végeztünk. (1. táblázat)

<sup>1</sup> FREESTONE 1994, 290; ARLETTI et al. 2008; JACKSON 2005; VELDE–GENDRON 1980; WEDERPOHL–BAUMANN 2000.

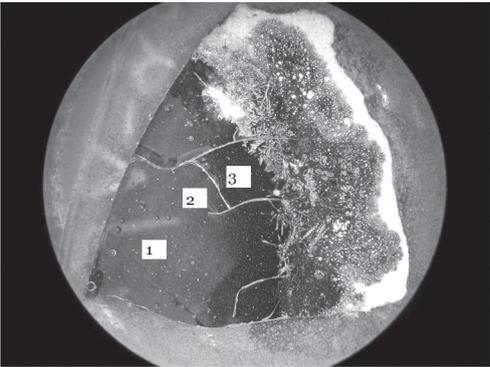
<sup>2</sup> Plinius, *Naturalis Historia* XXXVI. LXVI. 192–194.

<sup>3</sup> FREESTONE et al. 2002, 257–272.

<sup>4</sup> FIORI–VANDINI 2004.

<sup>5</sup> Plinius, *Naturalis Historia* XXXVI. LXVI. 194. A Plinius által említett „*massa vitri candidi*” esetleg megfeleltethető az említett kristályos puffernak, de sajnos többféle értelmezés is elképzelhető.

<sup>6</sup> Az üvegleletek részletes ismertetése e kötetben olvasható. (DÉVAI–GELENCSE 2012.)

Minta jele	Leírás	Kép
Br-V-1/a	<p>Sötétzöld, részben áttetsző, részben opak üvegrög töredéke, felületén törésnyomokkal (néhány cm-es darabokra összetört nyersanyag). A B4 szelvény Se 14–16-ból származik, amelyek a műhely hulladékgyödre vagy a nyersanyag depója. A jobb oldali kép a beágyazott, polírozott minta felületét mutatja a mérési pontok bejelölésével. A középső részen lévő (sötétzöld) rész üveg, tőle jobbra pedig az inhomogén kéreg látható. Ltsz. nélkül. Mérési módszer: EPMA, XRD, XRF.</p>	
Br-V-1/b	<p>Sötétzöld, részben áttetsző, részben opak üvegrög töredéke, felületén törésnyomokkal (néhány cm-es darabokra összetört nyersanyag). Ltsz.: KGYM 2006.V13.204.52. Mérési módszer: XRD</p>	
Br-V-1/c	<p>Sötétzöld, részben áttetsző, részben opak üvegrög töredéke, felületén törésnyomokkal (néhány cm-es darabokra összetört nyersanyag). Ltsz.: KGYM 2006.V13.B4.222.1. Mérési módszer: XRD.</p>	
Br-V-1/d	<p>Sötétzöld, részben áttetsző, részben opak üvegrög töredéke, felületén törésnyomokkal (néhány cm-es darabokra összetört nyersanyag). Ltsz.: KGYM 2006.V13.217.1. Mérési módszer: XRD.</p>	
Br-V-1/e	<p>Sötétzöld, részben áttetsző, részben opak üvegrög töredéke, felületén törésnyomokkal (néhány cm-es darabokra összetört nyersanyag). Ltsz.: KGYM 2006.V13.B4.238.1. Mérési módszer: XRD.</p>	

1/a. táblázat: A vizsgált minták leírása  
Table 1/a: Description of the studied samples

Minta jele	Leírás	Kép
Br-V-1/f	Sötétzöld, részben áttetsző, részben opak üvegrög töredéke, felületén törésnyomokkal (néhány cm-es darabokra összetört nyersanyag). Ltsz.: KGYM 2006.V13.B4.144. Mérési módszer: XRD.	
Br-V-2/a	Opak fehér gyártási műhelyhulladék. Ltsz. nélkül. Mérési módszer: XRD, XRF.	
Br-V-2/b	Opak fehér gyártási műhelyhulladék. Ltsz.: KGYM 2006.V13.B4.228. Mérési módszer: XRD.	
Br-V-2/c	Opak fehér gyártási műhelyhulladék. Ltsz.: KGYM 2006.V13.A3.60.1. Mérési módszer: XRD.	
Br-V-3	Áttetsző, enyhén zöldes, tömör üvegrúd, az egyik végén háromszögletű szerszám lenyomataival. A B4 szelvény SE 15-16 hulladékgödrökből származik. Ltsz.: KGYM 2006.V13.225.1. H=4,5 cm. Mérési módszer: EPMA.	
Br-V-4	Áttetsző, üvegzöld színű, hengeres pálca töredéke, a fúvósóról történő leválasztáskor az eszközön visszamaradt töredék. A B3 szelvényben került elő (ahol a kemencék voltak, csak kissé feljebb, tetőomladékból). A műhely tetejének vagy az épületnek a pusztulásakor keveredett ide. Ltsz.: KGYM 2006.V13.195.5. Mérési módszer: EPMA.	

1/b. táblázat: A vizsgált minták leírása  
Table 1/b: Description of the studied samples

Minta jele	Leírás	Kép
Br-V-6	Sokszorososan meghajlított, áttetsző, színtelen, vékony üveglemez. A B3 szelvényből, újkori beásásból. H=5,268 cm, sz=5,773 cm, v=0,178 cm. Mérési módszer: EPMA.	
Br-V-7	Színtelenített, rendkívül jó minőségű üvegből készített nagyméretű, plastikus szálrátét talpgyűrűvel ellátott tál aljtöredéke. Ennek alján vésett díszítés figyelhető meg, kettős vonalakkal álló, csúcsára állított négyszög, a közepén facettált oválissal, a négyszög csúcsainál kettős facettált vonalakkal, ezek között a négyszög oldalainál újabb facettált oválisokkal. Ez a töredék a lakóépület műhely felszámolása utáni rétegeiből származik. Az A1 szelvényből. A tál alja á=8,5 cm. Ltsz.: KGYM 2006.V13.A1.3. Mérési módszer: EPMA.	
Br-V-8	Opak sárga gyártási műhelyhulladék. Ltsz.: KGYM 2006.V13.A4.139. Mérési módszer: XRD.	
Br-V-9	Opak világoskék gyártási műhelyhulladék. Ltsz.: KGYM 2006.V13.A4.140. Mérési módszer: XRD.	
Br-V-10	Opak fehér, hengeres üvegyöngy töredéke türkizkék szálrátét díszítéssel. Ltsz.: KGYM 2006.V13.B3.50. Mérési módszer: XRF a fehér alapüvegen.	
Br-V-11	Opak sötétkék hengeres üvegyöngy töredéke sárga szálrátét díszítéssel. Ltsz.: 2006.V13.B3.35.1. Mérési módszer: XRF a sárga díszítésen.	

