

AZ ELTE TTK KÉTSUGARAS PÁSZTÁZÓ ELEKTRONMIKROSKÓPJA

DUAL BEAM SCANNING ELECTRONMICROSCOPE AT EÖTVÖS LORÁND UNIVERSITY

HAVANCSÁK KÁROLY¹, BARIS ADRIENN², KALÁCSKA SZILVIA³

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

¹Az ELTE TTK KKMC SEM labor vezetője

²ELTE anyagtudomány MSc szakos diplomatervező hallgató

³ELTE fizika doktori iskola hallgatója

Honlap: <http://sem.elte.hu>

E-mail: hkaroly@caesar.elte.hu

Abstract

There are only a few device types available for today's researchers which are as useful and manifold as the dual-beam scanning electron microscope working at the Eötvös Loránd University. It is important to understand the operation and the possibilities offered by this instrument because of its utility in several science subjects and research areas. Therefore in the present article we summarize the relevant basic interactions between the components of the material as seen in the microscope and the applications of the main detectors, mentioning the latest research works in the institute. We can discover new perspectives in the precise and high resolution facilities of this instrument in the examinations of sensitive archaeological samples.

Kivonat

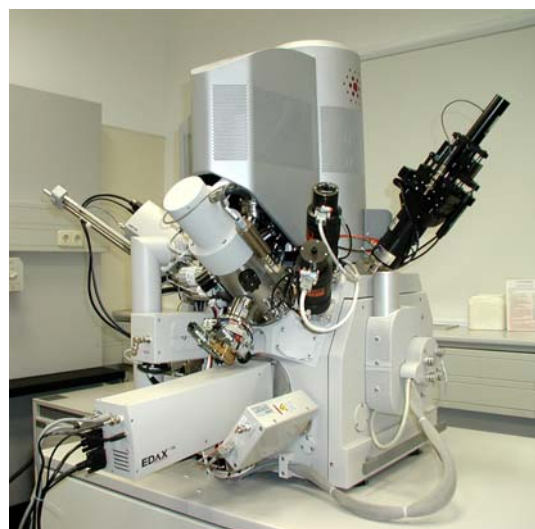
Kevés olyan hasznos és sokszínű eszköztípus áll a mai kutatók rendelkezésére, mint az ELTE-n is működő kétsugaras pásztázó elektronmikroszkóp. A számos tudományterületen és kutatási témában való felhasználhatóság miatt fontos megérteni ennek a modern eszköznek a működését és a készülékben rejlő lehetőségeket. Cikkünkben ezért az alapvető kölcsönhatások magyarázatán túl kitérünk a mikroszkóp felépítésére és a legfontosabb detektorok alkalmazhatóságára, megemlítve az intézetben folyó legfrissebb kutatásokat. A pontos, nagy felbontást igénylő régészeti minták vizsgálatában is új távlatokat nyit a készülék használata.

KEYWORDS: SCANNING ELECTRONMICROSCOPE, SEM, ELEMENT MAPPING, EBSD, FIB

KULCSSZAVAK: PÁSZTÁZÓ ELEKTRONMIKROSKÓP, SEM, ELEMÉTKÉP, EBSD, FIB

Bevezetés

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán mintegy három éve működik a részben európai uniós forrásból beszerzett kétsugaras pásztázó elektronmikroszkóp. Ez az elektronmikroszkóp képességeit tekintve a világszínvonalat képviseli. Felszereltsége, és ennek eredményeképpen a mérési lehetőségei Európában a legjobbak közé sorolják. A pásztázó elektronmikroszkóp FEI Quanta 3D típusú, nagyfelbontású, kétsugaras készülék. A két sugár azt jelenti, hogy az elektronforráson kívül ionforrással is rendelkezik. Az elektronnyaláb és az ionnyaláb egyaránt alkalmas arra, hogy mikroszkópi képet készíthessünk, ugyanakkor az ionnyaláb az anyagminta felületének megmunkálását is lehetővé teszi. Az **1. ábrán** a pásztázó elektronmikroszkóp központi egységének képét láthatjuk.



1. ábra: Az ELTE TTK Quanta 3D kétsugaras pásztázó elektronmikroszkópja

Fig. 1.: Quanta 3D dual beam scanning electron-microscope at Eötvös Loránd University

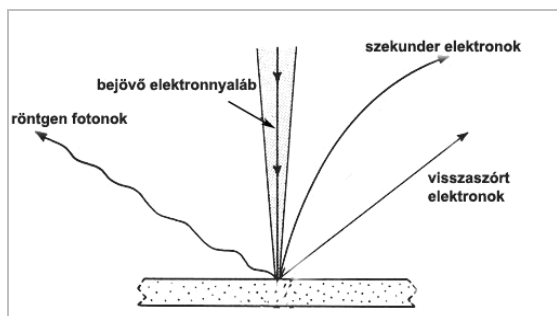
Az alábbiakban bemutatjuk, hogy mire képes ez a mikroszkóp, és kiragadott példákon keresztül azt, hogy az ELTE TTK kutatói milyen vizsgálatokhoz használják az új eszközt. Az új mikroszkóp bemutatása előtt ismerkedjünk meg általában a pásztázó elektronmikroszkópok működésének alapjaival.

A minta-elektron kölcsönhatás „termékei”

A hagyományos optikai mikroszkóp felbontóképessége a diffrakciós korlát miatt, optimális esetben sem jobb (200 – 300) nm-nél. A 20. század elején a tudomány fejlődése azonban ennél jobb felbontást igényelt, és ekkorra már a technikai feltételek is adottak voltak az elektronmikroszkópok kifejlesztéséhez. A fejlesztések két irányban indultak el. Ennek eredményeként Ernst Ruska munkássága nyomán 1931-ban működni kezdett az első átvilágító, ú. n. transzmissziós elektronmikroszkóp (TEM). A TEM-ben az elektronsugár vékony (jellemzően (100-500) nm vastagságú) mintát átvilágítva, elektromágneses lencserendszeren halad keresztül, és az optikai mikroszkópéhoz hasonló, párhuzamos képalkotást használva hoz létre nagyított képet. A párhuzamos képalkotás azt jelenti, hogy a mikroszkópi kép valamennyi képpontja egyszerre jön létre.

Az elektronmikroszkóp fejlesztés másik iránya a pásztázás elvét alkalmazza, amely a soros képalkotást használja. Az ilyen elven működő mikroszkópokban a kép pontjai nem egyszerre, hanem pontról-pontra, időben egymás után jönnek létre.

Az első pásztázó elektronmikroszkópot (scanning electron microscope = SEM) Max Knoll hozta létre 1935-ben. Az első kereskedelmi pásztázó elektronmikroszkóp azonban csak az 1960-as években jelent meg. Azóta a SEM jelentős fejlődésen ment keresztül és rendkívül elterjedt eszközzé vált, több tízezer példány működik szerte a világon.



2. ábra: Az elektron–anyag kölcsönhatás termékei
Fig. 2.: The products of electron–matter interaction

A népszerűség oka egyrészt az, hogy a vizsgálandó minta előkészítése viszonylag egyszerű, az transzmissziós elektron mikroszkóppal szemben vékonyítást nem igényel. Másrészt, bár jobbra csak a minta felületéhez közeli tartományokról kapható információ, a legjobb mikroszkópokkal topografikus, szerkezeti és összetételbeli adatokat is nyerhetünk.

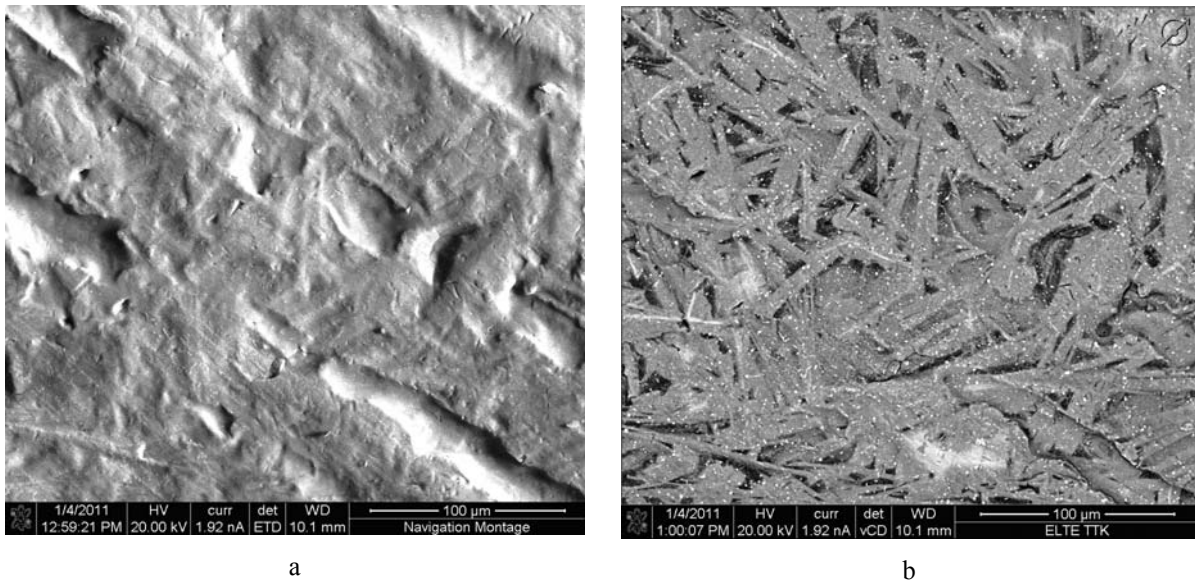
A pásztázó elektronmikroszkópban a fókuszált elektronnyaláb a minta felületét pásztázza, miközben különböző „termékeket” vált ki. Mivel többnyire vastag mintát használunk, ezért általában a bombázó nyaláb nem jut át a mintán. Ilyenkor a kölcsönhatás „termékei” csak a minta nyaláb felőli oldalán jelennek meg, ahogyan azt a **2. ábra** mutatja. A mikroszkópban a képek létrehozására az alábbi „termékeket” használjuk.

- *Szekunder elektronok.* Elsősorban gyengén kötött, a minta atomjainak külső elektronhéjain elhelyezkedő elektronok, amelyeket a nyaláb kiüt a helyükről. Ezeknek az elektronoknak kicsi az energiájuk, zömmel 5–10 eV. Összegyűjtve topografikus (felületi) információt adnak.

- *Visszaszórt (backscattered) elektronok.* Az eredeti nyalábból rugalmas, nagyszögű szórást szenvedett elektronok. Ezeknek az energiája általában 10 keV nagyságrendű. A visszaszórt elektronokkal létrehozott kép rendszám kontrasztot mutat, ami azt jelenti, hogy a különböző kémiai elemeket tartalmazó képrészek jól elkülönülnek a képen.

A fentieket illusztrálja **3. ábra** két képe. A **3a. ábrán** egy többfázisú minta szekunder elektron képét mutatjuk. Látszik, hogy a szekunder elektron kép a felület morfológiáját mutatja. A **3b. ábra** ugyanennek a felületrészletnek a visszaszórt elektron képét mutatja. Az látszik, hogy egyrészt „mélyebbre” látunk a mintában, jól kivehető a fáziselemek, másrészt a magasabb rendszámú elemeket tartalmazó fázisok világos pöttyök formájában mutatkoznak meg a képen.

- *Röntgenfotonok.* A mintát bombázó elektronnyaláb rendelkezik akkora energiával, hogy a minta atomjainak belső héjáról elektront üthessen ki. Az ilyen elektronhiány instabil állapotot jelent, ezért magasabb energiájú elektronsugárral betöltődik, miközben a két héj energia-különbségének megfelelő energiájú röntgen-foton keletkezik. Minthogy ez az energia jellemző az öt kibocsátó atomra, ezért, ha a mintából távozó röntgenfotonok energiáját megmérjük, akkor információt nyerhetünk a minta kémiai összetételére.



3. ábra: Többfázisú minta szekunder elektron képe (a), és ugyanannak a területnek a visszaszórt elektron képe (b)

Fig. 3.: Secondary electron image of a multi-phase sample (a), and backscattered electron image from the same area (b)

Van olyan pásztázó elektronmikroszkóp is, amely vékony minták esetén, a minta túloldalán megjelenő jelekből is képes képet készíteni (scanning transmission electron microscope = STEM). Az ELTE TTK új mikroszkópja is ilyen. Az ilyen kép hasonló információt hordoz, mint a transzmissziós elektronmikroszkóp képe, hiszen ugyanazokat a nyalábokat használja (előre és kis szög alatt rugalmasan szórt elektronokat). A képalkotás módja természetesen ilyenkor is a pásztázó mikroszkópra jellemző soros képzés. A felbontóképesség kb. egy nagyságrenddel elmarad a manapság használatos dedikált nagyfelbontású transzmissziós mikroszkópokétól.

A pásztázó elektronmikroszkóp felépítése

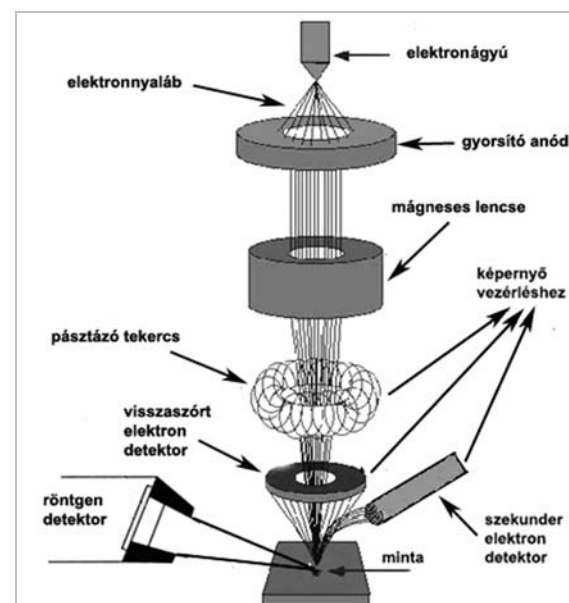
A pásztázó elektronmikroszkóp fontosabb egységei: elektronforrás, objektív lencse, pásztázó tekercsek, detektorok, mintatartó. A pásztázó elektronmikroszkóp elvi felépítését a **4. ábra** mutatja.

Az elektronmikroszkópokban az elektronok forrása az elektronágyú. Az elektronágyúban az elektronok a katódból vagy izzítás hatására (izzókatódos forrás), vagy pedig kihúzó elektromos tér hatására (téremissziós forrás) lépnek ki. A Quanta 3D mikroszkóp forrása egy harmadik típusba tartozik. Itt termikusan is segített téremissziót alkalmaznak (Schottky-forrás). A forrás anyaga volfrám, amelynek felülete kis elektron-kilépési energiával rendelkező cirkónium-dioxiddal (ZrO_2) van bevonva.

A katódból kilépő elektronokat elektromos tér gyorsítja a szükséges energiára. A pásztázó

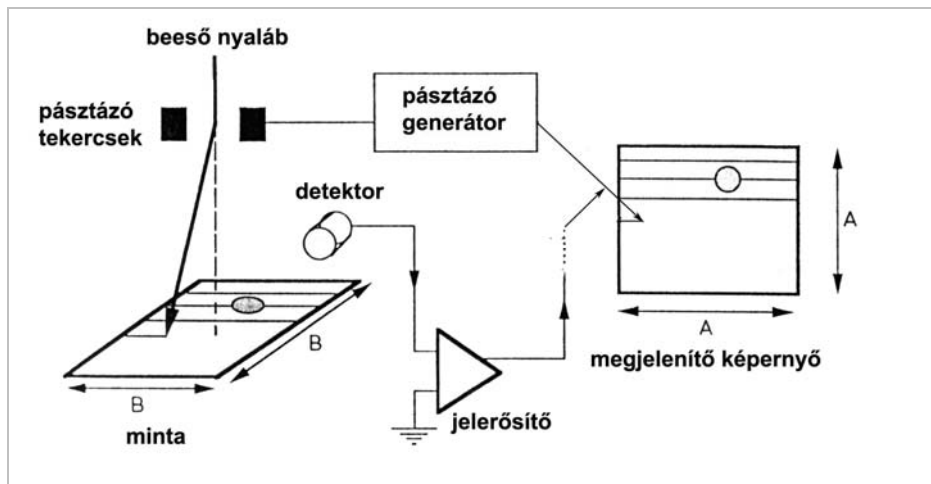
elektronmikroszkópokban az elektronok maximális energiája általában $E_{\max} = 30$ keV, és ez az energia a kisebb energiák felé állítható.

A forrásból kilépő nyalábot elektromágneses elven működő lencse fókuszálja. Az elektronmikroszkópokban alkalmazott elektron lencsék a Lorentz-erőhatás alapján működő mágneses lencsék.



4. ábra: A pásztázó elektronmikroszkóp felépítése

Fig. 4.: The structure of a scanning electron-microscope

**5. ábra:**

A pásztázó elektronmikroszkóp működésének elve

Fig. 5.:

Principle of operation of the scanning electron microscope

A lencse fókusztávolsága és a nyaláb mérete a mintán az elektromágnes áramával szabályozható. A nyaláb minimális átmérője a mintán ~ 1 nm.

