

A PETROGRÁFIAI VIZSGÁLATOK JELENTŐSÉGE A KELTA KERÁMIÁK GRAFITOS SOVÁNYÍTÓANYAGÁNAK PROVENIENCIA MEGHATÁROZÁSÁBAN

SIGNIFICANCE OF PETROGRAPHIC INVESTIGATIONS IN THE DETERMINATION OF PROVENANCE OF GRAPHITIC TEMPER IN CELTIC CERAMICS

HAVANCSÁK IZABELLA¹, BAJNÓCZI BERNADETT¹, SZAKMÁNY GYÖRGY²,
KREITER ATTILA³, SZÖLLŐSI SZILVIA⁴, GÁTI CSILLA⁵

¹MTA Geokémiai Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45., havancsaki@geochem.hu

²ELTE TTK Földrajz-Földtudományi Intézet, Közettan-Geokémiai Tanszék, 1111 Budapest Pázmány Péter
sétány 1/C, gyorgy.szakmany@geology.elte.hu

³Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat, 1036 Budapest, Dugovics tér 13-17., attila.kreiter@kosz.gov.hu

⁴ELTE Régészettudományi Intézet, 1088 Budapest, Múzeum krt. 4/b., szolloszilva@gmail.com

⁵Baranya Megyei Múzeumok Igazgatósága, 7621 Pécs, Káptalan u. 5., gatics@gmail.com

Abstract

Graphite-tempered ceramics were commonly used by the Celts from Southern Germany to Transylvania and from Bohemia to Northern Balkans in the La Tène period. One of the major scientific questions related to these ceramics is the origin of the graphitic temper added to the clay, as such ceramics have been found on archaeological sites distant from known geological sources of graphitic rocks. Thus, the first phase of the archaeometric research should focus on the petrographic investigation of graphitic rock fragments of ceramics as it may provide information on the geological origin of the graphitic temper.

Current work includes petrographic (polarizing and cathodoluminescence microscopy) study of Celtic graphitic ceramics from Báticas-Körtvélyes dűlő, Szűr and Szajk archaeological sites and aims to answer the question whether the graphitic temper used by different settlements was originated from similar geological regions.

Graphitic rock fragments in the ceramics are similar at all three archaeological sites and consist of graphite, quartz, K-feldspar, plagioclase, mica (muscovite, biotite), kyanite, sillimanite, occasionally calcite, tourmaline and amphibole. The rock used as temper is medium to high grade metamorphic (amphibolite facies) graphitic gneiss containing sillimanite and kyanite index minerals. Formerly studied graphitic ceramics from Dunaszentgyörgy show similar mineralogical composition. Ceramics from Szajk contain higher amount of calcite in the graphitic rock fragments, presumably marbly graphitic gneiss was used for temper.

Graphitic rock can be originated from several possible source regions; one of them is the Kropfmühl region in Southern Germany. Comparative petrographic study has been carried out on graphitic rock samples from three deposits of the region (Kropfmühl graphite mine, Steinbruch Grögöd, Erlau). Considering the mineralogical composition of the rock samples and the metamorphic evolution of the region, in the case of the studied archaeological artefacts the Kropfmühl region can be safely excluded as potential source area of graphite.

Based on the metamorphic grade and mineralogical composition, the most probable source region of the graphitic rock fragments added to the pottery is the Variegated Unit located in the Southern Czech Republic, in the Moldanubian zone of the Bohemian Massif.

Kivonat

A grafittal soványított kerámia kelták által kedvelt, Dél-Németországtól Erdélyig, Csehországtól az Észak-Balkánig széles körben elterjedt kerámiatípus volt a La Tène korszakban. A grafitos kerámia problematikájának egyik kérdése az agyagos alapanyaghoz kevert grafitos kőzet geológiai származási helye, mivel olyan régészeti lelőhelyről is ismert grafitos kerámia, ahol nincs a közelben grafitlelőhely. Az archeometriai vizsgálatok első lépéseként a kerámiák grafitos közettöredékeinek petrográfiai vizsgálata ad információt arról, milyen földtani környezetből származik a grafitos soványítóanyag.

Jelen tanulmányban Bátaszék-Körtvélyes dűlő, Szűr és Szajk régészeti lelőhelyeken feltárt kelta grafitos kerámiák petrográfiai (polarizációs és katódlumineszcens mikroszkópi) vizsgálatát végeztük el, amely alapján eldönthető, hogy különböző közösségek által használt kerámiák grafitos soványítóanyaga hasonló geológiai régióból származik-e.

A kerámiákban található grafitos közettörmelékek ásványos összetétele mindhárom lelőhelyen hasonló: grafit, kvarc, kálics, plagioklász, csillám (muszkovit, biotit), kianit, sillimanit, esetenként kalcit, turmalin és amfibol. Az ásványos összetétel és a szöveti jellegzetességek alapján a grafitos kőzet közepes-nagy metamorf fokú (amfibolit fáciesű) grafitos gneisz, sillimanit és kianit indexásványokkal. Hasonló ásványos összetételű grafitos közettörmelék tartalmaznak az általunk korábban vizsgált dunaszentgyörgyi kelta kerámiák is. A szajki lelőhelyen talált kerámiák grafitos közettörmelékében a kalcit nagyobb mennyiségben jelenik meg, a fazekasok feltehetően márványos grafitos gneiszt használtak soványítóanyagként.

A grafit több potenciális forrásterületről származhat, egyik lehetséges forrás a dél-németországi Kropfmühl és környéke. A régió több lelőhelyéről (kropfmühli grafitbánya, Steinbruch Grögöd, Erlau) származó grafitos kőzetmintán végeztünk petrográfiai vizsgálatot. A terület metamorf fejlődéstörténetét és a kőzetminták ásványos összetételét figyelembe véve - a vizsgált régészeti leletek esetén - a kropfmühli régió nagy biztonsággal kizárható, mint a grafit potenciális forrásterülete.

Az ásványos összetétel és a metamorf kőzetfejlődés alapján a kerámiák nyersanyagához adott grafitos közettörmelék legvalószínűbb származási helyének a Cseh-masszívum Moldanubikum zónájának dél-csehországi részében található ún. Tarka egység tekinthető.

KEYWORDS: GRAPHITIC CERAMIC, SITULA, CELTIC, PETROGRAPHY, CATHODOLUMINESCENCE MICROSCOPY, BOHEMIAN MASSIF, GRAPHITIC ROCK

KULCSSZAVAK: GRAFITOS KERÁMIA, SZITULA, KELTA, PETROGRÁFIA, KATÓDLUMINESZCENS MIKROSKÓPIA, CSEH-MASSZÍVUM, GRAFITOS KÖZET

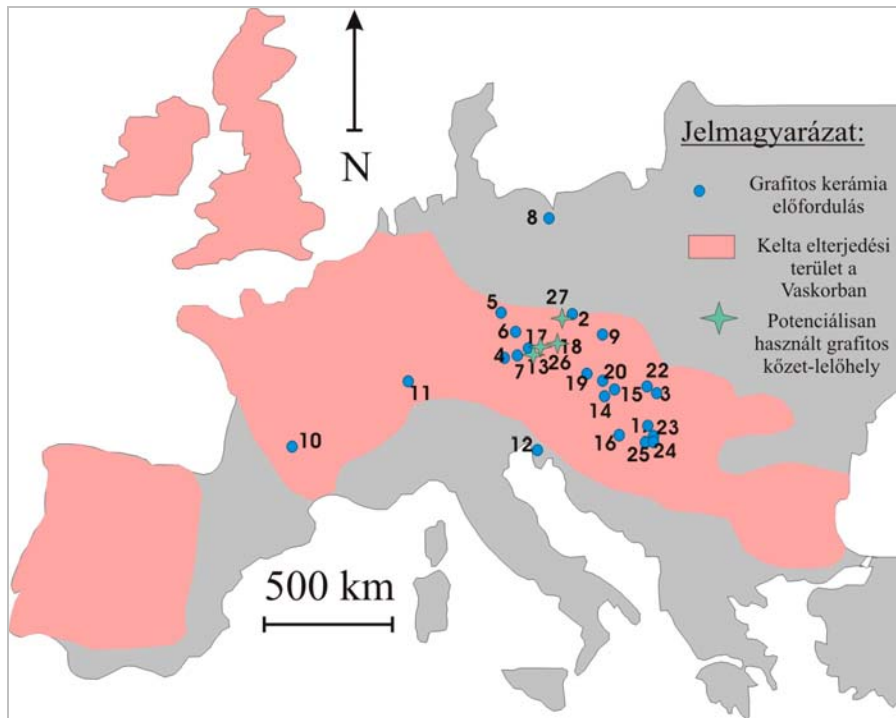
Bevezetés

A grafitos (grafittal soványított) kerámia a vaskori Európában földrajzilag széles területen elterjedt edénytípus volt (1. ábra). A kelta grafitos kerámiák legjellemzőbb formájának a szitula tekinthető, amely hazánk területén a középső La Tène időszaktól a római uralom kezdetéig nagy mennyiségben volt jelen a kelta településeken (Szabó et al. 1997). A tárgyalt edénytípus kisebb számban a sírkerámiák között is előfordul; formai előzményeinek használata már a kora La Tène kor végétől igazolható (Jerem & Kardos 1985).

A grafitos kerámia komplex problematikájának egyik kérdése az agyagos alapanyaghoz kevert grafit-grafitos kőzet geológiai származási helye, mivel olyan régészeti lelőhelyen is találtak grafitos kerámiát, ahol nincs a közelben grafitlelőhely. Számos korábbi tanulmány foglalkozott a grafitos soványítóanyag származási helyének természettudományos vizsgálatokra alapozott meghatározásával. Kappel (1969) a manchingi (Németország) grafitos kerámiák esetén Passau környéki grafitos forrásterületet határozott meg.

Riederer (1974) dürnbergi lelőhelyről, míg Gregor & Čambal (2009) pozsonyi lelőhelyekről előkerült kelta kerámiák grafitanyagát a cseh-masszívumi Moravikumból származtatta. Molák & Illasová (1987) Čatajról (DNy-Szlovákia) előkerült leletek alapján a készítéshez használt grafitos nyersanyag eredetét Česky Krumlov környékének (Dél-Csehország) határozták meg. Magyarországi leletekről napjainkig kevés grafitos kerámia természettudományos vizsgálati eredményét közölték a szakirodalomban. Velemszentvidről, Esztergomból (Sauer 1994) és Gellérthegy-Tabán lelőhelyről (Bohn 1964) előkerült grafitos kerámiák grafitanyaga valószínűleg osztrák lelőhelyekről származik, míg a Ménfőcsanak-Szeles-dűlői kelta településen talált nyersgrafit-rögök esetében Tankó (2005) csehországi eredetet feltételezett.

A közelmúltban átfogó természettudományos vizsgálatok történtek Dunaszentgyörgy kelta (LT B2-C1) lelőhelyen feltárt grafitos kerámiákon (Havancsák et al. 2009; Kreiter et al. 2009; Szöllösi et al. 2009).

**1. ábra:**

A kelták elterjedési területe a vaskorban (Szabó 2005 után módosítva), a grafitos kerámia előfordulása és a potenciálisan használt grafitos kőzet lelőhelyei Közép Európában (Kreiter et al. 2010 után módosítva).

Fig. 1.:

Celtic controlled area in the Iron Age (modified after Szabó 2005), occurrences of graphitic ceramics and potentially used graphite deposits in Central Europe (modified after Kreiter et al. 2010).

Lelőhelyek/Sites

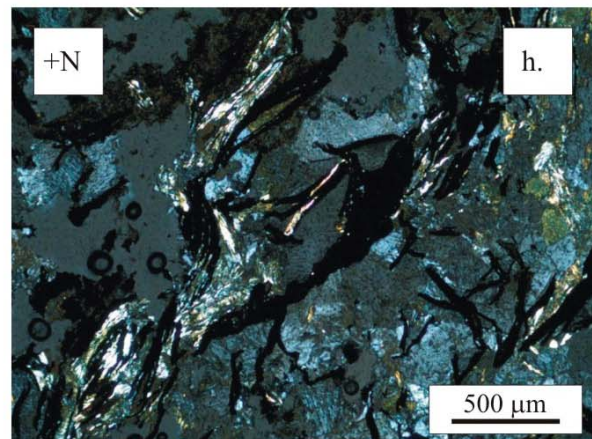
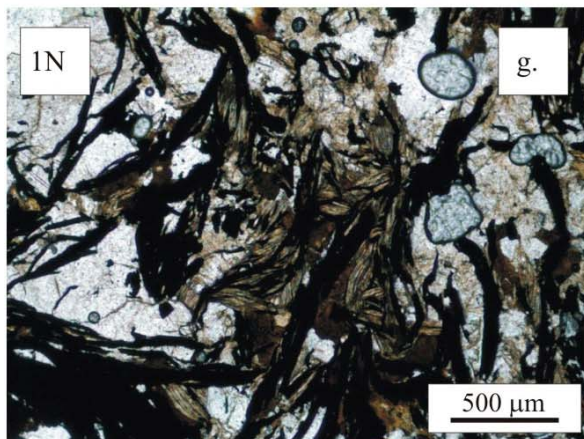
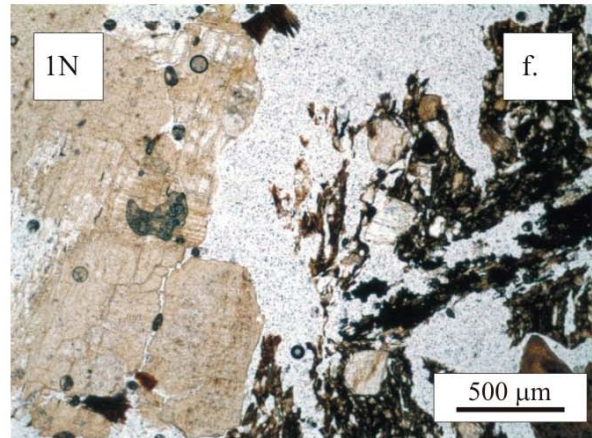
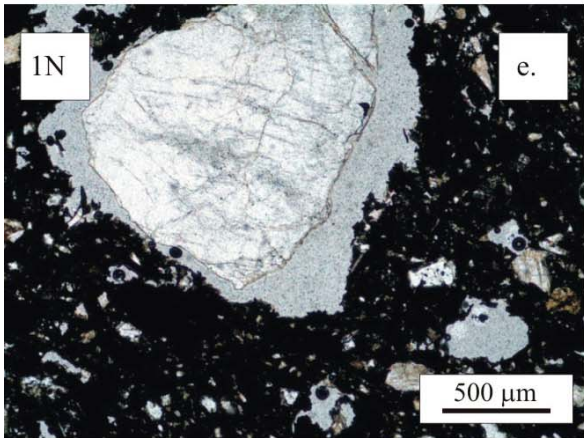
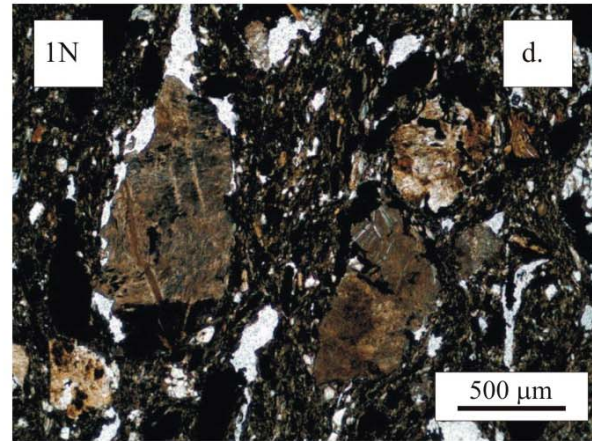
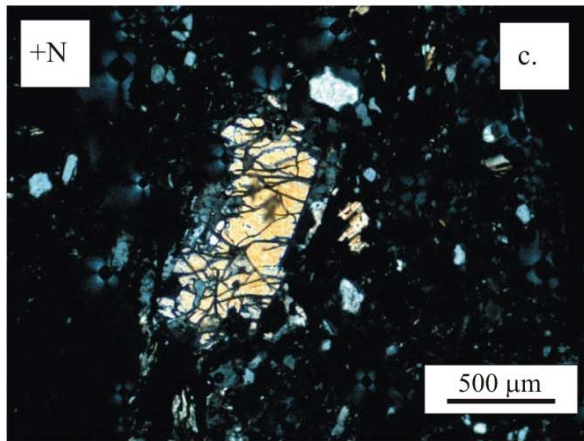
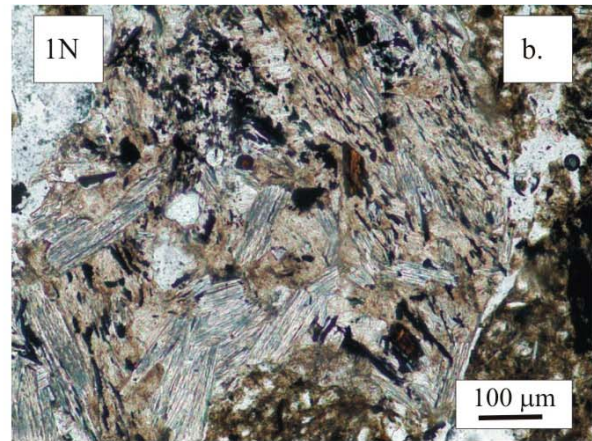
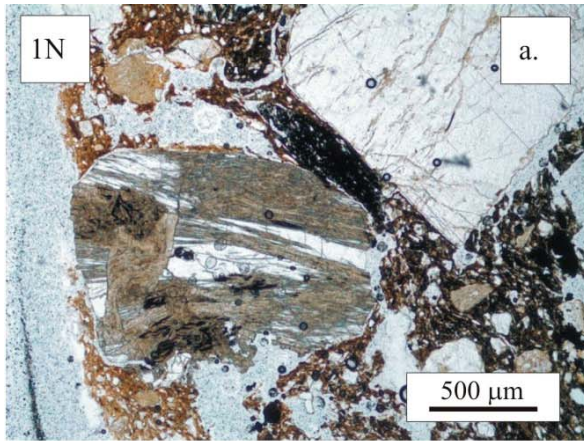
1. Dunaszentgyörgy, 2. Milovice, 3. Gellérthegy-Tabán, 4. Wallersdorf, 5. Dürrenberg, 6. Georgenberg bei Kuhl, 7. Manching, 8. Karlstein, 9. Staré Hradisko, 10. Aulnat, 11. Basel, 12. Aquilera, 13. Kropfmühl, 14. Sopron-Krautacher, 15. Ménfőcsanak, 16. Zalakomár, 17. Passau, 18. Český Krumlov, 19. Oberstockstall, 20. Pozsony és Cataj, 21. Velem-Szentvid, 22. Esztergom, 23. Szajk, 24. Bátaszék, 25. Szúr, 26. Erlau és Steinbruch Grögöd.

Ezen vizsgálatok alapján a kerámiakészítéshez használt grafit nagy valószínűséggel a Moldanubikum dél-csehországi ún. Tarka egységéből származtatható, ez jól illeszkedik a korábbi kutatások eredményeihez. Felmerült azonban az az igény, hogy több (különböző korú) magyarországi kelta lelőhely kerámiáin is történjen hasonló vizsgálat, amely alapján pontosítani, árnyalni lehet a grafitos kőzetanyag származási helyét, valamint megerősíthetjük a potenciális forrástérségeket, illetve egyes grafit előfordulásokat kizárhatunk a szóba jöhető nyersanyaglelőhelyek közül. A vizsgálatok arra is választ adhatnak, hogy a különböző közösségek által használt kerámiák grafitos adalékanyagai hasonló geológiai régióból származnak-e.

A kerámiák készítésekor grafitot adalékoltak, mint soványítóanyagot, azonban (számunkra) szerencsés esetben - és legtöbbször ezt tapasztaljuk - a grafit nem tisztán, hanem az eredeti befogadó kőzet törmelékével együtt kerül a kerámiába. Az archeometriai vizsgálatok első lépéseként a grafittal együtt megjelenő ásványegyüttes petrográfiai vizsgálata adhat ujjlenyomatszerű információt arról, milyen földtani körülmények között keletkezett,

milyen ásvány-kőzettani jellemzőkkel bír az adott kőzet, amelyből a grafitos adalékanyagot beszerezték.

Három dél-dunántúli lelőhely, Szajk (késő Halstatt – LT B2-C1, Gáti 2009), Bátaszék-Körtvélyes dűlő (LT D) és Szúr (LT D) (**1. ábra**) grafitos kerámiáit vizsgáltuk polarizációs és katódlumineszcens mikroszkópos módszerekkel. A most induló szisztematikus gyűjtőmunka első lépéseként, melynek célja, hogy - figyelembe véve a földtani képződési körülményeket és a régészeti aspektusokat - a számba vehető grafitos kőzetekből referencia-anyagokkal rendelkezünk, Kropfmühl, Erlau és Steinbruch Grögöd németországi geológiai lelőhelyekről származó grafitos kőzetek petrográfiai elemzését is elvégeztük. A németországi Kropfmühl bányájából szállították a grafitot a Manchingban lévő központi kelta oppidumba (Kappel 1969; Gebhard et al. 2004), míg Oberzell környékéről (Erlau és Steinbruch Grögöd), mely a kropfmühli grafitbánya körzetébe tartozik, 16. századi felhasználás nyomait mutatták ki: a grafitot olvasztótégelyek készítéséhez használták (Martinón-Torres et al. 2003; Martinón-Torres & Rehen 2009).



2. ábra: Bátaszéki grafitos kerámiák (a.-f.) és grafitos kőzet (g.-h.) szöveti jellegzetességei (polarizációs mikroszkópi képek), **a.** szendvicsszerkezetű grafitos kerámia szöveti képe grafitos kőzettörmelékekkel és kvarccal, **b.** grafitos kőzettörmelék biotit utáni sillimanit pszeudomorfozával, **c.** sajátalakú kianit, **d.** grafitos-sillimanitos kőzettörmelék, **e.** üde kvarc szemcsé a grafitos alapanyagban, **f.** kvarc és átalakult földpát grafitos alapanyagban, **g.** és **h.** Bátaszéken előkerült grafitos kőzet szöveti képe: kvarc, kálicföldpát, plagioklás, grafit és sillimanit.

Fig.2.: Texture of graphitic ceramics (a.-f.) and petrographic features of graphitic rock (g.-h.) from Bátaszék archaeological site (photomicrographs), **a.** texture of sandwich-structured ceramic with graphitic lithoclast and quartz, **b.** graphitic lithoclast with sillimanite pseudomorph after biotite, **c.** idiomorphic kyanite, **d.** graphitic lithoclast with sillimanite, **e.** fresh quartz grain in the graphitic groundmass, **f.** quartz and altered feldspar in the graphitic groundmass, **g-h.** texture of graphitic rock found at Bátaszék: quartz, K-feldspar, plagioclase, graphite and sillimanite.

A bátaszéki régészeti lelőhelyről a keltákhoz kapcsolható rétegekből, cölöphely-betöltésből és gödörből grafitos kőzettöredékek kerültek elő. Feltételezhető, hogy a grafitos kőzetet valóban kerámiák soványítóanyagaként akarták felhasználni. Kézenfekvő ezek ásványos összetételének és szövetének összehasonlítása a bátaszéki kerámiákban található grafitos kőzettörmelékekkel.

Vizsgálati módszerek

A petrográfiai vizsgálatokat Nikon Eclipse E600 POL típusú polarizációs mikroszkóppal végeztük. Az elemzés során az összetevők térfogatszázalékos arányát, méretkategóriáikat, osztályozottságukat, valamint kerekítettségüket a Prehistoric Ceramic Research Group (PCRG 1997) Kreiter et al. (2009) által kissé módosított iránymutatásai alapján határoztuk meg.

A petrográfiai elemzések kiegészítésére célszerű katódlumineszcens mikroszkópos vizsgálatokat végezni (Bajnóczy et al. 2005). A szürke és szajki grafitos kerámiák katódlumineszcens jellegzetességeit Nikon Eclipse E600 mikroszkópra szerelt Reliotron típusú (ún. hidegkatódos) berendezéssel vizsgáltuk. A fotókat Nikon Coolpix 4500 típusú fényképezőgéppel, automata üzemmódban készítettük.

A grafitos kerámiák katódlumineszcens mikroszkópos vizsgálata nagymértékben elősegíti a kianit-sillimanit jelenlétének meghatározását. Korábban vörös és viola lumineszcens színt tapasztaltak kianitnál (White & White 1967; Chinner et al. 1969), illetve vörös lumineszcens színt gneiszben előforduló sillimanitnál (Marshall 1988). Az általunk vizsgált mintákban a kianit lumineszcens színe élénk rózsaszín, mely határozottan megkülönböztethető a kalcit narancsvörös lumineszcens színétől. A sillimanit is hasonlóan rózsaszín, de kisebb intenzitású lumineszcenciát mutat.

Minták

A vizsgált grafitos kerámiák az egyes leletgyűtéseket reprezentáló töredékek.

Bátaszék-Körtvélyes dűlő lelőhelyről 35 darab grafitos szitula típusú kerámiatöredéket vizsgáltunk. A kerámiák szürke színűek és fémes fényűek, vágási felületük általában szürke (23 db). A leletanyagban több (11 db) szendvicsszerkezetű (fekete/szürke mag és vörös szegély) vagy egyik oldalán világosabb szegéllyel rendelkező töredék is előfordul.

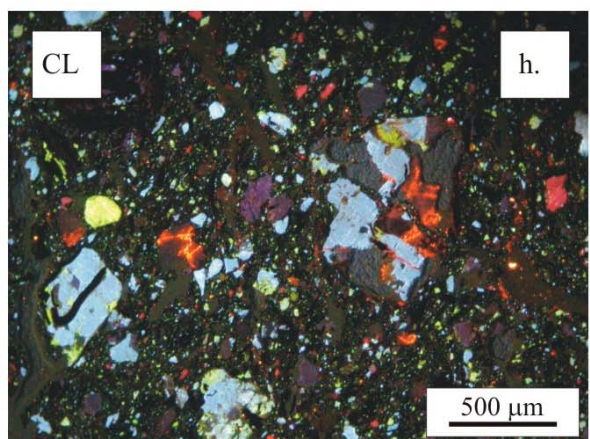
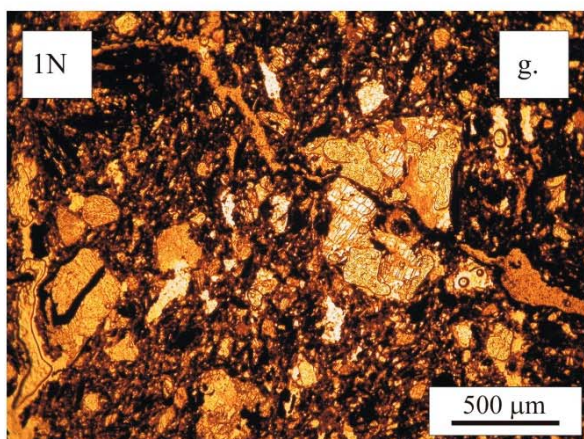
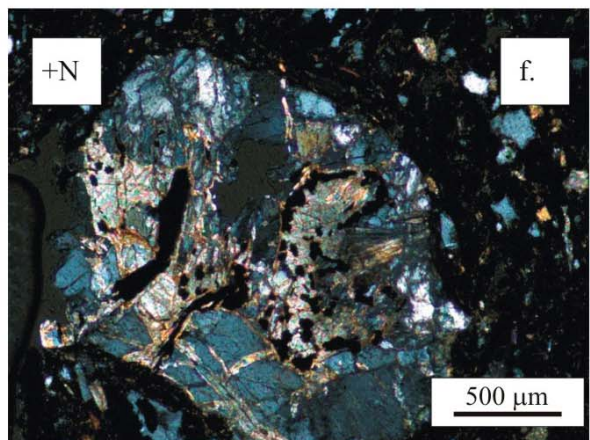
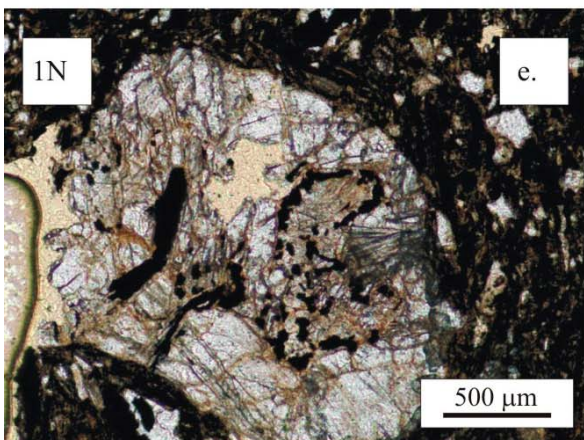
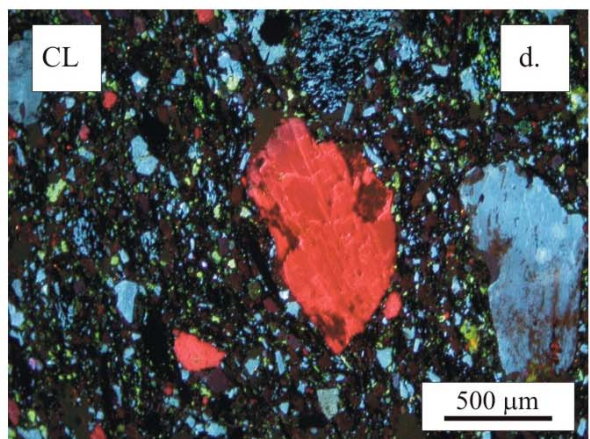
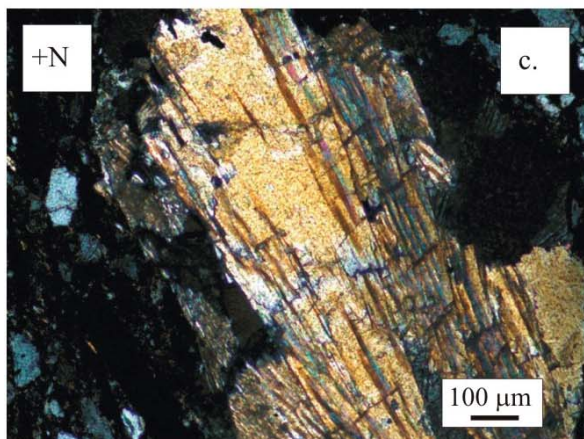
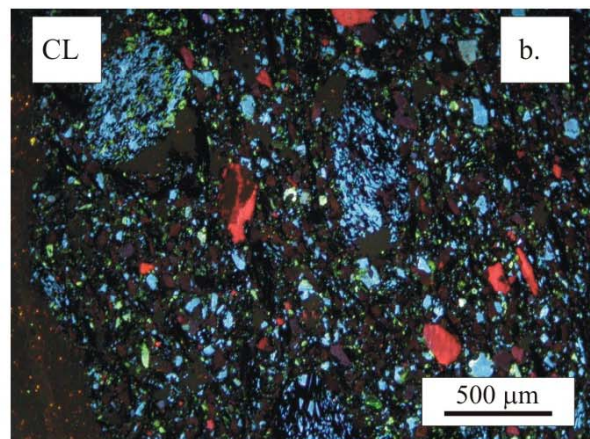
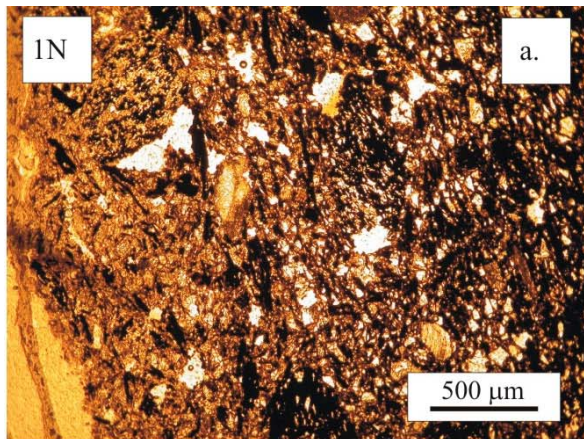
A szajki lelőhelyről 17 darab grafitos kerámiatöredéket vizsgáltunk. A töredékekből 15 szitula, míg 2 darab tálakhoz tartozik. A kerámiák vágott felülete általában sötétszürke, 3 minta világosszürke, színük a grafit tartalom függvénye. A vizsgált minták között nem található szendvicsszerkezetű kerámia, ellentétben a másik két vizsgált lelőhellyel.

A Szűrről előkerült grafitos kerámiatöredékek közül 21 darabot vizsgáltunk, ebből 19 szitula típusú, 1 minta hombár peremének töredéke és szintén 1 töredék hordóforma fazékhoz tartozik. A minták vágott felületének nagy része sötétszürke, fémes fényű (12 db), 5 db világosszürke és egy darab vöröses árnyalatú. A vizsgált leletanyagban 3 darab szendvicsszerkezetű töredék is található, ezek közül kettőnek 2 mm vastagságú vörös, míg egynek 2-3 mm vastag világosszürke szegélye van, sötétszürke belső résszel.

Eredmények

A grafitos kerámiák petrográfiai jellegzetességei

A bátaszéki grafitos kerámiák alapanyagának párhuzamos nikolokkal tapasztalt színe a polarizációs mikroszkópban fekete vagy barna, keresztezett nikolokkal fekete vagy világosbarna. A szemcsék közötti grafit tartalom befolyásolja az alapanyag színét: az alapanyagban nagy mennyiségben előforduló finomszemcsés grafit elfed(het)i az anizotropitást, azaz az alapanyag izotrópnak fog látszani, ezért fekete keresztezett nikolok között.



3. ábra: Szajki grafitos kerámiák szöveti jellegzetességei (polarizációs és katódlumineszcens mikroszkópi (CL) képek), **a-b.** grafitos kerámia szöveti képe (a CL képen a rózsaszín szemcsék kyanitkristályok), **c-d.** sajátalakú kyanitkristály, **e-f.** grafitos közettörmelék (grafit, kvarc, kálföldpát, kalcit, sillimanit), **g-h.** grafitos közettörmelék (grafit, kalcit, kálföldpát, plagioklász, kvarc).

Fig.3.: Textural features of graphitic ceramics from Szajk (photomicrographs and cathodoluminescence (CL) images), **a-b.** texture of graphitic ceramic (on the CL image kyanite crystals are pink), **c-d.** idiomorphic kyanite crystal, **e-f.** graphitic lithoclast (graphite, quartz, K-feldspar, calcite and sillimanite), **g-h.** graphitic lithoclast (graphite, calcite, K-feldspar, plagioclase and quartz).

Azokon a helyeken látható a valódi izotropitás, ahol kevesebb a grafit, a bátaszéki minták esetében az izotropitás gyenge. A minták szövete minden esetben hiátuszos, két szemcseméret maximummal. Az első domináns szemcseméret-tartomány 0,1 és 0,2 mm, a második jellemző mérettartomány 0,5 és 1,2 mm közötti. Az első mérettartományba tartozó szemcsék többnyire közepesen-jól osztályozottak. Ebben a mérettartományban kvarc, kálföldpát, plagioklász, biotit és muszkovit, grafit, esetenként turmalin, kalcit, gránát, epidot és amfibol jelenik meg. Néhány földpátszemcsében cirkonzárványok is előfordulnak. A második szemcseméret-tartományban egyedi ásványszemcsék és litoklasztok is találhatóak (**2a. ábra**). Kvarc, kálföldpát, plagioklász, biotit, muszkovit, kalcit, kyanit, amfibol, grafit és esetenként piroxén jelenik meg egyedi szemcséként (**2a, b, c. ábra**). Az ásványszemcsék többnyire üdék, szögletesek vagy sajátalakúak, a földpátszemcsék azonban enyhén átalakultak (**2f. ábra**). Granitoid és grafitos közettöredékek is megjelennek ebben a mérettartományban. A litoklasztok élesek, sarkosak. A gránitos közettörmelékek kvarcból, földpátból, biotitból, esetenként amfibolból állnak (**2f. ábra**). A grafitos közet klasztjai kvarcot, kálföldpátot, plagioklászt, sillimanitot, kyanitot, biotitot, kalcitot, grafitot és esetenként turmalint tartalmaznak (**2a., e. és f. ábra**). A sillimanit leggyakrabban biotit utáni pszeuromorfózáként van jelen (**2b. ábra**), ritkábban kyanit utáni sillimanit pszeuromorfóza is előfordul (**2d. ábra**). A grafit változó méretben és mennyiségben jelenik meg a bátaszéki mintákban. Mérete 0,05 és 7 mm között változik. Mikroszkópos becslés alapján 6 töredék csak nyomokban tartalmaz grafitot (<5%), 8 töredék kevés (5-10%), 14 töredék közepes (10-20%), 5 töredék sok (20-30%) és 2 töredék nagyon sok (30-40%) grafitot tartalmaz (PCRG 1997 ajánlása alapján).

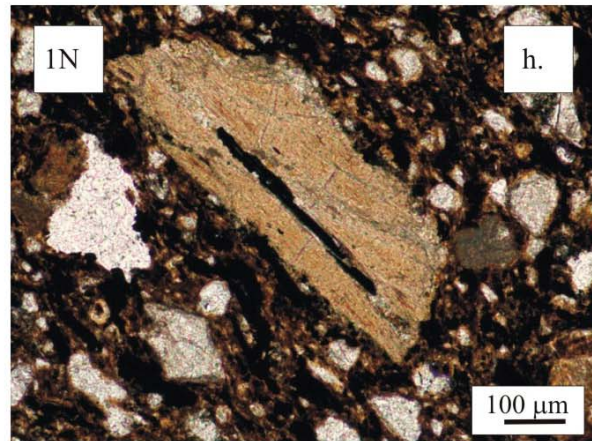
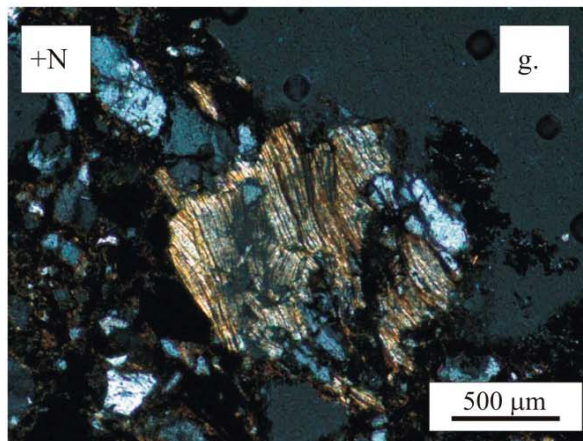
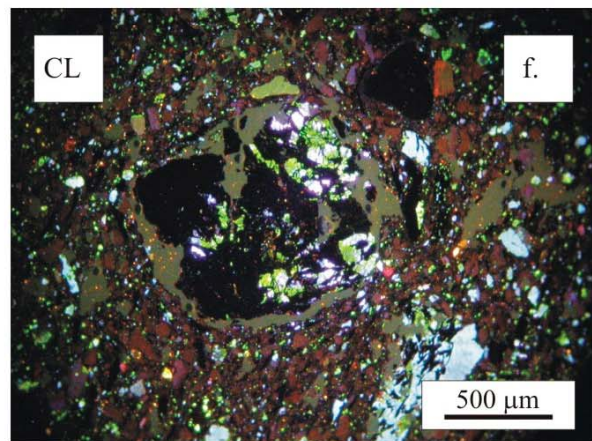
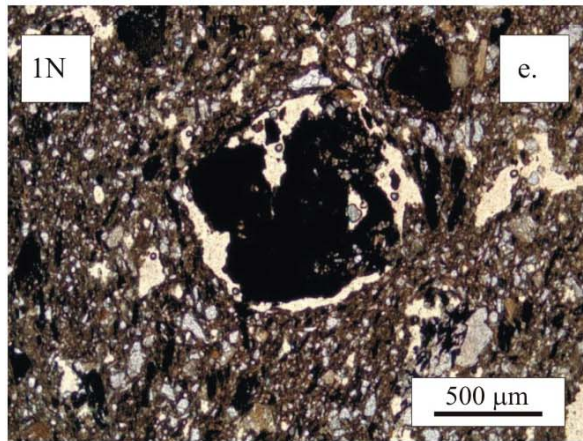
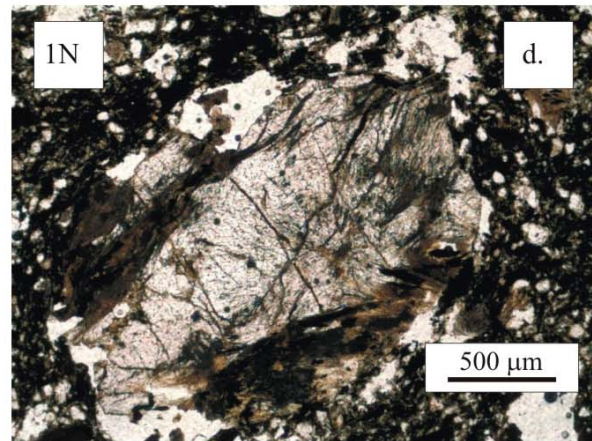
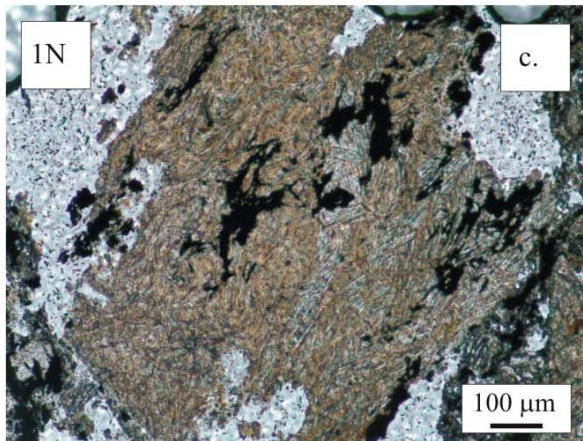
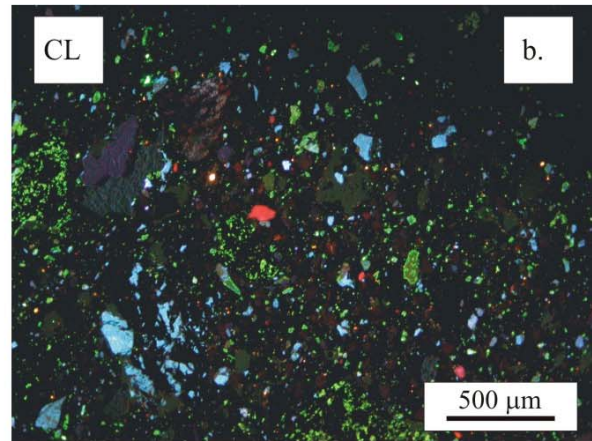
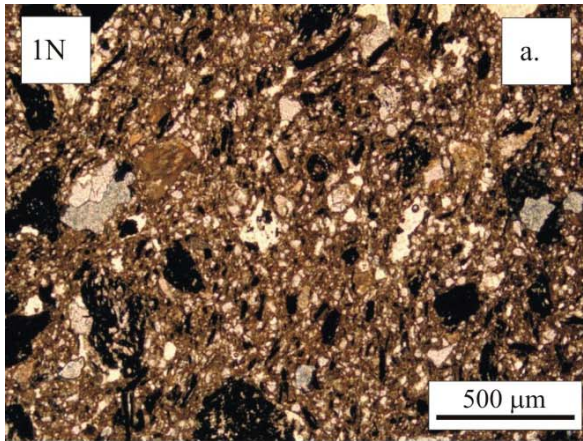
A szajki lelőhelyről származó grafitos kerámiák alapanyaga egy nikollal sötétszürke-barna, keresztezett nikoloknál sötétbarna, illetve fekete a grafittartalomtól függően. A grafitban viszonylag szegényebb részekben tapasztalt izotropitás gyenge-közepes. A minták szövete hiátuszos, két jellemző szemcseméret-tartománnyal. Az első szemcseméret tartományt 0,1-0,3 mm-es, jól-közepesen

osztályozott, szögletes, általában üde nem plasztikus elegyrészek - kvarc, kálföldpát, plagioklász, átalakult muszkovit, kalcit, grafit, sillimanit és kyanit - alkotják (**3a. ábra**). Katódlumineszcens képek alapján a szajki grafitos kerámiák a 0,1-0,3 mm közötti szemcseméret-tartományban jelentős mennyiségben élénkzöld lumineszcens színű plagioklászt tartalmaznak a kvarc és a kálföldpát mellett. A jellegzetes, élénk rózsaszín lumineszcens szín alapján jól azonosítható kyanit és/vagy sillimanit töredékek szilánkosak, élesek-sarkosak, valószínűleg a törés, aprítás eredményeként (**3b. ábra**).

