

FÖLDINDULÁS? A RÉGÉSZET VÁLSÁGA ÉS VÁLTOZÁSA NAPJAINKBAN

Bevezető gondolatok az MTA Geokémiai Intézet ülészakára,

2008. nov. 19.

BÁNFFY ESZTER

MTA Régészeti Intézet, H - 1014 Budapest Úri u. 49.

E-mail: banffy@archeo.mta.hu

Abstract

Geological sciences and archaeology has been connected since the beginnings, still, a new insight of this connection is taking shape nowadays, mostly as a consequence of the crisis and major changes in interpreting archaeological science. This change and new interpretation has reached the archaeological research in all countries, though not at the same time and with slight differences. In Hungary, the changes were mostly caused and triggered by the end of socialism as well as the start of large-scale preventive excavations. In this short introduction the crisis in Hungary will be discussed, its disadvantageous and beneficial aspects, as well as some possible future ways in archaeological research.

Kivonat

A földtudományok és a régészet kapcsolata, noha kezdetektől fogva nyilvánvaló, mégis sok szempontból új értelmet kapott napjainkban, nem kis részben annak köszönhetően, hogy a régészeti kutatás értelme és értelmezése válságot él át. Ez a válság az utóbbi évtizedekben minden ország régészeti kutatását elérte, bár nem egy időben és nem egyforma módon. Magyarországon a rendszerváltás és a nagy felületű feltárások voltak a változások fő okozói. A bevezető írásban a magyarországi régészetben tapasztalható válságról, annak rossz és jó oldalairól, valamint a lehetséges kiutakról esik szó.

KEYWORDS: ARCHAEOLOGY, HUNGARY, CHANGES AND CRISIS IN INTERPRETATIONS

KULCSSZAVAK: RÉGÉSZETI KUTATÁS, MAGYARORSZÁG, VÁLTOZÁS ÉS VÁLSÁG AZ ÉRTELMEZÉSBEN

Rövid bevezetóm címében szándékosan szerepel a "föld" szó és a "válság" szó is. Az előbbi arra utal, hogy mind a régészet, mint a geológia és annak rész-tudományágainak vizsgálati kiindulópontja egyaránt a föld. A régészet válságáról pedig előzetesen annyit jegyeznek meg, hogy ez a válság az utóbbi évtizedekben minden ország régészeti kutatását elérte, bár nem egy időben és nem egyforma módon: ebben a rövid bevezetőben a magyarországi régészetben tapasztalható válságról fogok beszélni. Előrebocsátva, hogy mint minden válságnak, a hátrányok mellett ennek is vannak pozitív oldalai és következményei is.

Ha csak néhány évtizednyit lépünk vissza, a régészet oktatását és a régész várható munkáját, feladatait, életpályáját egészen másként látjuk. A múlt század utolsó évtizedeit megelőzően a régészhallgatók egyfajta „lateiner” műveltségű bölcsészetet tanultak, összhangban azzal a ténnyel,

hogy a régészet a művészettörténettel együtt a szép tárgyak leírásával és osztályozásával foglalkozott. A leendő muzeológusok csendes, magyarországi és a szocialista szomszédságban élő kollégákkal együttműködő, gyűjteményhez kötődő szakmai életútnak nézhetek elébe. Kis felületek ásatásainak és leletmentések anyagának leltározásával, feldolgozásával, bemutatásával akkoriban fontos eredmények születtek, hiszen a relatív időrend és tipológia kidolgozása nélkülözhetetlen fázisa minden tudományág fejlődésének.

Az, hogy ez idő alatt az angolszász világban és másutt Nyugat-Európában milyen, túlzás nélkül forradalminak tekinthető változások és milyen heves, ezekre született reakciók uralták a szakmai közbeszédet és a publikációkat, aligha jutott el hozzánk, és még kevésbé befolyásolta szemléletünket.

Jó példa erre a Valóság 1977-es számában megjelent "Új-e az újrégészet?" c. esszé (Kalicz-Raczky 1977)¹, amelynek szerzői szerint nincs értelme ennek a fogalomnak, hiszen néhány elemzést már bevett a hazai gyakorlat, a többi természettudományos együttműködés pedig jelentéktelen, nem hiányzik a régész munkájához. A processzuális régészethez hasonlóan érintetlen maradt a hazai régészet a posztprocesszuális vagy más néven posztmodern régészet "izmusaitól", irányzataitól is.

Jó húsz éve lassú, majd egyre gyorsabb változás, végül elsőpró erejű kihívások figyelhetők meg a régészetben. Ahogy mára elfeledett költőnk, Garai Gábor írja egy verssorában: "*Kapuk nyíltak, csukódtak, országos léghuzatban...*"²: ez a léghuzat mára minden kis zugát bejárta az országnak, ahol csak régészek dolgoznak. Három területet szeretnék ezek közül kiemelni, hogy rámutassak, ezek mindegyike gyökeres változást mutat.

1. A természettudományok térhódítása a régészeti analízisben először kismértékű volt, esetleg nem is igazán tudták a régészek, mit kezdjenek az ilyen módszerekkel és azok eredményeivel. Egy példa: az első számítógépes adatbázisok még olyan kezdetlegesek voltak, hogy bárki, aki egy kicsit is értett a vizsgált témához, fejből megmondhatta azok eredményét; mégis, a módszer haladónak tűnt, mert "volt benne számítógép"! Mára az effajta, kicsit megmosolyogtató, pusztá díszítésnek ható elemzések láttán bármelyik egyetemi hallgató csak hüledezne. Az ő számára ugyanis természetes, axióma, hogy sem az ásatás, sem a feldolgozás, sem pedig a tudományos értékelés, vagy bármiféle kor emberi közösségének történeti rekonstrukciója elképzelhetetlen a legszélesebb körű, "kemény tudományok" képviselőinek munkája, azok eredményeinek felhasználása nélkül. A kései magyarországi elterjedésnek jó oldalához tartozik, hogy a processzuális és az arra adott válasz, vagyis a „posztmodern” eszmeiség dekonstruktív, mindent-megengedő tulajdonságait, egymással ellentétes narratívákat befogadó történettudomány téziseit alkalmazó régészet túlzásai, vadhajtásai sem hatottak a hazai régészetre.³ Ennek ellenére van

még mit tennünk: az egykor volt közösségek életének, szokásainak, társadalmának jobb megismeréséhez meg kellene honosítanunk néhány olyan elemzési módot is (pl. a táj-szemléletű régészeti kutatást) amely tőlünk nyugatra már visszavonhatatlanul a régészet részévé vált.

2. A második nagy horderejű változás a feltárt felület méretében keresendő és minden olyan változással összefügg (?), amely ennek következtében lép fel. Korábban szerény méretű, néhányszor néhány méteres kutatási terület eredményei alapján következtettünk településszerkezetre, temetkezésre (vagy annak hiányára, ha nem esett ilyen a kiásott felületbe). Még a hetvenes években is a nyugodt, derűs feltáró munkáról szólt egy amerikai régész: "Excavation is the most entertaining outdoor sport"⁴, mondta. Az utóbbi évtizedek autópályás megelőző feltárásai, amelyek először az M1-es, majd az M3-as, M7-es, M5-ös és legújabban az M6-os nyomvonalán történtek és történnek ma is, néhány év óta még feszítettebb tempóban, uniós pénzek határidőre történő felhasználásával "megszorítva" foglalkoztatják a szakembereket. Az autópályás megelőző feltárások mellett számos nagyberuházás zajlik: áruház, telephely alapterülete, MOL-vezeték, vasúti rekonstrukció, városokat elkerülő út építése, Vásárhelyi- terv által érintett földterület: a legtöbb sűrűn tele lelőhelyekkel! Csak 2008-ban mintegy három millió négyzetméter (!) kellett feltárni, és ez a nagyságrend 2009-ben is hasonló lesz. Ebben a helyzetben nincs választás: nem lehet finnyásan félrehúzódni a feladat elől, mondván, hogy ez technikai kérdés, nincs köze a tudományhoz. A munkagépek és a beruházók által szűkre szabott határidő szorításában nincs, nem létezhet nem tudományos feladat: itt leleteket, adatokat, információt kell menteni! Ilyen esetben még a leginkább gyakorlati kérdés, pl. hogy milyen feltételek között raktározzuk el ezt a soha nem látott mennyiségű leletet - is egyszerre tudományos kérdéssé válik: hiszen ha nem oldjuk meg ezeket a technikai kérdéseket, akkor a leletek és a dokumentáció kallódó tárgyak és adatok halmaza lesz, soha nem válik "kulturális örökséggé", és különösen nem szolgálhat majd alapul a jövő tudományos igényű szintézisének! Ez a válság szorító, negatív része.

A több hektáros felületű ásatások másik, pozitív aspektusa azonban legalább ilyen horderejű. Csak egy példa: Az újkőkori hosszúházas települések Kr. e. 5500 körül terjedtek el szerte Európában, egy ideje azt is tudni lehetett, hogy valószínűleg a Dunántúl volt a civilizáció, az élelemtermelő vívmányok kiindulópontja. Mindazonáltal az igen

¹ Megjegyzendő, hogy az azóta eltelt időben a két szerző nemcsak megváltoztatta az itt leírt véleményét, hanem a régészet megújulását, természettudományos adatokkal való összehasonlítását erőteljesen támogató és gyakorló kollégák közé tartoznak.

² Garai Gábor: Új kor hajnalán. Budapest, Szépirodalmi Kiadó, 1973

³ Az ún. processzuális és a poszt-processzuális régészeti irányzatok keletkezéséről és lényegéről hasznos összefoglaló található: Renfrew, C. – Bahn, P. 1999: Régészet. Elmélet, módszer, gyakorlat c. munkájában pp. 441-473.

⁴ Kent Flannery egyetemi jegyzete a Michigani Egyetem régész szakos hallgatóinak, az 1976-77-es tanévben. Willem Willems szíves közlése.

jellegzetes oszlopszerkezetű, sokszor 30 m hosszú házak nyoma itthon nem került elő: úgy tanultuk, hogy itt nem ismerték, nem laktak ilyenekben. Az M1-es autópálya nyomvonalán, Mosonszentmiklósról aztán előbukkantak az első "vonaldíszes" hosszúházak (a házakat létrehozó népcsoportok edényeinek díszítőmotívumairól neveztük el ezeket az épületeket), hogy aztán egyre-másra bukkanjanak elő a Dunántúlon és Északkelet-Magyarországon hasonló települések. A Balatonszárszón előkerült telep egyenesen Európa legnagyobb ilyen korú faluja, szinte már város: mintegy háromszáz év alatt több, mint negyven masszív paticsfalú épület nyomát találták meg. Mindebből érzékeltetni lehet már azt a minőségi ugrást, amely a mennyiségi növekedésből született: sok korábbi dogmaszerűen hangoztatott tétel dőlt meg hirtelen, az új lehetőség szinte részegítően hat az egyes korszakok kutatóira, akik nem győzik értelmezni az adatok tömegét. Mindez valóban új korszakot indított el a régészetben; kényszerhelyzetből keletkezett ugyan, de nem lehet nem felismerni, hogy ez már régen nem leletmentés csupán, hanem a régészetnek, mint nagyon fiatal tudománynak az életében bizony alapvető változás. Válság tehát, de mint ahogy a szóban az a szó rejlik: "változás", a kihívásnak eleget kell tennünk és a régészet javára fordítanunk.

3. A rendszerváltás előtt meglehetősen szigorúan elkülönült a szakemberek "tudós gyülekezete", akiket áhítattal hallgattak a laikusok. Mintha a szellem szabadult volna ki a palackból: a régi hierarchia eltűnével egyre-másra bukkanak fel a jóhiszemű őstörténészek, nyelvészek, eredetmagyarázók, amatőr genetikusok (!), de sajnos a hiszékenyeket kihasználó rossz szándékú emberek is. Ez nem csak Magyarországon van így - elég, ha a hírhedtté vált boszniai "piramisokra" gondolunk, amelyből hatalmas reklám- és üzleti vállalkozás nőtt ki, a szakembereket pedig már nemcsak munkájukban, de lassan létükben is fenyegetik a csodavárással visszaélő csalók. Hazánkban is vannak olyanok, akik "csak" azt szeretnék, ha a magyar nép, a magyar nyelv legfőbb, legfontosabb voltáról nyernének

bizonyítékot, és olyanok is akadnak, akik célja a tudományos kutatók hazaárulóként kezelése. Fel kell vennünk a kesztyűt, még akkor is, ha a mi érveinkkel szemben nem érvek hangzanak el, csak érzelmek és indulatok. Egyetlen eszközünk van: szépen és világosan megmagyarázni, milyen tények és adatok alapján milyen következtetésre jutottunk. Ebben a kicsiny sikert ígérő munkában éppen a természettudományok rigorozitása, szikár érvelése nyújthat nekünk támpontokat, segítséget. Itt is feltűnik a természettudományok adta segítség lehetősége: a kemény tudományokban megszokott módszerekkel jobban érthető az egykor élt ember viselkedését, az egykori társadalmak felépítését és azok változásait szabályozó jelenségek, sőt talán (de ezt csak félve és zárójelben) nem csak a múltban történők, hanem a jelen furcsaságai is.

Végtére is kijelenthetjük, hogy a mai magyarországi régészek merőben más pályán dolgoznak, mint amire tizenöt vagy huszonöt éve képezték őket. Meg kell felelnünk az új kihívásoknak. De ez nem elég. Együtt kell dolgoznunk, gondolkodnunk, vitatkoznunk és az eredményeinket összhangba hoznunk mindazokkal a társadalom- és természettudósokkal, akik erre hajlandók. Egymásra vagyunk utalva a múltbéli társadalom rekonstrukciójában, alá- és fölérendeltség nélkül, mindegyikünk a másik segítője és "szolgálója", az egységes értelmezés reményében.

Ezekkel a gondolatokkal ajánlom figyelmükbe az archeometria egy ágának, geokémia és régészet együttműködésének sarokköveit bemutató előadásokat.

Irodalom

KALICZ, N. - RACZKY, P. (1977): Új-e az "új régészet"? Mejegyzések a diffúzió, adaptáció és innováció kérdéseiről. *Valóság* 20/6:76-94.

RENFREW, C. - BAHN, P. (1999): *Régészet. Elmélet, módszer, gyakorlat*. Osiris, Budapest

GEOKÉMIAI VIZSGÁLATI LEHETŐSÉGEK ŐSKORI KŐESZKÖZÖKÖN

T. BIRÓ KATALIN

Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

E-mail: tbk@ace.hu

Abstract

Lithic implements are the most conspicuous finds of the earliest period of human history. The versatile potentials of their investigation - typology, technology, determination of provenance and the investigation of traces of use make them a primary source for the research. Archaeology in its classical sense as well as 'new archaeology', inclined to apply (natural) scientific methods in their argumentation both strive for exploiting this basis of information reflecting the skills, expertise, needs, action radius and system of connections of our ancestors. The choice of raw materials for the lithic implements reflect the high level of 'applied geological' expertise of these people. The selected raw materials are often rare and special rock and mineral types, the selection of which was most conscious. High quality requirements offer us the possibility to use provenance data in reconstructing supply areas and long distance trade.

The cognisance of significant raw material types and their source areas formed an essential part of the basic knowledge of prehistoric peoples and should be accordingly known to students of this period. Provenance studies can be based upon a parallel and constantly widening study of both the archaeological material and the raw material sources. In this process, geochemical investigations have a key role.

This paper will present some classical examples on the application of geochemical methods on stone tools, questions solved or still open. The aspects of the analysts and the archaeologists are often in conflict with each other and may have an element of the irrational as well: the investigations should be complete, exact, multi-elemental; at the same time, non-destructive and 'cheap', at least not expensive. Interpretation should be accurate and technical but also understandable for lay persons and it is regarded best when the support existing preconceptions. In the slimy zone of interdisciplinary activities it is very easy to make mistakes that will have a serious effect of the interpretation of the results. Obvious ways for the solution include rising the level of education, working together and publish results fast and accurately.

Kivonat

A kőeszközök az emberi történelem legkorábbi időszakának meghatározó leletei. Sokoldalú vizsgálatuk - tipológia, technológia, használati nyomok és származási hely meghatározás - az őstörténet elsődleges forrásaivá teszi őket. A klasszikus régészet, csakúgy, mint az "új régészet" néven közismertté vált, természettudományos módszereket felhasználó kutatás előszeretettel vizsgálja ezt az információ-bázist, amellyel elődeink technikai ismereteit, mindennapi szükségleteit, mozgásterét és kapcsolatrendszerét tudjuk megismerni.

A kőeszközök nyersanyaga elődeink magas fokú "alkalmazott földtani" ismereteit is tükrözi. A felhasznált nyersanyagok gyakran különleges, ritka kőzetek és ásványok, amelyeknek kiválasztása nem volt véletlenszerű. A nyersanyagokkal szemben támasztott minőségi igények lehetőséget adnak arra, hogy a kiemelkedően fontos, nagy területen elterjedt és nagy távolságokba eljutó speciális nyersanyagokat követve az egykori kereskedelmi hálózatot, útrendszert is megismerhessük.

A fontosabb nyersanyag típusok (és azok lelőhelyeinek) ismerete részét képezte az őskori ember világképének, és részét képezi az őskor történelmét kutató szakemberek számára szükséges alapismereteknek is. A proveniencia (=származási hely) vizsgálatok a régészeti anyag és a nyersanyagforrások párhuzamos, egyre részletesebb és sokoldalúbb megismerésén alapulnak, ahol a geokémiai vizsgálatoknak egyre fontosabb szerep jut.

A tanulmányban foglalkozunk a geokémiai módszerek kőeszközökön való alkalmazásának klasszikus példáival, megoldott és nyitott kérdésekkel. Szempontjaink gyakran egymásnak ellentmondanak, és nem nélkülözik az irracionális elemeket sem: a vizsgálat legyen teljes körű, minél pontosabb, sok elemre/izotópra kiterjedő, ugyanakkor roncsolásmentes és "olcsó", legalább is megfizethető. Az értelmezés legyen korrekt, de érthető, és persze akkor igazán jó, ha alátámasztja az elképzeléseket. A szakterületek határán mutatkozó csúszos és képlékeny zónában könnyű hibázni, aminek azután súlyos következményei lehetnek az eredmények értelmezésében. A megoldást természetesen a szemlélet változásában, a közös munkában és az eredmények gyors és pontos közzétételében kereshetjük.

KEYWORDS: LITHIC IMPLEMENTS, CHIPPED STONE TOOLS, GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS, PROVENANCE STUDIES, DECISION SCHEME

KULCSSZAVAK: KŐESZKÖZÖK, PATTINTOTT KŐESZKÖZÖK, GEOKÉMIAI VIZSGÁLATOK, PROVENIENCIA, DÖNTÉSI FA

Bevezetés

A kőeszközök az emberi tevékenység legrégebbi dokumentumai. Ennek oka, amellyel, hogy ezek igen korán, legalább 2 millió éve megjelennek az anyagi kultúrában, az, hogy a kőzetekből készült leletek megmaradásának ("fossilizációjának") esélyei lényegesen jobbak, mint más, például szerves eredetű nyersanyagokból készült eszközöké.

A különféle kőzetekből (és ásványokból) készült eszközök sokoldalúan vizsgálhatók. Gyakorlatilag minden, az anyagtudományokban és a földtudományokban általánosan használt eljárással vizsgálhatók, határt általában a rendelkezésre álló leletanyag mennyisége, minősége és kulturális értéke, továbbá a vizsgálatra rendelkezésre álló anyagi és technikai lehetőségek szabhatnak.

Kőzetek felhasználása a régészeti korokban

A különféle kőzeteket és ásványokat a legkorábbi időktől egészen napjainkig használjuk. Tovább gondolva a kérdést, a bennünket körülvevő anyagi kultúra legtöbb eleme valamilyen módon visszavezethető a kőzetekre és ásványokra, amelyeket változatos formában és technológiai fogásokkal alakítunk át speciális, ember által létrehozott mesterséges anyagokká (a legegyszerűbb égetett agyagtól a nagy tisztaságú fémekig és azoknak ma már molekuláris szinten ellenőrzött ötvözetéig). Következésképpen, ezek az anyagok - mind a nyersanyag, mind a végtermék - kőzettani és ásványtani módszerekkel eredményesen tanulmányozhatók.

A jelen dolgozatban bennünket csak a kémiai átalakítás nélkül, pusztán fizikai módszerekkel (leütések ["pattintás"], darabolás, csiszolás stb.) megmunkált kőeszközök érdekelnek, azon belül is, a legősibb technikával készült pattintott kőeszközök. A csiszolt kőeszközökkel részletesen foglalkozik ugyanebben a kötetben Szakmány György tanulmánya (Szakmány 2009)

Kőeszközök csoportosítása

A kőeszközöket a megmunkálás technikája és részben a funkció alapján csoportosítjuk, elkülönítve egymástól a pattintott és csiszolt kőeszközöket, valamint a többnyire változatos technikai megoldásokkal készülő egyéb kőeszközöket, szerszámköveket (pl. őrlőkövek, csiszolókövek stb.). A különböző típusú

kőeszközök esetében a nyersanyagok is eltérőek lehetnek, ami a csoportosítás egy másik szempontú alapja lehet. A pattintott kőeszközöknek részletesen kidolgozott morfo-tipológiai felosztása van, különösen az őskorban használt típusoknak (Brezillon 1971, további irodalmakkal). A csiszolt kőeszközök ilyen irányú vizsgálata nem eredményezett egyetemesen elfogadott rendszereket, a szerszámkövek morfológiai-funkcionális vizsgálata pedig még csak kezdeti stádiumban van.

A technológiai lánc egyes elemeit is leginkább a pattintott kőeszközök esetében ismerjük (nyersanyag / magkő / szilánk / penge / retusált eszköz). A szerszámok valós funkciója leginkább kísérleti régészeti alapon, a használati kopásnyomok vizsgálatával deríthető ki. Nem meglepő, hogy a morfo-tipológiai kategóriák nem mindig esnek egybe a technológiai és a funkcióvizsgálatok eredményeivel. Ezekkel a problémákkal a régészet, annak is speciális, a kőeszközökre specializálódott része foglalkozik.

Nyersanyagvizsgálatok

A geokémiai interpretáció lehetősége és szüksége elsősorban a kőeszközök nyersanyagának vizsgálatánál jelentkezik. A kőeszközök nyersanyaga többnyire nem a régészeti lelőhelyekről, hanem attól kisebb-nagyobb távolságra levő nyersanyagforrásokból származik. Fontos kivételt jelentenek a bányahelyek, de ezek meglehetősen egyedi esetek. A nyersanyaggal szemben támasztott minőségi követelmények miatt a megfelelő nyersanyag gyakran nagyobb, akár több száz kilométerre tehető távolságból érkezik a lelőhelyre, különféle közvetítéssel. A távoli nyersanyagok beszerzési stratégiájával és ezek módozataival külön előadásban foglalkoztam (Biró in press 2009).

A régészeti lelőhelyeken (RL) található kőeszközök nyersanyaga egy konkrét geológiai forrásból, lelőhelyről (GL) származott. Ez a nyersanyagforrás lehet ma is létező, fellelhető, de lehet mára már elpusztult, elfedődött, beépített, kitermelt is. A földtani lelőhelyek és feltárások idővel rohamosan pusztulnak, átalakulnak. Eredményes származási hely vizsgálatot csak a lehetséges nyersanyagforrások minél teljesebb körű ismeretében, minél alaposabb vizsgálatával lehet megvalósítani, amelyet a régészeti lelőhelyekről vizsgálható kőeszközökkel párhuzamosan kell kutatnunk.

Bányák és kitermelő helyek kutatása

A nyersanyagforrás (GL) maga is lehet régészeti lelőhely. Az értékes nyersanyagokat a középső paleolitikum óta nem csak begyűjtötték, hanem a jobb minőségű, "bányanedves" kőzetek megszerzése érdekében ki is termelték (Gábori-Csánk 1989). A bányaművelés nyomai lehetnek egyszerű gödrök, de lehetnek bonyolult alakzatok, tárnák, föld alatti folyosó rendszerek is. Az európai kovabányákat katalogizálják, kutatásukra az Ősrégészeti Világkonferencia (Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques / International Union for Prehistoric and Protohistoric Sciences, UISPP) keretén belül külön munkacsoport alakult (Weisgerber szerk. 1980, Lech szerk. 1995). Magyarországon eddig 14 őskori kovabányát (ezen kívül, egy festékbányát (Lovas) és egy csiszolt kőszköz nyersanyag bányahelyet (Kisújványa-Szamárhegy) ismerünk (Bácskay & Biró 2003, további részletes irodalommal). A kovabányák közül kettő, Sümeg és Tata bemutatóhelyként is működik, jelenleg is látogatható (Vértes 1964, Fülöp 1973, Bácskay 1986). A bányák kutatása nem egyszerű feladat, mert a bányahelyeket gyakran hosszú ideig, esetenként több periódusban használták, és a különböző korokban végzett kitermelés során keletkezett nyomok meglehetősen hasonlóak, inkább függenek a földtani adottságoktól mint a kitermelés idejétől. A bányahelyen emellett igen ritka a korhatározó régészeti lelet is. A vizsgálatok fontos eleme a bányahelyről származó nyersanyag geokémiai vizsgálata, ami segíthet a bányahelyről származó régészeti leletek azonosításában.

Összehasonlító gyűjtemény

Nem minden nyersanyaghoz tartozik jelenleg is ismert bánya- vagy gyűjtőhely. A nyersanyag egy részét felszíni gyűjtéssel is be lehet(ett) szerezni megfelelő minőségben, és természetesen vannak ismeretlen vagy elpusztult bányahelyeink is. A kőszköz készítésre alkalmas nyersanyagokat gyakran modern feltárásokból (pl. útbevágás, működő vagy történeti bánya) ismerhetjük meg: ez természetesen nem "pontosan" azonos az egykori bányahellyel, de az onnan gyűjtött nyersanyaghoz hasonló megjelenésű, közel álló nyersanyagforrás egykori létezése többnyire igen valószínű. A lehetséges nyersanyagforrások minél pontosabb ismerete alapvető a proveniencia vizsgálatokhoz.

A Magyar Nemzeti Múzeumban 1986 óta létezik egy folyamatosan bővülő összehasonlító nyersanyaggyűjtemény (Litotéka), amely abból a célból jött létre, hogy a régészeti anyagot közvetlenül össze tudjuk hasonlítani a nyersanyagmintákkal. A bázisgyűjtemény interneten keresztül is elérhető (www.ace.hu/litot),

a gyűjtemény anyagát angol nyelvű katalógusokban közzétük 1997-ig (Biró--Dobosi 1991, Biró et al. 2000). A Litotéka gyűjtemény a múzeum más gyűjteményeihez hasonlóan kutatható, a kézipéldányokon szorgalmazzuk a minél teljesebb körű anyagvizsgálatok lehetőségét. A gyűjtemény jelenleg is gyarapodik, a fejlődés fő irányzatai egyrészt regionálisak, másrészt tematikusak (Biró 2005). A begyűjtés során teljességre törekszünk, a magyarországi lelőhelyű példányok mellett Kárpát-medencei léptékben. A távolabbi területekről elsősorban a jelentős távolsági nyersanyagokat gyűjtjük rendszeresen. Fontos módja a gyűjtemény gyarapodásának az egyes összehasonlító gyűjtemények közötti csere. Tematikusan is bővül a gyűjtési kör: kezdetben a hangsúly a pattintott kőszköz nyersanyagokon volt, ami fokozatosan kibővült mára a csiszolt kőszköz nyersanyagok és a szerszámkövek irányába.

Műszeres anyagvizsgálat

A makroszkópos azonosítás (közvetlen összehasonlítás) fontos és hatékony módszer a GL és RL anyagok összevetésére, de nem elegendő. Részben, az egymáshoz külső megjelenésben hasonló anyagokat kell elkülöníteni, részben a makroszkópos megfigyeléseket igazolni, alátámasztani. A régészeti anyagra jellemző lehet a tárgyak felületének elváltozása, pl. patina vagy mállási kéreg kialakulása, ami a makroszkópos meghatározást gyakran nehezíti. Ezért a régészeti anyagon is szükséges a közzetani, ásványtani és geokémiai módszerek alkalmazása a pontos nyersanyag azonosítás és a származási hely vizsgálatok érdekében. A régészeti anyag vizsgálatában elsődleges szempont a lelet, mint történeti forrásértékű tárgy megóvása. Még a tömegesen jelentkező "közönséges" leletek (pl. díszítetlen kerámia oldaltörödékek) esetében is igaz, hogy a tárgyat meg kell őrizni, annak formai és méretbeli jellemzőit legalább is dokumentálni kell a vizsgálatok előtt és után is. A legjobb természetesen a roncsolásmentes vizsgálat, amely azonban gyakran nem ad elegendő információt a lelőhelyek megfelelő elkülönítéséhez. Ennek oka lehet, hogy a vizsgálat (az adott kérdés eldöntéséhez) nem kellőképpen érzékeny, például viszonylag kevés elemet mutat ki a kimutatási határ felett, vagy éppen túlzottan lokális - felületi, vagy nem teljes összetételre kiterjedően jellemző. A másik nagy probléma a nagy sorozatok vizsgálata. A geokémiai vizsgálatok többnyire költséges műveletek, a statisztikailag reprezentatív mintavételnek és az elkülönítő bélyegek egyértelmű meghatározásának eleget tevő vizsgálat sorozatra ritkán van lehetőség.

A megoldás nyilvánvalóan a szisztematikus adatbázis építés és a minél részletesebb adatközlés.

A Magyarország területén használt fontosabb nyersanyagok

Az összehasonlító nyersanyaggyűjtemény és a rendszeres vizsgálatok eredményeképpen mára már kielégítően teljes képünk van a pattintott kőeszközök magyarországi nyersanyagbázisáról. A "határterületi" zónákban, különösen a déli, délnyugati és délkeleti kapcsolódó területeken azonban még sok a nyitott kérdés, elsősorban azért, mert a szomszédos országok petroarcheológiai kutatottsági szintje meglehetősen egyenlő. Megbízható, jó adataink elsősorban északi szomszédaink őskori nyersanyagkészleteiről vannak (Přichystal 1997). A közelmúltban kezdődött meg Kárpátalja pattintott kőeszköz nyersanyagainak rendszeres begyűjtése és feldolgozása (Rácz 2008) és jelentős lépéseket teszünk a déli területeken észlelt ismerethiány leküzdésére is (Kasztovszky & Težak-Gregl in press 2009).

A kőeszközök nyersanyagbázisáról legutóbb a Miskolcon megrendezett "Az ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. század végéig" c. konferencián volt alkalom részletesen beszámolni (Biró 2008a). Az ismert nyersanyagforrások "geokémiai ujjlenyomata" azonban még csak részben áll rendelkezésre. Sok és jó adatunk van a geokémiai módszerekkel sikeresen azonosítható vulkáni eredetű üveg- vagy üveges kőzetekről, amelyek szerencsés módon szinte pontszerűen azonosíthatók (obszidián, szeletai kvarcporfir: Kasztovszky & Biró 2004, Markó et al. 2003, Kasztovszky et al. 2008). Ezeknek a kőzeteknek a vizsgálati eredményei már őstörténeti következtetések levonását is lehetővé teszik. Ez a következőket jelenti: a nyersanyagforrás ismert, kémiai "ujjlenyomata" megfelelő számú minta alapján behatárolt. A régészeti előfordulás adatait kellő számú lelőhelyről ismerjük, egyszerű szemrevételezés alapján, mert az adott nyersanyag makroszkóposan viszonylag könnyen azonosítható. A makroszkóposan azonosított régészeti mintákból kellő számú (lehetőleg statisztikailag értékelhető) darabot megvizsgáltunk a nyersanyagforrás azonosítására használt módszerrel, azonos körülmények között, és a vizsgált régészeti minták jellemzően azonos kémiai összetételt mutatnak a nyersanyagforrás hasonló adataival. Az esetleges hasonló nyersanyagfeleségeket ismerjük - megjelenésében és geológiai forrás szerint is, amelynek kémiai összetétele jellemzően eltér a vizsgált nyersanyag hasonló adataitól.

Ezek után lehet és érdemes az elterjedési adatokat térben, időben és kulturálisan megvizsgálni, elemezni. Erre tettem legutóbb kísérletet a "kárpatí

obszidián" elterjedése és a lehetséges terjedési útvonalak kapcsán (Biró 2009)

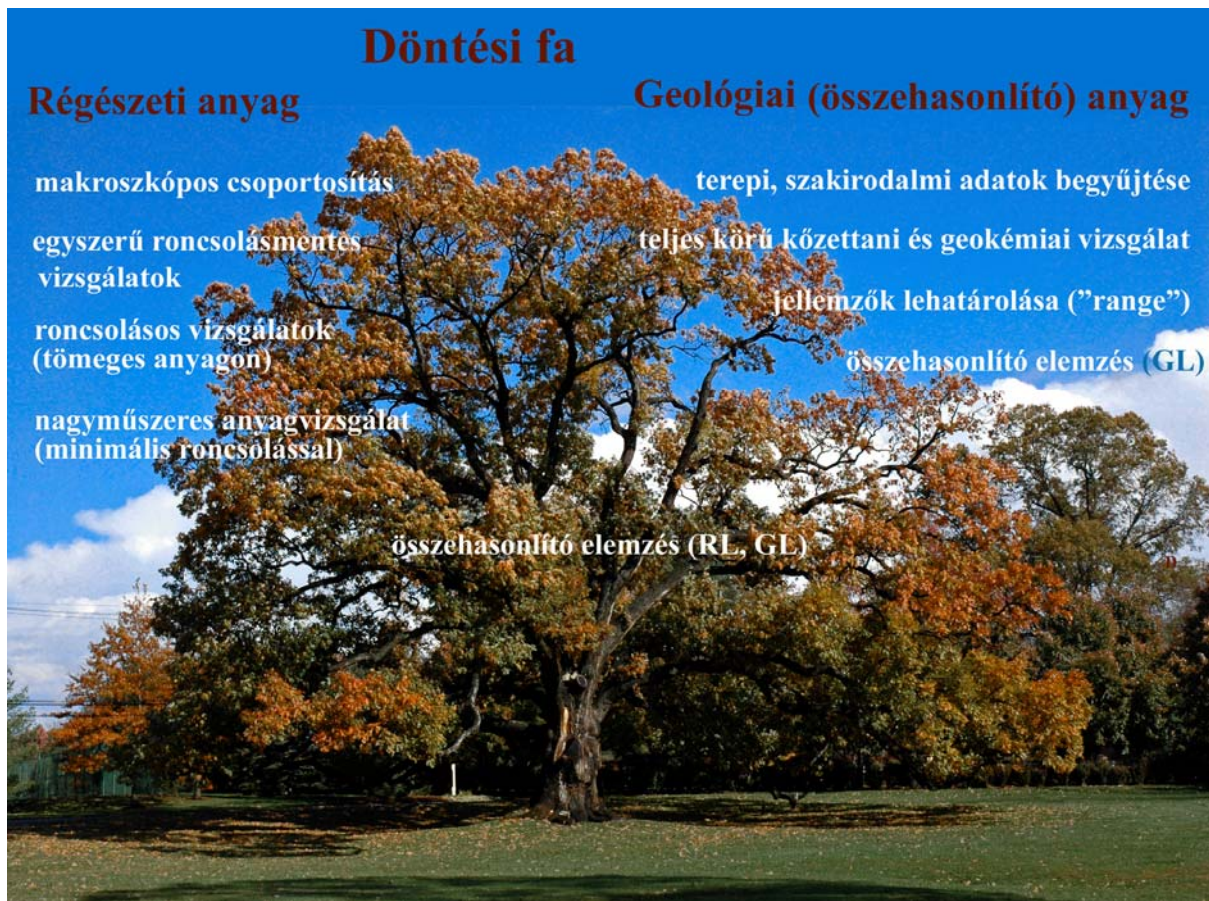
Tudjuk a makroszkópos megfigyelések és vizsgálatok alapján, hogy a különféle kovaközetek is jelentős, gyakran több száz kilométerre tehető távolságot is "megtesznek". Próbálkozunk a kovaközetek különféle csoportjainak szisztematikus vizsgálatával is, így a tűzkövek és a radiolaritok vizsgálatával is (Kasztovszky et al. 2005, Biró et al. 2002). A probléma itt kettős. Az alapadatbázis kialakításához sokkal több mérésre lenne szükség, és sokkal több nyersanyagforrásból, mint amire ma lehetőségünk van. A legnagyobb problémát azonban azt jelenti, hogy a távolsági nyersanyagok a régészeti lelőhelyeken ritka és megbecsült, nagy értékű tételek, amelyeknek vizsgálatára csak roncsolásmentes, vagy elfogadható (=nagyon kicsi) roncsolást jelentő technikával lehet kísérletet tenni. Ma még nincsenek a kovaközetek geokémiai elkülönítésére megbízható "receptjeink", a makroszkópos meghatározás objektivitása viszont megkérdőjelezhető, megint csak különösen az igazán távoli, kiemelkedő jelentőségű darabok esetében. A kovaközetek esetében a fő problémát az jelenti, hogy uralkodóan SiO₂-ből állnak, ezért csak nagyon kevés főelem, és még kevesebb nyomelem mutatható ki bennük a mai roncsolásmentes technikákkal. A főelemek esetén további probléma a véges összeg hatás, tehát a Si-n kívül kimutatható elem relatív mennyisége függ a SiO₂ mennyiségétől, és attól, hogy a főelemek közül mennyit sikerül kimutatni megbízhatóan.

Összefoglalás

A kőeszközök, különösen a pattintott kőeszközök vizsgálatában a geokémiai módszereknek fontos szerepe van. A pontszerűen azonosítható ismert nyersanyagok esetében már történetileg jelentős eredményeink vannak, amelyet számos közleményben értékeltünk (pl. Biró 1998, Oddone et al. 1999, Markó et al. 2003, Biró in press 2008b, in press 2009b); a leletanyag nagy részét kitevő kovaközetek esetében még sok problémát meg kell oldanunk. A vizsgálatok javasolt menetét egy "döntési fa" formájában ábrázoltam (**1. ábra**). A módszereknek az egyszerűtől kell haladni a bonyolultig (=költségesig), figyelembe véve a régészeti anyag, mint a kulturális örökség körébe tartozó tárgyak által képviselt különleges kívánalmakat.

Köszönetnyilvánítás

A munka az OTKA K 62874 számú pályázat keretében készült.



Döntési fa

Régészeti anyag	Geológiai (összehasonlító) anyag
makroszkópos csoportosítás	terepi, szakirodalmi adatok begyűjtése
egyszerű roncsolásmentes vizsgálatok	teljes körű kőzettani és geokémiai vizsgálat
roncsolásos vizsgálatok (tömeges anyagon)	jellemzők lehatárolása ("range")
nagyműszeres anyagvizsgálat (minimális roncsolással)	összehasonlító elemzés (GL)
összehasonlító elemzés (RL, GL)	

1. ábra Döntési fa a régészeti lelőhelyekről származó kőeszközök és geológiai összehasonlító anyag vizsgálatához. (Leif Knutsen fotográfiája alapján)

Irodalom

BÁCSKAY, E. (1986): State of affairs at Sümeg. In: Biró, K.T. (ed.): *International Conference on Flint Mining and Lithic Raw Material Identification in the Carpathian Basin, Sümeg 1986* (1) Budapest: KMI Rota, 11-26.

BÁCSKAY, E. & BIRÓ, K. T. (2003): Nyersanyag, bányászat, kereskedelem. In: *Visy Zs.ed., Magyar Régészet az ezredfordulón / Hungarian Archaeology at the turn of the Millennium* Budapest, 118-123.

BIRÓ, K. T. (1998): *Lithic implements and the circulation of raw materials in the Great Hungarian Plain during the Late Neolithic Period*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 1-350.

BIRÓ, K. T. (2005): Gyűjtemény és adatbázis: eszközök a patintott kőeszköz nyersanyag azonosítás szolgálatában / Collection-and-Database Approach in the Study of Lithic Raw Material Provenance. *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop* www.ace.hu/am 2/4:46-51.

BIRÓ, K. T. (2008a): Kőeszköz-nyersanyagok Magyarország területén. [Raw materials for stone

tools in Hungary]. In: Szakáll szerk., *Az ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. század végéig. Bányászat Geotudományok. A Miskolci Egyetem Közleménye. A sorozat* Miskolc Egyetemi Kiadó 2008 74:11-38.

BIRÓ, K. T. & DOBOSI, V. (1991): *LITOTHECA - Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 1-268.

BIRÓ et al. (2000): Biró, K. T., Dobosi, V., Schléder, Zs., *LITOTHECA - Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum. Vol. II*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 1-320.

BIRÓ et al. (2002): Biró K. T., Elekes Z., Uzonyi I., Kiss Á., Radiolarit minták vizsgálata ionnyaláb analitikai módszerekkel / Investigation of Radiolarite Samples by Ion-Beam Analytical Methods. *Archeológiai Értesítő* 127:103-134.

BIRÓ, K.T. (in press 2008b): Lithic Raw Materials in Hungary: a diachronic presentation on recent advances in Hungarian petroarchaeology 2008 (Krosno). *In press for conference proceedings*.

BIRÓ, K.T. (in press 2009a): T. Biró Katalin, Vittem, vettem, kaptam - loptam? Gondolatok a proveniencia vizsgálatok eredményeinek értelmezése köréből 2009 (Köszeg). *Előkészületben a konferencia kötethez.*

BIRÓ, K.T. (in press 2009b): The Obsidian Road. UISPP 4th Commission Meeting 2009 (Budapest). *In press for Archaeologia e Calcolatori.*

BRÉZILLON, M. (1971): Le dénomination des objets de pierre taillée. *V. suppl. u Gallia-Préhistoire*. 2.ed. Paris: CNRS, 1-423.

FÜLÖP, J. (1973): Funde des prähistorischen Silexgrubenbaues am Kálvária-Hügel von Tata. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* Budapest **25**:3-25.

GÁBORI-CSÁNK, V. (1989): Európa legrégebb bányászati emléke Farkasréten. *Magyar Tudomány* 1989 13-21.

KASZTOVSZKY et al. (2005): Kasztovszky, Zs., Biró, K. T., Dobosi, V., Investigation of Grey Flint Samples with Prompt-Gamma Activation Analysis. In: Kars, H.--Burke, E. (eds.) Proceedings of the 33rd International Symposium on Archaeometry, 22-26 April 2005, Amsterdam. *Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies* Amsterdam: Institute for Geo- and Bioarchaeology **3**:79-82.

KASZTOVSZKY et al. (2008): Kasztovszky Zs.--Biró K. T.--Markó A.--Dobosi, V., Cold Neutron Prompt Gamma Activation Analysis—a Non-Destructive Method for Characterization of High Silica Content Chipped Stone Tools and Raw Materials *Archaeometry* **50**/1:12-29.

KASZTOVSZKY, Zs. & BIRÓ, K.T. (2004): A kárpáti obszidiánok osztályozása Prompt Gamma Aktivációs Analízis segítségével: geológiai és régészeti mintákra vonatkozó első eredmények. *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop* www.ace.hu/am **1**/1:9-15.

KASZTOVSZKY, Zs. & TEŽAK-GREGL, T. (in press 2009): Radiolarit és obszidián kőszközők vizsgálata prompt gamma aktivációs analízissel. 2009 (Köszeg). *Előkészületben a konferencia kötethez.*

LECH, J. ed. (1995): Catalogue of flint mines *Archaeologia Polona* Warszawa, 1995.

MARKÓ et al. (2003): Markó, A., Biró, K. T., Kasztovszky, Zs., Szeletian Felsitic Porphyry: Non-

Destructive Analysis of a Classical Palaeolithic Raw Material. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* Budapest, **54**:297-314.

ODDONE et al. (1999): Oddone, M., Márton, P., Bigazzi, G., Biró, K. T., Chemical characterisation of Carpathian obsidian sources by instrumental and epithermal neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **240**:147-153.

PŘICHYSTAL, A. (1997): Sources of siliceous raw materials in the Czech Republic. In: Schild, R. -Sulgostowska, Z. (eds) Man and Flint. In: *Schild--Sulgostowska eds.1997 Schild, R.--Sulgostowska, Z. eds., Man and Flint. Proceeding of the VIIth International Flint Symposium Warszawa - Ostrowiec Swietokrzyski September 1995. proceeding of the VIIth International Flint Symposium*, Warszawa, 351-357.

RÁCZ, B. (2008): Pattintott kőszközőnyersanyagok felhasználásának előzetes eredményei a paleolitikumban a mai Kárpátalja területén / Preliminary results of the survey of lithic resources in Transcarpathia, Ukraine. *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop* www.ace.hu/am **5**/2:47-54.

SZAKMÁNY (2009): Szakmány György Magyarországi csiszolt kőszközők nyersanyag típusai az eddigi archeometriai kutatások eredményei alapján. *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop* www.ace.hu/am **6**/1:11-30.

VÉRTES (1964): Vértes, László, Eine prähistorische Silexgrube am Mogyorósdomb bei Sümeg. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* Budapest **16**:187-215.

WEISGERBER szerk. (1980): Weisgerber, Gerd ed., *5000 Jahre Feuersteinbergbau*. Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 1-670.

Internet források

Litotéka. A Magyar Nemzeti Múzeum összehasonlító kőzetgyűjteménye. www.ace.hu/litot

Knutsen, L. Old oak tree in Florham Park, NJ http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/80/Old_oak_tree_in_Florham_Park_NJ.jpg
2008.11.19

MAGYARORSZÁGI CSISZOLT KŐESZKÖZÖK NYERSANYAGTÍPUSAI AZ EDDIGI ARCHEOMETRIAI KUTATÁSOK EREDMÉNYEI ALAPJÁN

SZAKMÁNY GYÖRGY

ELTE Közvetlen-Geokémiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c

E-mail: gyorgy.szakmany@geology.elte.hu

Abstract

In Hungary, a systematic archaeometric approach for the sourcing of the raw materials of the prehistoric polished stone tools was initiated only recently. Polished and ground stone implements are quite common artefacts from the early Neolithic until the Copper Age, however scientific analyses were applied on them only during the last 15 years. Since then, about 2000 polished stone tools from several Hungarian archaeological sites of different ages have been investigated. The methods employed are partly invasive (petrographic thin-sectioning, XRD). Recently the main effort is directed towards developing a non-destructive protocol (PGAA, MS).

The results revealed that the most common raw materials employed for the polished stone tools in Hungary are the following: greenschist-metabasite varieties from different localities, among which are the Bohemian Massif or Felsőcsatár, basalt of Plio-Pleistocene age from the Little Hungarian Plain, the Balaton-Highland and the Karancs-Medves territory; moreover Lower Cretaceous basalt from Mecsek Mts., dolerite-metadolerite-metamicrogabbro from Szarvaskő, and, probably, from the Maros-valley or the Vardar Zone, alkaline dolerite-tephrite-phonolite from the Mecsek Mts.; the provenance of hornfels, whose outcrop is still unknown, might be searched in the Eastern-South-eastern zone of the Carpathian Basin; serpentinite originates from the Penninic Unit of Eastern Alps and, probably, the Gogolów-Jordanów Mts.; the source of nephrite are probably the Gogolów-Jordanów Mts., whilst blueschist can be found on the territory of SE-Slovakia. In addition, the analyses revealed that several other polished stone tools are made from rarer raw material types, e.g.: metagabbro, amphibolite, andesite and other intermediary-acidic volcanic-metavolcanic and dyke-rocks, ultrabasic rocks, HP metamorphites (jadeitite, eclogite), 'white stone', limestone, marl, sandstone, siltstone.

The results showed that these rocks clearly indicate three main geological areas of provenance, which can be useful, from an archaeological point of view, to reveal precise directions of cultural interactions occurred in the territory of Hungary during the prehistoric period: (1) the Transdanubian region, (2) the Northern-North-eastern region and (3) Trans-Tisza region.

Kivonat

Magyarországon a csiszolt kőeszközök archeometriai vizsgálata viszonylag rövid múltra tekint vissza, a rendszeres elemzések mintegy 15 éve kezdődtek. Az elmúlt években több lelőhelyről, illetve gyűjteményből eddig mintegy 2000 kőeszköz vizsgálatára került sor, illetve történik napjainkban is.

A Magyarországon fellelt csiszolt kőeszközök leggyakoribb nyersanyag típusai az eddigi vizsgálatok alapján a következők: zöldpala-metabázit változatok (több lelőhelyről, elsősorban a Cseh-masszívumból, illetve Felsőcsatárról), bazalt (plio-pleisztocén bazaltok a Kisalföldről-Balatonfelvidékről és a Karancs-Medves területről, továbbá alsó-kréta alkáli bazalt a Mecsekből), dolerit-metadolerit-metamikrogabbro (Szarvaskőről valamint feltehetően a Maros-völgyből vagy a Vardar-zónából), alkáli dolerit-tefrit-fonolit (Mecsek), mészsilikát szaruszirt (hornfels) (a nyersanyag lelőhelye eddig ismeretlen, valószínűsíthető a Kárpát-medence délkeleti része vagy annak DK-i szomszédos területei), serpentinit [(K-Alpok Penninikum és Gogolów-Jordanów hegység(?)), nefrit [Gogolów-Jordanów hg(?)], kékpala (DK Szlovákia területe). A fentiekben túlmenően számos, ritkábban előforduló nyersanyag típusból készült kőeszköz is előfordul: pl., metagabbro, amfibolit, andezit és egyéb savanyú-neutrális vulkanitok-metavulkanitok, telérközetek, ultrabázitok, nagynyomású metamorfitek (jadeitit, eklogit), „fehér kő”, mészkő, márga, homokkő, aleurolit.

Az eddigi vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy az uralkodóan előforduló kőeszköz-nyersanyagok tekintetében Magyarország területét három nyersanyag ellátottsági régióra lehet felosztani: (1) Dunántúli-, (2) Észak-északkeleti- és (3) Tiszántúli-régió.

KEYWORDS: PREHISTORY, POLISHED STONE TOOLS, RAW MATERIALS, PROVENANCE

KULCSSZAVAK: ŐSKOR, CSISZOLT KŐESZKÖZ, NYERSANYAG, PROVENANCIA

Bevezetés

Az őskorban, különösen annak ős- és újkőkori szakaszában az egyik legfontosabb használati tárgy a kőeszköz volt. Ezek jelentősége azért is nagy, mert a régészeti leletanyagban a betemetődés után gyakorlatilag nem változnak meg, úgy találhatjuk meg ezeket, ahogy őseink annakidején használták. Ebben az összefoglalóban a magyarországi leletanyagokból előkerült és archeometriai vizsgálati módszerekkel eddig feldolgozott csiszolt kőeszközökről, elsősorban azok nyersanyag-típusairól lesz szó.

A nagyon változatos nyersanyagokból készült csiszolt kőeszközök már a paleolitikum végén megjelentek, de a neolitikumban terjedtek el igazán. Az eddigi adatok arra utalnak, hogy eleinte, a kora neolitikumban az akkor élt emberek elsősorban és feltehetően még a könnyen megközelíthető, viszonylag közeli nyersanyagforrásokból szerezték be a nyersanyagokat. A neolit végén és a rézkorban az eszközkészítés már jelentős „ipari” keretek között folyt és a kiterjedt nyersanyag-kereskedelem révén egyes nagyon jó minőségű nyersanyagokból készült kőbalták már nagy távolságokra is eljutottak. A bronzkorban a csiszolt kőeszközök fokozatosan háttérbe szorultak, de még sokáig használatban maradtak, és jobbra helyi nyersanyagokból készültek.

A csiszolt kőeszközök funkcióját tekintve három fő felhasználási terület emelkedik ki.

1, A legnagyobb mennyiségben munkaeszközként, elsősorban favágásra és famegmunkálásra használták őket. Ehhez kemény, szívós, rugalmas, nem rideg nyersanyagra volt szükség, amire a finomszemcsés, közel azonos szemcseméretű, szorosan összefogazódó elegyrészekből álló kőzetek voltak a legalkalmasabbak (zöldpala, metabázis, eklogit, bazalt, telérokőzetek, kontakt metamorfitek). Ezek egy leletanyagban viszonylag nagyobb mennyiséget képviselnek, felismerhetőek a használati kopásnyomok, gyakran törtek. Ha volt a lakóterülethez a közelben alkalmas nyersanyag, akkor az abból készült kőeszközök mennyisége általában jelentős a leletanyagban, ugyanakkor azonban egyes kiemelkedően jó nyersanyagból származó kőzettípusok viszonylag nagy mennyiségben nagy távolságba is eljutottak.

2, Az előzővel szemben más célt szolgáltak a leletanyagokban gyakran megtalálható szimbolikus balták, uralmi-méltósági jelvények, szertartási balták. Ezek elsősorban zöld vagy zöldes árnyalatú, jól polírozható kőzetekből készültek, leggyakoribb

nyersanyagaik a jadeitit, nefrit, szerpentinit, esetenként azonban más tetszetős küllemű kőzetekből is készülhettek. A leletanyagokban általában ritkábbak, és csaknem mindig épek vagy csaknem épek. Gyakran nagy távolságról származó nyersanyagokból készültek, és így sokszor nagy területen megtalálhatóak ugyanazon forrásból származó eszközök, mint például a jadeitit (D'Amico et al. 2003, D'Amico, 2005). Gyakran a szertartási baltákat be is festették, legtöbbször vörösre, amire egyes baltákon megmaradt festéknymok utalnak.

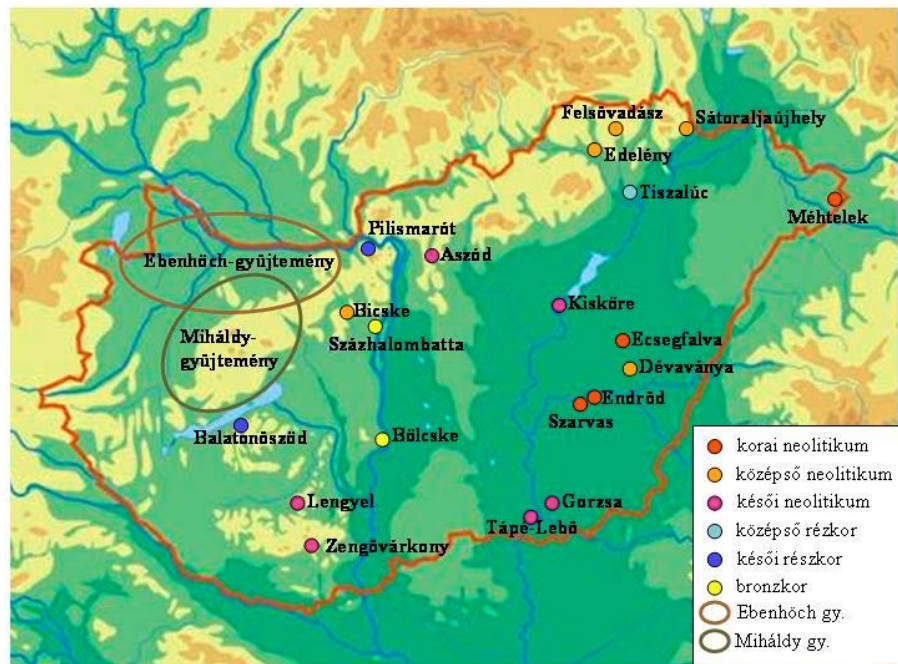
3, Viszonylag puha, könnyen faragható-csiszolható helyi nyersanyagból készült, teljesen ép, sohasem használt csiszolt kőeszközöket találhatunk elsősorban sírokban, ezért a típust sírbaltáknak is nevezhetjük. Ezek funkciója az elhunyt kőeszközzel való ellátása volt a túlvilágra. A mindennapi életben jól használható kemény kőzetből készült baltát feltehetően sajnálták eltemetni a tulajdonosával, ezért jelképes, könnyen faragható anyagból készült eszközzel temették el.