A pásztázó tekercsek segítségével a nyaláb sorról-sorra végigpásztázza a minta felületét. Az elektronnyaláb által a mintából kiváltott szekunder elektronokat (SE), visszaszórt elektronokat (back-scattered electron = BSE) és röntgenfotonokat a minta felett elhelyezett detektorok érzékelik. A legegyszerűbb pásztázó elektronmikroszkópokban csak szekunder elektron detektor van, a Quanta 3D mikroszkóp azonban mindhárom „termékre” rendelkezik detektorokkal.

A képképzés elve

A kép létrehozásában a lencséknek nincs közvetlen szerepe, ezért a pásztázó mikroszkópok esetén nem is érvényes a párhuzamos képképzésű mikroszkópok (pl. TEM, optikai mikroszkóp) felbontására vonatkozó Abbe-feltétel. A soros képképzés esetén a felbontást meghatározó tényezők: a nyaláb mérete a minta felületén, a nyaláb által a felület alatt gerjesztett térfogat, illetve a mintából kilépő termék energiája.

Hogyan jön létre a kép? A képképzés elvét az **5. ábra** mutatja. A minta felületét pásztázó elektronnyalábot egy pásztázó generátor vezérli. Ugyanez a generátor vezérli pontról-pontra a képernyő pontjainak aktiválását. A nyaláb által kiváltott elektronok vagy röntgenfotonok intenzitását az adott termékre érzékeny detektor érzékeli. A detektorok jele modulálja a megjelenítő képernyő képpontjainak intenzitását. Ha a minta felületének emissziója változik, akkor ez a változás látszik a képernyőn, és pontról-pontra így alakul ki a képernyőn a minta felületének emisszióját jellemző kép. A kép mérete állandó, hiszen ez a képernyő mérete. A nagyítás attól függ, hogy a minta felületén mozgó elektronnyaláb mekkora felületet pásztáz. Ha kis felületrészt pásztázunk,

akkor nagy a nagyítás (ez akár milliószoros is lehet), ha nagyobbát, akkor csökken a nagyítás.

A mikroszkópban az elektronnyaláb vákuumban halad, de a mikroszkóp egyes részeiben a vákuum értéke különböző. A legnagyobb vákuumot a forrás igényli. Itt 10^{-7} Pa a nyomás. A legkisebb vákuum a mintatérben van. Itt a leggyakrabban alkalmazott üzemmódban ($10^{-2} - 10^{-3}$) Pa uralkodik. A két érték között a mikroszkóp oszlopa mentén elhelyezett vákuumszivattyúk hatására a nyomás folytonosan változik.

A pásztázó elektronmikroszkóp működéséből következik, hogy az elektronnyaláb töltést juttat a felületre. Az nem engedhető meg, hogy a töltés felhalmozódjon a minta felületén, mert a felhalmozódó töltések elektromos tere kölcsönhat a pásztázó nyaláb elektronjaival, ami meghamisítja a képet, lehetetlenné téve a felületi objektumok vizsgálatát. Vezető minta esetén nem nehéz megakadályozni a feltöltődést. Ehhez elegendő az, hogy a mintát vezető ragasztóval rögzítsük a leföldelt mintatartóhoz.

Ha a minta szigetelő (pl. kőzetek, biológiai minták), akkor a töltés elvezetésének hagyományos megoldása az, hogy vékony vezető réteggel vonják be a felületet. Ez a réteg általában arany vagy szén, amelyet párologtatással lehet a felületre juttatni.

A Quanta 3D mikroszkóp sajátosságai

A mikroszkóp üzemmódjai

A Quanta 3D mikroszkóp többféle üzemmóddal is rendelkezik. Vezető minták esetén a nagyvákuum üzemmód használatos. Mint ahogy korábban megjegyeztük, ilyenkor a minta felületéről könnyen eltávozik a rájutó elektromos töltés, így nem zavarja a képképzést. Szigetelő minták vezető réteg ráparólogtatásával vezetővé tehetők, és így vizsgálhatók a nagyvákuumos üzemmódban. Ebben az üzemmódban a szekunder elektron detektorral ideális esetben 1 nm maximális felbontás érhető el.

A szekunder elektron képek topografikus információt hordoznak és jellemzőjük, különösen kisebb nagyítás esetén, a nagy mélységélesség.

A párologtatás azonban nem mindig előnyös. Különösen nem előnyös a nanoméretű objektumok esetén, hiszen elfedi, sőt megváltoztatja a felület tulajdonságait. Ezért a Quanta 3D mikroszkóp más megoldást is kínál. Az ún. alacsony-vákuumos üzemmódban a mintatérben (70–130) Pa nyomású vígőz van. A vígőzben haladó elektronnyaláb ionizálja a molekulákat. Az így keletkező pozitív ionok a mintára jutva képesek semlegesíteni a felületre jutó negatív töltéseket (elektronokat).

A vezető és szigetelő mintákon kívül van a mintáknak egy harmadik csoportja, mégpedig általában a biológiai eredetű minták, amelyek víztartalmuk gyors elvesztése miatt nehezen viselik a vákuumot. Az ilyen minták mérésére a Quanta 3D mikroszkóp egy harmadik üzemmódot kínál. Ebben az üzemmódban a minta 1000 Pa nagyságrendű nyomáson közel 100% páratartalmú közegben van, így nem következik be vízvesztés. Ezt az üzemmódot környezeti üzemmódnak nevezzük.

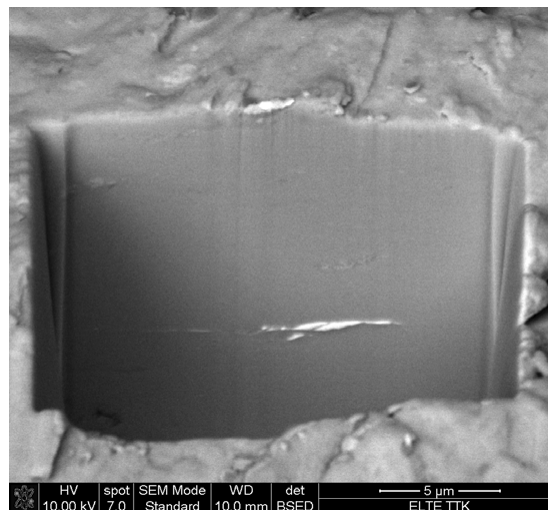
Minden üzemmódban lehet szekunder- és visszaszórt elektron képet készíteni, valamint röntgenanalízist végezni.

Fókuszált ionsugaras berendezés

A kétsugaras Quanta 3D mikroszkóp második nyalábja fókuszált ionsugár (focused ion beam = FIB). Az ionágyú Ga-ionokat gyorsít $E_{\max} = 30$ keV maximális energiára. Az ionnyaláb forrása, a fókuszálása és a pásztázása sok tekintetben hasonlít az elektronnyaláb esetében elmondottakhoz. Az ionsugár jelenléte megsokszorozza a mikroszkóp lehetőségeit. Az ionnyaláb ugyanis akkora energiával rendelkezik, hogy porlasztás útján képes a minta felületének alakítására. Például az ionnyalábbal a minta felületébe belevágva és egy sima felületet kialakítva, a keresztmetszet mentén is lehetségessé válik a minta tulajdonságainak vizsgálata. A **6. ábrán** ilyen keresztmetszeti bemetszést láthatunk.

Az ionnyalábbal a minta elvékonyítása is lehetséges, amivel a transzmissziós elektronmikroszkóp számára készíthetünk vékony mintákat. Ha a vizsgálatok szükségessé teszik, akkor a mintából tetszőleges alakú objektumok faraghatók ki, amiket azután, esetleg más eszközökben, további vizsgálatoknak lehet alávetni.

A FIB berendezés nanolitográfia készítésére is alkalmas. Ez azt jelenti, hogy akár néhány száz 10 nm szélességű Pt, C vagy szigetelő réteg leválasztása is lehetséges a minta felületére.



6. ábra: A FIB-bel kialakított keresztmetszeti felületen vizsgálható minta belsejének szerkezete

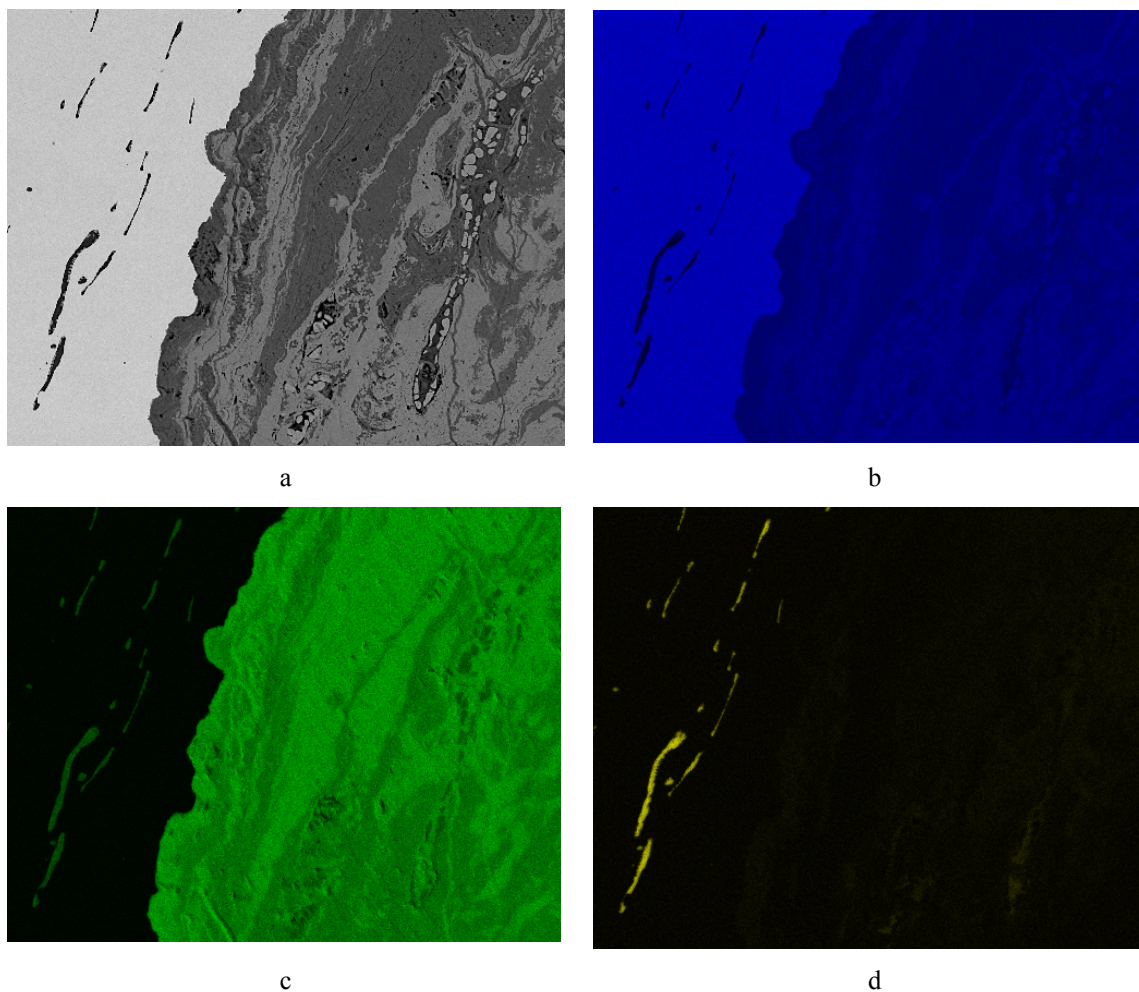
Fig. 6.: The internal structure of a sample can be examined by the FIB-made cross-sectional surface

A leválasztandó anyag atomjait prekursor gáz tartalmazza, amelyet fűvókák juttatnak a minta felületére. Ahol az ionnyaláb éri a felületet, ott a prekursor gáz szétbomlik, és a leválasztandó atomot a felületen hagyja. Az ilyen leválasztás segíti a keresztmetszeti- és a TEM minták készítését, de alkalmas területek megjelölésére, vagy nanoméretű elektromos hozzávezetések készítésére is.

Röntgenanalízis

A minta felületéről távozó röntgenfotonok a mintában található elemekre jellemző energiáival rendelkeznek, számuk pedig első közelítésben arányos az elemek koncentrációjával. Az energia és a beütésszám mérésével tehát kvalitatív és kvantitatív elemanalízis végezhető.

A hagyományos röntgendetektor lítiummal adalékolt szilícium félvezető detektor. Ennek hátránya a viszonylagos lassúság, és az, hogy állandóan folyékony nitrogén hőmérsékleten (-196 °C) kell tartani. A Quanta 3D mikroszkóp újfajta, ún. szilícium drift detektorral rendelkezik. A szilícium drift detektor anyaga nagy tisztaságú szilícium, ezért működés közben elegendő Peltier-elemes hűtést alkalmazni, amely kb. -60 °C-on tartja a detektort. A detektor holtideje kicsi, ezért gyors jelfeldolgozást tesz lehetővé, ami azt jelenti, hogy másodpercenként 10^5 foton fogadására alkalmas. Az energia felbontás is jobb a hagyományos félvezető detektorokhoz képest. A Mn K_{α} 5,9 keV energiájú vonalára az energiafelbontás $\Delta E = 130$ eV.



7. ábra: A 4. századból származó vas minta (avar kengyel) szekunder elektron képe (a) és néhány elem elem térképe: vas (b), oxigén (c) és szilícium (d)

Fig. 7.: Secondary electron image of a 4th century iron sample (Avar period stirrup) (a) and element map of iron (b), oxygen (c) and silicon (d)

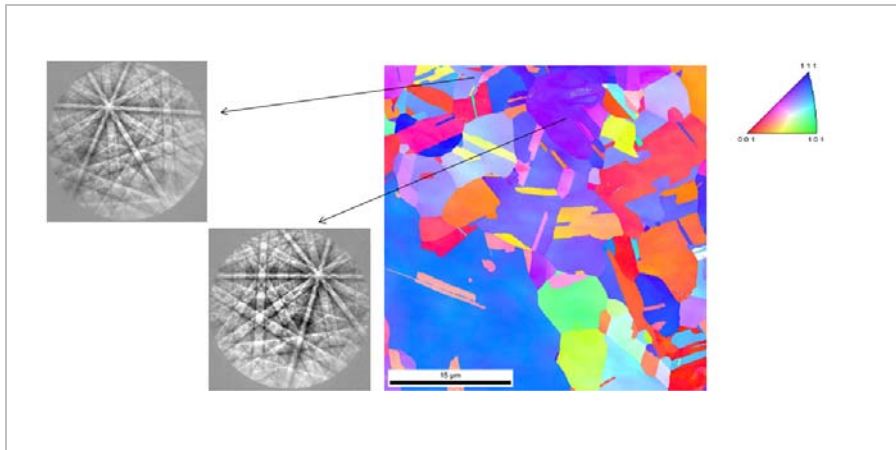
Elemanalízis végezhető a minta egy pontján, vagy egy kijelölt területén. Ilyenkor az elsődleges eredmény röntgenspektrum formájában jelenik meg. A spektrumból meghatározható a minta elemösszetétele, és az is, hogy az elemek milyen koncentrációban vannak jelen. A koncentráció-mérés pontossága standard minta nélkül (1–5 %). A mérendő mintával azonos elemösszetételű és ismert koncentrációjú standard minta birtokában a koncentráció-mérés relatív pontossága akár 0,1 % is lehet.

A röntgenanalízis felhasználható elem térképek készítésére is. Ilyenkor a nyaláb a minta felületét pásztázza, és az elemspektrum vonalai közül kiválaszthatók azok, amelyeknek felületi eloszlását különböző színekkel megjeleníteni kívánjuk. Az elem térképek rátehetőek egymásra is és az elektronokkal készített képekre is, így az egyes felületi objektumok elemösszetétele láthatóvá tehető és könnyen azonosítható. A **7. ábrán** egy 4. századi avar kengyelből nyert minta egy kis részletének szekunder elektron képe (a), valamint

ugyanezen a felületen a vas (b), az oxigén (c) és a szilícium (d) elem térképe látható. A képen jól látszik a tiszta vas és a vasoxidok jól elhatárolódó területe, és az is, hogy a zárványok szilíciumot is tartalmaznak.

Visszaszórt elektron diffrakció

A visszaszórt elektronok diffrakcióra is alkalmasak (electron backscattered diffraction = EBSD). A transzmissziós elektronmikroszkópban vékony mintákon kapható diffrakciós kép egykristály esetén diffrakciós pontokból álló ábrát ad, amely ábrából a kristályszerkezetre és a kristály orientációra vonatkozó információt nyerhető. Hasonló információt kaphatunk a pásztázó elektronmikroszkópban a visszaszórt elektronok által létrehozott diffrakciós képből. A pásztázó elektronmikroszkópban azonban általában vastag mintákat használunk, ezért a diffrakciós ábra nem pontokból áll, hanem diffrakciós sávokat (ún. Kikuchi-sávokat) látunk.