A szajki grafitos kerámiák másik jellemző szemcseméret-tartománya 0,7 és 1,6 mm közötti. A legnagyobb grafit szemcsék a 2,5 mm-es nagyságot is elérik az egyes mintákban. A jellemző nem plasztikus elegyrészek általában a kvarc, kálföldpát, plagioklász, grafit és a kalcit, ez utóbbi legtöbbször mikroszemcsés, izometrikus keresztmetszetű csomók formájában jelenik meg, melyek mérete 0,9 és 1,5 mm között változik. A grafitos közettöredékek kvarcból, kálföldpátból, plagioklászból, grafitból, sillimanitból és kyanitból állnak (**3c-h. ábra**). A litoklasztok - hasonlóan az egyedi kyanit szemcsékhez - élesek-sarkosak.

A szajki mintákban is változatos méretben (0,7-2,5 mm) és mennyiségben jelenik meg a grafit: 3 darab nyomokban, 5-5 töredék közepes és sok mennyiségben tartalmaz grafitot, ezen kívül 4 mintában nagyon sok grafit van (PCRG 1997 ajánlása alapján). A szajki kerámiákban a többi lelőhely kerámiáihoz képest nagyobb mennyiségű a kalcit a grafitos közettörmelékben (**3e-h. ábra**). A közettörmelék kalcitja nem hasonlít az előbb említett karbonátos csomókhoz, velük ellentétben ezek üde egykristályok, hasadási lapokkal. A szajki mintákban helyenként karbonátos átitatódás figyelhető meg. Gyakran egyes nem plasztikus szemcsék felületén is karbonátos kiválás látható.

Szűr régészeti lelőhely grafitos mintáinak mátrixa a grafit tartalom függvényében szürke, illetve fekete, keresztezett nikolok között fekete és helyenként világosbarna, a grafitban szegényebb részekben tapasztalt izotropitás gyenge. A minták szövete minden esetben hiátuszos, két jellemző szemcseméret-tartománnyal.



4. ábra: Szűri grafitos kerámiák szöveti jellegzetességei (polarizációs és katódlumineszcens mikroszkópi (CL) képek), **a-b.** grafitos kerámia szöveti képe (a CL képen a rózsaszín szemcsék kianitkristályok, az élénkzöld szemcsék többnyire plagioklászok), **c.** grafit és csillámból átalakuló sillimanit, **d.** kvarc rutiltűkkel, **e-f.** grafitos közettörmelék (grafit, plagioklász, kvarc), **g.** sillimanit, **h.** grafit és kianit utáni sillimanit pszeudomorfóza.

Fig. 4.: Texture of graphitic ceramics from Szűr (photomicrographs and cathodoluminescence (CL) images), **a-b.** texture of graphitic ceramic (on the CL image kyanite crystals are pink and green fragments are mostly plagioclase grains), **c.** graphite and sillimanite pseudomorph after mica, **d.** quartz with rutile needles, **e-f.** graphitic lithoclast (graphite, plagioclase and quartz), **g.** sillimanite, **h.** graphite, sillimanite pseudomorph after kyanite.

Az első tartomány (0,1 és 0,3 mm között) jól osztályozott, szögletes, üde kvarcot, káliföldpátot és plagioklászot tartalmaz (**4a. ábra**). Ritkán átalakult csillám, valamint kalcit is előfordul. A szajki grafitos kerámiákhoz hasonlóan a plagioklász szintén jelentős mennyiségű az alapanyagban, emellett élénk rózsaszínű lumineszcens színű, szögletes kianittöredékek is előfordulnak (**4b. ábra**).

A másik jellemző szemcseméret-tartományban (0,6 és 1,5 mm között) egyedi szemcseként grafit, kvarc, káliföldpát, plagioklász, sillimanit, kianit, ritkábban átalakult csillám és üde turmalin jelenik meg (**4c-h. ábra**). A grafitos közettörmelékek, melyek a szűri minták esetében is élesek-sarkosak, szintén ezeket az ásványokat tartalmazzák (**4c., e. és f. ábra**). A kvarcsemmekben gyakran tömegesen fordul elő rutil zárványként (**4d. ábra**). A sillimanit gyakran kianit utáni pszeudomorfózáként jelenik meg, helyenként a kianit korábbi ásványalakja és hasadása is észlelhető (**4h. ábra**). Az üde kianitra jellemző rózsaszín lumineszcencia csak gyenge intenzitással jelentkezik. A grafit adalékolásának változékonysága a szajki minták esetében is megfigyelhető. Két minta nyomokban tartalmaz grafitot (ezek a minták világosszürke színűek), 4 töredékben kevés, 7 darabban közepes mennyiségű a grafit. Hat minta sok grafitot és 2 minta nagyon sok grafitot tartalmaz (PCRG 1997 ajánlása alapján).

Az összehasonlító geológiai minták petrográfiai jellemzése

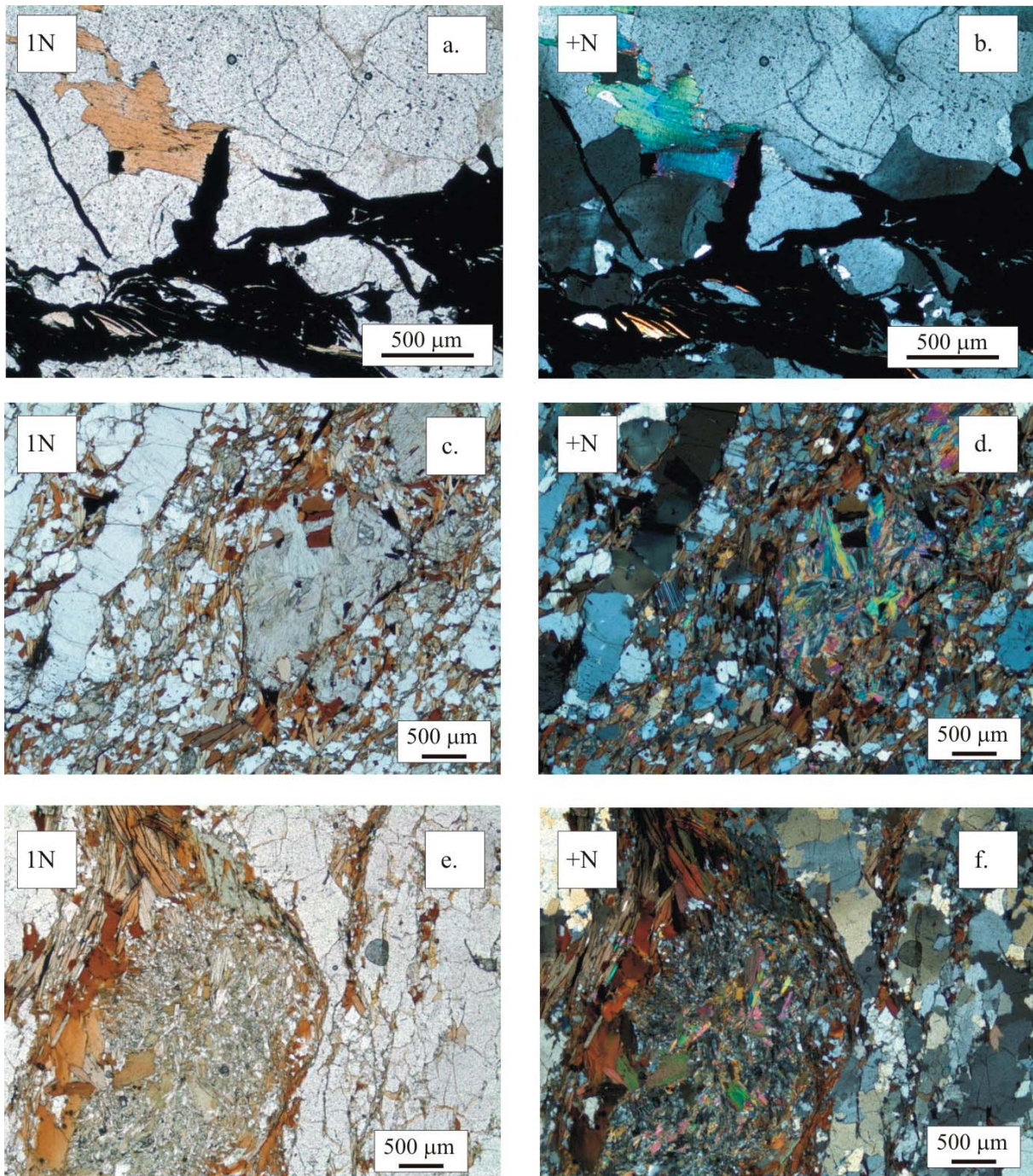
Bátaszék-Körtvélyes dűlő régészeti lelőhelyről a keltákhoz köthető gödör- és cölöphelybetöltésekből grafitos kőzet töredékei kerültek elő. A grafitos kőzet sötétzöld-szürke színű, fémes fényű, finom-közepes szemcse nagyságú. Metamorf eredetű, szövete granoblasztos-lepidoblasztos és enyhe foliációt mutat. Sajátalakú káliföldpátból, plagioklászból, izometrikus kvarcsemmekből, megnyúlt grafitból, sillimanitból és pikkelyes biotitból áll (**2g. és h. ábra**). Helyenként kalcitot is tartalmaz. A szövet nyomás és nyírás deformáció jeleit mutatja, a káliföldpátszemcsék töredeztettek, a kvarc gyakran alszemcsékből áll (polikristályos) és a biotit kinkesedett (harmonikaszerűen

összenyomott). A biotit részben átalakult, helyenként a csillámból kialakuló sillimanit is megjelenik.

A jelenleg működő kropfmühli (Németország) grafitbányából származó grafitos kőzet minta fekete színű, földes fényű, finom és durva szemcséket tartalmazó metamorf kőzet. Szövete főként lepidoblasztos, helyenként granoblasztos. A szövet erősen foliált, a nem izometrikus szemcsék kitért síkokba rendeződnek. A lepidoblasztos szöveti részben a grafit és a csillámok irányítottak. A csillámok közül a muszkovit dominál, de kevés erősen pleokroos biotit is előfordul (**5a. és b. ábra**). Megjelenik még plagioklász, káliföldpát és kvarc. Járulékos elegyrészként pegmatoid cirkon és apatit is előfordul, valamint sajátalakú rutilkristályok. A granoblasztos részen 2-3 mm nagyságú üde kvarc és káliföldpát található, míg plagioklász ebben a részben nem fordul elő.

A Kropfmühl mellől, Steinbruch Grögöd lelőhelyről származó grafitos kőzet makroszkópos megjelenésében különbözik az előző mintától. Barna-szürke színű, erősen sávozott. Szövete lepidoblasztos-granoblasztos, és csak nyomokban tartalmaz grafitot. Ásványos összetétele: kvarc, plagioklász, káliföldpát, amfibol és biotit (**5c. és d. ábra**). A szemcsék többnyire üdék. A kvarckristályok gyakran biotitzárványokat foglalnak magukba. A plagioklászok szinte kivétel nélkül polyszintetikus ikerlemezeséget mutatnak. Az amfibol tűs-szálas megjelenésű, az optikai tulajdonságai szerint nagy valószínűséggel cummingtonitos összetételű (**5c. és d. ábra**). Az amfibol a vizsgált kőzetben pszeudomorfóza, feltehetően piroxén átalakulásával keletkezett. Számos esetben még megfigyelhető az amfiboltűkkel övezett piroxén mag. A biotit táblás, jól fejlett, erősen pleokroos szemcsék formájában van jelen (**5c. és d. ábra**).

Hasonló ásványos összetételű kőzetet vizsgáltunk egy Erlau melletti grafitlelőhelyről is. Erlau Oberzelltől 5 km-re, Kropfmühltól 18 km-re található. A kőzet sötétzöld színű, erősen sávozott. Szövete lepidoblasztos-granoblasztos, és szintén csak nyomokban tartalmaz grafitot. Ásványos összetételét kvarc, plagioklász, káliföldpát, amfibol és biotit alkotja (**5e. és f. ábra**).



5. ábra: A kropfmühli régióból származó geológiai minták szöveti jellegzetességei (polarizációs mikroszkópi képek), **a-b.** grafitos kőzet a kropfmühli grafitbányából: biotit, grafit és kvarc, **c-d.** grafitos kőzet Steinbruch Grögöd lelőhelyről: kvarc, kálföldpát, plagioklász, biotit, grafit és amfibol, **e-f.** grafitos kőzet Erlau lelőhelyről: kvarc, kálföldpát, plagioklász, biotit, grafit és amfibol.

Fig. 5.: Textural features of geological samples from Kropfmühl region (photomicrographs), **a-b.** graphitic rock from Kropfmühl graphite mine: biotite, graphite and quartz, **c-d.** graphitic rock from Steinbruch Grögöd: quartz, K-feldspar, plagioclase, biotite, graphite and amphibole, **e-f.** graphitic rock from Erlau: quartz, K-feldspar, plagioclase, biotite, graphite and amphibole.

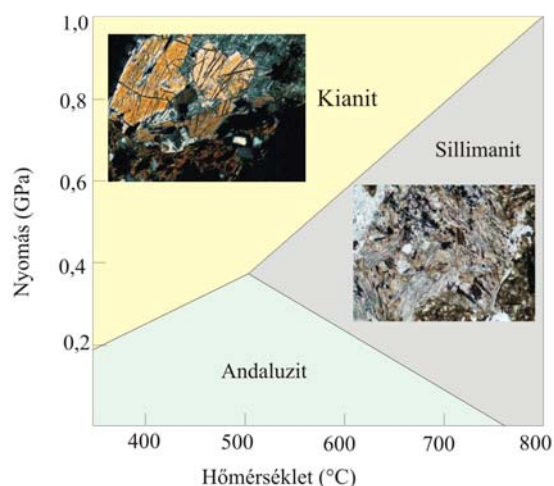
A szemcsék többnyire üdék. Az amfibol hasonlóan a Steinbruch Grögödről származó mintához tűszálas megjelenésű pseudomorfóza (**5e. és f. ábra**)

és a biotit is táblás, jól fejlett, erősen pleokroós szemcsék formájában van jelen.

Értelmezés

A petrográfiai vizsgálataink eredménye azt mutatja, hogy a grafitos kerámiák készítéséhez a kelták nem tiszta grafitot, hanem grafitos kőzetet használtak fel, melyet törés-aprítás után a kerámiák agyagos nyersanyagához adtak. A petrográfiai megfigyelések alapján a három régészeti lelőhely (Bátaszék-Körtvélyes dűlő, Szúr, Szajk) grafitos kerámiáihoz hasonló ásványos összetételű (grafit, kvarc, földpát, csillám, kianit, sillimanit, esetenként kalcit, rutil, cirkon, epidot és turmalin) grafitos kőzetet adalékoltak. A felhasznált kőzet metamorf eredetű grafitos paragneisz, melynek eredeti kőzete (protolitja) nagy szerves anyag tartalmú agyagos üledék (pélit) lehetett. A szajki minták esetében a grafitos kőzettörmelékben jelentős mennyiségben van jelen kalcit, ami márványos grafitos paragneisz használatára utal. A kapott eredmények jó összhangban vannak a dunaszentgyörgyi minták vizsgálati eredményeivel (Havancsák et al. 2009), vagyis megállapítható, hogy az általunk eddig vizsgált grafitos kerámiákhoz hasonló ásványos összetételű, ezáltal hasonló földtani körülmények között képződő kőzetet használtak fel.

A grafitos kőzettörmelékben megjelenő kianit és sillimanit metamorf indexásványok, jelenlétük a vizsgált kőzettörmelékben a kőzetképződés körülményeinek (elsősorban hőmérséklet és nyomás) jelzője (6. ábra). A kianit és a sillimanit azonos kémiai összetételű, eltérő rácsszerzetű alumínium-szilikát ásványok (Al_2SiO_5 polimorf módosulatok).



6. ábra: Al_2SiO_5 polimorf módosulatok fázisdiagramja (Holdaway 1971 alapján módosítva) a hőmérséklet és nyomás függvényében

Fig. 6.: Phase diagram of Al_2SiO_5 polymorphs in the function of temperature and pressure (modified after Holdaway 1971).

A két ásvány eltérő hőmérséklet- és nyomásviszonyok között stabil egy kőzetben: a kianitot képest a sillimanit nagyobb hőmérsékleten és/vagy kisebb nyomáson alakul ki (6. ábra).

A kianit és a sillimanit a legtöbb vizsgált mintában együtt van jelen, ezáltal információt hordoznak a kerámiák nyersanyagához adalékolt grafitos kőzet képződési körülményeiről. Gyakran megfigyelhető a kianit sillimanittá történő szilárd fázisú átalakulása. A sillimanit pszeudomorfózáként a kianit kristályalakját és hasadási nyomvonalait is megőrizte, azonban rostos-szálás kévék formájában jelenik meg. A kianit-sillimanit átalakulás arra utal, hogy a kőzet metamorf képződése egy jól lehatárolható hőmérséklet- és nyomástartományban, a kianit-sillimanit egyensúlyi (kotektikus) vonal környékén ért véget (6. ábra), ami alapján a felhasznált grafitos kőzet közepes-nagy metamorf fokú (amfibolit, esetleg granulit fáciesű).

A metamorf képződési körülmények pontosabb ismerete segít, hogy kizárjunk, vagy megerősítsünk egyes grafitos kőzet lelőhelyeket, mint potenciális forrásrégiókat. Ezt néhány, előzetes régészeti és geológiai adatok alapján kiválasztott kőzetminta és a földtani szakirodalom felhasználásával (a különböző lelőhelyek grafit tartalmú kőzeteinek publikált ásványos összetétele alapján) kíséreljük meg.

A kerámiákban megismert grafitos kőzet - metamorf foka és ásványos összetétele alapján - a lelőhelyek környékén, illetve a Kárpát-medencében nem található meg a felszínen. Metamorf története alapján a legvalószínűbb származási régió a Csehmasszívum déli része, irodalmi adatok alapján (pl. Suk 1984; Dallmeyer et al. 1992; Kachlik 1999; Finger et al. 2007) a Moldanubikum egység képződött hasonló hőmérséklet- és nyomásviszonyok között. A Moldanubikum Csehország déli, Ausztria északi és Németország délkeleti területeit foglalja magába. Németországból, a kropfmühli régióból három lelőhelyről (kropfmühli grafitbánya, Erlau, Oberzell) származó minták ásványos összetétele nem egyezik a kerámiákban található grafitos kőzet összetételével. A Kropfmühl régióban a grafit epigenetikus, hidrotermás oldatokból történő kicsapódással keletkezett (pl. Laubmann 1924; Krauss et al. 1989), eltérően a csehországi grafitól, mely szingenetikus, tehát egykori szerves anyag metamorf átalakulásával jött létre. A kropfmühli régióban a grafit cordierites gneiszben található (Wayland 1951), mely kisebb nyomásra utal, mint a mintákban megismert ásványos összetétel. A területet a variszkuszi hegységképződés esetén kis nyomású-nagy hőmérsékletű metamorfózis érte (pl. Kröner et al. 2000; Finger et al. 2007), melyet hidrotermás események követtek (Wayland 1951).

Jelenlegi ismereteink szerint a területről nem írtak le kianitot, illetve sillimanitot (Wayland 1951; Habel 1996), melyeket a vizsgált mintákban kimutattunk. Az eddig vizsgált összehasonlító kőzetminták petrográfiai megfigyelése alapján, illetve a metamorf fejlődéstörténet ismeretében Kropfmühl és környéke nagy valószínűséggel kizárható, mint az általunk vizsgált kerámiák grafitjának potenciális forrásrégiója.

A Moldanubikum dél-csehországi ún. Tarka Egységében a grafit biotitos-sillimanitos paragneiszben fordul elő, melynek jellemző ásványos összetétele: kvarc, káliföldpát, plagioklász, biotit, muszkovit, sillimanit és kianit (Janousek et al. 2008). Az ásványegyüttes alapján a vizsgált kerámiák grafitos adalékanyaga a legnagyobb hasonlóságot a Tarka Egység kőzeteivel mutatja, a Tarka Egység tekinthető – jelenleg ismert adatok alapján – a legvalószínűbb származási helynek. A Tarka Egységben előfordul grafitos márvány is, mely főként biotitos-sillimanitos paragneiszben található gneisszel összefogazódó rétegek formájában (Drábek et al. 1986; Hozuár & Novák 2002). Ilyen jellegű márványos grafitos gneiszt használhattak a szajki grafitos kerámiák készítéséhez.

A petrográfiai vizsgálataink során a grafit provenienciájának tárgyköréhez szorosan nem tartozó kérdésre is választ találtunk. A Bátaszék-Körtvélyes dűlő lelőhelyen előkerült grafitos kőzetdarab ásványos összetétele (grafit, kvarc, plagioklász, káliföldpát, sillimanit, muszkovit és biotit) és szöveti bélyegei alapján rokonítható a bátaszéki grafitos kerámiákban kimutatott grafitos kőzettörmelékekhez. A „nyers”, felhasználatlan grafitos kőzet jelenléte a régészeti lelőhelyen arra utal, hogy a kerámiát „helyben” készítették és a grafitos kőzetet importálták. A helyi készítést támasztják alá az egyes grafitos kerámiákban soványítóanyagként megfigyelhető gránittörmelékek is, amelyek valószínűsíthetően a régészeti lelőhely közelében (6-8 km) felszínre bukkanó karbon korú Mórággyi Gránit törmelékei.

Összefoglalás

A Bátaszék-Körtvélyes dűlő, Szűr és Szajk régészeti lelőhelyeken talált kelta grafitos kerámiákhoz adagolt grafitos kőzettörmelékek a különböző lelőhelyeken hasonló ásványos összetételt mutatnak, és jól egyeznek a dunaszentgyörgyi grafitos kerámiák korábban vizsgált grafitos kőzettörmelékeinek ásványos összetételével. A négy lelőhelyen vizsgált grafitos soványítóanyag közepes-nagy metamorf fokú kőzet, grafitos paragneisz, illetve a szajki minták esetében márványos grafitos paragneisz.

A kerámiák grafitos kőzettörmelékeit összehasonlítottuk a kropfmühli régióból származó

grafitos kőzetekkel. A vizsgált kőzetminták eltérő ásványos összetételűek, továbbá a kropfmühli terület metamorf fejlődéstörténete sem támasztja alá, hogy a kerámiákhoz használt grafitos kőzet abból a régióból származna. A petrográfiai vizsgálatok eredménye alapján a grafitos kőzettörmelékek legvalószínűbb származási helye a Cseh-masszívum dél-csehországi része, az ún. „Tarka Egység”.

A bátaszéki lelőhelyen előkerült grafitos kőzetlelet ásványos összetétele hasonló a kerámiában felhasznált grafitos kőzethez, mindez megerősíti, hogy a kerámia készítése „helyben” történt és a nyers grafitot-grafitos kőzetet importálták.

Köszönetnyilvánítás

A geológiai mintákért köszönet illeti Dr. Wolfgang Siebelt, a Tübingeni Egyetem Földtudományi Intézetének professzorát. Köszönettel tartozunk Tóth Máriának (MTA GKKI) a szakmai tanácsokért.

Irodalomjegyzék

- BAJNÓCZI, B., TÓTH, M. & MERSDORF, ZS. (2005): Kerámiák vizsgálata katódlumineszcens mikroszkóppal, Zalavári – kora középkori – leletek példáján. *Archeometriai Műhely* **2005**(2):31-41.
- BOHN, P. (1964): Tabán kelta leletanyag vizsgálata. *Archeometriai Értesítő* **91**:243-248.
- CHINNER, G.A., SMITH, J.V. & KNOWLES, C.R. (1969) Transition metal contents of Al₂SiO₅ polymorphs. *American Journal of Science* **267**-A:96-113.
- DALLMEYER, R. D., NEUBAUER, F. & HÖCK, V. (1992): Chronology of Late Paleozoic tectonothermal activity in the northeastern Bohemian Massif, Austria (Moldanubian and Moravo-Silesian zone): ⁴⁰Ar/³⁹Ar mineral age controls. *Tectonophysics*, **210**:135–153.
- DRÁBEK, M., ELHERS, K. & ŠARBACH, M. (1986): Molybdenit und REE-Minerales in Marmor des Moldanubikums bei Bližná/ČSSR. *Fortschritte der Mineralogie* **37**:64.
- FINGER, F., GERDES, A., JANOUSEK, V., RENÉ, M. & RIEGLER, G. (2007): Resolving the Variscan evolution of the Moldanubian sector of the Bohemian massif: the significance of the Bavarian and the Moravo-Moldanubian tectonometamorphic phases. *Journal of Geosciences* **52**:9-28.
- GÁTI, CS. (2009): A szajki (Baranya megye) koravaskori telep kulturális kapcsolatai. In: ILON G. (szerk.): ΜΩΜΟΣ VI. Óskoros Kutatók VI. Összejövetelének konferenciakötete. Nyersanyagok

és kereskedelem. Kőszeg, 2009. március 19-21., Szombathely, 385-400.

GEBHARD, R., BOTT, R., DISTLER, N., MICHÁLEK, J., RIEDERER, J., WAGNER, F.E. & WAGNER, U. (2004): Ceramics from the Celtic oppidum of Manching and its influence in Central Europe. *Hyperfine Interactions* **154**:199-214.

GREGOR, M. & ČAMBAL, R. (2009): Preliminary mineralogical and petrographic study of La Tène household ceramics from Bratislava's oppidum (Slovakia). In: T. BIRÓ, K., SZILÁGYI, V. & KREITER, A. (eds.): Vessels: Inside and outside. Proceedings of the Conference EMAC'07, 9th European Meeting on Ancient Ceramics, 24-27 October 2007, Hungarian National Museum, Budapest, Hungary, 255-264.

HABEL, M. (1996): Bergbau und Mineralien in Kropfmühl im Bayerischen Wald. Bode Verlag, Gmbh, Haltern, Germany, 40 p.

HAVANCSÁK, I., BAJNÓCZI, B., TÓTH, M., KREITER, A. & SZÖLLŐSI SZ. (2009). Kelta grafitos kerámia: elmélet és gyakorlat dunaszentgyörgyi kerámiák ásványtani, petrográfiai és geokémiai vizsgálatának tükrében. *Archeometriai Műhely* **2009**(1):39-51.

HOLDAWAY, M.J (1971): Stability of andalusite and the aluminium silicate phase diagram. *American Journal of Science* **271**:97-131.

HOUZAR, S. & NOVÁK, M. (2002): Marbles with carbonatite-like geochemical signature from variegated units of the Bohemian Massif, Czech Republic, and their geological significance. *Journal of the Czech Geological Society* **47**:103-110.

JANOUSEK, V., VRÁNA, S., ERBAN, V., VOKURKA, K. & DRÁBEK, M. (2008): Metabasic rocks in the Varied Group of the Moldanubian Zone, southern Bohemia - their petrology, geochemical character and possible petrogenesis. *Journal of Geosciences* **53**:31-46.

JEREM, E. & KARDOS, J. (1985): Entwicklung und Charakter der eisenzeitlichen Graphittonware. *Mitteilungen der österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Ur- und Frühgeschichte* **35**:65-75.

KACHLÍK, V. (1999): Relationship between Moldanubicum, the Kutná Hora Crystalline Unit and Bohemium (Central Bohemia, Czech Republic): A result of the polyphase Variscan nappe tectonics. *Journal of the Czech Geological Society* **44**(3-4):201-292.

KAPPEL, I. (1969): Die Graphittonkeramik von Manching. Ausgrabungen in Manching Bd. Wiesbaden **2**: 245 p.

KRAUSS, U.H., SCHMIDT, H.W., TAYLOR, H.A. & SUTPHIN, D.M. (1989): International

Strategic Minerals Inventory Summary Report - Natural Graphite. *US Geological Survey Circular*, Denver **930-H**.

KREITER, A., BAJNÓCZI, B., HAVANCSÁK, I., TÓTH, M. & SZAKMÁNY, GY. (2009): Kelta kerámiák makroszkópos és archeometriai vizsgálata / Macroscopic and archeometrical analysis of Celtic ceramics. In: KVAŠSAY J. (Ed.) Település és temetőfeltárás Dunaszentgyörgy határában / Settlement and cemetery excavations at the borders of Dunaszentgyörgy. VIA - Kulturális Örökségvédelmi Kismonográfiák / VIA - Monographia Minor in Cultural Heritage 1, 157-200.

KREITER, A., SZÖLLŐSI, Sz., BAJNÓCZI, B., HAVANCSÁK, I., TÓTH, M. & SZAKMÁNY, Gy. (2010): Ceramic technology and the materiality of Celtic pottery. In: SABATINI, S. & ALBERTI, M. E. (Eds.): Exchange, interactions, conflicts and transformations: social and cultural changes in Europe and the Mediterranean between Bronze and Iron Age. in press.

KRÖNER, A., O'BRIEN, P.J., NEMCHIN, A.A. & PIDGEON, R.T. (2000): Zircon ages for high pressure granulites from South Bohemia, Czech Republic, and their connection to Carboniferous high temperature processes. *Contribution to Mineralogy and Petrology* **138**:127-142.

LAUBMANN, H. (1924): Die Minerallagerstaetten von Bayern. *R.d. Rh, München*: 31-32.

MARSHALL, D.J. (1988): Cathodoluminescence of geological materials. Umwin Hyman, Boston, 146 p.

MARTINÓN-TORRES, M., REHREN, T. & VON OSTEN, S. (2003): A 16th century lab in a 21st century lab: archaeological study of the laboratory equipment from Oberstockstall (Kirchberg am Wagram, Austria). *Antiquity* **77**:298

MARTINÓN-TORRES, M. & REHREN, T. (2009): Post-medieval crucible production and distribution: a study of materials and materialities. *Archaeometry* **51**:49-74.

MOLÁK, B. & ILLÁSOVÁ, L. (1987): The provenance of the graphite material from the archeological site of Cataj. *Slovenská Archeológia* **35**:413-416. (Szlovákul, angol absztrakttal)

PCRG (1997): The study of Later Prehistoric pottery: general policies and guidelines for analysis and publication. *Prehistoric Ceramic Research Group*: Occasional Papers Nos. 1 and 2.

RIEDERER, J. (1974) Mineralogische Untersuchung an der Keramik vom Dürrnberg. *Dürrnberg-Jahrb. Bd. 2*:169-189.

SAUER, R. (1994): Vorbericht über archäometrische Untersuchungen von Laténezeitlichen Graphittonkeramikproben. In: URBAN, H.O. (Ed.) Keltische Höhensiedlungen an der mittleren Donau vom Linzer Becken bis zur Porta Hungarica. 1. Der Freinberg. *Linzer Archäologische Forschungen* **22**:231-245.

SUK, M. (1984): Geological History of the Territory of the Czech Socialist Republic. Geol. Surv. Prague, 396 p.

SZABÓ, M. (2005): A keleti kelták. A késő vaskor a Kárpát-medencében. L'Harmattan Kiadó, Budapest, 86 p.

SZABÓ, M., GUILLAUMET, J.P. & KRIVÉCZKY, B. (1997): Sajópetri-Hosszúdülő. Késővaskori település a Kr.e. IV-III. századból. In: RACZKY, P., KOVÁCS, T. & ANDERS, A. (szerk.): Utak a múltba. Az M3-as autópálya régészeti leletmentései. Budapest, 81-90.

SZÖLLŐSI, SZ., HAVANCSÁK, I., BAJNÓCZI, B., KREITER, A., SZAKMÁNY, GY. & TÓTH, M. (2009): Archeometriai vizsgálatok szerepe a kelta grafitos kerámiák régészeti interpretációjában. In: ILON G. (szerk.): ΜΩΜΟΣ VI. Óskoros Kutatók VI. Összejövetelének konferenciakötete. Nyersanyagok és kereskedelem. Kőszeg, 2009. március 19-21., Szombathely, 385-400.

TANKÓ K. (2005): A ménfőcsanaki késővaskori település. Doktori disszertáció. ELTE Régészettudományi Intézet, Budapest

WAYLAND, R.G. (1951): The graphite of the Passau area, Bavaria. *Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers* **190**:166-172.

WHITE, E.W. & WHITE, B.W. (1967) Electron microprobe and optical absorption study of colored kyanites. *Science* **158**:915-917.

AN EARLY MEDIEVAL BUCKLE WITH CLOISSONNÉ DECORATION THE LOCALIZATION OF WORKSHOP AREA BY ARCHAOMETRICAL INVESTIGATION

EGY KORA KÖZÉPKORI CLOISSONNÉ DÍSZES ÖVCSAT

A MŰHELYKÖRZET LOKALIZÁLÁSA ARCHEOMETRIAI MÓDSZEREKKEL

ESZTER HORVÁTH¹, ZOLTÁN MAY², JUDIT S. KOVÁCS³, MÁRIA TÓTH⁴

¹Institute of Archaeological Sciences, Eötvös Loránd University (ELTE)
H-1088 Budapest, Múzeum krt. 4/b – e-horvath@caesar.elte.hu

²Institute of Materials and Environmental Chemistry, Chemical Research Center, Hungarian Academy of Sciences (MTA) H-1025 Budapest, Pusztaszeri út 59-67 – mzozo@chemres.hu

³Institute for Forensic Sciences (BSzKI), H-1087 Budapest, Mosonyi u. 9 judit.sandor@orfk.police.hu

⁴Institute for Geochemical Research, Hungarian Academy of Sciences (MTA)
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45 – totyi@geochem.hu

Abstract

The cloisonné buckle found as a stray find at Rákóczi-falva-Kastélydomb close to Szolnok adds to the so-called “Mediterranean buckles” dated to the end of 5th century, beginning of 6th century. Finds of this type were designated in the literature by its supposed origin deduced from its main spread area and from decorating tradition. However, by expanding the archaeological material this interpretation became obviously too general, determination of origin needs refinement because of the cultural diversity in the Mediterranean region. Moreover, it became likewise clear that besides real Mediterranean products, artifacts with Mediterranean character but different origin may also be supposed. Thus, the primary question apart from the further clarification of the Mediterranean origin is concerning how the products made by ancient goldsmith tradition influenced the material culture of barbarian peoples living at the periphery of the Mediterranean region. It means among others the decision about how the particular exemplars are to be considered, which process led to their appearance: are those “import” of a foreign, non local product; local “imitation” of that, or “integration” of the artefact type or the style in the local culture? Besides stylistic studies reliable differentiation is based on technological observations and especially on analysis of material composition.

Due to its good condition and accessibility, general analysis of the buckle is expected to explain several disputed issues and clarify subsequent unknown details. The purpose of the archaeometrical investigation performed on the object is to contribute to the fundamental problem of workshop localization, i.e. to identify workshop tradition and to localize the workshop area. In this study we are making an attempt to reconstruct circumstances and conditions of the production of the find by examining the used raw materials and technological details as thorough as possible. The results cover the identification of the base alloy and soldering material as well as of the inlay and filling material (so-called tenax) of the mounts. This information makes the archaeological interpretation of the discussed find more convincing.

Kivonat

A Szolnok közelében fekvő Rákóczi-falva-Kastélydombon előkerült cloisonné díszes övcsat az ún. mediterrán csatok eddig számba vett körét gyarapítja. Az 5. század végére, 6. század elejére keltezhető tárgytypus mediterrán megnevezése a fő elterjedési terület, illetve a díszítésbeli és viseleti hagyományok alapján feltételezett eredet miatt jelent meg és állandósult a szakirodalomban. A leletanyag gyarapodásával azonban egyre nyilvánvalóbbá válik, hogy ez az értelmezés túlzottan általános – az eredet meghatározása pontosításra szorul a Mediterráneum térségének kulturális sokszínűsége miatt. Emellett az is világossá vált, hogy a ténylegesen mediterrán készítésű darabokon kívül mediterrán jellegű, de eltérő eredetű tárgyakkal is számolhatunk. A mediterrán eredet pontosítása mellett tehát a legfőbb feladat megvizsgálni, hogy az antik hagyományú műhelyek termékei hogyan hatottak a periférián élő barbárok leletanyagára. Ez többek között annak eldöntését is jelenti, hogy az egyes darabok miként, milyen folyamat részeként azonosíthatók: nem helyi eredetű, idegen tárgy behozatala: „import”, annak helyben készült utánpótlása: „imitáció”, vagy a stílus illetve a

tárgytípus meghonosodása a helybeli anyagi kultúrában: „integráció”. A megbízható elkülönítéshez az összehasonlító stilisztikai elemzések mellett a technológiai és különösen az anyagvizsgálati megfigyelések szolgálnak alapvető támpontul.

Jó megtartásának és hozzáférhetőségének ismeretében sejteni lehetett, hogy a rákóczi falvai csat átfogó elemzése számos vitatott kérdésre ad majd magyarázatot, esetleg újabb ismeretlen részletekre derít fényt. A lelet archeometriai elemzésével az alapproblémaként felmerülő műhelykérdés árnyalásához járulunk hozzá. Jelen tanulmányban a nyersanyagok valamint a technológiai részletek minél alaposabb megismerése alapján kísérletet teszünk a készítés körülményeinek és feltételeinek rekonstruálására, vagyis a műhely hagyomány valamint a műhelykörzet meghatározására. Az eredmények között tartható számon a csat alapanyagának, forrasztóanyagának, a foglalatokat kitöltő, szilárdító anyagnak, az ún. kittedésanyagának (tenax), illetve a berakás fajtájának azonosítása. Mindezek segítségével lehetővé válik a tárgy megbízhatóbb régészeti értékelése.