Vizsgálati módszerek

A csiszolt kőeszközök vizsgálata megegyezik a hagyományos, kőzeteken végzett kőzettani-geokémiai és ásványtani vizsgálatok módszereivel (makro- és mikroszkópos petrográfia, ásványkémia, teljes kőzet kémia, röntgendiffrakció). A csiszolt kőeszközök azonban egyedi, nem megismételhető leletek, és különösen ép kőeszközök esetében vizsgálatuk kizárólag roncsolásmentes módszerekkel végezhető. Különösen indokolt esetben azonban elképzelhető és megvalósítható olyan roncsolásos mintavétel, amelynek nyomai tökéletesen restaurálhatóak. Az utóbbi időben előtérbe kerültek olyan vizsgálati módszerek, amelyek ugyan kevésbé elfogadottak a hagyományos kőzettani-geokémiai kőzetvizsgálatban, de roncsolásmentes jellegük miatt feltétlenül létre kell hozni egy olyan adatbázist, amely a kőeszközökön végzett ezen módszerek vizsgálati eredményeit tartalmazza. Ezek közül kiemelem a prompt gamma aktivációs analízissel (PGAA) végzett kémiai elemzések (Szakmány & Kasztovszky 2004, Fűri et al. 2004) és a mágneses szuszceptibilitás mérések eredményeit (Bradák et al. 2005). Újabban az XRF módszerrel végzett kémiai elemzésnek és a röntgendiffrakciónak is létezik már roncsolásmentes változata, de magyarországi csiszolt kőeszközökön ezek még nem kerültek alkalmazásra.

1. ábra

Magyarországi leletanyagokban előkerült csiszolt kőeszközök eddigi/folyamatban levő archeometriai feldolgozottsági helyzete. (Megjegyzés: a térkép a legalább 10 csiszolt kőeszköz előfordulást tartalmazó lelőhelyeket tartalmazza)

**Nyersanyag lelőhelyek, bányászat**

Egy adott régészeti lelőhelyen, illetve az egykor a lelőhelyen és környezetében élt népek kőeszközeit, illetve azok nyersanyagát többféle módon szerezheték be. Kezdetben elsősorban felszíni törmelékből, esetleg folyóvizek durvatörmelékes összetételéből szedték össze az alkalmas kőzeteket-kavicsokat, majd a későbbiek során, ahol különösen alkalmas kőeszköz-nyersanyagok fordultak elő a felszíni kőzetkibukkanásokban, már ezek kibányászásával történt a nyersanyaghoz való hozzájutás, sőt később akár már bányákat is kialakítottak. Ugyanakkor azonban egyes kiemelkedően jó nyersanyagot szolgáltató konglomerátumok esetén a kavicsanyag felhasználása is megmaradt. Erre példa a Nyugati Alpok és az Északnyugati Appenninek előterében, a Pó síkságon található oligocén korú konglomerátum-összletek hasznosítása, amelyekben előforduló nagynyomású bázisos metamorfit kavicsokat (eklogit, jadeitit, omfacitit) nagy tömegben termeltek ki és használták fel (D'Amico et al. 2003, D'Amico 2005).

A nyersanyagforrástól távoli (régészeti) lelőhelyekre a nyersanyag expedíciók, illetve közvetítő kereskedelem útján jutott el. A kőeszközök cserekereskedelme az egyidős kultúrák népei között főleg a középső neolitikum után és a rézkorban volt a legkiterjedtebb, egyes nagyon jó minőségű kőbalták a nyersanyaglelőhelytől akár 1500 km-nél távolabbi területekre is eljutottak, mint pl. a fent említett Pó síkság oligocén konglomerátumának kavicsanyagából készített

jadeitit balták (D'Amico et al. 2003, D'Amico 2005).

A nyersanyag lelőhelyek és a régészeti lelőhelyek távolsága

A régészeti lelőhely és a kőeszköz nyersanyag-lelőhely egymástól való távolsága alapján (1) helyi (lokális), (2) közeli (regionális) és (3) távolsági nyersanyaglelőhelyeket különíthetünk el. A lokális lelőhelyek 30 km-nél közelebbi területeket jelentenek (vagyis 1 napi járóföldön belüli távolság), regionális távolságon - a Pannon medencében - 30-200 km közötti távolságot értünk, míg a távolsági nyersanyagok a 200 km-nél távolabbi lelőhelyekről származnak. Figyelembe kell azonban venni a régészeti és a nyersanyaglelőhely közötti megközelíthetőségi viszonyokat is, amit elsősorban a terepviszonyok határoznak meg.

A helyi nyersanyagok, amennyiben megfelelő minőségben rendelkezésre állnak a közelben, általában jelentős részarányban szerepelnek a leletanyagban. Ebben az esetben ezek a közeli nyersanyagforrások legtöbbször jól azonosíthatók. A távoli nyersanyagforrások azonosítása sok esetben nehéz, de egyes kiemelkedően jó minőségű, és nagy területen elterjedt nyersanyagoknál akár kiváló is lehet. A helyi, regionális és távolsági nyersanyag eredet eldöntéséhez segítséget nyújthat az is, hogy általában a kőeszközök mérete a nyersanyaglelőhely távolságának növekedésével arányosan csökken. Ugyancsak gyakran segíthet a nyersanyaglelőhely azonosításában, hogy egy-egy

nyersanyagtípusból általában jellegzetes, egymáshoz hasonló alakú kőszközők készültek.

Végezetül, vannak olyan kőszköző nyersanyagok, amelyek forrásterülete ismeretlen; vagy azért, mert elegendő geológiai ismeret hiányában eddig nem sikerült megtalálni a lelőhelyet, vagy azért, mert a lelőhelyet az őskorban teljesen kitermelték, esetleg a geológiai viszonyok változása következtében az eredeti nyersanyaglelőhely fedetté vált.

Csiszolt kőszköző nyersanyagok típusai Magyarország területén

Magyarországon a csiszolt kőszköző nyersanyagának természettudományos módszerekkel történő archeometriai feldolgozása a múlt század utolsó negyedében kezdődött, részletes kutatások azonban csak az elmúlt 10-15 évben folytak. A leletanyagok feldolgozása során a legkorábbi neolitikumtól a középső és a késői neolitikumon át rézkori és bronzkori lelőhelyek csiszolt kőszköző anyagából is történtek, illetve folyamatban vannak vizsgálatok. Ezen kívül jelentős gyűjtemények, mint például a Veszprémi Laczkó Dezső Múzeum birtokában levő Mihálydy gyűjtemény, valamint a Magyar Nemzeti Múzeum tulajdonában levő Ebenhöch gyűjtemény feldolgozására is sor került. Az előbbi a Bakony és környezetéből, az utóbbi a Kisalföld számos lelőhelyéről származó szórvány leleteket tartalmazza. Ugyancsak megtörtént a Magyar Nemzeti Múzeum biztosan korolható csiszolt kőszközőinek előzetes, elsősorban makroszkópos meghatározáson alapuló feldolgozása. Összességében eddig közel 2000 kőszköző archeometriai vizsgálatára került sor. (**1. ábra**.)

A csiszolt kőszköző archeometriai feldolgozottságának aktuális helyzetéről korábban T. Biró (1998, 2008) adott rövid összefoglalót, illetve T. Biró & Szakmány (2000) összegezte az addig szerzett ismeretanyagot. Az elmúlt évek kutatásai nagyon sok új eredményt hoztak a Magyarországon előforduló csiszolt kőszköző nyersanyagait tekintve, ezért ezek újbóli, részletes összefoglalása ismét aktuálissá vált.

Zöldpala (metabázit)

Zöldpala, illetve helyesebben metabázit (ld. alább) anyagú csiszolt kőszköző elsősorban használati eszközök formájában kerültek felhasználásra, egy részüket azonban szimbolikus kőszközőként is használhatták. A csoporton belül több nyersanyag típus különíthető el, ezek nagy részének forrásterülete is azonosítható. A nyersanyagok közös jellemzője, hogy zöld vagy zöldes árnyalatú szürke, sötétszürke, esetenként csaknem fekete, általában jól foliált, finomszemcsés-nagyon finomszemcsés kőzetek. Az ezekből a nyersanyagokból készült eszközök elsősorban a

Dunántúlon, annak is NyÉNy-i részén fordulnak elő jelentős mennyiségben. Emellett Észak-Magyarországon is elterjedtek. A zöldpala-metabázitból készült eszközök részaránya a Kárpát-medencei leletanyagokban DK felé csökken, az alföldi lelőhelyeken már csak ritkán fordulnak elő.

Nyersanyagtípusok, nyersanyaglelőhelyek

1, A „Felsőcsatári típusú zöldpala” nyersanyagból elsősorban vésőbalták készültek. A nyersanyag a Keleti-Alpok Penninikumához tartozó kőzetből, az egykori Tethys óceán bázisos magmás kőzeteinek metamorfózisával képződött „valódi” zöldpalából áll. A Felsőcsatár melletti kőzet-előfordulása a Keleti-Alpok legkeletibb zöldpala előfordulása. A kőzet foliált, középzöld-fűzöld színű, benne jellegzetes fehér, albitból álló sávokkal-lencsékkel. A nyersanyag régészeti elterjedése lokális és regionális, elsősorban a Dunántúlon és Észak-Magyarországon találtak eddig ebből készült eszközöket (pl. Szakmány 1996, Szakmány et al. 2001, Nikl et al. 2002, Judik et al. 2001, Oravecz & Józsa 2004, 2005, Friedel et al. 2008) (**2. ábra**).

2, A Cseh-masszívum északi részén, a Jizerské Hory hegységben, a Železný Brod kristályos masszívumban fordul elő az a kontakt metabázit, amely eredetét tekintve bazalt volt, később zöldpalává alakult, majd ez utóbbiba egy herciniai gránitpluton nyomult bele és a zöldpalát kontaktizálta. A kontaktus közelében képződött kőzet Kelet-Közép Európában általánosan és jelentősen elterjedt távolsági nyersanyag volt a neolitikumban és a rézkorban. A Morva-medencében esetenként kizárólag ebből készült kőszközők találhatók a leletanyagban (Prichystal 2000). A Pannon-medencében, elsősorban a Dunántúlon nagyon gyakoriak az ebből készült kőszközők, és ugyancsak gyakran előfordul Észak-Magyarországon is (Szakmány 1996, Szakmány et al. 2001, Nikl et al. 2002, Judik et al. 2001, Oravecz & Józsa 2004, 2005 Friedel et al. 2008). DK felé ezek mennyisége erősen lecsökken, az alföldi területeken már csak elvétve ugyan, de azért megtalálható a régészeti leletanyagokban. Az ebből a nyersanyagból készült kőszközők alakja, megjelenése változatos, de nagyon jellegzetes. Az egyik uralkodó típus nagyon finomszemcsés, igen jól foliált, a foliációs síkok tizedmilliméteres vastagságú zöld és fekete párhuzamos sávok formájában váltakoznak. Ebből a típusból elsősorban kaptafa alakú balták készültek (**3. ábra**). A nyersanyag egy másik megjelenési formája a lapos vésőbalta alak. Ezek egyrészt csaknem fekete, nagyon finomszemcsés homogénnek tűnő, de mikroszkóppal jól láthatóan foliált kőzetből, másrészt szürke-zöldeszürke, barnás árnyaltú foltos felületű, szintén nagyon finomszemcsés, de szabad szemmel is láthatóan jól foliált kőzetből készültek. (**4. ábra**).

2. ábra

Vésőbalták típusos zöldpalából, „Felsőcsatári típus”; Mihálydy gyűjtemény.

**3. ábra**

Kaptafa alakú, kontakt metabázitból készült balták, „Železný Brod típus”, a nyersanyag a Cseh-masszívum északi részéből, a Jizerské Hory hegységből származik; Mihálydy gyűjtemény.



A közettípus sokszor már szabad szemmel is azonosítható, elsősorban a jól foliált típusok, de amennyiben foliáció nem látható a példányon, összetéveszthető más, finomszemcsés sötét színű kőzetekkel.

3, A Cseh-masszívum déli részén, Želečice település mellett található az a paleozoós zöldpala-metabázit kőzettest, amelyet szintén kontakt hatás ért, és amely ugyancsak kőeszköz nyersanyagként szolgált az őskorban. Az itt előforduló nyersanyag zömében helyi vagy regionális távolságokra jutott el, távolsági kereskedelme is dokumentálható: a Dunántúlon sok helyre, sőt valószínűsíthetően - esetenként - az Alföldre is eljutottak az ebből a nyersanyagból készült eszközök (Bradák et al 2005, Friedel et al. 2008, Szakmány et al. 2008). A kőeszközök alakja változatos, színe általában sötét, csaknem fekete, makroszkóposan és sokszor

polarizációs mikroszkóp alatt sem különíthetők el a „Železný Brod” típusától. (5. ábra).

4, A zöldpala-metabázitok között előfordulnak zöld-barnászöld-zöldesbarna színű, foliált kőzetek, melyek gyakran fehér csomókat tartalmaznak, vagyis sok tekintetben hasonlóak a Felsőcsatári típushoz. Polarizációs mikroszkópos vizsgálatokkal azonban a típus a többitől elkülöníthető mind az ásványos összetétel (más összetételű amfibol, gyakori a biotit), mind a kőzetszövetben mutatkozó különbségek vonatkozásában. Hasonló megjelenésű és összetételű kőzetek a Kis-Kárpátokban fordulnak elő. Az ebből a nyersanyagból készült kőeszközök előfordulásukat tekintve kis számban a Dunántúl északi részére korlátozódnak, vagyis ez a nyersanyag az eddigi adatokat tekintve lokális-közeli regionális elterjedésű (Szakmány et al 2001, Friedel et al. 2008).

**4. ábra**

Kontakt metabázitból készült lapos vésőbalták, „Železný Brod típus”, a nyersanyag a Cseh-masszívum északi részéből, a Jizerské Hory hegységből származik, Mihálydy gyűjtemény.

**5. ábra**

Kontakt metabázitból készült csiszolt kőeszközök, „Želešice típus”, a nyersanyag a Cseh-masszívum déli részéből származik, Mihálydy gyűjtemény

5, A fenti típusokon túlmenően, elsősorban az Alföldön és Észak-Magyarországon ásványos összetételét és szövetét tekintve másfajta zöldpala-metabázit típusok is előfordulnak, amelyek azonban makroszkóposan nagyon hasonlítanak a fenti típusok valamelyikére. Ezek eredete egyelőre nem tisztázott, feltehetően az Erdélyi-középhegységből vagy a Száva-Vardar övből származhatnak (Szakmány et al. 2008).

A zöldpala-metabázit csoport kőzetei összetételüket tekintve valamennyien bázisos összetételűek, metamorf fejlődéstörténetük, és metamorf fokuk azonban jelentősen különbözik. A kőzetek között találunk „valódi” zöldpalákat, amelyek a zöldpala fáciesbe tartozó ásványokból állnak. Ilyen például a

Felsőcsatári típus. Emellett azonban előfordulnak a zöldpalánál magasabb metamorf fokot is elért kőzetek, amelyeket kontakt metamorf hatás ért (Železný Brod és Želešice típusok). A Kis-Kárpátokból származó zöldpala részben szintén valamivel magasabb metamorf fokú, mint a típusos zöldpalák. A zöldpala név tehát elsősorban technikai jellegű és hagyományból ragadt a csoport kőzeteire azok zöldes árnyalatára és foliált jellegére utalva, akkor, amikor még csak makro- esetleg mikroszkópos vizsgálati eredmények álltak rendelkezésre. Ezekkel a módszerekkel ugyanis a finom szálás amfibolt – amit a nagyon finom szemcseméret miatt nem mindig lehetett egyértelműen meghatározni – tremolit-aktinolitnak, az ugyancsak nagyon finomszemcsés, gyakran

saussuritesedett földpátot korábban albitnak írták le (Szakmány et al. 2001, Szakmány & Kasztovszky 2004). A későbbi műszeres – elsősorban ásványkémiai - vizsgálatok azonban bebizonyították, hogy az amfibol mind a Železný Brod, mind a Želešicén előforduló lelőhelyekről származó mintákban elsősorban magneziohornlende, illetve részben antofillit vagy cummingtonit, ami a bázisos összetételű plagioklással együtt a zöldpalánál magasabb metamorf fokot jelez (Nagy et al 2008, Friedel 2008, Viktorik et al. in press). A fentiek alapján erre a nyersanyag csoportra indokoltabb lenne a zöldpala-metabázit összetett elnevezést alkalmazni.

A zöldpala-metabázit típusok elkülönítése

Az egyes típusok ismertetésénél már jeleztem, hogy a kőzetek összetétele sok tekintetben eltérő mind ásványos összetétel, mind szöveti jellegeiket tekintve. Miután azonban a kőzetek nagyon finom szemcsések, típusaik elkülönítése nem csak makroszkóposan, hanem gyakran polarizációs mikroszkópban is nehézségekbe ütközhet. Makroszkóposan a Felsőcsatári típus jellegzetes színével és a fehér albitos sávokkal az esetek döntő részében elkülöníthető, ritkán a Kis-Kárpáti típusal azonban összetéveszthető. Polarizációs mikroszkóp alatt azonban a Felsőcsatári típus jellegzetes összetétele és szövete alapján jól azonosítható. A Cseh-masszívum kontakt metabázitjai - a gyakran szubmikroszkópos ásványok miatt - még polarizációs mikroszkóp alatt sem mindig különíthetők el egymástól. A Železný Brod típusra mindig jellemző a jó foliáció, és az újonnan képződött szálas amfibolok minden irányban szétseprűződő kristályosodása, ami egyben megmagyarázza a kőzet kőszekőzként való felhasználhatóságának kiváló tulajdonságait (szívósság, rugalmasság) is. Sok esetben azonban a želešicei eredetű kőzetek is hasonló szöveti jellegzetességet mutatnak. Mindkét cseh-masszívumbeli kőzetre jellemző az opak ásványok nagy mennyisége, ez a Železný Brod típusnál uralkodóan ilmenit, a želešicei típusnál azonban zömében magnetit. Ez utóbbi összetételi különbség miatt a két csoport mágneses szuszceptibilitása jelentősen különbözik egymástól, a želešicei típus MS értéke nagyságrendileg nagyobb, mint a többi zöldpala-metabázit típusé. Ez – mai ismereteink szerint – a legbiztosabb egyszerű módszer a želešicei típus elkülönítésére (Bradák et al. 2005, in press).

A roncsolásmentes PGAA módszerrel végzett nagyszámú kémiai összetétel vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy a felsőcsatári zöldpala egyértelműen elkülöníthető a Cseh-masszívumbeli metabázitoktól (Szakmány & Kasztovszky 2004). Ezt azóta a potenciális nyersanyag-lelőhelyeken vett terepi kőzetminták elemzési eredményei is igazolták. Ezen belül azonban a Cseh-masszívum

két típusa (Želešice és Železný Brod típusok) PGAA-val mért kémiai összetétele jelentős átfedést mutat egymással. Összefoglalóan tehát megállapítható, hogy sok esetben az egyes zöldpala-metabázit anyagú kőszekőzök nyersanyag-típusa akár már makroszkóposan is meghatározható, azonban a biztos elkülönítésükhöz több módszer kombinációja szükséges.

Bazalt

A bazalt az egész Kárpát-medencében és környékén kedvelt csiszolt kőszekőz nyersanyag volt az őskorban. Noha porfíros szövete van, az alapanyagban előforduló léces plagioklász és más ásványok szoros egymáshoz kapcsolódása, valamint a kevés és egyenletes eloszlású kőzetüveg és a kőzet nagy keménysége alkalmassá teszi, hogy a mechanikai megpróbáltatásokat jól elviselje.

Nyersanyag-típusok, nyersanyag-lelőhelyek

1. A magyarországi bazalt kőszekőzök egyik legelterjedtebb nyersanyaga a fiatal, plio-, pleisztocén bazalt előfordulásokból származik. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy ezeknek a kőzeteknek a bazalt csak összefoglaló neve, egyes típusokra ugyanis a bennük előforduló földpátpótlók vagy a kőzet kémiai összetétele miatt helyesebb lenne a bazanit nevet használni. A kőzeteknek a Kárpát-medence belsejében a Balatonfelvidéken és a Kisalföldön valamint a Karancs-Medves környékén találjuk jelentős előfordulásait a felszínen. Ennélfogva az ezekből a típusú bazaltokból készült kőszekőzöknek a fő ellátási területei a Dunántúl (elsősorban az északi területei), valamint Észak-Magyarország. Mindkét terület kőzeteit előszeretettel használták kőszekőz nyersanyagként, elsősorban lokális vagy közeli regionális jellegű elterjedésben, általában a leletanyag jelentős részét alkotják, esetenként azonban a karancsi változatok a Dunántúlra is eljutottak (Szakmány 1996, Schléder & T. Biró 1999). A nyersanyagok előfordulási területein belül a bazalt nyersanyagok pontos kitermelési helye még nem ismert. A leletanyagokban előforduló kőzet-típusok a Dunántúlon előkerült kőszekőzök esetében viszonylag kisebb változatosságot mutatnak, a leggyakoribb változatban az olivin és a piroxén fenokristályok közel azonos mennyiségűek, a kőzetüveg mennyisége változó, de nem túl jelentős, és gyakran tartalmaz kis mennyiségben előforduló kéregzárványokat, szegélyükön finomszemcsés piroxénnel (diopszid). A Dunántúli lelőhelyeken, valamint főleg a Mihálydy gyűjteményben gyakran igen nagyméretű, 15-20 cm-es nyíllyukas és nyíllyuk nélküli balták is előfordulnak ebből a bazalt-típusból (**6. ábra**). Egy másik - jó polírozhatósága alapján elkülönülő - változat mérete általában kisebb a fenténél. A karancsi változatok elsősorban a zónás, magjában alkáli piroxén alapján ismerhető fel. (Dobosi 1989)

6. ábra

Plio-pleisztocén bazaltból készült nagyméretű lapos vésőbalta és nyéllukas balta, a nyersanyag a Balatonfelvidékről vagy a Kisalföldről származik; Mihálydy gyűjtemény.

**7. ábra**

Alsó kréta bazaltból készült nyéllukas balta, a nyersanyag a Kelet-Mecsekből származik; késő neolitikum, Gorzsa tell település.



2, A Dél-Dunántúli és az Alföld középső és déli régiójában széles körben elterjedt az a bazalttípus, amelynek nyersanyaglelőhelye a Kelet-Mecsek alsó kréta magmás sorozatához kapcsolódó alkáli bazalt (Harangi & Árva-Sós 1993). A kőeszközök nyersanyagához leginkább hasonló változatok Jánosi-puszta tágabb környezetében fordulnak elő. A kőeszközök anyagának jellegzetessége a nagyon kevés fenokristály (olivin vagy klinopiroxén), és a jól kristályos, uralkodóan irányított elhelyezkedésű plagioklászokból és kevesebb, finomabb szemcsés piroxénből és opakásványból álló alapanyag (7. ábra).

3, Egyelőre anyagvizsgálatokkal nem bizonyított, csak makroszkópos megfigyelések és a régészeti területek közelsége alapján feltételezhető, hogy a Szarvaskő környékén előforduló jura bazaltot –

lokálisan - szintén használták kőeszköz nyersanyagként (Oravecz-Józsa 2004, 2005), ennek a típusnak regionális elterjedése (egyelőre) nem ismert.

A bazalt típusok elkülönítése

A bazalt anyagú kőeszközök esetében a nyersanyagok forrásterületének elkülönítése meglehetősen problémás. Makroszkóposan a finom szemcseméret és a sötét szín miatt egymástól való elkülönítésük nem lehetséges (és a következőkben tárgyalt dolerit-metadolerit csoporttól sem lehet sok esetben elkülöníteni). Polarizációs mikroszkópos vizsgálatok alapján a mecseki alsó kréta típus általában, de nem mindig különíthető el a többi változattól, illetve a plio-pleisztocén bazaltokon belül abban az esetben különíthetők el típusok, ha

bennük megjelennek az egyes területekre egyértelmű jellemző bélyegek (pl. kéregzárvány, alkáli magvú zónás piroxén). Miután azonban a felszínen a fiatal bazalt-vulkanizmus termékei változatos összetételben, szövettípusban (esetenként akár szubvulkáni, jobban kristályos típusokban is) megjelennek, a mikroszkópos elkülönítés sem ad egyértelmű választ a kőzet típusáról és így a nyersanyag lelőhelyéről. A mágnesezés szuszeptibilitás vizsgálatok szerint a bazaltok általában nagy ($5-50 \times 10^{-3} \text{SI}$) MS értékkel rendelkeznek, elvéve azonban MS értékük $1 \times 10^{-3} \text{SI}$ alatti is lehet (pl. Szent-György hegy), vagyis a mágnesezési vizsgálatok is elsősorban csak arra alkalmasak, hogy a bazaltokat más, sötét színű, nem bázisos összetételű nyersanyagtípustól elkülönítsük (Bradák et al. in press). A roncsolásmentes PGAA alapján a mecseki alsó kréta és a plio-pleisztocén bazaltok egymástól, valamint a makroszkóposan nagyon hasonló megjelenésű (meta)dolerit változatoktól jól elkülöníthetőek (Füri et al. 2004, Szakmány et al. in prep). A biztos megkülönböztetéshez elektronmikorszondás ásványkémiai vizsgálatok, illetve a nagy pontosságú nyomelemzések feltehetően jó módszernek bizonyulnának, de ezekkel a módszerekkel a kőeszközök rendszeres feldolgozása eddig még nem történt meg.

Dolerit-metadolerit(-metamikrogabbró)

A dolerit-metadolerit-metamikrogabbró nagy keménysége, továbbá közel egyenes szemcsemérete révén nagyon alkalmas olyan kőeszközök készítésére, melyekkel jelentős mechanikai igénybevételű munka végezhető. Ezt megerősíti, hogy az ásványok szorosan egymásba kapcsolódva helyezkednek el, amelyet a kisméretű metamorfózis következtében történő átkristályosodás még szorosabbá tehet. A kőzettípusból készült eszközök elsősorban a Kárpát-medence keleti felében terjedtek el, azon belül az északi területeken relatív gyakoriságuk sokszor igen jelentős a leletanyagokban, de a délebbi területeken is nagy számban előfordulnak, elsősorban a középső neolitikum után (Oravecz-Józsa 2005, Judik et al. 2001 Szakmány et al. 2008). A mikroszkópos és egyéb vizsgálatok alapján a csoportban több nyersanyagtípus különíthető el, ami alapján több nyersanyaglelőhely feltételezhető.

Nyersanyag típusok, nyersanyaglelőhelyek

1, Észak-Magyarországon, majd a középső neolitikum után az egész Tiszántúlon elterjedt típus makroszkóposan csaknem fekete, és szabad szemmel éppen felismerhetők a mikrokristályos szövetet alkotó elegyrészek. Polarizációs mikroszkóp alatt az eredeti intergranuláris, ofitos vagy szubofitos szövet még felismerhető, a piroxén azonban részben vagy teljesen amfibolosodott

(barna amfibollá, illetve tremolit-aktinolitá, esetenként kékamfibollá alakult), az eredeti plagioklász saussuritesedett, és esetenként már újonnan kristályosodott albit is megjelenik. Emellett más metamorf ásványok is megjelenhetnek (klorit, zeolit, prehnit). A mágnesezés szuszeptibilitási adatok szerint, alapvetően egy kis ($1-2 \times 10^{-3} \text{SI}$), és egy nagy ($30-50 \times 10^{-3} \text{SI}$) mágnesezettségű csoport különíthető el, és ezek kémiai összetétele is kissé különbözik egymástól. Érdeemes megemlíteni, hogy a nagy MS értékű csoportba kizárólag nyéllýukas balták tartoznak, tehát nyersanyaguk feltehetően máshonnan származik, esetleg más időben, műhelyben készültek. (Szakmány et al. in prep) A metadolerit ásványos összetétele és szöveti jellegei, valamint az Alföld északi területein az ebből a kőzetből készült eszközök jelentős mennyisége alapján, az egyik, szinte biztosan azonosítható nyersanyagforrás a Szarvaskő környékén előforduló ofiolitos kőzetsorozat lehet, annak is a bázisos tagjai. A MS és kémiai összetételben különbséget mutató, de ásványos összetételben nagyon hasonló alcsoport nyersanyagforrása szintén lehet a Szarvaskő környéki metabázit komplexum, de nem kizárt, hogy a mezozoikumban területileg ugyanazon egységhez tartozó Maros-menti ofiolit övben vagy a Vardar övben előforduló bázitok adják a nyersanyag forrását. A Zágráb melletti Medvednica szintén hasonló összetételű kőzetei nyersanyagforrásként abból a megfontolásból zárhatóak ki, hogy az ahhoz legközelebb eső dél-dunántúli területeken csak elvéve fordultak elő eddig ebből a nyersanyagból készült eszközök (T. Biró et al. 2003). A kőzetek Szarvaskőn kívüli déli vagy keleti származása csak alapos és részletes kőzettani, geokémiai és ásványkémiai vizsgálatok alapján dönthető el, amelyhez hozzájárulhatnak a részletes kőeszköz elterjedési vizsgálatok is.

2, Elsősorban az Alföld délebbi területein előforduló kora neolitik kultúrákban makroszkóposan a fentihez hasonló megjelenésű, de változatosabb és erősebben metamorfizálódott bázisos, illetve neutrális mélységi magmás, illetve szubvulkáni vagy telér kőzetekből is készültek csiszolt kőeszközök. Ezekben a kőzetekben a metamorf átkristályosodás erőteljesebb volt, és annak során kevés kőeszköz is képződött. A nyersanyagforrás egyelőre ismeretlen, hasonló kőzetek legközelebb a Bihar-hegységben és a Maros mentén találhatóak (Starnini & Szakmány 1998).

A dolerit-metadolerit típusok elkülönítése

Ahogy a korábbiakban utaltam rá a dolerit-metadolerit-metamikrogabbró altípusok egymástól való elkülönítése makroszkóposan és mikroszkóposan problémás, de a roncsolásmentes vizsgálatok közül az MS és a PGAA módszerekkel bizonyos szintű elkülönítés lehetséges (Szakmány et al. in prep). A finomabb szemcsés változatokat

ugyancsak nehéz makroszkóposan elkülöníteni a bazalttól, ez esetben azonban a polarizációs mikroszkópos vizsgálatok és a kémiai elemzések segítséget adhatnak.

Alkáli dolerit-tefrit-fonolit

A közettípusokból készült csiszolt köeszközök elsősorban a Dél-Dunántúlon és a Dél-Tiszántúlon előkerült leletanyagokban fordulnak elő viszonylag nagy számban, a csoport tagjain belül az alkáli dolerit-tefrit változatok valamivel gyakoribbak a fonolitnál. A köeszközök nyersanyagát az eddigi publikációk - elsősorban a változatos szemcseméret és a szöveti különbségek miatt – eltérő névvel (alkáli gabbró, alkáli dolerit, tefrit) illetik (Schléder & T. Biró 1999, Szakmány et al. 2001, 2008, Nikl et al. 2002). A nyersanyag forrásterületét egyértelműen a Mecsek hegységben azonosíthatjuk, azon belül is a kőzetek a Kelet-Mecsek alsó kréta alkáli bázisos kőzetsorozatából származnak (Harangi & Árva-Sós 1993, Harangi, 1994), amelynek alkáli bazalt tagjáról korábban már esett szó. A kőzetek általában mikrokristályos szövetűek, a gyakran nem teljesen azonos méretű elegyrészek szorosan kapcsolódnak egymáshoz, vagyis mechanikailag jelentős igénybevételt kívánó munkára alkalmas szerszámokhoz ez a közettípus is alkalmas. A közettípusok ásványos összetétele és szövete nagyon jellegzetes, az alkáli dolerit-tefrit kőzeteknél a viszonylag nagyméretű klinopiroxént barna színű alkáli amfibol övezi. Gyakori a plagioklász, jóval kevesebb a káliföldpát. Biotit szinte mindig megtalálható, és sok kőzetben előfordul olivin utáni, legtöbbször kloritból álló pszeudomorfóza. Földpátpótló ritkán előfordul, esetenként nefelin, de jellegzetesebb a kalcittal együtt előforduló analcim legkésőbbi kritályosodási terméként. A kőzet szövete az intergranuláristól az ofitoson és szubofitoson át a hipidiomorf szemcsésig változhat. A fonolit jellegzetessége a nagy mennyiségű, folyásos jelleget mutató földpát (szanidin és plagioklász) és a viszonylag nagyobb méretű nefelin. Elszórtan viszonylag sok finomszemcsés egirin fordul elő, ezek részben a ritka és nagyobb méretű alkáli amfibol is övezhetik. Fonolit felszínen a Mecsekben összesen két helyen található, a Hosszúhetény melletti Kövestetőn, és a Kisújványi medence északi részén, a Szamár-hegyen. Köeszköz nyersanyagának elsősorban az utóbbit használták, ami már petrográfiailag is egyértelműen azonosítható, és a nyersanyagforrás területén az őskori bányászkodás tevékenysége felismerhető (T. Biró et al. 2001). Az ásványos összetétel alapján némileg eltérő kövestetői fonolit típus jelentősége a leletanyagokban lényegesen kisebb, de azért megtalálható (T. Biró et al. 2003). A tefrit és az alkáli dolerit köeszközök nyersanyagához teljesen hasonló kőzetekkel a hosszúhetényi köfejtőben találkozhatunk, de hasonló kőzetek ismertek a

Kelet- Mecsekben a Szamárhegy és a Somlyó környezetében is.

Összefoglalóan a fonolit nyersanyaga petrográfiailag is jól azonosítható, és pontszerű elterjedése miatt a nyersanyag lelőhely egész pontosan meghatározható. Az alkáli dolerit és a tefrit nyersanyaglelőhelyek is egy viszonylag szűk területre korlátozódnak és jól azonosíthatóak, ugyanis petrográfiailag teljesen hasonló megjelenésű kőzetek a Kárpát-medencében és környezetében nem fordulnak elő.

Metagabbró és amfibolit

A durvaszemcsés, esetenként akár 0,5-1 cm-t is meghaladó méretű szemcsékből álló, metagabbróból készült köeszközök nagyon változatos megjelenésűek. A durva szemcseméret miatt eredetileg mechanikailag kevésbé ellenálló, hiszen a szemcsehatárok mentén - használat során – a kőzet viszonylag könnyen eltörik, mégis készültek belőlük köeszközök, amelyeket a kopásnyomok és gyakori töredékes leletek alapján munkavégzésre használtak. Ennek magyarázata az lehet, hogy a nyersanyag mechanikai behatással szembeni ellenálló képessége a nagyon kisméretű vagy kisméretű metamorfózis során javult, az átkristályosodás során képződött új, általában finomabb szemcsés ásványok átszötték a kőzetet, és azok ennél fogva ellenállóbbá, szívósabbá váltak. A metamorf átalakulás során az eredeti piroxén amfibollá, a plagioklász albittá, klintoizitté-epidottá, esetenként pumpellyitté alakult, néha a kőzet palásodott is. Az átkristályosodás mértéke változó, sok esetben az eredeti ásványos összetétel már nem is ismerhető fel, a kőzetet már csak a metamorfózis során képződött új ásványok alkotják.

A metagabbróval ellentétben a tipikus amfibolit fekete, a metagabbróknál, illetve azokból képződött amfibolitoknál lényegesen finomabb szemcsés, uralkodóan zöldamfibolból és plagioklászából álló, finomabb szemcsés, makroszkóposan jól felismerhető kőzet.

Előfordulásukat tekintve metagabbróból és amfibolitból készült kőzetek csaknem kizárólag a dunántúli leletanyagokban, elvéve a Dél-Tiszántúlon fordulnak elő kis számban, ugyanakkor nagy változatosságban. A változatos összetétel, szöveti jellegek arra utalnak, hogy több nyersanyagforrásból származhatnak. A leletanyagokban előfordulókhöz hasonló metagabbrók és amfibolitok a Keleti-Alpok Penninikumában, Horvátország és Szlovénia területén, továbbá a Kis-Kárpátokban ismertek, részletes összehasonlító vizsgálatok azonban eddig még nem történtek. Petrográfiai hasonlóság alapján egyik nyersanyagforrásként eddig a Keleti-Alpokban található Schirnitz-árok kőzetei feltételezhetőek, az innen származó nyersanyagból

készült eszközöket a Mihály gyűjteményben találunk (Szakmány et al. 2001).

A metagabbroból készült kőszközők jellegzetes durvaszemcsés és általában zöld, barna vagy fekete valamint fehér színűknél fogva már makroszkóposan - legalább is fő kőzetcsoport szintjén - felismerhetők, a tipikus, finomszemcsés amfibolit a hasonló megjelenésű zöldpala-metabázitoktól valamivel durvább szemcsemérete alapján különíthető el.

Mész-szilikát szaruszirt (hornfels)

A mész-szilikát szaruszirt nagyon finomszemcsés, kemény, szívós, emellett tetszetős, halványzöld-szürkészöld-zöldeszürke vagy szürke színárnyalatban előforduló, jól polírozható kőzet. Legtöbbször lapos vésőbalták, valamint kaptafa alakú balták készültek belőle. Jó mechanikai tulajdonságai miatt gyakran használták munkaeszköznek, a leletek között előforduló nagyszámú ép vagy csaknem ép kőbalta – elsősorban a halvány zöld árnyalatú, áttetsző változat - viszont azt sugallja, hogy akár szimbolikus baltaként is alkalmazhatták.

Ásványos összetételében elsősorban két ásvány, diopszidos összetételű piroxén és földpát uralkodik, ez utóbbi elsősorban csak bázisos plagioklász, de emellett sokszor előfordul káliföldpát is. Ritkábban biotit, illetve opakásvány is megtalálható benne. A kőzet általában nagyon finomszemcsés, a piroxén és a földpát szemcsék nagyon szorosan kapcsolódnak egymáshoz, sokszor egymáson átnöve. Egyes jobban kristályos változatok poikiloblasztos szövetet mutatnak, mind a piroxén, mind a földpát nagyobb méretű szemcséiben, a másik elegendő apró kristályai zárványként foglalnak helyet. Egyes esetekben a kőzet makroszkóposan is megfigyelhetően sávos. Az ásványos összetétel és a kőzetek kémiai összetételében kimutatott nagy (közel 20 tömeg%) CaO valamint viszonylag jelentős Al_2O_3 (13-15 tömeg%) arra utal, hogy a kőzet nagy hőmérsékletű kontaktuson alakulhatott ki, és a magmás test feltehetően márgába vagy agyagos mészkőbe nyomult bele.

A mész-szilikát szaruszirt (hornfels) anyagú kőszközők az egész Kárpát-medencében és környezetében széles körben elterjedtek, azonban a délkeleti területeken már a legkorábbi neolitikumtól kezdve lényegesen nagyobb mennyiségben található meg a leletanyagokban, mint attól északra és nyugatra. (pl. Starnini et al. 2007, Szakmány et al. 2008). A kőszközők nagyon hasonló ásványos és kémiai összetétele arra utal, hogy a nyersanyagforrás pontszerű lehetett. Mész-szilikát szaruszirt kőszközők a Kárpát-medencétől délkeletre előforduló területek leletanyagában is jelentős mennyiségben elterjedtek, mind a Szerbia területén található Vinča kultúrában (Antonović

2006, Antonović et al. 2006), mind a mai Románia területén (pl. Kalmar & Stoicoviciu 1990, Lazăr et al. 2007, Nagy et al. 2008). A fent vázolt gyakorisági eloszlásból az következik, hogy a nyersanyagforrást valahol a DK-Kárpátokban, illetve annak környezetében kell keressük. Ez lehet a banatit öv mintegy 200 km hosszan húzódó zónája mentén valahol, de bármilyen más, nagy hőmérsékletű magmás kőzettest és üledék kontaktusa sem zárható ki. A legkorábbi neolitik kultúrában való előfordulása azt sugallja, hogy viszonylag könnyen megközelíthető terep (feltehetően valamelyik nagyobb folyóvölgy közvetlen környezetébe) jöhet szóba lelőhelyként. Távolsági nyersanyagként a Kárpát-medence távoli területeire is eljutott, egyes szerzők esetenként a nyersanyagforrás helyét máshol feltételezik (Hovorka et al. 2001).

A kőzet jellegzetes megjelenése alapján általában makroszkóposan is jól elkülöníthető más kőszköző típusoktól, amihez hozzájárul, hogy a MS értéke nagyon szűk tartományban, $0,2-0,4 \times 10^{-3}$ között mozog. Ugyanakkor viszont makroszkóposan a nagy kovartartalmú kőzetektől esetenként nagyon nehéz elkülöníteni, sőt a zöldes árnyalatúak a nefrittel vagy akár a kis Fe-tartalmú nagynyomású kőzetváltozatokkal (jadeitit) is összetéveszthetőek.

Szerpentinit

Szerpentinitből készült csiszolt kőszközők szinte az egész Kárpát-medencében megtalálhatóak, de egy-egy lelőhelyen általában csak kis mennyiségben. Ez alól a NyÉny-i területek a kivételek, itt jelentősebb számban fordulnak elő a leletanyagokban (Szakmány et al. 2001, Friedel et al. 2008). A szerpentinit eszközök mind alakban, méretben, mind színben változatosak, makroszkóposan több változatuk is elkülöníthető, jöhetnek ezt a vékonycsiszolatból történő polarizációs mikroszkópos vizsgálatok nem mindig támasztják alá. A szerpentinitek finomszemcsésék, színük gyakran egy kőszköző példányon belül is változik, ami részben a felületen lezajlott átalakulásnak is köszönhető. A legtetszetősebbek zöldek vagy zöldes árnyalatúak, ezeket elsősorban szimbolikus baltaként használhatták. Előfordul fekete színű változat is, de gyakran egészen világos, sárgás-fehéres árnyalatúak is vannak, ez utóbbi színek azonban elsősorban csak az eszközök felületén alakulnak ki, a belső, üde része ezeknek a kőzeteknek is sötétzöld vagy feketészöld.

A kőzetet uralkodóan szerpentinásványok (antigorit és krizotil) alkotják, egyes példányokban ritkán relikv piroxén, más esetben magasabb metamorf fokra utaló, újonnan képződő amfibolok is előfordulnak. Főleg a Dunántúlon előforduló változatokban a jellegzetes olivin utáni átalakok mellett ortopiroxén utáni pszeudomorfózák is felismerhetőek (Nikl et al. 2002). Ez a típus az

ásványos összetétel és az egyelőre még kisszámú PGAA-val végzett kémiai elemzésekben mért nagy Mg-tartalom alapján harzburgitos összetételű lehet. Az Alföldön előforduló szerpentinit anyagú kőszközökben gyakoribbak a reliktumok, és a szerpentinásványok mellett jelentős mennyiségben előforduló, klinopiroxén utáni pszeudomorfózák lherzolitos összetételű egykori ultrabázisos kőzetre utalnak.

A szerpentinit változatok nyersanyagforrása egyelőre még nem megoldott kérdés. A Kárpát-medence környezetében több helyen nagy mennyiségben fordulnak elő szerpentinitek, azonban a különböző területeken és geológiai környezetekben előforduló harzburgit eredetű szerpentinitek ásványos és kémiai összetétele nagyon hasonló egymáshoz.

A Kárpát-medence környezetében az alábbi szerpentinit előfordulások ismertek:

1, Az egyik legnagyobb tömegű előfordulás a Keleti-Alpok Penninikumja, ahol a kelet-alpi takarók alól kibukkanó Pennini ablakokban fordul elő harzburgitos összetételű szerpentinit. Ezekre jellemző az ortopiroxén utáni pszeudomorfóza.

2, A másik jelentős előfordulás a Nyugati-Kárpátoktól ÉNy-ra, a Gogolów-Jordanów hegységben van, és az erről a lelőhelyről kibányászott szerpentinitet bizonyítottan használták az őskorban csiszolt kőszközök készítésére (Skoczylas et al. 2000, Majerowicz et al. 2000).

3, A Kárpát medencétől D-re, a Vardar övben óriási mennyiségű, elsősorban lherzolitos eredetű ofiolitos eredetű metaultrabázit-szerpentinit fordul elő. Ezzel gyakorlatilag szinte teljesen azonos összetételű, de kisebb tömegű előfordulás a Maros-völgyi ofiolit komplexumban van.

4, Dél-Szlovákiában a Keleti-Alpok Penninikumában előforduló szerpentinitekhez hasonló ásványos összetételű és szövettű szerpentinitet találunk, minőségét tekintve azonban annál gyengébb, és felszíni előfordulása is nagyon gyér.

5, A Medvednicában valamint a Kárpát-medencétől nyugatra előforduló, nem penninikumi szerpentinitek erős tektonizáltságuk miatt nem alkalmasak kőszközök készítésére.

A különböző tektonikai-geológiai környezetekben előforduló szerpentinitek ásványos és kémiai összetételi hasonlósága miatt a lelőhelyek meghatározása egyelőre problémás. A Dunántúl Ny-i és É-i részében előforduló szerpentinitek viszonylag nagyobb elterjedtsége, alakja és petrográfiai jellegei arra utalnak, hogy ezek a kőszközök részben a Keleti-Alpok Penninikumából, részben a Gogolów-Jordanów hegységből származhatnak (Nikl et al. 2002, Friedel

et al. 2008). Az Alföld déli területein előforduló szerpentinit változatok közül a lherzolitos összetételűekhez hasonló kőzetek a Vardar-övben, illetve a Maros-völgyben bukkannak a felszínre, a nagyon ritkán előforduló harzburgitos összetételűek eredete egyelőre kétséges.

Nefrit

A nefrit monomineralikus, szálas amfibolból (tremolit-aktinolit) álló kőzet (pl. Gunia 2000, D'Amico et al. 2003), világszerte nagyon kedvelt csiszolt kőszköz nyersanyag volt az őskorban. Magyarországi leletanyagban nefritet viszonylag kis számban, eddig kizárólag a Dunántúlról ismerünk, azon belül is elsősorban a Mihály gyűjteményben és az Ebenhöch gyűjteményben találkozhatunk vele viszonylag nagyobb számban (Szakmány et al. 2001, Friedel et al. 2008). A nefritből készült eszközök jellegzetes, közel egyenlő oldalú vagy csak kissé nyúlt legömbölyített háromszög alakú, általában kisméretű (néhány cm-es) lapos vésőbalták. Színe a csaknem fehértől a halvány pasztell zöldön át a középsötét zöldig változik, jellegzetes selyemfényét a szálas, tömeges amfibol adja. Amellett, hogy nagyon tetszetős megjelenésű, és ennél fogva elsősorban szimbolikus kőszközként használták, egyes példányokon megfigyelhető kopásnyomok és a törött példányok arra utalnak, hogy nálunk munkavégzésre is használták ezeket. Az egymást átszövő vékony amfibol szálakból álló tömött szövet rendkívüli szívósságot biztosít a kőzetből készült eszköznek.

A nálunk előforduló nefritből készült kőszközök nyersanyag-lelőhelye egyelőre kétséges. Európában csak néhány helyen fordul elő, genetikája elsősorban a szerpentinitekhez kapcsolódik. Legjelentősebb európai lelőhelyek a Svájci-, Olasz- és Francia-Alpokban, továbbá a Harz-hegységben és Skandináviában vannak. Emellett a Gogolów-Jordanów hegységben szintén megtalálhatóak (Gunia 2000). A magyarországi nefrit anyagú kőszközök, az alaki és ásványos összetételbeli megjelenés hasonlósága alapján valószínűsíthetően a Jordanów hegységből származtathatjuk. A nyersanyag-lelőhely pontos meghatározása még további, részletes vizsgálatokat igényel, aminek eredményességét hátráltathatja, hogy szinte kizárólag roncsolásmentes módszerek jöhetnek számításba a kőszközök épsége miatt.

Nagynyomású metamorfitek (eklogit, jadeitit, omfacitit)

Magyarországi leletanyagban csak elvétve találkozunk nagynyomású metamorfitokból készült kőszközökkel (Mihály gyűjtemény, Ebenhöch gyűjtemény (Szakmány et al. 2001, Friedel 2008), kizárólag ép, szimbolikus balták, illetve ékszerek formájában. Azonosításuk nem mindig egyértelmű, más, zöld színű finomszemcsés kőzetekkel gyakran

összetéveszthetők de az elkülönítést megkönnyíti a jellegzetes nyúlt, nyelv alakú, vagy kevésbé nyúlt háromszög alakjuk, továbbá kémiai összetételei adatok, ez utóbbiak eddig csak az Ebenhöch gyűjtemény nagynyomású metamorfizájáról állnak rendelkezésre (Friedel 2008).

A Magyarország területére is eljutó, szimbolikus eszközként szolgáló jadeitit, omfacitit és eklogit tipikus távolsági nyersanyag. Ezek forrásterülete a Nyugati-Alpok, illetve az Északi-Appenninek előterében található, ahol oligocén korú konglomerátum kavicsanyagából származtatják a nyersanyagokat (D'Amico et al. 2003, D'Amico 2005). Innen az eszközök igen nagy távolságokra, akár 1500-2000 km-re is eljutottak, elsősorban északi és nyugati irányban (egészen Skandináviáig, illetve a Brit szigetek legtávolabbi csúcsáig), azonban északkelet és kelet felé történt elterjedésük csak rendkívül alárendelt volt, az eddig ismert legkeletibb előfordulásuk nem nyúlik túl a Duna vonalán (D'Amico et al. 2003).

Kékpala

Kékpala nyersanyagú kőeszközök magyarországi leletanyagokban kizárólag a Kárpát-medence északkeleti területein kerültek elő, ott is viszonylag csak kis mennyiségben. Dél felé mennyiségük fokozatosan csökken (Oravecz & Józsa 2004, 2005, Józsa et al. 2001). A kőzet változatos szemcseméretű, palás megjelenésű, sötétkék, zöldeskék színű. Benne a kékpala fáciesre jellemző ásványok (kékamfibol, albit, epidot, klorit, esetenként gránát) mellett a retrográd metamorf szakaszban képződő fázisok (elsősorban aktinolit) szintén előfordulnak. Az utóbbi elegyrész okozza a kőzet zöld színárnyalatát, és ezért makroszkóposan könnyen összetéveszthető egyes zöldpala-metabázit vagy amfibolit típusokkal. Vékonycsiszolatban azonban a nyersanyag egyértelműen azonosítható. A vizsgált kőeszközök kémiai összetétele erősen változó, és más metabázitokéhoz hasonló (Szakmány & Kasztovszky 2004). Ásványos összetétel és PGAA-val nyert kémiai összetétel alapján a nyersanyagforrás egyértelműen azonosítható a DK-Szlovákiában előforduló (pl. Šugov-völgy), Mellétei-sorozatba tartozó kékpalákkal (Faryad 1997, Hovorka et al. 2000), amelyek összetétele jól elkülöníthető a Nyugati-Alpokban előforduló kékpaláktól, amelyből szintén készültek kőeszközök (D'Amico 2005). A magyarországi kékpala kőeszközök tehát elsősorban lokális, esetleg közeli regionális elterjedésű nyersanyagból készültek. Nagy tömegű kőeszköz készítést és így távolabbi területekre való elterjedését egyrészt a nyersanyag viszonylag kis mennyisége és szűk elterjedése, továbbá a nyersanyag egy feltáráson belül is változó minősége akadályozhatta. Ezen felül a heterogén szemcseméret és átalakultság, szintén rontja a

kőeszközök mechanikai igénybevétellel szembeni ellenálló képességét.

Andezit és más neutrális-savanyú vulkanitok, telérkőzetek

Andezit, valamint más, neutrális-savanyú vulkanit anyagú csiszolt kőeszközök viszonylag ritkák, ezeket a nyersanyagokat elsősorban szerszámkő készítésére használták. Az ezekben a kőzetekben előforduló nagyméretű fenokristályok, és a többnyire (esetenként jelentős mennyiségű) kőzetüveget tartalmazó alapanyag ugyanis a kőzetek mechanikai igénybevétellel szembeni ellenállását gyengítik, a fenokristályok mentén a kőzet megrepedezhet, majd eltörik, a nagymennyiségű kőzetüveg pedig rideggé teszi a kőzetet. Amennyiben azonban az alapanyag holokristályos, vagy utólagosan átkristályosodott, ezek a vulkanitok is alkalmasak lehetnek arra, hogy a belőlük készült kőeszközökkel intenzív munkát végezzenek. Az eddig megvizsgált vulkanitból készült kőeszközök ásványos összetétele és megjelenése változatos. Csiszolt kőeszközként, kőbaltaként elsősorban a Kárpát-medence északabbi területein terjedtek el, itt az egyes változatok általában lokális elterjedésűek. A Cserhát lábánál fekvő Aszód környékén feltárt „Aszódi kőbaltagyártó műhely”-ből ahol a finomszemcsés, ritkán fenokristályos cserhádi bazaltos andezitet dolgozták fel, viszont nagy számban kerültek elő félkész balták és a gyártás során keletkezett termékek (szilánk, nyéllyuk-furat) (T. Biró 1992), a kész balták azonban szintén csak lokális felhasználásúak voltak eddigi ismereteink szerint. A Kárpát-medence északkeleti területein kis számban a Tokaj-Eperjesi hegységből, valamint a kárpátaljai területekről származó andezit, illetve dácit nyersanyag került azonosításra (Szakmány 1994, Oravecz & Józsa 2004, 2005). Az Ebenhöch gyűjteményben ritkán előforduló andezitbalták nyersanyaga - azok ásványos összetétele és szöveti jellegeik alapján - vagy a Közép-Szlovákiai Vulkanikus hegységből vagy a Börzsönyből származhatnak (Friedel et al. 2008). A Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteményében található, Budapest környéki lelőhelyekről, a középső neolitikumból valamint a késő rézkorból származó andezit anyagú kőbalták nyersanyaga a Börzsönyből vagy a Pilisből származhat (Oravecz & Józsa 2004, 2005). Az Alföld délebbi területein nagyon ritkán előforduló kőbalták anyaga vagy az Erdélyi-középhegységből vagy a Száva-Vardar övből, esetleg a Mecsekben előforduló miocén durvatörmelékes összlet törmelékanyagából származhat, de nem kizárható, hogy regionális nyersanyagként a Belső-Kárpáti Vulkanikus koszorú valamelyik vulkanitjából (Börzsöny? Kárpátalja?) került a régészeti feltárt lelőhelyre. A bronzkorból, Százhalombattáról és Bölcskeről eddig részletesen feldolgozott leletanyagok között

viszonylag jelentős számban találunk amfibolt és piroxént tartalmazó andezitből készült kőbaltákat, amelyek nyersanyaga feltehetőleg a Visegrádi-hegységből származik (Horváth et al. 1999, 2000, Pető et al. 2002).

Trachitból-látitból készült kőeszközöket Friedel et al. (2008) azonosítottak az Ebenhöch gyűjteményben, amelynek nyersanyaga azonos a Duna kisalföldi pleisztocén teraszában előforduló nagyméretű kőtömbök anyagával. Ugyancsak trachitból (bostonit) készült kőeszközök kerültek elő a lengyeli kultúra lelőhelyeiről a Dél-Dunántúlon, amelynek nyersanyaga a Mecsekből származik (Nikl 1998). A gorzsa leletanyagban ritkán előforduló Tisza kultúrába tartozó kőbalták savanyú vagy neutrális összetételű, finomkristályos nyersanyaga szintén a Kelet-Mecsekben előforduló telérközetekhez hasonlóak. Az ugyancsak gorzsa anyagból előkerült metariolit balta eredete egyelőre ismeretlen (Szakmány et al. 2008).

„Fehér kő”

A késő neolitikus kultúrákban, elsősorban az Alföld déli részén, esetenként a Dél-Dunántúlon is előfordulnak a régészeti leletek között fehér színű, nagyon finomszemcsés, kaptafa vagy lapos vésőbalta formájú csiszolt kőeszközök, amelyeket a nemzetközi irodalom összefoglalóan „fehér kő” („white stone”) néven említ (Antonović 1997). A részletes, ásványtani, fizikai és kémiai elemzések alapján ezek nyersanyaga változatos, vannak nagy Mg-tartalmú magnezites kovaközetek, nagy Si-tartalmú kovás aleurolitok, nagy Ca tartalmú mikrokristályos mészkövek, és viszonylag puha diatomapalából vagy tufából készült kőeszközök (Nikl 1998, Szakmány et al. 2008, in prep). Teljesen hasonló alakú és kőzetanyagú kőeszközök a Vinča kultúra későbbi fázisaiból, Szerbia területéről kerültek elő, ahol a nyersanyagok több feltárása is ismert (Antonović 2006, Antonović et al. 2006), vagyis a kőeszközök déli irányból cserekereskedelem útján jutottak a Tisza kultúra és a Lengyeli kultúra népeikhez.