**8. ábra:**

Hőkezelt Cu minta EBSD orientációs térképe és két orientációhoz tartozó Kikuchi-ábrák

Fig. 8.:

EBSD orientation map of an annealed copper sample and two Kikuchi-images related to different orientations

A diffrakciós kép a mikroszkópon belül elhelyezkedő fluoreszcens ernyőn jelenik meg, ezt a mögötte elhelyezkedő CCD kamera digitális képpé alakítja és jeleníti meg a képernyőn. A Kikuchi-sávok irányából és egymáshoz viszonyított helyzetéből meghatározható a mintát alkotó kristályszemcsék kristályszerkezete és orientációja. A pásztázó elektronmikroszkóp, a mérés előtt beprogramozott lépéstávolságban, pontonként megméri a Kikuchi-ábrákat. Az ábrák alapján meghatározott orientációkat a számítógépes program felrajzolja, és így orientációs térképhez jutunk. Az orientációs térkép alkalmas a minta textúrájának vizsgálatára. A különböző orientációjú szemcsék különböző színekkel jeleníthetők meg, és így a minta kijelölt területén láthatóvá válnak a szemcsék és azok orientációja is. A **8. ábra** hőkezelt Cu minta orientációs térképét, és a szemcsékre jellemző Kikuchi-ábrákat mutat.

Az ELTE TTK-n a SEM/FIB rendszerrel kapcsolatos kutatások

A fentiekben láttuk, hogy a Quanta 3D SEM/FIB rendszer sokoldalú kísérleti munkát tesz lehetővé. Ennek megfelelően az ELTE Természettudományi Karon rendkívül széles skálán használjuk ki a mikroszkóp adta lehetőségeket. Szubmikronos és nanotartománybeli fizikai, kémiai, biológiai, anyagtudományi, geológiai és interdiszciplináris kutatások folynak a mikroszkópon. Valamennyi témát itt most nem tudjuk felsorolni, de jellemzőképpen néhányat közülük megemlíthetünk.

Nanométerű kolloidális gömböcskék előállítása és tulajdonságainak vizsgálata gyógyszer-hordozó tulajdonságainak megismerése céljából (Kiss 2011). A részecskék méreteloszlásának, alakjának és felületi tulajdonságainak vizsgálatában a SEM/FIB rendszer egyedülálló.

FIB-bel kialakított (100-1000) nm átmérőjű fém egykristály hengerek (mikropillárok) előállítása és vizsgálata (Hegyí et al. 2012). Az ilyen mikropillárok különleges mechanikai tulajdonságokkal

rendelkeznek, amelyek a kialakítást követően nanoindenterrel vizsgálhatók.

Ferromágneses nanorészecskék előállítása és tulajdonságainak, méreteloszlásának vizsgálata (Sinkó et al. 2011). Az ilyen ferromágneses nanorészecskék a humán gyógyászatban használhatók irányított gyógyszertranszport céljaira.

Több kutatócsoport is vizsgálja a rendkívül nagy deformációval előállított nanoszemcsés fémek tulajdonságait (Gubicza et al. 2012; Hegedűs et al. 2012; Dirras et al. 2011). Az ilyen anyagok kiemelkedően jó mechanikai-, elektromos- és korrózióálló tulajdonságokat mutatnak.

Egy másik csoport meteoritok szerkezetét vizsgálja. A kétsugaras mikroszkóppal vizsgálhatók pl. azok a nagy nyomáson kialakuló fázisok, amelyeket a légkörbe való belépés során kialakuló lökeshullám hozott létre (Béreczi et al. 2011).

Biológusok, geológusok és fizikusok együtt vizsgálják a budai meleg forrásokban élő baktériumtörzseknek a barlangképződésben és a rádium felhalmozásában játszott szerepét (Eröss et al. 2011). A mikroszkóp környezeti üzemmódja vizes környezetben is vizsgálhatóvá teszi a baktériumtelepeket.

Geológusok vizsgálják az ősi vulkáni kőzetekben bezáródott olvadékszárnyok tulajdonságait. A szárnyok feltárásában a fókuszált ionnyaláb egyedülálló lehetőséget kínál (Berkési et al. 2012).

A régészet is kezdi meghódítani a nanotartományt. Az egyik régészeti témában a Kárpát-medencében feltárt avarkori kengyelek vasanyagának származása és a megmunkálás technológiája a kutatás tárgya. Az eredményeket leíró közlemény elkészítése folyamatban van. A másik régészeti téma azt vizsgálja, hogy a középkori magyar aranyművesek milyen eljárással készítették a ruhák, ékszerek és kegytárgyak díszítésére használt nemesfém lemezeket és huzalokat (Gherdán et al. 2013).

Számos más téma is használja a Quanta 3D mikroszkóp különleges tulajdonságait, hiszen nagy előny az, hogy ezek a mérési lehetőségek egy rendszerben találhatóak meg, és az is, hogy egy ilyen világszínvonalú eszköz használata céljából nem kell távoli országok kutatóintézetét felkeresni.

A rendszer külső felhasználók számára is nyitott. A kétsugaras mikroszkópon máris több egyetemen kívüli hazai és külföldi csoport dolgozik.

Aki a rendszer tulajdonságaival és a rajta folyó kutatási témákkal kapcsolatban szeretne bővebb információhoz jutni, annak rendelkezésére áll a laboratórium honlapja, amelynek internetes címe: <http://sem.elte.hu>.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Dankházi Zoltánnak és Varga Gábornak, akik részt vettek a mikroszkópi felvételek elkészítésében, és a végső szöveg finomításában is segítettek.

Irodalomjegyzék

BERKESI, M., GUZMICS, T., SZABÓ, Cs., DUBESSY, J., BODNAR, R.J., HIDAS, K. & RATTER, K. (2012): The role of CO₂-rich fluids in trace element transport and metasomatism in the lithospheric mantle beneath the Central Pannonian Basin, Hungary, based on fluid inclusions in mantle xenoliths. *Earth and Planetary Science Letters* **331-332** 8–20.

BÉRCZI, SZ., NAGY, SZ., GYOLLAI, I., JÓZSA, S., HAVANCSÁK, K., VARGA, G., PÁL-MOLNÁR, E. & GUCSIK, A. (2011): [Shocked Minerals in NWA 5011 L6 Chondritic Meteorite](http://szft.elte.hu/oktat/hkaroly/letoltesek/NIPR_High_Press_Miner.pdf). 34th Symposium on Antarctic Meteorites, Tokyo, 2011, november 17–18. http://szft.elte.hu/oktat/hkaroly/letoltesek/NIPR_High_Press_Miner.pdf

DIRRAS, G., OUAREM, A., COUQUE, H., GUBICZA, J., SZOMMER, P. & BRINZA, O. (2011): Microstructure and nanohardness distribution in a polycrystalline Zn deformed by high strain rate impact. *Materials Characterization* **62/5** 480–487.

ERŐSS, A., MINDSZENTY, A. & HAVANCSÁK, K. (2011): [Cave development in nano-scale](http://szft.elte.hu/oktat/hkaroly/letoltesek/EURONANOFORUM_POSTER_EA.pdf). Euronano Forum Budapest. http://szft.elte.hu/oktat/hkaroly/letoltesek/EURONANOFORUM_POSTER_EA.pdf

GHERDÁN, K., WEISZBURG, T., RATTER, K.; ZAJZON, N., BENDŐ, Zs., VARGA, G. & SZAKMÁNY, Gy. (2013): A soproni Kecske-templomban feltárt sírlelet körgallérjáról származó fémfonalak mikro- és nanoléptékű morfológiai és kémiai vizsgálata. *Műtárgyvédelem* **36** 57–72.

GUBICZA, J., JENEI, P., YOON, E. Y. & KIM, H. S. (2012): X-ray diffraction study on the microstructure of a Mg–Zn–Y alloy consolidated by high-pressure torsion. *Journal of Alloys and Compounds* **539**.(Oct.) 32–35.

HEGEDŰS, Z., GUBICZA, J., KAWASAKI, M., CHINH, N.Q. & FOGARASSY, Zs. (2012): Microstructure of low stacking fault energy silver processed by different routes of severe plastic deformation. *Journal of Alloys and Compounds* **536** (Suppl. 1, September 25.) 190–193.

HEGYI, Á., RATTER, K., ISPANOVITS, P. & GROMA, I. (2012): Mikroméretű minták deformációinak vizsgálata. *Fizikai Szemle* **LXII** 77–83.

KISS, É. (2011): Gyógyszerhordozó nanorészecskék. *Fizikai Szemle* **LXI** 413–417.

SINKÓ, K., SZABÓ, G. & ZRÍNYI, M. (2011): Liquid-Phase Synthesis of Cobalt Oxide Nanoparticles. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* **11/5** 1–9.

A „SZOMBATHELY-OLADI PLATÓ” ÁSATÁSBÓL SZÁRMAZÓ FESTÉKANYAGOK ÉS FESTETT KERÁMIÁK PÁSZTÁZÓ ELEKTRONMIKROSKÓPOS ÉS REZGÉSI SPEKTROSKÓPIAI VIZSGÁLATA*

VIBRATIONAL SPECTROSCOPIC AND SCANNING ELECTRON
MICROSCOPIC STUDY OF PIGMENT RAW MATERIALS AND PAINTED
CERAMICS EXCAVATED AT SZOMBATHELY-OLADI PLATÓ, HUNGARY

TÓTH ZSUZSANNA¹, MIHÁLY JUDITH²,* TÓTH ATTILA LAJOS³,** ILON GÁBOR⁴

¹ELTE BTK Régészettudományi Intézet, 1088 Budapest, Múzeum krt. 4/B.

²MTA Kémiai Kutatóközpont, Szerkezeti Kémiai Intézet, 1025 Budapest, Pusztaszeri út 59-67.

*Jelenlegi cím: MTA Természettudományi Kutatóközpont, 1117 Budapest, Magyar tudósok körútja 2.

³MTA TTK Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet, 1121 Konkoly Th. M. út 29-33..

⁴Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Örökségvédelmi Központ II. sz. iroda, 9704 Szombathely, Szófia u. 33-35.

E-mail: zsuzsanna.toth11@gmail.com

Abstract

Scanning electron microscopic (SEM-EDS), Raman (FT-Raman) and infrared (FT-IR) spectroscopic investigations were performed on raw pigment materials and polichrome painted ceramic fragments from the excavation of Szombathely-Oladi plató and Gőr-Kápolnadomb. In the raw yellow and red pigments we could identify goethite and hematite as colouring minerals, respectively. A special raw red pigment was found to be of 'pure' hematite. On the ceramic fragments decorated with red, the paint layer proved to be made of cinnabar (HgS) mixed with high-purity kaolin.

The white decoration proved to be pure, homogeneous calcite. To our knowledge, this is the first evidence of the use of cinnabar (HgS) for decorated pottery in Late Neolithic period in the region of Hungary. The use of cinnabar as painting material proved though to be rare among our samples.

The full text of this paper is available in the current version of AM in English:

http://www.ace.hu/am/2013_2/AM-13-02-TZS-en.pdf

Kivonat

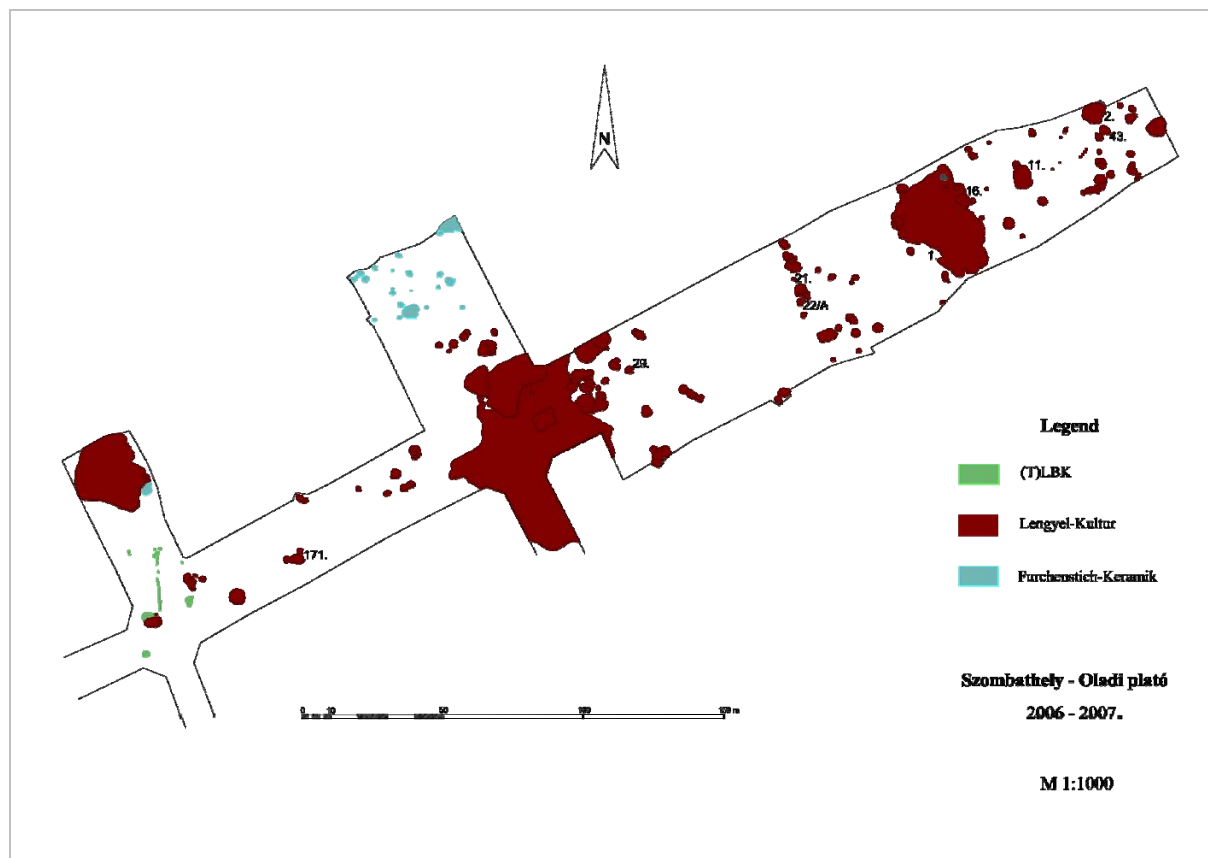
Szombathely-Oladi plató és Gőr-Kápolnadomb ásatása során napvilágra kerülő festékrögöket és több színnel (vörös, narancs, barna, sárga és fehér) festett kerámiatöredékeket vizsgáltuk pásztázó elektronmikroszkópos (SEM-EDS), Raman-spektroszkópiái (FT-Raman) és infravörös (FT-IR) spektroszkópiái módszerekkel. A sárga és vörös festékrögökben goethitet, illetve hematitot azonosítottunk. Az egyik jellegzetes vörös festékrög „tisza” hematit-tömbnek bizonyult. A díszített kerámiákon – meglepő módon – vörös festékként nagy tisztaságú kaolinnal kevert cinnabaritot (HgS) mutattunk ki. A fehér festékréteg tiszta, homogén kalcitnak bizonyult.

Tudomásunk szerint először tudtunk cinóbert azonosítani magyarországi késő neolitik festett kerámiákon, bár e festékanyag alkalmazása meglehetősen ritka a vizsgált minták között.

KEYWORDS: FT-RAMAN SPECTROSCOPY; FT-IR SPECTROSCOPY; SEM-EDS, LATE NEOLITHIC PAINTED POTTERY; CINNABAR; KAOLINITE

KULCSSZAVAK: FT-RAMAN SPEKTROSKÓPIA; FT-IR SPEKTROSKÓPIA; SEM-EDS, KÉSŐ NEOLIT FESTETT KERÁMIA; CINNABARIT; KAOLINIT

* Jelen tanulmányunk a *Szászország kiállítási katalógusban* 2007-ben, illetve az *EMAC'07 konferencia* kötetében 2009-ben megjelent írásaink kibővített és átdolgozott változata.



1. ábra: A szombathelyi Oladi plató feltárása összesítő térképének részlete

Fig. 1.: The site of Szombathely-Oladi plató

Bevezetés, régészeti háttér

A nyugat-magyarországi szombathelyi Oladi platón 2006-2007-ben, az Ilon Gábor által vezetett ásatások során egy késő neolitikus, a lengyeli kultúra korai szakaszához tartozó település került elő. A feltárás megközelítően háromhektáros területén (**1. ábra**) a lengyeli kultúra több száz objektuma látott napvilágot. Ezek többsége településhez tartozó gödör, de néhány objektum (1, 184, 370) különleges, valószínűleg kultikus szokásokkal, rítusokkal hozható összefüggésbe. Erre a korszakra, a lengyeli kultúra korai időszakára a polikróm festett (vörös, rózsaszín, sárga és fehér) kerámiák jellemzőek, hasonlóan a korábban feltárt Sé-Malomi dűlő (Kalicz 1998) és Gőr-Kápolnadomb telepeinek anyagához (Tóth 2006). A lelőhelyről nagy mennyiségű festett kerámia és számos festékrög került elő, amelyek felvetették a színező-, és lehetőség szerint az azok felviteléhez használt kötőanyagok azonosításának igényét. Hazánkban csak kevés festékanyag-vizsgálat eredményei hozzáférhetőek (Raczky & Sándorné Kovács 2009, Raczky & Anders 2010), amelyek inkább az alföldi területre koncentrálnak, a lengyeli kultúrkörből csupán külföldről ismert néhány eredmény (Albustin & Albustin 2005;

Dražďák 1973-74). A festett díszítést gyakran alkalmazták mind a hétköznapiokon használt edényeken, mind pedig a különleges jelentőségű tárgyakon, így edényeken (P. Barna 2014), női alakokat formázó szobrokon (idolokon), oltárokon és mécseseken is.