1/c. táblázat: A vizsgált minták leírása  
Table 1/c: Description of the studied samples

## ALKALMAZOTT MÉRÉSI MÓDSZER

*Elektron-mikroszkop (EPMA)*

A mintákból a fentebb ismertetett módon letört darabokat vákuumálló gyantába öntöttük, majd a felületet síkra csiszoltuk, políroztuk. Az elektromos vezetőképesség biztosítása végett a minta felületét vákuumgőzölőben néhány atomrétegnyi szénrel gőzöltük le.

A műszer JXA-733 elektron-mikroszkop és (ehhez illesztett) INCA 200 energiafelbontó röntgenspektrométer (*energy dispersive spectrometer, EDS*) volt.

Vizsgálati/elemezési körülmények:  $V_0=20\text{kV}$ ;  $I_e=6\text{nA}$ . A fázisok elkülönítése és leképezése vizsaszórt elektronképekkel (*backscattered electron image, BEI*) történt. A mennyiségi elemzések előideje az üvegeken (üvegnek látszó fázisokon) 100 s, a kristályokon 50 s vagy 100 s volt. Az üvegek elemzését legalább  $80\ \mu\text{m}^2$ , legfeljebb  $2,8\ \text{mm}^2$ -es területen, a kristályokét pontszerűen (fókuszált elektron-sugárral) végeztük. A spektrométer kalibrálására Taylor gyártmányú, többségükben ásványi eredetű sztenderdeket használtunk.

*Röntgen-pordiffraktometria (XRD)*

A röntgen pordiffrakció a polikristályos anyagok fázisai azonosítására, mennyiségi meghatározására és kristályszerkezeti jellemzésére alkalmas módszer. A röntgendiffrakciós méréseket a kivá-

lasztott minták eltérő megjelenésű részeiből leválasztott néhány mm átmérőjű minták porán végeztük el. Mind az üde, mind a mállott részleteket, illetve a befoglaló anyagokat, szennyezőket is vizsgáltuk PHILIPS PW 1730 típusú, Bragg-Brentano elrendezésű diffraktométerrel. (Műszerparaméterek: sugárzás –  $\text{Cu K}_\alpha$ ; feszültség – 45 kV; áramerősség – 35 mA; léptetés –  $0.05^\circ\text{--}0.01^\circ\ 2\theta$ ; időállandó – 1 sec; detektorrés –  $1^\circ$ ; divergenciarés –  $1^\circ$ ; goniométer – PW-1050/25; monokromátor – grafit; detektor – proporcionális számláló.) (Adatforgalom és feldolgozás – Philips APD, X'-pert vezérlő és értékelő szoftverek és PDF- 2 [*Powder Diffraction File*] adatbázis felhasználásával.)

*Röntgen-fluoreszcens analízis (XRF)*

A kiválasztott minták átlagos elemösszetételét roncsolásmentes vizsgálatot lehetővé tevő, hordozható XRF készülékkel határoztuk meg. A méréseket NITON XL3t 900 típusú (Thermo Scientific), energiadisperzív röntgenfluoreszcens spektrométerrel végeztük. Az úgynevezett könnyű elemek (Mg, Al, Si, P, S, Cl) méréséhez He atmoszférát alkalmaztunk. 35 elemet mértünk szimultán (Mg és U között). A mérési terület választhatóan 8, illetve 3 mm átmérőjű kör. A készülékben lévő röntgenső ezüst-anódos, a gyorsítófeszültség 50 kV, Peltier-hűtéssel. A detektor nagy teljesítményű Si-PIN detektor, felbontása 0,195 keV.

## EREDMÉNYEK

*Kémiai összetétel*

A vizsgált üvegminták elektron-mikroszkopával meghatározott fő- és mellékelem összetételét a 2. táblázat, a nyersüveg rög egyes fázisainak az összetételét pedig a 3. táblázat tartalmazza. Az üres cellák kimutatási küszöb alatti tartalmat jeleznek, amely  $\text{P}_2\text{O}_5$  és Cl esetében  $<0,3\%$ , MnO és FeO esetében  $<0,4\%$ . A röntgen-fluoreszcencia analízis eredményeit a 4. táblázatban mutatjuk be.

*Mikroszöveti jellemzők*

Az elektron-mikroszkopával vizsgált minták a Br-V-1/a kivételével homogének, zárványmentesek. A Br-V-1/a minta üveg része szintén homogén, azonban a kéreg felé közelítve vastartalma nő (2. táblázat 3. elemzés), továbbá megjelennek benne tús kifejlődésű kristályos fázisok, feltehetően wollastonit. (1. kép) A kéregben (2–4. kép) szinte teljesen eltűnik az üveg, megjelennek tiszta fémólom fázisok (kerkedd) (2–3. kép), FeO (3. kép 12. elemzési pont),

Fe-Ca-Na-Mg-szilikát (3. kép 14. elemzési pont) és egyéb változó összetételű fázisok. A kéreg külső részén már gyakorlatilag nem figyelhető meg üveg fázis.

*A kristályos fázisok*

A röntgen-pordiffraktometriával meghatározott kristályos fázisokat a 4. táblázat tartalmazza. A Br-V-1/a minta különböző kéregdarabjaiban számos kristályos fázist sikerült azonosítani, amelyek természetben előforduló ásványok.

Az opak üvegek és egyéb műhelyhulladékok rendszerint tartalmaznak kristályos fázist. A Br-V-2/a–c fehér műhelyhulladék legjellemzőbb kristályos fázisa a kalcium-antimonát ( $\text{Ca}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ ), amely egyértelműen mesterséges eredetű. Ezt a fázist nyomnyi mennyiségben a türkizkék Br-V-9 világoskék gyártási műhelyhulladékokban is sikerült kimutatni.