Mészkő-márga

A mészkő és a márga puha kőzetek, vagyis az ezekből készült kőbalták biztosan nem munkavégzésre készültek. A kőzetek puhasága miatt ugyanakkor viszonylag gyorsan és könnyen elkészíthetőek voltak. Az előkerült példányok nagy része teljesen ép, használati nyomoktól mentes eszköz, és elsősorban sírokból kerültek elő. Feltételezhetően eredetileg is sírbaltáknak készítették és tették az elhunyt mellé. Az eddig megtalált leletek közül jól azonosítható nyersanyagú volt a Dél-Dunántúlról (Zengővárkony és más lelőhelyek) előkerült, lengyeli kultúrába tartozó, fekete színű Kantavári Mészkőből, továbbá a fehér, felső jurá-alsó kréta mészkőből, liász foltos

márgából, vagyis a Mecsekből, lokális nyersanyagból készült kőbalták (Nikl et al. 2002, T. Biró et al. 2003), de más területeken is (pl. Gorzsa, Aszód) előfordulnak mészkőből vagy márgából készült kőeszközök (Judik et al. 2001, Szakmány et al. 2008). Ez utóbbiak nyersanyagforrása azonban még ismeretlen.

Egyéb nyersanyagok

A következőkben összefoglalóan azokról a nyersanyagokról lesz szó, amelyekből készült csiszolt kőeszközök magyarországi leletanyagokból csak elvétve kerültek elő.

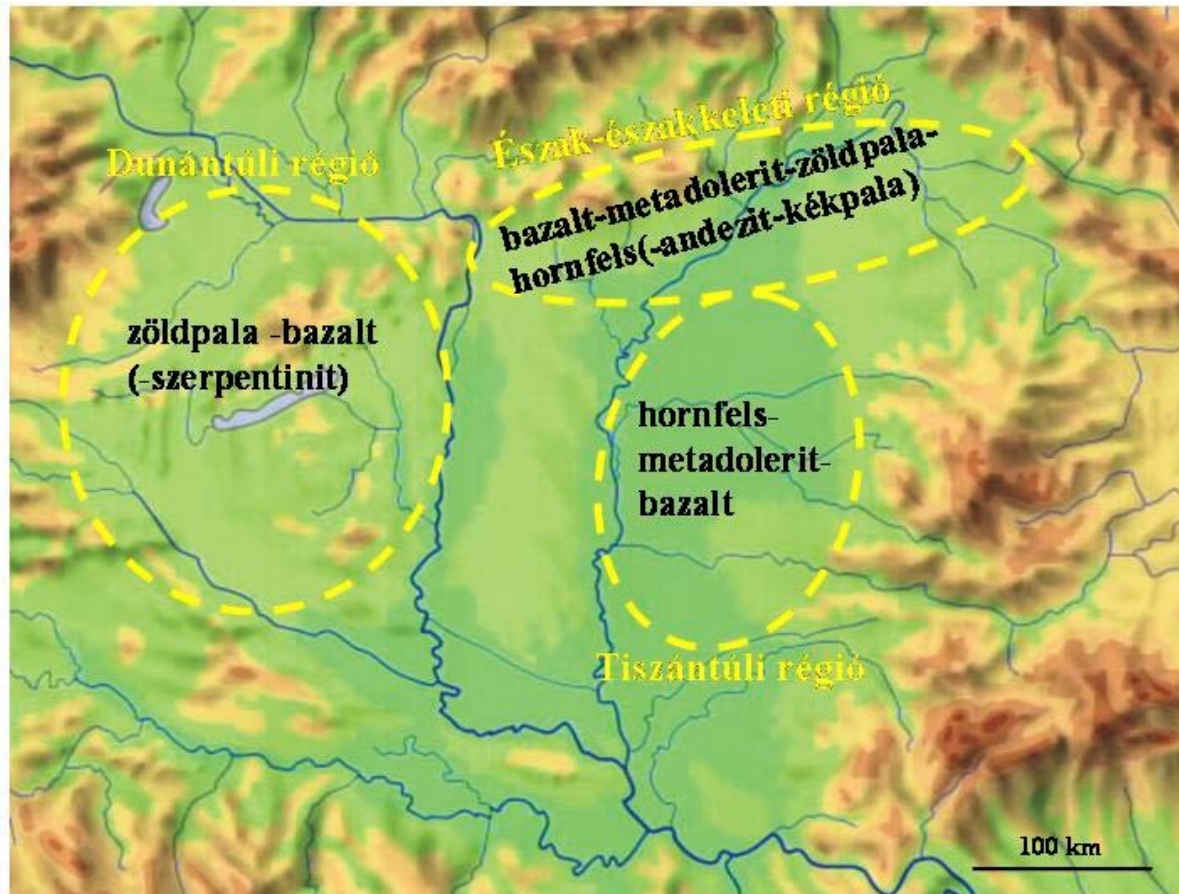
Főleg Észak-Magyarországon a középső és késő neolitikus lelőhelyekről reliktumokat tartalmazó átalakult, továbbá a Körös-kultúrából Szarvasról kerültek elő üde, vagy csaknem üde **ultrabázit**ből készült csiszolt kőeszközök (Oravecz & Józsa 2004, 2005, Starnini & Szakmány 1998). A Szarvasról előkerült példány összetétele, megjelenése nagyon hasonló a Szarvaskőn előforduló ércperidotitra, eredete onnan valószínűsíthető, habár a Maros menti ofiolit övben hasonló összetételű kőzetek szintén előfordulnak. Az ultrabázitok másik típusa viszont nagyon hasonlít a Kelet-Szlovákiában előforduló kőbalták anyagára (Oravecz & Józsa 2004, 2005)

A Mihályd gyűjteményben megtalálható **ofikarbonátos kőzet** anyagú kőbalta valószínű származási helye a Kelet-Alpok Penninikumának Borostyánkői tektonikai ablakából származik, Glashütten bei Schlaining (Szalónakhuta) közelében fordulnak elő petrográfiailag teljesen hasonló kőzetek közel a Schirnitz-árokhoz, ahonnan az egyik metagabbro típust azonosítottuk (ld. korábban).

A Mihályd gyűjteményben elvétve előforduló **cordierites szaruszirt** nyersanyaglelőhelye ismeretlen. Makroszkóposan más finomszemcsés, hasonló megjelenésű fekete metamorfitekkel, sőt a bazalttal könnyen összetéveszthető, csak kémiai elemzés alapján különíthető el ezektől.

Tufitből készült kőbalták Gorzsáról kerültek elő, a nyersanyag eredete egyelőre ismeretlen (Szakmány et al. in prep). Ugyancsak tufit baltáról számol be Dévaványa-Sártó lelőhelyről Oravecz & Józsa 2004, 2005.

Sziliciklasztos kőzetekből (**homokkő, aleurolit**) elvétve készültek csiszolt kőeszközök, ezekből a nyersanyagokból elsősorban csiszolókövet készítettek. Elvétve azonban a Mihályd-gyűjteményben és az Ebenhöch-gyűjteményben is előfordultak (Szakmány et al. 2001, Friedel 2008), továbbá bronzkori leletekben is szerepelnek (Horváth et al. 1999, 2000, Pető et al. 2002). A nyersanyagok eredete egyelőre nem tisztázott.



8. ábra A Kárpát-medence belső részén elkülöníthető, az egyes területeken eddig fellelt csiszolt kőeszközök uralkodó nyersanyagai alapján lehatárolható régiók.

Az Ebenhöch Gyűjteményben néhány **kristályos pala** és **milonit** csiszolt kőeszköz nyersanyagának eredete egyelőre szintén ismeretlen (Friedel 2008).

Ugyanígy nem tisztázott a nagyon ritka **kvarcit** és a fekete, nagyon finomszemcsés feltehetően **lidit**ből álló csiszolt kőbalták eredete sem. Ezek szintén a Mihálydy-gyűjteményben és az Ebenhöch-gyűjteményben fordulnak elő. Teljesen ép balták, kopás- vagy felhasználási nyom nélkül, ami szimbolikus felhasználásra utal. (Szakmány et al. 2001, Friedel 2008)

Diszkusszió – Nyersanyag-együttes régiók

A magyarországi (földrajzilag a Kárpát-medence belső területén talált) leletanyagokból, kifejezetten a csiszolt kőeszköz nyersanyagok típusának megállapítására szolgáló eddigi archeometriai szempontú feldolgozások alapján az alábbi összefoglaló megállapítások tehetők:

Az eddigi vizsgálatok eredményei - amelyek az egyes kultúrák tekintetében korántsem tekinthetők reprezentatívnak -, egyelőre azt engedik meg, hogy „nyersanyag ellátottsági régió”-kat tudjunk

lehatárolni, amely régiók kőeszközeinek nyersanyagai hozzávetőlegesen egységesek a terület egészére nézve, ugyanakkor ki kell hangsúlyozzuk, hogy arányaiban nézve az egyes régiókban részterületileg és időben is mutatkozhatnak egyenlenségek. Ezek pontosítása a jövő feladata lesz.

A csiszolt kőeszközök nyersanyagának és azok gyakoriságának, elterjedésének átfogó értékelése alapján - jelen ismereteink szerint -, Magyarországon (vagyis a Kárpát-medence belső területén) az alábbi régiók különíthetők el (**8. ábra**):

1, Dunántúli régió

A régióra, amely az egész Dunántúl területét lefedi, átfogóan a **zöldpala-metabázis – bazalt – szerpentinit** nyersanyag-együttesből álló csiszolt kőeszközök jellemzőek. Ez az együttes különösen a Balaton vonalától északra fekvő területekre jellemző, a déli részen ez a Mecsekből származó nyersanyagok közül az alkáli dolerit-terfrit-fonolit nyersanyagokkal bővül. Ez esetleg indokolná, hogy a régiót egy északi és egy déli alrégióra osszuk.



9. ábra A csiszolt kőeszközök nyersanyagainak származását mutató általános összefoglaló térkép az eddigi ismereteink alapján. A nyílak vastagsága az adott nyersanyag típus jelentőségével arányos.

A bazalt az északi területeken szinte kizárólag a fiatal plio-pleisztocén bazalt nyersanyagokat jelenti, míg délen ezekhez a mecseki alsó kréta eredetű alkáli bazalt nyersanyag is jelentős mértékben hozzájárul. A nyersanyagok egyrészt lokális-közeli regionális eredetűek (bazalt, felsőcsatári zöldpala, részben a szerpentin, ugyanakkor azonban távolsági nyersanyagok is jellemzőek, amelyek elsősorban északnyugati-északi irányú kapcsolatokat jeleznek, úgymint a Cseh-masszívumbeli kontakt metabázitok, a szerpentinitek egy másik része, a nefrit, és kis mennyiségben a nyugat-alpi nagynyomású metamorfitek. A déli-délkeleti irányú import kapcsolatok ugyan léteznek, de a déli területek kivételével ez csak alárendelt mértékű, a legjellemzőbb délkeleti import távolsági nyersanyag a mész-szilikát szaruszirt (hornfels).

2, Észak-északkeleti régió

A régió a Dunától keletre-északkeletre eső területeket, az Északi-középhegységet és annak előterét fedi le. A területen előforduló, csiszolt kőeszközök nyersanyag szempontjából a Dunántúlinál változatosabbak, a régióra átfogóan a **bazalt – metadolerit – zöldpala-metabázit** (–

andezit – kékpala) nyersanyag-együttes jellemző, a közeli nyersanyaglelőhelyekről származó egyes nyersanyagok területileg eltérő dominanciájával. A nyersanyagok elsősorban helyi vagy közeli regionális eredetűek, azonban feltűnő, hogy a nagyon jó minőségű távolsági nyersanyagok közül mind a Cseh-masszívum északi részéből származó metabázit, a felsőcsatári zöldpala, illetve a déli-délkeleti területekről származó hornfels is megtalálható, vagyis a területre a helyi nyersanyagokon kívül több irányból is érkeztek távoli területekről származó nyersanyagból készült csiszolt kőeszközök.

3, Tiszántúli régió

A régió az észak-északkeleti régiótól (vagyis az Északi-középhegység előterétől) délre elterülő területet, vagyis az Alföld tiszántúli részét fedi le. A régió átfogóan a **hornfels – metadolerit – bazalt** nyersanyag-együttes jellemezhető. A bazalt egyértelműen mecseki, alsó-kréta típusú. A régióra jellemző – lokális kőeszköz nyersanyag hűján - az intenzív import kapcsolatrendszer mind az észak-északkeleti régióval, mind a Dunántúli régióval, ez utóbbinak is elsősorban déli (Mecsek környéke) területeivel, de az adatok arra utalnak, hogy

egészen távoli nyersanyagból készült kőeszközök is érkeztek északnyugati irányból. Emellett a régióra a keleti és a déli import kapcsolatok is jellemzőek, ez utóbbira egyértelmű bizonyítékok a hornfels, valamint a késő neolitikumban a „fehér kő” nyersanyagú kőeszközök jelenléte.

A távolsági nyersanyagkapcsolatokat tekintve tehát megállapíthatjuk, hogy a Jizerské Hory hegységéből származó, Železný Brod típusú kontakt metabázit elsősorban a Kárpát-medence dunántúli valamint északi-északkeleti részén terjedt el, különösen az észak-dunántúli leletanyagokban található nagy mennyiségben. A mész-szilikát szaruszirt elterjedési viszonyai azt mutatják, hogy a Közép- és Kelet-európai részekben uralkodó zöldpala-metabázit nyersanyagot a Dunától keletre eső területeken fokozatosan a hornfels veszi át, és itt ez volt a széles körben használt nyersanyag hosszú időn keresztül a kora neolitikától a rézkorral bezárólag.

Az alkáli dolerit-tefrit-fonolit nyersanyagból készült eszközök Dél-Dunántúlon való jelentős elterjedése - párhuzamosan az ezen a területen észlelhető metadolerit viszonylagos ritkaságával - azt mutatja, hogy az alkáli dolerit-tefrit ezen a területen lokálisan és közeli regionális léptékben helyettesíteni tudta a metadoleritet. A bazalt, Kárpát-medencebeli széles elterjedése következtében, gyakran használt csiszolt kőeszköz nyersanyag elsősorban helyi és közeli regionális távolságokban, egyes esetekben azonban távolabbi területekre is eljut. (9. ábra).

Összefoglalás, jövőbeli feladatok

Munkánkban a Magyarországon eddig archeometriai módszerekkel feldolgozott csiszolt kőeszközök nyersanyag szempontjából történő feldolgozását foglaltuk össze. A nyersanyagok alapján három régiót különböztettünk meg, amelyek közül az észak-északkeleti régió kivételével elsősorban távolsági, illetve regionális nyersanyagok jellemzőek, a lokális nyersanyagoknak elsősorban csak helyileg van jelentősége. A kőeszköz nyersanyagokat tekintve az észak-északkeleti régióban, továbbá a dél-dunántúli lelőhelyeken uralkodnak elsősorban helyi és közeli regionális nyersanyagok, de ezek mellett több irányból is érkeztek távoli nyersanyagból készült kőeszközök (9. ábra).

A jövőben kívánatos lenne egyes kultúrák, illetve egyidőben, egymás mellett élő kultúrák minél több lelőhelyén fellelt csiszolt kőeszközök részletes archeometriai feldolgozása, mert ezáltal a fent vázolt régiós eloszlás tovább finomítható, illetve a korabeli kereskedelmi kapcsolatok pontosíthatók lesznek, vagyis a nyersanyagok időbeli és térbeli változásait nyomon követhetjük. A fenti célok elérésének érdekében a vizsgálatokat a Kárpát-medence környezetére is minél szélesebb körben

lenne szükséges kiterjeszteni, ahogy erre már biztató kísérletek indultak, mint például a néhány évvel ezelőtt működött IGCP-442 program.

Köszönetnyilvánítás

A szerző mindenekelőtt köszönetet mond T. Biró Katalin, Józsa Sándor, Elisabetta Starnini, Péterdi Bálint és Friedel Orsolya közvetlen segítségével, továbbá mindazoknak, akik az elmúlt években munkájukkal hozzájárultak ahhoz, hogy az összefoglaló anyaga összeálljon.

A munka az OTKA K 62874 számú pályázat keretében készült.

Irodalom

ANTONOVIC, D., 1997: Use of Light White Stone in the Central Balkans Neolithic. *Starinar* **48**:33-39.

ANTONOVIC, D., 2006: On importance of study of the Neolithic ground stone industry in the territory of Southeast Europe. *Analele Banatului, S.N., Arheologie – Istorie XIV/1*:53-61.

ANTONOVIC, D., RESIMIC-SARIC, K & CVETKOVIC, V., 2006: Stone raw materials in the Vinča culture: petrographic analysis of assemblage from Vinča and Belovode. *Starinar* **55**:53-66.

BRADÁK, B., SZAKMÁNY, GY. & JÓZSA, S., 2005: Mágneses szuszceptibilitás mérések – új módszer alkalmazása csiszolt kőeszközök vizsgálatában. *Archeometriai Műhely* **2/1**:13-22.

BRADÁK B., SZAKMÁNY GY., JÓZSA S. & PŘICHYSTAL, A., in press: Application of magnetic susceptibility on polished stone tools from Western Hungary and Eastern part of the Czech Republic (Central Europe). *Journal of Archaeological Science*

D'AMICO, C., 2005: Neolithic 'greenstone' axe blades from Northwestern Italy across Europe: a first petrographic comparison. *Archaeometry* **47/2**:235-252.

D'AMICO, C., STARNINI, E., GASPAROTTO, G. & GHEDINI, M., 2003: Eclogites, jades and other HP-metaphiolites employed for prehistoric polished stone implements in Italy and Europe. *Periodico di Mineralogia* **73**:17-42.

DOBOSI, G., 1989: Clinopyroxene zoning pattern in the young alkali basalts of Hungary and their petrogenetic significance. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **101**:112-121.

FARYAD, S. W., 1997: Lithology and metamorphism of the Meliata unit high-pressure rocks. In: GRECULA, P., HOVORKA, D. and PUTIŠ, M. (eds.): Geological evolution of the Western Carpathians. – *Mineralia Slovaca – Monograph*, Bratislava, 131-144.

- FRIEDEL, O., 2008: Az Ebenhöch csiszolt kőeszköz gyűjtemény archeometriai vizsgálatának eredményei. Közöletlen diplomamunka, ELTE FFI, Közzetan-Geokémiai Tanszék, 96p.
- FRIEDEL, O., BRADÁK, B., SZAKMÁNY, GY., SZILÁGYI V. & T. BIRÓ K., 2008: Az Ebenhöch csiszolt kőeszköz gyűjtemény archeometriai vizsgálatának eredményei. *Archeometriai Műhely* **5/3**:1-12
- FÜRI, J., SZAKMÁNY, GY., KASZTOVSZKY, ZS. & T. BIRÓ, K., 2004: The origin of the raw material of basalt polished stone tools in Hungary. *Slovak Geological Magazine* **10**:97-104.
- GUNIA, P., 2000: Nephrite from South-Western Poland as potential raw material of the European Neolithic artefacts. - *Krystalinikum* **26**:167-171.
- HARANGI, SZ., 1994: Geochemistry and petrogenesis of the Early Cretaceous continental rift-type volcanic rocks of the Mecsek Mountains, South Hungary. *Lithos* **33**:303-321.
- HARANGI, SZ. & ÁRVA-SÓS, E., 1993: A Mecsek hegység alsókréta vulkáni kőzetei I. Ásvány és közzetan. Early Cretaceous volcanic rocks of the Mecsek Mountains, (South Hungary) I. Mineralogy and petrology. *Földtani Közölet* **123/2**:129-165.
- HORVÁTH T., KOZÁK, M. & PETŐ A., 1999: Bölcse-Vörösgyír bronzkori tell település kőanyagának komplex (petrográfiai, régészeti) feldolgozása. *Wosinszky Mór Múzeum Évkönyve*, Szekszárd, **XXI**:61-107.
- HORVÁTH T., KOZÁK, M. & PETŐ A., 2000: The stone-tools of Százhalombatta-Sánchegy. *Annual Report of SAX Project*, **1**:103-119.
- HOVORKA, D., ILLÁŠOVÁ, Ľ. & SPIŠIAK, J., 2001: Plagioclase-clinopyroxene hornfels: raw material of 4 lengyel culture axes (Svodín, Slovakia). *Slovak Geological Magazine*. **7/4**:303-308.
- HOVORKA, D., KORIKOVSKY, S. & SOYÁK, M., 2000: Neolithic/Aeneolithic blueschist axes: Northern Slovakia. *Geologica Carpathica*, **51/5**:345-351.
- JÓZSA, S., SZAKMÁNY, GY., ORAVECZ, H. & CSENGERY, P., 2001: Preliminary petrographic report on blueschists, the material of Neolithic polished stone tools from Hungary. *Slovak Geological Magazine* **7/4**:351-354.
- JUDIK, K., BIRÓ, K. & SZAKMÁNY, GY., 2001: Petroarchaeological research on the Lengyel Culture polished stone axes from Aszód, Papi földek. in: REGENYE, J. (ed.): Sites and Stones: Lengyel culture in Western Hungary and beyond. - Directorate of the Veszprém county Museums, Veszprém, 119-129.
- KALMAR, Z. & STOICOVICIU, E., 1990: Petrographic and metric analysis of the lithic tools from the Neolithic settlement of Iclod. - *Archaeometry in Romania*, 2nd Romanian Conference on the Application of Physics Methods in Archaeology, February, 17-18. 1989, **2**:137-145.
- LAZĂR, C., GHERGARI, L. & IONESCU, C., 2007: Petrografia și mineralogia unor umelte șlefuite din situl neolitic de la Suplacu de Barcău (Petrography and mineralogy of some polished tools from the Suplacu de Barcău Neolithic site. *Nimphaea*, **XXXIV**:5-37. (románul)
- MAJEROWICZ, A., WOJCZIK, A., GUNIA, P. & CHOLEWA, P., 2000: Comparative study of serpentinite textures and rock material of Neolithic artefacts from Lower Silesia (SW Poland). *Krystalinikum* **26**:111-117.
- NAGY, I., WEISZBURG, T., SZAKMÁNY, GY., VARGA, G. & KASZTOVSZKY, ZS., 2008: Mineralogical, petrographic and geochemical study of Neolithic polished axes from Micula (NW Transsylvania, Romania). *Archeometriai Műhely*, www.ace.hu/am **5/2**:37-45.
- NIKL, A., 1998: Tolna megyei csiszolt kőeszközök archeometriai vizsgálata. Közöletlen diplomamunka, ELTE Közzetan-Geokémiai Tanszék, Budapest 1-91 p.
- NIKL, A., SZAKMÁNY, GY. & T. BIRÓ, K., 2002: Petrological-geochemical studies of Neolithic stone tools from Tolna County, Hungary. In: Jerem, E & T. Biró, K. (eds.): *Archaeometry 98 Proceedings of the 31st Symposium*, Budapest, April 26-May 3, 1998. *BAR International Series* **1043 (II)**, Oxford, 777-781.
- ORAVECZ, H. & JÓZSA, S., 2004: Archaeological and petrographic investigation of polished stone tools of the Neolithic and Copper Age period from the collection of the Hungarian National Museum. *Slovak Geological Magazine* **10**:105-134.
- ORAVECZ, H. & JÓZSA, S., 2005: A Magyar Nemzeti Múzeum újkőkori és rézkori csiszolt kőszerszámainak régészeti és petrográfiai vizsgálatainak eredményei. *Archeometriai Műhely* **2/1**:23-47.
- PETŐ, A., KOZÁK, M., KOVÁCS-PÁLFFY, P. & HORVÁTH, T., 2002: Examination of stone implements of a Bronze Age earthwork in Hungary. In: Jerem, E & T. Biró, K. (eds.): *Archaeometry 98 Proceedings of the 31st Symposium*, Budapest, April 26-May 3, 1998. *BAR International Series* **1043 (II)**, Oxford, 783-791.
- PŘICHYSTAL, A., 2000: Stone raw materials of Neolithic-Aeneolithic polished artefacts in the Czech Republic: The present state of knowledge. - *Krystalinikum* **26**:119-136.

SCHLÉDER, ZS. & T. BIRÓ, K., 1999: Petroarchaeological studies on polished artifacts from Baranya county, Hungary. *Janus Pannonius Múzeum Évkönyve*, **43**:75-101.

SKOCZYLAS J., JOCHEMCZYK, L., FOLTYN, ED. & FOLTYN, EU., 2000: Neolithic serpentinite tools of west-central Poland and Upper Silesia. *Krystalinikum* **26**:157-166.

STARNINI, E. & SZAKMÁNY, GY., 1998: The lithic industry of the Neolithic sites of Szarvas and Endrőd (South-Eastern Hungary): technological and archaeometrical aspects. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **50**:279-342.

STARNINI, E., SZAKMÁNY, GY. & WHITTLE, A., 2007: Polished, ground and other stone artefacts. In: WHITTLE, A. (ed.): The Early Neolithic on the Great Hungarian Plain. Investigation of the Körös culture site of Ecesgfalva 23, County Békés. – *Varia Archaeologica Hungarica XXI.*, Budapest, 667-676.

SZAKMÁNY, GY. (1994): Thin section analysis of some rock samples from Méhtelek. Appendix, In: STARNINI, E.: Typological and technological analyses of the Körös Culture chipped, polished and ground stone assemblages of Méhtelek-Nádas (north-eastern Hungary). - *Atti della Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia VIII.* 1993. (1994.), Trieste, 93-94.

SZAKMÁNY, GY., 1996: Results of the petrographical analysis of some samples of the ground and polished stone assemblage. In: Makkay, J.- Starnini, E.- Tulok, M: Excavations at Bicske-Galagonyás (part III). The Notenkopf and Sopot-Bicske cultural phases. - Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia, Quaderno 6. Trieste, 224-241.

SZAKMÁNY, GY. & KASZTOVSZKY, ZS., 2004: Prompt Gamma Activation Analysis: a new method in the archaeological study of polished stone tools and their raw materials. *European Journal of Mineralogy* **16**:285-295.

SZAKMÁNY, GY., FÜRI, J. & SZOLGAY, ZS., 2001: Outlined petrographic results of the raw materials of polished stone tools of the Mihályd-collection, Laczkó Dezső Museum, Veszprém (Hungary). in: Regenye, J. (ed.): Sites and Stones: Lengyel Culture in Western Hungary and beyond. - Directorate of the Veszprém county Museums, Veszprém, 109-118.

SZAKMÁNY, GY. STARNINI, E., HORVÁTH, F. & BRADÁK, B., 2008: Gorzsa késő neolitikus településről előkerült kőszerszámkövek archeometriai vizsgálatának előzetes eredményei (Tisza kultúra, DK Magyarország) *Archeometriai Műhely* **5/3**:13-26.

SZAKMÁNY, GY., STARNINI, E., HORVÁTH, F., SZILÁGYI, V., & KASZTOVSZKY ZS., in prep: Gorzsa (Tisza kultúra) tell település csiszolt kőszerszámköveinek és szerszámköveinek nyersanyag típusai és a nyersanyagok lehetséges származási helyei. *Őskoros Kutatók VI. Összejevetelének kötete*, Kőszeg 2009. március 19-21.

T. BIRÓ, K., 1992: Adatok a korai baltakészítés technológiájához. *Acta Musei Papensis, Pápai Múzeumi Értesítő* **3-4**:33-80.

T. BIRÓ, K., 1998: The study of polished stone implements in the Carpathian Basin. In: KÖLTŐ, L. & BARTOSIEWICZ, L. (eds): Archaeometrical research in Hungary II. Budapest-Kaposvár-Veszprém, 115-139.

T. BIRÓ, K., 2008: Kőszerszám-nyersanyagok Magyarország területén. In: SZAKÁLL, S. (szerk): Az ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. Század végéig. Fókuszban az ásványi anyag. A Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat, 74, Miskolc, Egyetemi Kiadó 11-37.

T. BIRÓ, K. & SZAKMÁNY, GY., 2000: Current state of research on Hungarian Neolithic polished stone artefacts. *Krystalinikum* **26**:21-37.

T. BIRÓ, K., SZAKMÁNY, GY. & SCHLÉDER, ZS., 2001: Neolithic Phonolite mine and workshop complex in Hungary. *Slovak Geological Magazine* **7/4**:345-350.

T. BIRÓ, K., SCHLÉDER, ZS., ANTONI, J. & SZAKMÁNY, GY., 2003: Petroarchaeological studies on polished stone artefacts from Baranya county, Hungary II. Zengővárkony: notes on the production, use and circulation of polished stone tools. *Janus Pannonius Múzeum Évkönyve* **46-47**:37-76.

VIKTORIK, O., FARKAS, CS., KÁDÁR, M. TÓTH, M. & BENDŐ, ZS., in press: Késő neolitikus kőszerszámkövek nyersanyag-vizsgálata, petrológiai elemzése Szombathely – Ernuszt kriptá (Angolkert u.) lelőhelyről. *Őskoros Kutatók VI. Összejevetelének kötete*, Kőszeg 2009. március 19-21.

PATTINTOTT KŐESZKÖZÖK NYERSANYAGAINAK RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATA PROMPT-GAMMA AKTIVÁCIÓS ANALÍZISSEL

KASZTOVSZKY ZSOLT¹, T. BIRÓ KATALIN², MARKÓ ANDRÁS², DOBOSI VIOLA²

¹MTA Izotópkutató Intézet, 1121 Budapest, Konkoly Thege út 29-33.,

²Magyar Nemzeti Múzeum, 1088 Budapest, Múzeum krt. 14-16.

E-mail: kzsolt@iki.kfki.hu

Abstract

Since 2001, several archaeometrical projects were started on the prehistoric collection of the Hungarian National Museum. The aims of the investigations were to distinguish between macroscopically similar or inadequately identified types of rocks. Further aim is to associate the archaeological finds with potential raw material sources. Among the analytical methods applied, non-destructive Prompt-gamma Activation Analysis has a special importance. Based on major and trace elements, characterisation of stone tools and their raw materials were performed. Until now, more than 300 pieces of various materials (i.e. flint, radiolarite, Szeletian felsitic porphyry, obsidian, etc.) from the Carpathian Basin and from the surrounding areas (Romania, Croatia, Ukraine, Poland and the Mediterranean region) have been analysed, including both archaeological and geological pieces. The characterisation of obsidian and Szeletian felsitic porphyry objects by PGAA is seemingly effective while the identification of the high silica content siliceous rocks, however, is much more difficult.

Kivonat

2001 óta számos vizsgálatsorozatot végeztünk a Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteményeinek kőeszköz anyagán. Vizsgálataink célja, hogy a minták fő- és nyomelem összetétele alapján elkülönítsünk makroszkóposan sokszor megkülönböztethetetlen vagy nem elég pontosan azonosított kőzettípusokat, ill. a régészeti leletekhez lehetséges nyersanyaglelőhelyet rendeljünk. A prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA) mint roncsolásmentes nukleáris analitikai módszer, alkalmas ép tárgyak térfogati (bulk) elemösszetételének meghatározására. Eddig több mint 300, különböző anyagú (tűzkő, szarukő, radiolarit, szeletai kvarcporfír, obszidián, limnokvarcit stb.) pattintott kőeszközt és geológiai referencia mintát elemeztünk, elsősorban a Kárpát-medence területéről, de távolabbi területekről (Románia, Horvátország, Ukrajna, Lengyelország, ill. a mediterrán régió) származó mintákat is vizsgáltunk. Eredményeink szerint a PGAA mérések segítségével az obszidián ill. a kvarcporfír minták jól osztályozhatók, illetve azonosíthatók míg a nagy SiO₂-tartalmú kőzetek (tűzkő, szarukő, radiolarit, limnokvarcit stb.) csoportjai nehezen különíthetők el egymástól.

KEYWORDS: PGAA, CHIPPED STONE TOOLS, RAW MATERIAL SOURCES, FLINT, CHERT, HORNSTONE, RADIOLARITE, LIMNIC QUARTZITE, SZELETIAN FELTIC PORPHYRY, OBSIDIAN

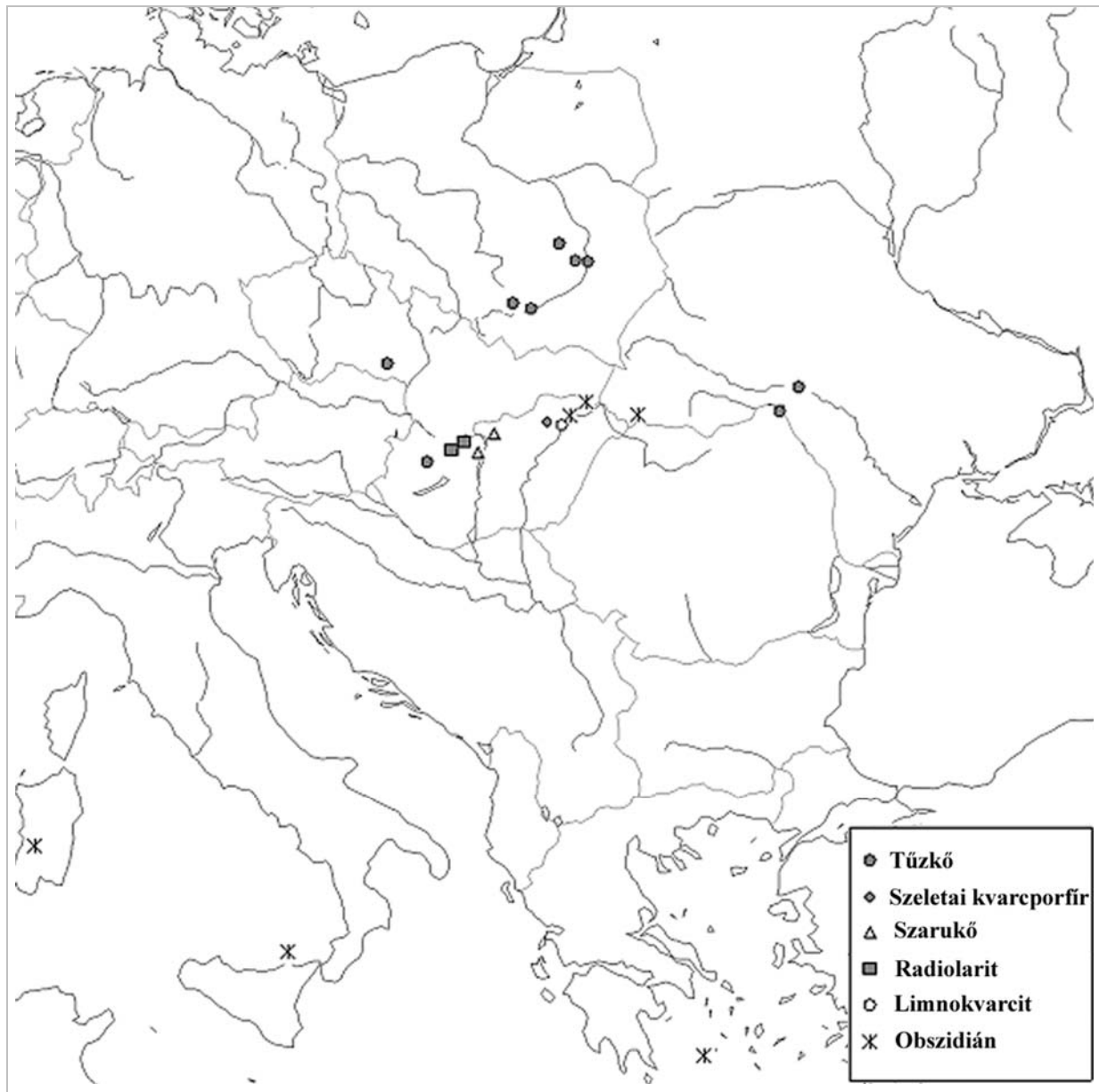
KULCSSZAVAK: PGAA, PATTINTOTT KŐESZKÖZÖK, NYERSANYAGLELŐHELY, TŰZKŐ, SZARUKŐ, LIMNOKVARCIT, RADIOLARIT, SZELETAI KVARCPORFÍR, OBSZIDIÁN

Bevezetés

A régészeti leletek műszeres anyagvizsgálatának fő célkitűzése a nyersanyaglelőhelyek azonosítása, más szóval a proveniencia vizsgálat. Ennek alapján következtetéseket vonhatunk le az őskori népcsoportok kapcsolatrendszeréről, vándorlásairól.

Az ilyen jellegű vizsgálatokban különösen nagy jelentősége van a kőeszközöknek. Egyrészt, mert olyan korból származnak, amelyből korlátozott mértékű a tárgyi ismeretünk, másrészt a kőeszközöket az idők során csupán fizikailag alakították át, kémiai összetételük gyakorlatilag

nem változott. A kőeszközök kémiai összetétele vagy egyéb anyagi minősége szerencsés esetben „ujjlenyomat-szerűen” utalhat a lokális nyersanyagforrásokra, vagy nagyobb léptékű régiókra. A muzeológusok nem szívesen járulnak hozzá az értékes leletek roncsolásos vizsgálatához, még akkor sem, ha a vizsgálat biztosan azonosítja a nyersanyagforrást. Ezért is nagy a prompt-gamma aktivációs analízis mint teljesen roncsolásmentes módszer jelentősége. Mivel a neutronok mélyen behatolnak a vizsgálandó térfogatrészbe, a módszer a vizsgált keresztmetszet teljes térfogatának tömbi (bulk) koncentrációértékeit adja meg, nincs szükség mintavételre.



1. ábra A PGAA-val vizsgált pattintott kőeszköz nyersanyagok főbb lelőhelyei a Kárpát-medencében és tágabb környezetében.

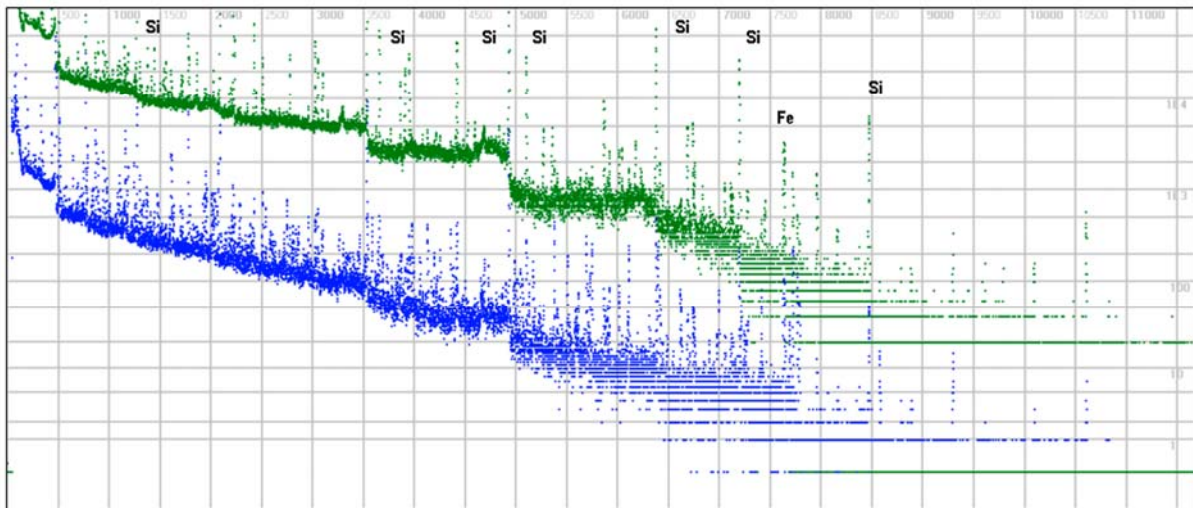
Másrészt a viszonylag kis nyalábintenzitás (10^6 - 10^9 $\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) miatt a magreakciók száma elhanyagolható a teljes anyagmennyiséghez képest, a keletkezett radioaktív termékek pedig általában gyorsan lebomlanak.

Kutatásaink során – részben kétoldalú nemzetközi együttműködések keretében – régészeti ásatásokról származó különböző nyersanyagú (tűzkő, szeletai kvarcporfir, szarukő, radiolarit, limnokvarcit, obszidián) kőeszközöket valamint geológiai referencia mintákat vizsgáltunk PGAA-val. 2001-től mostanáig több mint 320 mintát (50 tűzkövet, 28 kvarcporfirt, 6 szarukövet, 83 radiolaritot, 28 limnokvarcított, 88 obszidiánt és 38 egyéb anyagú kőzetet) mértünk meg, a kísérleti eredmények egy részének kiértékelése jelenleg is tart. A

magyarországi őskori nyersanyag-felhasználás szempontjából legfontosabb európai nyersanyaglelőhelyeket az **1. ábrán** mutatjuk be. Tanulmányunk fő célja volt, hogy a makroszkópos vizsgálatok által elkülönített kőzetfajtákat a PGAA-val mérhető kémiai (elemi) összetevőik alapján is jellemezzük. Reményeink szerint az analitikai eredmények megerősíthetik vagy cáfolhatják a makroszkópos csoportosítás eredményeit, és további információt nyújthatnak a nyersanyagforrás pontos meghatározásához.

Kísérleti leírás

Mára a PGAA jól kidolgozott, rutin nukleáris analitikai módszerként ismert (Révay et al. 2004). Jelen írásunkban néhány fő jellemzőjét ismertetjük.



2. ábra Egy tipikus kovaközet (radiolarit, lelőhely Zadebravlje, Horvátország - felső, zöld színnel jelölt) és egy obszián (lelőhely Cepin, Horvátország – alsó, kék színnel jelölt) minta PGAA-spektruma néhány jellemző csúcs megjelölésével. A vízszintes skálán az energia keV-ban, a függőleges skálán a beütésszám logaritmus olvasható le. A feliratozott csúcsok: Si – 1273 keV, 3539 keV, 4933 keV, 5265 keV, 6379 keV, 7199 keV, 8471 keV; Fe: 7631 keV, 7645 keV. A mérési idő mindkét mintánál 7100 s volt.

A prompt-gamma aktivációs analízis során a vizsgálandó tárgyakat a Budapesti Kutatóreaktor egy kivezetett vízszintes hidegneutron-nyalábjába helyezzük, melynek intenzitása jelenleg $10^8 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. A besugárással egyidőben – az ún. sugárzásos neutronbefogás vagy (n, γ) reakció következtében – a minta atommagjai azonnali (prompt) gamma fotonokat bocsátanak ki, melyek jellemzőek a minta elemösszetételére (karakterisztikus sugárzás). A mérés során a kibocsátott gamma fotonokat egy HPGe-BGO detektorrendszerrel észleljük, a jeleket sokcsatornás analizátorral gyűjtjük. A kémiai elemek mennyiségi meghatározása a PGAA spektrumban megjelenő karakterisztikus csúcsok pontos azonosításán alapul. A csúcsok pozíciója (azaz energiája) az adott kémiai elemre (pontosabban annak izotópjára) jellemző, a csúcsterület nagysága arányos a besugárzott mintatérfogatban előforduló mennyiségével. Az egyes kémiai elemek legintenzívebb prompt-gamma vonalaira vonatkozó érzékenységeket belső standardizálással határoztuk meg a Budapesti Kutatóreaktornál. A PGAA standardizálás lépéseit Révay & Molnár (2003) foglalja össze. A PGAA-val elvileg minden kémiai elem kimutatható, az egyes elemekre vonatkozó érzékenység – mely elsősorban a neutronbefogás valószínűségétől függ – több nagyságrenden keresztül változhat. Természetesen a kimutatási határok a mérési idő növelésével javíthatók, egy adott határig (Révay Zs. 2004). Kőszeközök esetében elsősorban a főelemekről, és emellett néhány nyomelemről kaphatunk megbízható információkat.

A kőszeközöket és a geológiai mintákat a Budapesti Kutatóreaktor PGAA-laboratóriumában vizsgáltuk.

A mintákat 2008-ig $5 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, majd 2008-tól, a neutronvezetők felújítását követően $1 \cdot 10^8 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ intenzitású, 20K hőmérsékletű hidegneutron-nyalábbal sugároztuk be. A nyaláb maximális mérete 20 mm×20 mm keresztmetszetű, de szükség esetén lesűkíthető néhány mm^2 -re. Mivel a minta „átlátszó” a neutronok számára, eredményként a besugárzott térfogatra vonatkozó átlagos koncentrációkat kapjuk. A mérési időt úgy választottuk, hogy a spektrumban elegendő beütés gyűljön össze a kimutatható fő- és nyomelemek megfelelő pontosságú mennyiségi meghatározásához. A jellemző mérési idő a minta anyagától és méretétől függően változott. Kiemelkedően magas SiO_2 -tartalmú minták esetén 5000-8000 s, alacsonyabb SiO_2 -tartalmú minták esetén 2000-6000 s volt. A PGAA-módszer megbízhatóságát korábban a Japán Geológiai Szolgálat (Geological Survey of Japan) által készített standard referencia mintákon, például a JR-1 riolit standardon ellenőriztük. Azt találtuk, hogy a PGAA-val általunk mért koncentrációk jól egyeznek a Terashima és társai által közölt adatokkal (Terashima et al. 1994).

Eredmények

A pattintott kőszeközök jellemzően magas szilíciumtartalmú kőzetekből készültek. Az esetenként kiemelkedően magas SiO_2 -tartalom mellett a legtöbb mintában mennyiségileg ki tudtuk mutatni a fő összetevőket (Si, Ti, Al, Ca, Mg, Fe, Mn, Na, K, H), és néhány nyomelemet (B, Cl, Nd, Sm, Eu, Gd). Néhány kovaközet (tűzkő, szarukő, radiolarit, limnokvarcit) minta esetében azonban a Ca, Mg, sőt az Al, Fe és Mn is a kimutatási határ alatt volt.

1. táblázat Kőeszköz nyersanyagfajták és más, hasonló megjelenésű anyagok (pl. salak) jellemző összetétele a PGAA-mérések alapján (főalkotók)¹. (n.d.= nincs adat)

Anyagtípus		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O
Tűzkő	ÁTLAG	98,3	0,0047	0,078	0,04	0,00066	0,00015	0,13	0,039	0,04	1,26
(50 minta átlaga)	MAX	99,9	0,0230	0,86	0,42	0,0158	0,00085	1,90	0,094	0,20	1,57
	MIN	96,3	n.d.	n.d.	n.d.	0,00066	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01
Szeletai kvarcporfír	ÁTLAG	77,5	0,0314	11,20	0,19	0,0118	0,32	0,20	1,332	8,50	0,17
(28 minta átlaga)	MAX	80,6	0,0586	12,87	0,46	0,0425	1,29	0,51	4,54	10,75	0,28
	MIN	73,9	0,0227	9,51	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,304	3,49	0,07
Szarukő	ÁTLAG	92,8	0,0323	0,42	0,07	0,0040	0,47	5,47	0,036	0,06	0,56
(6 minta átlaga)	MAX	98,1	0,1093	0,86	0,18	0,0137	0,89	28,06	0,050	0,10	0,82
	MIN	69,4	0,0100	0,00	0,01	n.d.	n.d.	0,44	0,031	0,03	0,29
Radiolarit	ÁTLAG	96,6	0,0250	0,65	0,21	0,0032	0,09	1,09	0,104	0,13	1,16
(25 minta átlaga)	MAX	98,0	0,0665	1,84	0,62	0,0190	1,0	14,50	0,168	0,42	1,70
	MIN	83,0	0,0100	0,21	0,06	n.d.	n.d.	0,04	0,070	0,04	0,83
Limnokvarcit	ÁTLAG	95,8	0,0069	0,70	0,32	0,0069	0,13	1,08	0,022	0,39	1,50
(28 minta átlaga)	MAX	99,0	0,0500	8,40	1,90	0,1070	3,50	29,40	0,400	5,83	5,04
	MIN	66,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,44
Kárpáti 1 obszidián	ÁTLAG	75,6	0,0482	13,10	1,04	0,0556	n.d.	0,86	3,64	4,76	0,20
(15 minta átlaga)	MAX	77,5	0,0618	14,71	1,23	0,0616	n.d.	1,21	4,12	4,99	0,39
	MIN	73,9	0,0368	12,36	0,98	0,0395	n.d.	0,74	3,35	4,09	0,14
Kárpáti 2 obszidián	ÁTLAG	74,2	0,1154	13,43	1,56	0,0492	n.d.	1,02	3,94	5,08	0,29
(21 minta átlaga)	MAX	75,9	0,1917	14,18	1,92	0,0876	n.d.	1,22	4,87	5,44	1,26
	MIN	72,9	0,0758	11,79	1,10	n.d.	n.d.	0,82	3,48	4,59	0,09
Kárpáti 3 obszidián	ÁTLAG	71,8	0,2157	14,26	2,86	0,0747	n.d.	2,24	4,06	4,02	0,34
(2 minta átlaga)	MAX	72,6	0,2214	15,00	3,00	0,0750	n.d.	2,30	4,20	4,13	0,46
	MIN	71,0	0,2100	13,52	2,72	0,0743	n.d.	2,17	3,92	3,90	0,21
"Lipari" obszidián	ÁTLAG	74,1	0,0811	13,02	1,59	0,0694	n.d.	0,76	4,32	5,19	0,48
(10 minta átlaga)	MAX	75,2	0,0934	13,65	1,77	0,0801	n.d.	0,88	4,81	5,40	1,31
	MIN	73,5	0,0728	12,61	1,34	0,0626	n.d.	0,66	4,13	4,71	0,14
Modern salak	ÁTLAG	50,0	0,7350	12,56	1,51	1,88	n.d.	29,07	0,31	2,50	0,06
(4 minta átlaga)	MAX	53,6	1,0344	14,04	3,13	4,00	n.d.	34,51	1,05	5,86	0,15
	MIN	41,7	0,5659	10,79	0,34	0,0710	n.d.	24,82	n.d.	0,25	0,02

Esetenként további nyomelemeket, ú.m. Sc, V, Co, Cr, Cd is azonosítottunk. Egy tipikus radiolarit (felső, kék színnel jelölt) és egy obszidián minta

(alsó, zöld színnel jelölt) minta PGAA-spektrumát hasonlítjuk össze a **2. ábrán**.

¹ A táblázatban az egyes anyagtípusokra vonatkozó átlag, minimum és maximum koncentráció értékek szerepelnek. A főelemek koncentrációját tömeg%-ban, a nyomelemeket ppm-ben adtuk meg. A részletes adatok többsége megtalálható Szekszárdi 2007-es, ill. Kasztovszky et al. 2008-as közleményében.

1. táblázat (folytatás) Kőeszköz nyersanyagfajták és más, hasonló megjelenésű anyagok (pl. salak) jellemző összetétele a PGAA-mérések alapján (nyomelemek)

Anyagtípus		S	Cl	B	Sm	Gd
Tűzkő	ÁTLAG	54	64	71,6	69,6	156,7
(50 minta átlaga)	MAX	1571	652	137,8	1120,2	1786,0
	MIN	n.d.	n.d.	0,1	n.d.	0,03
Szeletai kvarcporfír	ÁTLAG	1198	23	29,9	0,7	1,2
(28 minta átlaga)	MAX	2898	440	86,9	1,7	2,8
	MIN	n.d.	n.d.	9,6	0,1	0,1
Szarukő	ÁTLAG	67	8	20,9	0,2	0,3
(6 minta átlaga)	MAX	402	22	61,1	0,5	0,7
	MIN	n.d.	n.d.	3,0	n.d.	0,1
Radiolarit	ÁTLAG	n.d.	20	45,4	0,5	0,7
(25 minta átlaga)	MAX	n.d.	81	63,0	1,9	2,9
	MIN	n.d.	n.d.	3,3	0,1	0,2
Limnokvarcit	ÁTLAG	132	20	18,0	0,2	0,3
(28 minta átlaga)	MAX	3700	294	68,5	2,6	3,1
	MIN	n.d.	n.d.	0,7	n.d.	n.d.
Kárpáti 1 obszidián	ÁTLAG	n.d.	547	43,1	2,8	3,8
(15 minta átlaga)	MAX	n.d.	597	47,8	3,2	4,4
	MIN	n.d.	464	35,2	0,8	3,1
Kárpáti 2 obszidián	ÁTLAG	n.d.	766	57,7	3,8	4,7
(21 minta átlaga)	MAX	n.d.	1107	68,0	4,5	5,6
	MIN	n.d.	160	30,6	2,2	2,6
Kárpáti 3 obszidián	ÁTLAG	n.d.	1308	52,3	3,0	3,0
(2 minta átlaga)	MAX	n.d.	1315	55,6	3,2	3,5
	MIN	n.d.	1300	49,0	2,8	2,5
"Lipari" obszidián	ÁTLAG	n.d.	3329	202,4	5,3	5,9
(10 minta átlaga)	MAX	n.d.	3749	227,1	5,5	6,4
	MIN	n.d.	3117	172,7	4,6	5,0
Modern salak	ÁTLAG	n.d.	17	632,9	3,8	4,6
(4 minta átlaga)	MAX	n.d.	67	2256,1	5,9	7,6
	MIN	n.d.	n.d.	44,8	2,8	3,4

Mindkét minta azonos körülmények között, nagyjából azonos ideig (7100 s) volt mérve. Az utóbbi spektrumban jóval több értékelhető csúcsot tudunk azonosítani. Az ábrán a legintenzívebb Si és Fe csúcsokat feliratoztuk. Az egyes kőzettípusok jellemző összetételét az **1. táblázat**ban foglaltuk össze.

A teljes vizsgált kőzetanyag összehasonlító elemzése céljából főkomponens analízist (Principal Component Analysis – PCA) alkalmaztunk, melyhez 'XLSTAT 4.4' programot használtunk. Mint ismeretes, a főkomponens analízis során az eredeti változókat (koncentráció értékeket) lineáris transzformációnak vetjük alá, hogy az új változók

szerint jobban felismerhetők legyenek az objektumok (a vizsgált kőzetminták) közötti hasonlóságok, ill. különbségek. A **3. ábrán** az 1. és a 3. főkomponenst („score”-t) ábrázoltuk Descartes-féle koordináta-rendszerben. Bár az új változók nem hordoznak közvetlen kémiai információt, az egymáshoz közeli pontok kémiaiailag hasonlóak. Eredményeink alapján jól megfigyelhető a kovaközetek, kvarcporfírok és obszidiánok egy-egy jól meghatározott csoportja, valamint néhány egyedi minta – főként modern salakok egymástól való elkülönítése (**3. ábra**) (A modern salakminták vizsgálatára egyes, név szerint „obszidiánok” meghatározott minták azonosítása céljából volt szükség (Biró 2004). Statisztikailag az osztályozás annál sikeresebb, minél több a vizsgált minta és a mért kémiai összetevők száma. A következőkben részletezzük az egyes kőzettípusokra vonatkozó eredményeinket.

Kiemelkedően nagy szilíciumtartalmú kőzetek

Az általánosan „kovának” (silexnek) nevezett kőzetek – tűzkő (flint), kova (chert), radiolarit, szarukő (hornstone) és limnokvarcit – SiO_2 -tartalma méréseink szerint 96,3 tömeg% és 99,0 tömeg% között változott, és jól elkülönültek a többi kőzettől.

A kovaközetek csoportján belül a fiatalabb (kréta ill. harmadidőszakbeli) tűzkövek alkotják a legzártabb alcsoportot. Egyetlen magyarországi geológiai előfordulásuk a dunántúli Nagytevelen van. Munkánk során magyarországi ősköri és ősköri lelőhelyekről származó régészeti leleteket, valamint különböző korú geológiai mintákat hasonlítottunk össze (Kasztovszky et al. 2008). Utóbbiak a Magyar Nemzeti Múzeum Litotéka gyűjteményéből valók, származási helyük Lengyelország, Csehország, Magyarország, Románia és Ukrajna (Biró & Dobosi 1991; Biró et al. 2000). Sajnos a nagyon magas SiO_2 -tartalom mellett viszonylag kevés egyéb összetevőt tudunk PGAA-val mennyiségileg meghatározni, sok esetben ezek koncentrációja alacsonyabb volt a módszer kimutatási határánál. Részben ez lehet az oka, hogy a tűzköveket egyelőre nem tudtuk egymástól a származási helyük szerint elkülöníteni.