KEYWORDS: EARLY MIDDLE AGE, CLOISSONNÉ JEWELLERY, MEDITERRANEAN BUCKLES, NON-DESTRUCTIVE ANALYTICAL INVESTIGATION, LOCALIZATION OF WORKSHOP AREA

KULCSSZAVAK: KORA KÖZÉPKOR, CLOISSONNÉ DÍZES ÖTVÖSTÁRGYAK, MEDITERRÁN CSATOK, RONCSOLÁSMENTES ANALITIKAI VIZSGÁLATOK, MŰHELYKÖRZET-LOKALIZÁLÁS



Fig. 1.: The buckle from Rákóczi-falva-Kastélydomb

1. ábra: A Rákóczi-falva-kastélydombi csat

Introduction

Rákóczi-falva (Jász-Nagykun-Szolnok county) and other sites surrounding Szolnok adds to archaeological material of the Carpathian Basin and especially the early medieval material for almost fifty years. The inlay decorated, kidney shaped belt buckle discussed in this study was found as a stray find during sand mining activities in the 1960's, west from the present-day town, at the so called *Kastélydomb* (Fig. 1). The contextless find, considering the nearby excavated fragment of a contemporary cemetery could be interpreted as part of the grave goods of a Gepidic man (Cseh 1985, 4-5.). By its typological and stylistic characteristics, it belongs to the so called *Mediterranean buckles* dated to the end of the 5th century, beginning of the 6th century. Most of the buckles within this group are precious metal or copper alloy castings, mainly characterized by their *cloisonné* decoration. (In the so called cloisonné work, thin strips of metal are soldered onto a metal plate to produce cells,

“cloisons” into which inlays are set.) Apart from their stylistic similarities, significant differences are to be noticed regarding both the used materials and the applied goldsmith technique. Diversity is supposedly due to different traditions of the goldsmith craft and the accessible raw material of the particular workshop areas. Beyond the Mediterranean coast, examples of this group appeared widespread also north of the Alps (Böhme 1994, Abb. 23.). According to the grave goods excavated in this region, mainly warriors were the owners wearing them as a part of their equipment and even if they were members of distinct Germanic peoples, they had direct connections to the Mediterranean world, the generally supposed origin of the buckles. During the last fifteen years several archaeological studies focused on the interpretation of origin and spread of these objects; even though the distinction between workshops relating particular areas was not solved sufficiently (Kazanski 1994; Böhme 1994; Quast 1999).

Table 1: Exact parameters of the analytical investigations**1. táblázat:** Az analitikai vizsgálatok paramétereit

X-ray Fluorescent Spectroscope (XRF)	X-ray Diffractometer (XRD)
Institute of Materials and Environmental Chemistry	Institute of Geochemical Research
Hungarian Academy of Sciences	Hungarian Academy of Sciences
type: Thermo Scientific Niton XL3t 900	type: Phillips PW 1730
He flow, portable	data processing software: PC-APD
spectrometer: Thermo Niton XRF Analyser	radiation: Cu K α
detector: energy dispersive (EDS)	current intensity: 35mA
voltage: 50kV	voltage: 45kV
anode: silver	monochromator: graphite
sample preparation: none	sample preparation: grinding
Scanning Electron Microscope (SEM)	Electron Probe micro-analyser (EPMA)
Archaeological Research Laboratory	Institute of Geochemical Research
Stockholm University	Hungarian Academy of Sciences
type: LEO 1455VP	type: JEOL Superprobe 733
spectrometer: Oxford Instruments INCAEnergy	spectrometer: Oxford Instruments INCAEnergy 200
Analysator Navigator, detector: energy dispersive (EDS)	detector: energy dispersive (EDS)
cathode: wolfram	cathode: wolfram
voltage: 20kV	voltage: 20kV
sample preparation: none, without evaporation	sample preparation: none, without evaporation
Dispersive Raman Spectrophotometer (Raman)	
Institute for Forensic Sciences	
type: HORIBA Jobin Yvon, LabRAM ARAMIS	
frequencies of laser light: 532 nm	
objective: 50x	
grating: 300 line/mm	
sample preparation: none	

The primary questions are addressing circumstances of production. The purpose of the archaeometrical investigation performed on the buckle from Rákóczifalva is to contribute to the fundamental problem of workshop localization that requires further clarification – our goal was to identify workshop tradition and to localize the workshop area as close as possible. Importance of the find is mainly due to the ideal conditions it offers for an archaeological, art historical and scientific analysis, i.e. accessibility, availability, proper method of conservation and good condition

of the object; furthermore the lack of the inlays in the cloisonné work. The latter is to be emphasized, since in the case of immaculate, entire finds characteristics of raw materials and steps of the production process are more difficult to identify; thus, the one-time damage helps in fact to “see into” the object.

Methods

Composite construction and diverse components of the buckle indicated the combination of various investigations.



Fig. 2.: Single remained fragment of the inlay decoration

2. ábra: A rekeszdísz egyetlen, töredékesen megmaradt berakása

Non-destructivity was fundamental regarding the different analytical methods. Following the first observation carried out on optical microscope our investigation included several microanalytical techniques in order to determine the chemical as well as phase composition (exact parameters of analysis in **Table 1**).

Elements made of metal

Besides identification of the main alloy, the analysis was expected to determine composition of all elements made of metal such as the fastening rivets, the partly preserved solder and the fragmentary underlay of plain foil. The quantitative chemical analysis was carried out on a portable X-ray fluorescence spectrometer (XRF) in a surprisingly uncomplicated and quick way. The mobile instrument proved to be appropriate especially for analysing well accessible and plain details (e.g. in the case of the back-plate of the object). Moreover, it provided a significant amount of valuable data even about the tiny details of inner, deeper areas. As this method was not applied until the recent times in our country for analysing this kind of archaeological artifacts, control-measurements were also carried out on electron probe micro-analyser (EPMA) in order to avoid the possible faults. The accordance of results verifies measurements and makes the interpretation apparent.

The inlay

Only a small fragment of red inlay remained in the incomplete cloisonné work indicating the character of one-time decoration (**Fig. 2**).

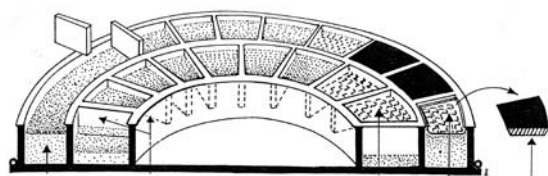


Fig. 3.: Construction of cloisonné decoration (Arrhenius 1985, Fig. 1.)

3. ábra: A cloisonné foglалás szerkezeti rajza (Arrhenius 1985, Fig. 1.)

Identification of the inlay material was problematic due to several reasons, e.g. its small size, mounted position and the lacquer coat on its surface left by conservation treatment. There was no chance to observe in the half millimetre thick piece either characteristic inclusions of minerals or gas-bubbles typical for glasses. The position of cell walls did not allow the use of refractometer either. The problem finally could have been solved by another method more rarely applied for this purpose. In the course of dispersive Raman spectrophotometric analysis laser light penetrated through the lacquer coat, and the confocal Raman microscope permitted us to interpret information provided by laser light backscattering from underneath. This method typically does not determinate chemical or phase composition but the otherwise inaccessible molecular composition that is specific for different materials.

Tenax (filling material)

Due to the regular low thickness of inlays typical for cloisonné goldsmith works, use of the so called *tenax* for filling cells was a generally adopted practice in the discussed period (**Fig. 3**).

The usually 3-5 mm thick layer of this filling and firming substance was made of pulverized minerals and organic binder.

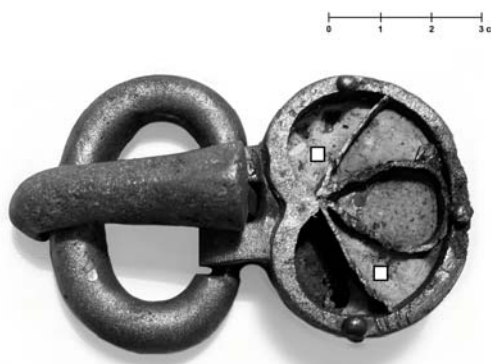


Fig. 4.: Spots of the tenax-sampling

4. ábra: A mintavételezés helyei a kitöltőanyagban (kittmassza, tenax)



Fig. 5.: Golden lustre on the surface of the tongue

5. ábra: A csatttüske felületének aranyló fénye

Different components could be compounded by a recipe adapted to the accessible raw materials of the particular region. Composition analysis of various types of tenax leads to valuable contribution regarding the problem of production site localization (Arrhenius 1985, 84-187.; Horváth in press), since its results are independent from typological aspects. These give the intention and background for the investigation of tenax samples from the damaged, easily accessible cells of the discussed buckle. The samples from the hardened tenax (amount of a just a few mm²) could be removed by a scalpel (Fig. 4). The preliminary optical microscopic observation was followed by scanning electron microscope (SEM) and X-ray diffraction (XRD) analysis – sample preparation required solely by the latter. The electron microscope analysis was carried out in low vacuum mode, focusing both on single mineral grains and on longer lines covering larger areas as well. Repeated measurements were performed on the chosen grains with both instruments in order to avoid false identification.

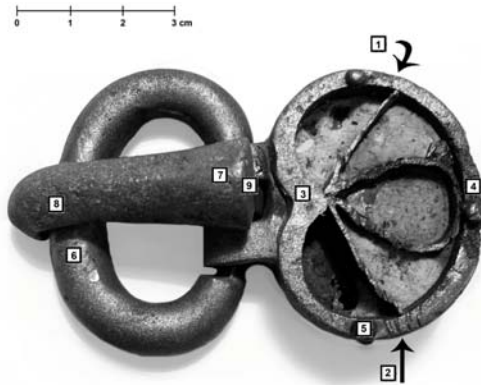


Fig. 6.: Measuring points of the metal analysis

6. ábra: A fémvizsgálat során felvett mérési pontok

Results

Results of metal analysis

In spite of the first documentation of the buckle describing it as a massive bronze casting, its golden shine and yellowish colour showed up already by our first survey, especially in those areas where traces left by wearing appeared strongly (Fig. 5). Based on the observed properties earlier identification of the main material became questionable. The detailed analysis led to convincing results and supported not only our preliminary assumption but also the choice and efficiency of applied techniques. It directed our attention to the possibility that the designation “bronze” at other artifacts could also be used as an impression without the necessary conviction, also missing later revision. The data measured at nine different points on the surface clarified that the discussed object is actually a brass casting (Fig. 6-7).

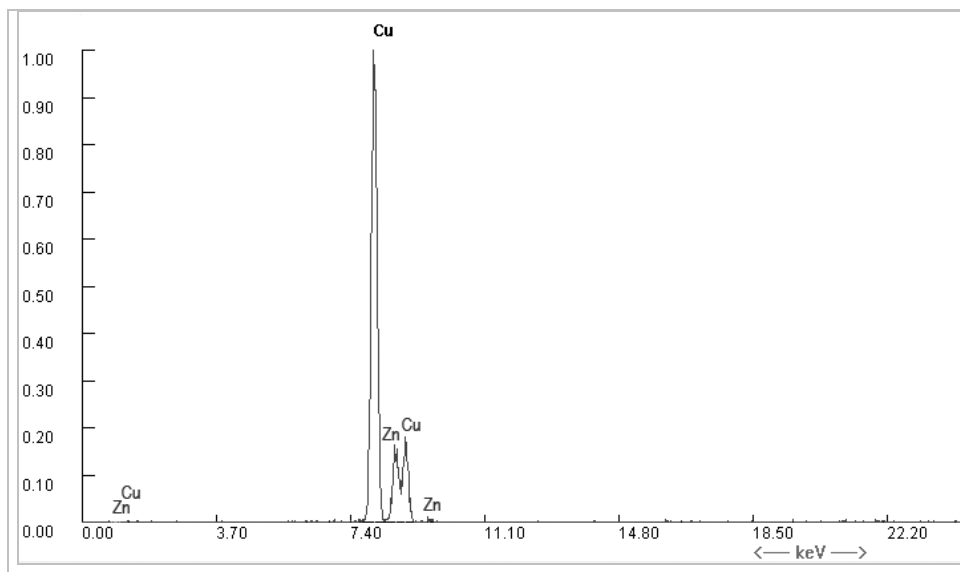


Fig. 7.:

XRF spectrum of the base alloy

7. ábra:

Az alapötvözet XRF-spektruma

Table 2: XRF results of metal analysis**2. táblázat:** Az XRF elemanalízis eredményei

Measurement points	Elementary composition (atom%)							TOTAL
	Zn	Cu	Ni	Sn	Pb	Fe	Au	
Plaque of buckle								
1. back-plate	10.53	88.45	0.08	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	99,06
2. side	10.33	87.02	0.09	0.11	< LOD	< LOD	< LOD	97,55
3. frame/1	10.65	88.14	0.10	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	98,89
4. frame/2	10.44	88.14	0.10	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	98,68
5. rivet	10.41	87.11	0.10	< LOD	< LOD	< LOD	0.70	98,32
Loop of buckle								
6. loop	10.34	86.8	0.14	0.39	0.17	0.10	< LOD	97,94
Tongue of buckle								
7. tongue/1	15.85	81.36	0.10	0.35	0.03	0.13	< LOD	97,82
8. tongue/2	14.84	82.69	0.08	0.43	0.08	0.12	< LOD	98,24
9. base of tongue	15.42	82.98	0.07	0.33	0.05	0.10	< LOD	98,95
Maximum	15.85	88.45	0.07	0.43	0.17	0.14	0.70	
Minimum	10.33	81.36	0.14	0.11	0.03	0.10	0.70	

LOD: Limit of detection



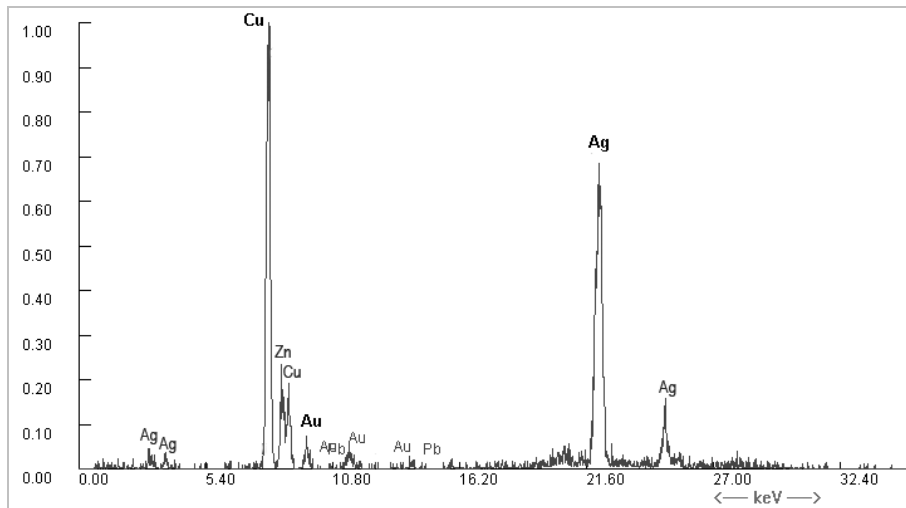
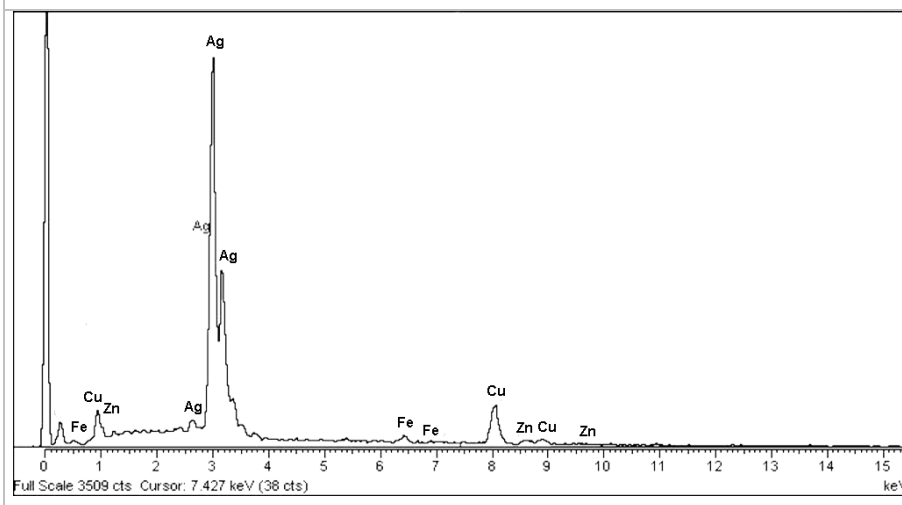
Fig. 8.: Cloisonné work of the buckle, the drop shaped cell

8. ábra: A csatot díszítő rekeszmű részlete – a csepp alakú rekesz



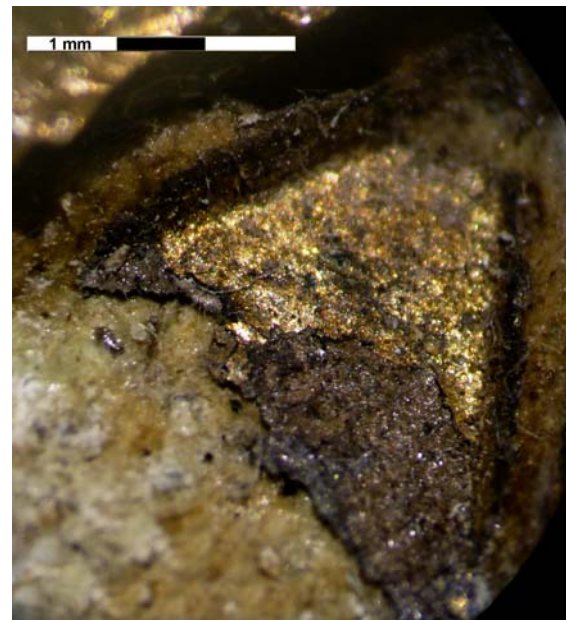
Fig. 9.: Soldering material at the joining point of cell walls

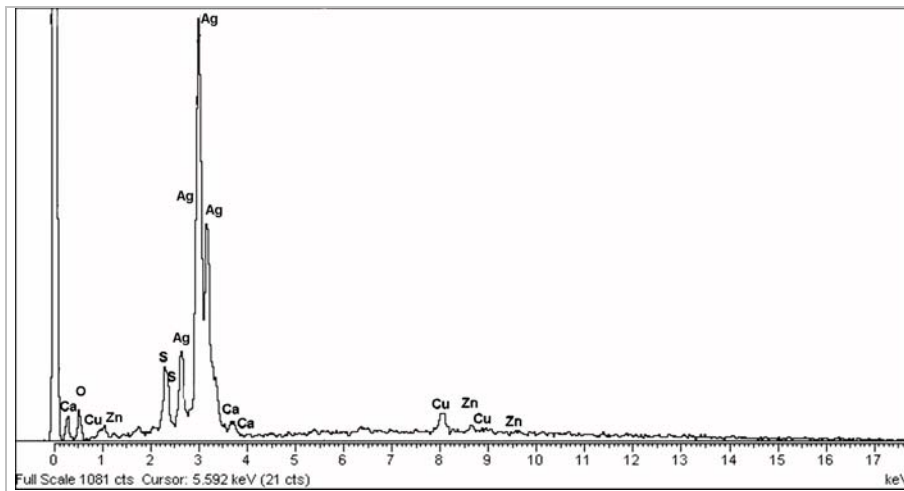
9. ábra: Forrasztóanyag a rekeszfalak találkozásánál

**Fig. 10.:**XRF spectrum of the
silver-copper solder**10. ábra:**Az ezüst-réz forrasz
XRF-spektruma**Fig. 11.:**EPMA spectrum of the
silver-copper solder**11. ábra:**Az ezüst-réz forrasz
EPMA-spektruma

The cloisonné decorated plate, the loop and the fastening rivets have almost identical composition, in case of the tongue ratio of the Zn is slightly increased against Cu (**Table 2**). As a second benefit analysis identified soldering material as well. The thin cell walls dividing cloisonné work in five parts run into a single joining point, in this area by proper magnification a metallic gray solder was noticeable (**Fig. 8-9**). The preliminary XRF measurements have shown here a higher silver-content, while the spectrum of microprobe analysis carried out under better conditions pointed out silver and copper (**Fig. 10-11**). By the joint of the kidney shaped frame and back-plate the same metallic gray material was observed. Although this area was not analysed, most likely a similar Ag-Cu solder was used here as well. This type of solder led to a so called *hard soldering* that provided a stronger, refractory joint due to the higher melting-point of its components (Toll 1968, 318, 320.; Brepohl 1994, 321.).

The third separate element, i.e. the underlay of thin, plain foil remained fragmentally in the central, drop shape cell – it was intended to enhance luminosity of the one-time inlay by reflecting the light (**Fig. 8**).

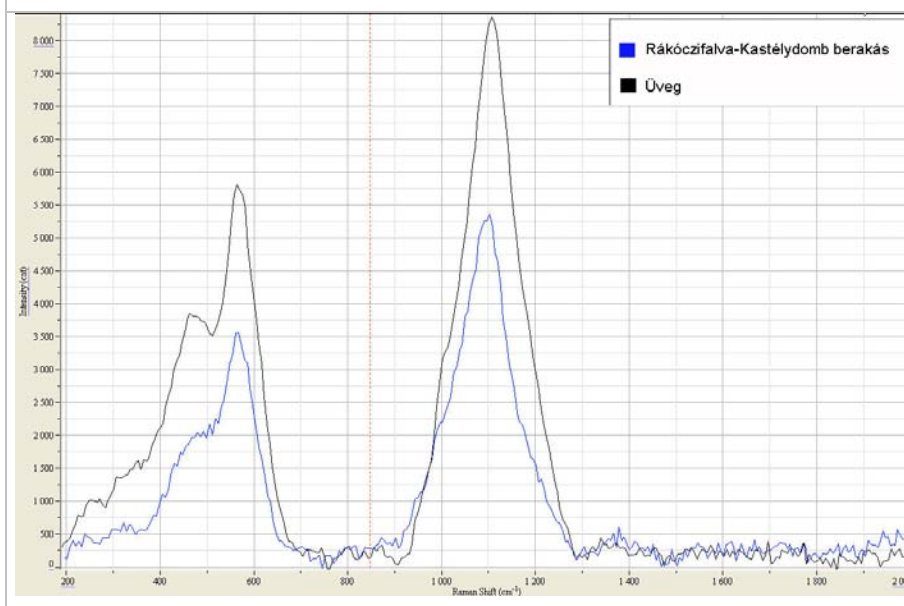
**Fig. 12.:** Single remained fragment of the underlay
foils**12. ábra:** Az egyetlen, töredékesen megmaradt
alátétlemez fénymikroszkópos felvétele

**Fig. 13.:**

EPMA spectrum of the underlay foil

13. ábra:

Az alátétlemez EPMA-spektruma

**Fig. 14.:**

Raman spectra of the glass inlay and the reference material

14. ábra:

Az üveggerakás és a referencia anyag Raman-spektruma

Observation through microscope have shown the largest part of the surface having the same shine and colour as the main alloy; but underneath in a smaller part a dark, matt oxide layer was apparent (**Fig. 12**). Based on the measurements, the underlay consists of two strongly compressed metal foils made of silver and brass (**Fig. 13**), in fact the latter increased shine and colour of the mounted precious stone or glass plate.

Results of inlay analysis

As a result of the Raman spectrophotometric analysis, the fragmentary remained inlay could be identified as glass. The resulting spectrum has displayed characteristic frequencies for Raman-active chemical bindings typical for components of glass (**Fig. 14**). However, under the given conditions, determination of the type of glass, i.e. analysis of chemical composition and raw material could not be conducted in a non-destructive way.

Results of tenax analysis

The image analysis performed by optical and scanning electron microscope has clearly shown the microstructure of tenax. The optical microscopic survey has shown some darker grain mixed in the brighter mass, and a blue, tiny chip was noticeable as well (**Fig. 19**). The electron microscopic investigation supported the differentiation between the main component and contamination both morphologically and by chemical composition. The analysis has proven that the specimens consist of finely grinded mineral grains, and by higher magnification their lamellar crystal structure was also observable (**Fig. 15-18**).

Inhomogeneity and irregular surface of the samples did not allow quantitative analysis of chemical composition, making the results qualitative. The resulting spectra with S-Ca-O dominance, considering the approximate proportions led to a preliminary identification as *gypsum* ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) (**Fig. 20**).

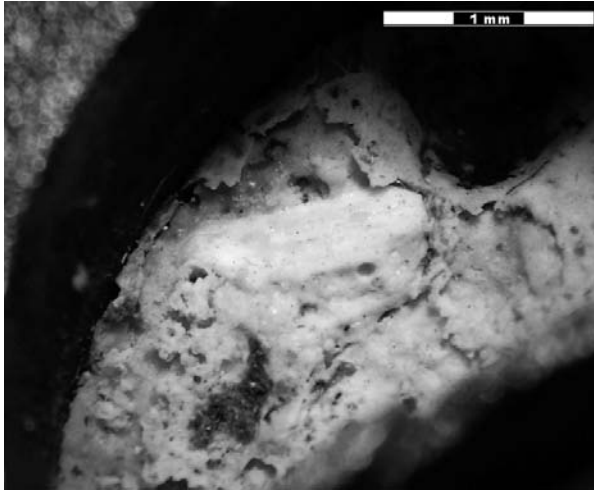


Fig. 15.: Micrograph of accessible tenax in situ in the cells

15. ábra: A rekeszekben in situ módon hozzáférhető tenax fénymikroszkópos felvétele

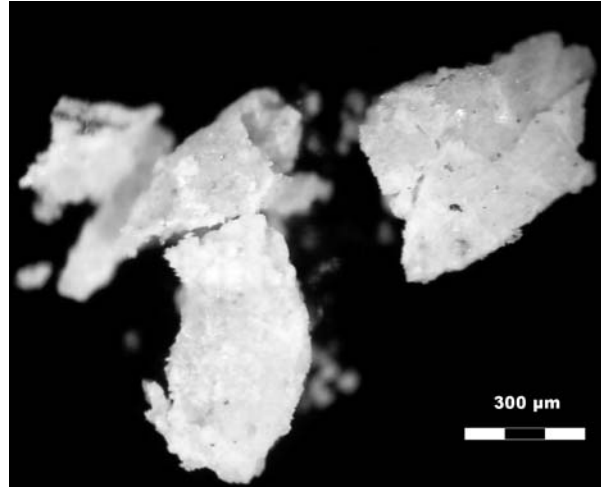


Fig. 16: Micrograph of grains of the tenax samples

16. ábra: A tenax-minták szemcséi fénymikroszkópos nagyítás mellett

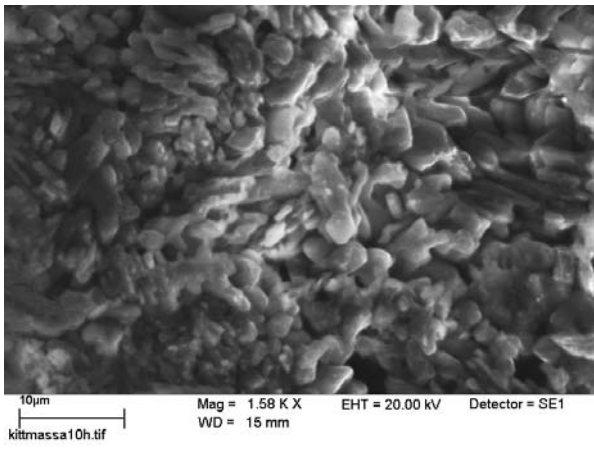


Fig. 17: Lamellar crystal structure of the grains (SEM)

17. ábra: A szemcsék lemezes kristályszerkezete (SEM)

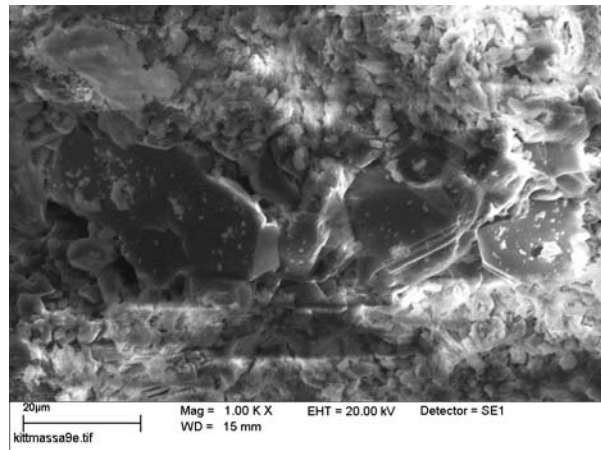


Fig. 18: Lamellar crystal structure of the grains (SEM)

18. ábra: A szemcsék lemezes kristályszerkezete (SEM)

Regarding chemical composition of the morphologically differentiable tiny grains mixed in the mass, higher amount of Si and O has shown up, assuming the existence of *quartz* (quartz sand, SiO_2). Low amount of these grains is supported by their sparse existence and by the fact that X-ray diffraction was unable to detect them as a significant component. These altogether imply contamination during use or rather after it in the soil, but not intended addition, during production. The spectrum has shown the blue chip being glass – besides O and Si (quartz sand) it contains significant amount of Mg and Al as well as trace of Na and K (**Fig. 21-22**). Incompleteness of cloisonné work makes colour of only one inlay known.

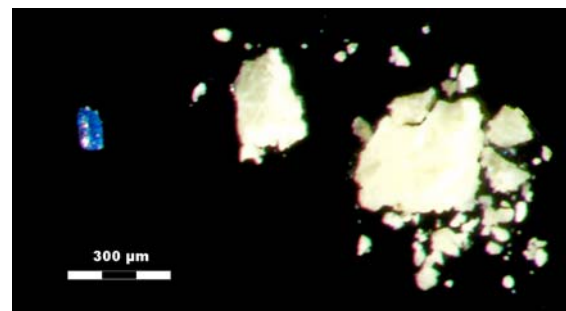


Fig. 19: Blue colour of chip mixed into the bright mass

19. ábra: A világos színű masszába keveredett apró kék színű törmelék

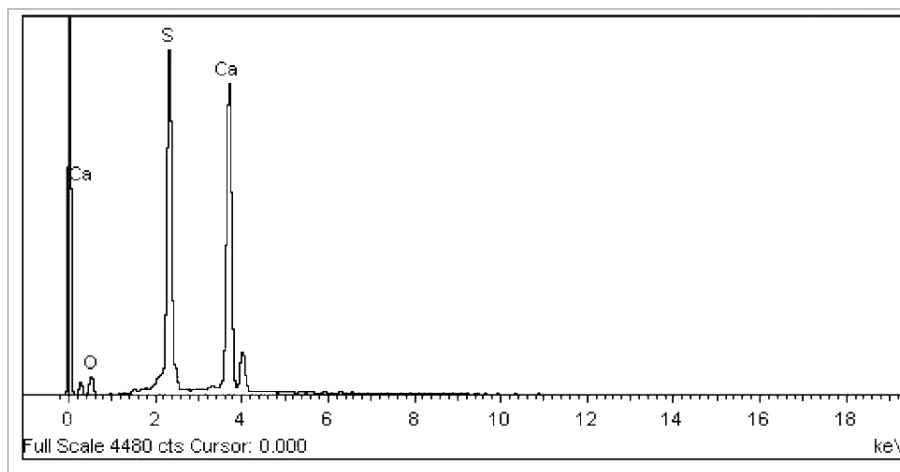


Fig. 20:
SEM spectrum of the tenax
(gypsum)
20. ábra:
A tenax SEM-spektruma
(gipsz)

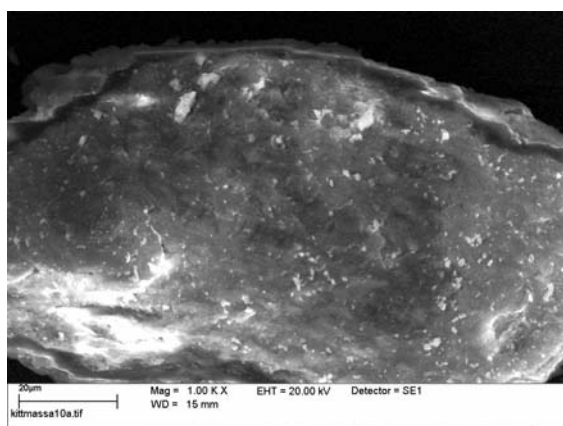


Fig. 21: Micrograph of the chip of glass (SEM)

21. ábra: A kék színű üvegdarabról készült mikroszkópos felvétel (SEM)

However, due to its size and position, this tiny chip could not be a remainder of the lost inlays, it was more likely mixed into the mass during the preparation process, accidentally as workshop debris.

Previous assumptions regarding the main mineral composition were verified by the X-ray diffraction analysis. The analysis has differentiated only one dominant mineral in the samples: the gypsum, as well as its anhydrous variant, the *anhydrite* (**Fig. 23**). Results presented by these two different analytical methods clearly prove that the tenax was made of gypsum, which as an ideal binder was perfect for firming cells of the cloisonné work. Organic binders could not be detected by the applied instruments, even though their one-time use cannot be excluded. The compact, conglomerate, solid state could be achieved by pulverizing then heating the mineral and finally adding water to it. During consolidation, the ductile, soft paste becomes massive, cement-like material. Its extreme hardness could be noticed even at the sampling.

Discussion – archaeological interpretation

Elements made of metal

Archaeometrical investigation of the discussed find apparently demonstrated that on the one hand the buckle is a brass casting of good quality, and on the other hand elements of its cloisonné work are joined by hard soldering. In contrast to the bronze, ductility of brass alloys is excellent due to their inherent capacity for plastic deformation. This mechanical property was especially important regarding the joining-works of the buckle; the double strap attachment starting at the upper border of the kidney shape plate, including loop and tongue folds back on the backside as a thinned plate (**Fig. 24**). However, alloying process of brass was much more complicated as of bronze (Craddock & Eckstein 2003). It was commonly known already in the antiquity and the process is also documented in several historical sources among others in the “goldsmith handbook” *De diversis artibus* written by *Theophilus Presbyter* (~1070-1125). According to the description, smithsonite ($ZnCO_3$, formerly known as calamine) was used for preparing brass; furthermore alloying zinc and copper took much more time than tin and copper in case of bronze (Brehol 1987, 198-199.). The same source is relevant while interpreting composition results of soldering material – according to the recipe-like description in order to produce the desirable material, two parts of pure silver and one part of copper were to be mixed with borax. On the whole it can be stated that although the buckle was not made of precious metal, due to the advantageous properties of its alloy as well as the time-consuming workmanship it could convey the impression of being a valuable apparel element.

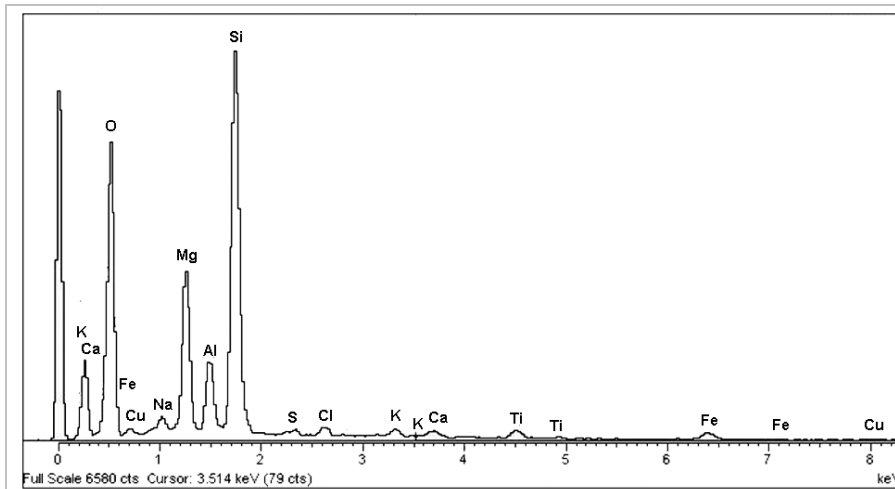


Fig. 22:
SEM spectrum of the
chip of glass
22. ábra:
A kék üvegdarab
SEM-spektruma

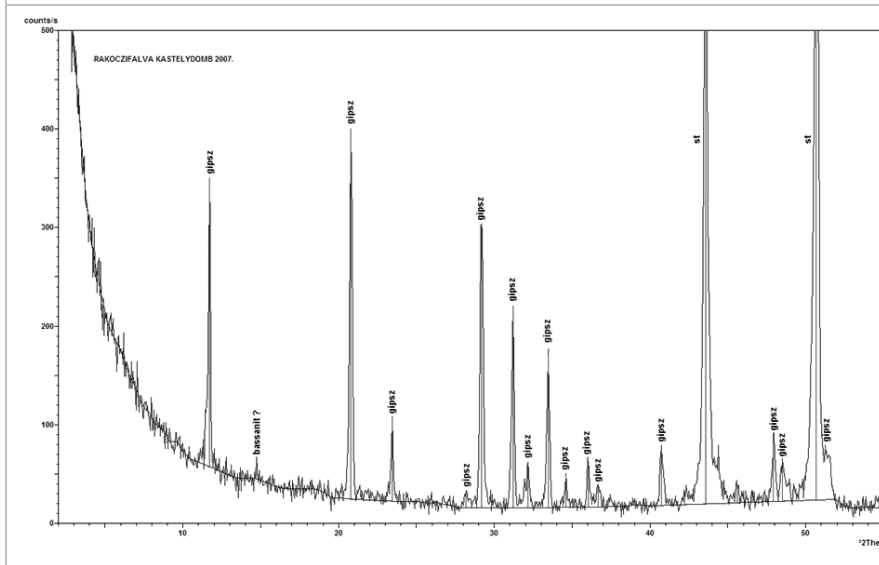


Fig. 23:
X-ray diffractogram of the
tenax (gypsum)
23. ábra:
A tenax röntgen-
diffraktogrammja (gipsz)

Thus, it is especially significant that the post casting polishing process could make its surface having a shine similar to gold. Regarding the discussed period and region, archaeological importance of identification of this copper alloy seems to be gold or gilded cannot be emphasized enough. In this case the choice of a more economic but delusive solution is obvious.

Unfortunately, the amount of already published results is not sufficient for a comparative analysis of our compositional observations.



Fig. 24: Profile of the buckle
24. ábra: A csat oldalnézeti képe

Concerning the Gepidic material, metal analysis was performed only in case of two buckles but the results are not relevant at the moment because of compositional and chronological differences (Tóth et al. 2005). Among the Mediterranean buckles, the find from *Kerč* (Crimean region), located at the British Museum is the only available reference – by its XRF analysis it is likewise a brass casting (Andrási et al. 2008, 59, 105, 156.). Regarding the late Avar period, the situation is better; results of the archaeological research play an increasingly important role in archaeological interpretation (Daim 2000, 86-88.; Schreiner et al. 2000; Vida & Kasztovszky 2000). A number of belt mounts from the 8th century investigated by scientific methods was proven to be brass, e.g. the main alloy under the gilding layer of the representative belt garniture from Hohenberg (Steiermark), falsely documented as bronze for a long time. This fact, along with special technological details raised questions regarding the former theory about local production of the garniture, and suggested the Byzantine origin (Daim 2000, 151-152.).

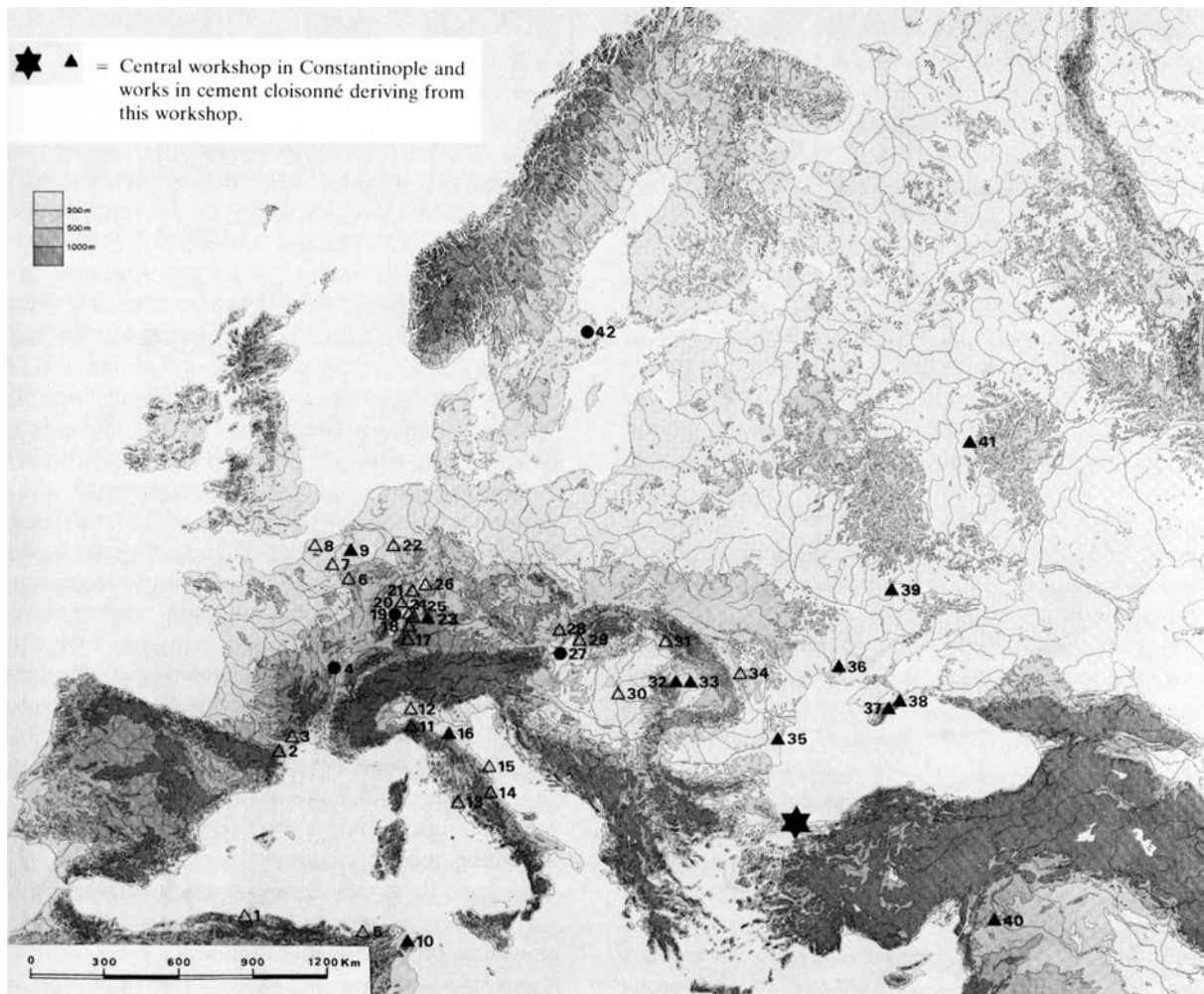


Fig. 25: Hypothetical centre of Eastern-Mediterranean workshop area and works deriving from this area (Arrhenius 1985, 119. Distribution map I.)