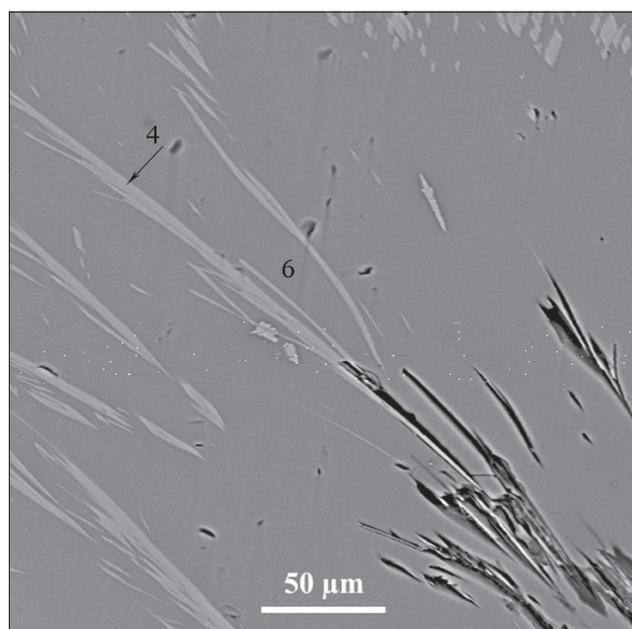
Az opak sárga üveg (Br-V-8) fő kristályos fázisa ólom-antimonát ( $\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ ).

Minta jele	Elemzés száma	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cl	K <sub>2</sub> O	CaO	MnO	FeO
Br-V-1/a	1	14,84	0,33	2,00	63,64	–	1,12	0,73	7,29	0,85	2,70
Br-V-1/a	2	14,83	0,40	2,24	64,07	–	1,08	0,74	7,17	0,84	2,38
Br-V-1/a	3	12,89	0,89	1,96	60,52	–	0,95	0,97	7,43	0,99	7,52
Br-V-3	23	12,89	0,47	2,39	67,32	–	1,07	0,48	8,43	1,25	0,47
Br-V-3	24	12,97	0,50	2,53	66,91	–	1,23	0,46	8,59	1,42	–
Br-V-4	25	15,98	0,53	2,19	68,45	–	1,10	0,65	7,33	1,12	–
Br-V-4	26	15,72	0,45	2,12	67,52	–	1,14	0,58	7,15	1,03	–
Br-V-7	27	16,22	0,27	1,52	70,20	–	1,31	0,50	4,76	–	–
Br-V-7	28	16,37	0,26	1,67	70,56	–	1,27	0,39	5,04	–	–
Br-V-6	30	0,57	1,87	1,61	61,27	–	–	16,33	12,61	–	0,78
Br-V-6	31	0,54	1,68	1,54	61,44	–	–	16,24	12,66	–	0,59
Br-V-6	32	0,62	1,83	1,61	62,85	0,62	–	17,09	12,92	–	0,48

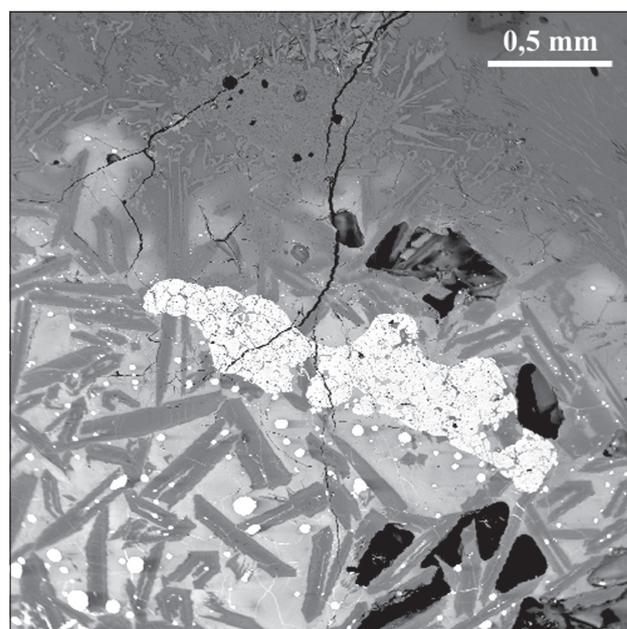
2. táblázat: A vizsgált üvegleletek elektron-mikroszondával meghatározott kémiai összetétele  
 Table 2: Chemical compositions of the studied glass objects determined by electron microprobe

Elemzés száma	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Cl	K <sub>2</sub> O	CaO	MnO	FeO	CuO	SnO <sub>2</sub>	PbO <sub>2</sub>	Oxid-összeg
4	0,36	0,76	–	50,07	–	–	43,49	1,06	4,38	–	–	–	100,13
6	15,12	1,45	2,55	55,93	1,06	1,21	2,41	0,80	15,03	–	–	0,14	95,71
12	–	–	–	–	–	–	–	–	90,55	–	–	–	90,55
14	3,00	4,48	1,03	47,51	–	–	17,77	0,51	21,96	–	1,28	–	97,53
15	7,54	0,12	2,46	44,53	1,16	1,34	1,51	0,62	15,07	0,65	–	14,89	89,89
16	13,12	0,09	2,73	45,01	1,08	1,18	1,37	0,60	15,05	–	–	12,79	92,91