A limnokvarcitok – tágabb értelemben vett hidrotermális folyamatokhoz kapcsolódó, ill. limnikus eredetű nagy SiO_2 tartalmú kőzetek – keletkezése a harmadidőszak vulkáni tevékenységeihez kötődik. Magyarországi lelőhelyeik a Dunakanyartól a Tokaj-hegységig terjed, de távolabbi lelőhelyek is ismertek a Felvidéken, Erdélyben és Kárpátalján (Szekszárdi 2007). A mi vizsgálati anyagunkban eddig 28 limnokvarcit minta szerepelt. Ezek igen változatos megjelenésűek lehetnek, és kémiai összetételük is tág határok között változik a kovaközeteken belül (**1. táblázat**).

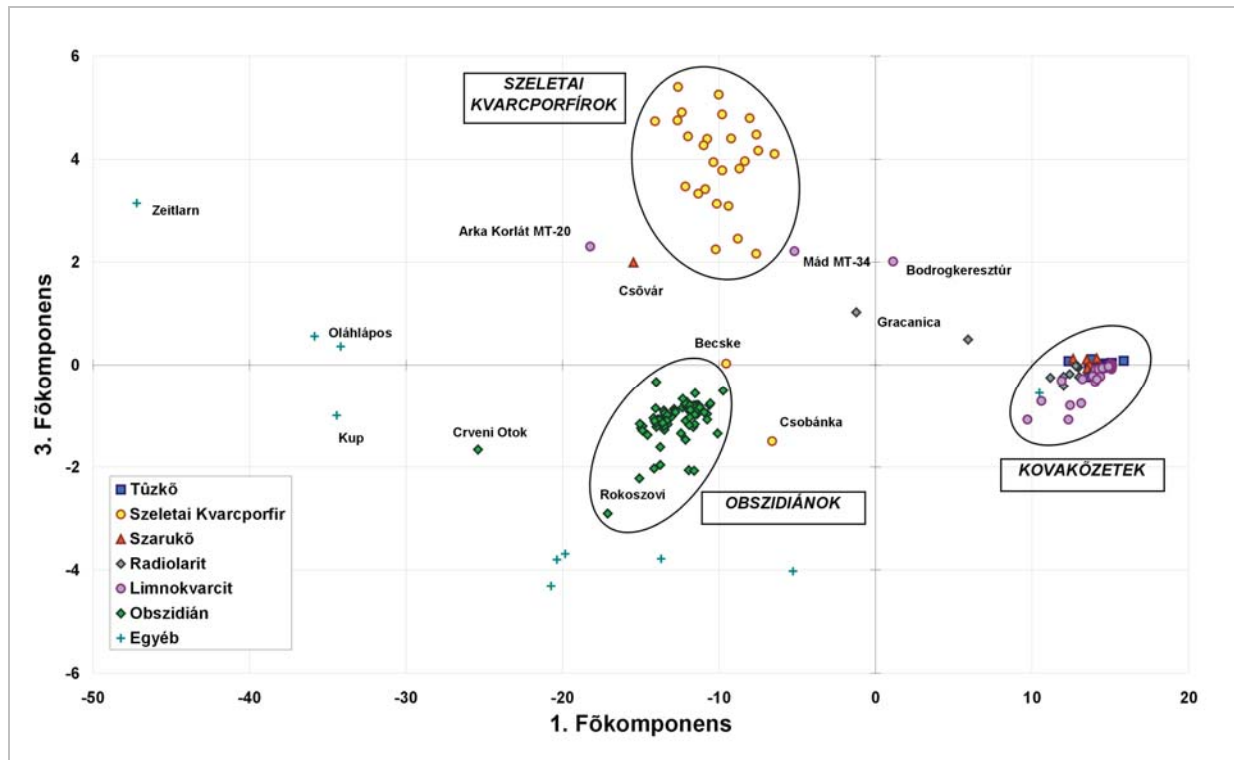
A radiolaritok keletkezésében a radiolariák (kovavázú egysejtűek) vázanyagának fosszilizálódása játssza a fő szerepet. A Kárpát-medence területén a mezozoikum időszakában keletkeztek (Konda 1986). Ezidáig csupán néhány mintát vizsgáltunk PGAA-val, amelyek makroszkóposan obszidiánra (Ságvár) vagy kvarcporfírra (Tata, Lábatlan) hasonlítottak. Méréseink alapján a korábban obszidiánként leírt ságvári mintát (Biró 1984) kovaközetként, feltehetően radiolaritként azonosítottuk. Amint azt a bevezetésben említettük, egy horvát-magyar együttműködési program keretében további jelentős mennyiségű radiolarit minta vizsgálata van folyamatban (Kasztovszky & Težak-Gregl, 2009, megjelenés alatt).

Nagy szilíciumtartalmú vulkáni kőzetek

Méréseink szerint a vulkáni eredetű obszidián típusok (azaz riolitos összetételű vulkáni üvegek), valamint a szeletai kvarcporfír (metariolit) a kovaközeteknél jóval alacsonyabb, de még mindig jelentős, kb 70-80 tömeg% SiO_2 -tartalmúak. Ennek megfelelően az egyéb mérhető összetevőket (TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , Na_2O és K_2O) a silexeknél jóval magasabb koncentrációban tartalmazzák. Így, első közelítésben, a SiO_2 -tartalom alapján különbséget tudunk tenni a kovaközetek és az obszidián, valamint a szeletai kvarcporfír között, amint ez a 2. ábrán már a spektrumok összehasonlítása alapján is szembetűnik.

Az obszidiánok a Kárpát-medence északkeleti részén a miocén kor intenzív vulkanizmusa során keletkeztek. Korábbi tanulmányok szerint (Williams-Thorpe et al. 1984) két fő csoportjuk és további alcsoportjaik ismertek: az átlátszó-áttetsző, tiszta (fekete) Kárpáti 1 (C1) (szlovák) típus és az átlátszatlan Kárpáti 2 (C2) (magyar) típus. Az utóbbinak két alcsoportja, a Tolcsva környéki fekete, ritkábban vörösesbarna (C2T) és az Erdőbénye-Mád környéki sötétszürke, sávós (C2E) típus. Munkánk során reprezentatív C1 és C2 típusú geológiai mintákat, valamint főként Magyarországon területéről származó régészeti leleteket vizsgáltunk. Az újabb kutatások során Kárpátalja területéről további obszidián változatot különítettek el, Kárpáti 3 (C3) néven (Rosania et al. 2008).

Összehasonlításként néhány mediterrán területről (Melos, Lipari, Szardínia), Örményországból (Sevan), ill. Franciaországból (Auvregne) származó geológiai mintát is elemeztünk. Az utóbbi időben egy horvát-magyar együttműködés keretében megkezdtük a Horvátország, ill. Bosznia-Hercegovina területén található régészeti obszidiánok összehasonlító elemzését. A kémiai összetevőket tartalmazó adatbázisunk folyamatosan bővül.



3. ábra A vizsgált kőzetcsoportok elkülönítése a PGAA-eredményeken alkalmazott főkomponens analízis segítségével.

Vizsgálati anyagunkat kiegészítettük egyéb, makroszkóposan obszidiánhoz hasonló mintákkal, melyek részben modern salakok, részben makroszkópos vizsgálatok alapján korábban obszidiánként azonosított kőzetek. Az obszidiánok és obszidiánokhoz hasonló minták elkülönítéséhez is főkomponens analízist alkalmaztunk. Ennek eredményeként is látható, hogy kisebb SiO_2 -tartalmuk alapján az obszidiánok jól elkülönülnek a silixektől (szarukő, tűzkő, radiolarit). Egyes kémiai összetevők különbséget mutatnak a kárpáti- ill. a mediterrán eredetű obszidiánok között. Így például a Melos szigetéről származó obszidián tipikusan alacsony K_2O -tartalmú, míg a Lipari obszidián kiugróan magas B- és Cl-tartalmú. Továbbá - amint azt korábban bemutattuk (Kasztovszky & Biró 2006; Kasztovszky et al. 2008) -, a PGAA-mérések alapján Kárpáti obszidiánokon belül elkülöníthető a C2E és C2T alcsoport.

A szeletai kvarcporfir (metariolit) a magyarországi paleolitikum egyik klasszikus nyersanyaga. Ezidáig egyetlen nyersanyaglelőhelyet azonosítottak hazánkban, Miskolc közelében az 1960-as években. Elterjedése szinte kizárólag az őskorra korlátozódik, amikor is a lelőhelytől jelentős távolságra (több mint 100 km-re is) eljutott. Vizsgálataink során 26 régészeti és 6 geológiai mintát elemeztünk, a Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteményeiből. A legtávolabbi talált régészeti lelet a nyersanyagforrástól több mint 200 km-re, a Dunántúlon, Csobánkán került elő (Markó et al. 2003).

Következtetések

Az eddig mintegy 320 mintára kiterjedő vizsgálataink alapján a prompt-gamma aktivációs analízis hatékony nukleáris analitikai módszer a pattintott kőeszközök archeometriai vizsgálatában. Jól alkalmazható a minták „bulk” összetételének roncsolásmentes meghatározására. Valamennyi mérési adatot összehasonlítva, a három fő anyagcsoport, azaz a kovakőzetek, kvarcporfir és obszidiánok élesen elválnak egymástól. A nyomelem-koncentrációk alapján a fő csoportokon belül esetenként további alcsoportok különböztethetők meg, és bizonyos esetekben lehetséges a nyersanyaglelőhelyek azonosítása. A mért fő- és nyomelem koncentrációk segítségével sikeresen megkülönböztethetők a makroszkóposan hasonló kőzetek, pl. a szeletai kvarcporfir és a hozzá hasonló kovakőzetek (szarukő, radiolarit), nyersanyag-lelőhelyenként elkülöníthetőek az obszidiánok, és kiszűrhetőek a műtermékek (pl. salak).

A következtetések megbízhatósága érdekében azonban tovább kell növelni a vizsgált minták számát. Az obszidián és a szeletai kvarcporfir esetében a PGAA-mérések alkalmasak a lelőhely azonosítására. A kiemelkedően magas SiO_2 -tartalmú silixek esetében – amelyeknél kisebb számban azonosíthatók az egyéb összetevők, az alcsoportok elkülönítése, ill. a forrás azonosítása problematikusabb.

További vizsgálatok szükségesek, lehetőség szerint más elemanalitikai módszerek együttes alkalmazásával, esetleg más módszerek bevetésével. A továbblépés egy lehetséges útja az előforduló fossziliák mikroszkópos vizsgálata a radiolaritok esetében, ill. még több nyomelem kimutatása.

Ugyanakkor hangsúlyoznunk kell, hogy a PGAA számunkra leglényegesebb tulajdonsága a roncsolásmentesség. A jövőben is különböző projektek keretében kívánjuk folytatni a pattintott kőeszközök és nyersanyagaik szisztematikus gyűjtését és anyagvizsgálatát ezzel a módszerrel. A mintaszám növelésével reméljük, jobban megismerhetjük a kovaközetek elkülönítésének lehetőségeit és határait.

Köszönetnyilvánítás

A PGAA mérések a Budapesti Kutatóreaktornál készültek. A kutatásokat a következő pályázatok támogatták: OTKA T-025086 és K-62874 sz. szerződések, NAP VENEUS05 OMFB 00184/2006 sz. szerződés és a GVOP-3.2.1-2004-04-0268/3.0 sz. szerződés. A vizsgált régészeti minták egy része a Budapesti Történelmi Múzeum, a kassai Szlovák Régészeti Intézet, a kijevi Ukrán Régészeti Intézet, valamint a regensburgi Természettudományi Múzeum tulajdona.

Irodalom

BIRÓ, K. T. (1984): Distribution of obsidian from the Carpathian sources on Central European Palaeolithic and Mesolithic sites, *Acta Archaeologica Carpathica* **23**:5-42.

BIRÓ, K. T. (2004): A kárpáti obszidiánok: legenda és valóság. *Archeometriai Műhely* **1/1**:3-8.

BIRÓ, K. T. (2006): Carpathian obsidians: myth and reality, in: Pérez-Arantequi J. (ed.), *Proceedings of the 34th ISA, Institución "Fernando el Católico (C.S.I.C.) Excm. Diputación de Zaragoza*, electronic publication, p. 267-277.

BIRÓ, K. T., DOBOSI, V. (1991): *Lithotheca I. - The comparative raw material collection of the Hungarian National Museum. Catalogue Vol. I.*, Hungarian National Museum, Budapest

BIRÓ, K. T., DOBOSI, V., SCHLÉDER, Zs. (2000): *Lithotheca II. - The comparative raw material collection of the Hungarian National Museum. Catalogue Vol. II.*, Hungarian National Museum, Budapest

DOBOSI, V., KÖVECSÉS-VARGA, E., KROLOPP, E., VÖRÖS, I., MAGYAR, I., VARGA, I., HERTELENDI, E. (1991): Upper Palaeolithic site at Esztergom-Gyurgyalag, *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungariae* **43**:233-255.

KASZTOVSZKY, Zs., BIRÓ, K. T. (2006): Fingerprinting carpathian obsidians by PGAA: first results on geological and archaeological specimens, in: Pérez-Arantequi J. (ed.) *Proceedings of the 34th ISA, Institución "Fernando el Católico (C.S.I.C.) Excm. Diputación de Zaragoza*, electronic publication, p. 301-308.

KASZTOVSZKY, Zs., BIRÓ, K. T., MARKÓ, A., DOBOSI, V. (2008): Cold neutron prompt-gamma activation analysis – a non-destructive method for characterisation of high silica content chipped stone tools and raw materials. *Archaeometry*, **50/1**:12-29.

KASZTOVSZKY, Zs., TEŽAK-GREGL, T., (2009): Koraneolitikus radiolarit és obszidián kőeszközök vizsgálata prompt-gamma aktivációs analízissel (Kőszeg 2009). *Előkészületben a konferencia kötethez.*

KONDA, J. (1986): The Mesozoic siliceous rocks of the Transdanubian Mid-Mountains in: T. Biró K. ed., *Sümege Conf. (1) International Conference of Flint Mining and Lithic Raw Materials*, Budapest – Sümege, 165-169.

MARKÓ, A., BIRÓ, K. T., KASZTOVSZKY, Zs. (2003): Szeletian felsitic porphyry: non-destructive analysis of a classical Paleolithic raw material, *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungariae* **54**:297-314.

RÉVAY, Zs., MOLNÁR, G. L. (2003): Standardisation of the prompt-gamma activation analysis method. *Radiochimica Acta* **91**:361.

RÉVAY, Zs., BELGYA, T., KASZTOVSZKY, Zs., WEIL, J. L., MOLNÁR G. L. (2004) Cold neutron PGAA facility at Budapest, *Nuclear Instruments and Methods B* **213**:385-388.

RÉVAY, Zs. (2004): Dynamic Range and detection limit, in Molnár G. L. (ed.): *Handbook of Prompt-gamma Activation Analysis*, Kluwer Academic Publishers p. 25.

ROSANIA et al. 2008 Rosania, C.N., Boulanger, M.T., Biró, K.T., Ryzhov, S., Trnka, G. & Glascock, M.D., Revisiting Carpathian obsidian. *Antiquity* **82**:318

SZEKSZÁRDI, A. (2007): Tokaj-hegységi limnokvarcit-limnoopalit nyersanyagok és pattintott kőeszközök archeometriai vizsgálati eredményei, Diplomamunka, ELTE Közéttan-Geokémiai Tanszék, Budapest.

TERASHIMA, S., IMAI, N., ITOH, S., ANDO, A., MITA, N. (1994): 1993 compilation of analytical data for major elements in seventeen GSJ geochemical reference samples, *Igneous rock series, Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **45**:305-381.

WILLIAMS-THORPE, O., WARREN, S. E. & NANDRIS, J. (1984): The distribution and provenance of archaeological obsidian in Central and Eastern Europe. *Journal of Archaeological Science* **11**:183-212.

KELTA GRAFITOS KERÁMIA: ELMÉLET ÉS GYAKORLAT DUNASZENTGYÖRGYI KERÁMIÁK ÁSVÁNYTANI, PETROGRÁFIAI ÉS GEOKÉMIAI VIZSGÁLATÁNAK TÜKRÉBEN

HAVANCSÁK IZABELLA¹, BAJNÓCZI BERNADETT¹, TÓTH MÁRIA¹,
KREITER ATTILA², SZÖLLŐSI SZILVIA³

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

²Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat, 1036 Budapest, Dugovics tér 13-17., attila.kreiter@kosz.gov.hu

³ELTE Régészettudományi Intézet, 1088 Budapest, Múzeum krt. 4/b, szolloszilva@gmail.com

Abstract

The Celtic graphitic ceramics are a distinctive type of pottery, known from most part of the Central European Celtic world. In the territory of Hungary graphitic situla-like pots were produced in great numbers from the middle La Tène period (LT B2) until the decline of the Celtic dominion (1st cent. A.D.). Widespread occurrence of graphitic (i.e. graphite-bearing) ceramics, not only around the graphite sources, suggests their extended trade. The provenance and the main distribution form (raw material, graphitic clay or finished graphitic ware) of graphite are, however, still not clear.

This study was performed on graphitic and non-graphitic sherds from Dunaszentgyörgy archaeological site located in South-Hungary (LT B2-C1). Both graphitic and non-graphitic ceramics contain similar non-plastic components, mainly quartz, K-feldspar, plagioclase, muscovite, calcareous fragments, as well as apatite and zircon inclusions in quartz and feldspar grains. In addition graphitic ceramics contain graphite in variable size (from some μm to 5 mm) and amount (up to 40%). Graphite appears as opaque individual flakes in the matrix and also occurs in metamorphic lithoclasts consisting of quartz, K-feldspar, muscovite, sillimanite, kyanite, amphibole and tourmaline. Chemical compositions of graphitic and non-graphitic ceramics measured by X-ray fluorescence spectrometry are similar. X-ray diffraction analysis reveals that most of the sherds lack high-temperature Ca-silicate minerals and the firing temperatures of both ceramics types were usually below 850°C, in some cases below 650°C.

Raw materials of graphitic and non-graphitic wares seem to be very similar, and both types of ware were produced "locally". The raw material could have been fine-grained (clayey-sandy) sediments (e.g. alluvium, loess), which are available in the wide vicinity of Dunaszentgyörgy. Graphite was imported and intentionally added to the raw material to produce a special type of ware. Graphite is derived from a medium to high grade metamorphic rock (graphitic paragneiss), which can be found nearest in the Moldanubicum zone of the Bohemian Massif. Comparing the mineralogical composition of graphitic lithoclasts with the published petrological data, the potential source for graphite is presumably located in the Variegated Series, in the area of the Southern Czech Republic. Our results support recent archaeological assumptions according to which the trade of raw graphite (together with the host rock), sometimes over long distances, is predominant in the La Tène period.

Kivonat

Az ún. „grafitos áru” a kelták által uralt közép-európai területeken széles körben elterjedt kerámiatípus. Jellemző formája, a szitula típusú edény, Magyarország területén a középső La Tène kortól (LT B2) a kelta uralom hanyatlásáig (Kr. u. I. sz.) nagyszámban készült. A grafitos (grafitot tartalmazó) kerámiák számos régészeti lelőhelyen - nemcsak a grafitos nyersanyag bányahelyeinek közelében - kerültek elő, amely az edények kiterjedt kereskedelmére enged következtetni. Számos kérdés azonban megválaszolatlan a grafit származási helyét (bányahely) és fő szállítási formáját (feldolgozatlan grafitos nyersanyag, grafitos agyag vagy grafitos készáru) illetően.

Jelen tanulmány a 6. sz. főút javítása során, Dunaszentgyörgy környékén talált kelta településrészlet (LT B2-C1) grafitos és nem grafitos kerámia leletanyagának archeometriai feldolgozását mutatja be. A grafitos és a nem grafitos kerámiák hasonló nem-plasztikus elegyrészeket tartalmaznak (kvarc, kálicföldpát, plagioklász, muszkovit, karbonátos csomók, a kvarc- és földpátszemcsékben apatit- és cirkonzárványok). A grafitos kerámiák ezen felül változó mennyiségben (40%-ig) és méretben (néhány μm - 5 mm) tartalmaznak grafitot, amely a mátrixban

egyedi szemcsék formájában, valamint metamorf kőzettörmelékekben jelenik meg. A kőzettörmelékek ásványos összetétele: kvarc, kálföldpát, muszkovit, sillimanit, kianit, grafit, esetenként turmalin és amfibol. A grafitos és a nem grafitos kerámiák röntgen-fluoreszcens spektrométerrel mért kémiai összetétele alapvetően hasonló. A röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok igazolják a grafitos és a nem grafitos kerámiák hasonló fázisösszetételét és a legtöbb töredékben a magas hőmérsékleten keletkező Ca-szilikát ásványok hiányát mutatják. Mindkét kerámia kiégetése többnyire 850°C, esetenként 650°C alatt történt.

A grafitos és nem grafitos kerámiák készítéséhez használt nyersanyag azonos lehetett, vagyis mindkét edénytípust „helyben” készítették. A felhasznált nyersanyag a Dunaszentgyörgy környéki agyagos-finomhomokos üledék (ártéri üledék, esetleg lösz). A helyi alapanyaghoz szándékosan kevert grafitot kereskedelem útján szerezték be. A grafit közepes-nagyfokú metamorf kőzetből (grafitos paragneisz) származik, amely legközelebb a Cseh-masszívum Moldanubikum zónájában található. A grafit származási helye a szakirodalmi analógiák alapján ún. „Variegated” (Tarka) egységbe, Dél-Csehország területére valószínűsíthető. Az eredmények megerősítik a döntően a grafit-nyersanyag importjával számoló jelenlegi régészeti feltevéseket.

KEYWORDS: CERAMIC, CELTIC, GRAPHITIC WARE, BOHEMIAN MASSIF, GRAPHITE

KULCSSZAVAK: GRAFITOS KERÁMIA, KELTA, CSEH-MASSZÍVUM, GRAFIT

Bevezetés

Közép-Európában a késő vaskorban széles körben elterjedt kerámiatípus a kelta ún. „grafitos áru”. Egyik jellegzetes formája a szitula, amelynek jellemzője a széles száj, a duzzadt perem, a domború váll és a széles fenék, felülete gyakran fésűzött. Emellett más grafitos edénytípusok (palackok, tálak, csészék és bögrék) is ismertek (Kappel 1969). A magyarországi régészeti leletanyagban a szitulák nagy számban a középső La Tène időszaktól (LT B2, Szabó et al. 1999) a kelta uralom hanyatlásáig (LT D2) vannak jelen. A „grafitos kerámián” jelen tanulmányban a grafit adalékolt (grafitot tartalmazó) kerámiákat értjük, nem vizsgáljuk a grafitos bevonatú, valamint a grafit fényezett kerámiákat.

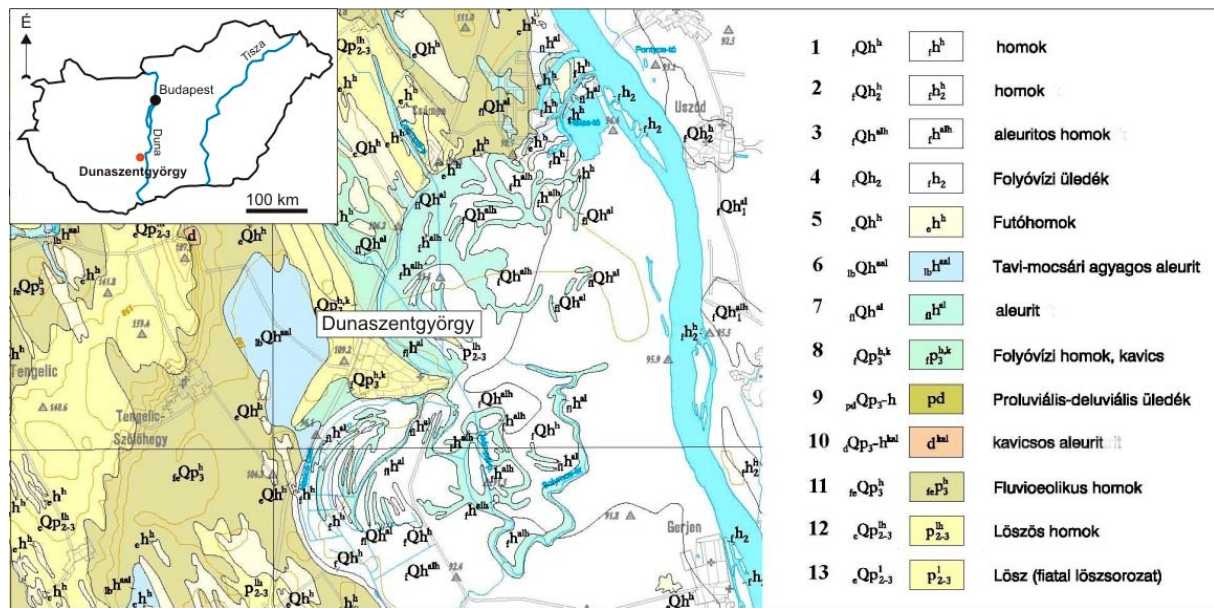
A grafitos kerámia a kelta régészetben régóta kutatott és sokat vitatott témakör. A grafitos áru a keleti kelta régióban rendkívül nagy területen és hatalmas mennyiségben van jelen (Kappel 1969; Michálek 1993), jóllehet a grafit-nyersanyaglelőhelyek elterjedése földrajzilag korlátozott. A tárgyalt kerámiatípus az oppidumoktól a kis falusias jellegű településekig, valamint a temetőkben egyaránt megtalálható. A grafitos áru általános elterjedése kiterjedt kereskedelmi hálózatra enged következtetni. Míg korábban Kappel (1969) a természetes grafitos agyag és Waldhauser (1992) a grafitos készáru kereskedelmét feltételezte, napjainkban egyre több kutató (pl. Rustoiu 1993; Meduna 1998; Sievers 2006) hangsúlyozza, hogy a grafit dominánsan nyersanyag (azaz nyers grafitrögök/grafitot tartalmazó kőzetdarabok) formájában kerülhetett kereskedelmi forgalomba. Egyes esetekben kimutatható a grafit 100 km-nél nagyobb távolságra történő szállítása is (pl. Michálek 1993; Gebhard et al. 2004). A kerámiákhoz felhasznált grafit pontos származási helyének (bányahelyének) meghatározása a kereskedelmi kapcsolatok

finomabb térképének megrajzolását tenné lehetővé, ez azonban számos okból nehézségbe ütközik (pl. a nagyobb grafitlelőhelyek mellett számos kisebb, kevésbé ismert is létezhetett, az egyes közeli lelőhelyek nem szignifikánsan eltérő kőzettani-geokémiai jellege, stb., Meduna 1998).

A grafit és a grafitos kerámiák funkcióját illetően számos elmélet létezik. A legelfogadottabb vélemény szerint ezeket az edényeket főzésre és/vagy tárolásra használták. Ismert, hogy a grafitot előnyös tulajdonsága miatt folyamatosan magas hőmérsékletnek vagy folyadéknak kitett tárgyakban (pl. öntőtégelyek, háztartási kerámiák) előszeretettel használták. A grafit növeli pl. a kerámia hőállóságát, javítja hővezetését, és növeli a hirtelen hőmérsékletváltozással szembeni ellenállását (Kappel 1969; Martinón-Torres & Rehren 2009).

2007-ben a 6. sz. főút burkolatjavítási munkálatait megelőző régészeti feltárás során a Tolna megyei Dunaszentgyörgy határában (**1. ábra**) egy kelta település részlete került elő. A régészeti lelőhelyen talált kerámia leletanyag alapján a település a LT B2-C1 időszakba, azaz i.e. 3. századra datálható. A kerámiák között grafitos (grafittal adalékolt) és nem grafitos töredékek egyaránt megjelennek.

Archeometriai kutatásunk során az alábbi kérdésekre keresünk választ: (a) a dunaszentgyörgyi kerámiákat „helyben” készítették-e, vagy távolsági kereskedelem útján szerezték be, (b) a grafitot milyen formában importálták: nyers grafitként, grafittal kevert agyagként vagy kész grafitos edényként, valamint (c) meghatározható-e a grafit potenciális származási helye. A lelőhelyen feltárt grafitos és nem grafitos kerámiák szöveti jellemzőit, fázis- és kémiai összetételét hasonlítjuk össze, valamint a kerámiák készítésének technikáját (lehetséges alapanyag, égetési hőmérséklet) határozzuk meg.



1. ábra Dunaszentgyörgy régészeti lelőhely földrajzi elhelyezkedése és 1:100.000 méretarányú fedett földtani térképe (forrás: Magyarország földtani térképe, 1:100.000, Szekszárd L—34—50 térképlap, a Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa)

Mintaleírás

A vizsgálatok alapján 40 db grafitos és nem grafitos kerámia töredéke alkotja, amely a dunaszentgyörgyi kelta kerámia-leletanyag egynegyede. A vizsgált mintákból 19 db grafitos és 21 db nem grafitos kerámia (az egyes kerámiák részletes makroszkópos leírása megtalálható a Kreiter et al. (in press) publikációban, a vizsgált minták jegyzékét és makroszkópos jellemzőik rövid összefoglalását ld. az **Appendix**ben, AM-09-01-Appendix.pdf).

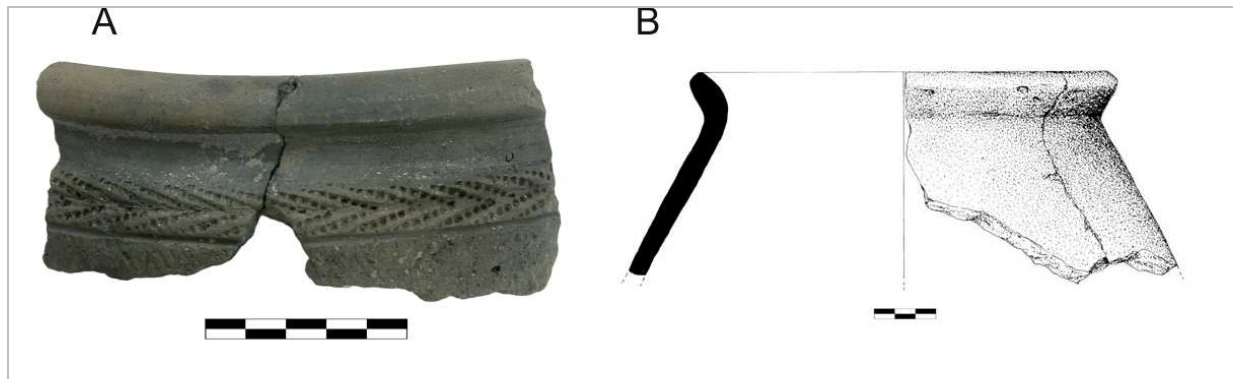
A grafitos töredékekből tizenhat szitula típusú, kettő tárolóedény és egy tálhoz tartozó töredék (**2. ábra**). A grafitos kerámia szürke színű és fémes fényű. A kerámiák vágási felülete általában szürke, két minta (Ltsz. 1.58597.157.23 és 1.58597.6.6) vágási felülete a nagy mennyiségű grafit ellenére gyengén vöröses színt mutat. A leletanyagban több szendvicsszerkezetű vagy egyik oldalán világosabb szegéllyel rendelkező grafitos kerámia is előfordul. Hat minta 0,5-1 mm vastagságú vörös szegéllyel és sötétszürke maggal jellemezhető, míg egy kerámiának 3 mm vastag vörös szegélye és szürkés-vöröses magja van. További négy töredék esetén a világosabb-vöröses szegély csak a minta egyik oldalán látható. A töredékek Wentworth (1922) Ionescu & Gherari (2002) által módosított szemcseméret szerinti osztályozása alapján többnyire durvakerámiák. A grafit szemcsék változó mennyiségben és méretben vannak jelen: 8 töredék tartalmaz nagyon sok (30-40%) grafitot, 2 db sokat (20-30%), 1 db közepes mennyiségben (10-20%) és 8 töredék keveset (5-10%).

A nem grafitos minták között szerepel bikónikus testű fazék (4 db), csupor (1), fazék (1), palack (1), S-profilú tál (9), tál (3), duzzadt peremű fazék (1), mély félgömbös tál, tárolóedény (1). A nem grafitos töredékek többnyire szendvicsszerkezetű, félfinom-finom kerámiák, néhány töredék egyszínű (szürke vagy enyhén vörös). A szendvicsszerkezetű kerámiákra jellemző a világos-vörös szegély és a sötét mag. Vörös magú és sötét szegélyű kerámiák alárendelten fordulnak elő (2 db). Két töredéken a többszöri, változó (oxidatív, majd redukív) atmoszférájú égetés nyoma állapítható meg. A nem grafitos kerámiák jellemzően finoman iszapolt, gyorskorongolt, gondosan kidolgozott edények.

Alkalmazott vizsgálati módszerek

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

A kerámiák fázisösszetételét röntgen-pordiffrakciós vizsgálattal (XRD) határoztuk meg Philips PW 1730 típusú, Bragg-Brentano elrendezésű röntgen-pordiffraktométeren. A műszer paraméterei: Cu K α sugárzás, 45 kV feszültség, 35 mA áramerősség, 0,05° - 0,01° 2 θ léptetés, 1 sec időállandó, 1-1° detektor- ill. divergenciárés, PW-1050/25 típusú goniométer, grafit monokromátor, proporcionális számláló detektor.



2. ábra Dunaszentgyörgy régészeti lelőhelyről származó grafitos kerámiák. **A.** Fazék (szitula) peremtöredéke (Ltsz. 1.58597.155.4-155.10), **B.** Duzzadt, kihajló peremű tárolóedény töredéke (Ltsz. 1.58597.120.7-120.61)

A kerámiák fő- (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, K és P) és nyomelem- (Rb, Sr, Ba, Pb, Zr, Nb, Y, La, Ce, Sc, V, Co, Ni és Zn) összetételének meghatározása Philips PW 1410 típusú röntgenfluoreszcens spektrométerrel (XRF) történt, préselt pasztillákból (1,6 g anyag, 20% bórsav).

Eredmények

Petrográfia

A *grafitos kerámia* alapanyagának színe a grafittartalom függvényében a fekete és a barna között változik (**3a. ábra**). A szövete hiátuszos, a szemcseméret-eloszlás általában kétmaximumos. A nem-plasztikus elegyrészek közepesen-jól osztályozottak, mennyiségük sok (20-30 %) és nagyon sok (30-40 %) között változik. Az uralkodó szemcseméret 50 µm és 5 mm között van. Az első szemcseméret-maximumban (0,1-0,3 mm) az uralkodó elegyrészek: kvarc, kálicföldpát, plagioklász, muszkovit, karbonátásványok, nyomokban esetenként opak ásványok és rutil. A kvarc- és a földpátszemcsék szinte minden esetben tartalmaznak apatit- és cirkonzárványokat (**3b. ábra**). A grafit is megjelenik ebben a méretben, az alapanyagba keverve nagyon finom-finom méretű szemcsék formájában látható.

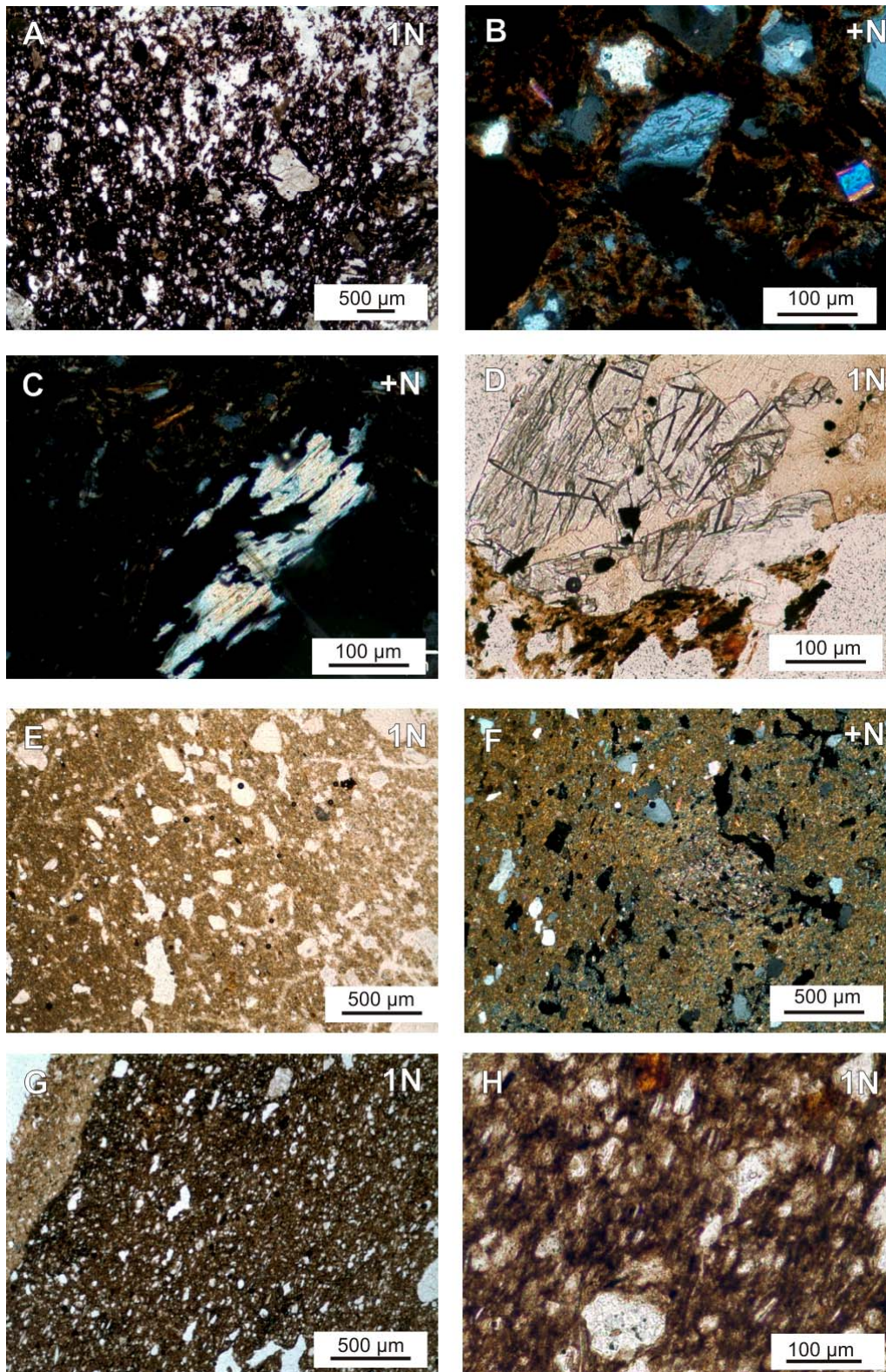
A második szemcseméret-maximum 0,5 és 5 mm közötti. Ebben a szemcseméret-tartományban főként grafit szemcsék, grafitos litoklasztok és szórványosan kerámatöredékek vagy agyagos közettöredékek jelennek meg. A grafit elmosódott szélű szemcsék formájában, ritkán hatszöges kristályformával látható. A közettörmelékben a grafit mellett megjelenik kvarc, kálicföldpát, muszkovit, kianit, sillimanit, turmalin, szórványosan amfibol és kalcit (**3c. és d. ábra**). A kvarc előfordul monokvarc formájában és kataklasztos, több apróbb szemcséből álló formában is. A muszkovit ebben a mérettartományban szórványosan jellemző, erősen barna színű, hajlott, kinkesedett szemcsék formájában. A grafitos kerámiákban megjelenő kerámatöredékekben vagy

agyagos közettöredékekben a nem-plasztikus elegyrészek hasonlóak egymáshoz és a befogadó kerámia nem-plasztikus elegyrészeihez: uralkodóan kvarc és földpát.

A *nem grafitos kerámiák* alapanyaga párhuzamos nikolállásoknál sötét és világosbarna színű, keresztezett nikolállások esetén sötétbarna, narancssárga és szürke színű. Az alapanyag izotropitása általában gyenge. A minták szövete főként szeriális, előfordul azonban hiátuszos kerámia is. A nem-plasztikus elegyrészek közepesen-jól osztályozottak, mennyiségük közepes és sok (10-30 %). A szeriális szövetű kerámiák esetében az uralkodó szemcseméret 0,1-0,3 mm (nagyon finom-finom méretű kvarc és földpát). A hiátuszos mintákban 1 mm nagyságú szemcsék (közepes méretű kvarc és kerámatöredék) is megjelennek. Egyes minták szövete irányított.

A nem grafitos kerámiák rendszerint szendvicsszerkezetűek, párhuzamos nikolállás esetén a szegély világos-vörös, a magja szürke színű, keresztezett nikolállásnál a szegély világosbarna-narancssárga, a mag sötétbarna-szürke színű (**3g. ábra**). A szegély vastagsága 1,5 és 5 mm között változik, a határ a mag és a szegély között általában éles, ritkábban folyamatos.

A nem-plasztikus elegyrészek: kvarc, kálicföldpát, plagioklász, muszkovit, mikrokristályos karbonátos csomók, alárendelten ilmenit és rutil (3e. és f. ábrák). A kvarc 0,1 és 1 mm közötti mérettartományban jelenik meg, elsősorban monokristályos, szórványosan polikristályos. A 0,1-0,5 mm méretű földpátszemcsék erősen átalakultak, gyakran töredeztettek. A kvarc- és földpát gyakran apatit- és cirkonzárványokat tartalmaznak (**3h. ábra**). A muszkovit általában nagyon finom-finom szemcsés, esetenként átalakult. Az ilmenit és rutil a nagyon finom mérettartományban jelenik meg. Egyes mintákban szórványosan látható kerámatöredék. A Ltsz. 1.58597.157.3 mintában recens héjtöredékek, feltehetően Ostracoda (kagylósrák) maradványai azonosíthatók.



3. ábra Grafitos és nem grafitos kerámiák szöveti jellegzetességei (polarizációs mikroszkópi felvételek). **A.** Grafitos kerámia szövege (Ltsz. 1.58597.19.11, 1N), **B.** Grafitos kerámiában földpát által bezárt cirkon- és apatitzárványok, mellette turmalin és kvarc (Ltsz. 1.58597.6.6, +N), **C.** Grafitos kerámiában sillimanit (Ltsz. 1.58597.120.2, +N), **D.** Grafitos kerámiában kianitos-grafitos közettörmelék (Ltsz. 1.58597.6.6, 1N), **E** és **F.** Nem grafitos kerámia szövege: barna alapanyag, kvarc és földpát nem-plasztikus elegyrészek (Ltsz. 1.58597.157.1, 1N ill. +N), **G.** Nem grafitos, szendvicsszerkezetű kerámia világos szegéllyel és sötét maggal, kvarc, földpát és muszkovit nem-plasztikus elegyrészekkel (Ltsz. 1.58597.120.10, 1N), **H.** Nem grafitos kerámiában cirkon- és apatitzárvány földpátban (Ltsz. 1.58597.35.7, 1N).

1. táblázat Dunaszentgyörgyi grafitos és nem grafitos kerámiák röntgen-fluoreszcens spektrométerrel mért kémiai összetétele (főelemek, tömeg%-ban megadva)

Mintaszám	Vizsgálati kód	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Összesen
Grafitos kerámiák											
1.58597.120.7-120.61	GRDSZGY 1	56,78	0,57	18,41	5,38	0,14	1,27	3,27	3,37	0,32	89,66
1.58597.8.1	GRDSZGY 2	54,35	0,59	13,11	6,58	0,16	1,68	2,58	2,50	0,38	82,10
1.58597.120.43	GRDSZGY 3	50,94	0,50	14,80	7,01	0,13	1,35	4,15	2,54	0,43	82,02
1.58597.19.5	GRDSZGY 4	41,95	0,57	12,23	7,27	0,21	0,95	4,00	3,40	0,32	71,03
1.58597.120.18	GRDSZGY 5	60,05	0,67	16,21	6,25	0,08	2,28	1,78	2,65	0,36	90,52
1.58597.19.11	GRDSZGY 6	50,75	0,55	11,08	4,94	0,08	1,52	6,87	2,83	0,39	79,18
1.58597.13.6	GRDSZGY 7	66,09	0,78	12,77	4,70	0,07	1,87	1,33	2,14	0,34	90,23
1.58597.157.23	GRDSZGY 8	54,58	0,70	13,32	5,51	0,12	1,54	2,12	3,00	0,23	81,28
1.58597.6.6	GRDSZGY 9	54,59	0,61	12,32	7,09	0,09	1,01	1,48	2,36	0,21	79,89
1.58597.157.9	GRDSZGY 11	57,56	0,65	12,02	4,89	0,10	1,55	3,91	2,40	0,32	83,55
1.58597.47.12	GRDSZGY 12	55,82	0,72	13,32	6,00	0,08	1,35	2,68	1,86	0,35	82,35
1.58597.120.2	GRDSZGY 13	51,29	0,59	14,05	7,45	0,09	1,14	2,84	2,11	0,39	80,10
1.58597.120.31-57	GRDSZGY 14	49,75	0,69	12,51	8,99	0,12	1,61	1,41	2,68	0,44	78,36
1.58597.19.6	GRDSZGY 15	54,97	0,62	14,35	6,72	0,08	1,95	1,82	2,46	0,23	83,38
1.58597.8.4	GRDSZGY 16	56,36	0,87	13,23	5,81	0,08	1,33	1,07	3,32	0,18	82,38
1.58597.35.11	GRDSZGY 19	49,61	0,59	9,15	6,98	0,07	0,97	1,39	2,63	0,29	71,80
1.58597.35.8	GRDSZGY 20	48,27	0,52	11,58	6,88	0,07	0,89	1,27	2,76	0,24	72,60
Nem grafitos kerámiák											
1.58597.35.7	DSZGY 2	57,46	0,72	15,30	5,93	0,09	1,96	1,68	2,75	0,22	86,27
1.58597.58.1	DSZGY 3	62,64	0,75	14,19	5,76	0,07	1,80	1,03	2,11	0,20	88,74
1.58597.157.3	DSZGY 5	55,02	0,54	13,20	4,47	0,10	2,45	8,64	2,41	0,24	87,20
1.58597.12.06-120.60	DSZGY 6	56,22	0,82	17,55	6,63	0,07	2,61	0,82	2,88	0,19	87,93
1.58597.6.1-6.7	DSZGY 7	66,26	0,56	13,58	4,89	0,05	1,08	1,01	1,52	0,15	89,25
1.58597.35.1	DSZGY 8	61,02	0,69	14,53	5,97	0,08	1,80	1,64	2,38	0,22	88,49
1.58597.15.1	DSZGY 9	62,95	0,59	14,91	5,22	0,09	1,33	1,75	1,93	0,20	89,13
1.58597.35.3	DSZGY 10	54,82	0,87	16,53	7,19	0,10	1,67	1,36	2,66	0,24	85,62
1.58597.120.1	DSZGY 13	57,65	0,64	15,13	6,29	0,09	2,11	1,91	2,48	0,29	86,76
1.58597.120.10	DSZGY 17	57,87	0,69	15,72	6,08	0,09	2,14	2,50	2,35	0,40	88,01
1.58597.13.5	DSZGY 18	57,81	0,64	14,88	6,18	0,07	2,32	2,13	2,43	0,23	86,83
1.58597.47.5	DSZGY 20	58,28	0,68	16,09	6,55	0,10	2,26	2,00	2,53	0,27	88,92
1.58597.8.6	DSZGY 21	61,68	0,49	11,49	4,67	0,13	2,38	4,00	1,88	0,37	87,20

Geokémia

A grafitos és nem grafitos kerámiák XRF módszerrel meghatározott kémiai összetételét az **1. táblázat** tartalmazza. A grafitos kerámiák főelem-koncentrációinak összértéke tágabb határok között változik (71,03-90,52 tömeg%) és általában kisebb, mint a nem grafitos minták esetén (85,15-

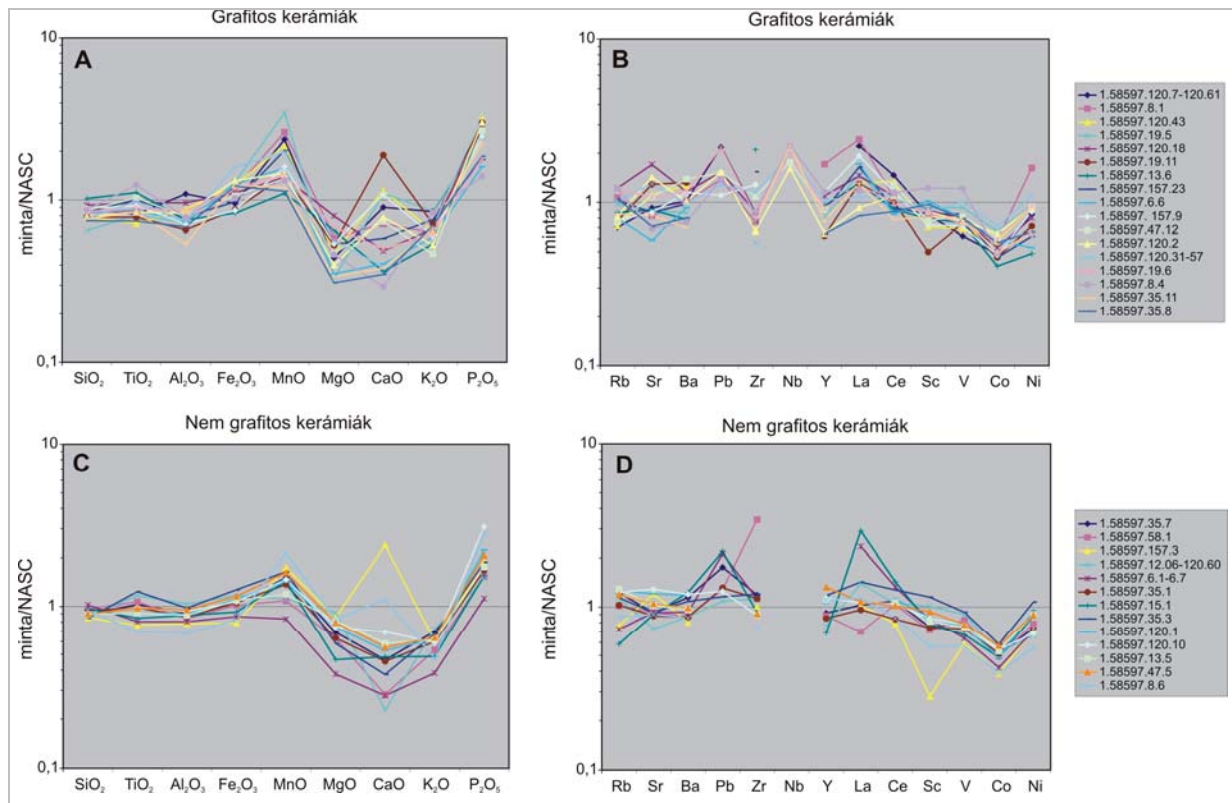
89,25 tömeg%). Ennek oka, hogy röntgen-fluoreszcens spektrométerrel a grafit, mint széntartalmú fázis nem vizsgálható. Elsősorban a nagymennyiségű grafitot tartalmazó kerámiákban (pl. Ltsz. 1.58597.35.11, 1.58597.38.5 minták) csökken le az elemkoncentráció összértéke 80 tömeg% alá.

1. táblázat folyt. Dunaszentgyörgyi grafitos és nem grafitos kerámiák röntgen-fluoreszcens spektrométerrel mért kémiai összetétele (nyomelemek, ppm-ben megadva)

Mintaszám	Vizsgálati kód	Rb	Sr	Ba	Pb	Zr	Nb	Y	La	Ce	Sc	V	Co	Ni	Zn
Grafitos kerámiák															
1.58597.120.7-120.61	GRDSZGY 1	88	131	647	44	171	<18	<21	71	107	12	81	13	49	67
1.58597.8.1	GRDSZGY 2	133	118	644	28	152	<18	60	78	79	13	106	15	94	88
1.58597.120.43	GRDSZGY 3	90	158	806	<22	136	<18	<21	42	98	11	90	15	54	61
1.58597.19.5	GRDSZGY 4	122	126	549	<22	113	<18	29	48	68	14	121	17	56	101
1.58597.120.18	GRDSZGY 5	152	242	738	31	175	<18	38	46	79	13	103	14	47	108
1.58597.19.11	GRDSZGY 6	96	183	839	<22	218	<18	22	41	74	7	97	12	41	62
1.58597.13.6	GRDSZGY 7	108	127	499	<22	421	43	33	42	66	12	98	11	28	82
1.58597.157.23	GRDSZGY 8	128	123	620	<22	307	<18	31	53	68	13	110	12	36	68
1.58597.6.6	GRDSZGY 9	99	84	588	<22	173	<18	<21	55	62	15	103	15	31	48
1.58597.157.9	GRDSZGY 11	97	123	729	22	257	<18	40	62	85	11	93	12	51	70
1.58597.47.12	GRDSZGY 12	95	153	882	30	218	23	32	<20	93	12	106	16	55	76
1.58597.120.2	GRDSZGY 13	103	202	643	31	133	21	23	30	80	13	100	17	54	62
1.58597.120.31-57	GRDSZGY 14	128	184	624	26	230	25	36	35	78	13	131	19	63	94
1.58597.19.6	GRDSZGY 15	150	153	737	43	166	26	32	41	72	13	96	16	55	133
1.58597.8.4	GRDSZGY 16	152	98	481	28	175	29	41	38	83	18	157	13	37	73
1.58597.35.11	GRDSZGY 19	106	118	444	<22	152	29	27	42	57	12	105	13	38	56
1.58597.35.8	GRDSZGY 20	131	101	510	<22	151	<18	23	26	64	14	103	15	38	112
Nem grafitos kerámiák															
1.58597.35.7	DSZGY 2	153	131	729	35	237	<18	32	33	80	11	103	13	43	110
1.58597.58.1	DSZGY 3	127	132	557	26	684	<18	31	22	75	11	108	13	46	81
1.58597.157.3	DSZGY 5	96	172	513	<22	201	<18	<21	33	57	4	77	10	42	72
1.58597.12.06-120.60	DSZGY 6	141	104	553	22	225	<18	27	45	77	15	117	13	39	109
1.58597.6.1-6.7	DSZGY 7	91	132	591	42	225	<18	<21	75	97	12	83	11	41	75
1.58597.35.1	DSZGY 8	129	125	550	26	226	<18	30	31	61	11	95	13	53	97
1.58597.15.1	DSZGY 9	73	128	783	44	185	<18	24	93	104	12	87	13	51	76
1.58597.35.3	DSZGY 10	143	131	690	23	240	<18	41	46	93	17	121	15	62	90
1.58597.120.1	DSZGY 13	158	171	755	<22	175	<18	37	<20	82	13	98	13	55	110
1.58597.120.10	DSZGY 17	154	183	763	25	178	<18	40	34	77	13	101	14	40	116
1.58597.13.5	DSZGY 18	161	145	612	<22	179	<18	39	<20	78	12	97	14	52	103
1.58597.47.5	DSZGY 20	149	149	627	<22	182	<18	46	34	75	14	101	15	52	100
1.58597.8.6	DSZGY 21	108	128	543	<22	148	<18	39	36	62	8	74	10	33	87

A két kerámiatípus kémiai összetétele - a grafitmentes részre - a tendenciákat tekintve összehasonlítható. A kémiai adatokat sokelemes gyakorisági (ún. spider) diagramokon és kétváltozós (ún. Harker) diagramokon ábrázoltuk (4. és 5. ábra). A sokelemes diagramokban a mért

kémiai összetételi adatokat az ún. NASC (North American Shale Composite, észak-amerikai agyagpala; Gormet et al. 1984) összetételre normáltuk, mely az átlagos finomszemcsés (agyagos-homokos) sziliciklasztos üledékeket reprezentáló referencia.