25. ábra: A kelet-mediterrán műhelykörzet feltételezett központja és az innen származó ötvöstárgyak lelőhelyei (Arrhenius 1985, 119. Distribution map I.)

Concerning the buckle from Rákóczi falva, the Cu-Zn proportion of the brass alloy, as well as the Ag-Cu solder seems to be identical to the relevant properties of the Hohenberg finds (Schreiner et al. 2000, Abb. 6-7. Tab. 3). Since differentiation between “original Mediterranean” and “local imitation” needed clarification in both cases about the localization of production sites, this accordance cannot be neglected. The available results of metal analyses make the local (Carpathian Basin) production doubtful, and the Mediterranean origin more likely. Extending the above discussed investigations is necessary due to the lack of comparative data, especially for the less studied archaeological material from the 5th-6th century. Involving the most possible factors, e.g. inlays and filling material of the cloisonné work in the analysis is highly recommended.

The inlay

The single preserved inlay of the buckle does not reveal colour of the whole cloisonné work; analogies permit homogenous red or polychrome surface as well. The preserved fragment implies the use of a remarkable high quality glass plate, exceeding opacity typical for glass inlays of Gepidic goldsmith work. Besides the dominant purple-red garnets, glass occurs rarely in the material of the discussed period. Amount of red glass inlays identified by optical microscope is not significant; the majority is rather green, generally preserved in bad condition (Horváth 2006, 50.). Production of durably transparent, coloured glass could be problematic. Even though, the roughly 1500 years in the soil was obviously harmful for the glass inlays, quality variance is rather due to the chosen technology, raw and colouring materials used.

Table 3: List of goldsmith works containing gypsum as tenax (Arrhenius 1985, 203.)**3. táblázat:** Gipsz-alapú kitöltőanyagot (tenax) tartalmazó ötvöstárgyak listája (Arrhenius 1985, 203.):

III:1. Gypsum with wax on the surface (in a separate layer)			
41.	BM 1/M	Reastan	gypsum + burnt gypsum (small quantity) + wax (small quantity)
49.	BM 7/Bu	N P Continent	gypsum + wax + quartz
116.	Paris 1a/Sw	Childeric	gypsum + quartz + wax + anhydrite
III:2. Gypsum without wax			
42.	BM 7/Bu	N P Continent	gypsum
96.	Liver 1/M	Gilton	gypsum + burnt gypsum (small quantity)
115.	Paris 1d/Sw	Childeric	gypsum + quartz (+ small fragment goethite)
117.	Paris 2b/Sa	Childeric	gypsum + quartz + muscovite
121.	Cluj 1/M	Apahida II	gypsum (ca. 0,5 mm lentoid gypsum monocrystals) + quartz + MS
122.	Cluj 2/M	Apahida II	gypsum (ca. 0,3 mm lentoid gypsum monocrystals) + quartz + MS
144.	Paris 2d/Sa	Childeric	gypsum

Preserved quality of the glass fragment supports foreign origins promoted by metallic components of the buckle. Since identification of the chemical composition was beyond our possibilities, at the moment we are unable to support our assumptions by measurement data.

Tenax

Regarding the circumstances of production of the buckle, comprehensive analysis of samples taken from the tenax is decisive. Among results of the international research serving as a base for comparison, data measured in Stockholm and in Richmond proved to be significant in this question. The identified gypsum component has close analogies in a small group of tenax from 5th-6th century finds analysed in Stockholm. Among several hundred specimens representing early medieval archaeological collections from whole Europe, gypsum was detected as main component only in a few of them (**Table 3**) (Arrhenius 1985, 200-204.). It has been found in such unique or rarely occurred artifact types that cannot be interpreted as local products typical for the territory of Germanic peoples. Group of these finds was extended by another investigation performed in Richmond, where gypsum was identified as filling material in the core and mountings of two precious stone inlaid gold bracelets dated to the 3rd-4th century, unearthed in Syria (Gonosova &

Kondoleon 1994, 67, 71, 160-161.). Hence, production of high gypsum-content tenax exceeds territories influenced by different Germanic peoples and cannot be considered as their typical practice. The group of these samples represents both the precious wearing elements of the aristocracy and mass-products made of less valuable material. The finds from the famous royal graves discovered in *Apahida* and *Tournai* (Cluj county and Wallonie) along with the mentioned bracelets from Syria belong to the former category, other Syrian finds e.g. the bronze (or another copper alloy) buckle and mounts from *Reastan/Homs* (Quast 1996, 530-533.) or the presently discussed brass buckle from Rákóczfalva belongs to the latter category. Thus, the use of gypsum-content tenax as a technology trick was independent from the social or economical status of the consigners or owners; moreover it was not limited to a shorter period but was in practice through centuries. Undoubtedly, it was known and used in several workshops of different qualities serving different demands. The finds known so far imply that these workshops could be situated in one geographical region. This possibility was already emphasized by Arrhenius. Based on the typological, technological properties and on accessibility of raw materials she assumed one central and several satellite workshops in the Eastern-Mediterranean region as the production sites of gypsum-content cloisonné goldsmith work (**Fig. 25**) (Arrhenius 1985, 100-102, 119.).

These assumptions are in accordance with regional and political relations of the 5th-6th century known from historical sources and also confirmed archaeologically. The most important archaeological evidence for the Eastern-Mediterranean relationship with the German aristocracy are the three Gepidic royal graves from Apahida containing luxurious Byzantine goods and insignia (Horedt & Protase 1972; Kazanski et al. 2002). For the presence of various Eastern-Mediterranean and Byzantine elements in the material culture of the Gepids, the military alliance between the Gepidic Kingdom and the neighbouring Byzantine Empire could serve as an explanation. This alliance began with the disintegration of the Hun Empire and lasted until the outbreak of the Gepidic-Langobardic wars (Kiss 1991, 115-120.). Based on the recent discoveries, the buckle unearthed at Rákóczifalva-Kastélydomb could also belong to the above mentioned Eastern-Mediterranean workshop area. As part of the mass-produced military equipment available for Germanic soldiers, this buckle probably was not produced in an outstanding workshop belonging to the prestigious milieu; however, a more exact localization is not possible at the moment. Also the question about geological provenience of the identified gypsum is still open. Due to the general occurrence of the gypsum sediments, collecting reference data and, among others, performing isotope analysis is necessary to trace its source.

Conclusions

Summarizing the results presented above, the casted brass cloisonné decorated belt buckle from

References

- ANDRÁSI, J., KIDD, D., LA NIECE, S. & AGER, B. (2008): *The Berthier-Delagarde Collection of Crimean jewellery in the British Museum and related material*. Oxbow, Oxford, 174 pp.
- ARRHENIUS, B. (1985): *Merovingian Garnet Jewellery: Emergence and Social Implications*. Almqvist & Wiksell International, Stockholm, 229 pp.
- BÖHME, H. W. (1994): Der Frankenkönig Childerich zwischen Attila und Aetius. Zu den Goldgriffspathen der Merowingerzeit. In: *Dobiat, C. (ed.): Festschrift für O.-H. Frey zum 65. Geburtstag*. Hitzeroth, Marburg, 69-110.
- BREPOHL, E. (1987): *Theophilus Presbyter und die Mittelalterliche Goldschmiedekunst*. Böhlau, Wien, 311 pp.
- BREPOHL, E. (1994): *Theorie und Praxis des Goldschmieds*. Fachbuchverlag, Leipzig, 552 pp.

Rákóczifalva-Kastélydomb belongs to the elements reflecting foreign influences in the early medieval Gepidic material culture. By studying the analogies and examining characteristic details of the object we can conclude that it was not a local imitation. Based on its typological, technological characteristics as well as the composition of the metal alloy, soldering material and mineral based filling material named tenax, the buckle could be considered as a product of a satellite goldsmith workshop in the Eastern-Mediterranean area. For verification of the assumption, further comparative analysis is necessary regarding archaeological material both inside and outside the Carpathian Basin.

Acknowledgements

Comprehensive analysis of tenax samples from the cloisonné work was conducted in the *Archaeological Research Laboratory of Stockholm University, Department of the Archaeology and Classical Studies*. Control-measurements concerning the metal elements of the buckle were performed in the *Electron microprobe Laboratory of Institute for Geochemical Research, Hungarian Academy of Sciences*. We would like to thank here the researchers of the Laboratories, professor emerita Birgit Arrhenius, Maria Wojnar-Johansson, Sven Isaksson and Gábor Dobosi for their help, fruitful discussion and consultation related to this research. We are also grateful to the *Damjanich János Museum* for the permission to sample tenax and to Judit Tárnoki for sharing her knowledge and time.

CRADDOCK, P. T. & ECKSTEIN, K. (2003): Production of brass in antiquity by direct reduction. In: *Craddock, P. T. & Lang, J. (eds.): Mining and metal production through the ages*. British Museum Press, London, 216-230.

CSEH, J. (1985): Rákóczifalva környéke a korai népvándorlás korban (454-567). Kutatások és leletek 1933-1985 között. *Múzeumi Levelek* **49-50**: 3-21.

DAIM, F. (2000): « Byzantinische » Gürtelgarnituren des 8. Jahrhunderts. In: *Daim, F. (ed.): Die Awaren am Rand der byzantinischen Welt*. Wagner, Innsbruck, 77-204.

GONOSOVA, A. & KONDOLEON, C. (1994): *Art of late Rome and Byzantium in the Virginia Museum of Fine Arts*. Museum, Richmond, 451 pp.

HORED, K & PROTASE, D. (1972): Das zweite Grab von Apahida. *Germania* **50**:174-220.

HORVÁTH, E. (2006): A langobard ékkő- és üvegberakás technológiai sajátosságainak vizsgálata a várpalotai és jutasi fibulákon. *Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei* **24**:49-66.

HORVÁTH, E. (in press): Ékkőberakásos ötvösművészet a pannoniai langobard korszakban. Régészeti kérdések, archeometriai módszerek. in: Conference volume. „Hadak Útján” A Népvándorlás Kor Fiatal Kutatóinak XIX. Konferenciája. Győr, 2008, okt. 20-22.

KAZANSKI, M (1994): Les plaques-boucles méditerranéennes des Ve - VIe siècles. *Archéologie Médiévale* **24**:137-198.

KAZANSKI, M., MASTYKOVA, A. & PÉRIN, P. (2002): Byzance et les royaumes barbares d'Occident au début de l'époque mérovingienne. In: Tejral, J. (ed.): *Probleme der frühen Merowingerzeit im Mitteldonaauraum*. Spicy Arch. Ústavu AV ČR Brno 19, Brno, 159-194.

KISS, A. (1991): Die „Barbarischen” Könige des 4-7. Jahrhunderts im Karpatenbecken, als Verbündeten des Römischen bzw. Byzantinischen Reiches. *ComArchHung* 1991:115-128.

QUAST, D. (1996): Ein byzantinischer Gürtelbeschlag der Zeit um 500 aus Weingarten (Lkr. Ravensburg) Grab 189. *Fundberichte aus Baden-Württemberg* **21**:527-539.

QUAST, D. (1999): Garnitures de ceintures méditerranéennes à plaques cloionnées des V^e et début VI^e siècle. *Antiquités Nationales* **31**: 233-250.

SCHREINER, M., SCHAFFER, A., SPINDLER, P., DOLEZEL, P. & DAIM, F. (2000): Materialanalytische Untersuchungen an Metallobjekten möglicher byzantinischer Provenienz. In: Daim, F. (ed.): *Die Awaren am Rand der byzantinischen Welt*. Wagner, Innsbruck, 283-303.

TOLL, C. (1968): Al-Hamdani. *Kitab al-Gauharatain al-'atíqatain al-m'a'í'atain as-safrá' wa'l-baidá*. Die beiden Edelmetalle Gold und Silber (Hrsg. und übs.: Toll, C.). Almqvist & Wiksells, Uppsala, 391 pp.

TÓTH, M., SZÉPVÖLGYI, J. & HORVÁTH, P. (2005): Archaeometric studies on two gilded buckles of belt found in regions Hódmezővásárhely-Sóshalom and Ártánd-Kisfarkasdomb. in: Bóna, I., Garam, É. & Vida, T. (eds.): *Gepidische Gräberfelder im Theissgebiet II. MGAH 2*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 91-95.

VIDA, T. & KASZTOVSZKY, Zs. (2000): Der Messingbeschlag aus Gic, Westungarn. Betrachtungen zu den mediterranen Beziehungen der spätawarenzeitlichen Kunst im Karpatenbecken. Prompt gamma activation analysis of an Avar bronze buckle from Gic. In: Daim, F. (ed.): *Die Awaren am Rand der byzantinischen Welt*. Wagner, Innsbruck, 305-325.

7000 ÉV KERÁMIÁI – VÖRS, MÁRIAASSZONY-SZIGET ŐSKORI KERÁMIALELETEINEK ARCHEOMETRIAI ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA TERÜLETI KITEKINTÉSSEL

POTTERY SEQUENCE OF 7000 YEARS: ARCHAEOMETRICAL STUDY OF POTTERY FINDS FROM VÖRS, MÁRIAASSZONY-SZIGET

^{1,2}GHERDÁN KATALIN

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Közettani és Geokémiai Tanszék

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Régészettudományi Intézet gherdankata@hotmail.com

„Talk,’ she commands.
This is an idiotic, if not deranged thing, to say to
a bowl, even to a bowl like me, thin-walled,
sporting the scorpion look of Samarra ware that
was the rage of Mesopotamia six and a half
thousand years before Rosa was born.
Pottery, after all, isn't renowned for its chatty
nature, so why futilely address a vessel thus--
even me, the bowl with soul?
But Rosa is far from being unhinged.”

Tibor Fischer: The Collector Collector

Abstract

This short communication is presenting the results of a PhD research done on ancient pottery, as part of an interdisciplinary project to establish the diachronic study of a multi-period habitation site, Vörs, Máriaasszony-sziget. The approach combines traditional archaeology and archaeometry. The site lies in Southwest Hungary, near Lake Balaton, where the exceptionally favourable environmental endowments of the territory offered an ideal setting for habitation: 8 distinct chronological periods are separated on the basis of traditional archaeological methods. From these 105 pottery samples from 6 periods were selected for archaeometrical study. 31 samples from coeval nearby sites together with local sediments were also analysed for comparison.

The aim of the research was to answer the questions of what? how? and where? in connection with the pottery assemblage, that is to obtain information on what kind of raw materials were used by ancient potters, how did pottery making recipes change throughout the 7000 thousand years of the site, what is the provenance of the pottery finds/raw materials.

The analytical programme was based on thin section petrography (fabric and temper analysis), comparative geochemical and statistical analysis of the pottery finds.

Petrographic investigation revealed that in the assemblage from Máriaasszony-sziget there is a pottery group which can be described with uniform fabric and non-plastic inclusions (made of aleuritic, fine sandy clay raw material) being present in all the examined cultures/periods. Geochemical analysis strengthened the hypothesis that this type of pottery represents local (near-site) ‘basic’ raw material that was used and tempered differently during the 7000-year-long life of the settlement. In one case the archaeological assumption of an import Early Bronze Age pottery was proved. In some other cases, based on petrographic and geochemical and statistical analysis non-local origin of the finds was suggested. Comparison with local raw materials revealed that ancient potters did not obtain their raw material at the site itself, but most probably used a nearby clayey material having a similar geochemical composition to that of the Upper Pannonian clay at Battyánpusztá, although it is non-calcareous.

Technological investigation of Late Copper Age and Early Bronze Age incrustated ware showed that the incrustation material of the examined Kostolac ceramics was made of bone, while the incrustation material of one Early Bronze Age pottery was calcite.

The results of the research of pottery from Vörs, Máriaasszony-sziget and local sediments maybe used as reference material for future analysis of Transdanubian prehistoric pottery.

Kivonat

Az alábbi rövid közlemény egy őskori kerámiák vizsgálatával foglalkozó doktori kutatás eredményeit kívánja bemutatni. A kutatás Vörs, Máriaasszony-sziget sokperiódusú régészeti lelőhely kerámiaanyagának archeometriai vizsgálatával foglalkozott. A lelőhely a Balaton délnyugati szögletében helyezkedik el, a Kis-Balaton mocsárvidékén. A területen az ásatások tanúsága szerint 8 különböző korú régészeti kultúra népe telepedett meg. Ezek közül, előzetes régészeti áttekintés után hat kultúra 105 kerámiáját választottam ki elemzésre. Vizsgálataimat 31, közeli lelőhelyek egyidős kultúráiból származó összehasonlító kerámiaminta és helyi üledékek vizsgálatával egészítettem ki.

Vizsgálataim alapvető célja az volt, hogy a régészeti lelőhelyen a különböző korú leletekkel kapcsolatban választ kapjak a mit?, honnan?/hol?, hogyan? kérdéseire, azaz információt szerezzek arról, hogy milyen nyersanyagokat használtak a korabeli fazekasok, hogyan változott a kerámiakészítési technológia a telep életének 7000 éve során, honnan származhatnak a felhasznált nyersanyagok. A leletanyagot és a környéken előforduló lehetséges nyersanyagokat közettani, geokémiai és statisztikai módszerekkel elemeztem.

A petrográfiai vizsgálatok alapján a Máriaasszony-szigeti leletek csoportjaiban azonosítható egy olyan jellegzetes szöveti bélyegekkkel és nem plasztikus elegyrészekkel jellemezhető kerámiatípus (aleuritos, finomhomokos agyag nyersanyag) amely az összes vizsgált kultúrában/időszakban előfordul. A geokémiai vizsgálatok megerősítették a petrográfiai vizsgálatok alapján kirajzolódó elképzelést, amely szerint ez a típus képviseli azt a helyi (közeli) „alap” nyersanyagot, amit a különböző kultúrák fazekasai a telep élete során, az egyes kultúrákban különböző módszerekkel soványítva, mindvégig használtak. Egy kora bronzkori kerámia esetében igazoltam a régészeti feltevést, amely szerint ez a lelet idegen eredetű, import kerámia, míg néhány más esetben vizsgálataim alapján feltehető a kerámiák idegen eredetének lehetősége. A lehetséges nyersanyagokkal való összevetés eredményeként nyilvánvalóvá vált, hogy a korabeli fazekasok nem a telep közvetlen közeléből szerezték be nyersanyagukat, hanem nagy valószínűséggel a Battyánpusztán ma felszínén lévő felső pannon agyaghoz hasonló összetételű, de karbonátmentes agyagot használtak nyersanyagként.

Technológiai vizsgálataim során bebizonyítottam, hogy az ún. mészbetétes kerámiák esetében az inkrusztáció anyaga nem kizárólag 'mész', pontosabban, kalcit, hanem csont eredetű is lehet (késő rézkori Kostolac kultúra).

A Vörs, Máriaasszony-sziget sokperiódusú régészeti lelőhely kerámiáin végzett vizsgálataim során referenciaanyagot szolgáltatottam a dunántúli őskori kerámiák további kutatásához.

KEYWORDS: MULTI-PERIOD SITE, KERÁMIA, PROVENANCE, RAW MATERIAL, PETROGRAPHY, GEOCHEMISTRY

KULCSSZAVAK: SOKPERIÓDUSÚ LELŐHELY, KERÁMIA, SZÁRMAZÁSI HELY, NYERSANYAG, KÖZETTAN, GEOKÉMIA

Bevezetés

A kerámiák archeometriai vizsgálata egyre inkább előtérbe kerül a hagyományos régészeti feldolgozás mellett, annak kiegészítéseként. A vizsgálatok számos, a nyersanyag eredetére és a kerámiák készítésének technológiájára vonatkozó új információt nyújtanak, ezzel is segítve a régészeti értelmezést. Ez a természettudományos (elsősorban közettani, geokémiai és ásványtani) módszerekkel történő kutatási ág az elmúlt években az alkalmazott geológiai kutatások nemzetközileg is fontos területévé vált. Az elmúlt évtizedben Magyarországon is jelentős eredmények születtek ezen a téren. A jelen közlemény alapjául is szolgáló PhD doktori dolgozatomban (ELTE, Közettan–Geokémiai Tanszék, Budapest 2009) Vörs, Máriaasszony-sziget (M. Aradi, 1992; Kalicz et al.,

1998, 2002) kerámia-leletanyagának összehasonlító archeometriai vizsgálatát végeztem el történeti és területi kitekintéssel.

Ez a közlemény nem ismerteti részletesen a vizsgálatok eredményeit, csak a következtetéseket mutatja be. A petrográfiai vizsgálatok eredményei táblázatos formában elérhetők a www.gherdan.hu weboldalon, ahol az eljárás lezárultával a dolgozat teljes szövegét is megjelentetjük. A dolgozat hozzáférhető lesz továbbá az Országos Doktori Tanács weboldalán (www.doktori.hu) is. Az eredmények teljes közzlésére a lelőhely anyagát bemutató monográfiában kerül majd sor.

A területen az ásatások tanúsága szerint 8 különböző korú régészeti kultúra népe telepedett meg. Ezek közül, előzetes régészeti áttekintés után hat kultúra -- Starčevo kultúra (korai neolitikum), Lengyel III kultúra (korai rézkor), Tűzdelt barázdás

kerámia kultúrája (középső rézkor), Kostolac kultúra (késő rézkor), Kisapostag kultúra (kora bronzkor), La Tène kultúra (késő kelta--kora rómaikor) -- 105 kerámiáját választottam ki elemzésre.

Vizsgálataimat 31, közeli lelőhelyek egyidős kultúráiból származó összehasonlító minta, valamint helyi agyagos üledékek -- 7 minta -- vizsgálatával egészítettem ki.

Célkitűzések

A kutatás és ennek keretében végzett vizsgálatok alapvető célja az volt, hogy Vörs, Máriaasszony-sziget régészeti lelőhelyen a különböző korú leletekkel kapcsolatban választ kapjak a mit?, honnan?/hol?, hogyan? kérdéseire, (Orton, 2009), azaz információt szerezzek arról, hogy 1) milyen nyersanyagokat használtak a korabeli fazekasok, 2) hogyan változott a kerámiakészítési technológia a telep életének 7000 éve során, 3) honnan származhatnak a használt nyersanyagok.

Mivel a program kezdetekor Magyarország területéről még meglehetősen kevés kerámiavizsgálati adat állt rendelkezésre ahhoz, hogy összehasonlító elemzéseket végezzünk, a kerámiavizsgálat feladata volt az is, hogy referenciaanyagot szolgáltasson a dunántúli őskori kerámiák további kutatásához.

Munkám során egy sokperiódusú régészeti lelőhelyek esetében alkalmazható, petrográfiai és geokémiai összehasonlító elemzésen alapuló eredetkutatási módszer kidolgozására merült fel igény, ami olyan területeken is jól használható kerámia-eredetkutatásra, ahol, mint pl. a Kárpát-medence nagy részén, a lehetséges nyersanyag változatok nagy területen, nem lehatároltan fordulnak elő.

Vizsgálati módszerek

Petrográfiai vizsgálatok

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajz- és Földtudományi Intézetének Közettan-Geokémiai Tanszékén ALPHAPHOT-2 típusú polarizációs mikroszkóppal 136 kerámia- és 3 nyersanyagmintán petrográfiai vizsgálatokat végeztem.

Geokémiai vizsgálatok

A kerámiák és a lehetséges nyersanyagok kémiai összetételének meghatározása röntgen fluoreszcens analízissel (112 kerámia és 7 nyersanyagminta) és neutronaktivációs analízissel (68 kerámia- és 6 nyersanyagminta) történt. A kerámiák röntgen fluoreszcens spektrometriás analízisét a Tübingeni Egyetem Geokémiai Tanszékén (Németország)

végezte Heinrich Taubald és Pintér Farkas, Bruker AXS S4 Pioneer típusú készülékkel, Rh anód használatával. A kerámiák neutronaktivációs analízise a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem tanreaktorában készült. A vizsgálatokat Balla Márta és Molnár Zsuzsa végezte.

Ásványos összetétel vizsgálata

A lehetséges nyersanyagok és a kerámiák röntgen-pordiffrakciós mérései a MTA Geokémiai Kutatóintézetének röntgen laboratóriumában készültek. A vizsgálatokat Tóth Mária végezte Philips PW 1730 típusú, Bragg-Brentano elrendezésű röntgen pordiffraktométeren. 8 „szendvicskerámia”, 4 inkusztációs anyag, ún. „mészbetétet” és 5 nyersanyagminta vizsgálata készült el.

Az új tudományos eredmények összefoglalása

Eredményeim alapján a célkitűzések fejezetben feltett kérdésekre az alábbi válaszok adhatók:

Milyen nyersanyagokat használtak a korabeli fazekasok?

A petrográfiai vizsgálatok alapján a Máriaasszony-szigeti leletek csoportjaiban azonosítható egy olyan jellegzetes szöveti bélyegekkel és nem plasztikus elegyrészekkel jellemezhető kerámiatípus (aleuritós, finomhomokos agyag nyersanyag) amely az összes vizsgált kultúrában, azaz időszakban előfordul. A geokémiai vizsgálatok megerősítették a petrográfiai vizsgálatok alapján kirajzolódó elképzelést, amely szerint ez a típus képviseli azt a helyi (közeli) „alap” nyersanyagot, amit a különböző kultúrák fazekasai a telep élete során, hosszú évezredek keresztül mindvégig használtak.

Hogyan változott a kerámiakészítési technológia a telep életének 7000 éve során?

Vörs, Máriaasszony-szigeten az egyes kultúrákban ezt a meghatározott „alap” nyersanyagot különbözőképpen soványították a fazekasok: a kora neolitik Starčevo kultúrában növényi anyaggal (Gherdán et al, 2004; Gherdán et al, 2005; Szakmány et al, 2004, 2006), a kora rézkori Lengyel III kultúrában, a középső rézkori Tüzdelt barázdás kerámia kultúrájában és a késő rézkori Kostolac kultúrában kerámiazúzával, a kora bronzkori Kisapostag kultúrában kerámiazúzával vagy karbonátos homokkal vagy kvarchomokkal (Gherdán et al, 2007), a kelta (ú.n. La Tène) kultúrában karbonátos homokkal. A Lengyel III és La Tène kultúrák esetében előfordult a nyersanyag iszapolás utáni felhasználása is. A Lengyel III kultúra esetében vizsgálataim megerősítették azt a régészeti megfigyelést, hogy a durva kerámiák

kerámiazúzalékkal soványítottak, míg a finomkerámiák iszapolt nyersanyagból készültek. A La Tène kultúra kerámiáinak egy részében az alap nyersanyagot kezelés nélkül, míg egy másik csoportjukban iszapolás után használták fel.

A geokémiai vizsgálatok bizonyították, hogy a fenti esetekben a petrográfiai különbségek különböző kerámiakészítési receptek használatát és nem a kerámiák idegen eredetét tükrözik.

Majdnem minden kultúrából előkerült azonban néhány kerámia, amely mind petrográfiai mind geokémiai tulajdonságaiban jelentősen eltért a kerámiák fő, helyi (közeli) nyersanyagból készültnek bizonyult csoportjától. Ezeknek a kerámiáknak az esetében nagy valószínűséggel feltételezhető az idegen eredet (T. Biró et al, 2007; Gherdán et al, 2009).

Az idegen eredetű kerámiák:

kerámiazúzalékkal soványított kora neolitikus Starčevo kerámia, növényi anyaggal soványított kora neolitikus Starčevo kerámia, kerámiazúzalékkal soványított Lengyel III kerámia, iszapolt nyersanyagból készült kora bronzkori Kisapostag kerámia (ennek a kerámiának az esetében vizsgálataim igazolták a régészeti feltevést, amely szerint ez a kerámia import áru) grafitos metamorf kőzettörmelékekkel soványított kelta La Tène kerámia. Az utóbbi, grafitos kelta kerámia esetében, más területek hasonló kerámiáinak irodalmi adataival való összevetése alapján, felmerülhet más értelmezés is. Havancsák és társai (2009) petrográfiai szempontból hasonló összetételű soványító anyagot tartalmazó, Dunaszentgyörgyről származó kelta kerámiák esetében petrográfiai és előzetes geokémiai eredmények alapján azt feltételezik, hogy a kerámiát helyi alapanyagból (agyag) és importált soványító anyagból (grafittartalmú metamorf kőzet) készítették.

Három kerámia esetében a helyi vagy idegen eredet kérdése nem dönthető el egyértelműen: a petrográfiai tulajdonságok alapján nem állapítható meg egyértelműen idegen eredet, azonban a geokémiai vizsgálatok eredményein alapuló főkomponens-analízis ezeknek a mintáknak az esetében a kerámiák fő csoportjától, néhány fő- és nyomelem tekintetében, eltérő összetételt mutattak. Ezek a kerámiák: kovaszivacsűket nagy mennyiségben tartalmazó, La Tène kerámia; karbonátos homokkal soványított, La Tène kerámia, valamint nagyon finom, nagyon jól osztályozott, valószínűleg iszapolt nyersanyagból készült, La Tène kerámia.

A vizsgálatok alapján a Máriaasszony-szigeti alap kerámia csoporton belül is kirajzolódnak bizonyos különbségek. Petrográfiai és geokémiai szempontból leghomogénebb csoportokat a kora neolitikus Starčevo, a középső rézkori Tüzdelt barázdás

kerámia kultúrájának (ez a kultúra csak kis mintaszámmal van jelen a vizsgált anyagban) és a késő rézkori Kostolac kultúra kerámiái alkotják. A kora rézkori kerámiák geokémiai szempontból heterogénebbek az előbbi kultúrák kerámiaanyagánál, míg a kora bronzkori kerámiák közzétanilag változatosak. Ez a közzétanilag változatoság minden bizonnyal eltérő kerámiakészítési recepteket takar, mivel ez utóbbi csoport nyomelem-geokémiai szempontból (az immobilis nyomelemek tekintetében) nagyon homogénnek tekinthető. Ez a tény nagy valószínűséggel a nyersanyag gondos kiválasztására utal. Különösen érdekes ez abból a szempontból, hogy a közeli Vörs, Tótok dombja lelőhelyről vizsgált kora bronzkori kerámiák közzétanilag és geokémiai szempontból is jól illeszkednek ehhez, a gondosan kiválasztott nyersanyagból készült kerámiák csoportjához. Mindez akár a specializáció jele is lehet. Végezetül, a vizsgált kultúrák közül közzétanilag és geokémiai szempontból a kelta La Tène kultúra kerámiaanyaga bizonyult a legheterogénebbnek, ez feltehetően szélesebb körű kereskedelemmel vagy szerteágazóbb technológiával magyarázható.

Honnan származhatnak a használt nyersanyagok?

A kerámiákat a vörsi lelőhely zárt régészeti objektumaiból származó talajmintákkal összevetve, továbbá a lelőhely közvetlen környezetének geológiai viszonyaiból arra következtethetünk, hogy a Máriaasszony-szigetről származó kerámiák petrográfiai és geokémiai szempontból homogén, helyi eredetűként azonosított csoportjának nyersanyagát a korabeli fazekasok nem a telep közvetlen közeléből szerezték be.

A területhez legközelebbi, kerámiakészítésre alkalmas, battyánpusztai felső pannon agyagokkal való összevetés eredményeként megállapítható, hogy ez a karbonátos agyag, éppen a jelentős karbonát-tartalom miatt nem lehetett a vizsgált kerámiák alapanyaga. A kerámiák petrográfiai és geokémiai szempontból homogén, helyi eredetűként azonosított csoportját azonban a battyánpusztai agyagokhoz hasonló immobilis nyomelem-összetétel jellemzi. Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy legvalószínűbben a korabeli fazekasok egy, a Battyánpusztán ma felszínén lévő felső pannon agyaghoz hasonló összetételű, de karbonátmentes agyagot használtak nyersanyagként.

A közeli, hasonló korú lelőhelyekről származó mintákkal való összehasonlítás alapján kijelenthető, hogy mivel a környező, a Balaton déli partján található, a Máriaasszony-szigeti lelőhelyhez közeli lelőhelyekről származó kerámiák között minden korszakban vannak a Máriaasszony-szigeti petrográfiai és geokémiai szempontból homogén csoportot alkotó kerámiákhoz hasonló petrográfiai

és geokémiai összetételű kerámiák, ezeken a telepeken is a Máriaasszony-szigeti fazekasok által használt nyersanyaghoz hasonló összetételű, helyi (közele) nyersanyagot használtak. A távolabbi, Szentgyörgyvölgyről származó kora neolitikus összehasonlító kerámiák nyersanyaga a Máriaasszony-szigeti - petrográfiai és geokémiai szempontból homogén csoportot alkotó - kerámiák nyersanyagához hasonló petrográfiai, azonban eltérő geokémiai bélyegeket hordoz, ami hasonló technológiát, de eltérő nyersanyagot feltételez.

További eredmények

Az eredethatározáson túl vizsgálataim során kimutattam, hogy a késő rézkori Kostolac kultúrából származó inkrusztált kerámiák "mészbetétjének" anyaga hidroxilapatit, azaz a berakások csontörleményből készültek. Egy kora bronzkori Kisapostag kultúrából származó kerámia díszítőanyagát kalcium-karbonátként azonosítottam (Gherdán et al, 2005).

A kora neolitikus Starčevo kultúrából származó "szendvicskerámiák" esetében az irodalomból ismert etnoarcheológiai kutatások eredményeit felhasználva meghatároztam a kerámiák égetési körülményeit (rövid – általában 10 percnél rövidebb – hőtartás, gyors felfűtés – általában 20–40 °C/perc – és alacsony (700–800 °C) maximális égetési hőmérséklet) (Gherdán et al, 2005).

A Vörs, Máriaasszony-sziget sokperiódusú régészeti lelőhely kerámiáin végzett vizsgálataim során referenciaanyagot szolgáltatottam a dunántúli őskori kerámiák további kutatásához.

Munkám eredményeképp megállapítható, hogy a kerámiák és a lehetséges helyi nyersanyagok petrográfiai valamint, a fő- és nyomelemek meghatározásán alapuló, geokémiai kutatása együttesen alkalmazva, olyan területeken, régészeti lelőhelyeken is hatékony lehet a nyersanyagok származásának meghatározásában, ahol az eredethatározás szempontjából megkülönböztető jelleggel rendelkező képződmények nincsenek a felszínen, és a területen számos szóba jöhető nyersanyag-lelőhely található.

Köszönetnyilvánítás

Nem múlt hálával tartozom témavezetőmnek Szakmány Györgynek és konzulensemnek T. Biró Katalinnak amiért folyamatosan segítettek munkámat. Köszönöm Szabó Csabának, hogy doktori tanulmányaim kezdetén témavezetőként és a későbbiek során is bármikor segített.

A műszeres vizsgálatokban nyújtott segítségért köszönettel tartozom Tóth Máriának, Balla Mártának, Molnár Zsuzsának, Heinrich Taubaldnak, Pintér Farkasnak és Gálné Sólmos Kamillának. Józsa Sándornak köszönöm a

csiszolatok elkészítésében nyújtott felbecsülhetetlen segítségét. Köszönet illeti Kalicz Nándort, M. Virág Zsuzsát, Kiss Viktóriát és Tankó Károlyt a vizsgált régészeti leletanyaggal kapcsolatos útmutatásukért, valamint Bánffy Esztert, P. Barna Juditot, Horváth Tündét, Kiss Viktóriát és Regénye Juditot, hogy az összehasonlításhoz felhasznált régészeti leleteket rendelkezésemre bocsátották.

Továbbá köszönettel tartozom mindazoknak, akik az elmúlt években valamilyen módon segítettek munkámat. Köszönöm Bendő Zsolt, Bradák Balázs, Claudio Capelli, Dobosi Gábor, Dúzs Kriszta, Hably Lilla, Kasztovszky Zsolt, Kovács József, Kreiter Attila, Péterdi Bálint, Elisabetta Starnini, Szilágyi Veronika, Weiszbürg Tamás és a Litoszféra Fluidum Kutatólabor segítségét.

Kutatásom költségeit az OTKA T-046297 (témavezető T. Biró Katalin), a "Magyarországi újkőkori kerámiák archeometriai vizsgálata és a közvetlen környezetükben található potenciális nyersanyaglelőhelyekkel való összehasonlításuk" MÖB-DAAD projekt, (témavezetők Heinrich Taubald és T. Biró Katalin), az OTKA K-62874 (témavezető Kasztovszky Zsolt) és az ANCIENT CHARM EU-NMI3 pályázatok biztosították.

Az "Archaeometry of the first ceramic pyrotechnology in the Carpathian Basin" című, magyar–olasz kormányközi együttműködés OMFB-00445/2005 I-36/03 keretében (témavezetők: Elisabetta Starnini; Szakmány György) tíz napot tölthettem a comói Musei Civici archeobotanikai laboratóriumában, valamint 2007-ben szintén tíz napot a Genovai egyetem DIPTERIS (Dipartimento per lo Studio del Territorio e sue Risorse) laboratóriumában.

A cikk alapjául szolgáló doktori dolgozat nem születhetett volna meg férjem, Gherdán Tamás, aktív közreműködése, és lányaink, Teó, Hanyi és Rozi kitartó türelme nélkül. Köszönöm.

Irodalom

GHERDÁN, K., T. BIRÓ, K. SZAKMÁNY, GY. (2004): Petrologic Studies on Early Neolithic Pottery from Vörs, SW Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica*, **XLV/2**, Szeged, pp. 41–48.

GHERDÁN, K., T. BIRÓ, K., SZAKMÁNY, GY., TÓTH, M. (2005): Technological investigation of Early-Neolithic pottery from Vörs, South-West Hungary. In: Prudêncio, M. I., Dias, M. I., Waerenborgh, J. C. (eds): *Understanding People through their Pottery Proceedings of the 7th European Meeting on Ancient Ceramics*, Lisboa, pp. 111–118.

GHERDÁN, K., T. BIRÓ, K., SZAKMÁNY, GY., TÓTH, M., G. SÓLYMOS, K. (2005): Analysis of

Incrusted Pottery from Vörs, South-West Hungary. In: Prudêncio, M. I., Dias, M. I., Waerenborgh, J. C. (eds): *Understanding People through their Pottery Proceedings of the 7th European Meeting on Ancient Ceramics*, Lisboa, pp. 103–108.

HAVANCSÁK, I., BAJNÓCZI, B., TÓTH, M., KREITER, A., SZÖLLŐSI, SZ. (2009): Kelta grafitos kerámia: elmélet és gyakorlat. Dunaszentgyörgyi kerámiaák ásványtani, petrográfiai és geokémiai vizsgálatának, *Archeometriai Műhely*, **VI/1** 39-52. http://www.ace.hu/am/2009_1/AM-09-01-HI.PDF

KALICZ, N., M. VIRÁG, ZS., T. BIRÓ, K. (1998): The northern periphery of the Early Neolithic Starčevo culture in south-western Hungary: a case study of an excavation at Lake Balaton Poročilo *Documenta Praehistorica - Poročilo o raziskovanju paleolitika, neolitika in eneolitika v Sloveniji* Ljubljana Univerza v Ljubljani **25** 151-188.

KALICZ, N., T. BIRÓ, K., M. VIRÁG, ZS. (2002): Vörs, Máriaasszony-sziget. *Régészeti Kutatások Magyarországon/Archaeological investigations in Hungary* 15-26.

M. ARADI, CS. (1992): 1990-91, Vörs, Máriaasszony-sziget. *Régészeti Füzetek*, **44** 26-27.

ORTON, C. (2009): Lessons from the Elephant's Child: questioning ancient ceramics. In: *10th European Meeting on Ancient Ceramics, EMAC'09. Abstracts*. The British Museum, p. 39.