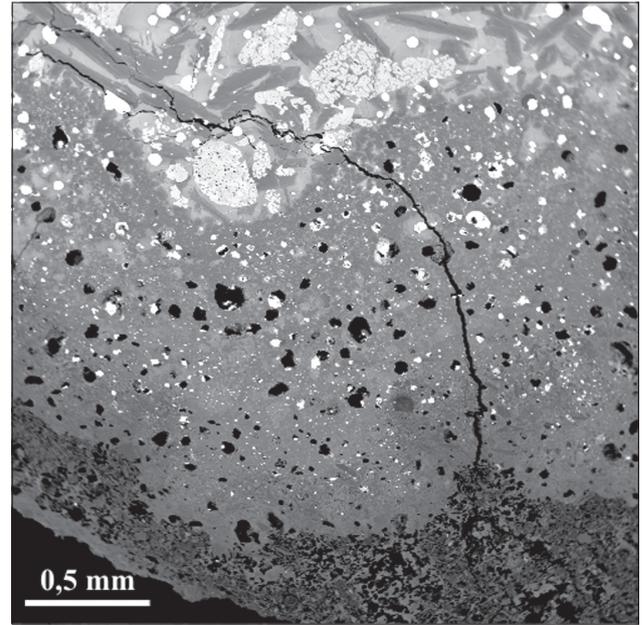
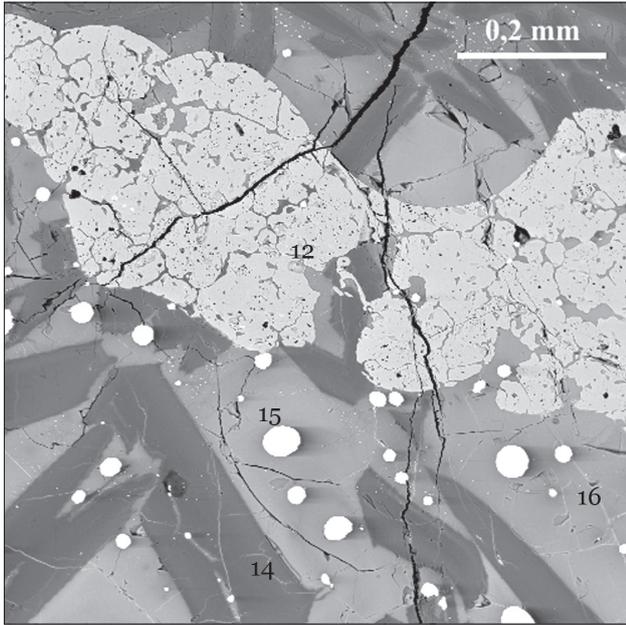
3. táblázat: A vizsgált üvegrög (Br-V-1/a minta) üveggében és kérgében található fázisok elektron-mikroszondával meghatározott kémiai összetétele  
 Table 3: Chemical compositions of phases in the glass chunk (inner part and its crust) determined by electron microprobe



1. kép: Az alapszürke az üveg, a világosabb hosszúkás fázisok (Ca>>Fe)-szilikát fázisok (4), valószínűleg wollastonit kristályok. A számok elemzési pontok (3. táblázat)  
 Fig. 1: The base grey area is glass, while the lighter grey elongated phases are (Ca>>Fe)-silicate phases, probably wollastonite crystals. Numbers indicate the places of analyses (Table 3)



2. kép: Az üveg-kéreg átmenet (fönről lefelé), ahol a kéreg döntő része kristályos fázisokból áll  
 Fig. 2: Transition from glass (upper right) to crust, latter containing mostly crystalline phases



3. kép: A 2. kép közepéről kinagyítva. A fehér, kerekded fázisok tiszta ólom szemcsék. A számok elemzési pontok (3. táblázat)  
 Fig. 3: Zoomed from the center of Figure 2. The rounded bright phases are pure lead. Numbers indicate the places of analyses (Table 3)

4. kép: A kéreg külső része. Itt nincs üvegfázis, alapvetően mikrokristályok kusza halmaza alkotja, ahol a tiszta üveghez képest jelentősen nagyobb a vas-, ólom- és óntartalom  
 Fig. 4: The outer part of the crust. Here there is no glass phase, mostly microcrystalline phases can be found, where the iron, lead and tin content is significantly higher than in the glass phase

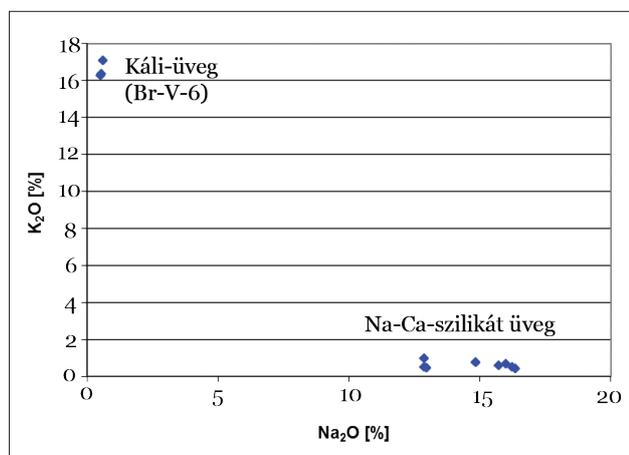
Minta	Fázisösszetétel
Br-V-1/a-1 – fehér kéreg	Diopszid > plagioklász > gehlenit > kvarc > kálföldpát > 10Å-ös filloszilikát (szericit-illit) > amfibol (ny), kalcit (ny), goethit (ny)+üveg (amorf)
Br-V-1/a-2 – fehér kéreg	Diopszid > plagioklász > gehlenit > kvarc > kálföldpát > 10Å-ös filloszilikát (szericit-illit) > amfibol (ny), kalcit (ny), goethit (ny)+üveg (amorf)
Br-V-1/a-3 – zöld üveg	Üveg (amorf), nyomokban kristályos kvarc
Br-V-1/b – „kőzet”	Diopszid > plagioklász > kvarc > gehlenit
Br-V-1/b-1 – zöld üveg	Üveg (amorf) >> kvarc (ny), plagioklász (ny), gipsz (ny), kalcit (ny)
Br-V-1/c-1 – „kőzet”	Kvarc >>> plagioklász, kálföldpát > kalcit > diopszid, gehlenit >> goethit
Br-V-1/c-2 – zöld üveg	Üveg (amorf) >> kvarc > kalcit
Br-V-1/d – „kőzet”	Diopszid > kvarc > gehlenit+üveg (amorf)
Br-V-1/e-1	Kvarc >>> üveg (amorf)
Br-V-1/e-2 – üveg	Üveg (amorf) > kvarc > kalcit
Br-V-1/f – üveg	Üveg (amorf), nyomokban kristályos kvarc
Br-V-2/a – fehér felszíni puha réteg	Kalcium-antimonát (Ca <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) >> üveg (amorf)
Br-V-2/a – fehér üveg	Üveg (amorf)+kalcium-antimonát (Ca <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )
Br-V-2/b – fehér göbics	Üveg (amorf)+kalcium-antimonát (Ca <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )
Br-V-2/c – fehér „üveg”	Üveg (amorf)+kalcium-antimonát (Ca <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )
Br-V-2/c – fehér üveg külső puha réteg	Kalcium-antimonát (Ca <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) > üveg (amorf)
Br-V-8 – sárga	Üveg (amorf) >> ólom-antimonát (Pb <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )
Br-V-9 – kék	Üveg >> kalcium-antimonát (Ca <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ), szodalit (Na <sub>4</sub> Al <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub> Cl)

4. táblázat: A röntgen pordiffraktometriával meghatározott kristályos fázisok és mennyiségi sorrendjük (ny=nyomnyi mennyiségben)

Table 4: Crystalline phases (in order of abundance) determined by X-ray powder diffractometry