4. ábra Grafitos és nem grafitos kerámiák NASC-ra normált sokelemes gyakorisági diagramjai: A, C: főelemek, B, D: nyomelemek

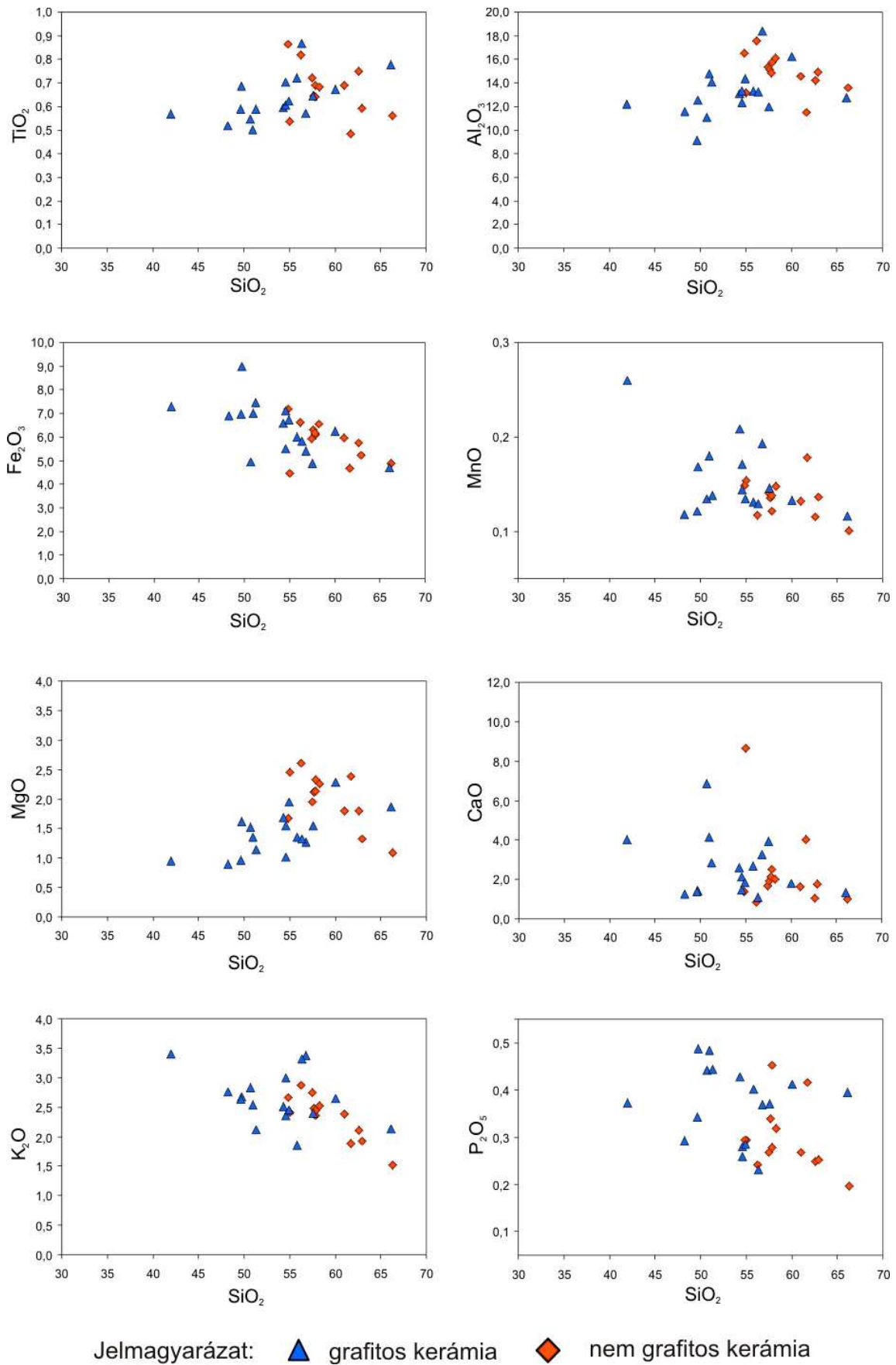
A geokémiai vizsgálatokban gyakran alkalmazott másik viszonyítási alap a PAAS (Post-Archean Australian Shale, átlagos archaikum utáni ausztrál agyagpala összetétel; Taylor & McLennan 1985). A NASC lényegében a CaO tartalomban különbözik a PAAS-tól (NASC: 3,63 tömeg% CaO, PAAS: 1,30 tömeg% CaO), így a kerámiák átlagosnál esetlegesen nagyobb CaO tartalmának kimutatására különösen alkalmas.

A grafitos és a nem grafitos kerámiatípusokon belül a főelemek eloszlása hasonlóan tekinthető (**4a. és c. ábra**). Egyes grafitos kerámiákban (pl. Ltsz. 1.58597.19.5, 1.58597.8.1, 1.58597.120.7-120.61) kismértékű MnO dúsulás figyelhető meg a nem grafitos mintákhoz képest. A CaO tartalom tág határok között változik, egy grafitos (Ltsz. 1.58597.19.11) és egy nem grafitos (Ltsz. 1.58597.157.3) minta esetén kiugró. Hasonlóan alakul a CaO+MgO - Al₂O₃ - SiO₂ komponensek aránya a grafitos és nem grafitos kerámiák anyagában, kivételt az említett, CaO-ban dús minták (Ltsz. 1.58597.19.11 és 1.58597.157.3) képeznek (Kreiter et al., in press). A foszfor pozitív anomáliája mind a grafitos, mind a nem grafitos kerámiákban megfigyelhető.

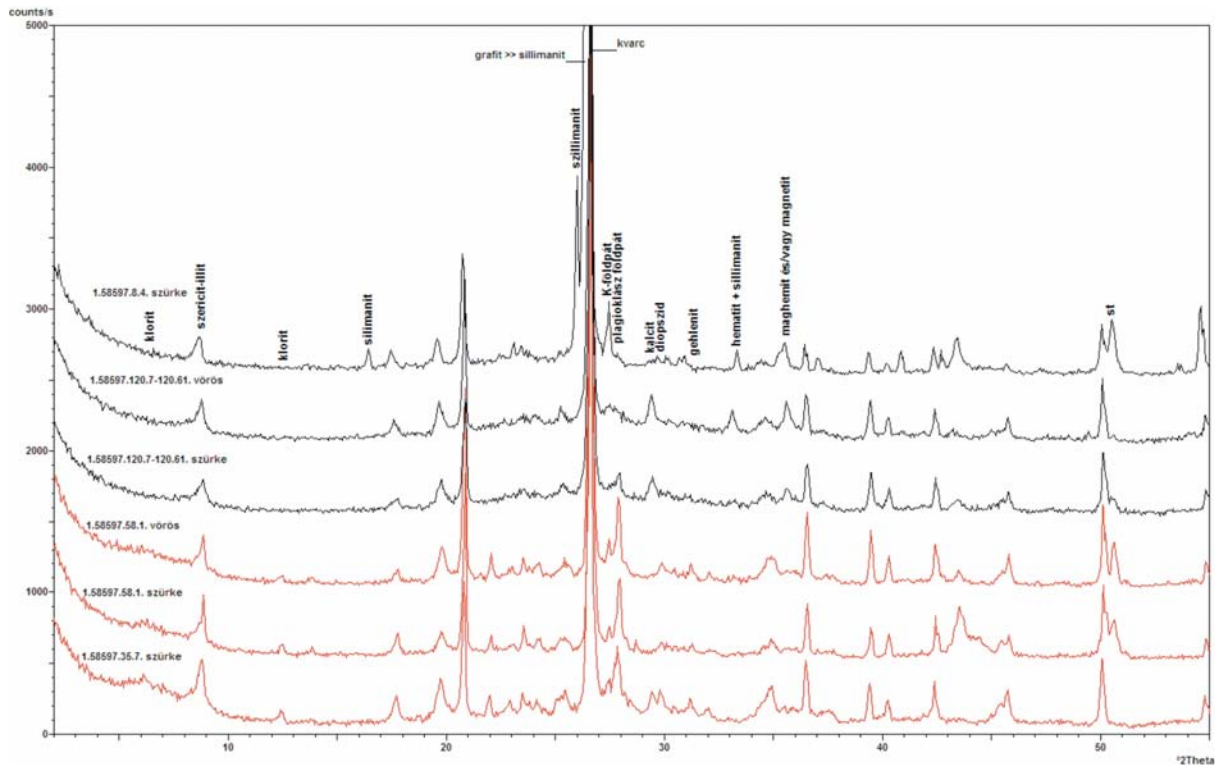
A grafitos és nem grafitos kerámiák csoportjain belül a nyomelemek NASC-re normált koncentrációja változatosabb képet mutat, mint a

főelemké, de ennek ellenére a nyomelem-eloszlás alapvetően hasonló a két kerámiacsoportban (**4b. és d. ábra**). A Zr a nem grafitos kerámiák közül egy mintában (Ltsz. 1.58597.58.1) erőteljes pozitív anomáliát mutat. A grafitos kerámiák egy részére a Nb dúsulása jellemző, míg a nem grafitos kerámiákban a Nb koncentrációja kimutatási határ alatti. Az Y és a La mindkét kerámiatípusban tág határok között változik. A nem grafitos kerámiák közül egy minta mutat erőteljes negatív Sc anomáliát (Ltsz. 1.58597.157.3), míg a grafitosoknál egy mintának van az átlagnál kisebb Sc koncentrációja (Ltsz. 1.58597.19.11). Mindkét fajta kerámiában negatív Co és Ni anomália mutatható ki (kivéve a Ltsz. 1.58597.8.1 grafitos minta Ni koncentrációja).

A SiO₂ és a többi főelem viszonyát mutató Harker-diagramokon szintén megfigyelhető a grafitos és a nem grafitos kerámiák grafit nélküli anyagának hasonlósága: a grafitos és nem grafitos kerámiák összetételei pontjai egybeesnek (**5. ábra**). Azonban korreláció az egyes elempárokban nem tapasztalható, kivéve a MgO-SiO₂ és K₂O-SiO₂ párokat: a nem grafitos kerámiákban gyenge negatív korrelációt mutatnak. Egy-egy grafitos és nem grafitos kerámia (Ltsz. 1.58597.19.11 és 1.58597.157.3) CaO tartalma a többi mintához képest nagyobb.



5. ábra Grafitos és nem grafitos kerámiák Harker-diagramjai



6. ábra Grafitos és nem grafitos kerámiák röntgen-diffraktogramjai

Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat

A nem grafitos kerámiák fő komponensei: kvarc, plagioklász, kisebb részben káliföldpát, kalcit és 10 Å filloszilikát (szericit-illit) (**6. ábra**). Több mintában még azonosítható a klorit 14 Å-ös reflexiója (pl. Ltsz. 1.58597.35.7, 1.58597.58.1, 1.58597.6.1-6.7, 1.58597.35.1, 1.58597.15.1, 1.58597.35.3, 1.58597.120.1, 1.58597.13.5, 1.58597.8.6). A minták nagyrésze nyomnyi mennyiségben tartalmaz magnetitet és/vagy maghemitet, kevés minta (pl. Ltsz. 1.58597.47.5, 1.58597.8.6) amfibolt is. A 1.58597.58.1 és a 1.58597.35.7 számú mintákban diopszid és gehlenit is megjelenik. A karbonátok közül kalcit több mintában kimutatható százalékos mennyiségben (pl. Ltsz. 1.58597.157.3, 1.58597.15.1, 1.58597.120.10, 1.58597.8.6), míg ez utóbbiban (Ltsz. 1.58597.8.6) dolomit is azonosítható. A szendvicsszerkezetű nem grafitos kerámiák vörös színű részei nyomnyi mennyiségű hematitot tartalmaznak.

A grafitos kerámiákban a grafit mellett az előzőkhöz hasonló fázisok mutathatók ki: kvarc, káliföldpát, plagioklász és 10 Å filloszilikát (**6. ábra**). Klorit csak 1 mintában (Ltsz. 1.58597.120.18), a karbonátok közül a kalcit kb. a minták felében azonosítható. Egyes töredékek tartalmaznak még magnetitet és/vagy maghemitet, amfibolt és sillimanitot. Ca-szilikát csak 1 mintában mutatható ki, nevezetesen diopszid (Ltsz.

1.58597.120.31-120.57). A szendvicsszerkezetű kerámiadarabok külső vörös szegélyében (pl. Ltsz. 1.58597.120.7-120.61, 1.58597.13.6, 1.58597.8.4) hematit mutatható ki, ugyancsak hematitos a vörös színű Ltsz. 1.58597.157.23 grafitos kerámia is.

Értelmezés

A kerámiák anyaga, kiégetési hőmérséklete

A petrográfiai jelleg mind a grafitos, mind a nem grafitos kerámiákban megegyezik: a nagyon finom-finom szemcseméretű ásványegyüttes azonos, a kvarc- és földpátszemcsék által bezárt apatit- és cirkonzárványok mindkét kerámiacsoportban megjelennek. A nagyon finom-finom szemcseméretű ásványegyüttes a kerámiák készítéséhez kitermelt agyag jellemzőjének tekinthető.

A kétfajta kerámia fő- és nyomelem lefutása alapvetően hasonló, a Harker diagramokon az összetételi pontok többnyire lefedik egymást, ami bizonyító értékű a két kerámiafajta alapanyagának hasonlóságára. Mind a grafitos, mind a nem grafitos minták közül csak egy-egy, geokémiailag kismértékben eltérő minta azonosítható (nagyobb CaO tartalom, kisebb Sc tartalom).

A röntgen-pordiffrakciós eredmények szintén a grafitos és a nem grafitos kerámiák hasonló fázisösszetételét igazolják, eltérést a grafitos

adalékanyag változó mennyisége jelent csak. A Ca-szilikátok a legtöbb nem grafitos kerámiában hiányoznak, ami arra utal, hogy az égetési hőmérséklet nem haladta meg a 750-850°C-ot (Brindley & Brown 1980; Nemeč 1973; Cultrone et al. 2001). Kivételt képez a 1.58597.58.1 minta - melyben megjelenik a gehlenit - ezt a kerámiát 750-850°C-nál nagyobb hőmérsékleten égethették ki. Több mintában 650°C alatti égetési hőmérsékletet jelez a klorit 14 Å-ös (001) reflexiójának jelenléte.

A grafitos kerámiák uralkodóan redukációs égetéssel készültek, mivel a mintákban a grafit teljesen, vagy nagyobb mértékben megmaradt. A magasabb hőmérsékleten keletkező ásványok teljes hiánya azt jelzi, hogy az égetési hőmérséklet a grafitos kerámiáknál sem haladta meg a 850°C-ot. A grafitos kerámiák egy részénél szendvicsszerkezet alakult ki világos-vöröses színű kéreggel, azonban a külső kérgékben részlegesen megmaradt a grafit és mellette hematit is képződött. A hematit megjelenése oxidatív környezetet és lokálisan 850°C fölötti égetési hőmérsékletet jelez. A szendvicsszerkezet fekete magja (reduktív zóna) a diffúzió kontrollált átalakulás hiányára, azaz rövid idejű hőntartásra utal.

A dunaszentgyörgyi lelőhelyen nem ismert régészeti bizonyíték fazekastevékenységre (pl. edényégető kemence), mindazonáltal az eddigiek alapján feltételezhető, hogy mind a grafitos, mind a nem grafitos kerámiák helyben, vagy valamely más, a lelőhelytől nem távoli fazekasműhelyben készültek. A felhasznált nyersanyag közelben, a Duna mentén nagy területen található agyagos-finomhomokos ártéri üledék, esetleg lösz lehetett (Gyalog et al. 2005). A grafitos kerámiákat mesterségesen (szándékosan) adalékolták grafittal, tehát nem a grafitos kerámia, csak a nyers grafit (grafittartalmú kőzet) származik importból (távolsági kereskedelemről).

A grafitos adalékanyag származási helye

A grafitos kerámiákban a grafit sok esetben közettörmelékekben jelenik meg. A felhasznált grafitos adalékanyag geológiai lelőhelyének behatárolásához legkézenfekvőbb módszer a grafit melletti társásványok vizsgálata. A közettörmelékben levő ásványok petrográfiai jegyei és az ásványtársulás (kvarc-kálföldpát-muszkovit-sillimanit-kianit-grafit ± turmalin-amfibol) alapján megállapítható, hogy az adalékanyag metamorf kőzet (gneisz) törmeléke. A kianit és sillimanit közepes-nagyfokú (amfibolit fáciesű) metamorf kőzetet jelez. A protolit nagy szervesanyag-tartalmú meszes pélite lehetett, amelynek metamorf átalakulásával grafitos paragneisz keletkezett.

Grafit tartalmú metamorf kőzet Magyarországon felszínen Velem közelében, a Szent-Vid hegyi feltárásnál ismert (Velemi Mészfillit Formáció). A velemi grafitos fillit protolitja jura korú, nagy

szervesanyag-tartalmú üledék volt, mely kiskokú metamorfózison esett át az alpi hegységképződés során (Császár 2005). Velemszentvid környékéről ismert késő vaskori kelta oppidum (Szabó 2005). Petrográfiai szempontból korábban már vizsgáltak bronz- és vaskori, helyi metamorf közettörmelékekkel (talkpala, epidozit, szerpentinit, fillit) soványított kerámiákat a környékről (Gherdán et al. 2002), amelyek azonban nem tartalmaztak grafitot. Az általunk vizsgált kerámiáknál grafitos közettörmelékeire nagyobb fokú metamorfózis jellemző, ezért a Velem környéki metamorf kőzet (fillit) felhasználása biztonságosan kizárható.

Magyarország határain túl többek között a Cseh-masszívum (Csehország-Németország-Ausztria) területén található olyan metamorf fokú kőzeteket, melyek potenciális forrásai lehetnek a kerámiák adalékanyagául szolgáló grafitos közettörmelékeknek. A területen több olyan település létezik, ahol a történelmi időkben (néhol már a La Tène korban) grafitot bányásztak. Csehországban Český Krumlov grafitbányáinak anyagát a közeli Tršov kelta oppidum grafitos kerámiáiban használták fel (Břeň 1987). A németországi Kropfmühl bányájából szállították a grafitot a Manchingban lévő központi kelta oppidumba (Kappel 1969; Gebhard et al. 2004). Oberzell környékéről, mely a kropfmühli grafitbánya körzetébe tartozik, 16. századi felhasználás nyomait mutatták ki: a grafitot olvasztótégelyek készítéséhez használták (Martinón-Torres et al. 2003). Az Cseh-masszívum Ausztriára eső területén több mint száz grafitlelőhely ismert (Schrauder et al. 1993).

Az említett lelőhelyek a Cseh-masszívum déli részén helyezkednek el a Moldanubikum egységben. A Moldanubikum főként metamorf kőzetekből áll: orto- és paragneisz, amfibolit, csillámpala, kvarcit és márvány, melyeket gránitintrúziók törnek át (Kachlik 1999; Finger et al. 2007). A Moldanubikum grafit tartalmú kőzeteiben a grafit szerves eredetű, amit a szomszédos metaüledékes kőzetek mellett a biofil elemek (pl. Fe, Mn, V, Co, Ni, As, Mo, Se, U) dúsulása bizonyít (Schrauder et al. 1993).

Összehasonlító geológiai minták hiányában a szakirodalom felhasználásával (a különböző lelőhelyek grafit tartalmú kőzeteinek publikált ásványos összetétele alapján) kíséreljük meg grafit potenciális lelőhelyének előzetes behatárolását. A Moldanubikum németországi részén található grafitos lelőhelyeken, mint Kropfmühl, a grafitot tartalmazó kőzet csillámos kordieritgneisz (Wayland 1951). A vizsgált dunaszentgyörgyi grafitos közettörmelékben nem találtunk kordieritet, amely egyébként kisebb fokú metamorfózisa utal a sillimanit és a kianit képezt. A Moldanubikum osztrák területén a grafit gneisz, mészsilikát és márvány kőzetekben fordul elő

(Schrauder et al. 1993). A gneiszben a grafit mellett alkáliföldpát, plagioklász és kvarc a fő összetevők, kevésbé gyakori a kianit és muszkovit. Emellett megjelenik még turmalin, rutil, apatit, kalcit és különféle szulfidok. A dunaszentgyörgyi grafitos kerámiák közepes-durva szemcseméretű ásványegyüttese sillimanitot tartalmaz, amit az osztrák lelőhelyek esetén a szakirodalom – jelen ismeretünk szerint – nem említ.

A Moldanubikum dél-csehországi részében, az ún. „Tarka egységben” („Variegated unit”) található számos kisebb-nagyobb grafitbánya, többek között Český Krumlov. A grafit bányászható mennyiségben ezen a területen (biotitos-sillimanitos) paragneiszben, valamint kvarcban fordul elő (Kachlík 1999). A paragneisz kvarc, földpát, csillám (biotit, muszkovit), sillimanit (\pm kordierit) ásványokat, esetéknként kianitot tartalmaz (Janousek et al. 2008). Az ásványegyüttes alapján a dunaszentgyörgyi grafitos kerámiák legnagyobb hasonlóságot a dél-csehországi lelőhelyek anyagával mutatnak.

Összefoglalás

A dunaszentgyörgyi grafitos és nem grafitos kerámiák nyersanyaga azonos, a régészeti lelőhely közelében megtalálható agyagos-finomhomokos üledék lehetett. Kiégetésük mindkét kerámiatípus esetén többnyire 850°C alatt, esetéknként 650°C alatt történt. A grafitos kerámiákat „helyben” készítették, melyhez a grafitos adalékanyagot (grafitos gneisz törmeléke) távolsági kereskedelem révén, feldolgozatlan formában, azaz nyersgrafitként szereztek be. A grafitos közettörmelék potenciális lelőhelye a Cseh-masszívum dél-csehországi „Tarka Egységének” területére körvonalazható.

A dunaszentgyörgyi grafitos kerámiák archeometriai vizsgálata során kapott eredmények újabb magyarországi vonatkozású adalékkal járulnak hozzá a késő vaskori grafitkereskedelemtől kialakult elképzelésekhez. A grafit feltételezett dél-csehországi eredete illeszkedik az eddigi magyarországi leletanyagon végzett kutatások eredményeihez (Bohn 1964; Sauer 1994; Tankó 2005), egyben alátámasztja, illetve bizonyítja a döntően a grafit-nyersanyag importjával számoló régészeti feltevéseket.

Jelen cikk egy jövőbeni, nagyobb mintaszámon és további lelőhelyek kerámiaanyagán tervezett, szisztematikus kutatómunka első lépésének tekinthető, melynek keretében a grafit származási helyének pontosabb lehatárolásához további ásványtani-geokémiai módszerek alkalmazását tervezzük.

Irodalomjegyzék

- BOHN, P. (1964): Tabán kelta leletanyag vizsgálata. *Archaeológiai Értesítő* **91**:243-248.
- BŘEŇ, J. (1987): K výrobě tuhové keramiky na keltškém oppidu Třísově, okres Český Krumlov. (Zur Herstellung der Graphittonkeramik aus dem keltischen Oppidom Třísov-Bezirk Český Krumlov /Süd-Böhmen/). *Časopis Národního Muzea v Praze* **156**:1-9.
- BRINDLEY, G.W. & BROWN, G. (1980): Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. Mineralogical Society, London, 495 pp.
- CULTRONE, G., RODRIGUEZ-NAVARRO, C., SEBASTIAN, E., CAZALLA, O. & DE LA TORRE, M. J. (2001): Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing. *European Journal of Mineralogy* **13**:621-634.
- CSÁSZÁR, G. (2005): Magyarország és környezetének regionális földtana, Paleozoikum paleogén. Egyetemi tankönyv. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 328 pp.
- 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.
- 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.
- GHERDÁN, K., SZAKMÁNY, GY., WEISZBURG, T.G. & ILON, G. (2002): Petrological investigation of Bronze and Iron age ceramics from West Hungary: Vaskeresztes, Velem, Sé, Gőr. in: KILIKOGLU, V., HEIN, A. & MANIATIS, Y.: Modern trends in scientific studies on ancient ceramics. Papers presented at the 5th European Meeting on Ancient Ceramics, Athens, 1999. *BAR International Series* **1011**, Oxford, 305-312.
- GORMET, L.P., DYMEK, R.F., HASKIN, L.A. & KOROTEV, R.L. (1984): The „North American shale composite”: Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **48**:2469-2482.
- GYALOG, L., BUDAI T., CHIKÁN G., IVANCSICS J., KAISER M., KOROKNAI B., KOVÁCS S., MAIGUT V., PELIKÁN P., SÍKHEGYI F. & TURCZI G. (2005): Magyarázó Magyarország fedett földtani térképéhez (az

egységek rövid leírása). Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 188 pp.

IONESCU, C. & GHERGARI, L. (2002): Modeling and firing technology – reflected in the textural features and mineralogy of the ceramics from Neolithic sites in Transylvania (Romania). *Geologica Carpathica* **53** (spec. issue) CD.

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.

KACHLÍK, V. (1999): Relationship between Moldanubicum, the Kutná Hora Crystalline Unit and Bohemicum (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. 2, Wiesbaden, 245 pp.

KREITER, A., BAJNÓCZI, B., HAVANCSÁK, I., TÓTH, M. & SZAKMÁNY, Gy. (in press): Kelta kerámiák makroszkópos és petrográfiai vizsgálata. *in*: KVASSAY, J.: Őskori települések és késő római temető Dunaszentgyörgy határában. VIA. Kulturális Örökségvédelmi Kismonográfiák. Monographia Minor in Cultural Heritage 1, Budapest.

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

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

MEDUNA, J. (1998): Zur Problematik der latènezeitlichen Graphittonkeramik. *in*: KEMPKE, T., KOUŘIL, P., POLÁČEK, L. & STAŇA, Č.: Frühmittelalterliche Graphittonkeramik in Mitteleuropa - Naturwissenschaftliche Keramikuntersuchungen, Archeologický ústav AV ČR Brno, Internationale Tagungen in Mikulčice IV., Brno, 11-15.

MICHÁLEK, J. (1993): Latènezeitliche Funde aus dem Stadtbereich von Passau. Passauer Universitätsforschungen zur Archäologie Band 1, Woiton Verlag, Passau, 113 pp.

NEMECZ, E. (1973): Agyagásványok. Akadémiai Kiadó, Budapest, 507 pp.

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.

RUSTOIU, A. (1993): Über die Graphittonkeramik in der Latènezeit aus Rumänien. *Thraco-Dacica*:**14** 131-142.

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

SCHRAUDER, M., BERAN, A., HOERNES, S. & RICHTER, W. (1993): Constraints on the origin and genesis of graphite-bearing rocks from the Variegated sequence of the Bohemian Massif (Austria). *Mineralogy and Petrology* **49**:175-188.

SIEVERS, S. (2006): Der Fernhandel am Ende der Latènezeit. *in*: HASELGROVE, C.: Celtes et Gaulois. L'Archéologie face à l'Historie. Les mutations de la fin de l'âge du Fer. *Collection Bibracte* **12/4**:67-81.

SZABÓ, M. (2005): A keleti kelták. A késő vaskor a Kárpát-medencében. L'Harmattan Kiadó, Budapest, 212 pp.

SZABÓ, M., GUILLAUMET, J-P. & KRIVÉCZKY, B. (1999): Polgár-Király-épart vaskori település a Kr.e. IV-III. évszázadban. *A debreceni Déri Múzeum Évkönyve* **1997/1998**:177-181.

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

TAYLOR, S. R. & MCLENNAN, S.M. (1985): The Continental Crust: its Composition and Evolution. Blackwell Scientific Publications Ltd, Oxford, 312 pp.

WALDHAUSER, J. (1992): Keltische Distributionssysteme von Graphittonkeramik und die Ausbeutung der Graphitlagerstätten während der fortgeschrittenen Latènezeit. *Archäologisches Korrespondenzblatt* **22**:377-392.

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









WENTWORTH, C.K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* **30**:377-392.






Appendix









Havancsák Izabella , Bajnóczi Bernadett , Tóth Mária , Kreiter Attila , Szöllösi Szilvia
 "Kelta grafitos kerámia: elmélet és gyakorlat dunaszentgyörgyi kerámiák ásványtani, petrográfiai
 és geokémiai vizsgálatának tükrében" c. cikkéhez (Archeometriai Műhely 2009/1)









Dunaszentgyörgy régészeti lelőhelyről vizsgált kelta kerámiák jegyzéke, rövid makroszkópos
 jellemzése és besorolásuk Wentworth (1922) Ionescu & Ghergari (2002) által módosított
 szemcseméret szerinti osztályozási rendszerébe (a képek hosszabbik oldala kb. 1,45 cm)






Mintaszám	Vizsgálati kód	A kerámia típusa	Jellemzés	Metszeti kép
Grafitos kerámiák				
1.58597.120.7-120.61	GRDSZGY 1	durvakerámia	kívül szürkésbarna, belül vörös és szürke, szendvicsszerkezetű, duzzadt kihajló peremű fazék	
1.58597.8.1	GRDSZGY 2	durvakerámia	kívül-belül szürke, sok grafitot tartalmazó, duzzadt peremű fazék	
1.58597.120.43	GRDSZGY 3	durvakerámia	kívül-belül szürke, kívül függőlegesen bekarcolt vonalakkal durvított felületű fazék	
1.58597.19.5	GRDSZGY 4	durvakerámia	kívül-belül szürke, kívül fényezett, karcoltan díszített fazék	
1.58597.120.18	GRDSZGY 5	finomkerámia	kívül világosbarna-vörös, belül szürke-fekete, szendvicsszerkezetű fazék	
1.58597.19.11	GRDSZGY 6	durvakerámia	kívül barnászörös, belül szürke, szendvicsszerkezetű fazék	

Mintaszám	Vizsgálati kód	A kerámia típusa	Jellemzés	Metszeti kép
<i>Grafitos kerámiák</i>				
1.58597.13.6	GRDSZGY 7	finomkerámia	kívül vörös, belül halványszürke, szendvicsszerkezetű fazék	
1.58597.157.23	GRDSZGY 8	durvakerámia	kívül-belül barnásvörös, duzzadt peremű fazék	
1.58597.6.6	GRDSZGY 9	durvakerámia	kívül-belül vörös színű fazék	
1.58597.22.1	GRDSZGY 10	finomkerámia	kívül-belül szürke korsó	
1.58597. 157.9	GRDSZGY 11	durvakerámia	egyik oldalán vörös szegélyű, belül szürke, sok grafitot tartalmazó fazék	
1.58597.47.12	GRDSZGY 12	durvakerámia	egyik oldalán vörös szegélyű, belül szürke színű fazék	
1.58597.120.2	GRDSZGY 13	durvakerámia	egyik oldalán vörös szegélyű, belül szürke színű fazék	
1.58597.120.31-120.57	GRDSZGY 14	durvakerámia	kívül-belül szürke, sok grafitot tartalmazó, kívül függőleges, szélesen bekarcolt vonalakkal durvított felületű fazék	

Mintaszám	Vizsgálati kód	A kerámia típusa	Jellemzés	Metszeti kép
Grafitos kerámiák				
1.58597.19.6	GRDSZGY 15	félfinom kerámia	egyik oldalán vöröses szélű, szürke-fekete belsejű kelta fazék	
1.58597.8.4	GRDSZGY 16	félfinom kerámia	egyenetlen vastagságú vörös szegélyű, szürke belsejű szendvicsszerkezetű, kívül fényezett fazék	
1.58597.155.4-155.10	GRDSZGY 18	félfinom kerámia	kívül barnásvörös, belül szürke, szendvicsszerkezetű fazék	
1.58597.35.11	GRDSZGY 19	durvakerámia	kívül-belül szürke, sok grafitot tartalmazó fazék	
1.58597.35.8	GRDSZGY 20	durvakerámia	kívül-belül szürke, sok grafitot tartalmazó fazék	

Mintaszám	Vizsgálati kód	A kerámia típusa	Jellemzés	Metszeti kép
<i>Nem grafítos kerámiák</i>				
1.58597.35.7	DSZGY 2	félfinom kerámia	szürke színű, külső oldalán fényezett korsó	
1.58597.58.1	DSZGY 3	finomkerámia	vörös színű, vékony sötét szegélyű, gyengén szendvics-szerkezetű, S-profilú tál	
1.58597.13.8	DSZGY 4	félfinom kerámia	szürke színű, kihajló peremű fazék	
1.58597.157.3	DSZGY 5	félfinom kerámia	szürke színű, szélén sötétebb szegélyű, gyengén szendvics-szerkezetű fazék	
1.58597.12.06-120.60	DSZGY 6	finomkerámia	sötét szegélyű, vörös belsejű tál, vékony szürke maggal, kívül tűzfoltos	
1.58597.6.1-6.7	DSZGY 7	durvakerámia	kívül szürke-barna, belül vörösesbarna, szendvics-szerkezetű, duzzadt peremű fazék	
1.58597.35.1	DSZGY 8	félfinom kerámia	kívül vöröses-szürke, belül szürke, szendvics-szerkezetű kihajló peremű fazék	
1.58597.15.1	DSZGY 9	durvakerámia	világos szegélyű, fekete-szürke magvú, szendvics-szerkezetű, S profilú tál	

Mintaszám	Vizsgálati kód	A kerámia típusa	Jellemzés	Metszeti kép
<i>Nem grafítos kerámiák</i>				
1.58597.35.3	DSZGY 10	félfinom kerámia	vörös szegélyű, világosszürke belsejű, szendvicsszerkezetű S-profilú tál	
1.58597.13.7	DSZGY 11	finomkerámia	kívül-belül szürke, mély félgömbös tál	
1.58597.120.1	DSZGY 13	finomkerámia	világosbarna szegélyű, szürke-fekete magvú, szendvicsszerkezetű fazék	
1.58597. 15.3	DSZGY 14	finomkerámia	egyenetlen vastag vörös szegélyű, szürke-fekete belsejű, duzzadt peremű fazék	
1.58597.58.2	DSZGY 15	durvakerámia	vastag, vörös szegélyű, fekete magú, szendvicsszerkezetű, S profilú, kihajló peremű tál	
1.58597.157.1	DSZGY 16	félfinom kerámia	gyenge szendvicsszerkezetet mutató, kívül sötétebb vörös, belül vörös színű, fényezett tál	
1.58597.120.10	DSZGY 17	finomkerámia	belül szürke-fekete színű, vékony világos peremű, szendvicsszerkezetű fazék	
1.58597.13.5	DSZGY 18	finomkerámia	kívül barnászvörös, belül szürkésvörös, szendvicsszerkezetű kelta S-profilú tál	

Mintaszám	Vizsgálati kód	A kerámia típusa	Jellemzés	Metszeti kép
<i>Nem grafítos kerámiák</i>				
1.58597.47.6	DSZGY 19	finomkerámia	világos vörös szegélyű, fekete-szürke magú, szendvicsszerkezetű tál	
1.58597.47.5	DSZGY 20	finomkerámia	kívül világosvörös szegélyű, belül fekete színű, szendvicsszerkezetű kelta fazék	
1.58597.8.6	DSZGY 21	durvakerámia	világosbarna-szürke szegélyű, fekete-szürke magú, szendvicsszerkezetű tál	
1.58597.47.4	DSZGY 22	finomkerámia	vékony világosbarna szegélyű, szürke belsejű, szendvicsszerkezetű, S-profilú tál	
1.58597.6.2	DSZGY 23	finomkerámia	kívül szürkésvörös, belül világosszürke színű, szendvicsszerkezetű kelta tál	

ATTRIBÚCIÓ, TECHNIKA, ARCHAOMETRIA MÓDSZEREK AZ ÉKSZERKUTATÁSHOZ

DÁGI MARIANNA

Szépművészeti Múzeum, Antik Gyűjtemény, 1146 Budapest, Dózsa Gy. út. 41.

E-mail: mariann@szepmuveszeti.hu

Abstract

The possibility that ancient Greek jewellery, like vases, might be attributable to individual master-hands, was raised about twenty years ago by Dyfri Williams, who used the traditional style-based method of art historians to approach the problem. This article relates the results of a similar examination of Hellenistic bull's head hoop earrings in the Antiquities Collection of the Budapest Museum of Fine Arts. The method used, which involved exact observation of technical details, diverged quite sharply from traditional stylistic attribution. Comparative technical analysis of the Budapest earrings permits the conclusion that such details of a purely technical kind can in fact be decisive marks of attribution. Close technical examination of jewellery excavated in the region of ancient Macedonia, and now in the Museum of Thessaloniki, corroborates these results. Technical comparison has shown that the gold myrtle wreath from Tomb B at Derveni, and a single gold myrtle branch said to be a chance find and inventoried separately, are products of the same hand and originally belonged together. Platinum group element inclusions observed in few pieces of jewellery excavated in Derveni as well as in one earring from the Budapest Antiquities Collection can point to a connection between the pieces. Further archaeological and archaeometric research will be able to confirm or deny the results of observations made on the mentioned pieces until now. Future dialogue on these points between archaeology and archaeometry will help open new paths in the study of goldsmiths and workshops.

Kivonat

Dyfri Williams vetette fel mintegy húsz évvel ezelőtt annak a lehetőségét, hogy az ókori görög ékszerek, a festett vázákhoz hasonlóan, mesterkezekhez köthetők. A probléma megoldásához a hagyományos, stílus-alapú művészettörténeti megközelítést alkalmazta. Az alábbi cikk a Szépművészeti Múzeum Antik Gyűjteményének hellenisztikus kori bikafejes karika-fülbevalóin végzett hasonló vizsgálat eredményeit mutatja be. A fülbevalók vizsgálatához alkalmazott módszer azonban eltér a hagyományos stílus-alapú attribúciótól: a technikai részletek pontos megfigyelésén alapul. A budapesti fülbevalók összehasonlító technikai elemzése egy új feltevés megfogalmazását tette lehetővé: pusztán készítéstechnikai részletek is lehetnek attribúciós jegyek. Az ókori Makedónia területén kiásott, jelenleg a Thessaloniki Régészeti Múzeumban őrzött ékszerek technikai vizsgálata is alátámasztja ezt az eredményt. A derveni B sír arany mirtuszkoszorújának és egy szórványleletként számontartott arany mirtuszágnak a technikai összehasonlítása kimutatta, hogy ugyanannak a kéznek a művei, és a mirtuszág eredetileg a koszorúhoz tartozott. Néhány, szintén Derveniben kiásott ékszer, valamint az Antik Gyűjtemény egy fülbevalójának anyagában is megtalálható hasonló, a platina csoport elemei közé sorolható zárványok utalhatnak a darabok közötti kapcsolatra. További régészeti és archeometriai kutatások megerősíthetik, vagy cáfolhatják az említett ékszerekkel kapcsolatos eddigi megfigyeléseket. A jövőben a régészet és az archeometria közötti párbeszéd nyithat majd új utat az aranyműves mesterek és műhelyek kutatásában.

KEYWORDS: GOLD JEWELLERY, GREEK, HELLENISTIC, BULL'S HEAD HOOP EARRINGS, MACEDONIA, MYRTLE WREATH FROM DERVENI, JEWELLERY ATTRIBUTION, COMPARATIVE TECHNICAL ANALYSIS, ARCHAOMETRY, DIALOGUE BETWEEN ARCHAEOLOGY AND ARCHAOMETRY

KULCSSZAVAK: ARANY ÉKSZEREK, GÖRÖG, HELLENISZTIKUS, BIKAFEJES KARIKAFÜLBEVALÓK, MAKEDÓNIA, DERVENI MIRTUSZKOSZORÚ, ÉKSZEREK ATTRIBUÁLÁSA, ÖSSZEHASONLÍTÓ TECHNIKAI ELEMZÉS, ARCHAOMETRIAI VIZSGÁLATOK, RÉGÉSZET ÉS ARCHAOMETRIA PÁRBESZÉDE



1. Bikafejes karikafülbevaló egyszerű összekötőelemmel, Antik Gyűjtemény, ltsz.: 55.53



2. Bikafejes karikafülbevaló egyszerű összekötőelemmel, Antik Gyűjtemény, ltsz.: 55.176



1.a jobb fül



1.b bal fül



2.a jobb fül



2.b bal fül



3. Bikafejes karikafülbevaló egyszerű összekötőelemmel, Antik Gyűjtemény, ltsz.: 55.199.1



4. Bikafejes karikafülbevaló egyszerű összekötőelemmel, Antik Gyűjtemény, ltsz.: 55.199.2



3.a jobb fül



3.b bal fül



4.a jobb fül



4.b bal fül

A klasszika archeológiában évszázados hagyománya van a mesterkezek azonosításának. Sir John Beazley a 20. század első harmadában a művészettörténetben már korábban alkalmazott megfigyelésekből kiindulva elsősorban az attikai fekete- és vörösalakos vázafestészet tanulmányozásához fejlesztette ki attribúciós

módszerét. A vázaképeken automatikusan rajzolt apró részletek megfigyelésére és összehasonlítására alapozva sikerült vázafestőket azonosítania, és sok esetben a köztük lévő kapcsolatokra is következtetnie (Beazley 1914, Beazley 1922, Beazley 1956, Beazley 1963).



1.c tartókarika



2.c tartókarika



3.c tartókarika



1.d fűrészfogas lemezszél



2.d fűrészfogas lemezszél



3.d fűrészfogas lemezszél



4.c fűrészfogas lemezszél



5. Bikafejes karikafülbevaló összetett összekötőelemmel, Antik Gyűjtemény, ltsz.: 55.158.1



6. Bikafejes karikafülbevaló összetett összekötőelemmel, Antik Gyűjtemény, ltsz.: 55.158.2



7. Bikafejes karikafülbevaló összetett összekötőelemmel, Antik Gyűjtemény, ltsz.: 55.198



8. Bikafejes karikafülbevaló összetett összekötőelemmel, Antik Gyűjtemény, ltsz.: 63.4.A

Monumentális rendszere döntően a hozzáértő szem pontos megfigyeléseinek köszönhető. Eredményeit és az attribúció létjogosultságát bár támadták, megcáfolni a mai napig nem tudták (Oakley 1999).

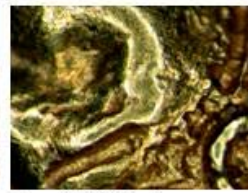
Módszerét az itáliai és a görög vázafestészet más területein is sikerrel alkalmazták, ami igazolja annak működőképességét (ld. pl. Szilágyi 1992, 1998).



5.a szűkítővágás



6.a szűkítővágás



7.a szűkítővágás



8.a szétnyílt szűkítővágás



7.b poncolt pontsor a szem fölött

9. Arany mirtuszkoszorú, Derveni, B sír
Thesszaloniki Régészeti Múzeum, Itsz.: B 13810. Arany mirtuszág, szórványelet
Thesszaloniki Régészeti Múzeum,
Itsz.: M 5440β

Nem véletlen tehát, hogy a mesterkezek azonosításának lehetőségét az ókori görög ékszerek esetében egy vázakutató, Dyfri Williams vetette fel mintegy 20 évvel ezelőtt. Hagyományos, művészettörténeti szempontból, a vázafestészetben jól bevált módszerekből kiindulva közelített ehhez az anyagcsoporthoz. A stílust és a motívumokat

vizsgálta, a technikai részletek csak később kaptak – kiegészítő – szerepet az általa tanulmányozott, általában egy leletegyütteshez tartozó egyedi ékszerek attribúálásában (Williams 1988, Williams 1996, Williams 1998).

Az ékszerekészítés gyakorlati ismerete tette lehetővé, hogy a D. Williams által elért eredmények

nyomán, de az övétől eltérő nézőpontból, a készítechnika felől közelítsem meg az ékszerek attribúálásának kérdését. Az Antik Gyűjtemény ékszerei közül egyetlen típus darabjait, a bikafejjel díszített karika-fülbevalókat kezdtem el vizsgálni (Dági 2006; ld. www2.szepmuveszeti.hu/hyperion/lexikon.php?id=668). Ezek a hellenisztikus kor egyik legkedveltebb ékszertípusába, az állatfejes karika-fülbevalók családjába sorolhatók, amelyek Mediterráneum-szerte elterjedtek a Kr.e. 4-2. században. Viszonylag nagy mennyiségben és sorozatban készültek. A Gyűjtemény bikafejes karika-fülbevalói tehát nem egyedi ékszerek, hanem sorozatgyártott darabok. Lelőhelyük ismeretlen.

Műtárgy voltuk és kis méretük kizárta annak a lehetőségét, hogy klasszikus, mintavétellel járó analitikai módszereket hívjak segítségül a vizsgálatukhoz, még ha a műhely- és mesterkéz kutatáshoz hasznos információval szolgálhatnak is (pl. az alapanyag származási helyének vagy korának meghatározása; ld. Guerra et al. 1999, Ortega et al. 2007, Sarah et al. 2007, Eugster et al. 2008). Így a készítechnika látható jellegzetességeiből kellett kiindulni. Megfigyelésükhöz és dokumentálásukhoz a természettudományos vizsgálatokban megszokott eszközöket használtam fel.

A kiindulópont tehát a technika alapos, mikroszkópos vizsgálata és a részletek digitális fényképes dokumentálása volt. Az elsődleges cél pedig annak a tisztázása, hogy vajon akad-e olyan technikai részlet, amely az egyes darabok között a típus azonosságán túl közelebbi kapcsolatra is utal. Tanulmányozásuk során világossá vált, hogy a párokat alkotó darabokat különállókként kell vizsgálni, és az is bebizonyosodott, hogy sorozatgyártott mivoltuk az ismétlődő részletek miatt előny. Így a biztosan azonos aranyműves által készített darabokon nem csupán az azonosságokat lehetett felismerni, hanem az ugyanahhoz a kézhez köthető eltéréseket is. Az egyes darabok technikai elemzése után a részletek összehasonlítása következett. A fülbevalók szerkezetét, a szerkezeti elemeiket és azok részleteit egymással összevetve meghatározható volt, hogy mi jellemző a típusra, és mely részletek lehetnek az aranyműves vagy a készítechési hely sajátosságai (a módszer ismertetését és a szóhasználat magyarázatát ld. Dági 2006, főként 226 és 229-230).

A karika-összekötőelem-állatfej szerkezet az állatfejes karika-fülbevalók általános jellemzője. A Gyűjtemény darabjai esetében a karikát és a fejet összekötő elem felépítése alapján két változatot lehetett megkülönböztetni: az ún. egyszerű és összetett összekötőeleműt (**1. és 5. ábra**). Közülük nyolc fülbevalón (három pár és két szóló darab) lehetett technikai részleteket kéz, illetve készítechési hely jellegzetes jegyeiként azonosítani.

Az 1. és 2. számú fülbevaló (**1-2. ábra**) eltérő színük miatt nem párként került a múzeumi nyilvántartásba. Készítechési technikájukat megvizsgálva azonban kiderült, hogy minden részletükben azonos módon készültek, és a részletek méretei is egyeznek. Feltételezhető tehát hogy azonos kéztől származnak, és párt alkotnak. A döntő érv emellett egy apró eltérés volt. A bika fülébe beütött kör alakú poncolónyom a jobb fülben mindkét darabon határozott körvonalúnak látszik, a balban viszont nem (**1.a-b és 2.a-b ábra**). Ez azt jelenti, hogy az aranyműves valószínűleg erősebben tudta beütni a poncolót a jobb oldalra, mint a balra. Ugyanez a különbség a 3-4. fülbevalópáron is megfigyelhető (**3-4. ábra; vö. 3.a-b és 4.a-b ábra**). További azonos részletek is összekötik a két fülbevalópárt, pl. a bika álla alatti tartókarika alakja és az összekötőelem alaplemezének egyenetlen széle. A két fülbevalópár kapcsolatát a részletek elemzése teszi nyilvánvalóvá. Mindhárom megmaradt tartókarika alul egyenes, oldaluk ívelt, a két végük egyenes, ferdén felfelé tart, de nem ér össze (**1.c, 2.c, 3.c ábra**). Az összekötőelem alaplemezének széle mind a négy darabon helyenként fűrészfogas (**1.d, 2.d, 3.d, 4.c ábra**), ami feltehetően annak az eredménye, hogy készítőjük nem tudta minden pillanatban azonos erővel a lemezre nyomni a vágószerszámot. A tartókarikák formájának azonossága a készítésük során elvégzett mozdulatsor azonosságára, a fűrészfogas lemezszél pedig, mint a fülben lévő poncolónyom is, a szerszám használatának azonos módjára utal. Ezek alapján feltételezhető, hogy ugyanaz az aranyműves készítette mindkét fülbevalópárt. Másként fogalmazva: az említett technikai részletek a két fülbevalópárt készítő aranyműves attribúciós jegyeinek tekinthetők.

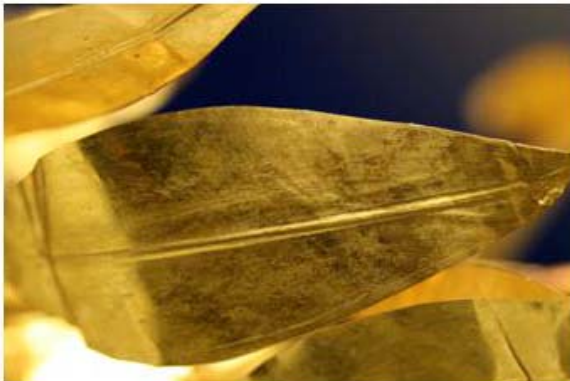
Összekötőelemük jellegzetes megformálása már első látásra összekapcsolja az 5-6., 7. és 8. számú fülbevalókat (**5-8. ábra**). Ezt az elemet három részből rakták össze, egy csonkakúp, egy gömb és egy henger alakú tagból.



9.a. levél részlete



10.a levél részlete



9.b előrajz a koszorú egyik levelén



10.b előrajz a mirtuszág egyik levelén

Mind a négy fülbevaló gömb-tagján megfigyelhető ugyanaz a részlet: apró vonalak a gömb szélénél (**5.a, 6.a, 7.a, 8.a ábra**).

A 8. számú darabon a gömb-tag lemeze szétnyílt az egyik vonal mentén, így jól látható, hogy a vonalak ún. szűkítővágások helyét jelölik (**8.a ábra**). Az aranyműves ennek a technikai fogásnak a segítségével egyetlen téglalap alakú lemezből tudott „gömböt” készíteni úgy, hogy a lemez két rövid oldalát több helyen bevágta, majd a széleket egymásra csúsztatva hordó formájúra hajtotta össze a lemezt. A hordó két végére húzta rá a csonkakúp, illetve a henger alakú tagot, így középen látszatra gömb alakú forma jött létre. Így elkerülte azt a technikai problémát, hogy ha zárt gömbhöz további elemeket forraszt a gömb felrobbanhat, ugyanakkor hű tudott maradni az ékszer eredeti tervéhez is.

Annak ellenére, hogy az említett fülbevalópár és a két szóló fülbevaló kialakítása és díszítése szinte minden elemében azonos, és még a szűkítővágás is megtalálható rajtuk, mégsem ugyanaz a kéz készítette őket. Ez leginkább az 5-6. számú fülbevalópár és a 7. számú fülbevaló között

megfigyelhető minőségbeli különbséggel szemléltethető. A 7. számú fülbevalón a bika szeme fölött poncolt pontokból álló ívelt vonal látható (**7.b ábra**). A pontok átmérője kisebb, mint 0,1 mm, de pontosan egymás mellé vannak beütve. Ez készítőjének kiváló látása és kez ügyessége mellett precizitására és gondosságára is utal. Az 5-6. fülbevalópár esetében azonban a kivitelezés gondossága, az állatfej valóságghú megformálása, a fülbevaló részeinek arányos volta, a forma és a díszítés harmóniája nem csupán a készítő technikai szakszerűségét, hanem művészi hozzáértését is mutatja (**5-6. és 7. ábra**). A 7. számú fülbevaló technikai bravúrnak, az 5-6. számú fülbevalópár viszont a művészi és a technikai szempontokat összhangba hozó igazi mestermunkának tekinthető.

Az összetett összekötőelemű fülbevalók esetében tehát bebizonyosodott, hogy a szűkítővágás nem értelmezhető kézzel jellemző jegyként. Azok az aranyművesek, akik ezeket a darabokat készítették, ugyanazt a fülbevalótervet valósították meg, de mindegyik a saját képessége szerint. Így a rajtuk megfigyelt jellegzetes technikai fogás inkább

készítési helyek, mintsem a kéz azonosságára utal (ld. Dági 2006, 227-228).

A fenti példák illusztrálják, hogy a technikai részletek alapján felismerhetők az egyes darabok közötti, a típus azonosságán túlmutató kapcsolatok. Megfelelő értelmezésükhöz azonban nem hagyhatók figyelmen kívül az aranyműves mesterség sajátosságai. Például kézre-készítőre jellemzőek a jellegzetes szerszámhasználat eredményezte szerszámnyomok (poncolt pont a fülben), az automatikus mozdulatsor révén létrejött formák (tartókarika formája), a készítő aprólékos pontosságára és képességeire utaló részletek (poncolt pontsor). Egy technikai trükk azonban lehet egyetlen aranyművesre és készítési helyre is jellemző. Feltételezhető ugyanis, hogy ha egy aranyműves jó megoldást talált egy technikai problémára, akkor azt a többiek is alkalmazták azon a helyen, ahol dolgozott. Ugyanez lehetséges az ékszer szerkezeti elemének kialakítása (pl. az összetett összekötőelem) vagy terve esetében is (részletesen ld. Dági 2006, 228).

Az Antik Gyűjtemény bikafejes karika-fülbevalóinak vizsgálata feltárta az összehasonlító technikai elemzésben rejlő lehetőségeket. Segítségével meg lehet határozni azokat a technikai részleteket, amelyek az ékszertípus készítésekor kötelező érvényűek, és azokat, amelyek szabadon variálhatók és a készítő egyéni ügyességétől-képességeitől függenek. Pusztán technikai részletek is lehetnek tehát attribúciós jegyek, vagyis a készítési technikából kiindulva is lehetséges aranyműveseket és készítési helyeket azonosítani.

A feltevés helyességét, úgy tűnik, biztos lelőhelyű ékszerek hasonló vizsgálata is alátámasztja. 1962-ben a Thesszalonikitól északra fekvő Derveninél kiásott hat sír egyikében, a B jelűben találtak egy Kr.e. 4. század második felére keltezhető arany mirtuszkoszorút (**9. ábra**). 2006-2007-ben módomban volt részletes technikai vizsgálatot végezni a koszorún, valamint a derveni leletegyüttes többi aranyékszerén is. Kiderült, hogy a koszorú készítése technikai részletei hasonlítanak a Thesszaloniki Régészeti Múzeum kiállításán látható, szintén aranyból készült, szórványleletként számontartott mirtuszág részleteihez (**10. ábra**). Még akkor sor került a mirtuszág alapos vizsgálatára is (Dági 2009).

Az összehasonlító technikai elemzés kimutatta, hogy a mirtuszág minden részletében egyezik a koszorú ágainak felépítésével, és az egyes elemek (levelek, virágok, bogyók) készítési technikája is azonos. Azonosnak bizonyultak ezen kívül a szórványág és a koszorúágak elemeinek méretei, valamint a koszorúabronchhoz való rögzítésük módja. A két tárgy szabad szemmel alig, illetve nem észlelhető technikai részleteinek egyezése perdöntő volt összetartozásuk megállapításában.

A koszorú és a mirtuszág levelein sincs nyoma illesztésnek a szár és a levél találkozásánál. A levelek drótszára fokozatosan vékonyodik el és szélesedik ki a levelek lemezrészévé (**9.a és 10.a ábra**), ami arra utal, hogy a szárat alkotó vastag drótból kalapálták ki a lemezrészét is. Ezt kalapálás után vágták formára és az ér jelzésére bordát cizelláltak a közepükbe. Tapintással érzékelhető csupán, hogy a koszorú és az ág levelei is, vékonyságuk ellenére (kevesebb mint 0,1 mm!), kemények, ami azt mutatja, hogy kalapálás után nem lágyították ki az anyagot. Ennek köszönhetően van tartásuk és kevésbé sérülékenyek. A formára vágást és a cizellálást mindkét darabon előrajz segítette (**9.b és 10.b ábra**). Ez vékony, bekarcolt vonalakból áll, amelyek a levelek szélével párhuzamosan futnak, vagy a borda mentén bukkannak elő. A mirtuszág egyik alsó levelén a teljes előrajz kivehető. Itt jól látszik, hogy a borda helyét két párhuzamos egyenes vonal jelöli ki (**10.b ábra**). A levelek díszítésének koncepciója mellett készítésük technikája is indokolhatta előrajz alkalmazását. Az aranyműves ennek a segédeszköznek a használatával tudta megfelelő formájúra és méretűre vágni a kalapálás során alaktalanná vált lemezt.