SZAKMÁNY, GY., GHERDÁN, K., STARNINI, E. (2004): Kora neolitikus kerámiakészítés Magyarországon: a Körös és a Starčevo kultúra kerámiáinak összehasonlító archeometriai vizsgálata. *Archeometriai Műhely* **I/1**, pp. 28—31. http://www.ace.hu/am/2004_1/AM-2004-SZGY.pdf

SZAKMÁNY, GY., GHERDÁN, K., STARNINI, E. (2006): Early neolithic pottery production in Hungary: a comparative archaeometrical study of Körös and Starčevo ceramics. – *Proceedings of the 34th International Symposium on Archaeometry, 3-7 May 2004, Zaragoza, Spain, Institución Fernando el Católico (C.S.I. C.) Excma. Diputación de Zaragoza*, pp. 549-554.

T. BIRÓ, K., GHERDÁN, K., SZAKMÁNY, GY., TÓTH, M. (2007): Ceramic sequence of 7000 years: archaeometrical study of pottery finds from Vörs, Máriaasszony-sziget (SW Hungary), In: *Waksman, Y. (ed.): Archaeometric and Archaeological Approaches to Ceramics Papers presented at EMAC'05, 8th European Meeting on Ancient Ceramics*, Lyon, pp. 25—31.

GHERDÁN, K., SZAKMÁNY GY., TÓTH, M., T. BIRÓ, K., KISS, V. (2007): Archaeometric studies on Early Bronze Age pottery from Vörs-Máriaasszony-sziget. *Archeometriai Műhely*, **IV/2**, pp. 21-31. http://www.ace.hu/am/2007_2/AM-2007-02-GHK.pdf

**FEHÉR MÁRVÁNYOK SIKERES EREDETMEGHATÁROZÁSÁNAK
FELTÉTELEI
(AVAGY A SIKERTELEN EREDETMEGHATÁROZÁS OKAI)
CONDITIONS FOR SUCCESSFUL PROVENANCE STUDIES OF WHITE
MARBLES**

ZÖLDFÖLDI JUDIT

Tübingeni Egyetem, Földtudományi Intézet

Wilhelmstrasse 56, 72074 Tübingen, zoeldfoeldi@yahoo.de

Abstract

I wish to present a synthesis of experience from previous measurements regarding the provenance study of marbles; to explain different methods, techniques and their combination of successful provenancing; and to draw the attention to some avoidable, typical mistakes, which I discovered during my studies.

As a basic condition, it is important to examine the processes that can affect the samples during and after quarrying, and change the original characteristics. Therefore, it is necessary to reconstruct the "history" of the given sample, to know where and when it was changed; e.g., when the sample is displayed to high temperature, which can influence some parameters (e.g. isotope ratios). Conservation and/or restoration work can affect the correctness of results, i.e. originality of fingerprint parameters.

Sampling has also a basic role in provenancing studies. In ideal case, the samples are homogenous. In practice, this is never the case. Thus, we have to pay attention to inhomogeneities, i.e. the spatial changes of features. These parameters can dispose characters useful for provenance studies (e.g. color; texture/bandness; appearance of accessory minerals in aggregated or diffused form; and inhomogeneity of the grain size distribution). These determining features derive from the original protolith of the marble. However, surface weathering can also cause inhomogeneity. To avoid this problem it is useful to take samples from deeper layers. Artificial inhomogeneities can be the results of restoration and conservation, such as surface treatments, antic or recent replacements on the artwork. Another case of artificial modification is achieved during the creation of the artworks. Another important fact is the chemical and physical effect of the iron staples and pins on the marble, which helped to hold together the statues. Archeologists, head of excavations, museum curators decide about the method of sampling and their main goal is of course not to destruct the artwork, or just as little as possible. We reached an important point here, in that we have powder or a bulk sample for further studies.

The next question is selecting appropriate methods. In the followings, the possible results of combined analysis of powder (drilled) samples are discussed. The advantages, but also the obstacles of the most widely applied method, stable C and O isotope analyses will be explained. Furthermore, the advantages and disadvantages of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios are discussed, also the subject to the used analytical method, like ICP-MS or TIMS. The results of the isotopic analysis can be verified and completed with chemical measurement; however, its disadvantage is that the different methods provide information about different elements with different sensitivity. The ideal case for investigation is when – instead of powder sample – a representative bulky part (or drilling core) of the object can be separated and analytical methods like quantitative textural analyses (QTA) and cathodoluminescence investigations can be carried out.

Összefoglalás

Ebben a tanulmányban a márványokon végzett eddigi vizsgálatok tapasztalatainak szintézisét szeretném nyújtani abban a tekintetben, hogy márványok eredetmeghatározása során más szerzők és a magam vizsgálatai alapján milyen módszereket, módszercsoportokat, illetve módszerkombinációkat érdemes alkalmazni a sikeres meghatározás érdekében. Fel kívánom hívni a figyelmet néhány elkerülhető típushibára is, amelyekbe magam ütköztem a vizsgálataim során.

Első és legfontosabb lépés a márványok eredetének meghatározásakor, hogy a természetben megtalálható márványokat olyan legkisebb egységekre/típusokra bontsuk fel, melyek egyedi „ujjlenyomattal” rendelkeznek. Minden eredetmeghatározás alapvető feltétele a minta reprezentatív volta. Vizsgálni kell, hogy az adott anyaggal a bányából való eltávolítása után milyen olyan folyamat történhetett, amely az egyedi ujjlenyomatot megváltoztathatta. Ilyen értelemben az adott minta „történetét” rekonstruálni kell, mely pontokon érthette az adott vizsgálati módszer szempontjából döntő vagy befolyásoló hatás. Az eredmények jóságát, azaz az ujjlenyomat eredetiségét a konzerválási és/vagy restaurálási beavatkozások is kisebb-nagyobb mértékben befolyásolhatják. A tanulmányban az eredetmeghatározáshoz felhasznált mintaanyag, illetve mintavétel szerepéről és fontosságáról, a minta természetes inhomogenitásának hátrányairól és előnyeiről nyújtok áttekintést.

Döntő tényező, hogy a vizsgálandó anyag por vagy szilánk formájában áll-e rendelkezésünkre. A bevetett módszerek, illetve ezek kombinálása a kérdésfeltevéstől és a rendelkezésünkre álló anyagtól függ. A stabil szén- és oxigénizotóp-összetételek vizsgálata a márványok eredetének meghatározásában manapság az egyik leggyakrabban bevetett módszer. A $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotóparányban rejlő potenciált is vitatom, amely egyre gyakrabban egészíti ki a stabil szén- és oxigénizotóp-összetételek vizsgálatát. A jelen cikkben a módszerek kritikus felülvizsgálatára is sor kerül. Fontos tényező az is, hogy a számos bevetett analitikai módszer által kapott eredmények összehasonlítására milyen adatbázisok és források állnak rendelkezésünkre, illetve melyeket alkalmazzuk.

Az eredmények „jósa” függ magától a mintától, a mintavételtől, a bevetett módszerektől és a bányákról elérhető összehasonlító adatok számától és minőségétől, illetve ezek egymáshoz való összehasonlításának lehetőségétől.

KEYWORDS: MARBLE, SAMPLING, RESTORATION, PROVENANCE, GRAIN SIZE ANALYSIS, ISOTOPE, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

KULCSSZAVAK: MÁRVÁNY, MINTAVÉTEL, RESTAURÁLÁS, EREDETMEGHATÁROZÁS, SZEMCSEMÉRET, IZOTÓP, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

Bevezetés

Ebben a tanulmányban a márványokon végzett eddigi vizsgálatok tapasztalatainak szintézisét szeretném nyújtani abban a tekintetben, hogy márványok eredetmeghatározása során más szerzők és a magam vizsgálataim alapján milyen módszereket, módszercsoportokat, illetve módszerkombinációkat érdemes alkalmazni a sikeres meghatározás érdekében. Fel kívánom hívni a figyelmet néhány elkerülhető típushibára is, amelyekbe magam ütköztem a vizsgálataim során.

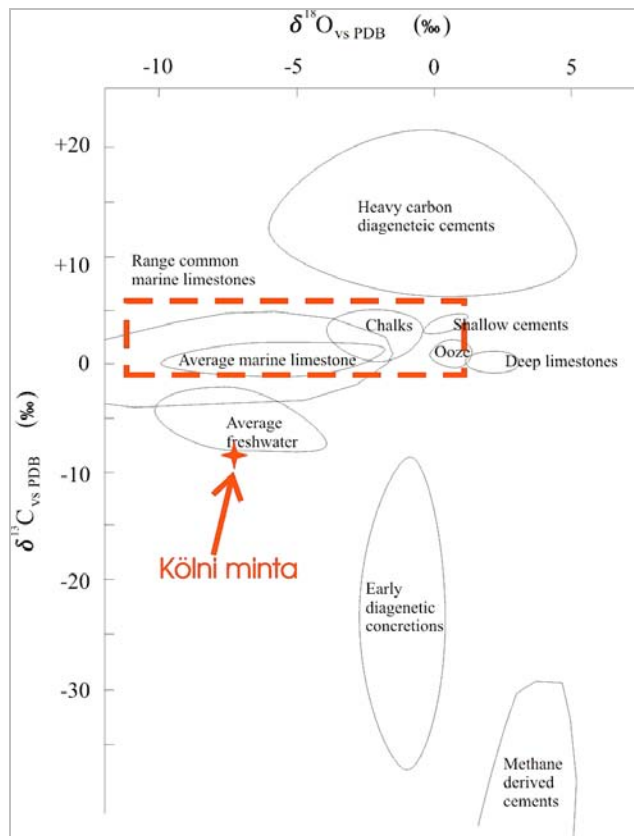
Úgy vélem, hogy az itt következő összefoglaló ebben a formában még nem volt leírva, noha bizonyos, hogy jónéhány megállapítása más kutatóknak már korábban is a munkamódszerük részét képezte. Véleményem szerint az itt közöltek megfontolásra érdemes, stratégiai jellegű megállapítások, melyek egy jelentős része az általam – részben különféle együttműködések keretében – végrehajtott egyedi vizsgálatok szintéziséből származnak, éppen ez adja az erősségüket. A vizsgálataim sokrétűsége és a vizsgált minták, valamint lelőhelyek nagy száma a metodikát egyre kiforrottabbá tette, illetve teszi.

Alapfeltételek

Első és legfontosabb lépés a márványok eredetének meghatározásakor, hogy a természetben

megtalálható márványokat olyan legkisebb egységekre/típusokra bontsuk fel, legyen az földrajzi vagy geológiai szempontból, melyek a legkülönbözőbb anyagvizsgálati módszereket (ásványtani, közettani, szöveti, szerkezeti, fizikai, kémiai, geokémiai, izotópegeokémiai, etc.) felhasználva egyedi tulajdonságcsoportokat alkotnak, azaz az adott egységhez egy természetes, egyedi „ujjlenyomatot” rendel hozzá, mely ujjlenyomat arra és csak arra az egységre jellemző. Ezen ujjlenyomat kialakulásában szerepet játszik, hogy a kiinduló kőzet különböző földtörténeti és környezetben keletkezett és különböző genetikai folyamatokon ment át (pl. kontakt vagy regionális metamorfózis).

Márványból készült régészeti leletek, illetve műemlékvédelmi tárgyak eredetének meghatározása során számos kísérlet hiúsul meg, kizárólag petrológiai vagy stabil-izotópegeokémiai vizsgálatok alapján történő eredetmeghatározáskor. Sokkal ígéretesebbnek bizonyultak a kutatások, melyek információk, - mint mikroszkópi vizsgálatok, katódlumineszcens vizsgálatok, kvantitatív szöveti elemzés, nyomelemmeghatározás, stabil- és radiogén izotópmegoszlás, stb. - párhuzamos felhasználásával, egymással való kiegészítésével hajtunk végre.



1. ábra: Jellemző oxigén- és szénizotóp-összetételek különböző környezetben képződött mészkövek (oválisok) és ismert márványok (piros téglalap) esetében Anderson & Arthur (1983) nyomán. Csillaggal a kölni mintán mért izotóp-összetételt jelöltük. Első megközelítésben az eredmények azt sugallták, hogy a vizsgált anyag nem márvány volt ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = -8,3 \text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}} = -7,2 \text{‰}$).

Fig. 1.: Characteristic $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values for limestones that were arised in different environment (ellipses) and for all known marbles (red rectangle) after Anderson & Arthur (1983). Red star represent the stable isotopical composition of the investigated marble statue of Cologne, Germany. At first sight, the results of this investigation ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = -8,3 \text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}} = -7,2 \text{‰}$) suggest that it can not be a marble.

A márványtípusok sokasága miatt a laborvizsgálatokat gondosan kiválasztott mintasorozaton kell elvégezni. Minden eredetmeghatározás alapvető feltétele a minta reprezentatív volta, azaz tükrözze vissza a bánya vagy lelőhely tulajdonságait, ahonnan származik. Bár ez a kijelentés magától értetődőnek tűnik, a gyakorlatban sok olyan tényező van, pl. kellő gyakorlat hiánya vagy a helyszín ismeretének hiánya, ami a reprezentativitást végül érdemben befolyásolhatja. Vizsgálni kell tehát, hogy az adott anyaggal a bányából való eltávolítása után milyen olyan folyamat történhetett, amely a fent említett egyedi ujjlenyomatot megváltoztathatta. Ilyen értelemben az adott minta „történetét” rekonstruálni kell, mely pontokon érthette az adott vizsgálati módszer szempontjából döntő vagy befolyásoló hatás.

Ilyen lehet például a műtárgyak nagy hőnek történő kitétele, mely akár több tényezőt is befolyásolhat (pl. izotóparányok). Példaként a Kölni Dóm márványszobraiát említeném. A kapott izotópeokémiai eredmények első látásra azt sugallták (Zöldföldi 2008), hogy a vizsgált anyag nem márvány volt ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = -8,3 \text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}} = -7,2 \text{‰}$; **1. ábra**). Mint később kiderült, a leletek a második világháború során egy tűzvész alkalmával magas hőmérsékletnek voltak kitéve. Jelenleg a Tübingeni Egyetemen folynak ígéretes ellenőrző kísérletek az ilyen hőhatások befolyásának tisztázására: milyen magas hőmérsékleten

változnak meg a különböző fizikai, kémiai, de leginkább izotópeokémiai tulajdonságok, melyeket az eredetiség vizsgálatába bevonunk (Leno et al. nyomtatásban).

Az is megemlíteném, hogy a felületen (talán szabad szemmel nem is látható) koromrészecskék is befolyásolhatják az eredményeket, mind fázisanálízis, mind pedig geokémiai szempontból. Az eredmények helyességét, azaz az ujjlenyomat eredetiségét a konzerválási és/vagy restaurálási beavatkozások is kisebb-nagyobb mértékben befolyásolhatják. Itt pl. az acryl-műgyanta kezelést említeném meg elsősorban. A szerves anyag elbomlik az emelt hőmérsékletű foszforsavas reakcióban és az így keletkezett szerves fragmentumok befolyásolhatják a mérési folyamatot, „hamis” eredményekhez vezethet (Taubald 1996, Tütken et al. 2004), habár a vizsgált márvány nyersanyag eredeti izotóp összetétele nem változott meg a műgyantás kezelés során. Az acryl-műgyantás kezelés nemcsak az izotóp összetételt befolyásolhatja, hanem pl. a SANS módszerrel (Len 2006) meghatározott póruseloszlást is megváltoztathatja, de akár a kiindulási anyag kémiai összetételét is megváltoztathatja, illetve az ultrahangos vizsgálatok eredményeinek kiértékelésénél is fontos szerepet játszhat (Ettl et al. 2006, Möllenkamp et al. 2006, Snethlage et al. 1999).

Ugyanígy azt is felül kell (kellene) vizsgálni, hogy a bányában történhetett-e valamiféle esemény, amely a bányát jellemző tulajdonságokat megváltoztathatta-e. Ez utóbbira a gyakorlatban eddig még nem ismerünk példát.

Mintavétel szerepe és fontossága az eredetmeghatározásban

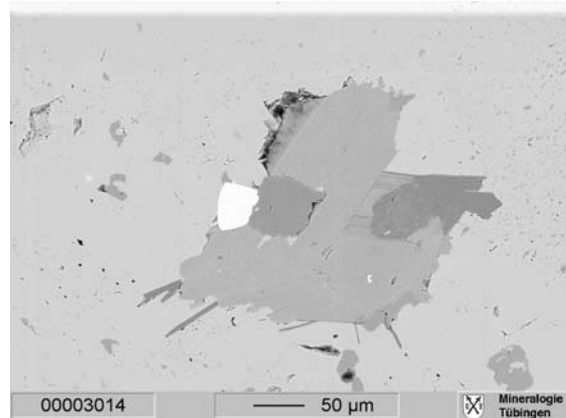
Ideális esetben a mintának homogénnek kellene lennie. A gyakorlatban ez szinte soha nem valósul meg. Ezért már a mintavételkor ügyelnünk kell a vizsgált anyag esetleges inhomogenitására, azaz egyes jellemzők esetleges térbeli változékonyságára az anyagban. Ezen jellemzők akár eredetmeghatározó karakterrel is rendelkezhetnek, mint például az anyag színe, mely különböző nyomelemtartalomra vezethető vissza, a közet sávossága (fehér-szürke sávok pl. a Marmara márványban, **2. ábra**), akcesszórius ásványok helyileg halmozott (**3. ábra**) vagy pedig szórt megjelenése (**4. ábra**), de különösen fontos a szemcseméret-eloszlásban jelentkező különbségek és raritások (pl. az elszórtan megjelenő nagy szemcsék) egy egyébként homogén mátrixban (pl. Mustafa Kemalpasa, **5. ábra**; Zöldföldi 2010). Ezen jellemzők a kiindulási márvány természeti adottságaiból adódnak, és kiszűrésük érdekében a vizsgált objektumból vagy nagyobb méretű minta vétele szükséges, vagy pedig kisebb minta több helyről. Inhomogenitást okozhat a vizsgálandó anyagban a felszíni mállás is. Ennek elkerülése érdekében javasolt a mintavétel mélyebb szintekből. Tapasztalat szerint a kb. 0,5 cm mélyről vett mintákkal a felületi mállás okozta változások kiküszöbölhetők.

Mesterséges úton okozott inhomogenitás alatt a restaurálás és konzerválás útján okozott hatásokat kell figyelembe venni.



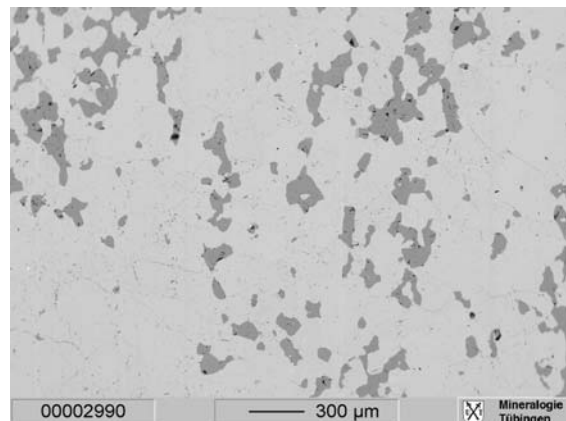
2. ábra: Jellemző fehér-szürke sávos megjelenésű márvány a törökországi Marmara szigetéről.

Fig. 2.: Characteristic white-grey banded marble from Marmara island, NW-Turkey.



3. ábra: Akcesszórius ásványok (apatit, diopszid és flogopit) halmozott megjelenése visszaszórt elektron képen (BSE) egy Ayazma lelőhelyről (ÉNy-Törökország) származó márvány esetében.

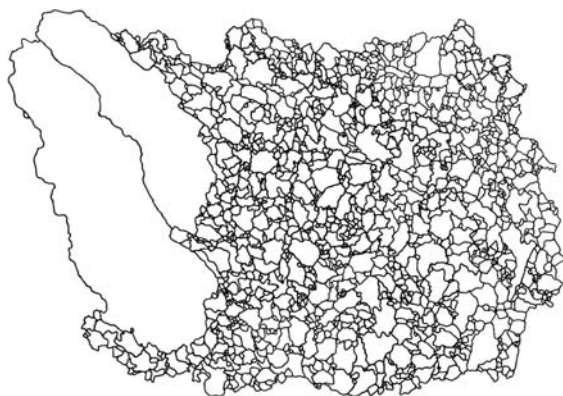
Fig. 3.: BSE image showing aggregation of accessory minerals (apatite, diopside, flogopite) in a calcitic marble from Ayazma, (NW-Turkey).



4. ábra: Akcesszórius ásványok (dolomit és apatit) szórt halmozott megjelenése visszaszórt elektron képen (BSE) egy Altinoluk lelőhelyről (ÉNy-Törökország) származó márvány esetében.

Fig. 4.: BSE image showing accessory minerals (dolomite, apatite) scattered through the marble sample from Altinoluk (NW-Turkey).

Ilyen pl. a már említett felületi kezelés, de ide tartoznak az antik, illetve recens kiegészítések/javítások is a műalkotáson. Ide tartozik az is, hogy egy-egy műalkotás akár több darabból is állhat. Ez egy mindennapos dolog volt - különösen a római korszakban. Egy jó példa erre a híres „márvány-műhely” Aphrodisiasban (Chaisemartin 1999, Erim 1967, Smith 2008), melynek szobrászai „futószalag”-szerűen készítették a torzókat és szállították Rómába vagy más római provinciába, ahol más lelőhelyről származó – jobb minőségű, értékesebb, aktuális divatnak megfelelő – márványból készítették hozzá portrét.



5. ábra: Mustafa Kemalpaşa lelőhelyről származó márványból készült vékonycsiszolatról kézi körberajzolás útján keletkezett kontúrrajz. Ez az ábra jól mutatja, hogy a minta konkrét kivágata jelentősen befolyásolhatja a kiválasztott paramétereket (ebben az esetben a maximális szemcsenagyságot).

Fig. 5.: Scanned and enhanced image of thin section made of marble from Mustafa Kemalpaşa (NW-Turkey). This figure shows clearly that the choice of the material to make thin sections can influence the detected parameter significantly (in this case the maximum grain size, MGS).

Ebben egy új császár hatalomra kerülése vagy más politikai esemény is szerepet játszhatott. Természetesen nem feledhetjük el a különböző alkotóegységek összeépítése során használt – leginkább vas – csapolások hatását a márvány szerkezetére és kémiai összetételének változására.

Következésképpen az egész vizsgálandó objektum makroszkópos és lehetőség szerint mikroszkópos vizsgálata és leírása alapvetően szükséges.

Fontos információt szolgáltat az is, hogy a márvány tisztán kalcitos vagy pedig dolomit jelenléte jellemző. Ritkább esetben dolomitos márványok is előfordulhatnak (pl. Thasos Vathy; ld. pl. Herrmann & Newman 1995, 1999, Bruno et al. 2002, Herrmann & Barbin 2002, Brilli et al. 2005). Ennek helyi vizsgálata hígított sósavval történhet, mintavétel esetén analitikai módszerek bevetése (pl. XRD, CL) ajánlott. A mintavételkor megállapított „vizuális” szemcseméret elengedhetetlen feltétele a vizsgált márvány eredetének meghatározásában, különösen, ha a mintavételi engedélyünk csak minimális mennyiségű – leginkább fűrt porminta – vételére szól (Cramer 2004, Attanasio et al. 2006, Zöldföldi in print).

A vizsgált anyag: porminta vagy vékonycsiszolat készítésére alkalmas anyag

Ezzel eljutottunk egy döntő tényezőhöz, mégpedig ahhoz, hogy a vizsgálandó anyag por vagy vékonycsiszolat készítésére alkalmas anyag formájában áll-e rendelkezésünkre. Ezt a döntést

régészek, ásatásvezetők, múzeumi kurátorok, antik felügyelőségek hozzák, akiknek legfontosabb céljuk magától értetődően (sokszor alapvető döntési tényező) a roncsolásmentes vagy részben roncsolásmentes módszerek bevetésének lehetősége. Itt szeretném megemlíteni azt is, hogy egyes lelőhelyekről származó márványok esetében a mintavétel során érezhető „záptojás”-szag is fontos információt szolgálhat. Egyik leggyakrabban említett márvány ebből a szempontból a törökországi Marmara (antik Proconessos; Cramer 2004, Zöldföldi in print).

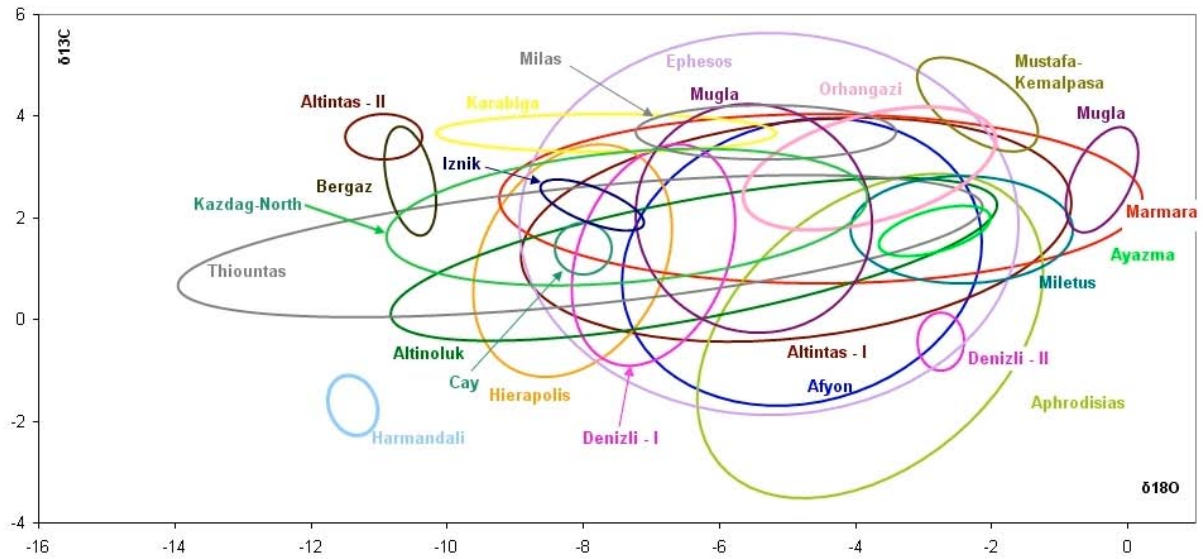
Bevetett módszerek, illetve ezek kombinálása a kérdésfeltevéstől és a rendelkezésünkre álló anyagtól függően

Lássuk, hogy milyen eredményre vezethetnek a pormintán végzett kombinált vizsgálatok.

A legszélesebb körben elterjedt és a márványkutatásban hagyománynak számító módszer a stabil izotópok vizsgálata, mely a márvány két fő komponensének, a szénnek és oxigénnek izotóparányát vizsgálja (ld. pl. Craig & Craig 1972, Herz 1985, Gorgoni et al. 2002, Cramer 2004, Unterwurzacher et al. 2005, Attanasio et al. 2006, Zöldföldi et al. 2008b). Az eredményeket szinte kivétel nélkül a (V-)PDB nemzetközi sztenderdhez viszonyítva a hagyományos $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékekkel adják meg [$\delta = (R_{\text{minta}}/R_{\text{szenderd}} - 1) \times 1000$, ahol R a vizsgált $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, illetve $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ arány] ‰ értékben kifejezve. A kísérlet viszonylag kis mennyiségű anyagon (néhány 100 µg - 10 mg) elvégezhető, és a laboratóriumok eredményei közötti összehasonlítás egyértelmű. Mindennek következtében a legtöbb összehasonlító adatbázis ezen adatokat tartalmazza (a MissMarble adatbázisban több mint 2000 geológiai és régészeti mintáról áll rendelkezésre stabilizotóp-összetéti adat (Zöldföldi et al. 2008a, b, 2009a). Viszont minél több adat kerül a rendszerbe, annál több az átfedés.

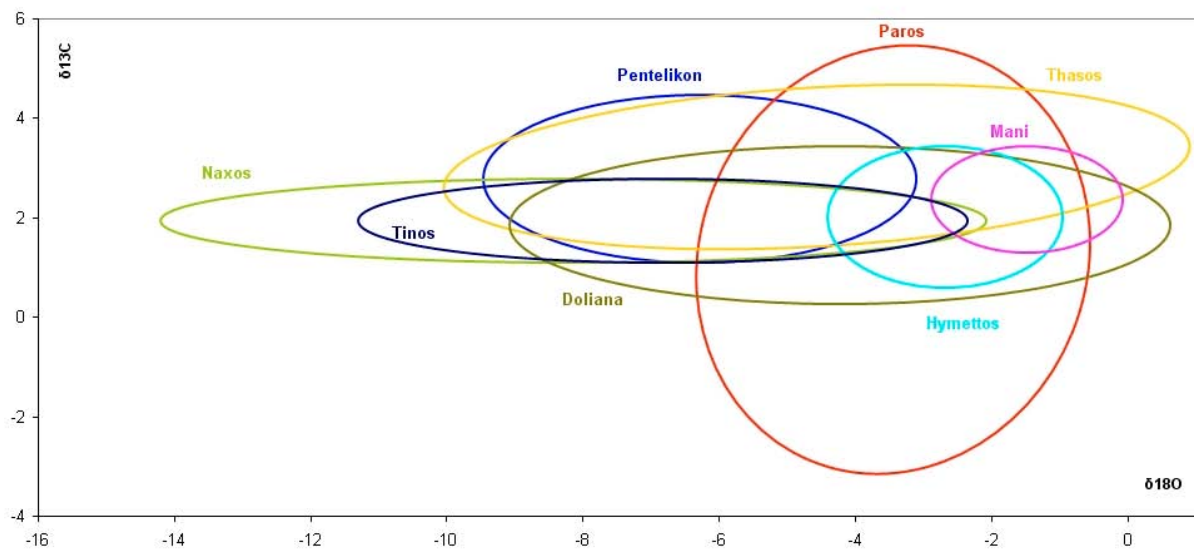
Példaként a török és a görög márványok stabilizotóp-összetéti diagramját mutatnám be (**6. és 7. ábra**). Ritkán fordul elő, hogy kizárólagosan stabilizotóp-arányok alapján az eredet meghatározható; ilyenek például Altintas-West és Harmandali bányák Törökországban (**6. ábra**) vagy pedig Satur Indiában (**8. ábra**; Zöldföldi et al. 2008b).

A szén és oxigénizotóp-összetéti adatok használatánál a következő tényezőket nem szabad figyelmen kívül hagyni: (1) A márványok akár egy bányán belül is kisebb-nagyobb inhomogenitást mutatnak, mint pl. Yenice és Altinoluk Törökországban (**9. ábra**). (2)



6. ábra: Az anatóliai bányákból származó márványok stabilizotóp-összetétele (‰-ban kifejezve, a PDB sztenderdhez viszonyítva; Cramer 2004, Attanasio 2006 és Zöldföldi 2008b alapján)

Fig. 6.: Cross plot of $\delta^{13}\text{C}$ versus $\delta^{18}\text{O}$ isotopic ratios (in ‰; relative to PDB) of the marble quarries in West Anatolia after Cramer 2004, Attanasio 2006 és Zöldföldi 2008b.

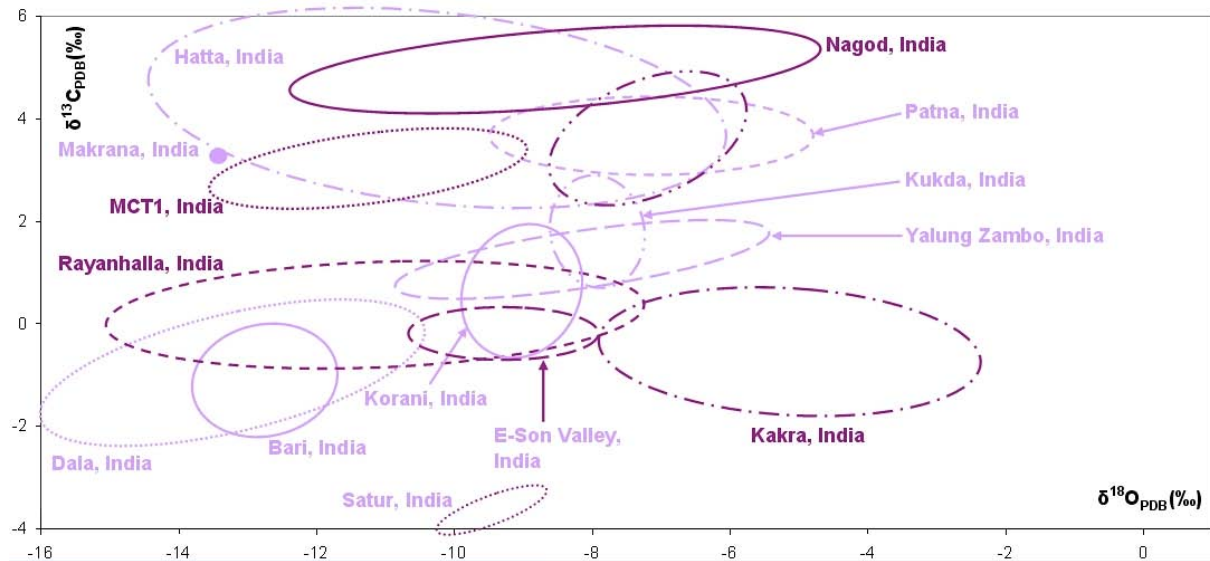


7. ábra: A görög bányákból származó márványok stabilizotóp-összetétele (‰-ban kifejezve, a PDB sztenderdhez viszonyítva; Cramer 2004, Attanasio 2006 és Zöldföldi 2008b alapján).

Fig. 7.: Cross plot of $\delta^{13}\text{C}$ versus $\delta^{18}\text{O}$ isotopic ratios (in ‰; relative to PDB) of the marble quarries in Greece after Cramer 2004, Attanasio 2006 and Zöldföldi 2008b).

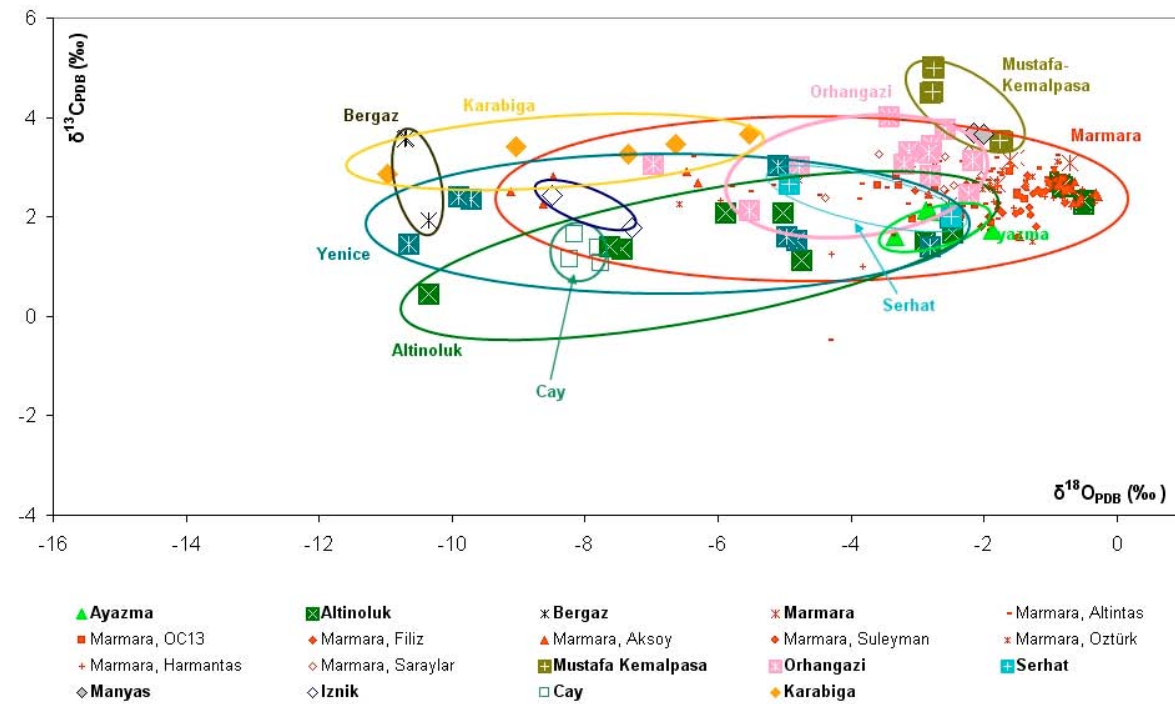
Egy bányán belüli különböző rétegek vagy formációk mutathatnak önmagukban homogén stabil izotóp eloszlást, de egymáshoz képest

jelentős különbségeket, mint pl. Marmara, Aphrodisias és Afyon bányák Törökországban (**10a-f. ábra**).



8. ábra: Az indiai szubkontinensről és környékéről származó márványok stabilizotóp-összetétele (‰-ban kifejezve, a PDB sztenderdhez viszonyítva, Zöldföldi 2009; Zöldföldi & Neunteufel 2009).

Fig. 8.: Cross plot of $\delta^{13}\text{C}$ versus $\delta^{18}\text{O}$ isotopic ratios (in ‰; relative to PDB) of the marble quarries from the Indian Subkontinent and surrounding area (Zöldföldi 2009; Zöldföldi & Neunteufel 2009).

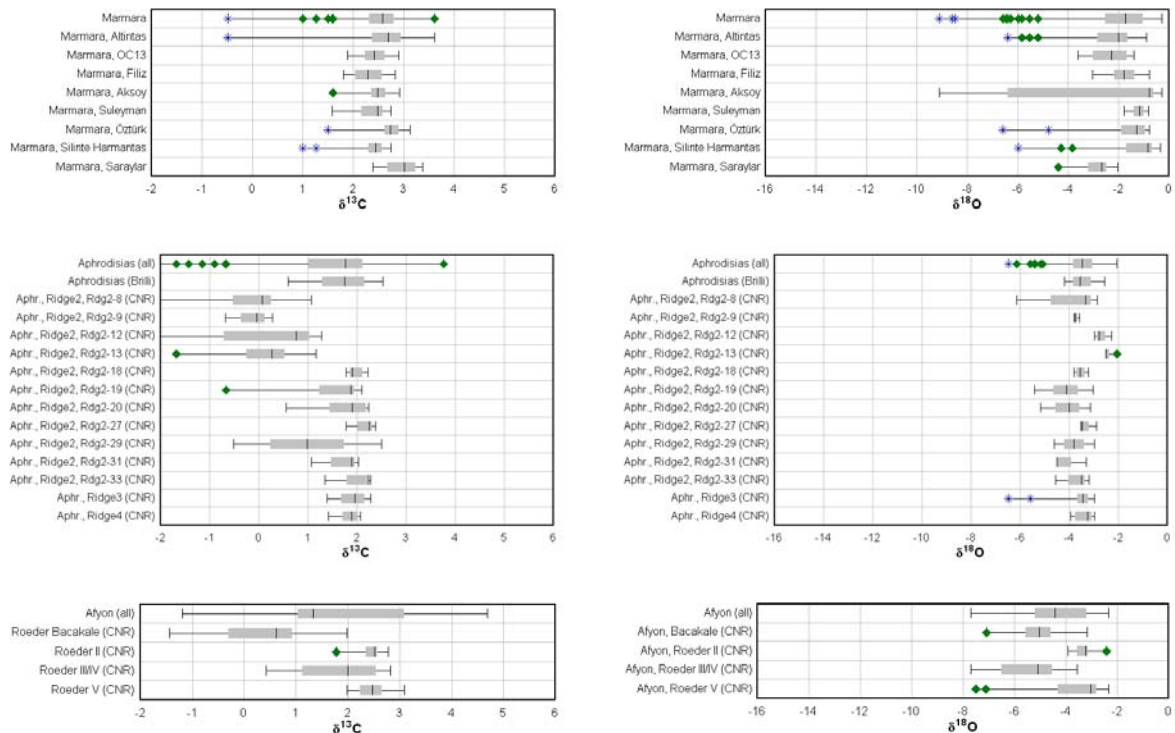


9. ábra: A Biga-félszigetről (Ény Törökország) származó márványok stabilizotóp-összetétele (‰-ban kifejezve, a PDB sztenderdhez viszonyítva). Részletes irodalomjegyzék található Zöldföldi et al. 2008b munkájában.” helyett „viszonyítva, Zöldföldi in print).

Fig. 9.: Cross plot of $\delta^{13}\text{C}$ versus $\delta^{18}\text{O}$ isotopic ratios (in ‰; relative to PDB) of the marble quarries from the Biga Peninsula, NW-Turkey (Zöldföldi in print).

(3) Az stabilizotóp-összetételi adatok egymástól teljesen független geológiai egységekből származó márványok esetében azonosak lehetnek, még akkor

is, ha a márványok különböző leülepedési feltételek között kialakult mészkövekből képződtek és különböző fokú metamorfózist szenvedtek el.



10. ábra: Egy bányán belüli különböző rétegek vagy formációk önmagukban homogén stabil izotóp-összetételt mutatnak, de egymáshoz képest jelentős különbségeket, mint pl. törökországi Marmara (a-b), Aphrodisias (c-d) és Afyon (e-f) bányák esetében (‰-ban kifejezve, a PDB sztenderdhez viszonyítva), Zöldföldi et al. 2008b és Attanasio et al. 2006 alapján.” helyett viszonyítva; Attanasio et al. 2006, Zöldföldi nyomtatásban).