## ÉRTELMEZÉS, KÖVETKEZTETÉS

A Br-V-1/a–f, 3–4, 7 minták Na-Ca-szilikát üvegek, míg a Br-V-6 káli-üveg vagy más néven erdei üveg. (2. táblázat, 5. kép). Ez utóbbi minta elemzésére azért került sor, mert a többszörösen meghajlított üveglap gyártástechnológiája nehezen volt beilleszthető a római kori eljárások közé, így gyanakodtunk, hogy esetleg nem római kori a töredék. Az anyagösszetétel vizsgálata igazolta feltevésünket. Ez utóbbi üvegtípus csak a középkorban jelent meg Európában. (A legkorábbi leleteket Németországban tárták föl, és a 800-as évekre keltezik,<sup>7</sup> ekkor a Nílus-deltában bányászott natúr szóda szállítása akadozott, majd gyakorlatilag megszűnt az arab hódítás miatt.<sup>8</sup>)



5. kép: A vizsgált minták összetétele a  $K_2O$ – $Na_2O$  diagramon  
Fig. 5: Composition of studied samples on the  $K_2O$ – $Na_2O$  diagram

Azon túlmenően, hogy a Br-V-6 minta erdei üveg, föltűnő, hogy mangán- és klórtartalma kimutatási határ alatti. Foszfort is csak egy pontban sikerült kimutatni, pedig az erdei üvegre jellemző a jelentős, 2–3%  $P_2O_5$ -tartalom. Mindez arra utal, hogy ez az üveg abban az időszakban készült, amikor a nyersanyagokat már tisztították, vagyis a középkor végén vagy inkább az újkorban. Tehát ez az üveglelet véletlenül keveredett a felszínről a többi lelet közé.

A Br-V-1/a–f, 3–4, 7 minták kémiai összetétele a klasszikus római alapüvegnek felel meg, vagyis olyan Na-Ca-szilikát üvegek, ahol a  $MgO+K_2O$  mennyisége  $<2,6\%$ , valamint a  $P_2O_5$ -tartalom  $<0,2\%$ . Ezen belül külön érdemes tárgyalni a Br-V-1/a mintát, mivel azt színezték. Sötétzöld színét föltehetően a viszonylag jelentős vastartalmának köszönheti. Míg a többi vizsgált római kori minta vastartalma  $<0,5\%$  FeO, addig ennek a mintának majd

3% az FeO-tartalma, sőt a kéreg felé haladva egyre nő (7,5% FeO). (2. táblázat 3. elemzés) Az üvegtéshez használatos nyersanyagokban a vas természetes szennyezőként található, és rendszerint nem haladja meg a 2%-ot. A római átlátszó üvegekhez pedig különösen olyan nyersanyagokat használtak, amelyeknek kicsi volt a vastartalma, hogy a vas ne okozzon elszíneződést. Ennek megfelelően az átlátszó minták (Br-V-3, 4 és 7) FeO-tartalma elég jelentéktelen,  $<0,5\%$ . A majd 3%-os FeO-tartalom szándékosra utal. Ezt támasztja alá, hogy az üvegbuca felületén található kéregben jelentősen megnő a FeO-tartalom, sőt önálló FeO fázist is ki lehetett mutatni. (2–3. kép; 3. táblázat 12. elemzés) Azt nem tudjuk megállapítani, hogy a vasat fém vagy oxid formában adagolták az üveghez (zárványok híján), csak azt, hogy szándékosan adalékolták-e. Föltételezhető továbbá, hogy a sötétzöld szín képzésében nyomnyi mennyiségű ólom és réz is részt vesz. Erre utal a kéreg egyes fázisaiban elektron-mikroszondával kimutatott jelentős mennyiségű ólom és kis mennyiségű réz koncentrációja. Ennek eldöntésére nyomelem vizsgálatokra lesz szükség a részletes kutatás során.

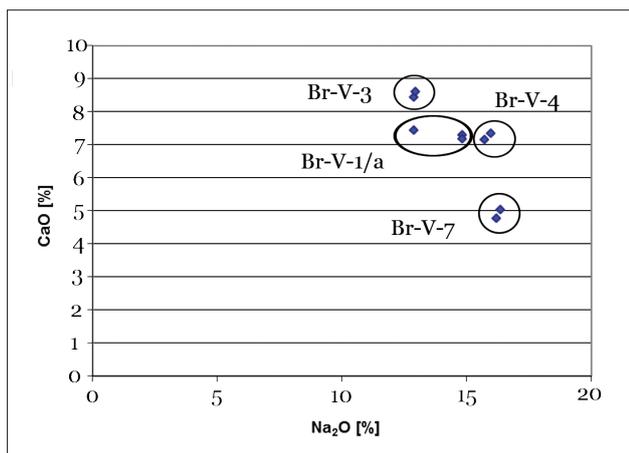
Kérdés, hogy milyen eredetű lehet az üveg felületén található kéreg. Egy rosszul sikerült olvasztást öntöttek a szemétdöörbe, vagy az üvegtésítő műhelyben történt valamilyen baleset, amely következtében kifolyt az üveglvadék. A röntgenpordiffrakciós vizsgálatok (Br-V-1/b-f) alapvetően olyan fázisokat mutattak ki (diopszid, plagioklász, gehlenit, kvarc, kálföldpát, szericit-illit, amfibol, kalcit, goethit), amelyek akár műhelykörnyezetben (kemence fala, agyagpadló stb.), akár külső szemétdöör falában előfordulhatnak. Azonban az elektron-mikroszondával kimutatott ólom „gömbök” jelenléte, valamint egyes fázisokban a réz és az ón kimutathatósága (3. táblázat) mind műhelykörnyezetre utal. Ólomot bizonyosan használtak a műhelyben a sárga opak üveg előállításához (lásd később), és egyéb fémeket is. Az eddigiekből azt ugyan nem tudjuk rekonstruálni, pontosan mi történt, azonban valószínűsíthető, hogy a műhelyben valamilyen baleset történt, kifolyt az üveglvadék, és ennek következtében az üveg felületére egy fehéres-sárgás kéreg égett.

Ezen eredmények alátámasztják azt a következtetést, hogy a gödrökben talált üvegrögök olyan gyártási hulladékok, amelyek a műhely működése kapcsán keletkeztek, és valószínűleg újrafelhasználás céljára gyűjtötték őket egy helyre.