A karakterisztikus rezgési frekvenciák mérésén alapuló rezgési (infravörös és Raman) spektroszkópiai technikák egyszerre alkalmasak szerves és szervetlen eredetű – műtárgyakban általában heterogén keverékként jelen lévő – anyagok gyors és megbízható azonosítására. A teljesen roncsolásmentes, semmilyen mintaelőkészítést nem igénylő Raman-spektroszkópia és mikroszkópia, illetve az ugyancsak roncsolásmentes vagy mikro-roncsolásos FTIR mikroszkópia – nagy szelektivitásának, jó érzékenységének és rendkívüli felbontásának köszönhetően – az utóbbi években a festékek azonosításának egyik leghatékonyabb eszköze lett (Casadio & Toniolo 2001; Derrick 1995; Smith & Clark 2004), így az elemi összetétel megállapítását célzó pásztázó elektron-mikroszkópos méréseket követően mi is e mellett döntöttünk (Mihály et al. 2009).

A vizsgált minták

A minták kiválasztásánál több szempontot is igyekeztünk figyelembe venni. A pásztázó elektronmikroszkópos mérések célja elsősorban az elemi összetétel tisztázása volt. Az összegyűjtött szakirodalmi adatok (Dražďák 1973-74, Kovárník 1987, Albustin & Albustin 2005, Raczy & Sándorné Kovács 2009, Raczy & Anders 2010, Bugoi et al. 2008) alapján valószínűsítettük, hogy a színezőanyagok többsége vas-oxid, azonban ezt adatokkal is alá kívántuk támasztani. Ezért két nyugat-magyarországi lelőhelyről választottunk mintákat, Szombathely-Oladi platóról 25-öt (amelyet két másikkal egészítettünk ki a Raman mérések kapcsán), míg Gőr-Kápolnadombról 6-ot (**1. táblázat**). A minták között mind festékrögök, őrlőkővön megmaradt festékmaradvány, mind pedig festéssel díszített kerámiatöredékek szerepeltek. A minták egy része szándékosan a restaurálás során plectollal kezelt kerámiatöredékekből állt, amelyek vizsgálata kapcsán arra kerestük a választ, hogy a felület átítatása mennyiben befolyásolja a természettudományos vizsgálatok eredményét.

A rezgési spektroszkópiai eljárásokkal az elemi összetétellel kimutatott festékanyagok pontosabb meghatározása volt a cél, valamint a kötőanyagok vizsgálata.

Régészeti szempontból a mintákat kizárólag zárt egységekből választottuk, lehetőség szerint olyan objektumból, amelyből jelentős mennyiségben került elő festett anyag. A kerámiatöredékek esetében előnyben részesítettük azokat, amelyeken több szín is megfigyelhető volt.

Vizsgálati módszerek

Pásztázó Elektronmikroszkópia – Energiadiszipatív Röntgen Mikroanalízis (SEM-EDS)

A SEM-EDS kombinált módszer a mikroszkópot az analizálandó pont vagy terület kiválasztására, majd annak tipikusan 25 keV energiájú elektronsugara által keltett röntgensugárzás energiáját és intenzitását használja a mikrotartományok elemzésére. A karakterisztikus röntgenvonalak energiájából a besugárzott mikrotartomány minőségi, míg intenzitásukból mennyiségi információ nyerhető.

A módszer $Z=4$ rendszám felett működik. A kvantitatív analízis sík felületű, tömör mintákon korrekt, és néhány μm mélységig átlagolja a gerjesztett pont vagy felület anyagát (ennél finomabb inhomogenitások kimutatása speciális feladat). A hidrogén sajnos nem emittál röntgensugárzást, így H-tartalmú anyagok esetében a módszer csak félkvantitatív, hasonlóan a rücskös és porózus mintákon mért eredményekhez. Előnye,

hogy minimális előzetes információt igényel, ami ismeretlen, összetett minták esetén jól használhatóvá teszi.

Esetünkben egy JEOL – JSM25 SEM szolgált képkalkotásra és gerjesztésre, míg a röntgensugaras mikroanalízist egy Röntec gyártmányú EDS hardware – Bruker- Quantax software csomag segítségével végeztük.

Raman spektroszkópia

A teljesen roncsolásmentes Raman méréseket egy BioRad (Digilab) Fourier transzformációs Raman (FT-Raman) spektrométeren végeztük. Az FT-Raman előnye régészeti minták esetében, hogy a látható (közeli infravörös) hullámszámú gerjesztés (Nd-YAG lézer, 1064 nm gerjesztés) használata elméletileg kizárja a mintából, illetve a minta szennyeződéséből eredő fluoreszcenciát. Az FT-Raman színeképeket 4 cm^{-1} spektrális felbontással, 150 mW lézererősség mellett vettük fel, 1024 egyedi spektrum átlagolásával.

A transzmissziós FT-IR színeképeket BOMEM 102 CsI fényosztóval ellátott FTIR spektrométeren vettük fel (mérési hullámszám tartomány $4000\text{-}200\text{ cm}^{-1}$). A festékrögökből, illetve a kerámiatöredékről lekapart kis mennyiségű mintarészeket ($\sim 50\text{-}100\ \mu\text{g}$) CsI-ban pasztilláztuk, majd 512 egyedi színekép átlagolásával, 4 cm^{-1} spektrális felbontással mértük.

A kerámiatöredékek festett díszítéseinek roncsolásmentes vizsgálatára reflexiós FT-IR mikroszkópiai technikát alkalmaztunk. A színeképeket egy Varian FTS 7000 (Stingray Imaging Series) spektrométerhez csatolt UMA 600 infravörös mikroszkóppal vettük fel, MCT (Higany-kadmium-tellurid) pontdetektort (mérési hullámszám tartomány $4000\text{-}600\text{ cm}^{-1}$), illetve 64×64 MCT elemet tartalmazó mátrix-detektort (FPA) (mérési hullámszám tartomány $4000\text{-}900\text{ cm}^{-1}$) alkalmazva.

Vizsgálati eredmények

Festékrögök vizsgálata

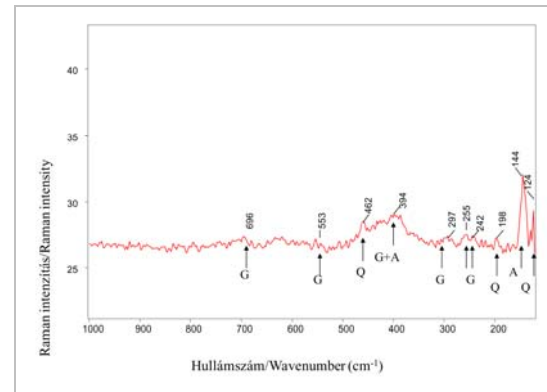
Festékként ebben az időszakban egyszerűen a talajból származó, ún. földfestékeket használták. Ezek a vörös, sárga vagy barna színű vas-oxid tartalmú ércék (pl. okkersárga vagy okkervörös), melyek színüket a különböző vas-oxid, illetve vas oxid-hidroxid ásványoktól kapják. Egy sárga festékrögőről (16. obj. 9. minta) készült FT-Raman színekép a **3. ábrán** látható. A színeképen anatóz (144 cm^{-1}) és α -kvarc ($462, 199$ és 124 cm^{-1}) sávjai mellett goethithez ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) rendelhető sávok ($696, 553, 398, 297, 255$ és 242 cm^{-1} ; Bikiaris et al. 2000) azonosíthatók. Az előzetes pásztázó elektronmikroszkópos elemzés (EDS) eredményeit az **2. táblázat** foglalja össze.



2. ábra: **2a:** „Tiszta” hematit festékrög (22/A obj.); **2b:** Vörös és narancssárga díszítésű kerámatöredékek (1. obj.); **2c:** Fehér díszítésű kerámatöredék (171. obj.)

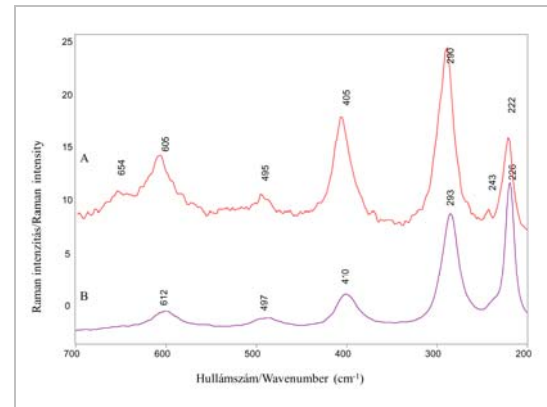
Fig. 2a: Red pigment raw material: purified hematite (obj. nr. 22/A); **2b:** Red and orange decorated pottery fragments (obj. nr. 1); **2c:** White decorated pottery fragment (obj. nr. 171)

A vas mellett (~4 tömeg%) nagy mennyiségű alumínium (7,57 tömeg%) és szilícium (36,54 tömeg%) van jelen a festékrögben, valószínűleg aluminoszilikátok formájában. Érdekes módon Ti csak egyetlen pontban volt azonosítható. A fenti eredmények alapján a sárga festékrög sárga okkerként (goethit, agyag, kvarc) azonosítható.



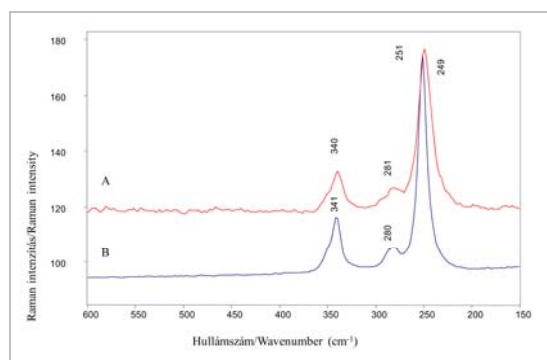
3. ábra: Sárga festékrög Raman-színképe. G-goethit sávok; Q- α -kvarc sávok; A-anatáz (TiO_2) sávok

Fig. 3.: FT-Raman spectrum of yellow pigment raw material. G-goethite bands; Q- α -quartz bands; A-anatase (TiO_2) bands



4. ábra: „Tiszta” hematit festékrög (A) és hematit referenciá (B) Raman-színképei

Fig. 4.: FT-Raman spectra of red pigment raw material (A) and pure hematite reference (B)



5. ábra: Kerámiafelületen lévő vörös festék (A) és természetes cinnabarit referenciá (B) Raman-színképei

Fig. 5.: FT-Raman spectra of red paint on pottery surface (A) and natural cinnabar reference (B)

Egy vörös festékrögöt (22/A obj. 8 minta) FT-Raman mérési eredmények alapján tiszta hematit festékrögként tudtuk azonosítani (**2a ábra**).

Lelőhely	Minta száma	Objektum/ Leltári szám	Dátum	Típus	Szín	Vizsgálat típusa	Eredmény	Ábra
Szombathely - Oladi plató	1	11. obj.	2006.08.15	őrlelkő	vörös	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	2	43. obj.	2006.07.25	festékrög	vörös	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	3	21. obj.	2006.08.10	festékrög	sárga	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	4	16. obj.	2006.08.10	festékrög	vörös	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	5	11. obj.	2006.08.15	festékrög	fehér	SEM	kalcit	
Szombathely - Oladi plató	6	29. obj.	2006.08.10	festékrög	vörös	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	7	11. obj.	2006.08.02	festékrög	vörös	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	8	22/A. obj.	2006.08.15	festékrög	vörös	SEM, Raman	hematit	2a ábra
Szombathely - Oladi plató	9	16. obj.	2006.08.11	festékrög	sárga	SEM, Raman	hematit	
Szombathely - Oladi plató	10	16. obj.	2006.08.11	festékrög	vörös	SEM, Raman	hematit	
Szombathely - Oladi plató	11	16. obj.	2006.08.11	festékrög	fehér	SEM	kalcit	
Szombathely - Oladi plató	12	11. obj.	2006.07.21	kerámia	vörös	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	13	11. obj.	2006.07.21	kerámia	sárga	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	14	11. obj.	2006.07.19	kerámia	vörös	SEM, Raman	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	15	11. obj.	2006.07.19	kerámia	vörös	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	16	11. obj.	2006.07.19	kerámia	sárga	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	17	11. obj.	2006.07.19	kerámia	barna	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	18	29. obj.	2006.08.10	kerámia	lazacvörös	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	19	29. obj.	2006.08.10	kerámia	vörös	SEM, Raman	cinnabarit	2b ábra
Szombathely - Oladi plató	20	1. obj.	2006.08.18	kerámia	vörös	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	21	1. obj.	2006.08.18	kerámia	fehér	SEM	kalcit	
Szombathely - Oladi plató	22	2. obj.	2006.08.10	kerámia	narancs	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	23	11. obj.	2006.08.11	plextolos kerámia	zöld	SEM	kalcit	
Szombathely - Oladi plató	24	11. obj.	2006.08.11	plextolos kerámia	sárga	SEM	vas-oxid	
Szombathely - Oladi plató	25	11. obj.	2006.08.11	plextolos kerámia	sárga	SEM	vas-oxid	
Gór - Kápolnadomb	26	Ő.2006.1.270.	☐	plextolos kerámia	vörös	SEM	vas-oxid	
Gór - Kápolnadomb	27	Ő.2006.1.270.	☐	plextolos kerámia	fehér	SEM	kalcit	
Gór - Kápolnadomb	28	1. obj. Feletti kevert réteg	2002.10.21	festékrög	vörös	SEM	vas-oxid	
Gór - Kápolnadomb	29	Ő.2006.1.280.	☐	plextolos kerámia	sárga	SEM	vas-oxid	
Gór - Kápolnadomb	30	Ő.2006.1.370.	☐	plextolos kerámia	vörös	SEM	vas-oxid	
Gór - Kápolnadomb	31	Ő.2006.1.370.	☐	plextolos kerámia	vörös	SEM	cinnabarit	
Szombathely - Oladi plató		1. obj. K-i metszet	2006.09.26	kerámia	sárga-narancs-vörös	Raman	hematit	
Szombathely - Oladi plató		171. obj.	2006.08.23	kerámia	fehér-vörös	Raman	hematit	2c ábra

Előző oldal:

1. táblázat: A kiválasztott minták régészeti adatai és az alkalmazott mérési módszerek

Table 1.: Archaeological data and applied measurement methods of the chosen samples

2. táblázat: Kiválasztott minták EDS kémiai elemvizsgálásának eredménye

Table 2.: EDS results on selected samples

Kémiai elem	19. minta			8. minta			10. minta			9. minta		
Fe	9.12	8.06	15.67	66.74	62.10	58.32	24.74	40.97	45.61	3.30	4.05	2.53
Mg	0.85	1.09	0.73	0.37	0.25	0.10	0.24	0.21		0.29	0.75	0.52
Al	9.89	11.04	6.97	6.28	4.89	4.10	2.47	2.74	2.85	7.57	9.80	9.17
Si	13.88	20.67	18.45	5.53	7.82	4.55	6.90	12.05	11.91	36.54	21.78	16.99
K	1.53	2.33	0.87	0.66	0.61	0.62	0.17			5.28	4.14	2.16
C	25.86	16.04	15.51	3.54	4.53	5.72	28.65	13.54	12.26	11.12	19.58	28.97
Hg	6.20	1.93	0.75									
Ca	0.84	1.30	0.62	0.11						0.15	0.28	0.17
Ti					0.11					0.07	0.14	0.14
Zn						0.15	0.19	0.26				
P		0.75	0.78	0.11	0.11	0.12	0.35	0.54	0.59	0.08	0.14	0.05
S	1.77											
Na							0.24		0.24			
Mn				0.55	0.48	0.42						
Cu								0.26	0.18			
Ni								0.23	0.23			

A Raman-színképben (**4. ábra**) a jól definiálható hematit-sávok (608, 495, 406, 290, 244, 221 cm^{-1}) mellett 654 cm^{-1} hullámszámú közepes intenzitású sáv magnetitként (Fe_3O_4) kristályosodott vasoxidhoz rendelhető (Bordignon et al. 2007). Más értelmezés szerint ez a sáv a természetes hematitra jellemző, és valószínűleg a kristályszerkezet kismértékű rendezetlenségével magyarázható (Bikiaris et al. 2000). A színképben nem találtunk – az agyagásványokban szennyeződésként általában mindig jelen lévő – kvarc és anatóz jelenlétére utaló sávokat. A festékrögökön lekapart kis mennyiségű minták FT-IR analízise szintén azt mutatja, hogy egy „tisztá” hematit-rögre bukkantunk.

Az FT-IR színképben a Fe_2O_3 -ra jellemző sávok dominálnak, ellentétben például egy másik vörös festékrög (16. obj. 10. minta) színképével, amelyik tipikusan az alumino-szilikátokra és kvarcra jellemző IR sávokat mutatja.