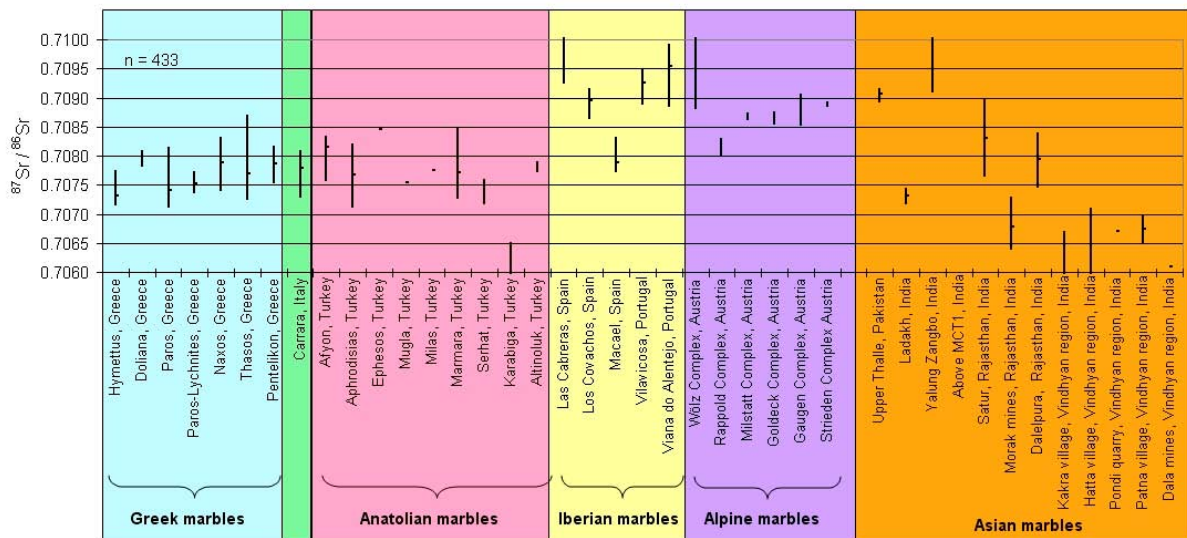
Fig. 10.: Different marble types from the same quarry are showing different stable isotopic ratios, e.g., the marble quarries of Marmara (a-b), Aphrodisias (c-d) and Afyon (e-f). $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ isotopic values are in ‰; relative to PDB. (Attanasio et al. 2006, Zöldföldi in print).

(4) Nem ritka a véletlenszerű egybeesés földrajzilag egymástól távol eső bányák esetében. (5) $1\text{‰} < \delta^{13}\text{C} < 4\text{‰}$ illetve $-6\text{‰} < \delta^{18}\text{O} < 0\text{‰}$ közé eső minták esetében az eredetmeghatározást mindenképpen más módszerek alkalmazásával kell kiegészíteni, stabilizotóp-arányok alapján legfeljebb a lehetséges bányák száma csökkenthető.

Az inhomogenitások okozta hátrány azonban néhány esetben előnynek bizonyult: ha lehetőségünk van arra, hogy a műemléket több helyen megmintázhassuk, mégpedig egymáshoz makroszkóposan és mikroszkóposan akár hasonló, de legfőképpen eltérő felületen (feltéve ha a műemlék tényleg egy tömbből készült). Így a minták egyedi kiértékelése után az így kapott lehetséges bányák halmazának közös metszetét képező lelőhelyek jöhetnek csak számításba.

Már Herz (1985) is megállapította a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotóp arányban rejlő potenciált márványok eredetének vizsgálatára. Előnye, hogy minden márvány tartalmaz stronciumot (eddiggi tapasztalataink alapján általában 20 és 400 ppm

között) és a vizsgálat kis mennyiségű mintán elvégezhető (kb. 200 μg – 10 mg). Itt szeretném felhívni a figyelmet arra, hogy az egy bányához tartozó $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ értékek szűk intervallumba esése miatt tapasztalataim szerint az ICP-MS (induktívan csatolt tömegspektrometria) módszerrel elért eredmények felhasználása csak fokozott óvatossággal használhatók. A TIMS (termikus ionizációs tömegspektrometria) módszer alkalmazása ajánlott, ebben az esetben a különböző laboratóriumok eredményei közötti összehasonlítás is problémamentes. A módszer kiválóan alkalmas arra, hogy nagy geológiai egységeket egymástól elkülöníthessünk, mely jellemzően a különböző képződési korra vezethető vissza. Így már ezen módszer egyedi alkalmazása az esetek többségében elegendő arra, hogy a vizsgált anyag származási helyét a Mediterrán térségben vagy pedig más európai márványbányában (esetleg az Indiai-félszigeten és környékén) keressük. A $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ értékek változatosságát nagy geológiai egységen belül, illetve ezek közötti különbséget mutatja a **11. ábra.**



11. ábra: Összefoglaló diagram az archeometriai és geológiai irodalomból származó $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotóparányokról (Kumar et al. 2002, Morbidelli et al. 2002, Pentia et al. 2003, Zöldföldi & Satir 2003, Brilli et al. 2005, Schuster et al. 2005, Liu et al. 2006, Zöldföldi et al. 2008b és publikálatlan adatok alapján).

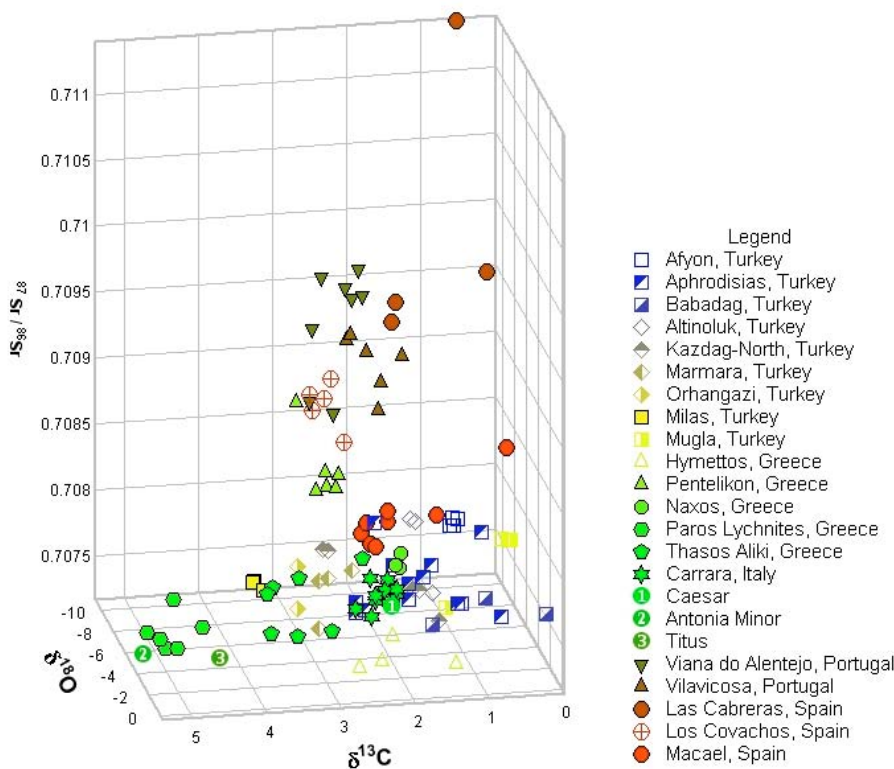
Fig. 11.: The $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios worldwide resulting from the data published by Kumar et al. 2002, Morbidelli et al. 2002, Pentia et al. 2003, Zöldföldi & Satir 2003, Brilli et al. 2005, Schuster et al. 2005, Liu et al. 2006, Zöldföldi et al. 2008b and unpublished data.

Itt szeretném még arra a tényezőre felhívni a figyelmet, hogy a képződési kor egyenes korrelációja nem minden esetben biztosított. Összefoglalva elmondhatjuk, hogy a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ értékek földtörténeti információval bírnak, ha (1) a kőzet tengeri környezetben képződött, mégpedig a globális tengervízzel egyensúlyban; (2) nem kontaminálódott Rb-tartalmú közettörmelékekkel; és (3) későbbi metasztatikus vagy metamorf folyamatok nem zavarták a Sr-izotóp rendszert.

Nagyon jó tapasztalatokkal rendelkezünk a három izotóparány együttes alkalmazásával elért eredmények kapcsán (pl. **12. ábra**) illetve ezen eredmények és a szabad szemmel meghatározott szemcseméret (és szövet) együttes bevetésekor, mint ez több esetben is bebizonyosult a különböző projektek során (Zöldföldi et al. 2009b, Zöldföldi & Neunteufel 2009, Zöldföldi et al. 2009c, Zöldföldi & Székely 2009, Zöldföldi in print). Ezen folyamatnak óriási előnye az, hogy mindezen vizsgálatok kis mennyiségű pormintán elvégezhetők, mely régészeti és művészettörténeti szempontból nagyon fontos tényező.

Az így kapott eredmények alátámasztása és esetlegesen fennmaradó nyitott kérdések megválaszolása érdekében kémiai vizsgálatokat végezhetünk. Ezzel a módszerrel a következő problémák vetődnek fel. A kémiai elemek koncentrációjának meghatározása az egyik legalapvetőbb módszer a geológiában és más tudományágakban is. Ennek megfelelően számos

alkalmazható analitikai módszer létezik, melyeket alkalmazunk. Ezek közül pl. a röntgenfluoreszcens spektrometria (XRF) a fő- és nyomelemeket vizsgálja, az atomabszorpciós spektrometria (AAS) elemenként határozza meg fő- és mellékelemek koncentrációját, az induktívan csatolt tömegspektrometria (ICP-MS) és a neutronaktivációs analízis (INAA) a mellék- de leginkább a nyomelemek koncentrációjának meghatározására összpontosít. Ezen módszerek egymás közötti összehasonlítása problémát okozhat. Egyes esetekben a különböző laborok egymás közötti összehasonlításakor is különbségek mutatkoznak (és tulajdonképpen nem is létezik egy egységes adatbank ilyen típusú eredményekből). Mindezen bizonytalanságok a márvány monomineralikus voltából adódhat (több mint 90 % -ban karbonát). Éppen ennek tudatában javaslom, hogy lehetőleg olyan elemek koncentrációját használjuk fel az eredetvizsgálat meghatározásakor, mely elemek nem „szennyezésként”, hanem a márványt alkotó kalcit (és/vagy dolomit) kristályrácsában is megtalálhatók mint pl. Sr, Mn, Fe. Ezzel kiküszöbölhetjük azt, hogy a kőzetben belüli lokális nyomelem-eloszlásokat használjuk fel eredetmeghatározásra. Ugyanakkor ez a véletlenszerűen megjelenő, lokális nyomelemeloszlás is lehet ujjlenyomat-jellegű, csak a kiértékelésnél nem szabad figyelmen kívül hagynunk a lokális hatást, főként a nagyon kicsi minták esetében.



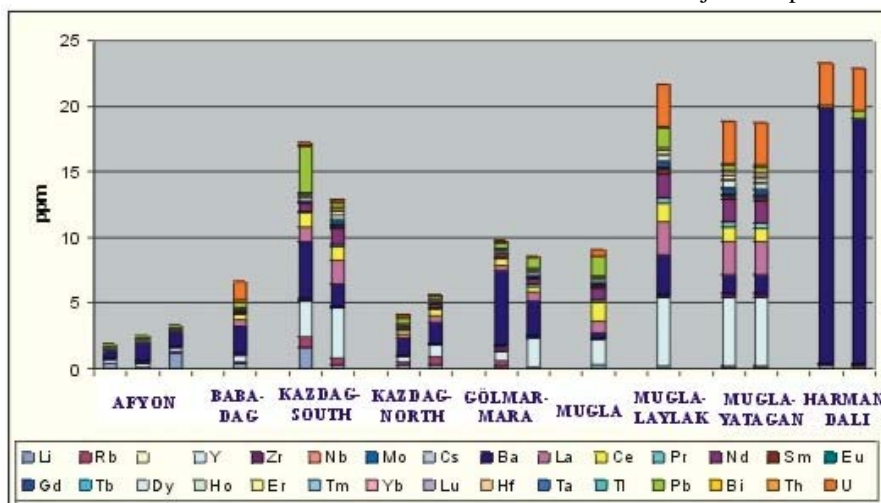
12. ábra: Három izotóparány $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ és $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ együttes alkalmazásával készült három dimenziós diagram a Mediterrán Régió márványairól (Morbidelli et al. 2002, Pentia et al. 2003, Zöldföldi & Satir 2003, Zöldföldi et al. 2008b és publikálatlan adatok alapján).

Fig. 12.: 3D diagram using $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ és $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ values of the Mediterranean Region (Morbidelli et al. 2002, Pentia et al. 2003, Zöldföldi & Satir 2003, Zöldföldi et al. 2008b unpublished data)..

Egyes esetekben azonban a márványban előforduló összes nyomelem együttes koncentrációja is lehet eredet-specifikus, mint pl. Afyon márványai, melyekben ez az érték feltűnően alacsony (2 és 4 ppm között, **13. ábra**).

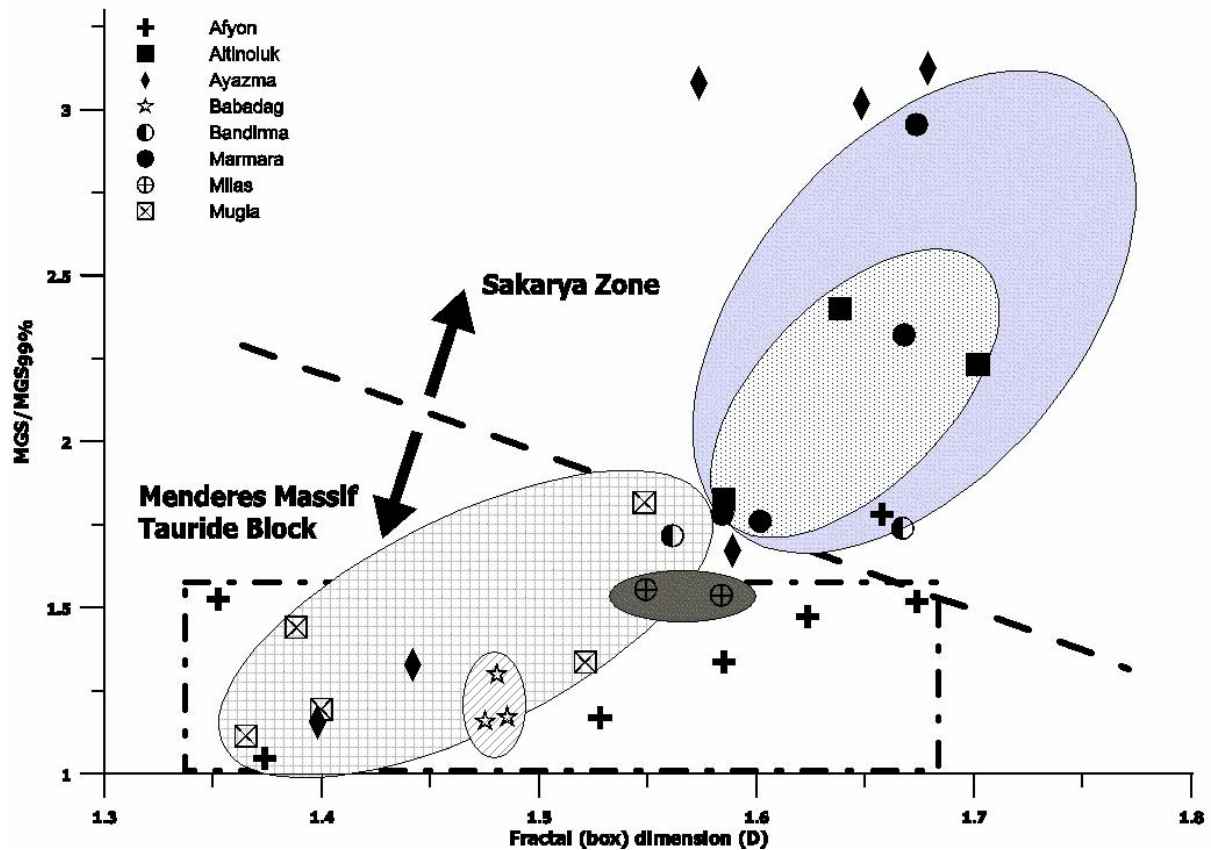
Természetesen sokkal több információhoz jutunk, ha a vizsgált műtárgyból egy reprezentatív (mint már azt feljebb leírtam) szilánk, esetleg fúrómag vételére van lehetőségünk, melyből vékonycsiszolatot készítünk. Érdemes polírozott csiszolattal dolgozni, mert ez további módszerek bevetését teszi lehetővé. Itt elsősorban a kvantitatív szöveti elemzést (Quantitative Texture Analyses, QTA) említeném (Schmid et al. 1999, Perugini et

al. 2002, Zöldföldi & Székely 2003, Zöldföldi & Székely 2004, Zöldföldi et al. 2004, Zöldföldi & Székely 2005a, b, Zöldföldi & Székely 2008, Bajnóczi et al. 2009, Székely & Zöldföldi 2009), mely a márvány változatos szövetének számszerű leírásával foglalkozik. Ezzel egy „évszázados” probléma oldódott meg, hiszen már Lepsius is leíró petrográfiai vizsgálatai folyamán nagyon hasznos információnak vélte a szöveti elemzést. Sok publikációban olvasunk homeoblasztos, heteroblasztos szövetről, izomorf, cakkozott, egyenletes szemcsehatáru szemcsékről, illetve finom-, közepes és durvaszemcsés márványokról. Ezen kifejezések szubjektívek, ez egyes kutatók szubjektív tapasztalatait írják le.



13. ábra: Nyomelemekkoncentrációk különböző nyugat-törökországi lelőhelyekről származó márványok esetében (Zöldföldi & Satir 2003).

Fig. 13.: Trace element concentration of marbles from West-Turkey measured by ICP-MS (Zöldföldi & Satir 2003).



14. ábra: A kvantitatív szöveti elemzés (QTA) és a fraktálemzés (FA) kombinációjának eredményei alapján a törökországi nagy tektonikai egységek (Sakarya Zóna és Menderes masszívum) egymástól jól elkülöníthetők (Zöldföldi & Székely 2004).

Fig. 14.: Combined the Quantitative Texture Analysis (QTA) and Fractal Analysis (FA), the main geological units (Sakarya Zone and Menderes Massif) are clearly to distinguish (Zöldföldi & Székely 2004).

Ezen a téren óriási előrelépést jelentett a kvantitatív szöveti elemzés kifejlesztése, mely folyamat még messze nem zárult le. Természetesen ennek a módszernek is vannak hátrányai: a vékonycsizolat elkészítése és a numerikus adatok kézbe vétele között több idő-, hardver- és szoftverigényes lépés zajlik le. Ennek köszönhető az is, hogy ilyen típusú eredmények napjainkban csak korlátozott számban léteznek, és a különböző módszerfejlesztő csoportok (még) nem minden finom részletben jutottak közös nevezőre.

A módszer csiszolt felületű minták vagy vékonycsizolatok vizsgálatán alapul (Zöldföldi & Székely 2004). A minta felületéről valamely technikával (pl. fényképezés, szkennelés) képet készítünk, majd az így kapott képet alkalmas digitális feldolgozási lépések segítségével olyan formátumúra hozzuk, hogy az egyes szemcsék határai jól kivehetők legyenek, és minden más vonalszerű elem (pl. ikresedés) eltűnjön. Jelen pillanatban a legkisebb hibájú eljárás a szemcsék kézi körberajzolása. Az elemzés közvetlen bemenete tulajdonképpen az így előálló

szemcsékcontúrokat ábrázoló fekete-fehér (bináris) rajz. A kvantitatív szöveti elemzés az egyes szemcsék geometriáját, illetve a szemcsék geometriai paramétereinek statisztikai eloszlását vizsgálja. A leggyakrabban használt és eredetmeghatározási szempontból is jelentős szemcszejellemző a szemcsék legnagyobb kiterjedése, másnéven hossz tengely, amit angol rövidítéssel MGS-nek (Maximum Grain Size) szokás jelölni. További csoportot képeznek a szemcsék területéről származtatott mennyiségek, pl. A legnagyobb előforduló terület (MGA, Maximum Grain Area). Amint azt a **5. ábra** mutatja, a legnagyobb hossz tengely (azaz MGS) rendkívül érzékeny lehet a minta konkrét kivágatára, azaz, hogy a kőzetnek éppen mely darabját vizsgáljuk. Az érzékenység csökkentése érdekében az MGS paraméter módosított, statisztikai szempontból előnyösebb változatát, az $MGS_{99\%}$ -t használjuk, amely az a hosszúság, amelynél a mintában lévő szemcsék 99%-nak a hossz tengelye kisebb. Ez a mérőszám sokkal robusztusabb, mivel lényegesen kevésbé valószínű, hogy a minta kivágata érdemben befolyásolja az értéket. Ezzel analóg módon

bevezethetjük a szemcseterületre pl. az $MGA_{99\%}$ -t is (Zöldföldi & Székely 2004).

Egy további elemzési módszer, mely bevetésre kerül a márványok szöveti képének leírásakor, a fraktálanalízis (Zöldföldi & Székely 2004). Itt az előzőekkel ellentétben az egyes szemcséket külön nem vizsgáljuk, hanem épp az egész mintázat jellegét együttesen próbáljuk fraktáljellemzők segítségével megragadni. Ezt a jellemzőt a fraktáldimenzió (D) írja le.

A kvantitatív szöveti elemzés és a fraktálemelés kombinációjának eredményeit mutatja be a **14. ábra**. Habár az eljárás nem alkalmas a pontos származás meghatározására, a különböző geológiai egységekhez tartozó márványok egymástól nagy biztonsággal elkülöníthetők, mint például Nyugat-Anatólia márványok esetében, ahol a fő szerkezeti vonaltól (Izmir-Ankara-Szutúrától) északra és délre eső geológiai egységek elkülönítése adott.

Ugyanezen vékonycsiszolat (érdeemes már a kezdettől fogva polírozott vékonycsiszolatot készíteni) alkalmas a katódlumineszcens vizsgálatokra is. A meghatározott katodómikrofácies alkalmas arra, hogy akár egy geológiai egységből származó mintákat válasszunk szét (pl. Afyon és Usak, Zöldföldi 2010).

Összehasonlítás különböző adatbankokkal

Eddig arról írtam, hogy milyen vizsgálati anyagot milyen módszerekkel írunk le. Most röviden arra szeretnék kitérni, hogy a kombinált vizsgálatok után kapott eredményeket mivel hasonlítjuk össze. Különböző adatbázisok léteznek világszerte különböző bányákról, különböző vizsgálati módszerekkel. Itt a kollégáim és általam kifejlesztett MissMarble adatbázist szeretném kiemelni, mely egy internet-alapú és interdiszciplináris adatbázis (www.missmarble.info). Az adatbázis a márványvizsgálatok eredményeit igyekszik a csatlakozó kutatók számára átfogó módon, integráltan rendelkezésre bocsátani; aktuálisan (2010 március) több mint 3000 adatrekorddal rendelkezik mintegy 400 márványtípusról (Zöldföldi et al. 2008a, b, 2009a). A kategóriájától függetlenül (nyersanyag, régészeti vagy műemlékvédelmi minta) minden adatsor tartalmazza a következő tulajdonságokat: a minta azonosítása, pillanatnyi feltalálási helye, ásványtani, közettani, szöveti, szerkezeti, fizikai, kémiai, geokémiai, izotópegeokémiai, mérnökgeológiai vizsgálatok, stb. eredményei. Nyersanyag esetében a földtani besorolás (kor, fácies) jelenik meg új szempontként; műtárgy esetében a tárgyak régészeti ill. művészettörténeti leírása, származásvizsgálati eredményei, konzerválási és restaurálási tapasztalatok rögzítése lehetséges. A rendszer részletesebb bemutatása egy korábbi munkánkban olvasható (Zöldföldi et al.

2008). A kliensszoftveren keresztül a felhasználó különféle lekérdezéseket, elemzéseket végezhet a márványlelőhelyek, illetve régészeti tárgyak, művészettörténeti objektumok és építészeti elemek tekintetében is.

Ezzel kapcsolatban a legnagyobb hátráltató tényezőnek eredetmeghatározás szempontjából az adatbank (tkp. a világon elérhető adatok) hézagoss voltát találok. Ezalatt azt értem, hogy bizonyos módszereket szinte minden „márványkutató” használ, és ezen adatok száma folyamatosan nő (pl. stabil izotópok), míg más módszerek eredményei csak néhány lelőhelyről elérhetőek. Ezekhez tartoznak az időigényes és/vagy drága módszerek, mint pl. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotópok arányának meghatározása vagy pedig a kvantitatív szemcseméret meghatározás.

Kitekintés

Mint láttuk, a módszerek repertoárja igen széles. Az eredmények „jósa” függ magától a mintától, a mintavételtől, a bevetett módszerektől és a bányákról elérhető összehasonlító adatok számától és minőségétől, illetve ezek egymáshoz való összehasonlításának lehetőségétől. Egy jól megalapozott eredetmeghatározás feltétele, a különböző tudományos területeken dolgozó kutatók együttműködésén alapul. Természetesen csak úgy juthatunk előbbre, ha az eredményeinket, tapasztalatainkat (a rosszat is!), de a rendelkezésünkre álló mintaanyagot (egymást kiegészítő vizsgálatok elvégzése céljából) megosztjuk egymással.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazon kollégáknak, akik ebben a sokrétű kutatási folyamatban segítségemre álltak. Külön köszönettel tartozom dr. Székely Baláznak. A vizsgált mintaanyag rendelkezésére bocsátásáért köszönet illeti a Troia Projektet (Prof. Manfred Korfmann), a Magyar Nemzeti Múzeumot (dr. Biró Katalin és Mráv Zsolt), a Baden-Württembergi Múemlékvédelmi Hivatalt Stuttgartban (Otto Wölb), a régészeti ásatásokat Szombathelyen (Sosztarics Ottó), Pantellerián, Olaszországban (Prof. Thomas Schäfer), Elusán, Izraelben (Prof. Moshe Fischer), Portugáliában (dr. Denis Graen), Rómában (Stephan Zink), az Ortiz gyűjteményt, Svájcban. A vizsgálatokat a DFG, DAAD, MÖB, CHARME, Tübingeni Egyetem Geokémiai Tanszéke, Baden-Württembergi Múemlékvédelmi Hivatal, illetve az Antique Analytics, Frankfurt (dr. Robert Neunteufel) finanszírozta. Továbbá köszönetemet szeretném kifejezni dr. Lövey Pál és dr. Demény Attila lektoroknak a kézirat színvonalát javító kritikai észrevételeikért.

Irodalomjegyzék

- ANDERSON, T. F. & ARTHUR, M. A. (1983): Stable isotopes of oxygen and their application to sedimentologic and paleoenvironmental problems. *In: Stable isotopes in sedimentary geology, SEPM, Short Course No. 10.* Dallas.
- ATTANASIO, D., BRILLI, M. & OGLE, N. (2006): *The Isotopic Signature of Classical Marbles*, Roma, L'Erma di Bretschneider. 297.
- BAJNÓCZI, B., SZÉKELY, B. & ZÖLDFÖLDI, J. (2009): Extended data base of fractal analysis (FA), quantitative fabric analysis (QFA) and cathodoluminescence (CL) properties of South-East European and Anatolian white marbles. *Asmosia IX, Abstracts.* Tarragona: ICAC: 100.
- BRILLI, M., CAVAZZINI, G. & TURI, B. (2005): New data of Sr-87/Sr-86 ratio in classical marble: an initial database for marble provenance determination. *Journal of Archaeological Science*, **32**: 1543-1551.
- BRUNO, M., CONTI, L., LAZZARINI, L., PENSABENE, P. & TURI, B. (2002): The marble quarries of Thasos: an archaeometric study. *In: LAZZARINI, L. (ed.) Interdisciplinary studies on ancient stone.* Padova: Bottega d'Erasmus, 157-162.
- CHAISEMARTIN, N. (1999): Technical aspects of the sculptural decoration at Aphrodisias in Caria. *In: SCHVOERER, M. (ed.) Archeomateriaux - Marbres et Autres Roches.* Bordeaux-Talence: CRPAA Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie, 261-268.
- CRAIG, H. & CRAIG, V. (1972): Greek Marbles: Determination of provenance by isotopic analysis. *Science*, **176**: 401-403.
- CRAMER, T. (2004): *Multivariate Herkunftsanalyse von Marmor auf petrographischer und geochemischer Basis.*, Berlin, Doctoral Thesis, Technical University Berlin. 334.
- ERIM, K. T. (1967): Ancient Aphrodisias and its marble treasures. *National Geographic*, **132**: 280-294.
- ETTL, H., PFANNER, M. & CLAUB, H. (2006): Das Kindergrabmal La Roche in Basel. Konservierung und Restaurierung von Carrara-Marmor *Restaurio*, **112**: 174-181.
- GORGONI, C., LAZZARINI, L., PALLANTE, P. & TURI, B. (2002): An updated and detailed mineropetrographic and C-O stable isotopic reference database for the main Mediterranean marbles used in antiquity. *In: HERRMANN, J. & HERZ, N. (eds.) Interdisciplinary Studies on Ancient Stone.* London: Archetype Publications, 115-131.
- HERRMANN, J. & BARBIN, V. (2002): Sculpture of imported marble on Thasos. *In: LAZZARINI, L. (ed.) Interdisciplinary studies on ancient stone.* Padova: Bottega d'Erasmus, 351-356.
- HERRMANN, J. & NEWMAN, R. (1995): The exploration of dolomitic sculptural marble from Thasos: evidence from Mediterranean and other collections. *In: MANIATIS, Y., HERZ, N. & BASIAKOS, Y. (eds.) The study of Marble and other Stones Used in Antiquity.* London: Archetype, 73-86.
- HERRMANN, J. J. & NEWMAN, R. (1999): Dolomitic marble from Thasos near and far: Macedonia, Ephesus and the Rome. *In: SCHVOERER, M. (ed.) Archeomateriaux - Marbres et Autres Roches.* Bordeaux-Talence: CRPAA Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie, 293-304.
- HERZ, N. (1985): Isotopic analysis of marble. *In: RAPP, G. J. & GIFFORD, J. A. (eds.) Archaeological Geology.* New Haven: Yale Univ. Press, 331-351.
- KUMAR, B., DAS SHARMA, S., SREENIVAS, B., DAYAL, A.M., RAO M.N., DUBEY, N., CHAWLA, B.R. (2002): Carbon, oxygen and strontium isotope geochemistry of Proterozoic carbonate rocks of the Vindhyan Basin, central India. *Precambrian Research* **113**: 43-63.
- LEN, A. (2006): A kisszögű neutronszórás archeometriai alkalmazási lehetőségei / Possible Applications of Neutron Small Angle Scattering in Archaeology *Archeometriai Műhely*, **3**: 27-31.
- LENO, V., ZÖLDFÖLDI, J. & TAUBALD, H. (in print): Änderung der $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{13}\text{C}$ Isotopenverhältnisse verschiedener Marmorarten in Abhängigkeit der Brenntemperatur. *Archäometrie und Denkmalpflege 2010. Kurzfassungen.* Bochum.
- LIU, Y., BERNER ZS., MASSONE, H.-J., ZHONG, D. (2006): Carbonatite-like dykes from the eastern Himalayan syntaxis: geochemical, isotopic, and petrogenetic evidence for melting of metasedimentary carbonate rocks within the orogenic crust. *Journal of Asian Earth Sciences* **26**: 105-120.
- MORBIDELLI, P., TUCCI, P., IMPERATORI, C., POLVORINOS, A., MARTINEZ, M.P., AZZARO, E. & M. J. HERNANDEZ (2007) Roman Quarries of "Anasol" and "Anasol"-type marbles. *European Journal of Mineralogy* **19**: 125-135.
- MÖLLENKAMP, E., LAMPRECHT, L. & SIGRIST, B. (2006): Das Acrylharzvolltränkungsverfahren. *Denkmalpflege in Westfalen-Lippe*, **12**: 55-59.

- PENTIA, M., HERZ, N. & TURI, B. (2003): Provenance determination of classical marbles: a statistical test based on $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotopic ratios. In: LAZZARINI, L. (ed.): *Interdisciplinary studies on ancient stones*. Bottega D'Erasmus, Padova, 219-226.
- PERUGINI, D., MORONI, B. & POLI, G. (2002): Characterization of marble textures by image and fractal analysis. In: LAZZARINI, L. (ed.) *Interdisciplinary studies on ancient stone*. Padova: Bottega d'Erasmus, 241-246.
- SCHMID, J., AMBÜHL, M., DECROUEZ, D., MULLER, S. & RAMSEYER, K. (1999): A quantitative fabric analysis approach to the discrimination of white marbles. *Archaeometry*, **41**: 239-252.
- SCHUSTER, R., MOSHAMMER, B. & ABART, R. (2005): Tectonic and Stratigraphic Information on Greenschist to Eclogite Facies Metamorphic Austroalpine Units by a Sr–C–O Isotope Study on Marbles. In: TOMLJENOVIC, B., BALEN, D. & VLAHOVIC, I. (eds.): *7th Workshop on Alpine Geological Studies, Abstract book*. Croatian Geological Society, Opatija, 87-88.
- SMITH, R. R. R. (2008): Aphrodisias'tan Roma portreleri, Istanbul, Yapı Kredi Yayınları. 333.
- SNETHLAGE, R., ETTL, H. & SATTLER, L. (1999): Ultraschallmessungen an PMMA-getränkten Marmorskulpturen. *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, **150**: 387-396.
- SZÉKELY, B. & ZÖLDFÖLDI, J. (2009): Fractal analysis and quantitative fabric analysis database of West Anatolian white marbles. In: MANIATIS, Y. (ed.) *ASMOSIA VII. Proceedings of the 7th International Conference of Association for the Study of Marble and Other Stones in Antiquity*. Athenes: École française d'Athènes, 719-734.
- TAUBALD, H. (1996): Wechselwirkung zwischen Deponiesickerwasser und Abdichtungsmaterialien - Experimentelle, geochemische und isotopengeochemische Untersuchungen zum Karbonatverhalten in mineralischen Deponieabdichtungen unter Säureeinwirkung, Tübingen, Universität Tübingen. 160.
- TÜTKEN, T., VENEMANN, T. & PFRETZSCHNER, H.-U. (2004): Analyse stabiler und radiogener Isotope in archäologischem Skelettmaterial: Herkunftsbestimmung des karolingischen Maultiers von Frankenthal und Vergleich mit spätpleistozänen Großsäugerknochen aus den Rheinablagerungen. *Praehistorische Zeitschrift*, **79**: 89-110.
- UNTERWURZACHER, M., POLLERES, J. & MIRWALD, P. (2005): Provenance study of marble artefacts from the Roman burial area of feschendorf (Carinthia, Austria). *Archaeometry*, **47**: 265-273.
- ZÖLDFÖLDI, J. & SATIR, M. (2003): Provenance of white marble building stones in the monuments of the ancient Troia In: WAGNER, G.A., PERNICKA, E. & UERPMANN, H.P. (eds): *Troia and the Troad*. Springer, Berlin, 203-223.
- ZÖLDFÖLDI, J. & SZÉKELY, B. (2003): A case study of combining quantitative fabric analysis (QFA) and fractal analysis (FA) on white marbles with conventional analytical techniques for provenance analysis. In: SNETHLAGE, R. & MEINHARDT-DEGEN, J. (eds.) *Proceedings of the 13th Workshop of EU 496 EUROMARBLE*. Munich: Bavarian State Department of Historical Monuments 141-149.
- ZÖLDFÖLDI, J. & SZÉKELY, B. (2004): Kísérlet a nyugat-anatóliai tektonikai egyégek kvantitatív textúraelemzésen alapuló szétválasztására régészeti származásvizsgáló szempontból. / An attempt to separate Western Anatolian tectonic units based on Quantitative Textural Analysis for archaeological marble provenance. *Archeometriai Műhely*, **1**: 22-26.
- ZÖLDFÖLDI, J., SZÉKELY, B. & FRANZEN, C. (2004): Interdisciplinary data base of historically relevant marble material for archaeometric, art historian and restoration use. In: GRASSEGGERSCHÖN, G. & PATITZ, G. (eds.) *Natursteinsanierung Stuttgart 2004, Neue Natursteinsanierungsergebnisse und messtechnische Erfassungen*. München: Siegl, 79-86.
- ZÖLDFÖLDI, J. & SZÉKELY, B. (2005a): Provenance of Roman and Greek marble building stones of Troy. *Proceedings of the 33rd International Symposium on Archaeometry, 22-26 April 2002, Amsterdam. Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 3*. Amsterdam, 123-129.
- ZÖLDFÖLDI, J. & SZÉKELY, B. (2005b): Quantitative Fabric Analysis (QFA) and Fractal Analysis (FA) on Marble from West-Anatolia and Troy. *Proceedings of the 33rd International Symposium on Archaeometry, 22-26 April 2002, Amsterdam. Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 3*. Amsterdam, 113-119.
- ZÖLDFÖLDI, J. (2008): Untersuchungsbericht zu der Probe KD1. *unpublished report*, Tübingen.
- ZÖLDFÖLDI, J. & SZÉKELY, B. (2008): Quantitative Fabric Analysis (QFA) on marble from West Anatolia: Application of raster- (fractal) and vector-based (geometric) approaches. *British Archaeological Reports Int. 1746*. 413-420.
- ZÖLDFÖLDI, J., HEGEDÜS, P. & SZÉKELY, B. (2008a): Interdisciplinary data base of marble for archaeometric, art historian and restoration use. In: YALCIN, Ü., ÖZBAL, H. & PASAMEHMETOGLU, G. (eds.) *Ancient Mining*

in Turkey and the Eastern Mediterranean. Ankara: Atılım University, 225-251.

ZÖLDFÖLDI, J., HEGEDÜS, P. & SZÉKELY, B. (2008b): MissMarble: egy archeometriai, művészettörténeti és műemlékvédelmi célú, internet-alapú, interdiszciplinális adatbázis. *Archeometriai Műhely*, **5**: 41-49.

ZÖLDFÖLDI, J. (2009): Database of white marble from the Indian Subcontinent: a review. *Asmosia IX, Abstracts*. Tarragona: 159.

ZÖLDFÖLDI, J. & NEUNTEUFEL, R. (2009): Provenance of the Bodhisattva marble head from Peshawar. *Asmosia IX, Abstracts*. Tarragona: ICAC: 160.

ZÖLDFÖLDI, J. & SZÉKELY, B. (2009): Carbon, oxygen and strontium isotopic systematics of white marbles used in the Antiquity. *Asmosia IX, Abstracts*. Tarragona: ICAC: 161.

ZÖLDFÖLDI, J., HEGEDÜS, P. & SZÉKELY, B. (2009a): MissMarble: Online Datenbanksystem über Marmor für Naturwissenschaftler, Archäologen, Denkmalpfleger, Kunsthistoriker und

Restauratoren. In: HAUPTMANN, A. & STEGE, H. (eds.) *Archäometrie und Denkmalpflege 2009. Kurzfassungen. Metalla Sonderheft 2.* München, 161-163.

ZÖLDFÖLDI, J., LARISCH, S., PATITZ, G., WEIGELE, J., FELDMANN, G., WÖLBERT, O., SCHMID, M. & MÜNZENMAYER, R. (2009b): Die Marmorskulpturen in Stuttgart. Bestandsaufnahme, Schadenskartierung, naturwissenschaftliche Untersuchungen. In: HAUPTMANN, A. & STEGE, H. (eds.) *Archäometrie und Denkmalpflege 2009. Kurzfassungen. Metalla Sonderheft 2.* München, 164-166.

ZÖLDFÖLDI, J., SCHÄFER, T. & SZÉKELY, B. (2009c): Provenance analysis of the three splendid marble heads of Pantelleria (Italy). *Asmosia IX, Abstracts*. Tarragona: ICAC: 162.

ZÖLDFÖLDI, J. (in print): 5000 years marble history in Troia and the Troad. Archaeopetrological and archaeochemical studies for provenancing white marbles. *PhD Thesis*, University of Tübingen.

AZ ARCHEOMETRIA LEHETŐSÉGEI ÉS HATÁRAI AZ „ENYEDI IUNO” MÁRVÁNYSZOBOR VÉGZETT VIZSGÁLATOK ALAPJÁN

POTENTIALS AND LIMITS OF ARCHAEOOMETRY BASED ON STUDIES OF THE “JUNO ENYEDI” MARBLE STATUE

LAKATOS SZILVIA¹, BAJNÓCZI BERNADETT², TÓTH MÁRIA²

¹Szépművészeti Múzeum, Antik Gyűjtemény, 1146 Budapest, Dózsa György út 41.,

e-mail: szilvia.lakatos@szepmuveszeti.hu

²MTA Geokémiai Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45.

Abstract

“Juno Enyedi” is a marble statue of a seated woman that was entrusted as a loan to the Museum of Fine Arts in Budapest, in 2008. At this time, a thorough restoration of the statue was carried out, and thus it became possible to perform archaeometric analyses. Samples were taken from the body, as well as several of its extensions. In order to determine the provenance of the marble, X-ray diffraction and stable isotope analyses were performed. In addition – whenever the sample sizes were large enough – polarizing and cathodoluminescence microscopy analyses on thin sections were carried out. The investigations proved that the “Juno Enyedi” is composed of at least three kinds of marble. In accordance with the research of H. W. Müller in the 1990’s, the analysis showed conclusively that the body is composed of dolomitic marble from Thasos. Further, new results indicate that the extensions were made from two types of calcitic marbles. Considering the observations made by H. R. Goette, two distinct phases of restoration can be distinguished in the history of the statue.