A nem színezett üvegek (Br-V-3, 4, 7) összetétele ugyan megfelel a klasszikus római üvegek összetételének, ugyanakkor a Ca- és Na-tartalmuk a várt

<sup>7</sup> WEDEPOHL 2000.

<sup>8</sup> SHORTLAND–SCHACHNER–FREESTONE–TITE 2006.



6. kép: A vizsgált minták összetétele a CaO–Na<sub>2</sub>O diagramon  
 Fig. 6: Composition of studied samples on the CaO–Na<sub>2</sub>O diagram

nál szélesebb tartományban változik, (6. kép) leginkább a Br-V-7 minta összetétele tér el az átlagtól. Fiori és Vandini szerint a római üvegek különös jellemzője a mangánnal történő szintelenítés.<sup>9</sup> Ennek megfelel a Br-V-1/a, 3 és 4 mintában 1% körül kimutatott MnO-tartalom, ugyanakkor a Br-V-7 mintában a MnO-tartalom kimutatási határ, vagyis kb. 0,3% alatti, ami egyértelműen jelzi, hogy ebbe az üvegbe szándékosan, szintelenítési célzattal nem adagoltak mangánt. Másrésről ez az üveglelet kiváló minőségű átlátszó üveg. Az anyagösszetétel vizsgálatok eredményei ebben az esetben tehát alátámasztják a régészeti megfigyelést. A különösen jó minőségű, szintelenített alapanyagból készült tárgy (Br-V-7 minta) a műhely felhagyása utáni periódusból származik, így bizonyos, hogy nem a műhely terméke, amit alátámaszt az is, hogy a szintelenítéséhez nem használtak adalékanyagot. Feltehetően különösen jó minőségű alapanyagból gyártották az alapüveget, amelyhez alkalmas homok a Római Birodalom területén csak néhány területen volt. A tál különleges, vésett-facettált díszítése is kiemelkedő színvonalú, amelyet valószínűleg hideg díszítésre specializálódott műhelyekben készítettek.

A Br-V-3 és 4 minták összetétele már viszonylag közel esik egymáshoz, (6. kép) de még mindig jelentős a különbség, ha arra gondolunk, hogy ugyanazon műhelyben készültek, ugyanolyan nyersanyagból. Érdekességük, hogy míg a Br-V-3 minta CaO-tartalma nagyobb, ugyanakkor a Br-V-4 mintában pedig a Na<sub>2</sub>O-tartalom jelentősebb. Nem zárható ki, hogy a folyósító anyagként használt natúr szóda időnként kevés meszet tartalmazhatott, és ez okozta a viszonylag jelentős összetételbeli változékonyságot.

Azonban az is elképzelhető, hogy különböző műhelyekből kapták a nyersüveget, és itt csak földolgozták ezt, bár ennek logisztikai szempontból nem sok értelme lenne, hiszen ha ugyanolyan minőségű alapüveget gyártanak mindegyik üvegyártó központban, akkor csak a legközelebbiből van értelme hozatni. További minták elemzésével pontosabb képet kaphatunk, és megbízhatóbb következtetések levonására leszünk képesek.

Érdeemes megjegyezni, hogy a Br-V-4 és a sötétzöld Br-V-1/a minták összetétele a CaO–Na<sub>2</sub>O diagramon (6. kép) gyakorlatilag egybeesik. (A 3. pontot most hagyjuk figyelmen kívül, mert az már a kéreg közelében készült, nem az átlag üvegösszetételt mutatja.) Ez utalhat arra, hogy ez a két üvegtárgy egyazon – brigetiói – műhelyben készült, feltehetően azonos mester keze alatt, ahol a nyersanyagokat ugyanolyan arányban keverték össze, majd a sötétzöld üveg előállításakor ehhez keverték a színeképző vasat (esetleg kevés ólmot és rezet).

Számos érdekes eredményt kaptunk a színezett, opak üvegtöredékek vizsgálatokor.

A fehér opak üveg készítése szinte egyidős az üvegyártással. A színeképzést és egyben a homályosítást (opakosítást) apró (néhány mikrométer), kezdetben (a Kr. e. 2. évezred közepétől) kalcium-antimonát (Ca<sub>3</sub>Sb<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), később ón-oxid (SnO<sub>2</sub>) szemcséknek az alapüvegben történő egyenletes diszpergálásával érték el. Az antimon-ón váltás a Kr. u. 1. évezred első felében zajlott le, területenként némi eltéréssel.<sup>10</sup> Az antimonnal (kalcium-antimonát) homályosított típus megjelent már a korai egyiptomi leletek között,<sup>11</sup> majd az ókori Görögországban,<sup>12</sup> később az etruszk<sup>13</sup> és a római leletek között is,<sup>14</sup> majd a Római Birodalom bukása környékén többé-kevésbé megszűnt a készítése, főlváltotta az ónnal homályosított változat. A brigetiói leletek közül három opak fehér üvegyártási műhelyhulladékot vizsgáltunk (1. táblázat, Br-V-2/a, b, c) röntgen-pordiffrakcióval. Mindhárom esetben az üveg fázis mellett kalcium-antimonátot sikerült kimutatni kristályos fázisként. (4. táblázat) Ezzel összhangban a Br-V-10 üvegyöngy opak fehér részén végzett röntgen-fluoreszcencia vizsgálatok a normál üvegalkotók mellett kiemelkedően sok antimont mutattak ki. (5. táblázat) Valószínűsíthető, hogy ebben a mintában is kalcium-antimonát szemcsék adják a szint és egyben homályosítanak. Ezek alapján feltehető, hogy a három fehér opak üvegyártási hulladék a fehér opak üveg helybeli készítéséből származik, lecsöppent vagy rontott darab töredéke. Ezek a megfigyelések igazolják azt, hogy műhelyünkben a 3. század elején az opak fehér szín előállítására és homályosító anyagként a kalcium-antimonátot használták, hasonlóan a Római Birodalom más területeihez.

<sup>9</sup> FIORI–VANDINI 2004.

<sup>10</sup> TURNER–ROOKSBY 1961.

<sup>11</sup> SHORTLAND 2002.

<sup>12</sup> DUCKWORTH et al. 2012.

<sup>13</sup> ARLETTI et al. 2010.

<sup>14</sup> LAHLIL et al. 2010; BIMSON–FREESTONE 1983.