Festett kerámiatöredékek vizsgálata

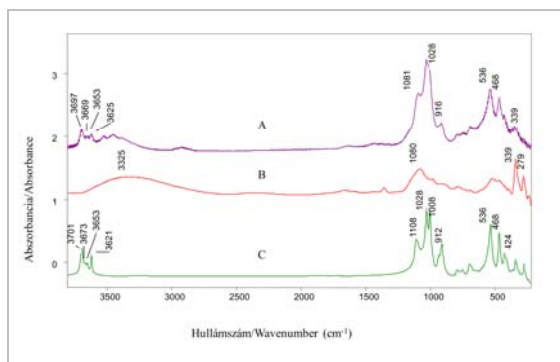
Előzetes pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) felvételekkel a kerámiafelületekre felvitt piros festékrögökben (**2b ábra**) vas mellett higany is kimutatható volt (**2. táblázat**). FT-Raman mérésekkel egyértelműen cinóberként, azaz higanyszulfidként (HgS) azonosítottuk a piros

festékrögöt (**5. ábra**). Cinnabarit használata kerámiák festésére ebben a történelmi időszakban csak Vinčáról volt ismert, ahol mikro-Raman, infravörös spektroszkópiás (FT-IR) és röntgenpordiffrakciós (XRPD) vizsgálatok szintén cinnabaritot mutattak ki a vörös festékanyagok között (Mioč et al. 2004), bár ez nem meglepő annak fényében, hogy a lelőhely közelében található egy, a neolitikumban is ismert és kiaknázott cinóberbánya.

Kvázi-roncsolásos FT-IR mérések (~50 μg -nyi lekapart festéket CsI-ban porítottunk), illetve a teljesen roncsolásmentes reflexiós FT-IR mikroszkópos felvételek további információval szolgáltak: a cinnabaritot kaolinnal keverték és nagy valószínűséggel úgy vitték fel a felületre.

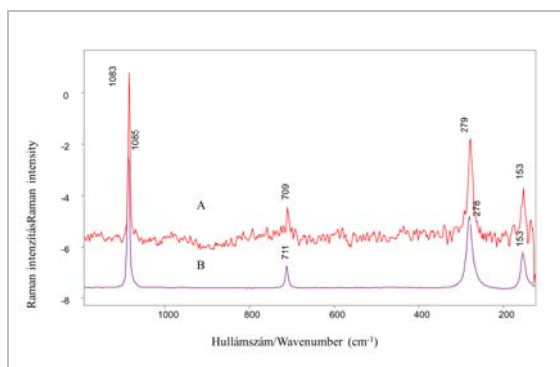
A **6. ábra** egy vörös díszítésű kerámiatöredékről lekapart festék transzmissziós FT-IR spektrumát hasonlítja össze azonos körülmények között (CsI pasztilla) felvett kaolinit és természetes cinnabarit spektrumával.

Mivel az előzetes FT-Raman mérés során nem tapasztaltunk α -kvarc-, illetve anatóz-szennyeződésekre utaló sávokat, feltételezhetjük, hogy magas tisztaságú kaolinnal keverték, illetve hígították a pigmentet.



6. ábra: Kerámiafelületről lekapart vörös festék (A), természetes cinnabarit referencia (B) és kaolinit referencia (C) CsI pasztillában felvett FT-IR színeképei

Fig. 6.: FT-IR spectra of red paint removed from pottery surface (A), natural cinnabar reference (B) and kaolin reference (C)



7. ábra: Kerámiafelületre felvitt fehér festék (A) és kalcit (CaCO_3) referencia (B) színeképei

Fig. 7.: FT-Raman spectra of white paint on pottery surface (A) and calcite (CaCO_3) reference (B)

Az FT-IR mikroszkóp igen jó laterális felbontását (~5 μm) kihasználva a minták inhomogenitására, illetve homogenitására tudunk következtetni. Bár a kerámiafelületről felvett reflexiós színeképek nem abszorbancia jellegűek, a 3699, 3669 és 3655 cm^{-1} -nél jelentkező külső hidroxidhoz tartozó sávok, illetve az 3623 cm^{-1} belső hidroxid sávjai kaolinit jelenlétére utalnak. Több kerámiaföredékre felvitt piros festékréteg FT-IR mikroszkópos felvétele, illetve egyazon festékréteg mikroszkópos pásztázása hasonló színeképeket eredményezett. A festékbevonat homogenitásából arra következtethetünk, hogy a pigmentet kísérő agyagásvány nem véletlenszerűen került a festékbe vagy a festett rétegbe, hanem egy tudatos technológia alkalmazásának következménye. E technológia lényege, hogy a festékként használt pigmentet gyakran híg, finoman iszapolt kaolin szuszpenzióba keverték bele, amelyben az egyenletesen eloszlott és a felvitelt is megkönnyítette, így finomabb, aprólékosabb minták kialakítását tette lehetővé.

Narancssárga festékréteget vizsgálva (1. obj K-i metszet) az in situ felvett reflexiós FT-IR színeképekből hiányoznak a kaolinit jellegzetes –OH rezgési sávjai a 3700-3600 cm^{-1} hullámszám tartományból. A felületről lekapart, pár μg -nyi festékminta transzmissziós FT-IR színeképeben az aluminoszilikátok és a kvarc jellegzetes sávjai dominálnak, viszont szintén hiányoznak a kaolinit jól definiált belső és külső hidroxid csoportjainak sávjai 3699, 3669, 3655 és 3623 cm^{-1} hullámszámmal. Cinnabarit jelenlétére utaló sávokat sem találtunk. A fentiek alapján arra következtethetünk, hogy a narancssárga festékréteget piros vagy sárga okker felvitelével alakították ki.

A fehér csíkos kerámiaföredék (**2c ábra**) fehér festékének FT-Raman mérése alapján tiszta kalcitot (CaCO_3) azonosítottunk (**7. ábra**). Pásztázó FT-IR mikroszkópos reflexiós felvételek egy homogén, egyenletes réteget mutattak ki a bevonat teljes felületén.

A kerámia felvitt festékrétegek esetleges réteges szerkezetének tanulmányozása – alapozás, pigmentek, kötőanyagok azonosítása – további vizsgálatokat igényel.

A vizsgálati eredmények összefoglalása

Az alkalmazott vizsgálati technikák (SEM-EDS, FT-Raman és FT-IR) alkalmasnak bizonyultak újköri kerámiák festékanyagának vizsgálatára. Goethit és hematit tartalmú sárga és vörös okker festékrögök mellett egy „tiszta” hematit festékdarabot is azonosítottunk. Ez utóbbi nem kizárt, hogy egy - már a késő neolitikus korban - alkalmazott festékfeldolgozás terméke (a hematit mellett megjelenő magnetit akár egy redukív hőkezelés eredménye is lehet). A vörös díszítésű kerámiákon (29. obj. 19. minta, 11. obj. 14. minta) nagy tisztaságú kaolinnal kevert cinnabaritot (HgS) mutattunk ki. Tudomásunk szerint először tudtunk azonosítottunk cinóbert magyarországi késő újköri festett kerámiákon.

Az ismertett festékanyagok és festett kerámiaföredékek vizsgálata régészeti szempontból nagyon érdekes eredményeket hozott. A pásztázó elektronmikroszkópos mérésekkel átfogó kép kialakítására törekedtünk mindkét lelőhely (Szombathely–Oladi plató és Gőr–Kápolnadomb) kapcsán. Kíváncsiak voltunk a pigmentként használt anyagok elemi összetételére, valamint arra, hogy a restaurálás során állagmegóvási céllal alkalmazott felületkezelés (plextolos átkelés) mennyiben befolyásolja a természettudományos méréseket. A rezgési spektroszkópiai vizsgálatokkal az így nyert adatokat igyekeztünk pontosítani, azonosítani a festékanyagokat, valamint a felvitelükhöz alkalmazott kötőanyagokat. A vizsgálatok eredményei kimutatták, hogy az edények vörös és sárga

festékanyaga túlnyomórészt ténylegesen vas-oxid volt, azonban meglepetésünkre ritkábban cinóbert is alkalmaztak. Mivel mindkét vizsgált lelőhely anyagában előfordult cinnabaritos festés, ezért ezt nem tekinthetjük egyedi jelenségnek, hanem mindenféleképpen ritka, de tudatos választásnak. A restaurálás során alkalmazott felületkezelési módszerekről bebizonyosodott, hogy az ilyen tárgyak csak pásztázó elektronmikroszkópos mérésekkel vizsgálhatóak, a rezgési spektroszkópiás vizsgálatokra kezeletlen felületű tárgyak szükségesek.

Irodalom

- ALBUSTIN, V. & ALBUSTIN, L. (2005): Ring auf Ring – Versuche zu mittelneolithischer Keramik. In: DAIM, F. & NEUBAUER, W.: *Zeitreise Heldenberg. Geheimnisvolle Kreisgräben, Heldenberg in Kleinwetzdorf*. Verlag Berger, Horn – Wien, 2005. Katalog des NÖ Landesmuseums Neue Folge **459** 108–111.
- P. BARNA, J. (2014): Seven thousand-year-old fertility rite? A painted human representation from a Late Neolithic site at Sormás-Török-földek, south-western Transdanubia. In: HEINRICH-TAMÁSKA, O. & STRAUB, P. (Hrsg.): *People, settlement and landscape on lake Balaton over the millennia. Castellum Pannonicum Pelsonense* Budapest – Leipzig – Keszthely – Rahden/Westf. **4** 19–33.
- BIKIARIS, D., DANILA, S., SOTIROPOULOU, S., KATSIMBIRI, O., PAVLIDOU, E., MOUTSATSOU, A.P. & CHRYSOULAKIS, Y. (2000): Ochre-differentiation through micro-Raman and micro-FTIR spectroscopies: application on wall paintings at Meteora and Mount Athos, Greece. *Spectrochimica Acta Part A* **56** 3–18.
- BORDIGNON, F., POSTORINO, P. & DORE, P. (2007): In search of Etruscan colours: a spectroscopic study of a painted terracotta slab from Ceri. *Archaeometry* **49** 87–100.
- BUGOI, R., CONSTANTINESCU, B., PANTOS, E. & POPOVICI, D. (2008): Investigation of Neolithic ceramic pigments using synchrotron radiation X-ray diffraction. *Powder Diffraction* **23/3** 195–199.
- CASADIO, F. & TONIOLO, L. (2001): The analysis of polychrome works of art: 40 years of infrared spectroscopic investigations. *Journal of Cultural Heritage* **2** 71–78.
- DERRICK, M.R. (1995): Infrared Microspectroscopy in the Analysis of Cultural Artifacts. In: HUMECKI, H.J.: *Practical Guide to Infrared Microspectroscopy*. Marcel Dekker Inc., New York, 287–322.
- DRAŽDÁK, K. (1973-74): Mineralogická analýza červeného a žlutého barviva neolitické keramiky (MMK) z Těšetice-Kyjovice, okres Znojmo. (Mineralogische Analyse des roten und gelben Farbstoffs der neolithischen Keramik (MBK) aus Těšetice-Kyjovice, Bezirk Znojmo. *SPFFBU E* **18-19** 69–79.
- KALICZ, N. (1998): *Figürliche Kunst und bemalte Keramik aus dem Neolithikum Westungarns*. Budapest, Archaeolingua. Series Minor **10** 1–154.
- KOVÁRNÍK, J. (1987): Die Anwendung von mineralischen Farbstoffen im Neolithikum. In: RULF, J. (ed.), *Bylany Seminar 1987, Collected Papers*, Praha, Archeologický Ústav ČSAV, 1989 149–160.
- MIHÁLY, J., KOMLÓSI V., MINK, J., TÓTH, A., TÓTH, ZS., ILON G (2007): A Szombathely–Oladi plató ásatásból származó festékanyagok és festett kerámiák rezgési spektroszkópiai vizsgálata. Vibrational spectroscopic study of pigment raw materials and painted ceramics excavated at Szombathely–Oladi plató, Hungary. In: ILON, G. (szerk.–Hrsg.–ed.): *SZÁZSZORSZÉPEK. Ember-ábrázolás az őskori Nyugat-Magyarországon. DIE WUNDERSCHÖNEN. Menschendarstellung im urzeitlichen Westungarn. WONDERFUL BEAUTIES. Human representations in prehistoric Western Hungary*. Szombathely, 268–73.
- MIHÁLY, J., KOMLÓSI V., TÓTH, A.L., TÓTH, ZS. & ILON, G. (2009): Vibrational spectroscopic study of pigment raw materials and painted ceramics excavated at Szombathely-Oladi plató, Hungary. In: T. BIRÓ, K., SZILÁGYI, V. & KREITER, A. (eds.): *Vessels: Inside and Outside. Proceedings of the Conference EMAC'07 9th European Meeting on Ancient Ceramics*. Hungarian National Museum, Budapest, 47–51.
- MIOČ, U.B., COLOMBAN, PH., SAGON, G., STOJANOVIĆ, M. & ROSIĆ, A. (2004): Ochre decor and cinnabar residues in Neolithic pottery from Vinča, Serbia. *Journal of Raman Spectroscopy* **35** 843–846.
- RACZKY, P. & SÁNDORNÉ KOVÁCS, J. (2009): Festékanyag- és szerves edénybevonat-elemzések alföldi késő-neolitikus díszkerámiákon. In: BENDE, L. & LŐRINCZY, G. (szerk.): *Medinától Etéig. Régészeti tanulmányok Csalog József születésének 100. évfordulójára*. Szentes, 135–143.
- RACZKY, P. & ANDERS, A. (2010): „A colourful message”: a special grave of the Late Neolithic Tisza Culture. In: BORHY, L. (ed.): *Studia Celtica Classica et Romana Nicolae Szabó septuagesimo dedicata*. Pytheas, Budapest, 193–202.
- SMITH, G. D. & CLARK, R.J.H. (2004): Raman microscopy in archaeological science. *Journal of Archaeological Science* **31** 1137–1160.
- TÓTH, ZS. (2006): Késő neolitikus település részlete Gőr-Kápolnadombon, *Savaria, a Vas megyei Múzeumok Értésítője*, **30** 301–359.

**A REGÖLYI KORA VASKORI SÍRHALOM KÖZETLELETEINEK
ELŐZETES ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATI EREDMÉNYEI**
**PRELIMINARY ARCHAOMETRIC STUDY OF ROCK TYPES FROM THE
EARLY-IRON AGE MOUND GRAVE IN REGÖLY**

KÜRTHY DÓRA¹, SZAKMÁNY GYÖRGY¹, JÓZSA SÁNDOR¹, SZABÓ GÉZA²

¹ ELTE-FFI Közettan-Geokémiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/C

² Wosinsky Mór Megyei Múzeum, 7100 Szekszárd, Szent István tér 26.

E-mail: dora.kurthy@gmail.com

Abstract

Regöly is located in the northern part of Tolna County, at the confluence of Koppány and Kapos Rivers. The mound on the Strupka-Magyar land was excavated in the summer of 2011 and according to the archaeological observations it was built in the Early-Iron Age. Rock fragments together with artefacts were mixed with soil and deposited in the middle of the structure. The aim of this research was to study the rock fragments present at the site: list them into types and characterize them from a petrological point of view in order to outline the most probable provenance of the raw materials. Macroscopic analysis and polarizing microscopy analysis were used to achieve this goal. During field work 4074 stone artefacts were examined. According to macroscopic observations 8 main lithotypes were defined and based on the different attributes (colour, mineral composition, fabric) 27 subgroups were determined.

Based on macroscopic observations 140 representative specimens were selected for thin section analysis. Detailed petrographic analysis modified the previously established groups: 7 main and 17 subtypes were determined. The main rock types in decreasing frequency are the following: carbonate rocks, granites, sandstones, rhyolites, quartzites, basalts and basaltic pyroclastics. Based on the results the possible provenances of the rock types present at the site are the Velence Mountains for granites, Polgárdi-Kőszárhegy for rhyolites, the Balaton Highland for basalts, basaltic pyroclastics and one subgroup of the sandstones, the Velence Mountains and/or Tihany peninsula for quartzites and also Tihany peninsula for the siliceous subgroup of carbonate rocks. The provenance of some carbonate rocks and sandstone subtypes has not been possible to determine until now. My results show that the possible provenances of most of the rock types are to the N-NW of Regöly, within 100 km.

Kivonat

Regöly Tolna megye északi részén fekszik, a Kapos és a Koppány folyó összefolyásánál. A Strupka-Magyar birtokon lévő halomsír feltárása 2011 kora tavaszán kezdődött. A régészeti megfigyelések alapján a halmot a kora vaskorban, a Kr.e. 7. században egy nagyméretű boronafalú épület fölé emelték, melynek földmijét a számítások szerint 54 belső faoszlop tartotta. A központi rész beásásaiban és az égett, hamus faszemes feltöltésében feltűnően nagy mennyiségű kőzetanyag is előkerült. Kutatásunk célja ezeknek a köveknek a vizsgálata; számbavétele, típusokba sorolása, a kőzettípusok lelőhelyének, lehetséges forrásterületének minél pontosabb behatárolása. Ehhez makroszkópos és polarizációs mikroszkópos módszereket használtunk. A terepi munka során 4074 darab követ vizsgáltunk meg. Makroszkópos megfigyelések alapján 8 kőzettani főcsoportot, ezeken belül a szín, szövet és ásványos összetétel alapján 27 alcsoportot állapítottunk meg.