A levelek kialakításának módja és az előrajz is olyan technikai fogások, amelyek a többi azonos technikai részlet mellett még biztosabban kötik össze a két darabot, és feltehetően attribúciós jegyként is értelmezhetők. Ezt a feltevést támasztja alá, hogy a két technikai részlet az általam eddig megvizsgált két további arany mirtuszkoszorún (Derveni Δ sír, Stavroupolis) hiányzik, azaz csupán a derveni B sír koszorúján, valamint az említett mirtuszágon található meg együtt (1). A technikai részletek összessége tehát arra utal, hogy ugyanaz az aranyműves készítette a koszorút és a szórványágat is, és az ág a derveni B sír mirtuszkoszorújából származik (részletesen ld. Dági 2009).

A derveni leletegyüttes aranyékszereinek vizsgálata további érdekes részletre is fényt derített. A Z sír három darabjának, két gyűrűnek (Itsz.: Z 9, Z 11) és egy ívfülből (Itsz.: Z 5) az anyagában ezüstszínű zárványok láthatók. Ugyanez a jelenség figyelhető meg az Antik Gyűjtemény Erős figurával díszített karikafülbevalóján is (Itsz.: 55.175), amely megformálásában és technikai kivitelezésében szinte teljesen megegyezik a szintén a Thesszaloniki Múzeumban őrzött, és az egyik legjelentősebb makedóniai lelőhelyről, az ókori Pydna temetőjéből előkerült azonos típusú fülbevalóval (Itsz.: $\Pi\nu$ 1094). A zárványok makroszkópos képük alapján nagy valószínűséggel a platina csoport elemei közé sorolhatók (ld. Ramage & Craddock 2000, 138, 7.1 kép). A derveni ékszerek, a budapesti fülbevaló és pydnai párhuzama ugyanarra az időszakra, a Kr.e. 4.

század második felére – a 3. század elejére keltezhetők, és feltételezhetően Makedóniában készültek. A köztük lévő esetleges összefüggések megállapításához, az összehasonlító technikai elemzésük mellett, a platina csoportba sorolható zárványok anyagvizsgálata nyújthat majd segítséget (Craddock 2000). Hasonlóképp további archeometriai vizsgálatok igazolhatják, vagy cáfolhatják az Antik Gyűjtemény bikafejes fülbevalóin, valamint a Thesszaloniki Régészeti Múzeum koszorúján és mirtuszágán tett régészeti-technikai megfigyeléseket is. Az archeometriai és a régészeti-művészettörténeti módszerek hatékony dialógusa új utat nyithat tehát az említett darabok vizsgálatában, és egyúttal szélesebb horizontot is tárhat az aranyékszerek attribúálásával kapcsolatos kutatások elé.

(1) Az ókori Makedónia területéről eddig mindössze öt, ásatásból előkerült, Kr.e. 4. századra keltezhető arany mirtuszkoszorút ismerünk. Közülük kettő Derveniből (B és Δ sír), egy Stavroupolisból (Oreokastrou utcai sír), egy Verginából (II., ún. Philippos-sír) és egy Pynából (Makrygialos) származik. Ezeket ld. Tsigarida & Ignatiadou 2000, 23, 9. kép, 62, 59. kép, 69, 68. kép, 71, 71. kép; Andronicos 1984, 193, 154. kép.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Mátyus Lászlónak a bikafejes fülbevalók teljes nézetű fényképfelvételeinek elkészítéséért. A cikk alapjául szolgáló kutatásokra az Antik Gyűjtemény K 68558 számon nyilvántartott OTKA-pályázatának ('A Szépművészeti Múzeum Antik Gyűjteményének szakkatalógusai VI') keretében kerülhetett sor.

Irodalom

ANDRONICOS, M., 1984: Vergina. The Royal Tombs and the Ancient City, Athens

BEAZLEY, J. D., 1914: The Master of the Achilles Amphora in the Vatican, *JHS* **34**, 179-226.

BEAZLEY, J. D., 1922: Citharoedus, *JHS* **42**, 70-98.

BEAZLEY, J. D., 1956: Attic Black-Figure Vase-Painters, Oxford

BEAZLEY, J. D., 1963: Attic Red-Figure Vase-Painters, Oxford

CRADDOCK, P., 2000: The Platinum Group Elements. In: Ramage, A. & Craddock, P. (eds.): *King Croesus' Gold. Excavations at Sardis and the History of Gold Refining*, London, 238-244.

DÁGI, M., 2006: Training the Eye: Technical Details as Clues in the Attribution of Ancient Jewellery, *BullMusHongr* **105**, 41-72.

DÁGI, M., 2009: The Derveni Wreath – 45 Years Later, *Crater. Journal of the Archaeological Museum of Thessaloniki* **1**, előkészületben.

EUGSTER, O., KRAMERS, J. & KRÄHENBÜHL, U., 2008: Detecting Forgeries Among Ancient Gold Objects Using the U, Th-4He Dating Method, *Archaeometry* **50**, doi: 10.1111/j.1475-4754.2008.00426.x

GUERRA, M. F., SARTHRE, C.-O., GONDONNEAU, A. & BARRANDON, J.-N., 1999: Precious Metals and Provenance Enquiries using LA-ICP-MS, *Journals of Archaeological Science* **26**, 1101-1110.

OAKLEY, J., 1999: "Through a Glass Darkly" I: Some Misconceptions About the Study of Greek Vase-Painting. In: Docter, R. F. & Moormann, E. M. (eds.): *Proceedings of the XVth International Congress of Classical Archaeology, Amsterdam, July 12-17, 1998*, Amsterdam, 286-290.

ORTEGA-FELIU, I., GÓMEZ-TUBÍO, B., ONTALBA SALAMANCA, M. Á., RESPALDIZA, M. Á., DE LA BANDERA, M. L., OVEJERO ZAPPINO, G. & FERNÁNDEZ, F., 2007: Gold Alloys in Jewellery Items (7th to 3rd Centuries B.C.) from South Iberian Peninsula: an Approach to the Sources of Gold. In: *Arcaeometallurgy in Europe - 2nd International Conference Aquileia, 17-21 June 2007* (CD-n megjelent előadás)

RAMAGE, A. & CRADDOCK, P., 2000: King Croesus' Gold. Excavations at Sardis and the History of Gold Refining, London, 138, 7.1 kép

SARAH, G., GRATUZE, B., BOMPAIRE, M. & BARRANDON, J.-N., 2007: A New Approach for the Investigation of Ancient Silver Coins: Death Profile Analysis by Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS). In: *Arcaeometallurgy in Europe - 2nd International Conference Aquileia, 17-21 June 2007* (CD-n megjelent előadás)

SZILÁGYI, J. GY., 1992, 1998: Ceramica etrusco-corinzia figurata I-II, Firenze

TSIGARIDA, B. & IGNATIADOU, D., 2000: The Gold of Macedon, Athens

WILLIAMS, D., 1988: Three Groups of Fourth Century South Italian Jewellery in the British Museum, *Römische Mitteilungen* **95**, 75-95.

WILLIAMS, D., 1996: The Kyme Treasure. In: Calinescu, A. (ed.): *Ancient Jewelry and Archaeology*, Bloomington-Indianapolis, 117-129.

WILLIAMS, D., 1998: Identifying Greek Jewellers and Goldsmiths. In: D. Williams (ed.): *The Art of the Greek Goldsmith*, London, 99-104.

TERRAKOTTA MŰALKOTÁSOK EREDETISÉG VIZSGÁLATA ÉS KORMEGHATÁROZÁSA TERMOLUMINESZCENS MÓDSZERREL, SZÉPMŰVÉSZETI MÚZEUM, BUDAPEST

SIPOS GYÖRGY¹, PAPP SZILÁRD²

¹Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2-6.

E-mail: gyuri@earth.geo.u-szeged.hu

²Szépművészeti Múzeum, Régi Szobor Gyűjtemény, 1146 Budapest, Dózsa György út 41.

E-mail: szpapp@szepmuveszeti.hu

Abstract

The Collection of Old Sculptures, Museum of Fine Arts, Budapest owns a widely acknowledged selection of terracotta sculptures. In our research we investigated the age of 22 artefacts with the means of thermoluminescence. The main question was whether the studied sculptures are of Renaissance, Baroque or Modern age.

Equivalent dose values were determined by using the Multiple Aliquot Additive Dose Protocol. Environmental dose rate was calculated on the basis of μ XRF and ICP-AES measurements and estimation of material parameters. As a consequence the error of the received ages was around 20%. However, modern copies could be filtered with great confidence, and in most of the cases thermoluminescence enabled the differentiation of Renaissance and Baroque artworks.

Kivonat

Termolumineszcens (TL) vizsgálatainkat a Szépművészeti Múzeum Régi Szobor Gyűjteményének 22 db terrakotta műalkotásán végeztük. A lumineszcens mérések elsődleges célja annak meghatározása volt, hogy a vizsgált műtárgyak eredetiek-e, azaz reneszánsz, illetve barokk koriúak, avagy a XIX. században keletkeztek.

Méréseink során az ún. hozzáadott dózis módszert alkalmaztuk, végeredményeink 20% körüli hibát mutattak, ami lehetővé tette a reneszánsz és a barokk alkotások elkülönítését is. A lumineszcens módszer és a művészettörténeti meghatározás az esetek döntő többségében (17 db tárgy) összecsengett, ami igazolta mérés-technikai megközelítésünk helytállóságát. A fennmaradó tárgyak kapcsán a TL vagy a művészettörténeti háttér felülvizsgálata hozhat eredményt.

KEYWORDS: TERRACOTTA, TL DATING, MULTIPLE ALIQUOT ADDITIVE DOSE PROTOCOL, RENAISSANCE, BAROQUE

KULCSSZAVAK: TERRAKOTTA, TL KORMEGHATÁROZÁS, HOZZÁADOTT DÓZIS MÓDSZER, RENESZÁNSZ, BAROKK

Előzmények

A terrakotta és felhasználása

Az agyag a legrégebb anyagok közé tartozik, melyet plasztikus formák előállításához felhasználtak. A nedves agyagnak ugyanis számos gyakorlati előnye van a fémhez vagy a kőhöz képest: 1) meglehetősen könnyű a megformálása; 2) a kívánt tárgy elkészítésének ideje előbbi tulajdonsága miatt jelentősen csökkenhet; 3) a formák megváltoztatása, korrigálása a munka közben viszonylag egyszerű; 4) ráadásul az agyag mindig is jóval olcsóbb volt, mint számos más, hasonló célra felhasznált anyag. Az agyag kiegészítése a tárgy tartósabbá, illetve ellenállóbbá tétele céljából egyidős a felhasználásával. Az égetett agyagot terrakottának (is) hívják. Művészettörténeti értelemben elsősorban azon tárgyakat nevezzük terrakottának, amelyek a szobrászat műfajába sorolhatók.

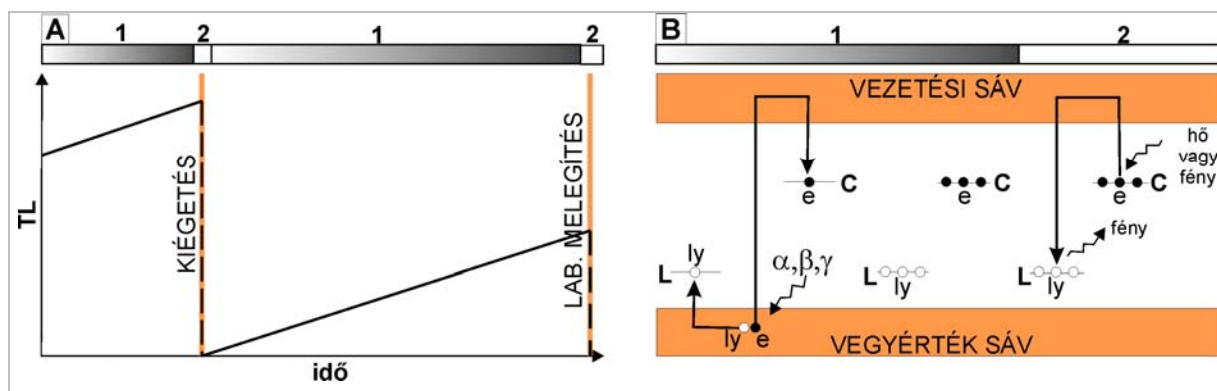
Szobrok előállítása égetett agyagból már az őskortól ismert, s e technika – természetesen helytől és időtől függően eltérő mértékben – egészen napjainkig használatos. Az antikvitásban való széles körű felhasználása után a terrakotta a középkornak csak a vége felé kezdett kedvelté válni az európai szobrászatban. Már ekkor bizonyosan alkalmazták modellek készítéséhez, sőt valószínűleg sorozatgyártáshoz is, de a fennmaradt emlékek túlnyomó részét festett, sejtetően a fa- és kőszobrok imitálásaként készült egyedi alkotások teszik ki (Kammel 2002). Az anyag és lehetőségei iránti érdeklődés az itáliai reneszánsz szobrászatában jelentősen megnőtt. Szerepe volt ebben a 14. századtól nem csak az Alpoktól északra, de Itáliában is kimutatható, részben az építészethez kötődő középkori gyakorlatnak, a kerámia használati tárgyak egyre szélesebb körű elterjedésének, és természetesen az antikvitás iránti fokozott érdeklődésnek is.

Terrakotta tárgyak felfedezése az antik emlékanyagban, illetve az agyagnak, mint a szobrászatban használatos anyagnak az említése írott forrásokban (elsősorban id. Pliniusnál) ugyanis szintén hozzájárult ahhoz, hogy egyre nagyobb méretekben használják az anyagot és a technikát (Boucher 2001).

Nem csak arról volt azonban szó, hogy a terrakotta használata mennyiségileg megnőtt, hanem hogy az itáliai szobrászatban a 15. századtól kezdve a korábbiaknál szélesebb felhasználási köre kezdett kialakulni. Természetesen készültek terrakottából ki-, vagy felállításra szánt egyedi szobrok – mindenféle méretű körszobrok és domborművek –, de szerepe lehetett a szobrászok képzésében, ahol az agyag olcsósága és gyors megmintázása miatt a tanulmánydarabok készítéséhez volt célszerű a használata. Gyakran alkalmazták monumentális művek modelljeinél, melyek készülhettek előtanulmányként, de szolgálhattak prezentációs anyagként is a megrendelő felé. Használata feltűnt kész alkotások kicsinyített formában történő másolásánál, és formába nyomva gyakorta vették igénybe sorozatgyártásnál is. Plasztikus műalkotások reprodukciós eljárással történt előállításánál a fém mellett a másik legfontosabb anyaggá vált. E sokrétű felhasználással együtt járt az anyagkezelés különféle módozatainak az elterjedése is. Kis méretű, nem hosszas használatra szánt agyagszobrokat elég volt kiszárítani, nem kellett feltétlenül kiégetni, ami nagyobb alkotásoknál elengedhetetlen volt, mérettől és megformálástól függően gyakran több darabban is. A szobor felületét lehetett festeni, akár bronz vagy

márványfelületet is imitálva, a 15. század közepén pedig megjelent a mázzal ellátott terrakotta, amely attraktivitása mellett az időjárási körülményektől is jobban védett (Hubbard & Motture 2001). A terrakotta gyakorlati megítélése főleg az anyag olcsósága és a gyorsabb munkamenet miatt a 15. századtól tehát jóval kedvezőbb lett, „részesedése” a szobrászaton belül megnőtt. A márvánnyal vagy a bronzal azonban soha nem vált egyenértékű, „nemes” anyaggá, használatát mindig is inkább a praktikus szempontok, például a piac kibővítésének a lehetősége befolyásolták. Úgy tűnik, reneszánsz terrakotta művek másolásával, és – nyilván a piaci igények felismerésének köszönhetően – hamisításával is, a 19. század közepén már javában foglalkoztak Itáliában (Kurz 1961; Fleming & Stoneham 1973).

A század második felében a nagy gyűjtemények már egyre kevésbé jutottak főművekhez, melyek ára ráadásul egy részük számára elérhetetlenné vált, így nagyobb mennyiségben kezdtek el „értéktelenebb” anyagokból, köztük terrakottából készült szobrokat is vásárolni. A felmerülő igényt a piac – részben a kínálat beszűkülése miatt – nyilvánvalóan egyre inkább hamisítványokkal is megpróbálta kielégíteni, aminek eredményeként a 19. században kialakult, vagy akkor is bővített jelentősebb gyűjteményekben ma tucatjával lehetnek modern hamisítványok. Ezek felismerése művészettörténeti eszközökkel a terrakotta felhasználásának sokfélesége, az egykori másolásban betöltött szerepe és a jelentősen ingadozó minőség miatt is számos esetben nem kis nehézségbe ütközik.



1. ábra (A) A lumineszcens (TL) jel változása félvezetőkben (pl.: földpát, kvarc ásványok) az idő függvényében: 1) TL növekedés, 2) TL nullázódás a kiégetés, illetve később a laboratóriumi melegítés hatására. (B) A fenti események során tapasztalható folyamatok a kristályrácsban: 1) a TL jel felhalmozódása során a vegyérték sávban található elektronok a radioaktív ionizáció hatására elmozdulnak, illetve elektron/lyuk párokat képeznek, melynek tagjai a kristályrács hibáihoz kötődve külön-külön csapdázódnak; 2) a nullázódás során, hő vagy fény általi gerjesztés hatására az elektronok kiszabadulnak csapdáikból, és a vezetési sávon keresztül az ellentétes töltésű lyukakkal lumineszcens központokban rekombinálnak. A folyamat energiavesztéssel jár, amely fotonleadás formájában megy végbe. (e: elektron, ly: lyuk, C: csapda, L: lumineszcens központ) (Aitken 1998 és Boetter-Jensen et al. 2003 alapján).

A termolumineszcencia

A termolumineszcencia (TL) jelensége félvezető ásványok (esetünkben a terrakottát felépítő földpátok és kvarc) azon tulajdonságához köthető, hogy az izzáshoz szükségesnél számottevően kisebb hő hatására fényt bocsátanak ki, aminek intenzitása arányos az általuk korábban elnyelt radioaktív dózis nagyságával. A TL módszer segítségével gyakorlatilag az határozható meg, hogy a vizsgált anyagot mikor érte utoljára hőhatás (azaz a terrakotta mikor volt kiégetve), ekkor ugyanis a korábban kialakult TL jel nullázódik, ezt követően azonban újból megindul felhalmozódása (**1a. ábra**) (Aitken 1985, Aitken 1998, Boetter Jensen et al. 2003).

A TL kialakulásában döntő szerepe van a vizsgált kristályokban, illetve a környezetükben található természetes radioaktív elemek (^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{87}Rb , ^{40}K) bomlásából származó sugárzásnak, valamint a kozmikus sugárzásnak. Ezek ugyanis a kristályrácsokban található töltéseket magasabb energiaszintre emelik, ahol azok egy része csapdázódik. Ezen folyamat hatására a kristályrács mintegy rögzíti az őt ért összes dózis nagyságát (**1b. ábra**). Az anyagban egységnyi idő alatt elnyelt dózist *dózzisteljesítménynek* (*dose rate*) nevezzük, amely a radioaktív elemek koncentrációjából, valamint bizonyos anyagminőségbeli paraméterek alapján számítható.

A kristályokban elnyelt dózis összes mennyiségére a TL mérések segítségével indirekt módon következtethetünk, az alábbi összefüggéseket alapul véve: 1) a TL stimulálás során leadott fotonok száma arányos a korábban csapdázódott töltések számával, 2) a csapdázódott töltések száma pedig arányos az elnyelt összes dózissal, vagy *paleodózissal* (*palaedose*). Miután indirekt módon meghatároztuk a paleodózis laboratóriumi megfelelőjét az ún. *egyenérték dózist* (*equivalent dose*), valamint a dózzisteljesítményt, a kiégetés óta eltelt idő az alábbi összefüggés segítségével számítható:

$$\text{Kor (ka)} = \frac{\text{egyenérték dózis (Gy)}}{\text{dózzisteljesítmény (Gy/ka)}}$$

Az első sikeres kormeghatározási kísérletek régészeti tárgyakon, illetve kerámiákon az 1960-as évek végére tehetők (Fleming 1966, Zimmermann 1967, Aitken et al. 1968, Mejdahl 1969). Ezekben a munkákban írták le a TL, majd később az OSL (optically stimulated luminescence) kormeghatározás során alkalmazott két alapvető megközelítést: 1) a poliminerális finom szemcseméret frakción (polymineal fine grain) (Zimmermann 1971), illetve 2) a kvarc anyagú durva szemcseméret frakción végzett vizsgálatokat

(quartz inclusion coarse grain) (Fleming 1966, 1970). A kis mennyiségű anyagot feltételező vizsgálatok esetében legtöbbször az előbbi módszer alkalmazható, bár kétségtelen, hogy nagyobb anyagmennyiség esetén a kvarc szeparálásával több probléma is kiküszöbölhető, így például a földpátok esetében gyakran jelentkező spontán jelvesztés (anomalous fading) jelensége (Wintle 1973, Aitken 1985, Aitken 1998).

Az egyenérték dózis meghatározása terén több eljárást is kidolgoztak. Ezekről Aitken (1998), Boetter-Jensen et al. (2003) és Wintle (2008) ad bővebb áttekintést. A TL archeometriai alkalmazásairól részletesebben többek között Martini & Sibilis (2006) írt. Hazánkban főleg üledékek kormeghatározására koncentrálnak, Novothny & Ujházy (2000) publikált nagyon jól használható elméleti és gyakorlati összefoglalót. Magyarországon először TL vizsgálatokat kísérleti jelleggel Benkő (1988) és Erdélyi (1988) végeztek, elsősorban égetőkemencéken, illetve téglákon. Kutatásaik azonban sajnálatos módon megszakadtak.

Égetett agyagtárgyak esetében kezdetben leginkább két módszer, a hozzáadott dózis (additive dose) (Zimmermann 1971, Aitken 1985), illetve az elődózis (predose) (Fleming 1973) segítségével végeztek méréseket. Mindkét eljárást napjainkban is alkalmazzák. A hozzáadott dózis módszerét újabban például, Godfrey Smith et al. (1997), Feathers (2000) Valladas et al. (2001), illetve Zacharias et al. (2005) használta fel észak-amerikai, portugál és görög régészeti feltárásokból származó cseréptárgyak poliminerális anyagának datálására. A különböző rész-minta csoportokhoz mesterségesen hozzáadott eltérő dózisok alkalmazása - így egy regressziós összefüggés felállítása az additív módon gerjesztett lumineszcens fény intenzitások és az ismert dózisok között - sokáig az egyik legelterjedtebb mérés-technikai megközelítés volt a lumineszcens kormeghatározásban (Wintle 2008). Az elődózis módszer a kvarc kristályok érzékenységi változásán alapul a 110°C-os tartományban, így főleg ezen ásványok esetében alkalmazható. Az elődózis módszer leginkább magas égetési hőmérsékletű porcelán tárgyak esetében használható eredményesen (Wang et al. 2006). Az 1990-es évek végétől az üledékek OSL alapú kormeghatározása terén különféle ún. regenerációs technikákat fejlesztettek ki (ezek közül a legelterjedtebb az egymintás regenerációs protokoll, angolul Single Aliquot Regeneration Protocol), melyek keretében egyazon rész-minta többszöri besugárzásával (regenerációs dózisok) állítható fel összefüggés a dózisok és a lumineszcens fényintenzitások között (Murray & Wintle 2000, Wintle & Murray 2006).

1. táblázat – A vizsgált műtárgyak, Balogh (1975) által hozzájuk kötött mesterek, illetve műhelyeik, és a tárgyak feltételezett készítési ideje.

lab. kód	leltárszám	tárgy megnevezése	szerző	Készítési idő ¹
OSZ178	1163	Adoráló angyal	ismeretlen é.itáliai szobrász	XVI. sz. közepe
OSZ179	1125	Ülő próféta	Jacopo Sansovino	1486-1570
OSZ180	8162	Krisztus-büsztt	ismeretlen itáliai szobrász	XVI. sz. v. XIX. sz.
OSZ181	1151	Szt. Jeromos	Alessandro Vittoria	1525-1608
OSZ182	66.7	Ecce homo	Tomasso Amantini	1671 ²
OSZ183	52.54	Atlasz	Leonhard Sattler	1676-1744
OSZ184	52.53	Fekvő férfi akt	Johann Baptist Hagenauer	1732-1811
OSZ185	4972	Szt. Ágoston	Giovanni Minelli dei Bardi	1460-1527
OSZ186	66.4	Krisztus fej	Germain Pilon	1537-1590 v. XVIII. sz.
OSZ187	53.653H	Álló Krisztus	másolat Michelangelo után	XIX. sz.
OSZ188	1191	Krisztus és a számárai asszony	Benedetto da Maiano	1442-1497
OSZ189	5268	Szt. Anna harmadmagával	ismeretlen német szobrász	XVII. sz. eleje
OSZ190	1233	Dogeportré	Pietro Lombardi	1435-1515 v. XIX. sz.
OSZ191	53.638H	Kiáltó férfi	ismeretlen itáliai szobrász	XVI. sz.
OSZ192	1184	Madonna	Pagno di Lapo Portigiani	1408-1470
OSZ193	6376	Madonna Szt. Jánossal	ismeretlen é.itáliai szobrász	XVIII. sz. eleje
OSZ194	84.22	Madonna a kis Szt. Jánossal	Benedetto da Maiano	1442-1497
OSZ195	1374	Agrippina mellszobra	ismeretlen itáliai szobrász	XVI. sz. vége
OSZ196	59.2	Madonna	Bartolomeo Bellano	1440-1496 v. XIX.sz.
OSZ197	1273	Spanyolgalléros férfiportré	ismeretlen itáliai szobrász	XVI. sz. vége
OSZ198	1446	Padlótégla	ismeretlen é.itáliai mester	XVI. sz.
OSZ199	1172	Madonna tondó	Andrea della Robbia	1435-1525

¹ Egyrészt a mesterek születési és halálozási évszáma, másrészt a művészettörténeti stíluskritika alapján megadva; a XIX. sz. megjelölés az ez utóbbi alapján már felmerült másolásra/hamisításra vonatkozó gyanút mutatja.

² A készítés dátuma a műtárgy hátulján bekarcolva.

A regenerációs TL mérések eredményeit ugyanakkor Zink & Porto (2005) terrakottán végzett összehasonlító vizsgálataiban nem találta megfelelőnek, és másokkal egyetemben (Feathers & Rhodes 1998) arra is rámutatott, hogy az üledékek esetében oly széles körűen alkalmazható OSL sem használható egyöntetűen az égetett agyagtárgyak esetében.

A lumineszcens kormeghatározás másik lényegi pontja a radioaktív elemtartalom mérése, illetve ebből a dózisteljesítmény meghatározása. Műtárgyakból származó minták esetében az általánosan használt technikák (alfa, illetve béta számlálás, gamma-spektroszkópia) a kis anyagmennyiségből kifolyólag igen hosszú mérési időt feltételeznek (Aitken 1985). Eredetiség

vizsgálatok esetében sok esetben ezért átlag értékekkel számolnak a kutatók (Felming & Stoneham 1973, Aitken 1985, Zink & Porto 2005). Egyre elterjedtebbek ilyen téren a röntgen fluoreszcens és ICP vizsgálatok (Zink & Porto 2005), amelyekkel azonban a radon szökéséből eredő, egyébként gyakran megfigyelhető radioaktív egyensúlyhiány nem mutatható ki.

Gyűjtemény és célok

A Szépművészeti Múzeum Régi Szoborgyűjteménye ma több mint 60 darab terrakotta szobrot számlál (gyakorlatilag a teljes anyagot ld. Balogh 1975).



2. ábra OSZ182: Ecce homo - Tommaso Amantini, készítési idő a hátlapba karcolva: 1671. TL eredeti.

Ennek nagyjából a fele a gyűjtemény törzanyagából származik, amely Pulszky Károly 1890-es években történt olaszországi vásárlásaival alakult ki. Pulszky főleg közép- és észak-itáliai, jórészt kora reneszánsz darabokat vásárolt, köztük igen jelentős műveket is. Terrakotta-szerzeményeivel kapcsolatban kiemelendő, hogy azok pontosan tükrözik az anyagra jellemző sokrétű felhasználási formát: az életnagyságú, festett alak mellett előfordul minden bizonnyal másolással készült laposdombormű, vagy kis méretű, modellként szolgáló szoborcsoport is (Eisler 1988). A terrakotta szobrok száma a gyűjtemény későbbi bővülésével is nőtt, a változó tudományos érdeklődést tükrözve részben északi – osztrák, német, francia –, és a barokk korszakból származó darabokkal.

A gyűjtemény terrakotta szobrainak termolumineszcens vizsgálatát két dolog motiválta. Egyrészt az a bizonytalanság, amely egyes tárgyak „eredetiségével” kapcsolatban már a korábbiakban is felmerült, és amely nem tűnt feloldhatónak csupán művészettörténeti eszközökkel; másrészt a gyűjtemény állandó kiállításának 2007 során történt megtervezése, amely kapcsán e bizonytalanságok eloszlata – legalábbis a kiállításra szánt műveknél – gyakorlati szempontból is kívánatosá vált. A szobrok kiválasztását is e két szempont határozta meg, azaz a 22 darab, vizsgálatra került alkotás a valamilyen okból a modern másolat gyanújába került művekből és a kiállításon szerepeltetni kívánt, művészettörténeti szempontból azonban nem minden esetben problémásnak tűnő alkotásokból állt össze (1. táblázat). Utóbbi körbe tartozott egy hitelesen datált és szignált darab is (OSZ182, 1. táblázat, 2. ábra),



3. ábra OSZ187: Álló Krisztus - feltételezett másolata Michelangelo eredetijének. TL másolat.

melyet a vizsgálati eredmények kontrollálásának céljából választottunk ki, továbbá egy monumentális alkotás kisméretű másolata (OSZ187, 1. táblázat, 3. ábra), ahol a másolás időszakára voltunk kíváncsiak.

A mintavétel során a lista öt tételét újabb darabokra kellett cserélnünk, ezeknél ugyanis kiderült, hogy anyaguk a látszat ellenére nem terrakotta. Hangsúlyozni kell továbbá, hogy ilyen jellegű TL mérésekre Magyarországon korábban nem nyílt lehetőség, így azt is tesztelni kívántuk milyen pontossággal alkalmazható a módszer viszonylag fiatalnak tekinthető műtárgyak eredetiségvizsgálatára.

Módszerek

Mintagyűjtés, laboratóriumi feltárás

A mintákat 2,8 mm átmérőjű Dremel típusú wolfram-karbid fúró- és marószárok segítségével gyűjtöttük alacsony fordulatszám mellett, a túlhevülés megakadályozása végett. Az optikai úton történő jelvesztést elkerülendő a művelet hordozható, kis nyomású Na fényforrások tompított sárga fénye mellett végeztük. A lámpák kibocsátási spektruma 581 nm maximummal igen szűk hullámhossztartományra szorítkozik, így mind a földpát, mind a kvarc kristályok fotostimulációja elkerülhető. A mintagyűjtéskor a felső 2 mm-es réteget 5x5 mm-es területen eltávolítottuk, radioaktív elemtartalom meghatározásra félretettük.



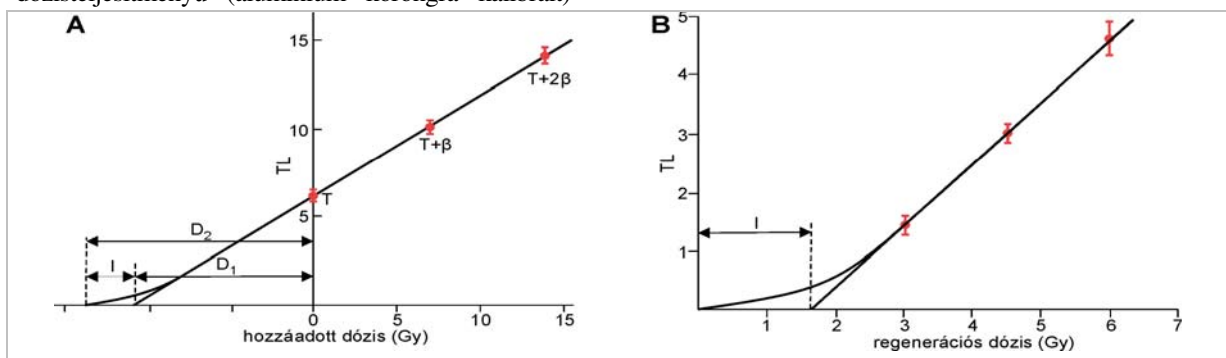
4. ábra Mintagyűjtés volfrám-karbid fűrófejjel, kis nyomású Na fényforrás szűrt fénye mellett

A műtárgyakat ezután 7-10 mm mélységig mintáztuk, így hozzávetőleg 0,3-0,5 g anyagot gyűjtöttünk a részletes lumineszcens vizsgálatokhoz (**4. ábra**).

A laboratóriumi munkák szintén a fent említett fényforrások mellett történtek. Először H_2O_2 , illetve HCl segítségével eltávolítottuk a minták szervesanyag és karbonát tartalmát. Ezután centrifugacsőben, 6 cm-es acetonszuszpenzióban, 6 cm-es acetonszuszpenzióban az eltérő szemcseméretű különböző ülepedési idejét kihasználva leválasztottuk a 4-11 μm közötti szemcsefrakciót (Mauz et al. 2002, Feathers & Rhodes 1998). A feltárást követően egy-egy mintából átlagosan 50-100 mg anyag maradt. Az így nyert poliminerális mintát acetonszuszpenzióból 9,8 mm átmérőjű alumínium korongokra ülepítettük úgy, hogy hozzávetőleg 2,5 mg mennyiségű minta jusson egy-egy korongra. Végeredményben 20-30 db részmintát, azaz korongot tudunk előállítani a mérésekhez.

Az egyenérték dózis meghatározása

Az egyenérték dózis meghatározására szolgáló lumineszcens mérésekhez RISOE DA-15 TL/OSL műszert használtunk, mely 0,089 Gy/s dózisteljesítményű (alumínium korongra kalibrált)



5. ábra (A) Összefüggés a TL jelek, valamint a természetes (T) illetve a hozzáadott dózisok ($T+\beta$, $T+2\beta$) között. A függvény extrapolálásával következtetni lehet a természetes TL-t kialakító paleodózis nagyságára (D_1). (B) A TL jel kezdeti szupralineáris növekedésének demonstrálása regenerációs dózisok segítségével (β , 2β , 3β). Ideális esetben a TL/dózis függvénynek az origóba kellene mutatnia, az ettől való eltéréssel (I) kell korrigálni a hozzáadott dózis módszerrel meghatározott egyenérték dózist ($D_2=D_1+I$) (az ábrák Aitken 1985 alapján készültek).

$^{90}Sr/^{90}Y$ béta sugárforrással rendelkezik. A mérések során a mintából származó lumineszcens fényt Corning 7-59 típusú szűrőn keresztül detektáltuk. Kezdeti méréseink során az optikai stimulációval (OSL-IRSL) történő próbálkozások nem vezettek eredményre a lumineszcens jel kezdeti vagy gyors komponensének (Tsukamoto et al, 2003) gyenge fényintenzitása miatt, ezért végül a mélyebb elektron csapdákat is ürítő termális aktiváció mellett (TL) döntöttünk. A minták viszonylag kis mennyisége és poliminerális jellege miatt a mérésekhez a hozzáadott dózis módszerét (HDM) választottuk. A HDM lényege, hogy mesterségesen hozzáadott, növekvő nagyságú dózisok segítségével vizsgáljuk a mintában a TL jel növekedését. Elviekben a telítődés szintje alatt a dózis növekmény és az ez által előidézett TL növekmény között lineáris összefüggés van (**5a. ábra**). Amennyiben feltételezzük, hogy a lumineszcens jel növekedése a kezdeti időponttól kezdve lineáris, akkor a TL mérések alapján számítható összefüggés extrapolálásával megadható a minta által a kezdőidőponttól abszorbeált paleodózis nagysága (Aitken 1985, Feathers & Rhodes 1998, Novothny & Ujházy 2000).

Mindazonáltal a természetes besugárzódás kezdetén a lumineszcens jel növekedése sokszor nem lineáris (Fleming 1975, Aitken 1985). Ennek hatása leginkább a viszonylag fiatal minták esetében jelentős, így feltétlenül szükség volt az ún. szupralinearitás mértékének meghatározására. Ezt regenerációs dózisok segítségével végeztük el a természetes lumineszcens jel mérése során felhasznált korongokon. Több rész minta csoportot ismét növekvő dózisokkal sugároztunk be, majd meghatároztuk az általuk előidézett lumineszcens jelek nagyságát (**5b. ábra**). Ha a jelnövekedés kezdetben egyenletes, a felrajzolható regressziós egyenes az origóba tart. Legtöbbször mégis máshol metszi a vízszintes tengelyt, mégpedig a jel kezdeti szupralineáris növekedéséből kifolyólag (**5b. ábra**).

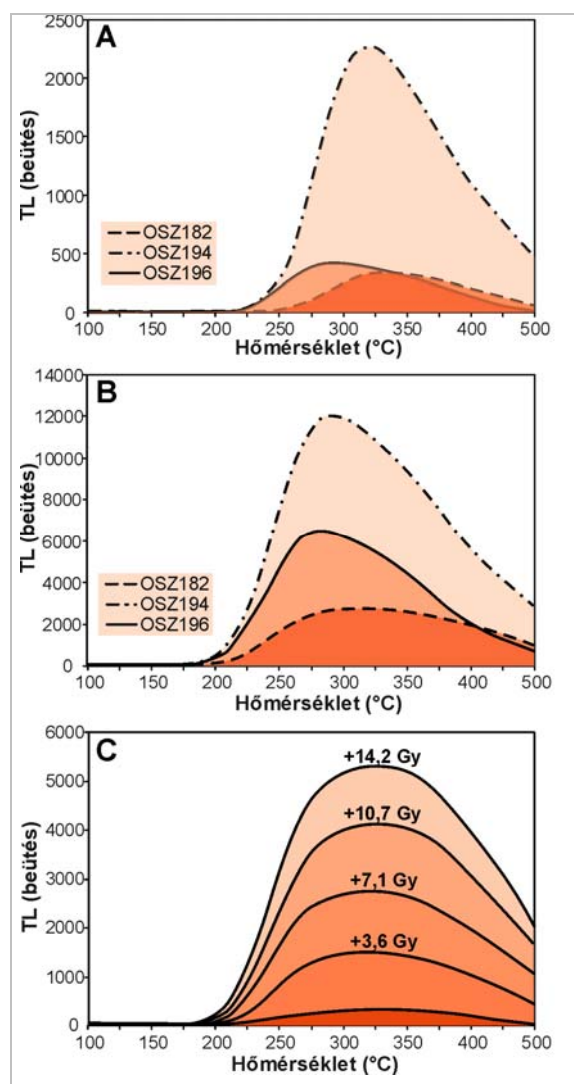


6. ábra OSZ194: Madonna a kis Keresztelő Szt. Jánossal - Benedetto da Maiano. TL eredeti.

Végeredményben az abszcisszán található metszéspont értékét tekinthetjük a szupralinearitás korrekciós faktorának, azaz ennyivel kell kitolnunk a HDM-el meghatározott egyenérték dózis értékét (5a. ábra). A HDM során a dózis nagysága és a gerjesztett lumineszcens jel közötti összefüggés (regressziós egyenes) meghatározásához mintánként 5 pontot generáltunk. Egy-egy pont értékét 2-3 korong átlagából számítottuk. Az egyes minták mennyiségétől függően a paleodózis által előidézett természetes lumineszcens jel szintjét 10-14 korong átlagából határoztuk meg. A természetes TL-hez felhasznált 10-14 korongból 4-8 darabot használtunk a regenerációs egyenes 4 pontjának meghatározásához, 6 korongot pedig a spontán elvesztés mértékének vizsgálatához (azonos mértékű besugárzást követően két korongon azonnal, kettőn 3-4 nap múlva, végül az utolsó kettőn 9-10 nap múlva végeztünk TL méréseket). Az eredményeket Risoe Analyst 3.07b és Excel szoftverekkel értékeltük. Az eredményeket 1σ pontossággal adtuk meg, a hibákat gaussi összefüggések alapján propagáltuk.

Dózisteljesítmény meghatározása

A minták radioaktív elemtartalmának meghatározása röntgen fluoreszcencia (XRF), gamma spektroszkópia, és induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometria (ICP-AES) segítségével történt. XRF-el a minták K tartalmát vizsgáltuk, gamma spektroszkópiával egyes mintákban a radioaktív egyensúlyhiányt próbáltuk értékelni, míg ICP-AES segítségével egyes minták U-nat és Th tartalmát határoztuk meg. A minták porozitását, nedvesség tartalmát, az átlagos radon veszteséget, illetve az alfa sugárzás hatékonyságát irodalmi adatok alapján adtuk meg (Aitken 1985, Feathers 2000, Bailiff 2007, Vieilleigne et al. 2007).



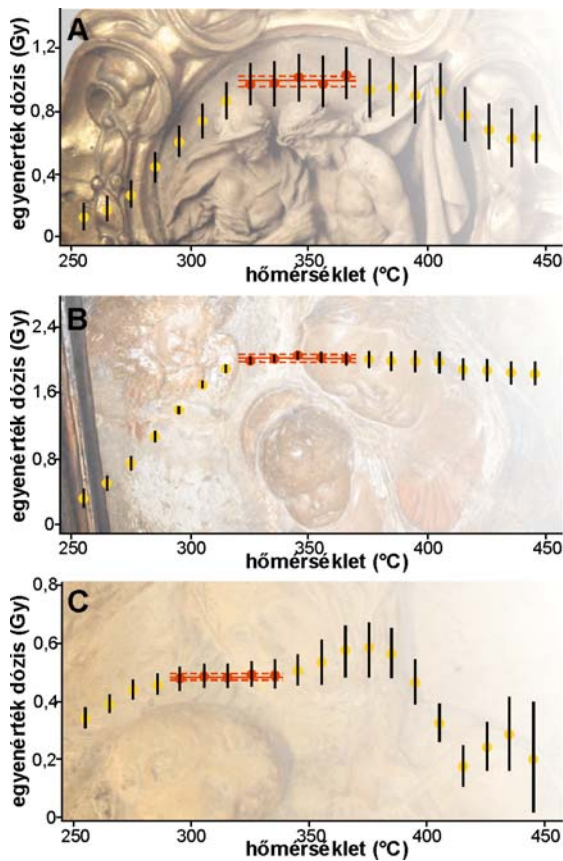
7. ábra (A) Az OSZ182, 194, 196 mintákban mért természetes lumineszcens jel. (B) Ugyanezen mintákban 7,1 Gy hozzáadott dózis esetén mért lumineszcens jel. (C) Az OSZ182 jelű minta TL görbéi különböző mértékű hozzáadott dózisok esetén.

A kozmikus sugárzásból adódó dózisteljesítményt Prescott és Hutton (1994) alapján számítottuk é.sz. 45°-ot és 100 m-es tengerszint feletti magasságot alapul véve.

Eredmények

Egyenérték dózis

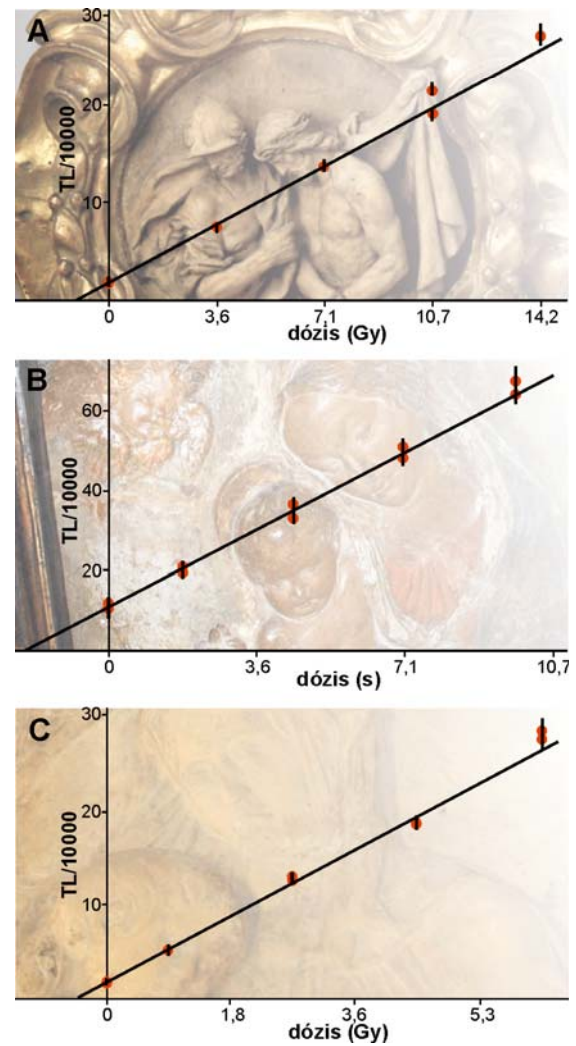
Az egyenérték dózis meghatározása során kapott eredmények az 2. Táblázatban láthatók. Ehelyütt 3 műtárgy vizsgálata során kapott eredményeinket mutatjuk be részletesebben (OSZ182, OSZ194 és OSZ196, lásd 1. táblázat, 2. ábra és 6. ábra).



8. ábra Egyenérték dózis plató tesztek az (A) OSZ 182, (B) OSZ194 és (C) OSZ196 jelű minták esetében.

A **7a. ábrán** a műtárgykból vett mintákon mért természetes TL görbék láthatóak. Az OSZ194 jelű műtárgy esetében feltűnően nagy, a másik két minta (OSZ182 és OSZ196) esetében jóval kisebb, közel hasonló mértékű TL jelet detektáltunk (**7a. ábra**). Összevetve a három minta TL jelét azonos dózisok (7,1 Gy) hozzáadását követően az tapasztaljuk, hogy az egyébként hasonló természetes TL jellel bíró minták eltérően reagálnak, azaz az OSZ196 jelű minta több mint kétszer akkora jelet adott, mint az OSZ182 jelű (**7b. ábra**). Ebből arra következtethetünk, hogy előbbi érzékenyebben reagál a radioaktív besugárzásra, és ugyanaz a dózis magasabb TL jelet eredményez. Ezt alapul véve könnyen belátható, hogy bár hasonló természetes jelet kaptunk, az OSZ196-os mintában ezt kevesebb dózis idézte elő, azaz hasonló dózisteljesítmény mellett ez a minta fiatalabb.

A kiégetést követően a minták által elnyelt dózis mértékét a korábban már bemutatott hozzáadott dózis módszerével határoztuk meg (**5. ábra**). A hozzáadott dózisok lumineszcenciára gyakorolt hatását az OSZ182 minta TL görbéi jól szemléltetik (**7c. ábra**). A közel hasonló alakú görbék csúcsa a hozzáadott dózisok növelésével csaknem lineárisan növekszik (**7c. ábra**).



9. ábra Egyenérték dózis meghatározása hozzáadott dózisokkal az (A) OSZ 182, (B) OSZ194 és (C) OSZ196 jelű minták esetében. OSZ182: $1,01 \pm 0,17$ Gy; OSZ194: $2,01 \pm 0,06$ Gy; illetve OSZ196: $0,45 \pm 0,04$ Gy

Azt, hogy a görbék mely régióját vegyük alapul a TL jel–hozzáadott dózis összefüggés meghatározásához minden egyes mintánál egy dózis plató teszt segítségével határoztuk meg (Aitken 1985, Feathers & Rhodes 1998). Ennek keretében 10°C -onként lépegetve számítottuk ki az összefüggést a TL-növekmények és a hozzáadott dózisok között (**8. ábra**).

Ezután azt a hőmérsékleti tartományt alkalmaztuk a végső összefüggés felállításához, ahol a plató teszt során közel azonos értékeket kaptunk (**8. ábra**). Az összefüggések alapján minden egyes mintára kiszámítottuk a mintában abszorbeált egyenérték dózis nagyságát (**2. táblázat**). A három minta esetében ezek az értékek az alábbi módon alakultak: OSZ182: $1,01 \pm 0,17$ Gy; OSZ194: $2,01 \pm 0,06$ Gy; illetve OSZ196: $0,45 \pm 0,04$ Gy (**9. ábra**).

lab. kód	Th ¹ (ppm)	U ² (ppm)	K ³ (%)	D* _{kom.} ⁴ (Gy/ka)	WF ⁵	D* _{teljes} ⁶ (Gy/ka)	ED (HDM) ⁷ (Gy)	I ⁸ (Gy)	ED _{kor.} ⁹ (Gy)	S ¹⁰	kor ¹¹ (a)	készítési idő
OSZ178	12,7±2,3	1,0±0,3	2,70±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	5,07±0,88	1,44±0,37	0,84±0,06	2,28±0,44	0,98	450±100	1560±100
OSZ179	12,7±2,3	1,0±0,3	2,45±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,75±0,82	1,15±0,13	0,81±0,22	1,96±0,26	1,00	410±90	1600±90
OSZ180	11,9±0,7	1,0±0,3	2,55±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,81±0,84	0,62±0,04	0,41±0,14	1,03±0,14	1,05	210±50	1800±50
OSZ181	12,7±2,3	1,0±0,3	2,34±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,71±0,81	1,33±0,14	1,02±0,04	2,32±0,15	1,03	500±90	1510±90
OSZ182	12,7±2,3	1,0±0,3	2,31±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,68±0,80	1,01±0,17	0,70±0,28	1,71±0,33	0,97	370±90	1640±90
OSZ183	12,7±2,3	1,0±0,3	1,72±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,08±0,69	0,42±0,04	0,23±0,10	0,65±0,11	0,99	160±40	1850±40
OSZ184	12,7±2,3	1,0±0,3	2,23±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,60±0,79	0,96±0,11	0,32±0,17	1,28±0,20	1,01	280±70	1730±70
OSZ185	12,7±2,3	1,0±0,3	2,11±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,47±0,76	1,56±0,10	0,47±0,20	2,03±0,22	1,00	450±90	1560±90
OSZ186	12,7±2,3	1,0±0,3	2,09±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,45±0,76	1,71±0,05	0,23±0,06	1,94±0,08	1,03	440±80	1570±80
OSZ187	12,7±2,3	1,0±0,3	1,51±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	3,86±0,64	0,25±0,05	0,25±0,12	0,50±0,13	1,00	130±40	1880±40
OSZ188	12,7±2,3	1,0±0,3	2,28±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,65±0,80	2,02±0,23	0,66±0,12	2,68±0,26	1,00	580±110	1430±110
OSZ189	10,0±0,1	1,0±0,3	2,41±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,41±0,75	0,88±0,17	0,64±0,13	1,52±0,21	1,04	340±80	1670±80
OSZ190	12,7±2,3	1,0±0,3	2,01±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,37±0,74	0,21±0,04	0,45±0,17	0,66±0,17	0,96	150±50	1860±50
OSZ191	15,4±0,6	1,0±0,3	2,81±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	5,55±0,93	0,10±0,12	1,34±0,21	-	0,73	-	-
OSZ192	12,7±2,3	1,0±0,3	2,07±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,43±0,75	2,12±0,08	0,11±0,07	2,23±0,11	0,95	500±90	1510±90
OSZ193	12,7±2,3	1,0±0,3	2,61±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,98±0,86	1,76±0,06	-0,04±0,14	1,76±0,06	0,96	350±60	1660±60
OSZ194	12,7±2,3	1,0±0,3	2,38±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,58±0,80	2,01±0,06	0,45±0,18	2,46±0,19	0,99	540±100	1470±100
OSZ195	13,4±0,3	1,0±0,3	2,66±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	5,13±0,87	0,83±0,06	0,63±0,18	1,46±0,19	1,10	280±60	1730±60
OSZ196	12,7±2,3	1,0±0,3	2,22±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	5,03±0,87	0,45±0,04	0,08±0,02	0,53±0,04	1,03	120±20	1890±20
OSZ197	12,7±2,3	1,0±0,3	1,81±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,17±0,70	1,52±0,04	0,29±0,01	1,81±0,04	0,97	430±70	1580±70
OSZ198	12,7±2,3	1,0±0,3	2,61±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,98±0,86	0,54±0,03	0,13±0,10	0,67±0,10	0,95	130±30	1880±30
OSZ199	12,7±2,3	1,0±0,3	2,20±0,02	0,18±0,01	0,003±0,001	4,57±0,78	2,29±0,15	0,32±0,05	2,61±0,16	1,04	570±100	1440±100

¹ ICP-AES-el 4 mintára meghatározott Th koncentráció, illetve ezen mérések átlagának kitértsége a további mintákra. A Th hozzájárulása a teljes dózisteljesítményhez átlagos körülmények között kb. 23% (Th: 10 ppm, U: 3 ppm, K: 3%).
² ICP-AES-el vizsgált 4 minta esetében az U koncentráció minimális volt, ezért önkényesen 1,0±0,3 értéket vettünk. Az U hozzájárulása a teljes dózisteljesítményhez átlagos körülmények között kb. 24% (Th: 10 ppm, U: 3 ppm, K: 3%).
³ µXRF-el minem minta esetében külön meghatároztuk. A K hozzájárulása a teljes dózisteljesítményhez átlagos körülmények között kb. 52% (Th: 10 ppm, U: 3 ppm, K: 3%).
⁴ Koszmos sugárzásból eredő dózisteljesítmény Presscott & Hutson (1994) alapján.

⁵ A beszállított nedvességtartalom és az ebből adódó pornterfogat (szintén beszállított érték) átlagos vízfelvételi szorzata.
⁶ Teljes dózisteljesítmény.
⁷ Hozzáadott dózis módszerrel (HDM) meghatározott egyenértékű dózis (ED).
⁸ TL/dózis görbe kezdeti szakaszán tapasztalható szupralineáris korrekciós értéke regenerációs dózissal meghatározva.
⁹ Korrigált egyenértékű dózis.
¹⁰ Spontán jelvézés értéke: TL_{kor.}/TL_{szom.} (Késleltetés a besugárzást követően általában 10 nap).
¹¹ ED_{kor.}/D*_{teljes} 2008-hoz viszonyított kor.

2. táblázat A vizsgált minták dózisteljesítmény, illetve egyenértékű dózis adatai, valamint az ezekből számított korok, illetve készítési idők.

A számított egyenérték dózisok hibái egyrészt egy szisztematikusan beépített komponensből (1,5%) (Boetter Jensen et al. 2003), illetve a regressziós egyenesek pontokhoz való illeszkedéséből adódtak. A megállapított hibák 3-20% között szóródtak, az összes mintát figyelembe véve az átlagos hiba 9% volt.

Regenerációs besugárzások segítségével minden egyes minta esetében meghatároztuk a TL-dózis összefüggés kezdeti szupralinearitásának mértékét is (**2. táblázat**).

Ezt hozzáadva a HDM-mel megadott egyenérték dózishoz megkaptuk a korok kiszámításához alkalmazott korrigált egyenérték dózis értékeket (**2. táblázat**). A fenti három minta esetében így az egyenérték dózis értékek $1,71 \pm 0,33$ Gy-re, $2,46 \pm 0,19$ Gy-re, illetve $0,53 \pm 0,04$ Gy-re módosultak. Jól látható, hogy ha hasonló dózisteljesítményt tételezünk fel, akkor a legidősebb minta az OSZ 194-es, az utána következő az OSZ182-es, míg a legfiatalabb az OSZ196-os. A számítások ezen szakaszán a hibák konzekvens propagálásával az egyenérték dózisok hibáinak átlaga 12%-ra emelkedett.