Ugyanezt a homályosítót sikerült kimutatni a Br-V-9 (4. táblázat) opak világoskék üvegtöredékben, amely szintén gyártási műhelyhulladék. Ennek a mintának további érdekessége az, hogy a benne azonosított másik kristályos fázis szodalit, (4. táblázat) egy nátrium-alumino-szilikát, amelynek színe kék, tehát ez is adhatja a színt, ugyanakkor eddig nem párhuzama ennek a színezési módnak. Megjegyezzük továbbá, hogy a kalcium-antimonát homályosítóként történő alkalmazása az opak kék (türkiz) üveg előállításánál valószínűleg általános volt az ókorban, hiszen a viszonylag kevés archeometriai vizsgálat mindegyike a kalcium-antimonát azonosította homályosítónak.<sup>15</sup> Ugyanígy használtak például a 2–5. századi, a Római Birodalmon belül viszonylag közel elhelyezkedő Aquileában föltárt opak kék mozaikkockák gyártói is.<sup>16</sup>

A sárga gyártási műhelyhulladékot (Br-V-8) (1. táblázat) röntgen-diffrakcióval vizsgálva színező-ho-

mályosító fázisnak az ólom-antimonátot azonosítottuk. (4. táblázat) A Br-V-11 minta sárga szárlátét díszének röntgenfluoreszcencia vizsgálata kiemelkedően sok ólmot és antimont mutatott ki, (5. táblázat) utalva arra, hogy valószínűleg ebben a mintában is ólom-antimonát a színező-homályosító. Mindezek megerősítik azt a feltételezést, hogy a sárga opak üveg előállításához ólom-antimonátot használtak Brigetióban, hasonlóan a Római Birodalom más részeihez.<sup>17</sup>

Habár további műszeres analitikai vizsgálatok elvégzése szükséges, már az eddigi eredmények is alátámasztják a régészeti feltételezést, hogy az üvegyöngyök és a szárlátétes díszítésű kelyhek egyaránt az itteni műhely termékei, amelyekhez színezőanyagul ugyanazt az adalékot használták fel. A műhelyből származó opak üveganyag vizsgálata a jövőben még számos érdekes eredményt hozhat a fent említettekén túl.

Fő- és mellékelemek												
Minta/%	Si	Al	Ti	Fe	Mg	Ca	Na	K	Mn	P	Cl	Sb
Br-V-1/a-1 – fehér kéreg	13,00	4,37	0,29	3,37	1,38	6,77	nem mért	1,07	0,09	0,31	0,13	0,09
Br-V-1/a-2 – fehér kéreg	15,08	4,42	0,28	2,57	2,05	5,86	nem mért	0,79	0,11	0,39	0,10	0,12
Br-V-1/a-3 – zöld üveg	26,08	4,55	0,05	1,30	0,00	3,22	nem mért	1,30	0,78	0,00	0,45	0,16
Br-V-2/a – fehér	21,62	5,58	0,10	2,33	0,92	2,58	nem mért	2,37	0,00	0,15	0,06	3,67
Br-V-10 – fehér	23,29	5,38	0,11	3,54	0,81	3,23	nem mért	0,35	0,00	0,24	0,14	2,69
Br-V-11 – sárga dísz	20,69	7,17	0,08	9,10	1,31	2,40	nem mért	1,05	0,11	0,37	0,16	0,73

Nyomelemek											
Minta/ppm	Ba	Sn	Nb	Zr	Sr	Rb	As	Pb	Zn	Cu	Cr
Br-V-1/a-1 – fehér kéreg	472,6	152,1	10,8	184,0	260	22,3	0,0	108,1	232,5	0,0	165,6
Br-V-1/a-2 – fehér kéreg	486,5	144,3	0,0	107,8	276,4	26,2	0,0	35,9	213,9	0,0	165,0
Br-V-1/a-3 – zöld üveg	486,9	265,2	0,0	59,1	368,7	12,1	0,0	86,7	159,4	0,0	0,0
Br-V-2/a – fehér	0,0	522,4	0,0	55,5	303,4	0,0	176,2	116,0	218,4	0,0	0,0
Br-V-10 – fehér	0,0	763,3	0,0	65,8	372,1	6,8	145,8	190,6	224,8	660,5	192,3
Br-V-11 – sárga dísz	488,9	1226,0	0,0	0,0	175,3	0,0	6459,0	111565,5	218,3	0,0	0,0

5. táblázat: A röntgen-fluoreszcencia elemzéssel meghatározott fő-, mellék- (%) és nyomelemek (ppm) Table 5: The major, minor (%) and trace (ppm) element contents of selected samples determined by X-ray Fluorescence Analysis

## ÖSSZEFOGLALÁS

A Brigetio lelőhelyről előkerült üvegleletek közül kiválasztott tárgyak műszeres analitikai vizsgálata alapján a következő megállapításokat tehetjük:

– Egy üvegminta erdei üveg, amely valószínűleg az újkorban készült, és véletlenül keveredett a római kori leletek közé.

<sup>15</sup> SHORTLAND 2002; LAHLIL et al. 2010; TURNER–ROOKSBY 1961.

<sup>16</sup> LAHLIL et al. 2010.

<sup>17</sup> TURNER–ROOKSBY 1961; GREIFF–SCHUSTER 2008.

- A többi átlátszó minta (5 darab) kémiai összetételét tekintve klasszikus római típusú, vagyis homok, natúr szóda és mészkő alapanyagokból készült.
- Egy kivétellel jellemző ezekre a római üvegletekre, hogy szintelenítőként mangánt adagoltak, ami általánosan jellemző a római üvegekre.
- A Br-V-7 minta azon túlmenően, hogy nem adagoltak hozzá mangánt, CaO-tartalma alapján is eltér a többitől. Ez megerősíti azt a megfigyelést, hogy később készült már, a brigetiói üvegműhely megszűnte után.
- A sötétzöld üveget alapvetően vassal színezték, ta-

lán kevés ólom és réz hozzáadásával.

- A várhatónál nagyobb a kémiai összetétel változékonysága, ami vagy a fölhasznált nyersanyagok nem állandó összetételére utal, vagy más-más mesterek vagy alapanyag gyártóműhelyek munkájára.
- A sötétzöld üveg kérgének ásványos és kémiai összetétele arra utal, hogy műhelybaleset következtében kifolyt az üvegolvadék.
- Az opak fehér üveget kalcium-antimonáttal, az opak sárga üveget pedig ólom-antimonáttal színezték és homályosították, az általános római gyakorlatnak megfelelően.