A makroszkópos megfigyelések alapján 140 reprezentatív példányból vékonycsiszolatos mikroszkópos petrográfiai elemzés készült. Ennek eredménye némileg módosította a makroszkóposan kialakított csoportokat, ez alapján 7 fő- és 17 alcsoportot véglegesítettünk. A halomsírban csökkenő gyakoriságuk szerint a következő fő kőzetcsoportokat különítettük el: karbonátos kőzetek, gránit, homokkő, riolit, kvarcit, bazalt és bazaltos piroklasztit. A kőzetek származási helyét tekintve, a vizsgálatok jelenlegi állása szerint a gránit a Velencei-hegységből, a riolit Polgárdi-Kőszárhegyről, a homokkő kovás cementű alcsoportja, illetve a bazalt és a bazaltos piroklasztit a Balaton-felvidékről, a kvarcit a Velencei-hegységből és/vagy a Tihanyi-félszigetről, a karbonátos kőzetek kovás alcsoportja szintén a Tihanyi-félszigetről valószínűsíthető. Egyes karbonátos kőzettípusok és homokkövek nyersanyaglelőhelyének meghatározása egyelőre még nem volt lehetséges. A fenti valószínűsíthető lelőhelyek Regöly mintegy 100 km-es környezetében, attól észak, északnyugat felé helyezkednek el.

KEYWORDS: EARLY-IRON AGE, MOUND GRAVE, PETROGRAPHY, PROVENANCE, REGÖLY (HUNGARY)

KULCSSZAVAK: KORA VASKOR, HALOMSÍR, PETROGRÁFIA, PROVENANCIA, REGÖLY



1. ábra: A halom maradványai (Szabó & Fekete 2011, 1. tábla/1.)

Fig. 1.: Remnants of the mound (Szabó & Fekete 2011, 1. table/1.)

Bevezetés, régészeti háttér, a kutatás célja

Regöly a Dunántúlon, Tolna megye északi részén fekszik, a Koppány és a Kapos folyó találkozásánál. A két bevágódó folyóvölgy egy helyi kiemelkedést alkot, ezen települ a ma kb. 1200 fős község. A falu belterületén a Strupka-Magyar birtokon 2011 kora tavaszán egy helyszíni szemle során a már korábról ismert, össze-vissza furkált, félig elhordott kurgánál (**1. ábra**) világossá vált, hogy azonnal el kell kezdeni a leletek mentését.

A veszélyeztetett leletek teljes összegyűjtéséhez először a bolygatott omladékot kellett átszítálni. Ezzel párhuzamosan folyt a megmaradt rétegek dokumentálása és a halom földjéből épített, részben annak szélét is elfedő öreg ház elbontása – melynek vert fala szintén tele volt régészeti leletekkel. A kurgán csonkjának megtisztítása, a felületek megnyesése után láthatóvá váltak a még érintetlen, égett, köves rétegek is (**2. ábra**). Ezek dokumentálása mellett a rétegek szerinti bontással párhuzamosan tovább folyt a kihordott föld átszítálása is, így sorra kerültek elő az újabb és újabb geometrikus díszű csontfaragványok, bronz lószerszámdíszek. Magának a döngölt agyagból épített halomszerkezetnek is például a frígiai Gordionban találjuk meg párhuzamát (Young 1981), miként az alatta lévő, belsőoszlopos csarnoképületnek az urartui Altintepén (Anatolian Civilisations 2010). Különösen meglepő, hogy a regölyi faragott fa gerendákból emelt épületben 6 sorban 9-9, összesen 54 oszlop tartotta a tetőt. Ugyanakkor a régészeti tárgyak párhuzamai a Kr. e. 9-7. századi belső-ázsiai népek leletei között, főként a mai Kazahsztán területén találhatóak meg. Például a kereszt alakú szíjelosztóval még aszimmetriájában és méretében is azonos tárgy került elő az ujjgarki 83. kurgánból (Szabó & Fekete 2011; Demigjenko & Firszov 2009).



2. ábra: A halom központi részében lévő köveket tartalmazó rétegek (Szabó & Fekete 2011, 7. tábla/1.)

Fig. 2.: Layers containing rock fragments in the middle of the structure (Szabó & Fekete 2011, 7. table/1.)

A regölyi leletek egyik fő jellegzetessége az, hogy bár többségükben egyértelműen keleti eredetűek és szkíta koriak, nem köthetőek közvetlenül a szkíta kultúrkörhöz - hiányzik belőlük például a szkítákra jellemző állatstílus. A kerámialeletek egy része pedig kifejezetten a Kelet-alpi Hallstatt kultúra népe által használt edényformák és díszítések felé mutat párhuzamot (Vadász 1983; Fekete 1985). Jelentős volt a rendkívül magas technológiai ismeretekről tanúskodó, hihetetlenül vékonyfalú, legtöbbször feketére égetett bucchero jellegű, de az etruszk leleteknél is finomabb kivitelű és azoktól eltérő technikával készített edénytöredékek aránya is (Szabó & Fekete 2011).

A belső-ázsiai Andronovó kultúra felé mutató kerámialeletek, a lószerszámok között található szíjelosztó Ujjgark 83. kurgánban talált párhuzama, a Kaukázus és a Kubán vidékére mutató katakomba, dudoros zabla, bronzleletek, páncélok, fegyverek egyértelműen utalnak a regölyi lovas népesség keleti gyökereire. A vas nyílhegyek, a korongolt kerámiák, a döngölt agyagból épített halom szerkezetében, az alatta feltárt 54 belsőoszlopos boronafalú épület alaprajzában, a geometrikus díszű csontfaragványok párhuzamaiban pedig a kis-ázsiai hatások a meghatározók. A történelmi háttér, valamint a hasonló tárgyak és Altintepe belső oszlopcsarnokos épülete (Anatolian Civilisations 2010), Gordion döngölt agyagból készített halomszerkezete (Young 1981), a szkíták elől Urartun át Frígiába (Kohler 1995) majd Lídiáig vonuló kimmerekkel erősen keveredő népesség hagyatékára utalnak. A regölyi Strupka-Magyar birtokon az eddig előkerült leletek alapján összességében egy olyan széles kapcsolatrendszer vázolható fel, amely a keleti kimmerek déli ágának mozgásához köthető (Brujako 2005), hatása viszont Nyugaton a németországi Heuneburgig követhető.

Regöly földrajzi helyzete miatt is kulcsszerepet játszó leletanyag kapcsolatrendszerének feltárásával a Kárpát-medencén belül, különösen a Pannon népi kialakulására vonatkozóan kaphatunk teljesen új ismereteket. A kis-ázsiai háttérű, ugyanakkor az illír, az etruszk, valamint a korai kelta kapcsolatokra mutató tárgyak különösen jól illeszkednek a legújabb, a genetikától (Brisighelli et al. 2009) a régészeten át a jog- és kultúrtörténetig (Thür 2007; 2012) terjedő nemzetközi kutatási eredményekhez, egyben ki is egészítve azokat. Ezáltal Európa vaskori népeinek kialakulásának folyamatát helyezik sokkal árnyaltabb megvilágításba. A regölyi kora vaskori halom leletei a korszak nagy kultúrköréit egyedülálló módon kapcsolják össze, hiszen mint már említettük, ezek a leletek bár szkíta koriak, nem szkíták - hiányzik pl. belőlük a megszokott állatstílus, helyette inkább a geometrikus motívumok a gyakoriak. A régészeti párhuzamok ókori Kelet felé mutató szálai pedig arra mutatnak, hogy a Kr.e. 7. sz. második felében egy új uralkodó elit és kísérete szállta meg és szervezte meg a Dunántúl déli felén a maga erősen központosított hatalmát, mely a szkítáknak és a keltáknak is mintegy háromszáz éven át ellenállt. Ennek a – feltehetően - az ókori források által emlegetett Pannonokkal azonosítható népesség területi határainak felvázolásához a halom központi terének sírgödör méretű beásásaiban, égett rétegeiben talált jelentős mennyiségű kőzetanyag kőzettani feldolgozása, a kőzettípusok meghatározása, jellemzése, valamint a kőzetek lelőhelyének lehatárolása révén várunk segítséget.

Vizsgálati módszerek

A kőzeteket először makroszkópos megfigyelések alapján csoportosítottuk, majd a csoportokból reprezentatív mintapéldányokat kiválasztva vékonycsiszolatot készítettünk belőlük polarizációs mikroszkópos vizsgálathoz.

Terepi megfigyelések

A terepi munka során 4074 darab kőzetet határoztunk meg és soroltunk csoportokba. Minden alcsoportból kiválasztottunk egy típuspéldányt, feljegyeztük az egyes csoportokra jellemző átlagos átmérőt, a darabszámot és a csoport tömegét. Ezekkel az adatokkal egy statisztikai adathalmazt állt össze.

Laboratóriumi vizsgálat

A makroszkóposan megfigyelhető tulajdonságok alapján kiválasztott 140 reprezentatív példányból

vékonycsiszolatot készítettünk, amelyet petrográfiai (polarizációs) mikroszkóp alatt részletesen leírtunk.

A petrográfiai vizsgálatok eredményei

Már első ránézésre is feltűnő, hogy a kövek szögletesek, élesek, vagyis tört kövek, nem koptatott kavicsok. A felszínükön semmilyen mesterséges megmunkálás nem látható. A tömegük uralkodóan 0,5 kg-tól 15-20 kg-os tömbökig változik. Makroszkópos megfigyelések alapján 8 kőzettani főcsoportot, ezeken belül a szín, szövet, ásványos összetétel alapján 27 alcsoportot különböztettünk meg.

Az elkészült vékonycsiszolatok polarizációs mikroszkópos megfigyelése módosította a makroszkóposan meghatározott fő- és alcsoportokat: a főcsoportok száma 7-re, az alcsoportoké 17-re csökkent. Alább ezeket mutatjuk be mennyiségük szerint csökkenő sorrendben.

Karbonátos kőzetek

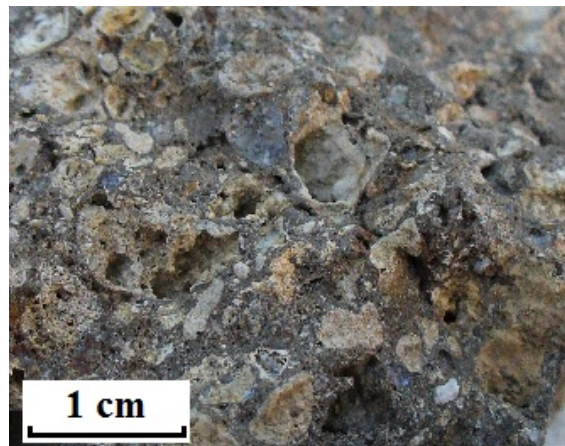
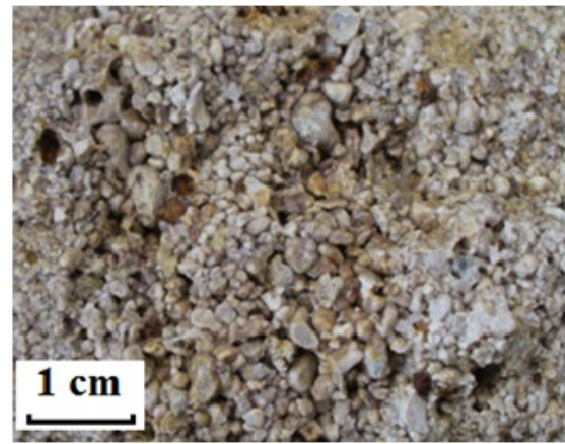
Makroszkóposan a legnagyobb és legváltozatosabb **(3. ábra)** csoport mind színét - fehér, szürke, vörös, tarka -, mind pedig a szöveti jellegeit tekintve - tömör, porózus, laminites, klasztokat tartalmazó. Szabad szemmel 9 alcsoportot határoztunk meg, amit mikroszkópos megfigyelések alapján 4-re csökkentettünk. Ezek a következők:

peloidos alcsoport: A kőzetet uralkodó mennyiségben, gyakran kizárólag csak mikritből álló, vagy belső szerkezettel rendelkező peloidok, ritkán muszkovit és kvarc tartalmú litoklaszto alkotják. Méretük rendkívül változatos, 0,2 µm-től a szabad szemmel is jól látható néhány mm-ig terjed. A cement leggyakrabban nagyon finomszemcsés mikrit vagy mikropátit, ritkán pátit **(4/a ábra)**.

kovás alcsoport: Az eredetileg mikrokristályos kalcitból álló kőzetet eltérő mértékű kovás átitatódás érte. A kova anyag mikrokristályos kvarcként, az üregekben 10-20 µm-es kvarc kristályként, ritkán sugaras kalcedonként jelenik meg **(4/b ábra)**.

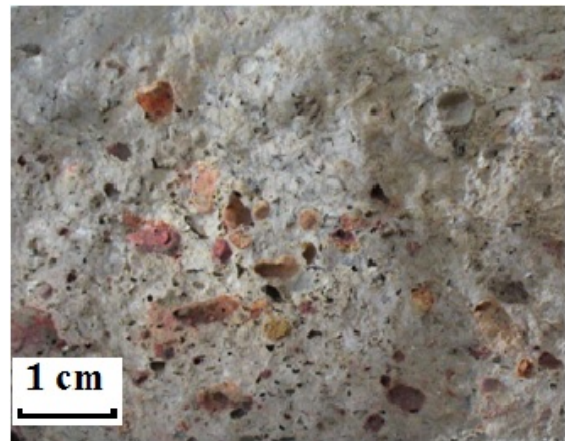
mikrites alcsoport: A kőzet homogén mikrokristályos kalcitiszapból alakult ki, ritkán limonitosodás figyelhető meg **(4/c ábra)**.

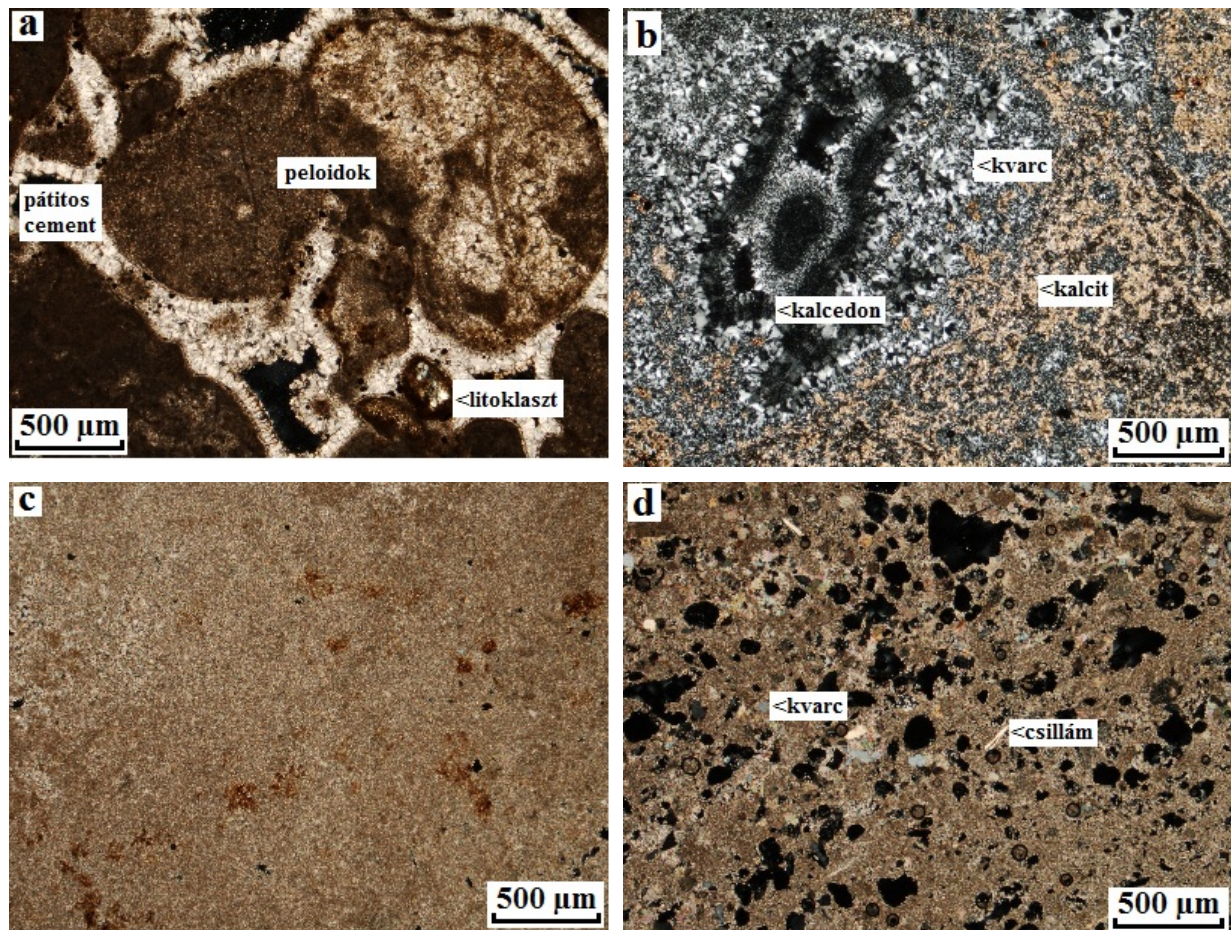
sziliciklasztos alcsoport: Mikrokristályos kalcit cementben durva aleurit – finomhomok méretű, gyengén vagy egyáltalán nem koptatott kvarc és fehér csillám törmelékek figyelhetőek meg **(4/d ábra)**.