Kivonat

Az ún. „Enyedi Iuno”, egy ülő nőalakot ábrázoló márványszobor 2008-ban került tartós letétként a Szépművészeti Múzeum Antik Gyűjteményébe. Ekkor került sor a műtárgy restaurálására és ennek kapcsán anyagvizsgálatok elvégzésére. A testből, valamint több kiegészítésből vettünk mintát. A márványok származási helyének meghatározásához röntgen-pordiffrakciós és stabilizotóp-összetéti vizsgálatot, valamint – ahol ezt a minták mérete lehetővé tette – vékonycsiszolaton polarizációs és katódlumineszcens mikroszkópi vizsgálatot végeztünk. A vizsgálatok alapján bebizonyosodott, hogy az „Enyedi Iuno” legalább háromfajta márványból készült. A test anyaga – az 1990-es években H. W. Müller által végzett vizsgálat eredményével megegyezően – thasosi dolomitmárványnak bizonyult. Új eredmény, hogy a kiegészítések kétféle kalcitmárványból készültek. H. R. Goette megfigyeléseit alapul véve a szobor történetében két restaurálási fázist sikerült elkülöníteni.

KEYWORDS: “JUNO ENYEDI”, MARBLE, PROVENANCE, STABLE ISOTOPE COMPOSITION, X-RAY DIFFRACTION, CATHODOLUMINESCENCE MICROSCOPY, THASOS

KULCSSZAVAK: „ENYEDI IUNO”, MÁRVÁNY, PROVENIENCIA, STABILIZOTÓP-ÖSSZETÉTEL, RÖNTGEN-PORDIFFRAKCIÓ, KATÓDLUMINESZCENS MIKROSKÓPIA, THASOS

Bevezetés

A Szépművészeti Múzeum Antik Gyűjteményében több mint tíz éve folynak archeometriai kutatások az MTA Geokémiai Kutatóintézetével szoros együttműködésben (pl. Nagy et al. 1997, Dági & Tóth 2005). Az alábbiakban egy – még le nem zárt – kutatás eredményeiről számolunk be, amelyet egy ülő nőalakot ábrázoló márványszobor, az ún. „Enyedi Iunon” végeztünk (1-2. ábra). A szobor

1903 óta ismert, Enyedi Lukács szegedi politikus, újságíró és műgyűjtő gyűjteményébe tartozott. Ebből a gyűjteményből több márványszobor került a Szépművészeti Múzeumba 1916-ban, Enyedi Lukács özvegyének ajándékaként. Az „Enyedi Iunot” is felajánlották, de Hekler Antal, az Antik Plasztikai Gyűjtemény akkori vezetője nem fogadta el. Így a „Iuno” a család gyűjteményében maradt, majd a hagyaték 1923-ban történt elárverezése (Csányi & Térey 1923) után nyoma veszett.



1. ábra: „Enyedi Iuno” – előnézet (Mátyus László felvétele)

Fig. 1.: „Juno Enyedi” – frontal view (photographer: László Mátyus)



2. ábra: „Enyedi Iuno” – hátulnézet (Mátyus László felvétele)

Fig. 2.: „Juno Enyedi” – rear view (photographer: László Mátyus)

Az 1950-es évek elején bukkant fel újra a budapesti Lukács-fürdőben (Szilágyi 1955). Innen a Budapesti Történeti Múzeumhoz került, és az Aquincumi Múzeumban helyezték el, 2008-ban pedig hosszú távú letétként a gyűjtőkörileg illetékes Szépművészeti Múzeumban. Itt került sor az NKA 2311/1608. számú pályázati támogatásnak köszönhetően a több vascsapot tartalmazó, időközben veszélyeztetett állapotba jutott mű restaurálására és ehhez kapcsolódóan anyagvizsgálatok elvégzésére.

Az „Enyedi Iuno”

A restaurálást követően a szobor 2008 őszén került kiállításra „Az évszak műtárgya” sorozat keretében, amelyhez a leporelló-szöveget Hans Rupprecht Goette készítette el (Goette 2008). A szobor leírásánál és az archeometriai elemzés során ez a munka jelentette a kiindulópontot.

A szobor ülő nőalakot ábrázol (**1-2. ábra**). Öltözéke *chiton*, de ez csak a nyaki kivágásnál és a lábknál tűnik elő, egyébként vastag köpeny (*himation*) takarja.

Vastag párnájú zsámolyon ül – illetve eredetileg, mint szó lesz róla, alighanem magas támlájú trónuson. A bal karját előrenyújtja, a bal comb felületébe fúrt lyukak alapján talán tartott valamit a kezében. A kérdés eldönthetetlen, mivel ezek a furatok lehetnek ókoriak, és rögzíthették az eredeti tárgyat (például *phialet* vagy bőségszarut), de lehetnek későbbiek is, egy posztantik restaurálás nyomai. A ma látható jobb karcsonk biztosan később került a szoborra, amire egy kapocsnak készült vájat utal a szobor hátulján (**3. ábra**), amely a jelenlegi karkiegészítésen nem folytatódik.

A szobor hátát felül, a vállknál és a bal oldalon durván lefaragták, alatta viszont az egész felületet fűrészszel simára vágták. Ez a beavatkozás talán azzal magyarázható, hogy a nőalak eredetileg nem zsámolyon, hanem magas támlájú trónuson ült. Később a háttámla a felső sarkoknál letörhetett, ezért a vállknál levésték a megmaradt töredékeket, az alatta lévő részt pedig kissé elvékonyították, hogy a támlás trónust zsámollyá alakítsák át. Alighanem erre az átalakításra utal a bal oldalon a zsámoly fölötti faragott felület, amely hátul kis peremmel végződik. (**4. ábra**)



3. ábra: „Enyedi Iuno” – egy kapocs nyoma a szobor hátulján, amely egy korábbi jobb vállkiegészítést rögzíthetett (Mátyus László felvétele)

Fig. 3.: „Juno Enyedi” – mark made by a peg on the back of the figure, which might have fastened an earlier right shoulder extension to the body (photographer: László Mátyus)

A szobor mai állapotában nem értelmezhető, eredetileg a háttámlához kapcsolódhatott. Érdekes és egyenlőre nem magyarázható, talán csak a faragás gondatlanságára utaló eltérés, hogy a zsámoly a bal oldalon kb. 5 cm-rel magasabb, mint a másik oldalon, és hogy a jobb oldali *voluta* nincs olyan mélyen kifaragva, mint a bal oldali.

Az arc idealizált nőalaké, ami istennő ábrázolására utal. A fej a testhez képest aránytalanul kisméretűnek látszik, de makroszkópos megjelenése alapján úgy tűnt, hogy a testtel megegyező márványból készült, tehát eredetileg is összetartozhattak. A fej ókori kőfaragó-technika szerint csatlakozik a testhez: külön faragták ki, és a vállak között kialakított üregbe illesztették (**5. ábra**). A ma látható állapota azonban nyilvánvalóan újkori restaurálás eredménye: a nyakat ugyanis külön darabból – a jobb vállkiegészítéshez hasonló szürke erezetű márványból – faragták ki, majd a fejet kissé előre döntve illesztették a nyaki üregbe (**6. ábra**).



4. ábra: „Enyedi Iuno” – a bal oldalon a zsámoly fölötti faragott felület a jobb vállkiegészítés eltávolítása után (Mátyus László felvétele)

Fig. 4.: „Juno Enyedi” – carved surface above the stool on the left side, after the removal of the right shoulder extension (photographer: László Mátyus)

A szobor ábrázolásának meghatározása és a keltezés rendkívül nehéz feladat, lehetőségeit Goette (2008) foglalta össze. Ha az alak valóban magas támlájú trónuson ült, és eredetileg is idealizált vonásokat mutató fej tartozott hozzá, akkor a szobor istennőt ábrázolhatott. A trónus anyaistennők, például Iuno vagy Démétér ábrázolásánál szokásos, de a császárcorban elterjedt perszónifikációk (például *Fecunditas*, a Termékenység) esetében is megjelenhet. Közlelbi meghatározás az attribútumok hiánya miatt nem lehetséges. A készítés korát csak hozzávetőlegesen, főleg a faragás stílusa alapján lehet meghatározni. A köpeny kis redői nyújtanak ehhez támpontot, valamint az, hogy ritkán fordulnak elő mély, fúróval vájt hornyok. Ezek alapján az „Enyedi Iuno” a Kr. u. 2. század első évtizedeiben készülhetett.



5. ábra: „Enyedi Iuno” – a vállak közötti üreg, amelybe a külön megfaragott fejet illesztették (Mátyus László felvétele)

Fig. 5.: „Juno Enyedi” – cavity between the shoulders, into which the separately carved head was placed (photographer: László Mátyus)



6. ábra: „Enyedi Iuno” – a fej oldalnézetben (Mátyus László felvétele)

Fig. 6.: „Juno Enyedi” – side view of the head (photographer: László Mátyus)

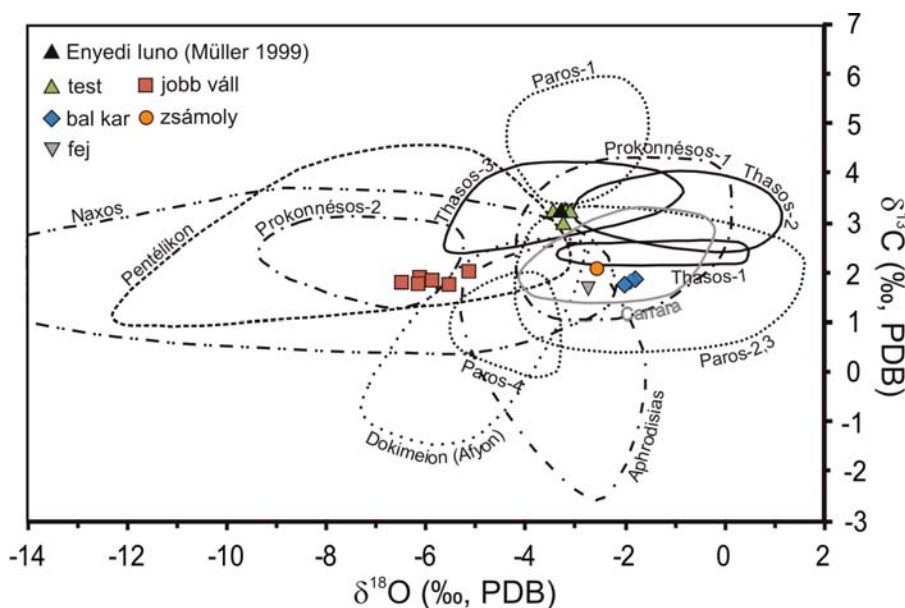
Archeometriai kutatások

A szobron már korábban is végeztek anyagvizsgálatot, amelynek során thasosi márványként azonosították a testnek – a szobor egyértelműen ókorinak tartható részének – az anyagát (Müller 1999). A restaurálás során azonban felmerült egy további feladat is: a szobor történetének felderítése a kiegészítések anyagának meghatározásával. A márvány kiegészítések eredetének megállapítása ugyanis a készítésük idejéhez is közelebb vihet: ha a testtel azonos márványból vannak, akkor nagy valószínűséggel egy időben készültek, viszont ha más anyagból, akkor később kerülhettek a szoborra.

1. táblázat: Az „Enyedi Iunoról” restaurálás során vett minták fázis- és stabilizotóp-összetétele

Table 1.: Mineralogical and stable isotope composition of samples taken from „Juno Enyedi” during restoration

Mintaszám	Mintavételi hely	Fázisösszetétel	Stabilizotóp-összetétel	
			$\delta^{18}\text{O}$ (‰, PDB)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰, PDB)
EI-10	bal karkiegészítés fúgájában talált márványszilánk	kalcit >>> kvarc	-1,8	1,9
EI-12	bal karkiegészítés fúgájában talált márványszilánk	kalcit	-2,0	1,8
EI-14	jobb vállkiegészítés ragasztóanyaga márvánnyal	kalcit >>> kvarc	-6,5	1,8
EI-15a	jobb vállkiegészítés alsó vascsapja mellől márványtöredék	kalcit >>> kvarc	-6,1	1,9
EI-18	jobb vállkiegészítésből letört márványszilánkok	kalcit >>>kvarc, plagioklász	-6,1	1,8
EI-27a	márványtöredék a testből a jobb térdkiegészítés mögül	dolomit >>> kalcit >>> kvarc, plagioklász	-3,2	3,2
EI-28	márványtöredék a szobor anyagából, a jobb térdkiegészítés alatt lévő alsó üreg egy repedéséből	dolomit >>> kalcit >>> plagioklász	-3,4	3,2
EI-33	jobb vállkiegészítés ragasztóanyaga márvánnyal	kalcit >>> kvarc	-5,8	1,9
EI-37	márványdarabok a bal könyökcsonk kiegészítéséből	kalcit >>> kvarc	-1,9	1,8
EI-42a	márványtöredék a jobb váll kiegészítéséből	kalcit >>> dolomit > kvarc, 10 Å rétegszilikát	-5,6	1,8
EI-43	márványtöredék a jobb váll kiegészítéséből	kalcit >>> kvarc	-5,1	2,1
EI-44	zsámoly bal oldali hátsó kiegészítéséből márványtöredék	kalcit >>> dolomit >>> kvarc	-2,5	2,1
EI-46	jobb térdkiegészítés csapolása körül a testből lepattogzott szilánk	dolomit >>> kalcit	-3,2	3,0
EI-47	márványdarab a szoborból, a jobb térdkiegészítés mögül	dolomit >>> kalcit	-3,1	3,2
EI-48	test hátán lévő korábbi mintavételi lyuk aljából töredék	dolomit >>> kalcit	-3,2	3,2
EI-49	konty bal oldaláról szilánk	kalcit	-2,7	1,7



7. ábra: Az „Enyedí Iuno” különböző részeiből vett minták stabilizotóp-összetétele az ókori közép-és kelet-mediterrán márványlelőhelyek stabilizotóp-összetételei mezejével összehasonlítva (Gorgoni et al. 2002 nyomán).

Fig. 7.: Stable isotope composition of samples derived from different parts of „Juno Enyedí” compared with the isotope fields of Middle and East Mediterranean marble localities used in antiquity (after Gorgoni et al. 2002).

A márványbánya meghatározása pedig további eredményekkel is szolgálhat: szerencsés esetekben a faragás hozzávetőleges idejére és helyére utal. (Például az itáliai Luna, a mai Carrara márványbányáit csak a Kr. e. 1. század közepétől kezdték használni, illetve a rosszabb minőségű márványokat általában csak helyben használták fel.) A főbb kiegészítések: a fej és a nyaki betoldás, a jobb váll, a bal kar, a jobb láb nagy része, a bal térd, a zsámoly és a rajta lévő párna hátsó része mindkét oldalon, a *plinthos* eleje és a *plinthos* alá tett négyzetes lap. A jobb vállkiegészítés, a jobb láb, a bal térd, a nyaki betoldás és a *plinthos* esetében a márványok különbözősége archeometriai vizsgálatok nélkül is valószínűsíthető volt a kiegészítéseken látható erős szürke ezret miatt. Az anyagvizsgálatokkal egyrészt ezt szerettük volna igazolni, másrészt azt reméltük, hogy a márvány eredetének meghatározása ennél bővebb információval is szolgálhat. A többi esetben – a fejnél, a bal karnál, a zsámoly kiegészítéseinél – az is kérdéses volt, hogy a test anyagával megegyező, vagy attól eltérő márványból készültek.

Minták és vizsgálati módszerek

A restaurálás során töredékmintát vettünk az alábbi nem látható – tehát a múzeumi szempontok által engedélyezett – felületekből: a testből, a jobb vállkiegészítésből, a fejből, a bal könyökcsonkból, valamint a zsámoly bal oldali kiegészítéséből (1. táblázat).

A töredékek fázisösszetételét röntgenpordiffrakciós vizsgálattal határoztuk meg (műszerparaméterek: PHILIPS PW 1730 típusú, Bragg-Brentano elrendezésű diffraktométer, Cu $K\alpha$ sugárzás, 45 kV feszültség, 35 mA áramerősség, $0,05^\circ - 0,01^\circ$ 2θ léptetés, 1 sec időállandó, $1-1^\circ$ detektor- ill. divergenciarés, PW-1050/25 típusú

goniométer, grafit monokromátor, proporcionális számláló detektor).

A stabilizotóp-összetételei vizsgálathoz a porított mintákat vízmentes foszforsavval tártuk fel McCrea (1950) módszere szerint. A dolomitmárvány minták feltárása a kalcitos mintákkal azonos hőmérsékleten, de háromszor hosszabb reakcióidővel történt. A reakció során felszabaduló szén-dioxid gáz $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ és $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ izotóparányait Finnigan MAT delta S stabilizotóparány-mérő tömegspektrométerrel mértük meg. Az eredményeket a (V-)PDB nemzetközi sztenderdhez viszonyítva a hagyományos $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékekkel adjuk meg [$\delta = (R_{\text{minta}}/R_{\text{szender}} - 1) \times 1000$, ahol R a vizsgált $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, ill. $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ arány] ‰ értékben kifejezve. A mérések reprodukálhatósága jobb, mint $\pm 0,2\%$.

A testből, a jobb vállkiegészítésből, a zsámoly bal oldali hátsó kiegészítéséből és a bal karkiegészítésből származó töredékek mérete vékonycsiszolat készítését is lehetővé tette. A márványminták szövetét polarizációs és katódlumineszcens mikroszkóppal tanulmányoztuk. A polarizációs mikroszkópi vizsgálatot Nikon Eclipse E600 POL mikroszkóppal végeztük, a petrográfiai leírás Capedri & Venturelli (2004) és Capedri et al. (2004) által használt terminológia alapján történt. A szemcsék méretét SPOT (v4.6.4.2) számítógépes program segítségével mikroszkópi felvételeken határoztuk meg. A katódlumineszcens vizsgálathoz Nikon Eclipse E600 mikroszkópra szerelt Reliotron ún. hidegkatódos típusú berendezést alkalmaztunk, amely 9,5-10,5 keV feszültséggel és 0,6-1 mA árammal üzemelt. A katódlumineszcens mikroszkópi felvételek Nikon Coolpix 4500 digitális fényképezőgéppel, automata üzemmódban készültek.

Eredmények

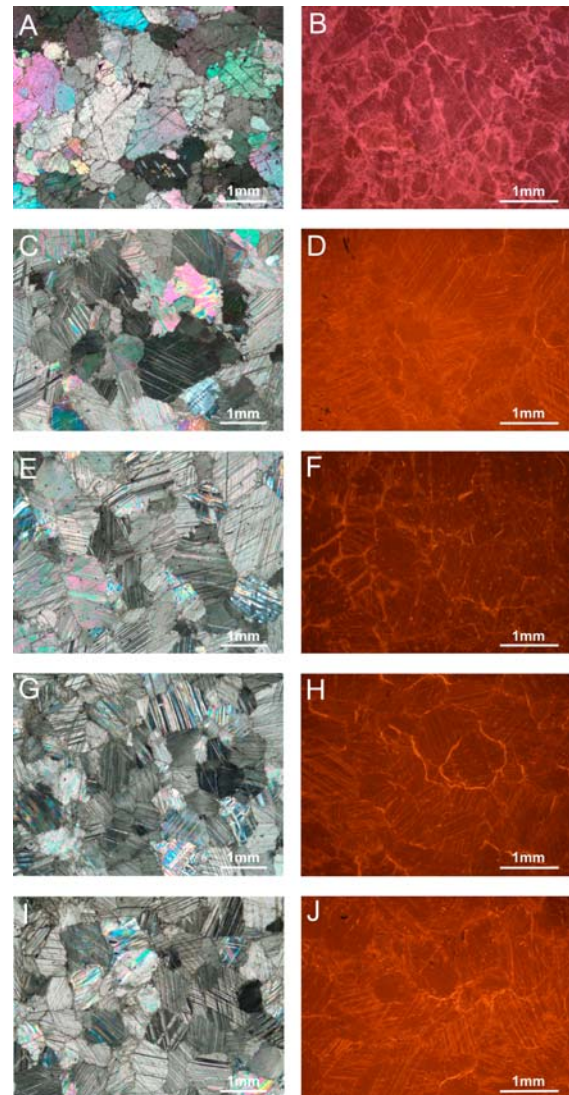
A szobor különböző részei a stabilizotóp-összetélteli adatok közti szignifikáns különbségek alapján három csoportot alkotnak (7. ábra).

A testből vett minták (EI-27a, -28, -46, -47, -48) – Müller (1999) megállapítását alátámasztva – a röntgen-pordiffrakciós vizsgálat alapján dolomitmárványnak bizonyultak (1. táblázat). A minták stabilizotóp-összetélteli ($\delta^{13}\text{C} = 3,0 - 3,2 \text{ ‰}$, $\delta^{18}\text{O} = -3,1 - -3,4 \text{ ‰}$) hibahatáron belül megegyezik Müller (1999) korábbi mérési eredményével ($\delta^{13}\text{C} = 3,3 \text{ ‰}$, $\delta^{18}\text{O} = -3,3 \text{ ‰}$) (1. táblázat, 7. ábra). A $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ értékek több ókori kelet-mediterrán márványlelőhely stabilizotóp-összetélteli mezejével átfednek (7. ábra), melyek közül csak Thasosról ismert dolomitmárvány (Herz 1988). Más dolomitmárvány lelőhelyek (pl. Villette és Crevola a Francia- és az Olasz-Alpokban) jól elkülöníthetők Thasostól a kisebb $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékük alapján (Barbin et al. 1992). A márvány szöveti jellemzői (pl. ~1,9 mm maximális szemcseméret (maximum grain size, MGS), homogén lumineszcencia, 8. ábra, 2. táblázat) jól egyeznek a thasosi (Saliara és Vathy köfajtók) közép szemcsés, majdnem tiszta dolomitmárvány jellemzőivel (Thasos-3 kőzettípus, 1,84 mm átlagos MGS, Attanasio et al. 2006, Barbin et al. 1992).

Mivel a thasosi márványt a római császárkorban az egész mediterrán világba exportálták, az anyag meghatározása alapján sem az nem dönthető el, hogy hol faragták a szobrot, sem az, hogy hol állították fel. Enyedi Lukács Itáliában vásárolta – talán ott is került elő.

A röntgen-pordiffrakciós vizsgálat kimutatta, hogy a testtel ellentétben a kiegészítések anyaga kalcitmárvány (1. táblázat). Stabilizotóp-összetélteli vizsgálatok szerint a bal karkiegészítés (EI-37), a fej (EI-49) és a zsámoly bal oldali hátsó betétjének (EI-44) adatai egymáshoz közeliek ($\delta^{13}\text{C}$ érték -2 ‰ körül és $\delta^{18}\text{O}$ érték $-1,9 \text{ ‰}$ és $-2,7 \text{ ‰}$ között) és átfednek több ókori közép- és kelet-mediterrán fehér márvány-lelőhely $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ tartományával (Gorgoni et al. 2002) (7. ábra, 1. táblázat). Lehetséges bányahelyként felmerülhet Carrara, Prokonnésos (mai nevén Marmara, a szigeten általánosan elterjedt Prokonnésos-1 kőzettípus Gorgoni et al. 2002 szerint) és Paros (-2(3) típus Gorgoni et al. 2002 szerint, Chorodaki és Agios Minas köfajtók anyaga), továbbá közel helyezkedik el Thasos (-1 típus Moens et al. 1992 szerint, kalcitmárvány Cape Phanari körzetéből), Aphrodisias és Naxos tartománya is.

A zsámoly bal oldali hátsó kiegészítéséből (EI-44) és a bal karkiegészítéséből (EI-37) vett töredékek hasonló szövetet mutatnak (8. ábra, 2. táblázat).



8. ábra: Az „Enyedi Iunoról” vett minták vékonycsiszolatainak polarizációs (2N) és katódolumineszcencia mikroszkópi felvételei. (A, B): töredék a testből (EI-48), (C, D): töredék a zsámoly bal oldali hátsó kiegészítéséből (EI-44), (E, F): töredék a bal karkiegészítéséből (EI-37), (G, H): töredék a bal karkiegészítés fűgájából (EI-12), (I, J): töredék a jobb váll kiegészítéséből (EI-33).

Fig. 8.: Photomicrographs (crossed polars) and cathodoluminescence images of thin sections of samples derived from „Juno Enyedi”. (A, B): sample from the body (EI-48), (C, D): sample from the rear left side extension of the stool (EI-44), (E, F): sample from the left arm extension (EI-37), (G, H): sample from the grout of the left arm extension (EI-12), (I, J): sample from the right shoulder extension (EI-33).

Mindkét esetben homogén narancsvörös színű lumineszcencia figyelhető meg, ami nem mond ellent a kiegészítések – a szobor története alapján eredetileg feltételezett – carrarai eredetének (Barbin et al. 1992 vizsgálati alapján).

2. táblázat: Az „Enyedi Iunoról” vett töredékek petrográfiai és katódlumineszcens jellemzői**Table 2.:** Petrographic and cathodoluminescence characteristics of the samples taken from „Juno Enyedi”

Mintaszám	Szövet	Szemcsehatár alakja	Maximális szemcseméret (mm)	Katódlumineszcens szín, intenzitás, szövet
EI-48 (test)	heteroblasztos, töredezett, izotróp	egyenes és hajlított-beöblösödő	1,9	lilászavár színű, kevésbé intenzív, (szemcséken belül) homogén lumineszcencia, szemcseperemek és törések mentén erősebb intenzitás
EI-44 (zsámoly bal oldali hátsó kiegészítése)	heteroblasztos, izotróp, csillámlemezek	hajlított-beöblösödő, ritkán egyenes	1,7	narancsvörös színű, intenzív, (szemcséken belül) homogén lumineszcencia, a szemcsehatárok és az ikersíkon mentén erősebb intenzitás
EI-37 (bal karkiegészítés)	heteroblasztos, izotróp	hajlított-beöblösödő, ritkán egyenes	2,0	narancsvörös színű, kevésbé intenzív, (szemcséken belül) homogén lumineszcencia, a szemcsehatárok és az ikersíkon mentén erősebb intenzitás
EI-12 (bal karkiegészítés fugájában szilánk)	heteroblasztos, izotróp	hajlított-beöblösödő, ritkán egyenes	1,6	narancsvörös színű, kevésbé intenzív, (szemcséken belül) homogén lumineszcencia, a szemcsehatárok és az ikersíkon mentén erősebb intenzitás
EI-33 (jobb vállkiegészítés)	homeoblasztos, izotróp	hajlított-beöblösödő, ritkán egyenes	1,7	narancsvörös színű, intenzív, (szemcséken belül) homogén lumineszcencia, a szemcsehatárok és az ikersíkon mentén erősebb intenzitás

A mért maximális szemcseméret (~1,7 ill. 2,0 mm MGS) azonban nagyobb, mint a finom-középszemcsés carrarai márvány jellemző maximális szemcsemérete (MGS < 1,5 mm, Gorgoni et al. 2002), és a márvány szövete (heteroblasztos hajlított-beöblösödő szemcsehatárral) is eltér a carrarai márvány jellegzetes szövetétől (homeoblasztos egyenes-görbe szemcsehatárral, Gorgoni et al. 2002). A prokonnésosi márvány jellemzője a kék lumineszcencia (Barbin et al. 1992), a törés során kibocsátott kellemetlen szag, és a közepes szemcseméret (átlagos MGS = 1,94±0,55 mm, Gorgoni et al. 2002, Attanasio et al. 2006). Az aphrodisiasi márvány lehet hasonló szemcseméretű (2,12±0,73 mm átlagos MGS), mint a töredékek, a naxosi és a thasosi márványok viszont durvább szemcséjűek (Naxos: 2-8 mm MGS; Thasos (kalcitmárvány): 3,73 mm átlagos MGS, Gorgoni et al. 2002, Attanasio et al. 2006). A zsámoly bal oldali hátsó kiegészítésének és a bal karkiegészítésnek az anyaga – feltehetően a fej márványanyagával együtt – stabilizotóp-összetétel, maximális szemcseméret és lumineszcencia tekintetében a legnagyobb egyezést a Paros-2,3 (Chorodaki és Agios Minas kőfejtők) anyagával mutatja (1,4-3,2 mm MGS, homogén narancs színű

lumineszcencia; Gorgoni et al. 2002, Attanasio et al. 2006).

A műtárgy történetének rekonstruálása szempontjából fontos kérdés, hogy a felsorolt kiegészítések ókoriak vagy újkoriak. A kérdés megválaszolásához, tehát a kiegészítések kifaragási sorrendjének megállapításához az egyik alkalmas módszer a műtárgy felületén bekövetkezett kémiai és stabilizotóp-összetételi változások kimutatása volna. Az idők folyamán ugyanis a márvány felülete és belseje között – többek között – stabilizotóp-összetételi különbség alakulhat ki. A felületen egy vékony rétegben újrakristályosodó kalcitban a könnyű oxigén- és szénizotóp (¹⁶O, ¹²C) az üde közethez képest feldúsulhat (kisebb δ¹³C és δ¹⁸O érték, Ulens et al. 1995). Az „Enyedi Iuno” felületén ezt a vizsgálatot nem lehet elvégezni, ugyanis ez a vékony réteg szinte teljesen hiányzik.

A bal karkiegészítés fugájából a restaurálás során több kisméretű márványdarab került elő, némelyiknek a felülete faragott volt. Az ezekből vett minták (EI-10, -12) stabilizotóp-összetétel és petrográfiai jegyek alapján azonosak a karkiegészítés anyagával (**1. és 2. táblázat, 7. és 8. ábra**).



9. ábra: „Enyedi Iuno” – a fej a különálló nyakrésszel és a bronzcsappal (Mátyus László felvétele)

Fig. 9.: „Juno Enyedi” – the head, the separated neckpiece and the bronze peg (photographer: László Mátyus)

A kiegészítést tehát valószínűleg egy sérülés után visszaillesztették, a letört szilánkokat pedig a fuga kitöltésére használták fel. A kart vascsappal rögzítették a szoborhoz. Az antik szobrászatban ólomfészek nélkül nem használtak vascsapot a márvány csapolásához. Ebben az esetben azonban a vascsap használata nem szól egyértelműen az ellen, hogy a kiegészítést még az ókorban faragták ki. A fugában talált márványdarabok alapján ugyanis másodlagos felerősítésről lehet szó, tehát egy korábban készített kiegészítést egy sérülés után illeszthettek ismét a szoborhoz.

A fej rögzítése más technikával történt: az aljából hosszú bronzcsap lóg ki, amely átvezet a különálló nyakrészen (**9. ábra**), és a test nyakrészén lévő kerek vájatba illeszkedik (**5. ábra**). A bronzcsap használata és a fej rögzítése – mint szó volt róla – megfelel az ókori gyakorlatnak. A fej esetében az anyagvizsgálat eredménye különösen érdekes volt, mivel makroszkópos szemrevételezés alapján a szobor és a fej anyaga megegyezőnek tűnik, bár a különálló nyakrész és a kissé előredőlő fej egyértelműen jelzi, hogy a fejet a szobor most látható állapotában nem az ókorban illesztették a helyére.



10. ábra: „Enyedi Iuno” – a bal karkiegészítés (Mátyus László felvétele)

Fig. 10.: „Juno Enyedi” – the left arm extension (photographer: László Mátyus)

Az eddig elvégzett vizsgálatok alapján valószínűsíthető, hogy a fejnek, a bal karkiegészítésnek és a zsámoly bal oldali hátsó kiegészítésének anyaga parosi márvány. A parosi márvány feltételezett használata arra utal, hogy ezeket a kiegészítéseket az ókorban faragták ki. Ennek a régészeti megfigyelések nem mondanak ellent. A biztosan parosi márvánként történő azonosításhoz azonban még további vizsgálat elvégzése szükséges.

A stabilizotóp-összetéti adatok harmadik csoportját a jobb vállkiegészítésből vett minták alkotják (EI-14, 15a, 18, 33, 42a, 43), amelyek szintén több márványlelőhely stabilizotóp-összetéti tartományával fednek át (**7. ábra, 1. táblázat**). Naxos, Pentélikon és Prokonnésos (-2 típus Gorgoni et al. 2002 szerint) kőzetanyaga jöhet számításba, emellett az adatok részben átfednek a kisázsiai Dokimeion (Afyon) bánya mezejével is. A naxosi márvány a legvalószínűtlenebb, ugyanis használata az archaikus kor után meglehetősen lecsökkent (Dworakowska 1975), valamint jellemző szemcsemérete is jóval nagyobb (2-8 mm), mint a jobb váll kőzetanyagáé (1,7 mm MGS). A prokonnésosi márvány a korábban leírt tulajdonságai alapján szintén kizárható. Mind a pentélikoni, mind a dokimeioni márvány finomabb szemcsés (0,9 mm ill. $0,86 \pm 0,25$ mm átlagos MGS, Attanasio et al. 2006), mint a jobb váll márványanyaga, és heterogén (zónás) lumineszcenciával jellemezhető (Barbin et al. 1992).

A fenti adatok alapján tehát valószínű, hogy a jobb vállkiegészítés anyaga nem a kelet-mediterrán régió ismertebb ókori lelőhelyeiről származik. A bányahely pontosabb meghatározásához további vizsgálat és más (többek között az újkori) európai márványlelőhelyekkel való összehasonlítás szükséges. A kiegészítés újkori jellegét valószínűsítik a régészeti megfigyelések is; egyrészt a faragás stílusa, másrészt az, hogy a kiegészítés két vascsappal volt a testhez rögzítve.



11. ábra: „Enyedi Iuno” – a jobb vállkiegészítés alsó része (Mátyus László felvétele)

Fig. 11.: „Juno Enyedi” – lower part of the right shoulder extension (photographer: László Mátyus)

Az „Enyedi Iuno” restaurálási fázisai

A régészeti megfigyelések és az anyagvizsgálatok alapján a szobor története a következőképpen vázolható fel. A szobrot a római császárkor középső korszakában faragták Thasosról importált márványból. A szobor valószínűleg háttámlás trónuson ülő istennőt ábrázolhatott, aki valamilyen tárgyat tartott a kezében. Egy későbbi időpontban – feltehetően még az ókorban – átalakítással próbálták meg eltüntetni a szobrot ért sérüléseket. A trónus háttámláját lefaragták, és zsámollyá alakították át. A márvány nem lehetett elég a teljes zsámoly kialakításához, ezért kiegészítésekkel pótolták a hiányzó részeket. Valószínűleg a szobor jobb karja is letörhetett, de még megmenthető volt. Erre utal a kapcsolnak készült vájat a szobor hátulján (**3. ábra**), amely a most látható vállkiegészítésen nem folytatódik, tehát másodlagosan, nem a ma látható jobb kar rögzítéséhez véshették a márványba. A fej és a bal kar azonban már nem volt visszailleszthető, ezért újat kellett faragni a megmaradt részekhez. Ez a restaurálási fázis viszonylag pontos munkával történt, a bal kar kiegészítésén a ruhadedők pontosan illeszkednek a test ruhadedőjéhez (**10. ábra**).

A ma látható műtárgy azonban egy következő restaurálási fázis eredménye. Feltehetően az első restaurálás során visszaillesztett jobb kar újra megsérült, ezért most újjal pótolták. Az új kiegészítés az alsó részen egyáltalán nem illeszkedik a szoborhoz, eltakarja a ruhadedőket (**11. ábra**), és a szoborhoz képest túlméretezett (**1. ábra**). Ez elvben utalhatna arra, hogy egy szobortöredék újrafelhasználásáról van szó, de a nyaknál lévő ruhadedő pontos átmenete a kiegészítés és a test között azt jelzi (**12. ábra**), hogy a kiegészítés mégis ehhez a szoborhoz készült, csak rendkívül hanyag munka.



12. ábra: „Enyedi Iuno” – a jobb vállkiegészítés felső része (Mátyus László felvétele)

Fig. 12.: „Juno Enyedi” – upper part of the right shoulder extension (photographer: László Mátyus)

Úgy tűnik, hogy eredetileg is csonkának egészítették ki, mert a kiegészítés alul nem folytatódik az alkarban, és csapolásnak sincs nyoma, ami további rész illesztésére utalna.

Feltehetően ugyanebben a restaurálási fázisban került sor a bal karkiegészítés vascappal történő visszaillesztésére is. Ehhez a kiegészítés letört darabjait is felhasználták a test és a karcsonk közötti rés kitöltésére. Annak eldöntésére, hogy ezek valóban egy fázisban történtek, a restaurálás során eltávolított fémcsapokat kellene megvizsgálni a szemcseközi korrózió szempontjából. Azonban az összes fémcsap rendkívül rossz, korrodált állapotban volt, így ezeket a vizsgálatokat nem lehetett elvégezni.

A bal karkiegészítéshez hasonlóan a fejet is ebben a fázisban illeszthették ismét a szoborhoz a különálló nyakrész márványanyagának a jobb vállkiegészítéshez hasonló ereze miatt. Szintén a márvány hasonló ereze utal arra, hogy mindkét térd kiegészítése és a *plinthos* is egyidőben, a második, nagy átalakítás során kerülhetett fel a szoborra. Ezekből a részekből azonban a testhez való szoros illesztésük miatt nem lehetett anyagmintát venni, így csak a makroszkópos megfigyelésre támaszkodhatunk.



13. ábra: Az „Enyedi Iuno” restaurálási fázisai

Fig. 13.: Restoration phases of „Juno Enyedi”

Erre a második restaurálásra bizonyosan már az újkorban kerülhetett sor a vascsapok használata, valamint a jobb váll eredetileg is csonkának készült kiegészítése alapján.

Összefoglalás

Bár az „Enyedi Iuno” archeometriai kutatása még nem zárult le, de az 1999-ben közölt vizsgálati eredményekhez képest sok új információval szolgált. Akkor a szobor ókori részének tartott test vizsgálata történt meg, csak ennek a résznek az eredetét kívánták meghatározni. Most a szobor története volt a kutatás tárgya. A kiegészítések anyagának meghatározása lehetővé tette a szobor történetének rekonstruálását, két restaurálási fázis elkülönítését (**13. ábra**).

Az archeometriai vizsgálat eredménye egyrészt megerősítette a régészeti megfigyelés alapján tett feltételezéseket, mint például azt, hogy a jobb vállkiegészítés a testtől eltérő típusú márványból készült. Az anyagvizsgálat eredménye azonban ebben az esetben is adott további következtetésre lehetőséget: a kiegészítés újkori restaurálás során került a szoborra. Másrészt a vizsgálatok olyan kérdésekre is választ adtak, amelyek régészeti

megfigyeléssel megválaszolhatatlanok voltak. A fej és a test összetartozásának problémáját ugyanis megoldotta azzal, hogy a fej más típusú márványból van, tehát később került a szoborra.

Az archeometriai kutatás határait azonban több tényező is korlátozta. Egyrészt a szobor állapota, amely nem tette lehetővé a műtárgyat ért környezeti hatások kimutatását és a fémcsapok vizsgálatának elvégzését, másrészt a rendelkezésünkre álló analitikai eszköztár. A potenciális lelőhelyek azonosításában új módszerek (pl. ESR – elektron spin rezonancia spektroszkópia) bevonásával lehet továbblépni.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Nagy Árpád Miklósnak, az Antik Gyűjtemény vezetőjének a problémafelvetéséért, a hasznos és nélkülözhetetlen tanácsaiért, a kézirat átnézéséért; Dági Mariannak a minták kiválasztása során nyújtott segítségével; Varga Józsefnek a restaurálás során szerzett tapasztalatainak megosztásáért, valamint Komoróczy Olgának és Sándor Miklós Csabánának a röntgenvizsgálatokban való közreműködésükért.