A földpátásványokra jellemző spontán lumineszcens elvesztés a vizsgálatok alapján mindhárom minta esetében jelentéktelen. Az OSZ182, OSZ194 mintákban 10 napos várakozási idő mellett 1,6 illetve 1,1%-os jelcsökkenést, míg az OSZ 196-os minta esetén átlagban némi TL növekedést tapasztaltunk, de ennek mértéke szintén nem jelentős és a mérések szisztematikusan hibájához közel esik. A minták többségében a fakulásból eredő elvesztés az 1σ határon belül maradt (Zacharias et al. 2005). Jelentős TL intenzitás csökkenést egy esetben tapasztaltunk (OSZ191: -27%) (**2. táblázat**).

E tárgy tekintetében az igen intenzív fakulás az egyenérték dózis meghatározását végül megakadályozta.

Dózisteljesítmény

A minták összes K tartalmát XRF mérésekkel határoztuk meg (Horiba XGT 5000 μ XRF). Az összes K tartalomból a radioaktív ^{40}K izotóp mennyisége számítható. A minták Th és U tartalmát is megkíséreltük ezzel a módszerrel megmérni, de a koncentrációk a kimutatási határérték alatt maradtak (U: 8 ppm; Th: 15 ppm), ami arra utalt, hogy az U, illetve Th tartalom átlagos, illetve az alatti.

Átlagos koncentrációkat alapul véve (^{232}Th : 10 ppm; U-nat: 3 ppm; K: 3%) a ^{40}K izotóp hozzájárulása a dózisteljesítményhez 52%-os, azaz igen jelentős. A Th és U koncentráció pontosabb mérésére tett gamma spektroszkópiás kísérleteink (Canberra, HP Ge n-típusú detektorral ellátott gamma spektrométer) sikertelennek bizonyultak a minták kis mennyisége miatt.

3. táblázat 4 minta Th és U koncentrációjára vonatkozó mérések ICP-AES segítségével.

lab. kód	Th (ppm)1*	U (ppm)
OSZ180	11,9 \pm 0,7	< 2 ppm
OSZ189	10,0 \pm 0,1	< 2 ppm
OSZ191	15,4 \pm 0,6	< 2 ppm
OSZ195	13,4 \pm 0,3	< 2 ppm
*3 mérés átlaga, illetve szórása alapján		

Négy minta esetében ezért ICP-AES segítségével további méréseket végeztünk (3. táblázat). Ezek rámutattak arra, hogy a vizsgált anyagok Th tartalma átlagos vagy annál valamivel magasabb, U tartalma, viszont az átlagosnál alacsonyabb, a kimutatási határérték (1-2 ppm) alatti. A Th esetében a négy ICP-AES eredmény átlagát kiterjesztettük a további mintákra is, így azok estében $12,7 \pm 2,3$ ppm koncentrációval számoltunk. Az U tekintetében mivel mindhárom mérési módszer igen alacsony koncentrációkra utalt végül általánosan 1 ppm körüli értéket feltételeztünk, melyet viszonylag magas, 33%-os hibával terheltünk meg (**2. táblázat**). A fenti értékek kiterjesztése mellett szólt, hogy a K tartalom tekintetében a minták igen hasonló eredményeket produkáltak, így várható volt, hogy a Th és U értékek sem mutatnak extrém eltéréseket.

A koncentrációkból konverziós egyenletek segítségével számítottuk az egyes sugárzási komponensek dózisteljesítményét (Adamiec & Aitken 1998). Az U, illetve Th bomlása során jelentkező alfa sugárzás hatékonyságát irodalmi adatok alapján (Aitken 1985, Feathers 2000) $10 \pm 2\%$ -osnak vettük. A radioaktív egyensúly esetleges hiányát, amely a gáznemű ^{222}Rn urán bomlási sorból történő távozásából adódhat, hosszú idejű (72 órás) gamma spektrometriával igyekeztünk megállapítani. Bár csak hozzávetőleges eredményeket kaptunk, kitént, hogy számolnunk kell a radon szökéséből adódó dózisteljesítmény csökkenéssel.

A radon veszteséget irodalmi adatok alapján $15 \pm 15\%$ -ra tettük (Bailiff 2007).

A terrakotta nedvességtartalmát (W), amely jelentős abszorpciójával csökkentheti a földpát és kvarc ásványokban elnyelt dózist (Aitken 1985), alacsonyra: 2-3 tömeg % közöttire tettük (Bailiff 2007). A terrakotta maximális vízfelvételét irodalmi adatok alapján 20 ± 5 tömeg %-nak vettük (Kausay 1999, Yang et al. 2005). A fentiek alapján a részleges vízfelvétel (F) a maximális felvétel $12,5 \pm 4,0\%$ -ának adódott.



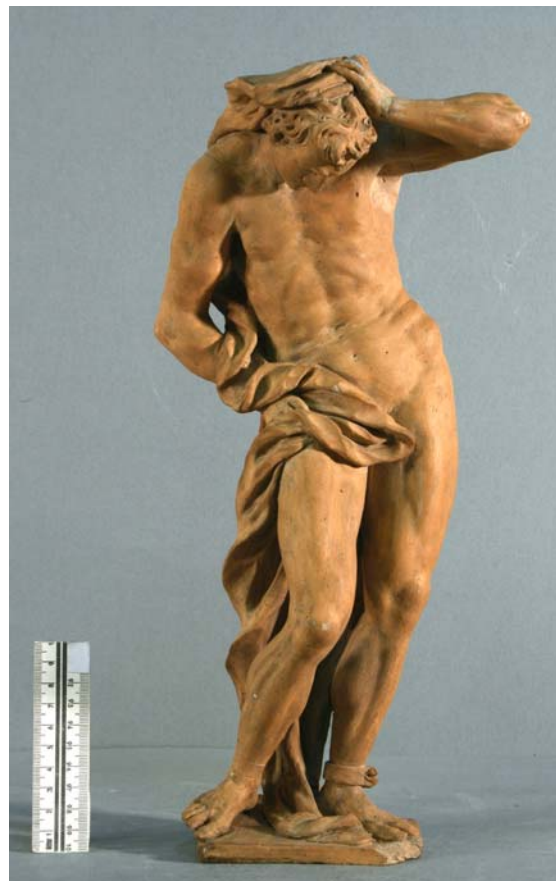
10. ábra OSZ190: Dogeportré - Pietro Lombardi. TL másolat.

A különböző sugárzástípusok dózisteljesítményét Zimmermann (1971) alapján eltérő mértékben korrigáltuk. A nedvességtartalomban rejlő bizonytalanságok jelentős hibával járultak hozzá a számításokhoz (**2. táblázat**). A fentiek alapján meghatározott dózisteljesítmény értékek 17% körüli hibával 3,86 és 5,55 Gy/ka között ingadoztak (**2. táblázat**).

A lumineszcens eredmények művészettörténeti interpretációja

A vizsgált anyagban a mérési eredmények alapján művészettörténeti szempontból több csoportot lehetett megkülönböztetni. Összesen 12 olyan szobor volt (OSZ178, 179, 181, 182, 184, 185, 186, 188, 192, 194, 197, 199), melyek esetében a lumineszcens mérések, és a művészettörténeti háttér információk is a műalkotás eredetiségét támasztották alá (4. táblázat). Így a műalkotások közül 10 egyértelműen reneszánsz, további 2 pedig barokk korúnak tekinthető. Megnyugtató módon ebbe a csoportba tartozik a kontrollálásként kiválasztott mű is (OSZ182), melynél az égetési időintervallum középértéke (1640) harminc évvel tért el a készítés időpontját jelölő, bekarcolt évszámtól (1671) (**2. ábra**).

Öt olyan tárgyunk van (OSZ180, 187, 190, 196, 198), melyeknél az eredményként kapott égetési középérték modern kori másolásra/hamisításra utal (**4. táblázat**). Négyenél ez a lehetőség kisebb-nagyobb mértékben már a korábbiakban is felmerült. Közöttük van Michelangelo Feltámadt Krisztust ábrázoló monumentális márvány-szobrának (Róma, Santa Maria sopra Minerva), ezek szerint nagy eséllyel a 19. században, tehát leginkább a souvenir kategóriájába – erre utal a minősége is – sorolható másolata (OSZ187, **3. ábra**), illetve a korábban Pietro Lombardi (1435–



11. ábra OSZ183: Atlasz - Leonhard Sattler. TL kérdéses.

1515) műhelyének tulajdonított, újabban már 19. századi másolatként felmerülő Doge-portré (OSZ190) (**10. ábra**).

Noha az ötödik darab (OSZ198) esetében a másolat/hamisítvány kérdés eddig nem vetődött fel, a természettudományos eredmény ismeretében már művészettörténeti szemszögből sem tűnik kizárhatónak a modern kori készítés, amelynek körülményeit további kutatásokkal feltehetően valamelyest tisztázni is lehetne.

A következő csoportban négy olyan szobor található (OSZ189, OSZ191, OSZ193, OSZ195), melyeknél a kapott eredmények az eddigi művészettörténeti datálás határterületére esnek (4. táblázat). Ezekkel a darabokkal érdemes tehát még tovább foglalkozni, mégpedig mindkét oldalról. Kíváncos lenne a természettudományos eredmények felülvizsgálata új tényezők bevonásával, az időintervallumok szűkítése érdekében is. Másrészt az eddigi, egyik esetben sem mélyrehatóan tekinthető művészettörténeti keltezését újabb kutatásokkal kellene megerősíteni, vagy átértékelni.

Egyetlen tárgyunk (OSZ183) maradt utolsó csoportként, melynél a természettudományos és a művészettörténeti eredmény nagymértékben eltér egymástól (**4. táblázat**, **11. ábra**).

4. táblázat A vizsgált műtárgyak művészettörténeti és termolumineszcens korának összevetése, valamint a tárgyak eredetiségének értelmezése.

lab. kód	szerző: tárgy	művészettörténeti kor	TL kor	értelmezés
OSZ178	é.italiai szobrász: Adoráló angyal	XVI. sz. közepe	1560±100	eredeti
OSZ179	Sansovino: Ülő próféta	1486-1570	1600±90	eredeti
OSZ180	italiai szobrász: Krisztus-büszk	XVI. sz. v. XIX. sz.	1800±50	másolat
OSZ181	Vittoria: Szt. Jeromos	1525-1608	1510±90	eredeti
OSZ182	Amantini: Ecce homo	1671 ³	1640±90	eredeti
OSZ183	Sattler: Atlasz	1676-1744	1850±40	kérdéses
OSZ184	Hagenauer: Fekvő férfi akt	1732-1811	1730±70	eredeti
OSZ185	Bardi: Szt. Ágoston	1460-1527	1560±90	eredeti
OSZ186	Pilon: Krisztus fej	1537-1590 v. XVIII. sz.	1570±80	eredeti
OSZ187	Michelangelo után: Álló Krisztus	XIX. sz.	1880±40	másolat
OSZ188	Maiano: Krisztus és a samáriai asszony	1442-1497	1430±110	eredeti
OSZ189	német szobrász: Szt. Anna harmadmagával	XVII. sz. eleje	1670±80	kérdéses
OSZ190	Lombardi: Dogeportré	1435-1515 v. XIX. sz.	1860±50	másolat
OSZ191	italiai szobrász: Kiáltó férfi	XVI. sz.	-	kérdéses
OSZ192	Portigiani: Madonna	1408-1470	1510±90	eredeti
OSZ193	é.italiai szobrász: Madonna Szt. Jánossal	XVIII. sz. eleje	1660±60	kérdéses
OSZ194	Maiano: Madonna a kis Szt. Jánossal	1442-1497	1470±100	eredeti
OSZ195	italiai szobrász: Agrippina mellszobra	XVI. sz. vége	1730±60	kérdéses
OSZ196	Bellano: Madonna	1440-1496 v. XIX.sz.	1890±20	másolat
OSZ197	italiai szobrász: Spanyolgalléros férfiportré	XVI. sz. vége	1580±70	eredeti
OSZ198	é.italiai mester: Padlótégla	XVI. sz.	1880±30	másolat
OSZ199	Robbia: Madonna tondó	1435-1525	1440±100	eredeti

Utóbbi azonban elég egzaktnek tűnik ahhoz, hogy ne legyen érdemes elvetni.

Egy gyakorlatilag kizárólag bozzettóként, azaz előtanulmányként értékelhető, kis méretű szoborról van szó, mely alapján a kőből készült, ma is meglévő monumentális alkotást, Leonhard Sattler (†1744) életnagyságnál nagyobb atlaszfiguráját 1712–1713-ban kifaragták a Sankt Florian-i (Felső-Ausztria) bencés apátság egyik kapujához (a bozzetto égetési dátumának 1850±40-et kaptunk). Nem igen találni olyan célt, amely miatt több e kőszobrot érdemes lett volna kis méretben lemásolni, ráadásul ebben az esetben nehezen lennének magyarázhatók azok az apró változtatások, amelyek bozzetto és kivitelezett mű között a méretkülönbség miatt gyakorta, így itt is megjelennek.

Összegzés

A Szépművészeti Múzeum Régiszobor Gyűjteményének 22 db terrakotta műalkotásán elvégzett TL vizsgálatok összességében 17 esetben szolgáltatott művészettörténeti szempontból is megnyugtató eredményt. Az általunk alkalmazott módszerekkel, a szobrok anyagában a kiégetés óta elnyelt dózis értékét átlagosan 9%-os hibával tudtuk megadni. Ezt ki kell egészíteni azzal, hogy az idősebb, főleg reneszánsz korú minták esetében jóval pontosabb eredményeket kaptunk (akár 3-4%-os hiba), mint a modern másolatok esetében (akár 20-25%-os hiba). Ennek oka, hogy a 100-200 éves minták tekintetében a felhalmozódott lumineszcens jel még kifejezetten alacsony, közelebb esik a mérési határhoz, így szükségszerűen a véletlen hibák arányai emelkednek.

A végeredményként megadott korok átlagosan 21%-os hibával terheltek. Ennek hátterében elsősorban a műtárgyak anyaga által meghatározott dózisteljesítményben rejlő bizonytalanság áll. A radioaktív elemkoncentrációk minden tárgyra kiterjedő pontosabb mérése (ICP-MS, illetve alfa, béta-számlálás), illetve az egyes terrakották fizikai paramétereinek meghatározása (pl, pórustérfogat) jelentősen csökkenthetné a végeredmények hibáit. Ilyen irányú méréseket követően a koradatok középértékei ha nem is jelentősen (10-15%-kal), de eltolódhatnak, ami a most még kérdéses műtárgyak esetében elmozdíthatná a mérleg nyelvét. Hozzá kell azonban még azt is tenni, hogy ezen szobrok esetében a hiányos művészettörténeti háttér-információ bővítésével az is beigazolódhat, hogy a most megadott TL korok helyesek.

Összességében megállapítható, hogy a fenti hibák ellenére TL méréseink segítségével megnyugtatóan el tudtuk különíteni a modern kori másolatokat az eredeti műalkotásoktól, sőt majd minden esetben a reneszánsz és a barokk készítési idő között is különbséget tudunk tenni. Egy esetben fordult elő, hogy az anyag igen rossz lumineszcens tulajdonságai miatt (spontán jel fakulás) nem tudunk végeredményt szolgáltatni, míg egy másik esetben a természettudományos és a művészettörténeti kor jelentős eltérést mutatott.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a Szépművészeti Múzeum és az OTKA PD73379 számú pályázatának támogatását, illetve az alábbi személyeknek a közreműködést a mintavételezésben, laboratóriumi munkákban és a művészettörténeti elemzésben: Bozsó Gábor, Galambos Éva, Kiss Tímea, May Zoltán, Pattantyús Manga, Páll Dávid Gergely.

Irodalom

ADAMIEC, G., AITKEN, M. J. (1998): Dose-rate conversion factors: update. *Ancient TL* **16/2**:37–49.

AITKEN, M. J. (1985): *Thermoluminescence Dating*. Academic Press, London.

AITKEN, M. J. (1998): *An Introduction to Optical Dating*. Oxford University Press. London.

AITKEN, M. J., ZIMMERMANN, D. W., FLEMING, S. J. (1968): Thermoluminescent dating of ancient pottery. *Nature* **219**:442–444.

BAILIFF, I. K. (2007): Methodological developments in the luminescence dating of brick from English Late-Medieval and Post-Medieval Buildings. *Archaeometry* **49/4**:827–851.

BALOGH, J. (1975): *Katalog der ausländischen Bildwerke des Museums der Bildenden Künste in Budapest. I–II*. Budapest.

BENKŐ, L. (1988): Thermoluminescence dating of Hungarian archaeological sites (potteries, hearths, calcite). In: *Archaeometrical research in Hungary*. Ed. Járó, M., Költő, L. Központi Múzeumi Igazgatóság, 71–81.

BOETTER-JENSEN, L., MCKEEVER, S. W. S., WINTLE, A. G. (2003): *Optically Stimulated Luminescence Dosimetry*. Elsevier Science, Amsterdam.

BOUCHER, B. (2001): Italian Renaissance Terracotta: Artistic Revival or Technological Innovation? In: *Earth and Fire. Italian Terracotta Sculpture from Donatello to Canova*. Ed. Boucher, B. New Haven – London, 1–31.

EISLER, J. (1988): Pulszky Károly és Pulszky Ferenc szoborgyűjteménye. Pulszky Károly szoborvásárlásai. In: *Pulszky Károly emlékének*. Szerk. Mravik L., Budapest, 70–72.

ERDÉLYI, B. (1988): Thermoluminescence dating in the history of architecture. In: *Archaeometrical research in Hungary*. Ed. Járó, M., Költő, L. Központi Múzeumi Igazgatóság, 83–88.

FEATHERS, J. (2000): Date List 7: Luminescence dates for Prehistoric and Protohistoric pottery from the American Southwest. *Ancient TL* **18/2**:51–61.

FEATHERS, J. K., RHODES, D. (1998): Luminescence Dating of Protohistoric pottery from the Great Basin. *Geoarchaeology* **13/3**:287–308.

FLEMING, S. J. (1966): Study of thermoluminescence of crystalline extracts from pottery. *Archaeometry* **9/1**:170–173.

FLEMING, S. J. (1970): Thermoluminescent dating: refinement of the quartz inclusion method. *Archaeometry* **12**:133–147.

FLEMING, S. J. (1973): The pre-dose technique: a new thermoluminescence dating method. *Archaeometry* **15**:13–30.

FLEMING, S. J. (1975): Supralinearity corrections in fine grain thermoluminescence dating: a re-appraisal. *Archaeometry* **16**:91–95.

FLEMING, S. J., STONEHAM, D. (1973): Thermoluminescent Authenticity Study and Dating of Renaissance Terracottas. *Archaeometry* **15/2**:239–247.

GODRFEY-SMITH, D. I., DEAL, M., KUNELIUS, I. (1997): Thermoluminescence dating of St. Croix Ceramics: chronology building in Southwestern Nova Scotia. *Geoarchaeology* **12/3**:251–273.

HUBBARD, C., MOTTURE, P. (2001): The Making of Terracotta Sculpture: Techniques and Observations. In: *Earth and Fire. Italian Terracotta Sculpture from Donatello to Canova*. Ed. Boucher, B. New Haven – London, 83–95.

- KAMMEL, F. M. (2002): Tonplastik im Mittelalter. Ein Überblick zu Bestand und Verbreitung im deutschen Sprachraum. In: *Die Apostel aus St. Jakob. Nürnberger Tonplastik des Weichen Stils. Hg. Kammel, F. M.* Nürnberg, 8–29.
- KAUSAY, T. (1999): Víztartalom, vízfelvétel, látszólagos porozitás. <http://www.betonopus.hu/notesz/viztartalom.pdf>
- KURZ, O. (1961): Falsi e falsari. Venezia, Pozzo 170–175.
- MAUZ, B., BODE, T., MAINZ, H., BLANCHARD, W., HILGER, R., DIKAU, R., ZÖLLER, L. (2002): The luminescence dating laboratory at the University of Bonn: equipment and procedures. *Ancient TL* **20**:53–61.
- MARTINI, M., SIBILIA, E. (2006): Luminescence dating and cultural heritage. *Archeometriai Műhely* **3/1**:3–11.
- MEJDAHL, V. (1969): Thermoluminescence dating of ancient Danish ceramics. *Archaeometry* **11/1**:99–104.
- MURRAY, A. S., WINTLE, A. G. (2000): Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements* **32**:57–73.
- NOVOTHNY, Á. UJHÁZY, K. (2000): A termo- és optikai lumineszcens kormeghatározás elméleti alapjai és gyakorlati kérdései a negyedidőszaki kutatásokban. *Földrajzi Értesítő* **49/3-4**:165–187.
- PRESCOTT, J. R., HUTTON, J. T. (1994): Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term time variations. *Radiation Measurements* **23**:497–500.
- TSUKAMOTO, S., RINK, W. J., WATANUKI, T. (2003): OSL of tephritic loess and volcanic quartz in Japan and an alternative procedure for estimating De from a fast OSL component. *Radiation Measurements* **37**:459–465.
- VALLADAS, H., MERCIER, N., FROGET, L., JORON, J. L., REYSS, J. L., AUBRY, T. (2001): TL dating of Upper Palaeolithic sites in the Coa Valley (Portugal). *Quaternary Science Reviews*
- VIEILLEVIGNE, E., GUIBERT, P., BECHTEL, F. (2007): Luminescence chronology of medieval citadel Termez, Uzbekistan: TL dating of brick masonries. *Journal of Archaeological Science* **34**:1402–1416.
- WANG, W., XIA, J., ZHOU, Z. (2006): Thermoluminescence dating of the ancient Chinese porcelain using a regression method of saturation exponential in pre-dose technique. *Science in China* **49/2**:194–209.
- WINTLE, A. G. (1973): Anomalous fading of thermoluminescence in mineral samples. *Nature* **245**:143–144.
- WINTLE, A. G. (2008): Fifty years of luminescence dating. *Archaeometry* **50/2**:276–312.
- WINTLE, A. G., MURRAY, A. S. (2006): A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. *Radiation Measurements* **41**:369–391.
- YANG, X. Y., KADEREIT, A., WAGNER, G. A., WAGNER, I., ZHANG, J. Z. (2005): TL and IRSL dating of Jiahu relics and sediments: clue of 7th millenium BC civilization in central China. *Journal of Archaeological Science* **32**:1045–1051.
- ZACHARIAS, N., BUXEDA I GARRIGÓS, J., MOMMSEN, H., SCHWEDT, A., KILIKOGLU, V. (2005): Implications of burial alteration on luminescence dating of archaeological ceramics. *Archaeological Science* **32**:49–57.
- ZIMMERMAN, D. W. (1967): Thermoluminescence from fine grains from ancient pottery. *Archaeometry* **10/1**:26–28.
- ZIMMERMAN, D. W. (1971): Thermoluminescent dating using fine grains from pottery. *Archaeometry* **13**:29–52.
- ZINK, A., PORTO, E. (2005): Luminescence dating of the Tanagra terracottas of the Louvre Collections. *Geochronometria* **24**:21–26.

TÖRÖKKORI HIDRAULIKUS VAKOLATOK ÉS HABARCSOK A BUDAPESTI CSÁSZÁR-FÜRDŐBŐL

PINTÉR FARKAS¹, G. LÁSZAY JUDIT², BAJNÓCZI BERNADETT³, TÓTH MÁRIA³,
JOHANNES WEBER⁴

¹Scientific Laboratory - Federal Bureau for Monument Protection, A-1030 Vienna, Arsenal Objekt 15, Tor 4, Austria, E-mail: farkas.pinter@bda.at

²Kulturális Örökségvédelmi Hivatal, 1014 Budapest, Táncsics M. u. 1.

³MTA Geokémiai Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45.

⁴Institute of Art and Technology - Conservation Sciences, University of Applied Arts Vienna, A-1010 Vienna, Salzgries 14/1, Austria

Abstract

During the recent restoration of the Ottoman part of the Császár Bath in Budapest, dated back to the 16th century, brick-lime plasters and mortars of different colours (white, pink, and red) were identified in the interior. Archaeometric study of brick-lime plasters and mortars aimed at determining their composition, hydraulic properties as well as to reveal the preparation technology. In the brick-lime mixtures, commonly used in the Ottoman times for several water-resistant building constructions (e.g. baths), brick fragments and brick dust play a role as pozzolanas (latent hydraulic aggregates) in the formation of the hydraulic character of mortars and plasters. Preliminary results indicate that the lime used for producing mortars and plasters also had hydraulic properties. The high Si content of the limy matrix, zoned "lime lumps" containing high amount of Si, silicate grains with Ca-rich diffusion rims and the card-house microstructure of the matrix suggest that the lime was produced by calcination of impure limestone (i.e. limestone with silicate impurities).

Kivonat

A budapesti Császár-fürdő 16. századi, törökkori részének utóbbi években történő felújítása során különböző színű (fehér, rózsaszín és vörös), tégláörleményes vakolatok és habarcsok kerültek elő. Anyagtudományi szempontú archeometriai kutatásunk a vakolatok és habarcsok összetételének, hidraulikus tulajdonságainak és készítési technológiájának vizsgálatára irányult. Az Oszmán Birodalomban elterjedten használt, jellemzően nedves környezetekben (pl. fürdők, vízvezetékek) alkalmazott tégláörleményes építőanyagokban a mészhez kevert nagy mennyiségű tégláörlemény és -por a vakolatok és habarcsok színezése mellett puzzolános (látens hidraulikus) adalékanyagként szerepet játszott a hidraulikus (víz hatására ill. víz alatt kötő) jelleg kialakításában. Emellett a fürdő habarcsainak és vakolatainak előállításához használt mész is rendelkezhetett bizonyos mértékű hidraulicitással. Az előzetes vizsgálatok alapján feltételezzük, hogy a magas Si-tartalmú meszes mátrix, a Si-tartalmú zónás relikv „mészcsomók”, a szilikátszemcsék hőhatásra kialakuló Ca-diffúziós szegélyei és a kötőanyag kártyavár-szerkezete nem tiszta mészkőből történt mészégetésre utalnak.

KEYWORDS: BRICK-LIME PLASTER, MORTAR, HYDRAULIC, OTTOMAN BATH

KULCSSZAVAK: TÉGLAÖRLEMÉNYES VAKOLAT, HABARCS, HIDRAULIKUS, TÖRÖK FÜRDŐ

Bevezetés

Víz hatására megkötő habarcsok és vakolatok előállítására két alapvető történelmi technológia ismeretes. Mindkét eljárás során hasonló, Ca-, Si-, Al- és Fe-komponensekből álló termékek keletkeznek, amelyek képesek a szerkezetükben vizet megkötöni.

A természetes vagy mesterséges, reaktív kova-tartalmú anyagok, mint pl. vulkáni tufa, kerámiaörlemény - az ún. puzzolánok vagy más néven látens hidraulikus adalékanyagok -, oltott mészhez adagolva víz jelenlétében hidrát-komponenseket hoznak létre. Az ilyen habarcsok

nemcsak vízállóak, de a normál mészhabarcsoknál jóval nagyobb fizikai és mechanikai igénybevételt is elviselnek. Már az ókori görögök, majd később a rómaiak is magas szintre fejlesztették ezt a technológiát, amely lehetővé tette számukra vízvezetékek, hidak és fürdők építését; az öntött elemek készítésénél a modern betontechnológiához hasonló eljárásokat is alkalmaztak. A tört és örölt téglákat, amelyet az ókori rómaiak *cocciopesto*nak, Törökországban *horasannak* hívnak, a Bizánci Birodalomban számos helyen alkalmazták és a technológia, elsősorban fürdőépületek építésénél, az Oszmán Birodalomban is fennmaradt (Böke et al, 2006).



1. ábra A budapesti Császár-fürdő és törökkori téglárólleményes vakolatmaradványok a fürdőből.

A 18. század végén jelentős változás következett be a hidraulikus kötőanyagok előállításának területén. Az agyagos mészkövek (természetes hidraulikus mész, NHL) vagy márgák (természetes cementek) égetése során olyan Ca-szilikát és Ca-aluminát fázisok keletkeznek, amelyek vízzel reagálva megnövekedett mechanikai paraméterű és tartósságú habarcsok előállítására alkalmasak. A 19. század második felétől kezdődően e technológia fejlődése lehetővé tette a magas hőmérsékleten égetett portlandcementek gyártását. Agyagos mészkövek és márgák 800-900°C közötti égetésekor az agyagásványok és egyéb szilikátok a mésszel hidraulikus tulajdonságokkal rendelkező (víz hatására megkötő) Ca-aluminát és -szilikát fázisokat hoznak létre. A maximális égetési hőmérséklet a természetes hidraulikus meszek és természetes cementek esetében 1200°C. A modern portlandcementeket mészkő és agyag mesterséges keverékéből égetik a zsugorodási hőmérséklet felett (1400°C), a hidraulikus klinkerfázisok az olvadákfázis lehülése során keletkeznek (Weber et al, 2007).

Az oszmán hódoltság alatt a megszállók számos épülettel, többek között termál- és gőzfürdőkkel gazdagították a magyarországi építészetet. Az egyik legnagyobb török fürdő az 1574-75-ben Sokollu Mustafa által építtetett (Lászy & Papp, 2007), majd az azt követő évszázadokban többször is átépített-kibővített Császár-fürdő (**1a. ábra**), ahol 2007-ben kezdődött és jelenleg is folyik a fürdő modern igényeknek megfelelő átalakítása. Az ehhez a munkálatokhoz szorosan kapcsolódó régészeti-restaurátori kutatások elsődleges célja az eredeti beltéri színvilág feltárása és rekonstrukciója.

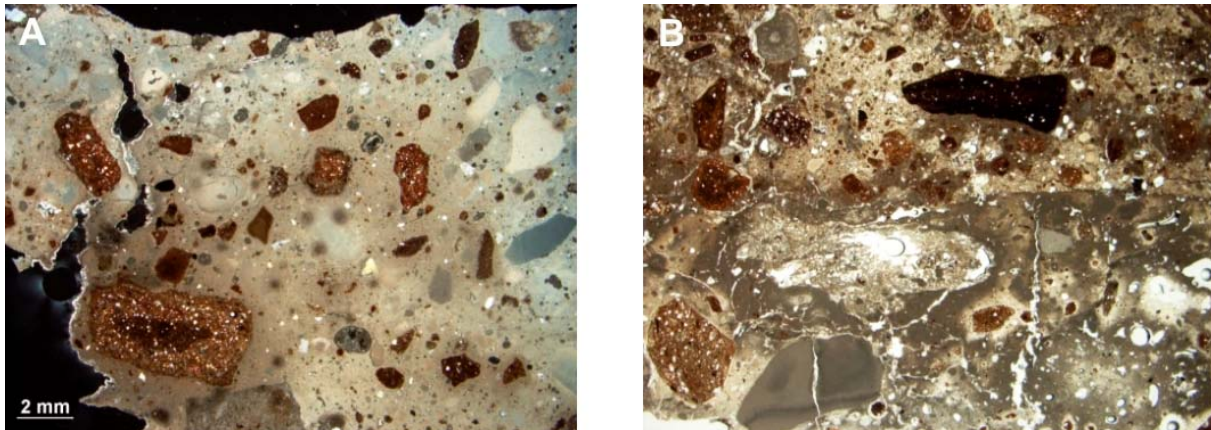
Az eredeti, 16. századi habarcsok és vakolatok archeometriai kutatása ezen interdiszciplináris együttműködés egyik fő részét képezi. A kutatások során különböző színű (fehér, rózsaszín és vörös) törökkori téglárólleményes vakolatok és habarcsok kerültek elő a későbbi kiegészítések, javítások alól (**1b. ábra**).

A habarcsok és vakolatok fizikai, ásványtani és mikroszerkezeti tulajdonságainak vizsgálata segítségével választ kaphatunk az alkalmazott anyagok hidraulikus tulajdonságaira vonatkozólag, amelyek elengedhetetlen információkkal szolgálnak a fürdőben történt felhasználásuk jobb megértéséhez ill. a helyreállítás során felhasználandó anyagok megválasztásánál. Ebben a rövid tanulmányban néhány előzetes eredményt mutatunk be a habarcsok és vakolatok tulajdonságairól. A vizsgálatok során elsődlegesen az ásvány-közetanban és geokémiában használatos klasszikus anyagvizsgálati módszereket alkalmaztuk: röntgen-pordiffrakciós fázisanalízis (Philips PW 1730 röntgen-pordiffraktométer, Cu K α sugárzás, 45 kV feszültség), szöveti vizsgálat polarizációs mikroszkóppal (Nikon SMZ 1500 és Olympus BX-40), valamint mikroszveti, -morfológiai és -kémiai elemzés pásztázó elektronmikroszkóppal (Philips XL30 ESEM, LINK EDX és Zeiss MA15 EVO, Oxford DryCool EDX).

Eredmények

Polarizációs mikroszkópia

A mikroszkópos vizsgálatok alapján mindhárom színű vakolat és habarcs kötőanyaga mikrokristályos Ca-karbonát („mikrit”), amely szokatlanul alacsony kettőtöréssel, felhős-diffúz szerkezetekkel és a tégláróllemények körül tömött zónákkal rendelkezik (**2. ábra**). Az aggregátumok (homok) aránya nagyon alacsony, csak kevés kvarc- és földpátszemcse azonosítható. A minták rózsaszín-vöröses árnyalatú színeiért a látens hidraulikus adalékanyag szerepét betöltő, max. 2 mm nagyságú téglapor és tégláróllemények a felelősek. A halványbarna-sötétvörös színű tégláróllemények zömében csillám- (muszkovit-biotit), kvarc- és földpátszemcséket, valamint a vörös színt okozó vasoxid-ásványokat tartalmaznak. Néhány nagyobb szemcsében sötétebb vagy világosabb reakciószegélyek is megfigyelhetők (**2. ábra**).



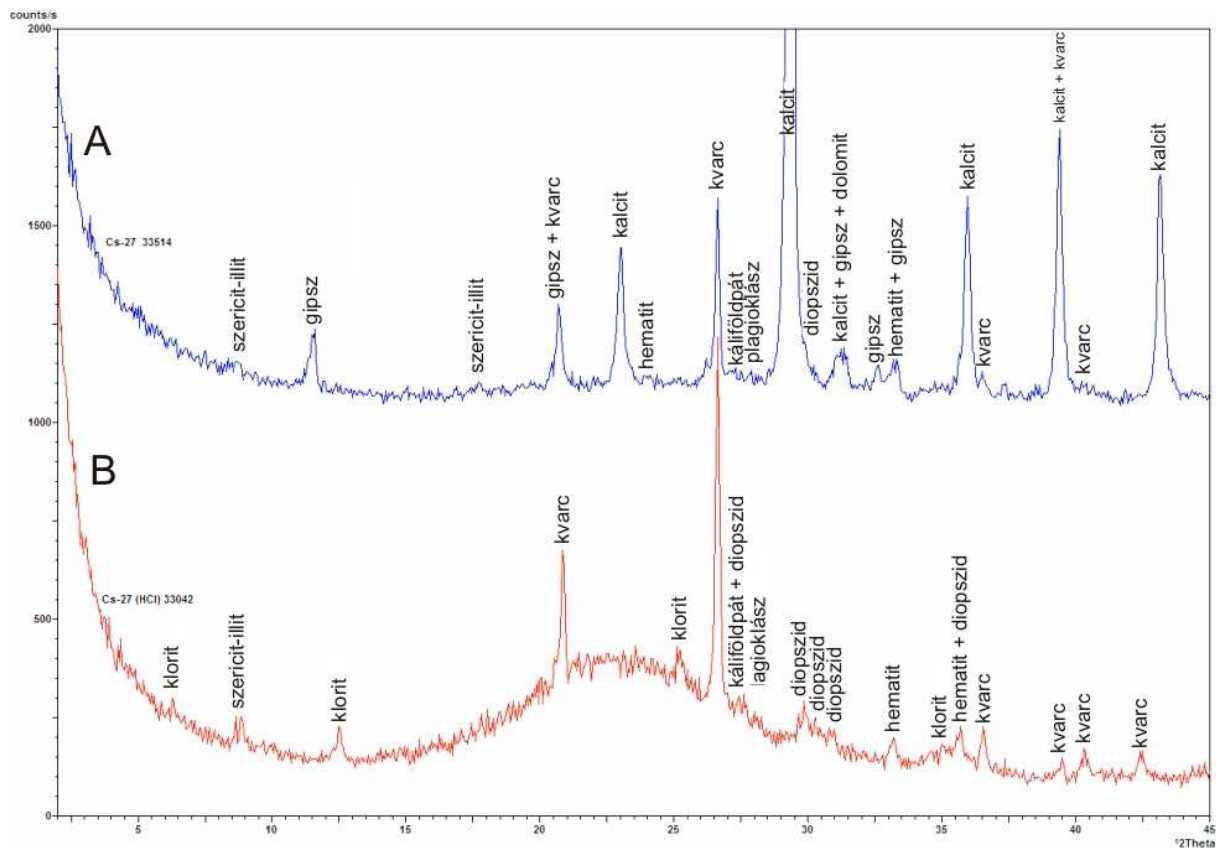
2. ábra Polarizációs mikroszkópi felvételek. **A.** fehér, vízvezeték-beágyazó habarcs (+N), **B.** rózsaszín (alul) és vörös (felül) tégláróléményes vakolatrétegek (1N, képszélesség: 8 mm).

Részben zónás felépítést mutató, finomszemcsés és eredetét tekintve valószínűleg a kötőanyaghoz kapcsolódó, alacsony kettőtörésű ún. "mészcsomók" szintén megfigyelhetők az alapanyagban.

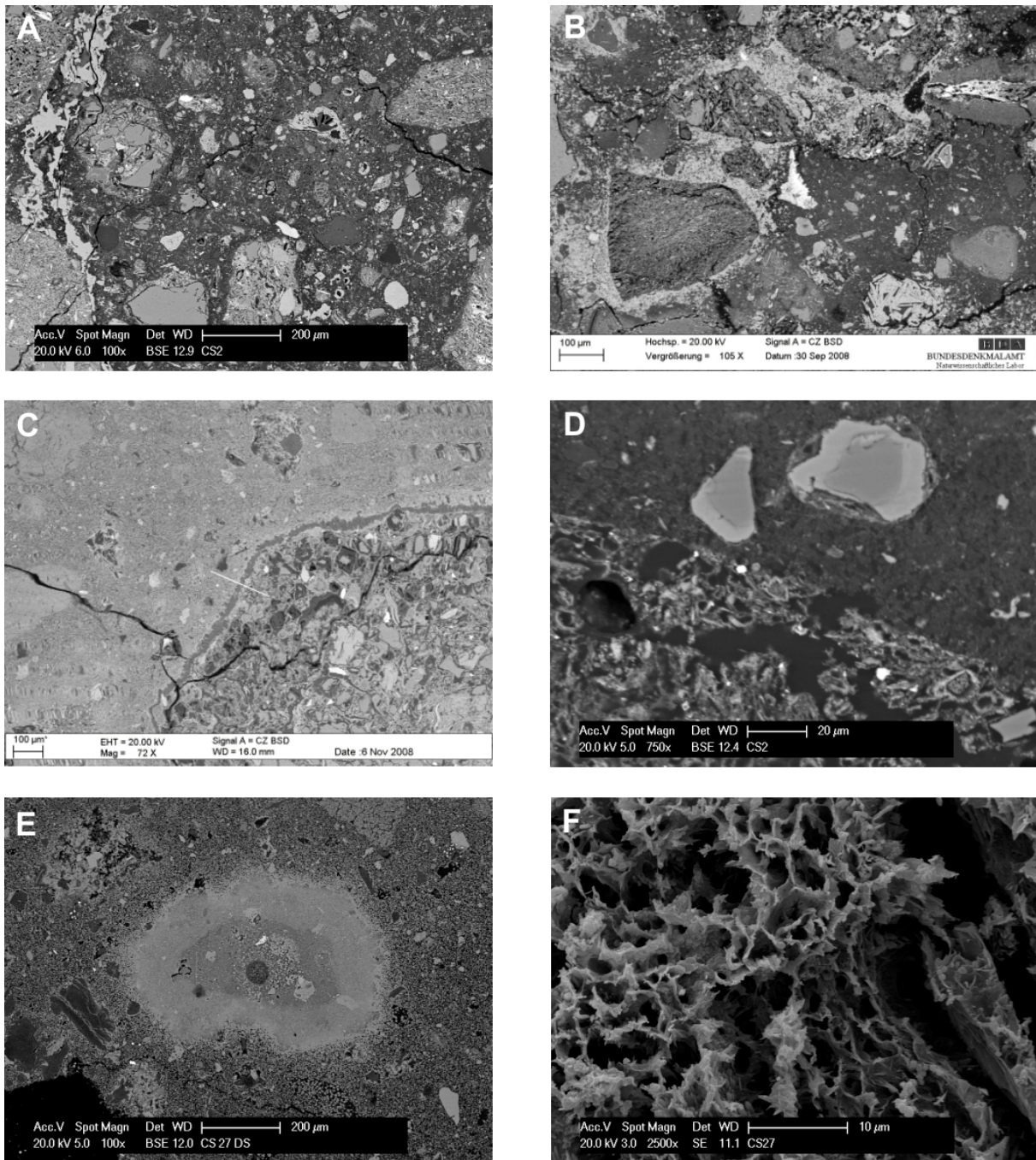
A vöröses vakolatok a felszínükre merőleges, feltehetően zsugorodási repedésekkel szabdalnak. A másodlagos pórusokat és repedéseket gyakran durvaszemcsés, pátos kalcit tölti ki (**2. ábra**).

Röntgen-pordiffrakció

Kalcit, kvarc, kálföldpát, plagioklász és rétegszilikátok (szericit-illit, klorit, esetenként kevés kaolinit) a habarcsok és vakolatok fő fázisai. Hematit elsősorban a rózsaszín és vörös mintákban azonosítható. Néhány mintában diopszid, gipsz, aragonit és vaterit mutatható ki. A minták karbonát-tartalmának híg sósavval történő eltávolítása után a szilikátok relatív mennyisége megnőtt; továbbá a diffraktogram 15° és 30° 2θ között megemelkedett alapvonala (röntgen)amorf fázis jelenlétére utal (**3. ábra**).



3. ábra Fehér vakolatminta röntgen-pordiffrakciós profilja gyenge sósavas oldás előtt (A) és után (B).



4. ábra **A.** Tégláörlemények a Si-gazdag alpanyagban (vörös vakolat). **B.** Ca-dús, világos zónák téglatörödékek körül, sötét alpanyag: 55-60% CaO, 40-45% SiO₂, világos zónák: 70-80% CaO, 20-30% SiO₂ (vörös vakolat). **C.** Kompakt, sötét zóna tégláörlemény-alpanyag határán, téglá: 10-15% CaO, 55-60% SiO₂, 25-35% Al₂O₃, határzóna: 18% CaO, 60% SiO₂, 22% Al₂O₃, alpanyag: 55-60% CaO, 40-45% SiO₂ (fehér habarcs). **D.** Kvarcsemcsék Ca-dús peremmel (vörös vakolat). **E.** Si-gazdag “mészcsomó”, külső zóna: 35-50% CaO, 60-45% SiO₂, 5% Al₂O₃, belső mag: 25-35% CaO, 65-70% SiO₂, 5% Al₂O₃ (vörös vakolat). **F.** Kártyavár-szerkezetű mátrix (valószínűleg Ca-szilikát-hidrát fázis, rózsaszín vakolat). Pásztázó-elektronmikroszkópos felvételek (visszaszórt elektron-képek).

Pásztázó elektronmikroszkópia

A “meszes” alpanyag (**4a. ábra**) átlagos kémiai összetétele a pásztázó elektronmikroszkóp energia-diszperzív elemző rendszerével (SEM EDX) végzett vizsgálat eredményei szerint ~55-60 % CaO

és ~40-45 % SiO₂ (továbbá kis mennyiségű Al és Mg). A sötét alpanyagban egyes szemcsék körül Ca(karbonát)-dús, világos zónák is megfigyelhetők (~70-80 % CaO, ~20-30 % SiO₂, valamint Al, Mg, **4b. ábra**). A legtöbb téglaszemcsé peremi zónájában a Ca relatív koncentrációja megnő.

A nagyobb téglatöredékek körül a téglakötőanyag határon néhány 10 µm vastagságú, kompakt, Si-dús zóna azonosítható, amely a téglakötőanyag összetételéhez képest kissé nagyobb Ca-koncentrációt mutat (4c. ábra). Az alapanyag több helyen tartalmazott Ca-dús szegéllyel rendelkező monokristályos kvarc- és földpátszemcséket (4d. ábra). A "mészcsomók" általában nem tiszta mészből állnak, és számos esetben jellegzetes zónás szerkezetet mutatnak: külső, Ca-ban gazdag és belső Si-ban gazdag zónákkal (4e. ábra).

A törött mintafelületen elvégzett pásztázó elektronmikroszkópos megfigyelések szerint az alapanyag szerkezetében nem a mézshabarcokra jellemző mikrokristályos kalcium-karbonát sajátalakú szemcséi, hanem 1-5 µm nagyságú tükből és lemezekből álló, ún. "kártyavár-szerkezetű" felépítmény volt megfigyelhető, ami feltehetően amorf Ca-szilikát- és Ca-aluminát-hidrát fázisok jelenlétére utal (4f. ábra).

Diszkusszió-konklúzió

A törökkori Császár-fürdő fehér, rózsaszín és vörös színű vakolatai és habarcsai tipikus, az Oszmán Birodalomban elterjedt és nedves környezetekben (pl. fürdők, medencék) alkalmazott téglakötőanyagok (Baronio et al. 1997; Böke et al. 2006). Különösen a vörös-rózsaszín minták tartalmaznak nagy mennyiségű téglakötőanyagot és -port, amelyeknek nemcsak a vakolatok színét adják, hanem puzzolános adalékanyagként is szerepet játszhattak a kötés kialakításában. Téglakötőanyag habarcsokban a kötéstartóanyag és a téglakötőanyag határán Ca-szilikát-hidrát (CSH) és Ca-aluminát-hidrát (CAH) fázisok keletkeznek (Baronio et al. 1997; Böke et al. 2006; Moropoulou et al. 2002; Uğurlu & Böke 2009). A Császár-fürdőből származó mintákban a téglakötőanyagok körüli vékony, Si-dús, Al-Ca-tartalmú zónák szintén a mész és a téglakötőanyagok közti reakciót jelezhetik, bár a kémiai összetételük nem azonos a tipikus téglakötőanyag habarcsok kötéstartóanyag-tégla határzónáiban tapasztalt összetételekkel ($\text{CaO}:\text{SiO}_2 \approx 1:1$, Uğurlu & Böke 2009).

A "mikrites" alapanyag mikroszkópos megjelenése arra utal, hogy a kiindulási nyersanyag nem csak tiszta CaCO_3 -ból állt. Ezt az optikai megfigyelést alátámasztják a pásztázó elektron-mikroszkópos mérések eredményei is: viszonylag magas (20-40 %) Si-tartalom mutatható ki a karbonátmátrixban, amely az anyagok relatíve jó hidraulicitását jelentheti. A röntgen-pordiffrakciós vizsgálat által kimutatott nagyobb mennyiségű (röntgen)amorf fázis jelenléte a megfelelő hőfokon égetett téglakötőanyag jelenlétére utal, de az amorf CSH fázisokból, valamint a Si-gazdag "mészcsomókból" is származhat. Ez utóbbi elképzelést

alátámaszthatják az alapanyagban megfigyelt kártyavár- és szabálytalan tús megjelenésű szerkezetek is. Ilyesfajta szerkezetek megjelenése nem tipikus téglakötőanyag habarcsokban, hasonló szerkezeteket 19. századi természetes (román) cementekben ismertek (Weber 2007).

Az egyes kvarc- és kálicföldpátszemcsék szélén megfigyelt Ca-gazdag zónák a kalciumnak az égetés során a mészből a szilikátszemcsékbe való vándorlását (diffúzió) jelzi. Ezt a jelenséget szintén megfigyelték természetes cementek égetése során (Weber et al. 2007) és szintén a meszes nyersanyag szilikátos szennyezőinek jelenlétére és az egyes fázisok között lejátszódó reakciókra utal. Hasonló folyamatokra és hasonló kiindulási nyersanyag felhasználására utalnak a magas Si- (és kis Al- és Mg-) tartalmú "mészcsomók" - amelyek a mészégetés során részben túlégetett vagy ún. száraz oltással készített mézshabarcok lassan hidratálódó és karbonátosodó reliktaumai (Hughes et al. 2001) -, jelenlétük a mész feltételezett jó hidraulikus tulajdonságaival is egybeesnek (Elsen et al. 2004; Zamba et al. 2007).

Előzetes vizsgálataink alapján feltételezhető, hogy a Császár-fürdő vizsgált törökkori kötéstartóanyagai hidraulikus tulajdonságaikat nemcsak a hozzákevert látens hidraulikus téglakötőanyagoknak, hanem részben a felhasznált nem tiszta (szilikát-tartalmú) meszes nyersanyag és a mészégetés folyamata során kialakult új, hidraulikus tulajdonságokkal rendelkező fázisoknak is köszönhetik. Ilyen lehetséges nyersanyagok (pl. agyagos mészkövek) számos helyen megtalálhatók a Budai-hegységben (Wein 1977). A nyersanyagok eredetével és felhasználásával kapcsolatban Moropoulou et al. (2002) hasonló következtetéseket vont le az isztambuli Hagia Sophia bizánci téglakötőanyag habarcsainak vizsgálata során.

Az üreg- és repedéskitöltő pátitos kalcit, valamint aragonit, esetenként gipsz megjelenése a vakolatokban a folyamatosan csöpögő-folyó, magas oldott karbonát- és szulfáttartalmú termálvizek (Leél-Őssy 1995) másodlagos hatására vezethető vissza.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton fejezik ki köszönetüket Papp Adriennek (Budapesti Történeti Múzeum) és Makoldi T. Gizella restaurátornak a mintagyűjtés során nyújtott segítségükért, valamint a fürdő és az anyagok történetiségéhez kapcsolódó építő jellegű diszkusszióikért.

Irodalom

- BARONIO, G., BINDA, L. & LOMBARDINI, N. (1997): The role of brick pebbles and dust in conglomerates based on hydrated lime and crushed bricks. *Construction and Building Materials* **11**:33-40.
- BÖKE, H., AKKURT, S., İPEKOĞLU, B. & UĞURLU, E. (2006): Characteristics of brick used as aggregate in historic brick-lime mortars and plasters. *Cement and Concrete Research* **36**:1115-1122.
- ELSEN, J., BRUTSAERT, A., DECKERS, M. & BRULET, R. (2004): Microscopical study of ancient mortars from Tournai (Belgium). *Materials Characterization* **53**:289-294.
- HUGHES, J. J., LESLIE, A. & CALLEBAUT, K. (2001): The petrography of lime inclusions in historic lime based mortars. In: STAMATAKIS, M., GEORGALI, B., FRAGOULIS, D., & TOUMBAKARI, E.E. (eds.) *Proceedings of the 8th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials*, Athens, 359-364.
- LÁSZAY, J. & PAPP, A. (2007): "Investigations in the Budafelhévíz baths" *Régészeti Kutatások Magyarországon*, Budapest, pp. 61-82.
- LEÉL-ÖSSY, SZ. (1995): A budai Rózsadomb és környékének különleges barlangjai. *Földtani Közlöny* **125**:363-432.
- MOROPOULOU, A., CAKMAK, A. S., BISCONTIN, G., BAKOLAS, A. & ZENDRI, E. (2002): Advanced Byzantine cement based composites resisting earthquake stresses: the crushed brick/lime mortars of Justinian's Hagia Sophia. *Construction and Building Materials* **16**:543-552.
- UĞURLU, E. & BÖKE, H. (2009): The use of brick-lime plasters and their relevance to climatic conditions of historic bath buildings. *Construction and Building Materials* **23**:2442-2450.
- WEBER, J. (2007): Romanzemente als Fassadenbaustoffe der Gründerzeit, in: GÄNSMANTEL, J. & HECHT, C. (Hrsg.): *Bauinstandsetzen und Bauphysik. WTA-Almanach 2007*, Wien, 539-562.
- WEBER, J., GADERMAYR, N., KOZŁOWSKI, R., MUCHA, D., HUGHES, D., JAGLIN, D. & SCHWARZ, W. (2007): Microstructure and mineral composition of Roman cement produced at defined calcination conditions. *Materials Characterization* **58**:1217-1228.
- WEIN, GY. (1977): A Budai-hegység tektonikája. A Magyar Földtani Intézet különkiadványa, Budapest, 76 pp.
- ZAMBA, I.C., STAMATAKIS, M.G., COOPER, F.A., THEMELIS, P.G., ZAMBAS, C.G. (2007): Characterization of mortars used for the construction of Saithidai Heron Podium (1st century AD) in ancient Messene, Peloponnesus, Greece. *Materials Characterization* **58**:1229-1239.

ÓNMÁZAS KERÁMIÁK TECHNOLÓGIAI JELLEGZETESSÉGEINEK KIMUTATÁSA GIOVANNI DI NICOLA MANZONI MAJOLIKA TINTATARTÓJÁNAK PÉLDÁJÁN

BAJNÓCZI BERNADETT¹, TÓTH MÁRIA¹, DOBOSI GÁBOR¹, BALLA GABRIELLA²,

CSONTOS KATALIN²

¹MTA Geokémiai Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45.

²Iparművészeti Múzeum, 1091 Budapest, Üllői út 33-37.

E-mail: bajnoczi@geochem.hu

Abstract

To reveal the processing steps of tin-glazed pottery (majolica, faience) production and to determine the raw material use and technological parameters of the workshop, joint use of phase analysis by X-ray diffraction (XRD) as well as microtextural and microchemical investigation by electron microprobe analysis (EMPA) are necessary. It is essential to define the micromorphology and chemistry of the various inclusions (relict and recrystallized phases) in the glaze since they can help in confining the firing temperature of the glaze, as well as the pigments.

A majolica inkstand with figure groups showing “The Nativity” and “The Adoration of the Magi” forms part of the collection of the Museum of Applied Arts (Budapest). The inkstand made by Giovanni di Nicola Manzoni presumably in Colle Val d’Elsa (Toscana) around 1510 has prominent significance due to its scenes, inscriptions, signs, function and quality.

Archaeometric research revealed that the ceramic body of the object was made using well-prepared calcareous clay fired at ~850-950°C according to the presence of calcium silicate minerals (diopside, gehlenite). The ceramic body was covered by a white, tin-opacified lead-alkali glaze, painted with different (ochre, blue, green and brown) colours, and a transparent lead-alkali overglaze was applied over the whole object. Abundant rounded-dissolved K-feldspar and quartz inclusions in the glaze layers are relicts of the sand raw material. Tin-lead inclusions in the opaque glaze are also remnants of the raw material. Cassiterite (SnO₂) can be present partly as relict grains, partly as recrystallized phase precipitated during the second firing. A ~700-900°C temperature can be estimated for the second firing. The polychrome paintings of the inkstand were made using the typical colouring materials of the Italian Renaissance pottery: cobalt-bearing pigment for blue, iron-bearing lead-antimonate pigment for ochre, copper colorant for green and manganese colorant for brown.

Kivonat

Az ónmázás kerámiák (majolika, fajansz) többlepcsős készítési folyamatának megismeréséhez, a műhelyre jellemző anyaghasználat és technológiai paraméterek kimutatásához röntgen-pordiffrakciós fázisanalízis és elektron-mikroszondával végzett mikroszöveti és mikrokémiai vizsgálat együttes alkalmazása szükséges. A mázban található különféle zárványok (relikt és kikristályosodott fázisok) mikromorfológiájának és kémiai összetételének meghatározása alapvető a máz égetési hőmérsékletének behatárolásához és a színeképző anyagok azonosításához

Művészettörténeti szempontból kiemelkedő jelentőségű majolika körplasztika a budapesti Iparművészeti Múzeum gyűjteményében található, Giovanni di Nicola Manzoni által valószínűleg Colle Val d’Elsa-ban (Toscana), 1510 körül készített, Krisztus születését és a Háromkirályok imádatát megjelenítő tintatartó.