3. ábra: Karbonátos kőzetek néhány jellegzetes makroszkópos megjelenése

Fig. 3.: Some characteristic types of the carbonate rocks





4. ábra: Karbonátos kőzetek típusainak polarizációs mikroszkópos képe. - a: Peloidos karbonátos kőzet; b: Kovás karbonátos kőzet; c: Mikrites karbonátos kőzet; d: Sziliciklasztos karbonátos kőzet

Fig. 4.: Main types of the carbonate rocks in polarizing microscope. - a: Peloidal carbonate rock; b: Siliceous carbonate rock; c: Carbonate micrite rock; d: Carbonate rock with siliciclasts

Gránit

Ez a kőzettípus üde és mállott példányok formájában is előfordult. Mivel a mállás és az égés erősen befolyásolja a színt (**5. ábra**), valamint megnehezíti a szabad szemmel látható szövet felismerését és az összetétel meghatározását is, így a terepen történt csoportosítás sok bizonytalanságot rejtett magában. A mikroszkópos vizsgálatok alapján azonban jól meghatározhatóak voltak a szöveti és összetételbeli különbségek-hasonlóságok. Kőzetalkotó mennyiségben kvarc, plagioklász, ortoklász és biotit van jelen. A végleges alcsoportok a következők:

porfíros alcsoport: A kőzetben elkülöníthető egy lényegesen finomabb szemcsés, 0,05-0,1 mm-es földpát, kvarc, klorit és muszkovit szemcsékből álló alapanyag és benne az akár 1-2 mm-es – biotit, kvarc, plagioklász – fenokristályok (**6/a ábra**).

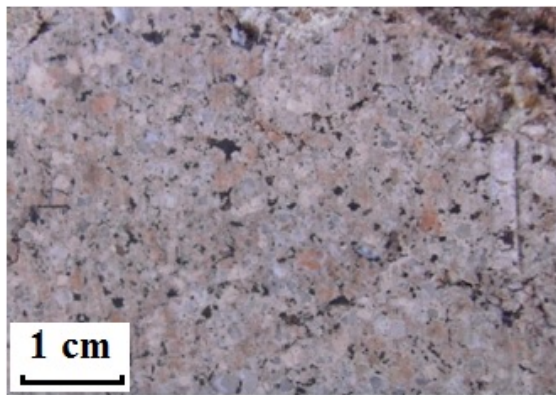
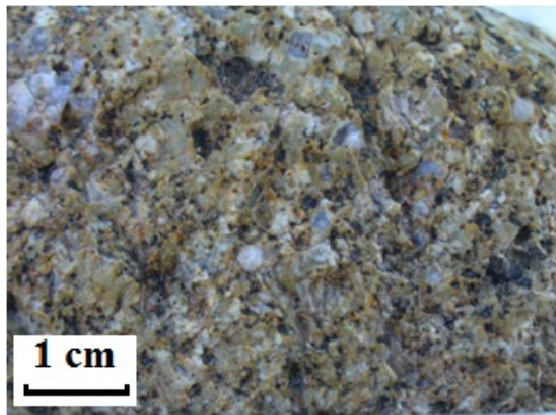
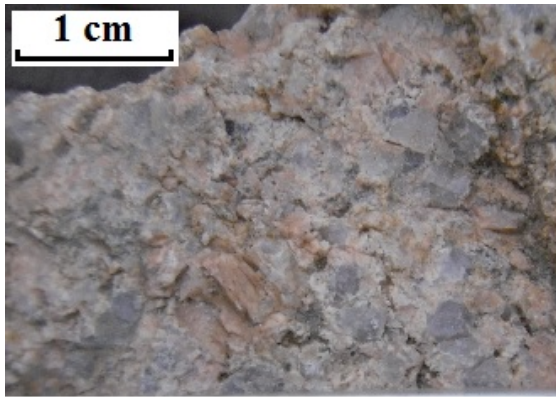
hipidiomorf szemcsés alcsoport: A kőzet uralkodóan 1-5 mm-es ásványokból áll, de ezen belül a durvább szemcsék dominálnak (**6/b ábra**).

granofiros alcsoport: összetétele alapján alapvetően hasonlít a hipidiomorf szemcsés alcsoportéhoz, csak kisebb méretűek az ásványok (uralkodóan 0,75 – 1 mm-esek), ezen kívül az egész kőzetben mindenhol látható a kvarc és a földpát szabálytalan határvonalak mentén lefutó összenövése (**6/c ábra**).

mikrogránit alcsoport: Ez az alcsoport a hipidiomorf szemcsés szövetű gránit finomszemcsés változata (**6/d ábra**).

aplit alcsoport: Az elegyrészek mérete maximálisan 0,5 mm-es. Színes elegyrészben rendkívül szegény, szövete alapján elsősorban telérkőzet lehetett (**6/e ábra**).

írásgránit alcsoport: A kőzetalkotó ásványok döntően 1-2 mm-esek. A kvarc önállóan, illetve orsó formájában is megjelenik az ortoklászban és a plagioklászban is (**6/f ábra**).



5. ábra: Gránit néhány jellegzetes makroszkópos megjelenése

Fig. 5.: Some characteristic types of granite

Homokkő

A terepi makroszkópos leírás során szín - szürke, sárga, vörös -, szemcseméret – aprótól durvaszemcsésig -, valamint a kötőanyag – meszes vagy kovás - alapján tudunk alcsoportokat elkülöníteni (**7. ábra**). Polarizációs mikroszkópos vizsgálatok kimutatták, hogy a meszes cementű

homokkővek ásványos összetétele nagy hasonlóságot mutat egymáshoz, eltérés csak a kötőanyag méretében és mennyiségében van, így a mikroszkópos alcsoportokat a kötőanyag és az ásványos összetétel alapján alakítottuk ki, amelyek a következők:

kovás cementű alcsoport: Kemény, kovásan cementált, a szemcsék szögletesek. A törmelékeket főként mono- és polikristályos kvarc, valamint savanyú vulkanitok alkotják (**8/a ábra**). Előfordul még muszkovit, valamint kvarcból és csillámból álló foliált szövetű metamorf kőzettörmelék is.

meszes cementű alcsoport: Sokkal puhább kőzet, mint az előző, gyakran morzsalékos. Meszesen cementált, a fő kőzetalkotók kvarc, földpát, muszkovit és biotit, ritkán metamorf kőzettöredék. A szemcsék szintén szögletesek, vagyis nem, vagy nagyon gyengén koptatottak (**8/b ábra**).

Riolit

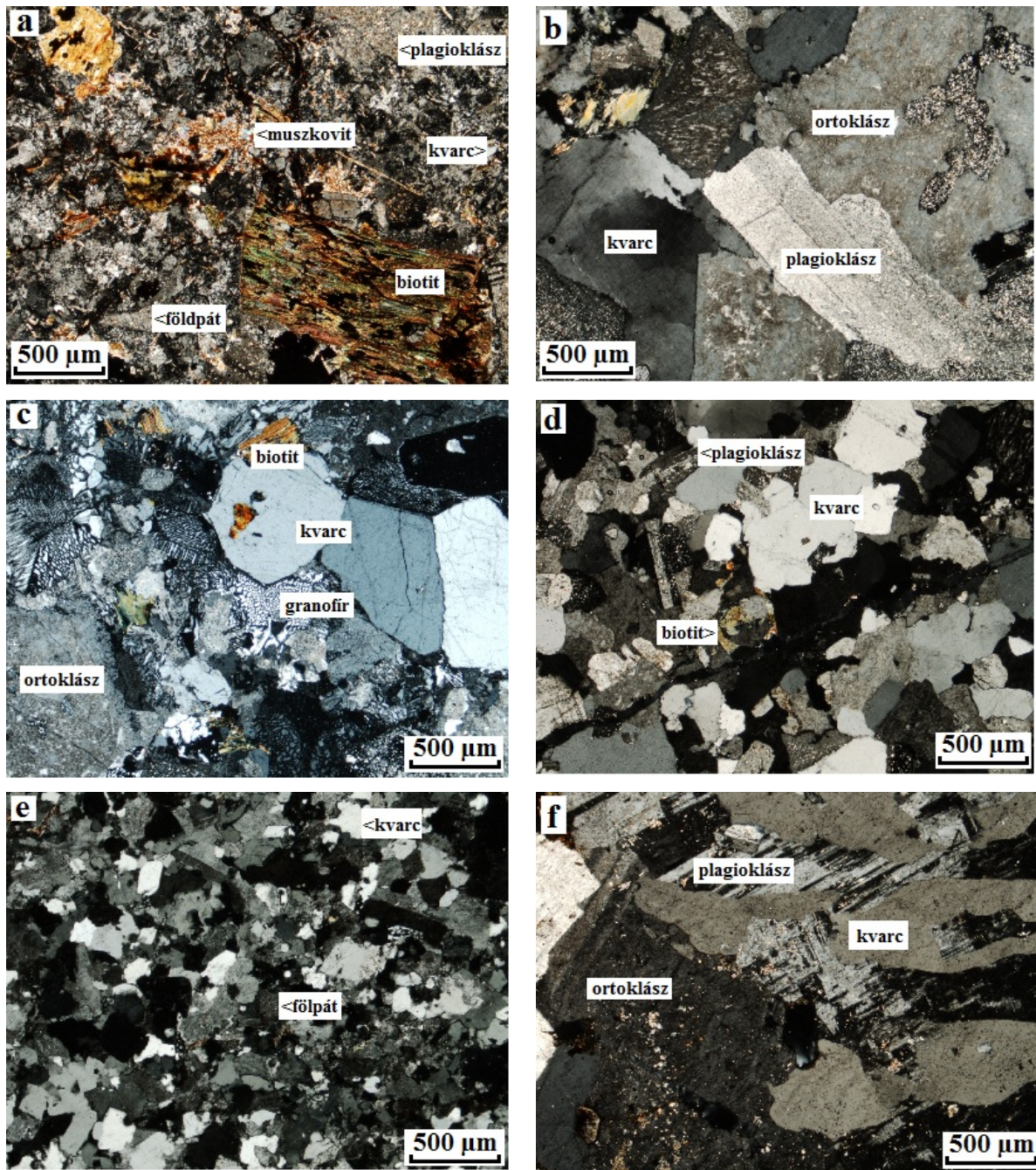
Makroszkóposan (**9. ábra**) a legnehezebben meghatározható, elkülöníthető csoport volt. Riolit jellegét csak a mikroszkópos vizsgálatok erősítették meg. Rideg, vagyis élesen, szögletesen törik. Változatos színű - szürke, halványzöld, szürkésbarna, narancssárga - „mátrixban” ritkásan 0,5-1 mm-es kvarcsemmek helyezkednek el. Mikroszkópban egyértelműen felismerhetők a kőzetalkotó ásványok, úgy, mint kvarc, plagioklász, káliföldpát, biotit és szericit. Az alcsoportok:

szferolitós alcsoport: A finomszemcsés alapanyagban, amit főként kvarc, kevés földpát és szericit alkot, 0,3-0,7 mm-es porfirok – rezorbeált kvarc, szericitesedő plagioklász, ritkán szanidin - vannak. Az alcsoport jellegzetessége, hogy a porfíros elegyrészek köré közel gömb alakban vékony szálas-tűs kristályok nőttek (**10/a ábra**).

mozaikos alcsoport: Az alapanyag kvarcból, földpátból és változó mennyiségű csillámból áll, amiben elszórtan kvarc, plagioklász és opacitosodott biotit jelenik meg porfíros elegyrészként. A kőzetszövet jellegzetessége a mozaikos kinézet (**10/b ábra**).

átmeneti alcsoport: Az előbbieken bemutatott két alcsoport ötvözeté; a porfíros kristályok körül általában nincs kristály gyűrű, vagy ha mégis megjelenik, csak kis, vékony formában. Ugyanakkor az alapanyagban jelentős mennyiségű, 50-100 µm-es gömb alakú szferolit van hasonló méretű mozaikos kvarc és földpát társaságában.

A petrográfiai vizsgálatok alapján a 3 alcsoport - a szferolitostól a mozaikos megjelenésig - egy átalakulási, átkristályosodási sort alkot.



6. ábra: Gránit típusainak polarizációs mikroszkópos képe. - a: Porfíros gránit; b: Hipidiomorf szemcsés szövetű gránit; c: Granofíros gránit; d: Mikrogránit; e: Aplit; f: Írásgránit

Fig. 6.: Main types of granite in polarizing microscope. - a: Porphyritic granite; b: Hypidiomorphic-granular granite; c: Granophyre granite; d: Microgranite; e: Aplite; f: Graphic granite

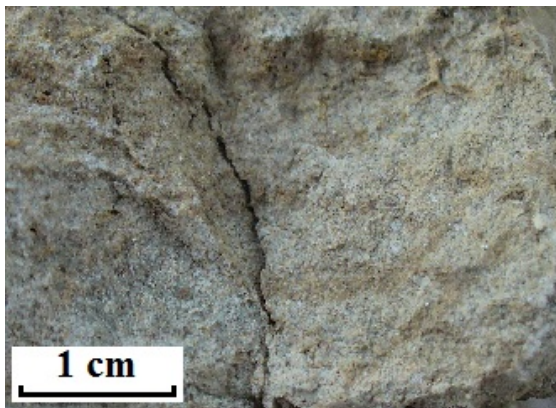
Kvarcit

Rideg, szögletesen törő közettípus. A példányok színe uralkodóan halvány rózsaszín, amit fehér erek harántolnak (**11. ábra**). Gyakran látszik, hogy vasas oldatok járták át a kőzetet a törések, repedések mentén. Mikroszkópos vizsgálat alapján jól kristályos kvarc, rozettás kalcedon és opál alkotja a kőzetet. (**12. ábra**). Kvarcból álló kristálygócok

körül gömbszimmetrikus kifejlődésben kalcedon és opál váltakozik.

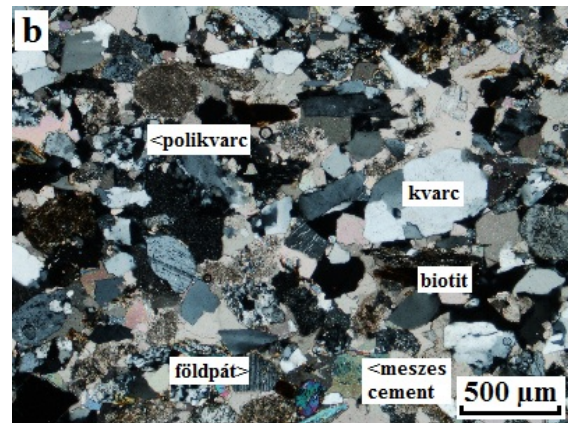
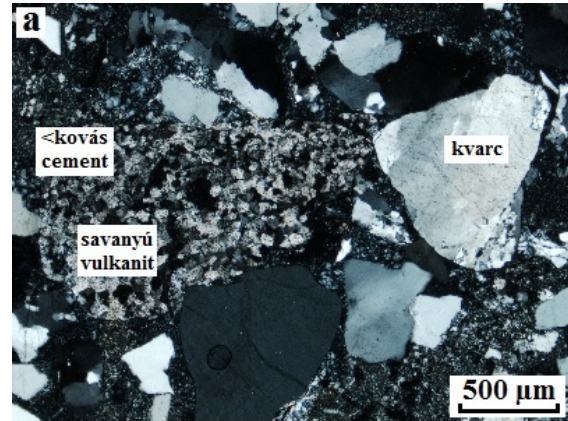
Bazalt

Makroszkóposan sötétszürke, csaknem teljesen fekete (**13. ábra**). A sötétszürke mátrixban elmállott porfíros elegyrészek maradványa látható limonitosodott-hematitosodott foltként.