Fórizs István

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont  
Földtani és Geokémiai Intézet  
Budapest  
E-mail: forizs@geokemia.hu

Nagy Géza

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont  
Földtani és Geokémiai Intézet  
Budapest  
E-mail: gnagy@geokemia.hu

Dévai Kata

MTA–ELTE Interdiszciplináris Régészettudományi  
Kutatócsoport  
Budapest  
E-mail: kata.devai@gmail.com

May Zoltán

MTA Természettudományi Kutatóközpont  
Anyag- és Környezetkémiai Intézet  
Budapest  
Email: mzozo@chemres.hu

Tóth Mária

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont  
Földtani és Geokémiai Intézet  
Budapest  
E-mail: totyi@geokemia.hu

## IRODALOM

- ARLETTI et al. 2008 Arletti, R. G.–Vezzalini, S.–Biaggio Simona, S.–Maselli Scotti, F.: *Archaeometrical studies of Roman Imperial Age glass from Canton Ticino*. *Archaeometry* 50/4 (2008) 606–626.
- ARLETTI et al. 2010 Arletti, R.–Maiorano, C.–Ferrari, D.–Vezzalini, G.–Quartieri, S.: *The first archaeometric data on polychrome Iron Age glass from sites located in northern Italy*. *JAS* 37/4 (2010) 703–712.
- BIMSON–FREESTONE 1983 Bimson, M.–Freestone, I. C.: *An analytical study of the relationship between the Portland Vase and other Roman cameo glasses*. *JGS* 25 (1983) 55–64.
- DÉVAI–GELENCSÉR 2012 Dévai K.–Gelencsér Á.: *Római kori lakóépület és üvegműhely Brigetióból*. *KMMK* 18 (2012) 59–102.
- DUCKWORTH et al. 2012 Duckworth, C. N.–Henderson, J.–Rutten, F. J. M.–Nikita, K.: *Opacifiers in Late Bronze Age glasses: the use of ToF-SIMS to identify raw ingredients and production techniques*. *JAS* 39 (2012) 2143–2152.
- FIORI–VANDINI 2004 Fiori, C.–Vandini, M.: *Chemical composition of glass and its raw materials: Chronological and geographical development in the first millennium A. D.* In: (Ed. Beretta, M.) *When glass matters: Studies in the History of Science and Art from Graeco-Roman Antiquity to Early Modern Era*. Firenze 2004, 151–194.
- FREESTONE 1994 Freestone, I. C.: *Chemical analysis of 'raw' glass fragments*. In: (Ed. Hurst, H. R.) *Excavations at Carthage: the British mission*. Vol. II: the circular harbour, north side. Oxford 1994, 290.
- FREESTONE et al. 2002 Freestone, I. C.–Ponting, M.–Hughes, M. J.: *Origins of Byzantine glass from Maroni Petrera, Cyprus*. *Archaeometry* 44 (2002) 257–272.
- GREIFF–SCHUSTER 2008 Greiff, S.–Schuster, J.: *Technological study of enamelling on Roman glass: The nature of opacifying, decolourizing and fining agents used with the glass beakers from Lübsow (Lubieszewo, Poland)*. *Journal of Cultural Heritage* 9 (2008) 27–32.

- JACKSON 2005 Jackson, C. M.: *Making colourless glass in the Roman Period*. *Archaeometry* 47/4 (2005) 763–780.
- LAHLIL et al. 2010 Lahlil, S.–Biron, I.–Cotte, M.–Susini, J.: *New insight on the in situ crystallization of calcium antimonate opacified glass during the Roman period*. *Applied Physics A* 10 (2010) 683–692.
- REHREN 2000 Rehren, Th.: *Rationales in old world base glass compositions*. *JAS* 27/12 (2000) 1225–1234.
- SHORTLAND 2002 Shortland, A. J.: *The use and origin of antimonate colorants in early Egyptian glass*. *Archeometry* 44/4 (2002) 517–530.
- SHORTLAND–SCHACHNER–FREESTONE–TITE 2006 Shortland, A.–Schachner, L.–Freestone, I.–Tite, M.: *Natron as a flux in the early vitreous materials industry: sources, beginnings and reasons for decline*. *JAS* 33/4 (2006) 521–530.
- TURNER–ROOKSBY 1961 Turner, W. E. S.–Rooksby, H. P.: *Further historical studies based on X-ray diffraction methods of the reagents employed in making opal and opaque glasses*. *JRGZM* 8 (1961) 1–6.
- VELDE–GENDRON 1980 Velde, B.–Gendron, C.: *Chemical composition of some Gallo-Roman glass fragments from Central Western France*. *Archaeometry* 22/2 (1980) 183–187.
- WEDEPOHL 2000 Wedepohl, K. H.: *The change in composition of medieval glass types occurring in excavated fragments from Germany*. *Annales AIHV* 14 (1998) 253–257.
- WEDEPOHL–BAUMANN 2000 Wedepohl, K. H.–Baumann, A.: *The use of marine Molluscan shells for Roman glass and local raw glass production in the Eifel Area (Western Germany)*. *Naturwissenschaften* 87 (2000) 129–132.

ARCHAEOLOGICAL STUDY OF CHARACTERISTIC ASSEMBLAGES OF THE GLASS WORKSHOP  
IN BRIGETIO  
ISTVÁN FÓRIZS–KATA DÉVAI–MÁRIA TÓTH–GÉZA NAGY–ZOLTÁN MAY

The glass was produced by the same recipe all over the Roman Empire and its chemical composition varied in a narrow range. There is no consensus whether the base glass was produced in few centres and then distributed for further processing, or base glass was produced in many glass-making workshops keeping the recipe strictly. This paper is the first to report about chemical composition of glass objects unearthed from Roman time glass-making workshops in Pannonia, contributing to the above mentioned dispute. One of the 5 studied transparent glass objects found in a glass-making workshop in Brigetio (now Komárom–Szőny in Hungary) is potash glass, which was probably made in the early modern era and mixed accidentally to the Roman objects. The other

4 transparent and translucent glass objects are of typical Roman base glass in composition. The base fragment of a very high quality bowl does not contain deliberately added manganese, while all the other transparent fragments are decolourised by manganese. This high quality glass bowl was probably made in another workshop in the Roman Empire or in Pannonia as the style of the object indicates it as well.

The opaque white and opaque yellow glasses were opacified by calcium-antimonate and lead-antimonate respectively according to the common practice in the Roman Empire.

Translated by István Fórizs