Irodalomjegyzék

- ATTANASIO, D., BRILLI, M. & OGLE, N. (2006): *The isotope signature of Classical marbles*. L'Erma di Bretschneider, Roma, 297 pp.
- BARBIN, V., RAMSEYER, K., DECROUEZ, D., BURNS, S. J., CHAMAY, J. & MAIER, J. L. (1992): Cathodoluminescence of white marbles: an overview. *Archaeometry* **34**(2):175-183.
- CAPEDRI, S. & VENTURELLI, G. (2004): Accessory minerals as tracers in the provenancing of archaeological marbles, used in combination with isotopic and petrographic data. *Archaeometry* **46**(4):517-536.
- CAPEDRI, S., VENTURELLI, G. & PHOTIADES, A. (2004): Accessory minerals and $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ of marbles from the Mediterranean area. *Journal of Cultural Heritage* **5**:27-47.
- CSÁNYI K. & TÉREY G. (1923): Az Ernst-Múzeum aukciói XXII, Budapest 1923. február, 1418. sz., XXXV. t.
- DÁGI, M. & TÓTH, M. (2005): A small portrait head of Augustus – Archaeometrical investigations / Egy kisméretű Augustus-portré archeometriai vizsgálata. *Bulletin de Musée Hongrois des Beaux-Arts / A Szépművészeti Múzeum Közleményei* **102-103**:45-52, 197-202.
- DWORAKOWSKA, A. (1975): *Quarries in ancient Greece*. Bibliotheca Antiqua, **14**, Polish Academy of Sciences, Wrocław, 178 p.
- GOETTE, H. R. (2008): Az 'Enyedi Iuno'. Az évszak műtárgya - 2008 tél (http://www2.szepmuveszeti.hu/antik_gyujtemeny/evszak_mutargya/evszak.php?id=621)
- GORGONI, C., LAZZARINI, L., PALLANTE, P. & TURI, B. (2002): An updated and detailed mineropetrographic and C-O stable isotopic reference database for the main Mediterranean marbles used in antiquity. In: HERMANN, JR., J. J., HERZ, N. & NEWMAN, R. (Eds.): *ASMOSIA 5: Interdisciplinary studies on ancient stone. Proceedings of the 5th International Conference of the Association for the Study of Marble and Other Stones in Antiquity, Museum of Fine Arts, Boston, June 1998*, Archetype Publications Ltd., London, 115-131.
- HERZ, N. (1988): Classical marble quarries of Thasos. In: WAGNER, G. A. & WEISGERVER, G. (Eds.): *Antike Edel- und Buntmetallgewinnung auf Thasos. Der Anschnitt*, Beiheft **6**, Selbstverlag des Deutschen Bergbau-Museums, Bochum, 232-240.
- MCCREA, J. M. (1950): On the isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. *Journal of Chemical Physics* **18**:849-857.
- MOENS, L., ROOS, P., DE PAEPE, P. & LUNSINGH SCHEURLEER, R. (1992): Provenance determination of white marble sculptures from the Allard Pierson Museum in Amsterdam based on chemical, microscopic and isotopic criteria. In: WAELEKENS, M., HERZ, N. & MOENS, L. (Eds.): *Ancient stones: Quarrying, Trade and Provenance. Acta Archaeologica Lovaniensia, Monographiae* **4**, Leuven University Press, Leuven, 269-276.
- MÜLLER, H. W. (1999): Die Herkunft der Marmore von Aquincum. *Budapest Régiségei* **XXXIII**, Budapesti Történeti Múzeum, 265-267.
- NAGY, Á. M., VARGA, J., DEMÉNY, A., FÓRIZS, I. & TÓTH, M. (1997): Rapport sur la restauration des sculptures en marbre de la Collection des Antiquités gréco-romaines (1993-1996) / Beszámoló az Antik Gyűjteményben végzett szobor-restaurálási munkákról (1993-1996). *Bulletin de Musée Hongrois des Beaux-Arts / A Szépművészeti Múzeum Közleményei* **86**:25-40, 117-128.
- SZILÁGYI, J. (1955): A római kori ásatások fontosabb eredményei Budapest területén és az Aquincumi Múzeum értékesebb gyarapodásai az 1951-53. években: előzetes jelentés. *Budapest Régiségei* **XXXIII**, Budapesti Történeti Múzeum, 387-388.
- ULENS, K., MOENS, L. & DAMS, R. (1995): Analytical methods in authenticating ancient marble sculptures. In: MANIATIS, Y., HERZ, N. & BASSIAKOS, Y. (Eds.): *The study of marbles and other stones used in Antiquity. ASMOSIA III Athens: Transactions of the 3rd International Symposium of the Association for the Study of Marble and Other Stones in Antiquity*. Archetype Publications Ltd., London, 199-205.

1200 KÖRÜLI KISARCHITEKTÚRA A KÖZÉPKORI EGRI SZÉKESEGYHÁZBÓL MŰVÉSZETTÖRTÉNETI KÉRDÉSEK ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYOS VIZSGÁLATOK

FRAGMENT FROM THE EGER MEDIEVAL CATHEDRAL AROUND 1200 ART HISTORICAL QUESTIONS AND ARCHAEOMETRICAL EXAMINATIONS

HAVASI KRISZTINA

MTA Művészettörténeti Kutatóintézet, H-1014. Budapest Űri utca 49. Email: havasi@arthist.mta.hu

Abstract

Remains from the rebuilding of Eger Medieval Cathedral at the turn of 12-13 century included numerous fragments of small architecture structured by niches and accompanied by incrustations and decorative floor. Carvings of the small architecture works around 1200 had two basic stone materials: red coloured andesite (used only in superstructures), while details of the small architecture, decorative floor, covers and ornamental carvings were made of white greyish and pinkish "marble" (crystalline limestone). This white "marble" was kept in evidence by former researches as an import. Sources from the 18th century - archives and the use of this material in a large scale on the buildings of the cathedrals around 1200 turned attention to the possibility of a quarry in the neighbourhood. Results of the research started by the Institute for Geochemical Research of HAS seem to support this. Testing gave adherent answer to the question that the similar "marble" material of the so-called Diósgyőri Madonna (Giovanni Dalmata, around 1490) could be made of the same material as the Eger small architecture works around 1200 and the Renaissance works as well. Hopefully, with help of the current archaeometry testing many other art historical questions can be clarified.

Kivonat

A középkori egri székesegyház 12–13. század fordulóján történt átépítéséből fennmaradt egy vakfülkével tagolt, inkrusztált részletekkel és diszpadlóval kísért kisarchitektúra nagyszámú töredéke. Az 1200 körüli kisépítészeti alkotás faragványainak két meghatározó kőanyaga volt, az andezittufa és a márvány. A vöröses színű andezittufa (amelyet csak a felépítményben alkalmaztak), és amely a régió egyik meghatározó építőanyaga volt a középkor folyamán. A kisarchitektúra igényesebb részei, diszpadló és a burkolatok, valamint ornamentális faragványok fehér, szürkés és rózsaszínes „márványból” (kristályos mészkőből) készültek. Ezt a fehér „márványt” a korábbi kutatás importként tartotta számon, azonban a 18. századi levéltári források és a 1200 körüli székesegyház-építkezésen történt nagyarányú felhasználása környékbeli bányahely-lehetőség felé irányították a figyelmet. Az MTA Geokémiai Kutatóintézetében megkezdett anyagvizsgálatok eddigi eredményei ezt látszanak alátámasztani. Támogató választ hoztak arra a kérdésre, hogy a Diósgyőri Madonna márványanyaga (Giovanni Dalmata 1490 körül) azonos lehet-e az egri 1200 körüli és reneszánsz alkotásokéval. Az folyamatban lévő geokémiai vizsgálatok segítségével remélhetőleg számos további művészettörténeti kérdés lesz tisztázható.

KEYWORDS: EGER CATHEDRAL, MEDIEVAL ARCHITECTURE, BUILDING STONE, WHITE MARBLE

KULCSSZAVAK: EGER SZÉKESEGYHÁZ, KÖZÉPKORI ÉPÍTÉSZELET, ÉPÍTŐKŐ, FEHÉR MÁRVÁNY

A művészettörténet számára a műalkotások anyaga számos, magára a tárgyra, annak készítésekorára és körülményeire vonatkozó információt hordozhat. Az anyaghasználat és anyagválasztás gyakran stiláris kvalitások, ikonográfiai / ikonológiai és reprezentatív tartalmak hordozójaként tűnhet fel. Stiláris értékelés mellett a műalkotás provenienciameghatározásának egyik alapvető feltétele az műalkotás anyagának ismerete.

Mindezt a középkori építészet kérdésére szűkítve a kőanyaghasználat lehet egy földrajzilag körülhatárolt terület épületeinek jellegzetessége, árulkodván egykor rendelkezésre álló, mára esetleg eltűnt, illetve feledésbe merült kőbányákról és azok bányakörzeteiről.

A kőanyaghasználat lehet egy épületnek, vagy egy épület adott építési fázisának közelebbi jellemzője.



1. ábra:
Kisarchitektúra párkányának
töredéke a középkori egri
székesegyházból. 1200 körül.
Fotó: Mudrák Attila, 2007

Fig. 1.:
Fragment of moulding from
Eger Cathedral, around 1200.
Photo: Attila Mudrák, 2007

Számos olyan esettel találkozhatunk a középkori építészet történetében is, ahol a műhelyváltás, termódosítás, vagy az építkezésben beálló hosszabb szünet az építési anyag, kőanyag váltásában is kimutatható volt. Gyakran azonban egy-egy építési fázison belül is megfigyelhető a kőanyagok praktikus „rangsorolása”, „szelektálása”. Más-más anyagot választottak például az épület szerkezetileg meghatározó részeihez: falazatokhoz, pillértörzsekhez, lábazatokhoz, boltozati bordákhoz. És megint más szempontok játszottak szerepet a finomabb kidolgozást igénylő ornamenteket, figurális ábrázolásokat is hordozó részletek (pl. fejezetek) anyagának kiválasztásában.

Speciális esetekben a kőanyag és vele az adott mű is lehet import, régiókon túlmutató műhely- és stíluskapcsolatokkal. Művészettörténeti szempontból ez esetben komplikáltabbá teszi a megközelítést, hogy az anyaghasználat éppúgy lehet műhely-karakterisztikum, mint regionális sajátosság is.

Ez a probléma körvonalazódik Európa Alpoktól északra eső területein ritkábban előforduló, exkluzívabb kőanyagok, például a márványok 11–12. századi felhasználása esetében is. Bizonyos esetekben a márványok, az anyag értékének, ritkaságának és főként a hozzá fűződő szimbolikus tartalmaknak köszönhetően még a nehézkes és költségigényes középkori szállítási viszonyok között is országokon át jutottak el rendeltetési helyükre, megrendelőikhez. Ez figyelhető meg a *mediterraneum* ókori központjai, különösen a korai középkortól szinte kimeríthetetlen lelőhelyként szolgáló antik Róma márvány és porfirfaragványai esetében, amelyek többek között – a *translatio imperii* gondolatkeretétől sem függetlenül – például Nagy Károly (768–814) aacheni, I. Ottó (936–973)

magdeburgi építkezésein láthatók viszont spóliumként, másodlagos felhasználásban.

A 11–12. században – a fenti jelenségtől, gondolatkeretétől sem függetlenül – a ritka, antik márványok iránti kereslet nem apadt. Az 1060-as években Desiderius apát (1058–1087) római kapcsolatait megmozgatva szerzett be az örök városból montecassino-i apátsága újjáépítéshez különféle színű antik oszlopokat és márványokat. Henry of Blois (1095–1171) winchesteri püspök az 1140-es évek elején római kúriai legátusként antik szobrokat szállíttatott Rómából angliai székesegyházába.

A II. Henrik (1002–1024) által alapított bambergi székesegyház 11. századi díszpadlójának töredékein végzett természettudományos vizsgálatok antik mediterrán térségből (Thasos, Spárta) származó márvány és porfir(újra) felhasználást mutatták ki.

II. Henrik sógora, I. István (1000–1038) magyar király nem sokkal később megkezdett székesfehérvári Szűz Mária prépostsági templomának építkezésein a főhajó kitüntetett részleteinek díszítésben a márványburkolat, az opus sectile díszpadló a bambergihez hasonló szerephez jutott. Ugyanakkor Fehérváron az anyagbeszerzés terén praktikusabb szempontok érvényesültek. A kutatás jelenlegi állása szerint egykor a kórus déli oldala előtt állott kisépítészeti alkotást, valamint a szentté avatott király hamvait őrző sírhelyét övező díszpadló fehér márvány anyaga esetében a közeli (Tác / Gorsium) római márványainak újbóli felhasználása sejthető. A jövőben jó lenne mindezeket közelebbi természettudományos vizsgálatokkal is pontosan alátámasztani. Ugyanígy a helyi római faragványok márványát használhatták fel másodlagosan a pécsi székesegyház egyes 12. századi részletein.



2. ábra: 1200 körüli díszpadló töredéke a középkori egeri székesegyházból. A szerző felvétele.

Fig. 2.: Fragment of opus sectile pavement from Eger Cathedral around 1200. Photo by the author.

A 12. század folyamán egyrészt a másodlagosan hasznosítható antik, ókori készletek apadása, másrészt az import drágasága és az Alpokon túli szállítás nehézségei miatt is fordulhatott a figyelem a helyi lehetőségek felé. A reprezentatív és ritka márvány, vagy megmunkálási feltételei s hasonló megjelenése alapján a középkorban annak tekintett, jól csiszolható és polírozható mészkövek, kristályos mészkövek helyi bányáinak művelése a írott forrásokban és a ránk maradó emléanyagban egyaránt tükröződik.

Ezekhez említhető példaként a Canterbury székesegyházának 1174 utáni újjáépítése (a fekete és vörös színű „*Purbeck Marble*” felhasználása burkolatként, lábazatként, oszloptörzsként), vagy az Alsó-Rajna-, Maas-vidéken igen népszerű, szürkés, fekete színű kőanyag („*Tournai Marble*” „*Schiefermarmor*”) alkalmazása (burkolólapok, oszloptörzsek, ornamentális és figurális faragványok anyagaként) számos helyen a 12. század derekától.

Maga a márvány, a márványszerűen megjelenő, kemény, kristályos mészkő feldolgozhatóságát tekintve is speciális kőanyag. Megmunkálása rendszerint speciális ismeretekkel rendelkező

kőfaragók, *marmorariusok* működését is feltételezi az adott helyen.

A középkor folyamán újból megnyitott, vagy újonnan „felfedezett” „márvány”-bányák esetében hosszabb-rövidebb ideig helybe települt, a feldolgozás, megmunkálás speciális ismereteivel rendelkező műhely is feltételezhető (pl. Esztergom). Ezen bányákhoz kötődő műhelyeknél padlólapok, burkolólapok, oszloptörzsek szériagyártásával folyamatosan számolni lehet, ugyanakkor egy-egy komolyabb figurális alkotás, reprezentatívabb mű esetében kérdéses, hogy az ahhoz értő mester jöhetett-e helybe, avagy az anyag szállítására kerülhetett-e sor.

A bánya és a műhely efféle szoros szimbiózisa ragadható meg az esztergomi Szent Adalbert-székesegyház 12. század végén III. Béla (1172–1196) és Jób érsek (1185–1204) alatt folyt újjáépítése kapcsán, ahol a padló és falburkolatok, inkrusztált és szobrászati alkotások, portálok meghatározó alapanyaga a közeli Gerecse hegység bányájából került ki. Miként azt Lövei Pál kutatásai kimutatták, a gerescei vörös márvány, tömött vörös mészkő felfedezése s felhasználásának kezdetei szorosan összefüggnek a 12. század végi

esztergomi építkezésekkel, valamint III. Béla környezetének építkezéseivel. A későbbiekben széleskörű, országhatárokon túlmutató elterjedése, és a török korig a bányák folyamatos használata mutatható ki.

Ugyanakkor – erre irányuló anyagvizsgálatok hiányában – semmi biztos se mondható a 12. század végi esztergomi márványmunkák nem vörös komponenseiről, fekete, fehér kőberakások anyagáról, illetve a 12. század végi fehér márványok viszonyáról a helybeli római emlékekhez s azok bányahelyéhez, adott esetben más egykorú magyarországi építkezések hasonlóan tűnő anyagához.

A középkori egri székesegyház épületének 12. századi formájáról nagyon csekély ismereteink vannak. Román kori eredetű a három hajóra osztott, régészeti kutatásokból ismert hosszház. A hasáb alakú pillérekkel bevezetett, egykor három félköríves apszissal zárt szentélyszakasz polikróm falazatú, falait vörös és halványszürke színű tufakvადerekből emelték. A román kori székesegyház 12. század végén, 13. század elején történt újjáépítésére, az épületbelső megújítására két fől szlopfő, pillértörzs és bordatöredékek, továbbá egy igen kvalitásos kisarchitektúra és díszpadló nagyszámú töredéke utal **(1-2. ábra)**. Az összetett pillérforma, az azzal összefüggő boltozatok, valamint az ehhez utalható fejezetek jól illeszkednek a kora gótika (pilisszentkereszti, gyulafehérvári, óbudai építkezésekkel jellemezhető) 1200 körüli magyarországi recepciójába, ugyanakkor a korabeli kisarchitektúra sokkal nehezebben megragadható nemcsak stíláris tekintetben, de anyaghasználatát illetően is. **(1. ábra)**

Korábban az egri fehér „márvány” faragványokat a művészettörténeti stíluskritikai értékeléssel némileg összhangban itáliai importműként tartotta számon a természettudományos kutatás is. Az utóbbi években a *Lapidarium Hungaricum* program keretében (OTKA T-46188) kerülhetett sor mindezek részletes feldolgozására, amelyet szerencsés módon az MTA Geokémiai Kutatóintézetében (Tóth Mária és Bajnóczi Bernadett által) megkezdett és folyamatban lévő anyagvizsgálatok is kiegészítettek.

Az egri töredékekből megismerhető egy vakfülkével tagolt, párkánnyal koronázott, vékony falú kisépítészeti alkotás (feltehetőleg rekesztő-architektúra), melyet két különböző karakterű, a felépítmény polikrómiáját is meghatározó anyag – a szürkés és fehér színű „márvány” valamint a vöröses andezittufa – használata jellemez.

A vörös kőből faragott fülkék kivétel nélkül dísztelenek, míg a fehér „márványból” készültek között ornamentális keretezésűek is feltűnnek. A párkányokon különböző stílusú ornamentika fut

végig, a vörös és fehér kőből faragott széria kvalitásaiban is eltér egymástól. **(1. ábra)**. A fehér „márvány” párkányokon klasszicizáló jellegű ornamentals tűnik fel, a fűróval lazított, csiszolt polírozott felületek magas faragói kvalitásról tanúskodnak. A vöröses színű andezittufa párkányok egy részén lapos alakítású, esetlenebb dísz futott, a „márványokhoz” képest ez a csoport provinciálisabb árnyalatot képvisel. E csoport stílusának helyi felszívódását jól illusztrálja az egyházmegyében fekvő Szalonna plébániatemplomának kapuja, ahol nemcsak az ívmező palmettasora és keretezése, hanem azonos kőanyaga is határozottan az egri kisarchitektúra vörös szakaszait idézi.

Ez a vörös andezittufa a Bükk hegység, és az északkelet-magyarországi régió egyik jellegzetes építőanyaga volt a középkor folyamán (Tarnaszentmária, Bükkszentmárton, Kács, Noszvaj, Bélapátfalva, Gyöngyöspata, stb.). Felhasználásának legkorábbi, stílárisan viszonylag jól megragadható, 1100 körüli, kora 12. századi emlékei az egri székesegyházzal hozhatók összefüggésbe.

A székesegyház területéről nagy számban kerültek elő fehér, szürke, rózsaszín, fekete, illetve vörös „márványból”, illetve jól csiszolható mészkőből készült díszpadló különféle méretű és formájú töredékei **(2. ábra)**. E meglehetősen részletgazdag és sokszínű márvány díszpadló és burkolat készítésére a feliratokkal és inkrusztációkkal is díszített rekesztő-architektúrával összefüggésben kerülhetett sor 1200 táján.

Az egri kisarchitektúra művészettörténeti (stíláris és ikonológiai) elemzésének egyik komponensét exkluzív anyaghasználatának és színességének vizsgálata jelentheti. Amennyire a töredékesség ilyen foka mellett ez megítélhető, a felépítményben a fehér „márvány” (illetve annak néhol érezett, halványszürkés árnyalata) dominált, a kevésbé igényes vörös szakaszok esetében alárendeltebb szerep sejthető (az inkrusztációk színei nem ismertek, pasztamaradvány sincs). A díszpadlóban viszont a fehér és fekete, sötétszürke kontrasztja jutott érvényre, melyet az apróbb szemekből kirakott motívumok esetében vörös és rózsaszín betétek élénkítettek. **(2. ábra)** E többféle árnyalatot mutató – a korábbi geológiai szakirodalomban importként számon tartott – márvány ilyen nagyarányú felhasználása egy építészeti alkotás keretein belül már a feldolgozás kezdeteikor maga után vont a kőanyag pontos meghatározásának, eredetének és bányahelyének kérdéseit. Melyet még bonyolított, hogy időközben ugyanezen szürkésfehér „márványból” faragott reneszánsz dombormű töredékei kerültek elő az egri várban. Továbbá a 18. század végi levéltári források is helyi tényezőkre irányították a figyelmet.



3. ábra: A „Diósgyőri Madonna” részlete, 1490 körül. Gerecze Péter felvétele, 1897. KÖH Fotótár.

Fig. 3.: Detail of Madonna from Diósgyőr, ca 1490. Photo: Peter Gerecze, 1897 KÖH Archives.

A „márványról” az MTA Geokémiai Kutatóintézet munkatársainak folyamatban lévő vizsgálatai kimutatták, hogy az a gerecei vörös márványhoz hasonlóan, a geológiai fogalmak szerint kristályos kemény mészkő, vagyis csak idézőjeles márvány. Továbbá az eddigi geokémiai vizsgálatok alátámasztották a helyi eredetre vonatkozó sejtést és a környékbeli, bükki bányahely lehetőségét vetették fel, valamint támogató választ adtak arra a kérdésre, hogy a szemre igen hasonló „Diósgyőri Madonna” (3. ábra) márványa vajon azonos lehet-e az egi 1200 körüli és reneszánsz alkotásokéval.

Már az eddigi természettudományos eredmények is komolyan visszahatottak a művészettörténeti ismeretek körére. Az 1200 körüli reprezentatív kisépítészeti együttes és a helyi fehér „márvány” felfedezése között mutatkozó kapcsolat Egerben párhuzamba állítható azzal a jelenséggel, amit az esztergomi Szent Adalbert-székesegyház 12. század végi dekorációjáról és a gerecei „vörösmárvány” felhasználásának kezdeteiről tudunk. Azonban a gerecei „vörösmárvány” széleskörű elterjedésével és nagyarányú, országhatárokon túlmutató alkalmazásával szemben úgy tűnik, a „fehérmárvány” felhasználása Egerben a 12. század végi felfedezést követően lokális jelenség marad.

Az egi középkori székesegyház 1780-as évekbeli bontásainál asszisztáló Farkas János, Eszterházy Károly püspök „Bauschreiber”-e többször is említést tett a bontási munkálatok során előkerülő, a munkásokat és a kilátogató püspököt egyaránt

csodálatba ejtő színes márványmunkákról, és mozaikpadlóról. A levéltári forrásokból kitűnik, hogy kezdetben, úgy gondolták a fellelt alkotások különleges szépségük és színességük miatt külföldről behozott márványmunkák lehetnek. Azonban a tapasztalt helyi mesterek a közeli „Tárkányi Hegyekben” lévő bányákra irányították a figyelmet, amelyeknek a felkutatására akkor, a 18. század végén ismét sor került és Eszterházy Károly püspök környékbeli építkezéseiben, többek között Felsőtárkány, Mezőtárkány, Kápolna, Füzesabony plébánia-templomaiba készült keresztelő-kutak, szenteltvíztartók, és oltárok anyaga került ki belőlük. Tehát a középkori bányák lokalizálása mellett a jövőbeni, természettudományos vizsgálatok további szálát jelentheti ezen 18. századi alkotások anyagának meghatározása, valamint annak tisztázása, hogy e barokk munkák „márványa” azonos lehet-e a középkori alkotásokéval, s kimutatható-e a középkori és 18. századi bányahelyek esetleges kontinuitása.

A helyzetet bonyolítja, hogy az 1500 körüli egi reneszánsz alkotások töredékei között, az egykorú források szerint carrarai fehér márványból faragott szentségházzal is számolhatunk. Az ezzel gyanúsítható töredékek tiszta fehér, finomszemcsés anyaga, faragói stílusa valóban kilóg az ismert sorból, de pontos válasz e tekintetben szintén az anyagvizsgálatoktól várható.

Továbbá kérdéses, hogy az egi díszpadlóhoz utalható töredékek között felbukkanó különleges színű, zöldes, vörös elemek esetében vajon az ideérkező mesterek által kistételben magukkal hozott, távoli vidékekről származó exkluzív anyagokról lehet-e szó, avagy a porfir – színeit is „helyettesítő” szépen csiszolható kövek szintén helyi eredetűek lehetnek.

Mindezekre a kérdésekre a már megkezdett s a remények szerint folytatódó többretű geokémiai vizsgálatok további válaszokat hozhatnak.

Irodalom

CLAUSSEN, P. C. (2006): *Magistra Latinitas – Opus Romanorum. Aspekte kirchlicher Reform in der Sakralarchitektur und liturgischen Ausstattung in Rom. In: Canossa 1077 Erschütterung der Welt. Geschichte, Kunst und Kultur am Anfang der Romanik.* Band I. Essays. München. 297–308.

HAVASI, K. (2003): „1200 körüli” faragványcsoport töredékei a középkori egi székesegyházból. *Agria. Az Egi Múzeum Évkönyve.* XXXIX:113–188.

HAVASI, K. (2006): *Reneszánsz márványdombormű töredékei az egi várból. Művészettörténeti Értesítő* LV:95–117.

KÖFALVI, I. (1980): Kőfaragókról és kőbányákról. *Építés- és Építészettudomány X*:241-281.

LŐVEI, P. (2005): Kőanyagvizsgálat, művészet-történet, műemlékvédelem. – *Archeometriai Műhely*. **2005/3**:1-6.

LŐVEI, P., PINTÉR, F., BAJNÓCZI, B. & TÓTH M. (2007): Vörös és fehér díszítőkövek, kristályos és metamorf mészkövek, márványok. (Műemléki kutatások természettudományos diagnosztikai háttérrel 2.) – *Művészettörténeti Értesítő* **56/1**:75-82.

LŐVEI, P. (2009): Routes and Meaning. The Use of Red Marble in Medieval Central Europe. In: *ANDERSON, J. ed., : Crossing Cultures: Conflict, Migration and Convergence. The Proceedings of the 32nd International Congress in the History of*

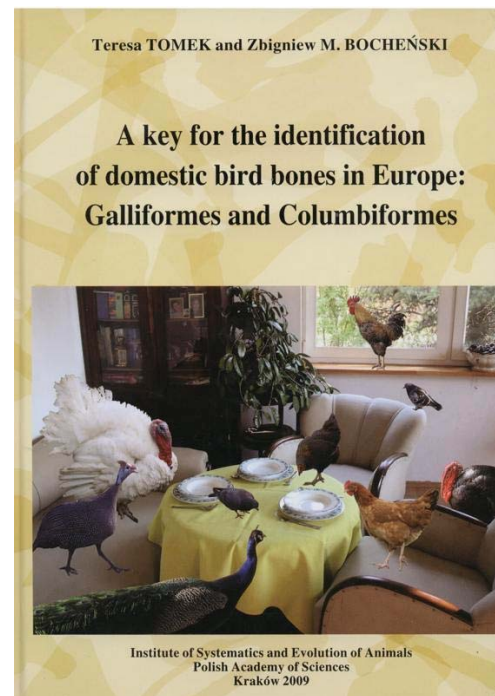
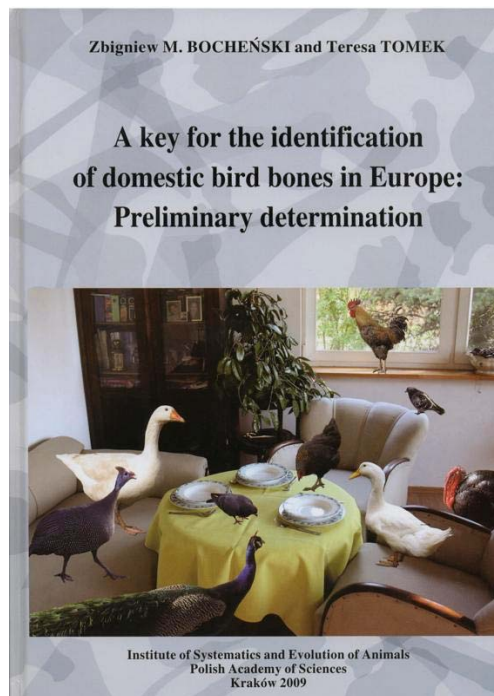
Art (Comité International d'Histoire de l'Art, CIHA) The University of Melbourne, 13–18 January 2008. 477–481.

LŐVEI, P.: (2009): Magyarország építészeti kötődéseinek korpusza. (OTKA T-46188-zárójelentés). www.otka.hu

PINTÉR F., SZAKMÁNY Gy., LŐVEI P., TÓTH M., DEMÉNY A. (2001): „Vörös márvány” faragványok nyersanyaglelőhelyeinek kutatása. – *Műemlékvédelmi Szemle XI*:53–70.

SAGE, Walter (2002): Steinplatten von Zierfeldern im ersten Fussboden des Heinrichsdoms. – In: KIRMEIER, J., SCHNEIDMÜLLER, B., WEINFURTER, S. & BROCKHOFF, E. eds.: *Kaiser Heinrich II. 1002–1024*. Bamberg.196–198.

KÖZLEMÉNYEK



Könyvismertetés

Zbigniew M. Bocheński & Teresa Tomek (2009):
A key for the identification of domestic bird bones in Europe: Preliminary determination.
 Institute of Systematics and Evolution of Animals.

Polish Academy of Sciences. Kraków. 101 old.
 ISBN: 978-83-61358-04-6. €30

Teresa Tomek & Zbigniew M. Bocheński (2009):
A key for the identification of domestic bird bones in Europe: Galliformes and Columbiformes.
 Institute of Systematics and Evolution of Animals.

Polish Academy of Sciences. Kraków. 111 old.
 ISBN: 978-83-61358-08-4. €30

A szerzőpáros alapos csonttani ismeretekre és gazdag méretadatbázisra támaszkodó, magas szintű technikai kivitelezéssel készült kétkötetes határozókönyve több, hasonló tematikájú cikk és kötet megjelentetése után látott napvilágot. Zbigniew M. Bocheński és Teresa Tomek ezidáig egy-egy szűkebb madárcsoportba – vöcskök (1994), tyúkalkatúak hibridjei (2000), pulykák (2005 és 2006) és varjú-félék (2000) – tartozó fajok jellegzetességeit, csonttani bélyegeken és méreteken alapuló elkülönítésének lehetőségeit vizsgálta.

A madáröslénytanban és régészeti madártanban is tevékenykedő két szakember viszont a legtöbbször töredékesen előkerülő madárcsontleletek meghatározásának nehézségeit is jól ismeri. Ilyenkor hasznos, de nem elegendő segítség egy-egy rajz vagy fénykép, amelyik egészben ábrázolja az illető csontot, és egy-két – legtöbbször csak a legnagyobb hosszúságra és valamelyik szélességre szorító – méret, mert az ásatási leletegyüttesekből származó csonttöredékek különböznek az összehasonlító gyűjtemények általában kitűnő megtartású anyagától. Mindezek felvetették tehát az egyes vázelemek részletesebb, a hosszúcsontok mindkét epifizisére kiterjedő alaposabb vizsgálatának szükségességét, valamint a megbízhatóbb méretintervallumok közzétételét.

Mindenekelőtt azonban a régészeti madártan első számú feladatában – a vad- és házimadarakból származó leletek elkülönítésében – próbálnak eligazítani a szerzők. Az első kötet célja az, hogy a kutató el tudja választani a házasított fajokat is magukba foglaló három rend (Lúdalkatúak, Tyúkalkatúak és Galambalkatúak) tagjait a többi taxontól. Amint az a Bevezetőt követő Anyag és módszerek c. fejezet összesítő táblázatából kiderül, ehhez a munkához összesen 16 faj hét európai (Krakkó, Koppenhága, Oulu, München, Szófia, Wrocław és Groningen) múzeum gyűjteményében található csontvázait vizsgálták. A négy szakirodalmi forrásból átemelt adatokkal együtt így 1185 egyedről van szó. A fejezet végén kitűnő nagyítású fényképeken a leletegyüttesekben leggyakrabban előforduló, valamint a határozáshoz legalkalmasabb vázrészek és csonttani bélyegek láthatók több nézetből.

Ezután, a madárcsontváz anatómiai sorrendjét követve, az egyes vázelemek határozókulcsai következnek, külön-külön a proximális és disztális végekre vonatkozóan. Az első lépés általában meghatározza a legkisebb (házigalamb) és legnagyobb (pulyka) házimadár minimum- és maximumértékeit, kijelölve ezáltal a mérettartományt, amelyben a házi fajok bármelyike előfordulhat. Tekintettel a határozókönyv céljára, valamint a vad fajok gazdagságára, nincs lehetőség valamennyi madárfaj bemutatására. Mindazonáltal a szerzők legalább család- vagy genus szinten próbálnak útbaigazítást adni a vadmadarakat illetően is, és sok, a régészeti leletegyüttesekben gyakran előforduló vad faj (kormorán, szürke gém, fehér gólya, szirti sas, túzok, daru stb.) csontjéről készült fénykép. A határozókulcs egyes lépéseihez kapcsolódó, csak az illető csonttani jelleget kiemelő fekete-fehér képek, és a szemközti oldalon látható összefoglaló színes táblaképek biztos kézzel vezetnek el tehát az első feladat megoldásáig.

A második kötet a leletek faj szintig végzendő meghatározását szolgálja a Tyúkalkatúak és Galambalkatúak rendjén belül. A házilúd és háziréce vad őseiktől való elkülönítése – tekintettel a morfológiai és méretbeli átfedésekre, valamint a vad fajok széles elterjedési területére – egyelőre még megoldatlan feladata az archeo-oritológiának, így a Lúdalkatúak rendjével itt nem foglalkoznak a szerzők. Ez a kötet tehát összesen 12 faj 847 egyedének adataira támaszkodik.

A házityúk vázrészeinek és csonttani bélyegeinek a bemutatása után az első rész (17-83. oldal) segítségével a Tyúkalkatúak rendjébe tartozó házi fajok leleteit határozhatjuk meg az első kötetben is követett módszer szerint, a második rész (85-110. oldal) pedig a Galambalkatúak rendjén belül különíti el a fajokat.

Mindkét kötet irodalomjegyzékkel zárul, és rendkívül jó minőségű képanyagot tartalmazó CD-mellékletet is tartalmaz a hátlap belső felére ragasztott borítékban. Ez utóbbi hasznos segítség akkor, amikor több helyszínen vagy külföldön dolgozunk, és el akarunk tekinteni a könyvek utaztatásától.

A bemutatott kétkötetes határozókönyv tehát elsősorban archeozoológusoknak készült. A házimadarakból származó leletek meghatározására koncentrálnak, ami kimondottan régészeti-kultúrtörténeti kérdés. A morfológiai jellegek és csontméretek alapos elkülönítése révén viszont számos gyakori vad faj legalább genus szintig történő felismeréséhez is elvezet. A könyv továbbá szép példája egyes tudományágak (paleontológia és archeológia, ill. oszteológia és oszteometria) összefüggésére és egymásra utaltságára.

A szerző, saját tapasztalatai birtokában, megkockáztatja azt a kijelentést, hogy a bemutatott

köteteket nem a madárcsont-határozásban teljesen járatlan vagy kezdő kutatók, hanem inkább azon, a madárcsontleletekkel már közelebbi viszonyban álló szakemberek tudják igazán haszonnal forgatni, akik ritkán jutnak el leleteikkel az összehasonlító gyűjteményekbe, hogy ellenőrizhessék azokat. Ugyanis a háromdimenziós vizsgálódások lehetőségét, az egyes csoportokba tartozó rokon fajok felsorakoztatását és összehasonlítását, azaz a személyes gyakorlati tapasztalatokat nem helyettesítheti a legjobb kivitelezésben készült atlasz sem. Mindazonáltal egy olyan fontosságú és hiánypótló alaplával állunk szemben, amelynek helye ott lenne minden régészeti állattannal foglalkozó szakember asztalán.

Gál Erika

MTA Régészeti Intézete

Két érdekes archeometriai szakmai találkozó Ausztriában

A korábban nemzetközileg kevésbé aktív osztrák archeometriai szakma is egyre gyakrabban ad hírt magáról. A tavaly Salzburgban sikeresen megrendezett Első Osztrák Archeometriai Konferencia után idén májusban rendezik a következő találkozót *Secundus Conventus Austriacus Archaeometriae (Scientiae Naturalis Ad Historiam Hominis Antiqui Investigandam) MMX* címmel, ismét Salzburgban.

A rendező Salzburgi Egyetem archeometriai tevékenysége ismert európai szinten is: több sikeres EU-projektet tudhatnak maguk mögött, és az Archeometry és ASMOSIA-konferenciákon is rendszeresen jelen vannak a különféle projekteik (pl. Saxa Loquuntur, Historic Quarries) eredményeivel. Emellett a fő szervezők egyike, Jan CEMPER-KIESSLICH, aki a konferenciának – kicsit talán meglepő, de annál érdekesebb – háttérrel nyújtó egyetemi Törvényszéki Orvostani Intézet munkatársa, elkötelezetten és nagy lelkesedéssel tudja a legkülönfélébb témában kutató kollégákat a konferencia köré szervezni: a bányászati eszközök archeometriájától a radiológiai vizsgálatoktól az – Ausztriában különös becsben álló – római kori leletek vizsgálatáig igen széles a választék.

A konferencia időpontja: 2010. május 13-14.

Honlapját a

<http://www.research.sbg.ac.at/archaeometrie/>

URL cím alatt találjuk, a szervezők pedig az archaeometrie@sbg.ac.at elektronikus levélcímen érhetők el. A konferencia munkanyelve főként német, de vannak angol nyelvű előadások is. A részvételi díj (amely a helyszínen fizetendő) más konferenciákhoz képest alacsonynak mondható, 50 euró a teljes konferenciára, de van napijegy is,

hallgatóknak pedig igen kedvezően csak 15 euró a részvétel.

A másik érdekesnek ígérkező osztrák archeometriai rendezvényt a 2002 óta két évente lezajló, idén Leobenben megrendezendő *PANGEO Austria* keretében külön szekció formájában szervezi Erich DRAGANITS (Bécsi Egyetem) és Michael MEYER (Innsbrucki Egyetem) geoarcheológia és archeometria témakörében. Ennek a konferenciának is alapvetően német a munkanyelve, de mint az eddigi, igazán nemzetközi légkörű PANGEO konferenciákon, angol nyelvű cikkeket és előadásokat is szívesen látnak. A geoarcheológiai-archeometriai szekció főbb témakörei: archeoszédimentológia, pedológia, geokémia, archeobotanika, palinológia, archeozoológia, geokronológiai módszerek (^{14}C , ESR, TL, OSR, dendrokronológia, paleomágnesség), és természetesen a lelőhelyek távérzékelési és geofizikai módszerekkel történő kutatása. Amint a

felsorolásból látszik, a szervezők igyekeznek az archeometria valóban széles spektrumát a szekcióban felvonultatni.

Az absztraktok beküldési határideje 2010. június 1., maga a konferencia pedig 2010. szeptember 15-19 között lesz (beleértve a konferenciát megelőző és követő szakmai kirándulásokat is). Akit nemcsak közvetlenül az archeometria érdekel, hanem esetleg szívesen kalandozik el az alpesi ország geológiája felé is, a többi szekció programjában sem fog csalódnai A részletek ezen a honlapon érhetők el: <http://pangeo2010.unileoben.ac.at/Site/Home.html>.

Székely Balázs^{1,2}

¹*Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität Wien, Ausztria*

²*ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Budapest*

*

Az Archeometriai Műhely 2009 VI. évfolyam 1-4 számainak lektorai voltak:

Bánffy Eszter, MTA Régészeti Intézete

Belgya Tamás, MTA Izotópkutató Intézet

Biczó Piroska, Magyar Nemzeti Múzeum

Demény Attila, MTA Geokémiai Kutatóintézet

Dobosi Viola, Magyar Nemzeti Múzeum

Földessy Péter, Magyar Nemzeti Múzeum

Gerelyes Ibolya, Magyar Nemzeti Múzeum

Gherdán Katalin, ELTE Régészettudományi Intézet, Archeometriai Tanszék

Hajnal Zsuzsa, Magyar Nemzeti Múzeum

Holl Balázs, Magyar Nemzeti Múzeum

Horváth Zoltán, Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat

Ilon Gábor, Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat

Járó Márta, Magyar Nemzeti Múzeum

Kázmér Miklós, Kázmér Miklós, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Őslénytani Tanszék

Kulcsár Valéria, Szegedi Tudományegyetem, Régészeti Tanszék

Lővei Pál, Kulturális Örökségvédelmi Hivatal

Mester Zsolt, ELTE Régészettudományi Intézet, Ős- és Koratörténeti Régészeti Tanszék

Mindszenty Andrea, ELTE Földrajzi és Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

Mráv Zsolt, Magyar Nemzeti Múzeum

Novothy Ágnes, ELTE Természetföldrajzi Tanszék

Persaits Gergő, Szegedi Tudományegyetem, Földtani és Őslénytani Tanszék

Péterdi Bálint, Magyar Állami Földtani Intézet, Országos Földtani Múzeum

Regenye Judit, Veszprém Megyei Múzeumok Igazgatósága

Szakmány György, ELTE Közettan-Geokémiai Tanszék

Székely Balázs, ELTE Geofizikai Tanszék

Szilágyi Veronika, MTA Izotópkutató Intézet

Szónoky Miklós, Szegedi Tudományegyetem

T. Biró Katalin, Magyar Nemzeti Múzeum

Takács József, V-Pearl Művészeti Szabadegyetem

Tankó Károly, MTA-ELTE Interdiszciplináris Régészettudományi Kutatócsoport

Török Ákos, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

M. Virág Zsuzsanna, Budapesti Történeti Múzeum

Zöldföldi Judit, Tübingeni Egyetem