A műtárgy kerámia-alaptestének kialakításához gondosan előkészített meszes agyagot használtak fel, amelyet a kalcium-szilikát ásványok (diopszid, gehlenit) jelenléte alapján ~850 és 950°C között égettek ki. A kiégetett kerámiára fehér (opak), óntartalmú ólom-alkáli alapmázat, különféle színű festést, majd az egész műtárgyat borító átlátszó ólom-alkáli fedőmázat vettek fel. A máz lekerekített-rezorbeált kálföldpát- és kvarczárványai az előállításához használt homok reliktum szemcséi. Az alapmázban található ón-ólom szemcsék szintén a máz nyersanyagának maradványai. Kassziterit (SnO₂) az alapmázban részben reliktumként, részben a kerámia

második kiégetése során kikristályosodott fázisként lehet jelen. A tárgy második kiégetése ~700-900°C-os hőmérsékleten történhetett. A tintatartó festése a majolikákra jellemző színezőanyagok felhasználásával készült: a kék színhez kobalttartalmú pigmentet, az okker színhez vastartalmú ólom-antimonát pigmentet, a zöld színhez rézartalmú, míg a barna színhez mangántartalmú színezőanyagot használtak.

KEYWORDS: MAJOLICA, RENAISSANCE, TIN-GLAZED POTTERY, GLAZE, INKSTAND, X-RAY POWDER DIFFRACTION, ELECTRON MICROPROBE

KULCSSZAVAK: MAJOLIKA, RENESZÁNSZ, ÓNMÁZAS KERÁMIA, MÁZ, TINTATARTÓ, RÖNTGEN-PORDIFFRAKCIÓ, ELEKTRON-MIKROSZONDA

Bevezetés

Az Iparművészeti Múzeum a Reneszánsz Év-2008 program részeként az itáliai luxusművészet kiemelt műfaját, a majolikaművészetet mutatta be a „Beatrix hozománya - Az itáliai majolikaművészet és Mátyás király udvara” c. tárlattal. A kiállításon szerepelt a Múzeum gyűjteményének egyik jelentős darabja, a Giovanni di Nicola Manzoni által, valószínűleg Colle Val d’Elsa-ban (Toscana), 1510 körül készített tintatartó (1. ábra). Külön, kiemelt helyet érdemelt és kapott ez a világon egyedülálló, sokalakos körplasztika. A tintatartó az eddig ismert oroszlánokon nyugvó típusnak egyetlen, két jelenetet – Krisztus születését és a Háromkirályok imáadását – bemutató, körfeliratos, mesternévvvel ellátott darabja (Balla 2008). A körplasztika vöröses kerámiatestét a fehér máz mellett a reneszánsz majolikákra jellemző okker (barnássárga), kék, zöld és (sötét)barna színű mázak borítják.

A műtárgy kiemelkedő művészettörténeti jelentősége megkívánja a részletes archeometriai

kutatást. A restaurálást megelőző anyagvizsgálatok elsősorban arra irányultak, hogy a tárgy korábbi bizonytalan besorolását (tintatartó vagy szenteltvíztartó) eldöntsék, emellett az esetleges anyaghasználati és technológiai specifikumokat (alapanyag és máz geokémiai „ujjlenyomatai”) feltárják, ezzel a származási hely, műhely meghatározásához adatokkal szolgálnak.

Jelen publikációban a kerámiatest és a különféle színű mázak fázis-összetétele, szövetei és kémiai elemzésének eredményeit mutatjuk be. A hagyományos röntgen-pordiffrakciós vizsgálat mellett a máz szövetei és kémiai vizsgálata mikroanalitikai módszerrel, elektron-mikroszondával történt. A kerámia-alaptestből a kis mennyiség ellenére is sikerült reprezentatív mintát venni, így azon polarizációs mikroszkópi vizsgálatot is tudtunk végezni. A vizsgálati eredményekből az ónmázal borított kerámiák (majolika, fajansz) testének kialakítása, mázazása és festése során felhasznált nyersanyagokra és az alkalmazott technológia jellegzetességeire (pl. kiégetési hőmérséklet) utaló bélyegeket ismertetjük.



1. ábra Tintatartó restaurálás előtt (a) és után (b)

1. táblázat A tintatartóról műszeres vizsgálatra vett, a jelen cikkben tárgyalt minták jegyzéke

Mintasorszám	Minta típusa	Mintavételi hely
IRK-1	kerámia-alaptest	talapzat közepe
IRK-2	kerámia-alaptest okker (barnássárga) mázzal	oroszlán
IRK-3	zöld máz (és kerámia-alaptest)	talapzat
IRK-4	(sötét)barna máz (és kerámia-alaptest)	ló nyerge
IRK-5	kék máz (és kerámia-alaptest)	király ruhája
IRK-6	fehér máz (és kerámia-alaptest)	talapzat alja

Minták és vizsgálati módszerek

A restaurálást megelőzően a tintatartóról több, néhány mm nagyságú töredéket vettünk a kerámiatestből, valamint a különféle színű mázokból, amelyek lehetőség szerint a máz-kerámia határfelületet is magukba foglalták (**1. táblázat**). Sztereo-mikroszkópi vizsgálat alapján a máztöredékek két részből, alap- és fedőmázból állnak. Az alap- és fedőmáz közti határ lehet éles, pl. az okker máz fehér alpmázán vékony világosabb, majd sötétebb színes máz helyezkedik el. A barna színű mázban a sötét fedőmáz alatt az alpmáz felső része is enyhén színezett. A kék és a zöld mázakban kevésbé éles határ figyelhető meg az alap- és a fedőmáz között.

A kerámia-alaptest töredékének szövetét vékonycsiszolaton, polarizációs mikroszkóppal (Nikon Eclipse E600) tanulmányoztuk. Az alaptest és a különféle színű mázak fázisösszetételét röntgen-pordiffrakciós vizsgálattal, PHILIPS PW 1730 típusú, Bragg-Brentano elrendezésű diffraktométerrel határoztuk meg (műszerparaméterek: Cu K α sugárzás, 45 kV feszültség, 35 mA áramerősség, 0.05° - 0.01° 2 θ léptetés, 1 sec időállandó, 1-1° detektor- ill. divergenciarés, PW-1050/25 típusú goniométer, grafit monokromátor, proporcionális számláló detektor). A mázokból készült porpreparátumok az egyes mázak egészét reprezentálják, a minták kis mérete, valamint struktúrája nem tette lehetővé az alap- és fedőmázak elszeparálását.

A mázak szövetét és zárványait töredékeken, valamint polírozott felületi preparátumokon Oxford Instruments INCA Energy 200 típusú energia-diszperzív (EDS) elemző rendszerrel felszerelt, JEOL Superprobe-733 típusú elektron-mikroszondával vizsgáltuk. A mérések 20 kV gyorsítófeszültség, 5 nA mintaáram mellett, kb. 5-10 μ m átmérőjű elektronsugárral (pontelemzések) készültek. Az alpmáz üveges mátrixának kémiai összetételét kb. 30 \times 30 μ m nagyságú területen is megmértük. A mennyiségi elemzés során kvarc

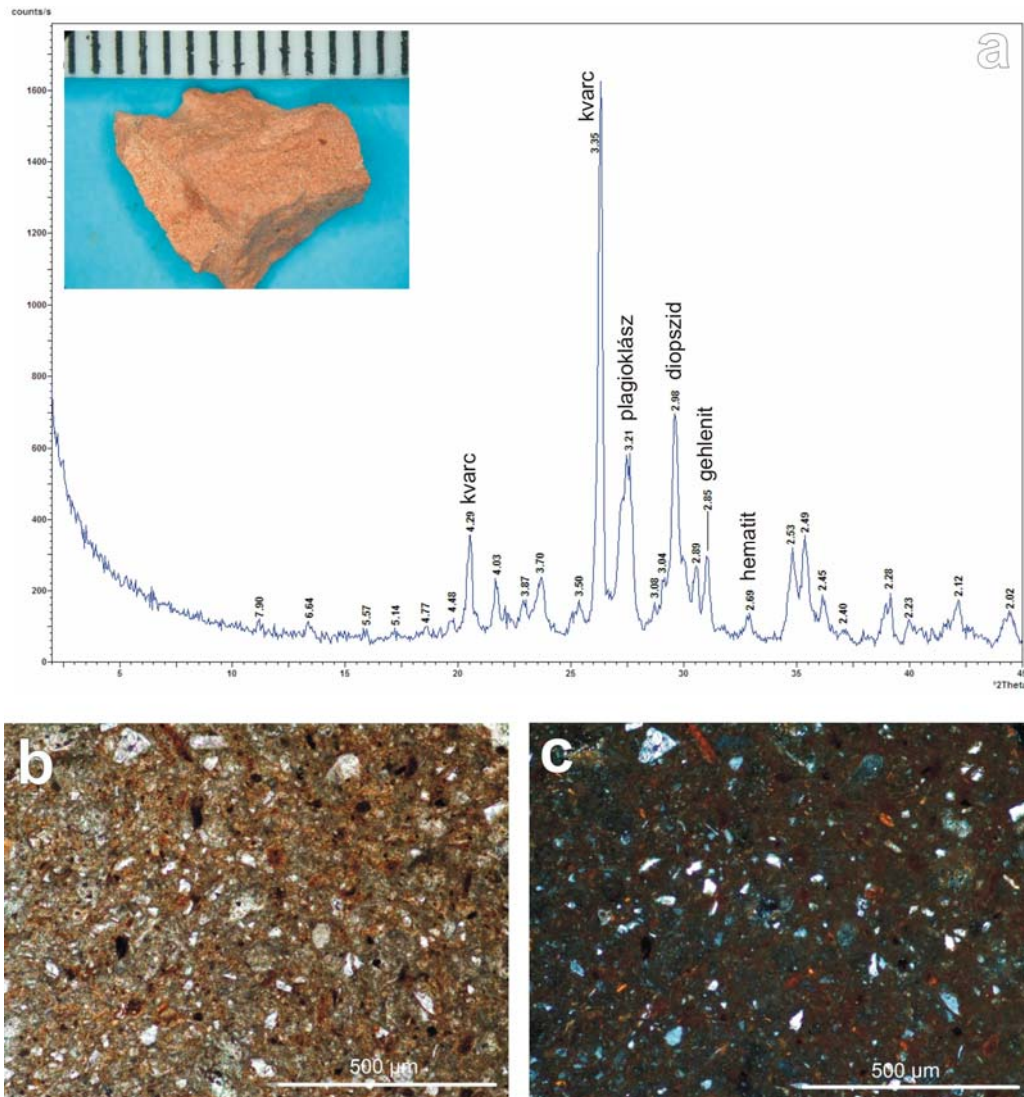
(Si), korund (Al), MgO, albit (Na), rutil (Ti), wollastonit (Ca), hematit (Fe), spessartin (Mn), krómit (Cr) és ortoklász (K) sztenderdeket használtunk, a számlálási idő 50 s volt. Az Oxford Instruments elemző programja a ZAF korrekciót automatikusan elvégezte. A minták szövetét visszaszórt (BSE) és másodlagos (SE) elektronképeken mutatjuk be.

Eredmények**Kerámia-alaptest**

Az alaptest vörös, finomszemcsés, mikroporózus szövetű kerámia (**2. ábra**). Polarizációs mikroszkóppal a barna színű alpanyagban 10-100 μ m méretű kvarc- és földpátszemcsék, hematitlemezek és hematitcsomók, nyomokban csillámszemcsék láthatók (**2b. és c. ábra**). A szemcsék szögletesek, jól osztályozottak, mennyiségük sok (30-40 térfogat%), a szemcseméret szerinti eloszlásuk folyamatos (szériális szövet). Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat alapján a kerámia fázisösszetétele: kvarc, plagioklász, kálföldpát, hematit, valamint kalcium-szilikátok: diopszid és gehlenit (**2a. ábra**).

Máz

A kerámia-alaptestet üveges máz borítja. A máz vastagsága változó: ~400 μ m-től (fehér máz) 1 mm-ig (okker máz) terjed. A kerámia - máz határvonal éles. Változatos méretű (10-200 μ m) kerekded pórusok helyezkednek el a mázban, ezek a kiégetés során keletkezett buborékok (**3. ábra**). Mikroszöveti megjelenés alapján nemcsak a színes mázak, hanem a fehér máz is két rétegből, alap- és fedőmázból áll (**4., 5. és 6. ábrák**). A két mázréteg a zárványok típusában, méretében és mennyiségében, valamint a buborékok mennyiségében tér el egymástól. A fedőmáz vastagsága <100 μ m (fehér máz) és 200-500 μ m (okker máz) között változik. Sem az alpmázban, sem a fedőmázban nem láthatók repedések, a felső mázréteg jól tapad az alsón.



2. ábra A kerámia-alaptest anyagának **(a)** sztereo-mikroszkópi megjelenése és röntgen-pordiffrakciós profilja, **(b, c)** polarizációs mikroszkópi felvételei (1N és +N).

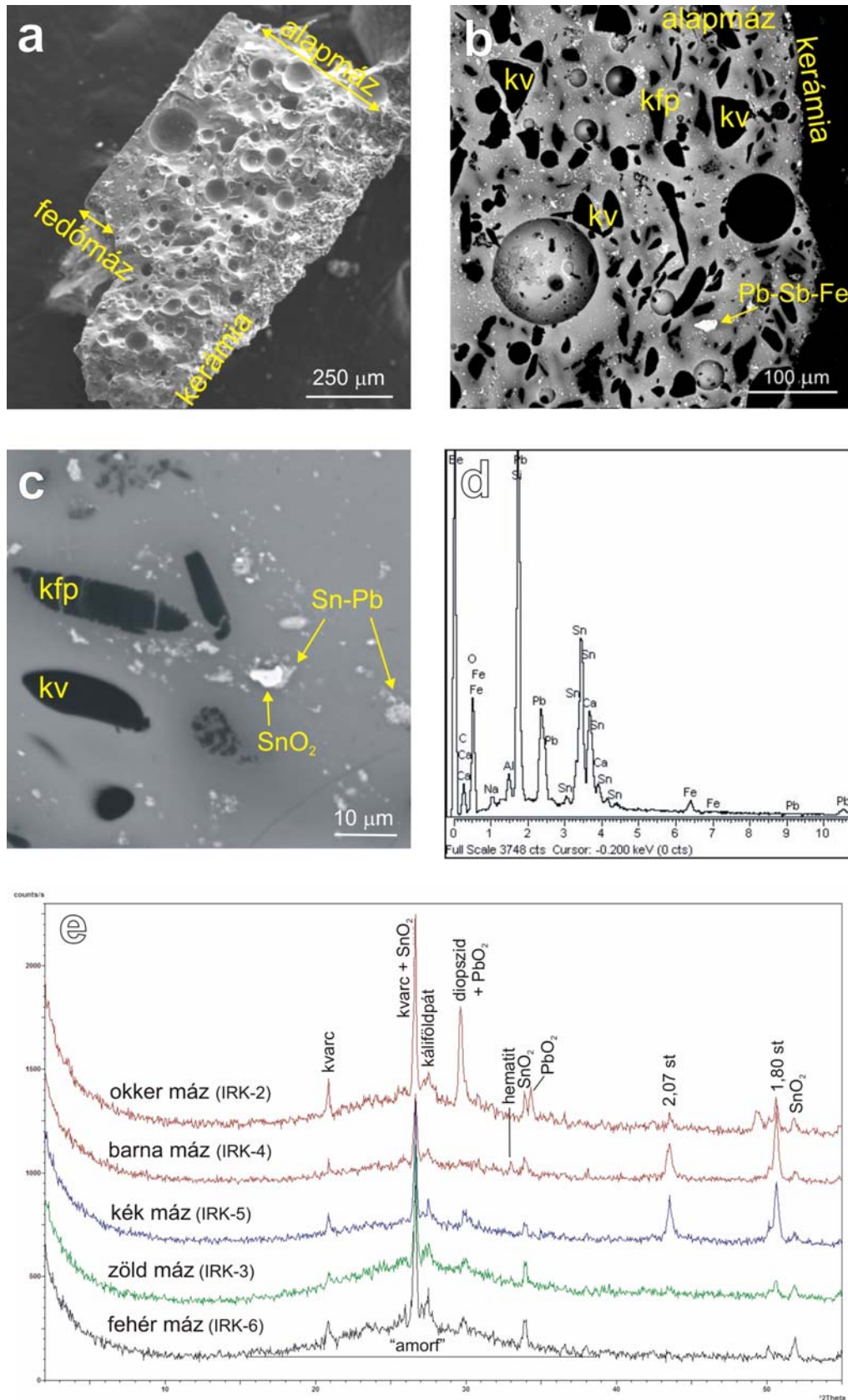
Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat alapján a különféle színű mázak közös jellemzője a mintegy 45-50%-nyi, rövidtávú rendezettséggel jellemezhető, röntgen-amorf üvegfázis (**3e. ábra**). A kristályos hányadot részben a kiégetés során keletkezett új fázisok, részben a felhasznált nyersanyagok el nem reagált reliktumfázisai alkotják. Az üvegfázis mellett a mázakban kvarc, kassziterit (SnO_2) és kálföldpát, esetenként diopszid és hematit (barna máz) mutatható ki (**3e. ábra**). A diopszid a máz alatti kerámiából származik, a kvarc, a földpát és a hematit azonban a mázból is eredeztethető. Az okker színű mázban a fentiek mellett kristályos ólomtartalmú fázis is megjelenik ólom-oxid (PbO_2) formájában (**3e. ábra**). Kimutatási határ felett devitrifikációra utaló mállási termék nem azonosítható.

Az elektron-mikroszkopos vizsgálatok megerősítik, hogy az alpmázban megjelenő sötét színű, ~5-100

μm méretű, xenomorf, lekerekített zárványok többsége kálföldpát, kisebb részben kvarc (**3b. ábra**). Visszaoldott-rezorbeált megjelenésük és igen változatos szemcseméretük alapján mind a kvarc, mind a kálföldpát reliktumfázis.

Az alpmáz másik jellegzetes zárványcsoportja a világos, 1-10 μm méretű, xenomorf szemcsék és szemcse-aggregátumok, amelyek egyenetlenül szétszórva helyezkednek el az üveges mátrixban (**3b. és c. ábra**). A megjelenésük alapján reliktumnak feltételezhető szemcsék nagyrésze ón-ólmotartalmú, mellettük kisebb mennyiségben csak ónt tartalmazó szemcsék (kassziterit) is megjelennek (**3d. ábra**).

A fedőmázban a sötét színű zárványok mennyisége kevesebb és mérete kisebb (~5-50 μm), mint az alpmázban. A zárványok típusa: kálföldpát, kvarc és kalcium-(kálium-ólom-)szilikát szemcsék.

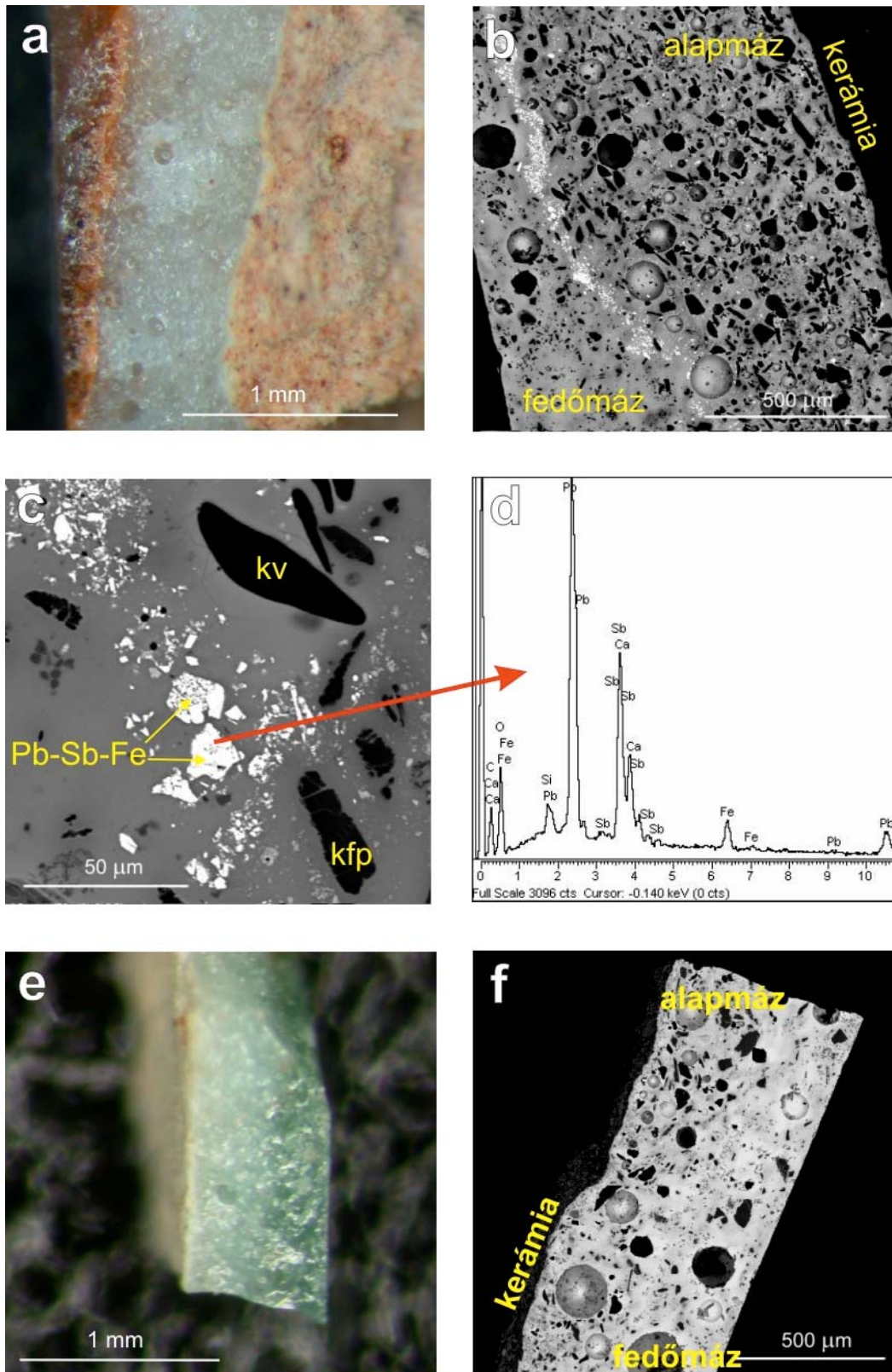


3. ábra (a) Az alaptestet borító máz tipikus szöveti megjelenése buborékokkal és zárványokkal (SE kép, fehér máz). (b) Az alapmáz jellemző zárványai: nagyobb, sötét kalcit (kfp) és kvarc (kv) és kisebb, világos, óntartalmú szemcsék, valamint egy ólom-antimon-vas szemcsé (BSE kép, kék máz). (c) Az alapmáz jellegzetes óntartalmú (ón-ólm és kassziterit) szemcséi kinagyítva (BSE kép, zöld máz). (d) Ón-ólm tartalmú szemcsé EDS spektruma (kék máz). (e) A különféle színű mázak röntgen-pordiffrakciós profiljai (st: mintatartó).

2. táblázat A tintatartó alap- és fedőmázának átlagos kémiai összetétele elektron-mikroszondás mérések alapján (zárójelben a mérések száma)

tömeg%	okker színű máz (IRK-2)			zöld színű máz (IRK-3)			barna színű máz (IRK-4)			
	alpmáz	alpmáz	fedőmáz	alpmáz	alpmáz	fedőmáz	alpmáz	alpmáz	alpmáz	fedőmáz
	pont- elemzés (7)	területi elemzés (1)	pont- elemzés (4)	pont- elemzés (4)	területi elemzés (1)	pont- elemzés (4)	alpmáz alsó rész pont- elemzés (3)	alpmáz felső rész pont- elemzés (6)	alpmáz felső rész területi elemzés (1)	fedőmáz pont- elemzés (4)
SiO ₂	53,97	52,32	51,25	56,54	54,03	53,38	58,26	53,56	52,99	44,27
Al ₂ O ₃	3,51	4,10	3,90	4,18	3,71	3,99	5,19	4,49	3,62	4,23
Fe ₂ O ₃	0,49	1,15	1,47	0,66	0,55	0,91	0,38	0,82	0,72	1,33
MnO	0,05	0,12	0,00	0,00	0,02	0,07	0,73	3,08	3,27	4,31
MgO	0,63	0,63	0,86	0,74	0,67	0,90	0,64	0,48	0,41	0,55
CaO	2,79	2,83	2,57	2,51	3,08	2,76	2,18	1,89	1,89	1,44
Na ₂ O	1,60	1,76	1,90	1,83	2,16	1,90	1,33	1,98	1,79	2,01
K ₂ O	4,66	5,23	5,44	5,55	5,15	5,39	5,14	5,09	4,21	4,59
CuO	0,02	0,01	0,14	0,69	0,73	0,99	-	-	-	-
CoO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SnO ₂	1,90	4,48	0,54	1,69	6,74	0,52	1,39	1,51	3,56	1,41
PbO	26,72	25,61	28,21	21,66	22,43	27,52	21,70	23,11	21,04	28,76
összesen	96,33	98,24	96,28	96,03	99,27	98,32	96,94	95,99	93,50	92,90
PbO/SnO ₂		5,7			3,3				5,9	

tömeg%	kék színű máz (IRK-5)			fehér máz (IRK-6)		
	alpmáz	alpmáz	fedőmáz	alpmáz	alpmáz	fedőmáz
	pont- elemzés (8)	területi elemzés (1)	pont- elemzés (4)	pont- elemzés (7)	területi elemzés (1)	pont- elemzés (5)
SiO ₂	54,32	50,69	51,21	52,80	52,73	51,81
Al ₂ O ₃	3,38	3,35	4,13	3,33	3,29	3,63
Fe ₂ O ₃	1,44	2,43	1,55	0,70	0,42	0,79
MnO	0,02	0,04	0,09	0,05	0,00	0,00
MgO	0,59	0,51	0,60	0,70	0,61	0,73
CaO	2,74	2,54	2,80	2,78	2,64	2,49
Na ₂ O	1,60	1,86	1,92	1,64	1,87	1,59
K ₂ O	4,76	4,99	5,11	4,87	4,70	5,34
CuO	0,08	0,40	0,37	0,09	0,00	0,00
CoO	0,05	0,09	0,48	-	-	-
SnO ₂	1,67	6,89	0,30	1,63	4,65	0,68
PbO	25,14	23,47	25,79	26,05	25,53	22,36
összesen	95,78	97,26	94,32	94,64	96,40	89,42
PbO/SnO ₂		3,4			5,5	



4. ábra Okker színű máz (IRK-2): (a) sztereo-mikroszkópi megjelenése, (b) mikroszövete alap- és fedőmázzal (BSE kép), (c) az előző kép nagyított részlete a fedő- és alapláz határáról világos zárványokkal: nagyobb ólom-antimon-vastartalmú szemcsék, kisebb ón-tartalmú szemcsék (kv: kvarc, kfp: kálicföldpát), (d) a fedő- és alapláz határán megjelenő ólom-antimon-vastartalmú szemcsé EDS spektruma. Zöld színű máz (IRK-3): (e) sztereo-mikroszkópi megjelenése, (f) mikroszövete (BSE kép).

3. táblázat A kék színű máz alap- és fedőmázának határán előforduló kobalt-nikkel-vastartalmú szemcsék (**5c. ábra**) kémiai összetétele (pontelemzés)

tömeg%	1. szemcse	2. szemcse
SiO ₂	52,08	50,36
Al ₂ O ₃	0,76	1,03
Fe ₂ O ₃	7,76	9,71
MnO	0,45	0,00
MgO	5,87	4,03
CaO	17,14	13,99
Na ₂ O	2,65	2,90
K ₂ O	1,19	1,74
NiO	4,12	4,73
CoO	5,19	6,61
SnO ₂	0,82	0,86
PbO	5,33	6,34
összesen	103,36	102,30

Ez utóbbi szemcsék a kálföldpáttól és a kvarctól eltérően többnyire saját alakúak: lécesek-táblásak, ami a szemcsék nem relikta jellegére utal. A visszaszórt elektronképek alapján a fedőmázban óntartalmú szemcse előfordulása nem jellemző (pl. **4b., 5b. és 6f. ábrák**); ritkán egy-egy megjelenik, és csak a barna fedőmázban látható több szemcse. A buborékok mennyisége a fedőmázban általában kevesebb, mint az alapmázban (ld. **3a., 4b. és 6b. ábrák**).

A szövet, valamint a zárványok típusának és eloszlásának ismerete segítséget nyújt a máz kémiai összetételének meghatározására alkalmazandó mérési módszer kiválasztásához. A pontszerű kémiai elemzések - ellentétben a területi elemzésekkel - nem veszik figyelembe az ónmáz kerámia alapmázára jellemző óntartalmú szemcséket. A területi elemzések szerint az alapmáz óntartalmú ólom-alkáli máz 3,5-6,9% SnO₂ és 21,0-25,6% PbO tartalommal (**2. táblázat**). Az ólom-alkáli típusú fedőmáz a barna mázát kivéve 1-3%-kal kevesebb SiO₂-vel és a fehér mázát kivéve ~0,6-6%-kal több PbO-vel rendelkezik, mint az alapmáz (pontelemzések összehasonlítása alapján, **2. táblázat**). Az SnO₂ tartalom a fedőmázban max. 0,7%, a barna fedőmázát kivéve, amely az alapmázához hasonló mennyiségben tartalmaz ónt (1,4% SnO₂), viszont SiO₂ koncentrációja az alapmázhoz képest jóval (9,3-14%-kal) kevesebb.

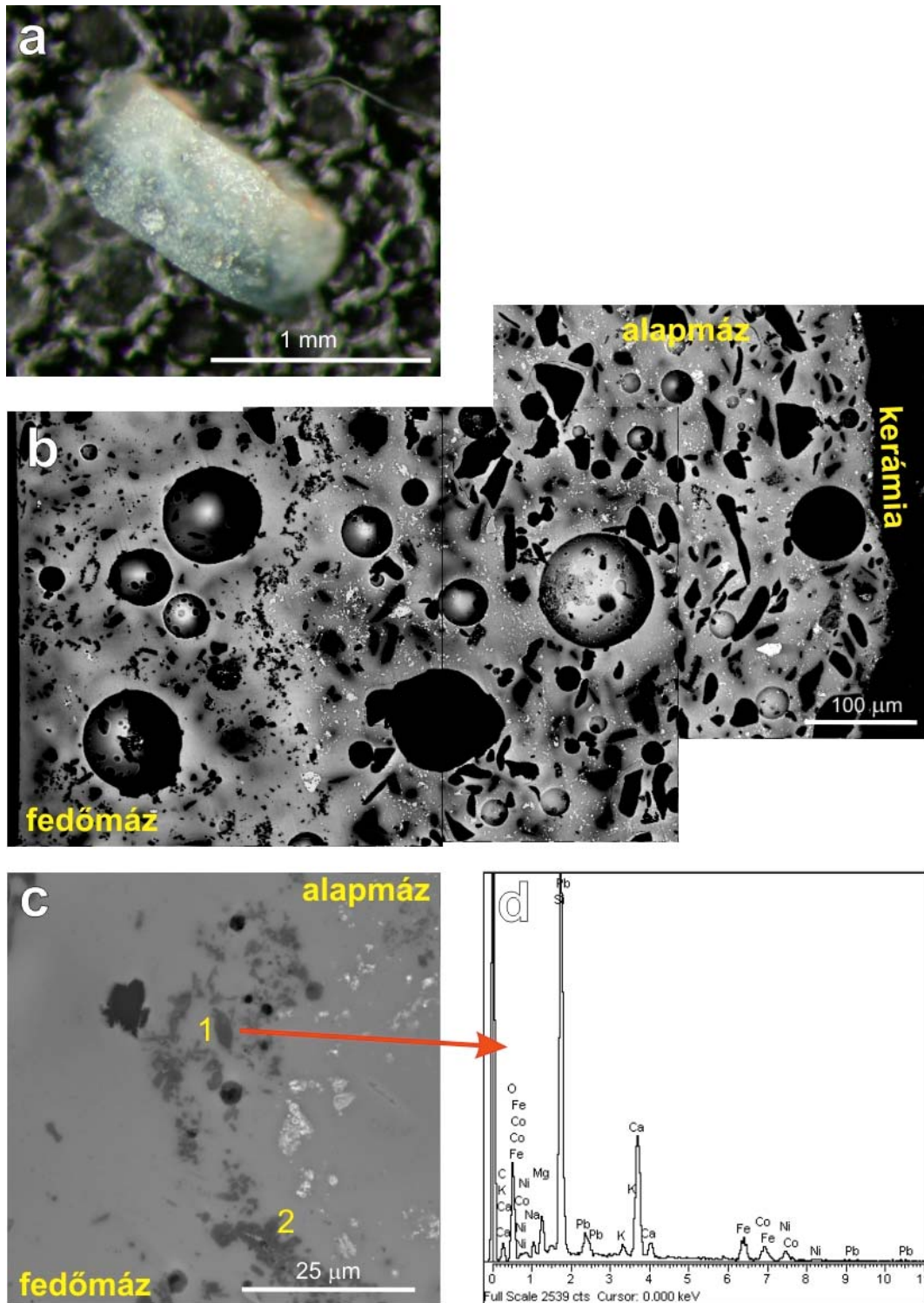
Színképző anyagok

A röntgen-pordiffrakciós vizsgálat a kvarc, kálföldpát és kassziterit mellett a kék és a zöld mázakban nem mutatott ki egyéb fázisokat, azaz színképző alkotók kimutatási határ feletti koncentrációban nem azonosíthatók (**3e. ábra**). Az okker mázban kimutatott kristályos ólom-oxid valószínűleg szintén nem színképző fázis, inkább a nyersanyag maradványa lehet. A sötétbarna színű mázban a szokásos kristályos fázisok mellett hematitot is azonosítottunk. Mivel ebben a mintában a földpát és diopszid mennyisége nem kiugró, azaz úgy tűnik, hogy viszonylag kevés anyag került a kerámiatestből a preparátumba, a hematit elvileg színképző fázis is lehet.

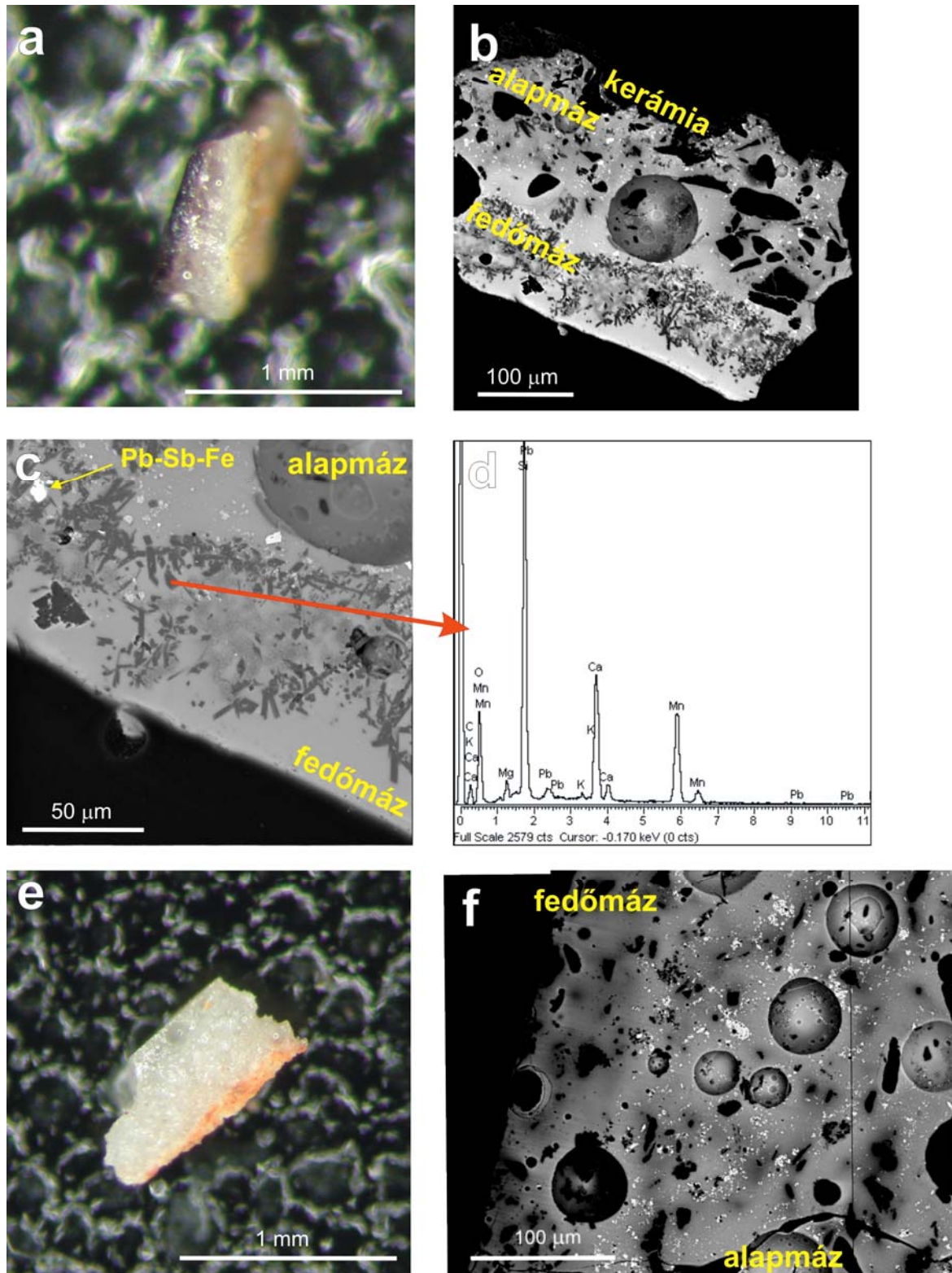
Az okker színű mázban az alap- és fedőmáz határán kisebb óntartalmú szemcsék mellett nagyobb (10-20 µm méretű), félig sajátalakú vagy xenomorf ólom-antimon-vastartalmú szemcsék jelennek meg, amelyek szabálytalan lefutású réteg formájában helyezkednek el (**4b. és c. ábra**). A szemcsék az alapmázra felvitt pigment maradványai. Egy-egy ólom-antimon-vas szemcse kimutatható a többi mázban is (pl. zöld alapmáz, kék alapmáz), valamint néhány szemcse elszórtan megjelenik a barna alap- és fedőmázban. Megjelenésük véletlenszerűnek tekinthető, egyedül a barna mázban vethető fel a szándékos adagolás. Az okker máz esetén a fedőmáz 1%-kal több Fe₂O₃-t tartalmaz az alapmázhoz képest (**2. táblázat**).

A kék mázban az alap- és fedőmáz határán kisméretű (max. 10 µm), szabálytalan alakú kalcium-magnézium-szilikát szemcsék találhatók, amelyek kobaltot, nikkelt és vasat tartalmaznak (**5. ábra, 3. táblázat**). Megjelenésük alapján reliktafázisoknak minősíthetők. A kobaltdúsulás a fedőmázban is megfigyelhető (0,5% CoO, **2. táblázat**).

A barna máz fedőmázában tömegesen nagyrészt léces-táblás, gyakran ék alakban végződő, 2-30 µm méretű kalcium-mangán-szilikát kristályok jelennek meg (**6b-d. ábra**). A sajátalakú megjelenés új, kikristályosodott fázisra utal. A kristályok körül sötétebb, mangándús zónák alakultak ki a mátrixban, ami a kristályok utólagos visszaoldódását jelzi (**6b-c. ábra**). A fedőmáz mellett a barna alapmáz mátrixára is jellemző a többi mázhoz képest magasabb MnO tartalom (**2. táblázat**). Elsősorban az alapmáz felső, fedőmáz alatti részén dúsul a mangán (3,1% MnO), ami megegyezik a máz sztereo-mikroszkópban megfigyelt megjelenésével (**6a. ábra**). Néhány ólom-antimon-vas szemcsétől eltekintve (**6c. ábra**) más vastartalmú kristályos fázis (pl. hematit) nem mutatható ki sem az alap-, sem a fedőmázban.



5. ábra Kék színű máz (IRK-5): (a) sztereo-mikroszkópi megjelenése, (b) mikroszöveve fedő- és alpmázzal (BSE kép), (c) a fedő- és az alpmáz határán lévő világosszürke, kobalt-nikkel-vastartalmú szilikátszemcsék (világosszürke szín) (BSE kép), (d) kobalt-nikkel-vastartalmú szemcsé EDS spektruma (az 1. és a 2. szemcsé kémiai összetételét ld. a 3. táblázatban).



6. ábra Barna színű máz (IRK-4): (a) sztereo-mikroszkópi megjelenése, (b) mikroszövete fedő- és alapmázzal (BSE kép), (c) a fedő- és az alapmáz határán, valamint a fedőmázban megjelenő sötétszürke kalcium-mangán-szilikát szemcsék és a mátrix mangándús sötétebb foltjai, (d) kalcium-mangán-szilikát szemcsé EDS spektruma. Fehér máz (IRK-6): (e) sztereo-mikroszkópi megjelenése és (f) mikroszövete (BSE kép).

A zöld mázban nem láthatók a fedő- és az alpmáz határán reliktvagy kikristályosodott szemcsék (**4f. ábra**). A zöld máz a többi színes mázhoz hasonló Fe_2O_3 tartalmú, de nagyobb a réz mennyisége: a gyengén színezett alpmázban $\text{CuO} = 0,7\%$, a sötétebb zöld fedőmázban $\text{CuO} = 1\%$ (**2. táblázat**).

Értelmezés

A reneszánsz majolikák készítéséhez felhasznált anyagokról és a technikáról a 16. sz. második felében, Cipriano Piccolpasso által Castelduranteben írt - autentikusnak elfogadható - kézikönyv ad leírást. A majolika, mint ónmáz kerámia készítése két fázisban történt: az agyag megformázását és első kiégetését a máz és a festett minta felvitele, majd újabb kiégetési fázis követte.

Megfigyelésünk szerint a tintatartó kerámiatestének szövete arra utal, hogy gondosan előkészített és kiválóatott agyagot használtak fel. Az alaptestben kimutatott fázisok - elsősorban a kalcium-szilikátok (gehlenit és diopszid) - jelzik mind a felhasznált agyag jellegét, mind az első kiégetés hőmérsékletét. A kerámia alapanyaga kalcium-(magnézium-)dús, azaz közönséges meszes téglagyag (illiteskaolinites agyag), melynek ásványos összetétele az alábbi lehetett: ~35-40% kvarc, ~30-35% kaolinit+illit, ~5-10% földpát és ~20-25% kalcit-dolomit. Piccolpasso kézikönyvében a finomárú (*genga*) készítésénél szintén meszes agyag felhasználásáról ír. A kerámiatest kiégetése a karbonátok és az agyagásványok hiánya (azaz teljes átalakulása), az 1000°C felett kialakuló ásványok (krisztobalit, mullit) hiánya és a gehlenit és diopszid jelenléte alapján 1000°C alatt, ~850 és 950°C között történt (Nemecz 1973, Brindley & Brown 1980, Cultrone et al. 2001).

A különféle színű mázak sztereo-mikroszkópban megfigyelt kétsztratu megjelenését megerősíti a mikroszöveti kép is, nevezetesen: a máz két lépésben került a kerámiára. Először az alpmáz, a fehér opak mázat vitték fel a kiégetett kerámiára (Piccolpasso kézikönyvében *bianco*). Az alpmáz óntartalmú ólom-alkáli máz. Az ón homályosító szerepet tölt be, azaz átlátszatlanná teszi a mázat és elfedi a kerámia alapszínét. Elsősorban a meszes agyagból készült kerámiákat fedték ónnal homályosított ólom mázzal (Tite et al. 1998). A sima és csillogó felszín, valamint a ragyogó színek elérése érdekében az alpmáz a kiégetés előtt átlátszó ólom-alkáli mázzal fedték le (Piccolpasso kézikönyvében *coperta*). A fedőmáz a festetlen fehér alpmázon is megjelenik, vagyis az átlátszó mázat az egész műtárgyra felvitték. Piccolpasso idejére ez a módszer vált elterjedtté szemben a 15. század végi gyakorlattal, amikor a fedőmáz általában csak a festett felületekre vitték fel (Lightbown & Caiger-Smith bevezetője, 2007, 29. o.).

Piccolpasso leírása szerint az opak alpmáz előállításához ólomérc és ónérc együttes pörköléséből keletkező hamu (ólom- és ón-oxid), valamint színtelen mázfritt (*marzacotto*, amelyet minél tisztább homok, borseprő vagy borkő ± só keverékének megolvasztásával nyertek) és esetenként homok keverékét vitték fel a kerámiára, valószínűleg fritt előzetes készítése nélkül (Tite et al. 2008). A mázban található rezorbeált-visszaoldódott kvarc- és káliföldpát-zárványok az előállításához használt homok reliktumai. Az óntartalmú szemcsék mellett a fel nem oldódott kvarc és a káliföldpát szintén hozzájárulhattak a máz homályosításához (Mason & Tite 1997, Molera et al. 2001).

A tintatartó alpmázában kimutatott ón-ólmotartalmú szemcsék heterogén eloszlásuk és xenomorf alakjuk alapján a felhasznált nyersanyag maradványainak tekinthetők. A röntgenpordiffrakciós elemzéssel azonosított kassziterit (ón-oxid) mind a fehér opak máz előállításához felhasznált ónérc (mikroszöveti kép által igazolt) maradványa, mind a kerámia második kiégetése során képződött (újrakristályosodott) fázis lehet.

A kerámia második kiégetése során az ólom-oxid az ón-oxiddal néhány 100°C hőmérsékleten reagálva először rombos, majd köbös ólom-sztannátot képez ($\text{Pb}_2\text{SnO}_4 \rightarrow \text{PbSnO}_3$). A kvarc az ólom-oxiddal ólom-szilikáttá alakul. A hőmérséklet további emelkedésével olvadék képződik, és a PbSnO_3 fokozatosan átalakul kassziteritté; ez a másodlagos SnO_2 a hűlés során apró (néhány 10-100 nm méretű), diszperz szemcsék formájában megőrződik és átlátszatlanná teszi a mázat (Molera et al. 1999, Tite et al. 2008). A fenti reakciók hőmérséklete számos tényezőtől, többek között a felhasznált nyersanyag PbO/SnO_2 és PbO/SiO_2 arányától függ. Az ón-oxid rekrisztallizációja a máz kiégetési hőmérsékletének jelzője (Tite et al. 2008). A reneszánsz majolikák átlagos kémiai összetételét (25,2% PbO , $\text{PbO/SnO}_2 = 4,1$; Tite et al. 2008) figyelembe véve - amely értékekkel átfed a tintatartó alpmázának kémiai összetétele (21,0-25,6% PbO , $\text{PbO/SnO}_2 = 3,3-5,9$, **2. táblázat**) -, a kísérleti égetések eredményei alapján az újrakristályosodott kassziterit megjelenése 700°C körül várható (Molera et al. 1999, Tite et al. 2008).

A második kiégetés - a kerámiatest túlzott felmelegedésének és lágyulásának elkerülése érdekében - szükségszerűen kisebb hőmérsékleten történt, mint az első; a 900°C alatti hőmérsékletet a nagyszámú reliktumfázis is alátámasztja. A máz kerámiatesthez viszonyított alacsonyabb kiégetési hőmérsékletét megerősíti az alaptest-máz éles határvonala is, ami a kerámia és a máz közti korlátozott kapcsolatra utal a kiégetés során (Viti et al. 2003). Mivel a viszonylag alacsony hőmérsékletű (~700°C alatti) mázégetés szintén

elképzelhetetlen, a tintatartó esetében ~700 és 900°C közötti második égetéssel számolhatunk.

Az alap- és a fedőmáz közötti festés színképző anyagai röntgen-pordiffrakciós vizsgálattal részben mennyiségi, részben pedig szerkezeti okokra visszavezethetően nem azonosíthatók; elektron-mikroszondás analízissel azonban a színképző anyagok zárványai kimutathatók. A máz kék színének előállítására közismerten használt kobaltot a tintatartó esetén kalcium-magnézium-szilikát szemcsék tartalmazzák. A kobalt mellett nikkelt és vas is előfordul, hasonló elemegyüttest mutattak ki más reneszánsz kerámiák kék mázaiban is (pl. Borgia et al. 2002, Padeletti & Fermo 2003). A kék színt zaffre (zaffera) vagy smalt felhasználásával állították elő. A zaffre készítéséhez kobaltércet pörköltnek, amely általában nem tiszta kobalt-oxid, nikkelt, vasat és más fémeket is tartalmaz. A keletkező kobalt- és egyéb oxidokat kvarcdús homokkal (és kálium-karbonáttal) megolvasztva hozzájuk létre a smaltot, a kobalttartalmú mesterséges üveget. A felhasznált ércanyag összetételére és a tökéletlen pörkölésre utal egyes majolikák esetén a kobalt mellett kimutatott viszonylag magas arzéntartalom, valamint a néhány 10 µm méretű, prizmás kalcium-ólom-arzenát kristályok (pl. Deruta-i és Gubbio-i kerámiák: Borgia et al. 2002, Viti et al. 2003; Laterza-i majolika: Dell'Aquila et al. 2006). A tintatartó kék mázában nem találtunk arzéndúsulást, a felhasznált színezőanyag valószínűleg arzénban szegény volt.

Az okker színű mázban, az alap- és a fedőmáz határán talált ólom-antimon-vas szemcsék ólom-antimonát pigment felhasználására utalnak (Borgia et al. 2002, Viti et al. 2003). Valószínű, hogy a reneszánsz majolikák sárga színű mázában előállítására gyakran használt, a *nápolyi sárga* pigment összetételének megfelelő mesterséges pigmentet alkalmazták a tintatartó esetén is. A pigment ólom-antimonát alapú, ólom- és antimon-oxidok keverékének pörköléséből állítják elő. Vas jelenléte az ólom-antimonátban a fazekas által a sárga szín sötétebb narancsra történő módosítására bevitt adalékanyag lehet; a sárga szín előállításánál vasrozsa hozzáadását Piccolpasso is említi kézikönyvében (Bultrini et al. 2006).

A (sötét)barna máz fedőmázában található kalcium-mangán-szilikát kristályok és a körülöttük lévő mangándús mátrix megerősítik a barna szín előállításához közismert mangántartalmú színezőanyag (általában mangán-oxid) felhasználását (Alaimo et al. 2004). Hasonlót állapíthatunk meg a zöld mázról illetően: a máz többihez képest szignifikánsan nagyobb réztartalma igazolja a zöld szín előállításához általánosan használt réztartalmú színezőanyag (általában réz-oxid, réz-karbonát nyersanyagok, az égetés során Cu(I) formában tartva) alkalmazását.

A második kiegészítés során a színképző anyagok diffúziója a mázrétegek elszíneződését okozta: az alapmáz enyhén, a fedőmáz erősebben elszíneződött. A zöld és kék máznál a réz és a kobalt eltérő koncentrációja mutatható ki az alap- és a fedőmázban. A barna máznál a mangán koncentrációjának gradációja figyelhető meg az alapmázban a fedőmázról távolodva. Kivételt az okker színű máz képez, ahol az alapmáz látszólag megőrizte a fehér színét és csak a fedőmáz színeződött el.

Összefoglalás

A röntgen-pordiffrakciós fázisanalízis és az elektron-mikroszondával végzett mikroszöveti és -kémiai vizsgálat együttes, egymást kiegészítő használatával tárható fel teljes részletességgel a(z ón)máz kerámiák készítésének többlépcsős, bonyolult folyamata. A mázban található különféle zárványok morfológiájának és kémiai összetételének meghatározása alapvető a máz égetési hőmérsékletének megállapításához és a színképző anyagok azonosításához. A műhelyre jellemző anyaghasználat és technológiai paraméterek jelentős kiegészítést adnak a művészettörténeti eszköztárral végzett proveniencia kutatásokhoz, esetenként alátámasztva vagy megcáfolva azokat. Vizsgálataink alapot biztosítanak más ónmáz kerámiák összehasonlító archeometriai feldolgozásához.

Irodalomjegyzék

- ALAIMO, R., BULTRINI, G., FRAGALÀ, I., GIARRUSSO, R. & MONTANA, G. (2004): Microchemical and microstructural characterisation of medieval and post-medieval ceramic glaze coatings. *Applied Physics* **A79**:263-272.
- BALLA, G. (2008): Nr. 1.51. Tintatartó Jézus születése és Háromkirályok imádása jelenettel. *in*: BALLA, G. (szerk.): Beatrix hozománya. Az itáliai majolikaművészet és Mátyás király udvara. Kiállítási katalógus, Iparművészeti Múzeum, Budapest, 74-75.
- BORGIA, I., BRUNETTI, B., MARIANI, I., SGAMELLOTTI, A., CARIATI, F., FERMO, P., MELLINI, M., VITI, C. & PADELETTI, G. (2002): Heterogeneous distribution of metal nanocrystals in glazes of historical pottery. *Applied Surface Science* **185**:206-216.
- BRINDLEY, G.W. & BROWN, G. (1980): *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*. Mineralogical Society, London, 495 pp.
- BULTRINI, G., FRAGALÀ, I., INGO, G.M. & LANZA, G. (2006): Characterisation and reproduction of yellow pigments used in central

Italy for decorating ceramics during Renaissance. *Applied Physics* **A83**:557-565.

CULTRONE, G., RODRIGUEZ-NAVARRO, C., SEBASTIAN, E., CAZALLA, O. & DE LA TORRE, M.J. (2001): Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing. *European Journal of Mineralogy* **13**:621-634.

DELL'AQUILA, C., LAVIANO, R. & VURRO, F. (2006): Chemical and mineralogical investigations of majolicas (16th-19th centuries) from Laterza, southern Italy. in: MAGGETTI, M. & MESSIGA, B. (eds.): Geomaterials in Cultural Heritage. *Geological Society, London, Special Publications* **257**:151-162.

MASON, R.B. & TITE, M.S. (1997): The beginnings of tin-opacification of pottery glazes. *Archaeometry* **36**:77-91.

MOLERA, J., PRADELL, T., SALVADÓ, N. & VENDRELL-SAZ, M. (1999): Evidence of tin oxide recrystallization in opacified lead glazes. *Journal of the American Ceramic Society* **82**:2871-2875.

MOLERA, J., VENDRELL-SAZ, M. & PÉREZ-ARANTEGUI, J. (2001): Chemical and textural characterization of tin glazes in Islamic ceramics from Eastern Spain. *Journal of Archaeological Science* **28**:331-340.

NEMECZ, E. (1973): *Agyagásványok*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 507 pp.

PADELETTI, G. & FERMO, P. (2003): How the masters in Umbria, Italy, generated and used nanoparticles in art fabrication during the Renaissance period. *Applied Physics* **A76**:515-525.

PICCOLPASSO, C.: *The three books of the potters's art - I tre libri dell'arte del vasaio: a facsimile of the manuscript in the Victoria and Albert Museum, London*. LIGHTBOWN, R. & CAIGER-SMITH, A. (Eds.), 2nd edition, Editions La Revue de la céramique et du verre, 2007

TITE, M.S., FREESTONE, I., MASON, R., MORELA, J., VENDRELL-SAZ, M. & WOOD, N. (1998): Lead glazes in antiquity – methods of production and reasons for use. *Archaeometry* **40**:241-260.

TITE, M.S., PRADELL, T. & SHORTLAND, A. (2008): Discovery, production and use of tin-based opacifiers in glasses, enamels and glazes from the Late Iron Age onwards: a reassessment. *Archaeometry* **50**:67-84.

VITI, C., BORGIA, I., BRUNETTI, B., SGAMELLOTTI, A. & MELLINI, M. (2003): Microtexture and microchemistry of glaze and pigments in Italian Renaissance pottery from Gubbio and Deruta. *Journal of Cultural Heritage* **4**:199-210.