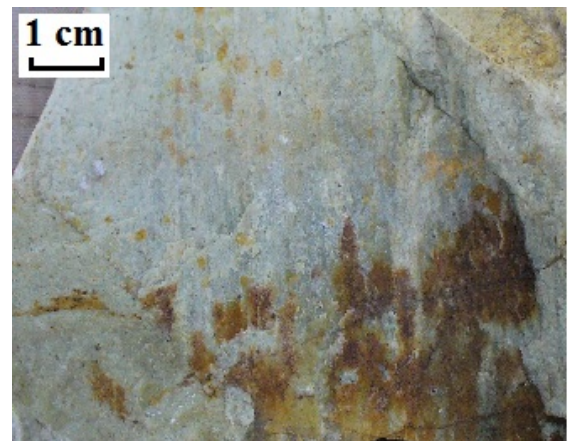
7. ábra: A homokkő néhány jellegzetes makroszkópos megjelenése

Fig. 7.: Some characteristic types of sandstone



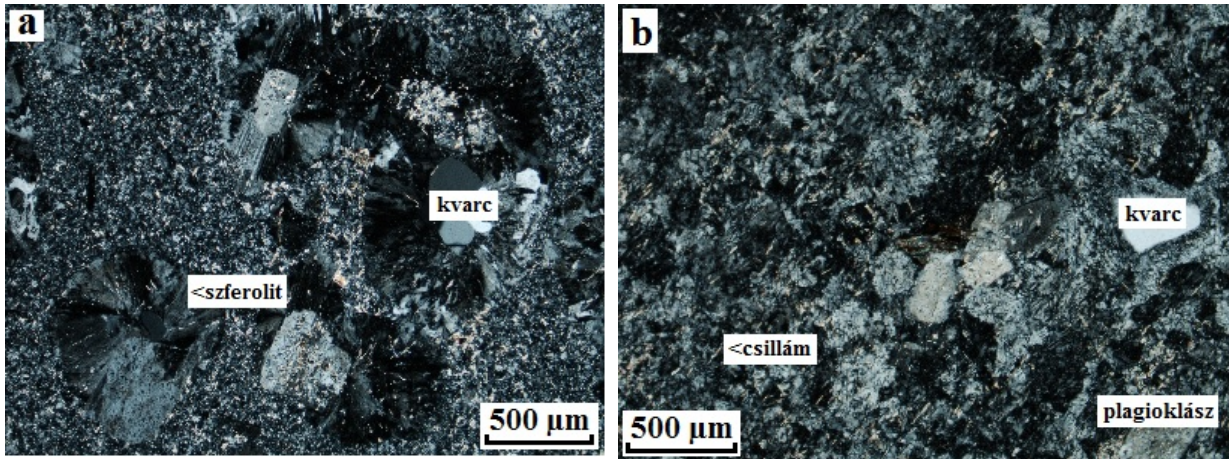
8. ábra: Homokkő típusainak polarizációs mikroszkópos képe. - a: Kovás cementű homokkő; b: Meszes cementű homokkő

Fig. 8.: The two different types of sandstone in polarizing microscope. - a: Sandstone with siliceous cement; b: Sandstone with carbonate cement



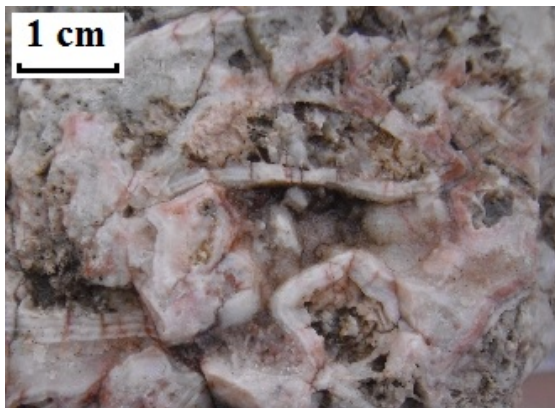
9. ábra: Riolit tipikus megjelenése

Fig. 9.: Typical rhyolite



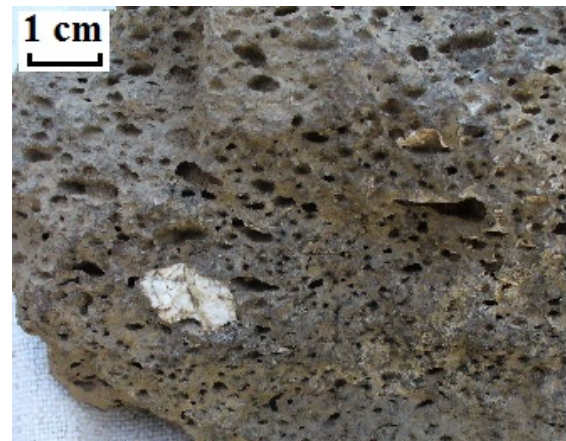
10. ábra: Riolit főbb típusainak polarizációs mikroszkópos képe. - a: Szferolitos szövetű riolit; b: Mozaikos szövetű riolit

Fig. 10.: Main types of rhyolite in polarizing microscope. - a: Spherulitic texture in rhyolite; b: Puzzle texture in rhyolite



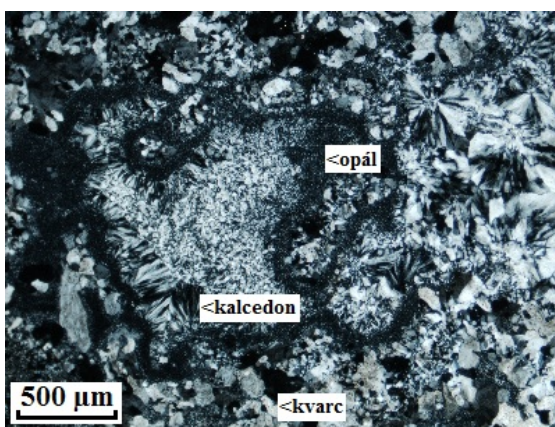
11. ábra: Kvarcit makroszkópos megjelenése

Fig. 11.: Typical quartzite



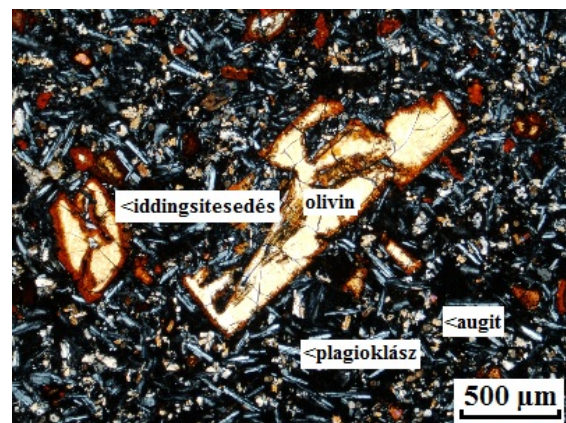
13. ábra: Hólyagüreges bazalt

Fig. 13.: Typical vesicular basalt



12. ábra: Kvarcit polarizációs mikroszkópos képe

Fig. 12.: Quartzite in polarizing microscope



14. ábra: Bazalt polarizációs mikroszkópi képe

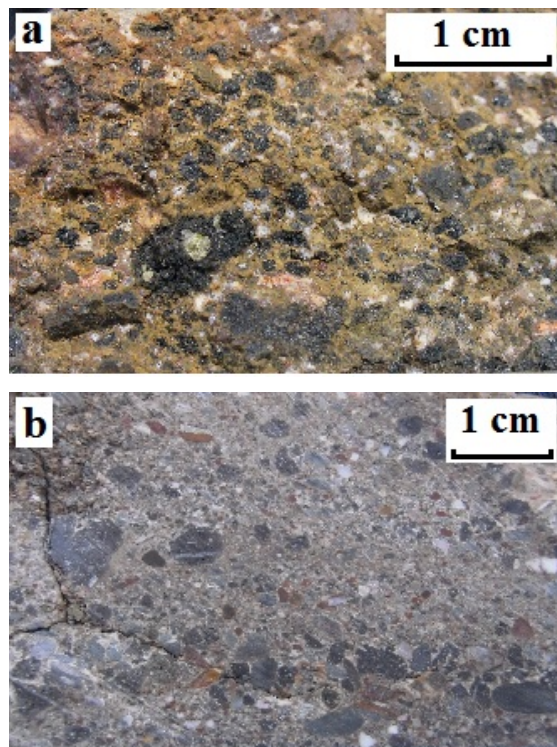
Fig. 14.: Polarizing microscopic photo of basalt

Hólyagüreges és teljesen tömör változatban fordul elő, de a mikroszkópos megfigyelések igazolják, hogy a kétféle külső megjelenésű kőzet ásványos összetétele és szöveti jellegei jelentős hasonlóságot mutatnak. A szövet porfíros intergranuláris, a vázat plagioklász lécek adják, a közöttük lévő teret augit, opak ásvány és olivin tölti ki. Egyedüli porfíros elegyrészként olivin van jelen, idiomorf, iddingzitesedett formában (**14. ábra**).

Bazaltos piroklasztit

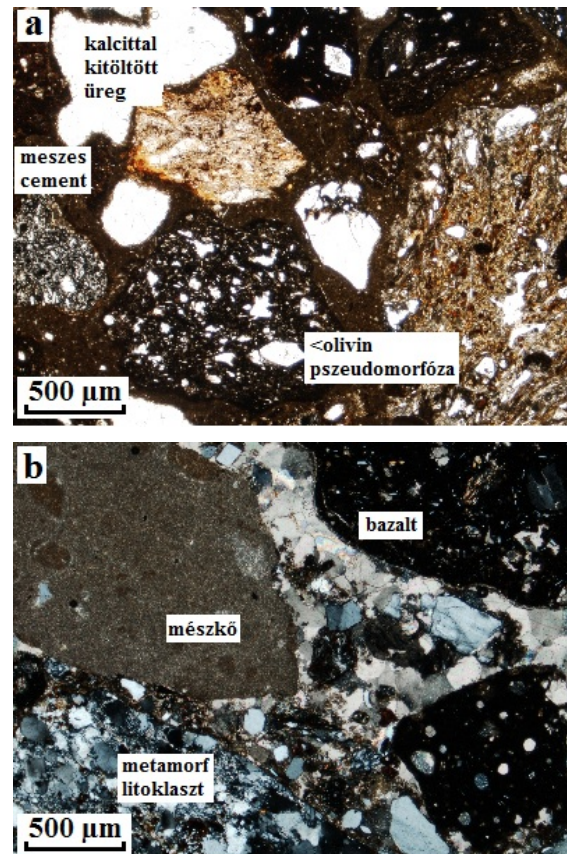
Két alcsoport különíthető el. Az elsőben barna mátrixban kerekített, kb. 0,5 cm-es fekete klasztok, valamint szabálytalan alakú, fehér és narancssárga színű üregkitöltések figyelhetők meg (**15/a ábra**). A klasztok nem irányítottak, jelentős méretkülönbség sincs közöttük.

A másik csoport példányainál szürkésbarna mátrixban különböző méretű (max. 1cm) és színű - fekete, zöld, bordó, szürke -, kerekített, lokálisan irányított klasztok vannak (**15/b ábra**).



15. ábra: Piroklasztit típusai a: Bazalt klasztos piroklasztit; b: Polimikt törmelékes piroklasztit

Fig. 15.: Different types of the basic pyroclastics a: the pyroclastics contain only basalt clasts; b: the pyroclastics contain polymict clasts



16. ábra: Piroklasztit típusainak polarizációs mikroszkópos képe. - a: Bazalt klasztos piroklasztit; b: Polimikt törmelékes piroklasztit

Fig. 16.: The two different types of the pyroclastics in polarizing microscope. - a: pyroclastics containing only basalt clasts; b: pyroclastics containing different clasts

A két alcsoport tehát:

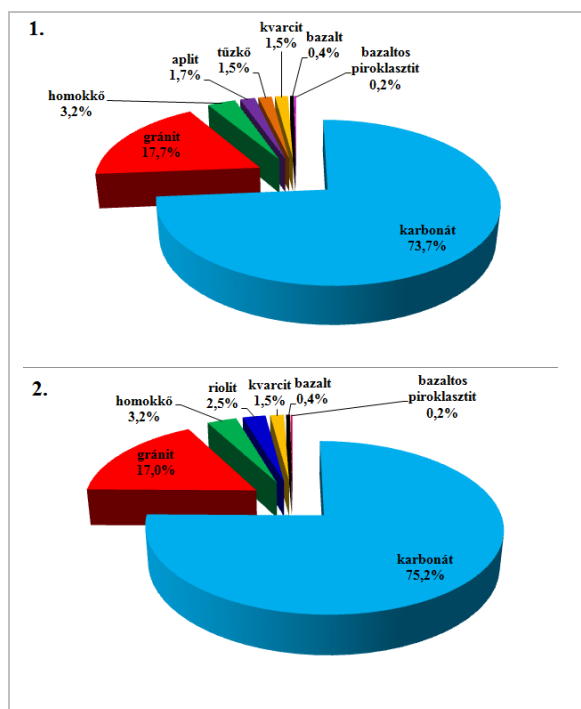
csak bazalt klasztokat tartalmazó piroklasztit: Mikroszkóp alatt megfigyelhető, hogy a bazaltos klasztok meszes kötőanyaggal cementálódtak össze (**16/a ábra**), az üregeket pedig kalcit kristályok töltik ki. A klasztok porfíros intergranuláris szövetűek (plagioklász lécek és augit), illetve olivin fenokristályok pszeudomorfozása is látszik. Szinte az egész kőzet átkalcitosodott, azonban a klasztok porfíros intergranuláris szövete még jól látható, ahol az alapanyagot plagioklász lécek és augit alkotja, a porfírok pedig olivin fenokristályok utáni pszeudomorfozák.

polimikt törmelékeket tartalmazó piroklasztit: Mikroszkóp alatt jól megfigyelhető a polimikt összetétel (**16/b ábra**): homokkő, kvarc, polikristályos kvarc, mészkö, kvarc-szericit litoklaszt erős klivázssal (Lmf2), bazalt közettöredék (Lv), fillit litoklaszt erős klivázssal (Lmp2), meta-aleurolit közettöredék egyenetlen klivázssal (Lmf1), pala töredék egyenetlen klivázssal (Lmp1) (a metamorf klasztok elnevezése Garzanti & Vezzoli 2003 alapján).

Diszkusszió

A makroszkópos és mikroszkópos csoportok összevetése

A terepi makroszkópos, illetve a mikroszkópos megfigyelések eredményei alapján kialakított csoportok jelentősen átfedik egymást, de közöttük azért kisebb eltérések mutatkoznak. Szabad szemmel és kézi nagyítóval jóval kevesebb, a kőzetre jellemző tulajdonságot figyelhetünk meg, mint polarizációs mikroszkóppal. Éppen ezért a kőzetek csoportosítása szempontjából a petrográfiai mikroszkóp segítségével történt osztályozás adja a pontosabb eredményt, mivel ez tényleges információt ad a kőzet összetételéről és szöveti tulajdonságairól, míg a makroszkópos szemrevételezésnél a kőzeteket ért utólagos hatások - mállás, jelen esetben a kőzeteket ért égés is - erősen befolyásolják a szabad szemmel látható tulajdonságokat. A regölyi halomból előkerült jelentős mennyiségű kőzetlelet alkalmas volt arra, hogy bemutassuk, milyen különbségek lehetnek a csak makroszkópos megfigyelések, illetve azok mikroszkópos vizsgálatokkal kiegészített megfigyeléseinek eredményeiben. A **17. ábrán** mutatjuk be azt a két diagramot, amely a regölyi leletanyag makroszkóposan, illetve mikroszkóposan is megfigyelt kőzettani főcsoportjainak százalékos eloszlását mutatja.



17. ábra: A regölyi leletanyag makroszkóposan (1. fent), illetve mikroszkóposan (2. lent) megfigyelt kőzettani főcsoportjainak százalékos eloszlása

Fig. 17.: Distribution of main lithotypes according to macroscopic (1.bottom) and microscopic (2.top) observations

1. táblázat: A mikroszkóposan megfigyelt főcsoportok százalékos eloszlása, darabszáma és tömege

Table 1.: Distribution of main lithotypes according to microscopic observations, number of specimens in every main lithotypes and the volume of the main lithotypes

Fő típusok	Százalékos eloszlás (%)	Darab-szám (db)	Tömeg (kg)
Karbonátos kőzetek	75,2	3063	5730,9
Gránit	17	691	1307,4
Homokkő	3,2	132	129,8
Riolit	2,5	102	102,2
Kvarcit	1,5	61	84,7
Bazalt	0,4	18	65,1
Bazaltos piroklasztit	0,2	7	12,3
összesen:	100	4074	7432,4

A százalékok ugyan nem változtak lényegesen, de ehhez figyelembe kell venni, hogy nagy mennyiségű kőanyagról (4074 db) van szó, tehát adott esetben 10-20 db kőzet átsorolása nem változtat sokat a statisztikán. Viszont, ha a vizsgálat lényegesen kevesebb, mintegy 50 db mintából készült volna, ott már jelentősége lenne 10-20 példány másik csoportba kerülésének, amiből az is következik, hogy a reprezentatív mintavételezéshez megfelelő mennyiségű kőzetanyag polarizációs mikroszkópos vizsgálata szükséges.

Az **1. táblázat** azt mutatja, hogy az előzőekben említett és diagramon bemutatott, mikroszkópos megfigyelések alapján (2. diagram) kialakított főcsoportok százalékos mennyiségei hány kőzet darabot, illetve mekkora tömeget jelentenek.

A kőzetek lehetséges származási helyei

A kőzet leletanyag legvalószínűbb származási helyeinek azokat az előfordulási helyeket feltételeztük, amelyek Regölyhöz viszonylag közeli, illetve a Kr.e. 7. században is feltételezhetően a lehető legkönnyebben voltak megközelíthetőek. A kőzetek - általában - jelentős méretét, valamint nagy mennyiségét figyelembe véve, továbbá azt, hogy tört kövekről beszélünk, olyan területeket kerestünk, ahonnan szárazföldi, esetleg vízi úton viszonylag egyszerűen meg lehetett oldani a kőzetanyag Regölybe szállítását.

A Regölyhöz legközelebbi felszíni kőzet kibukkanások mintegy 30-50 km-re vannak, mind dél (Mecsek), mind pedig észak felé (Tihanyi-Polgárdi). A kőzetek petrográfiai tulajdonságai

alapján azonban a Mecsek kizárható, mint forrásterület.

A kőzetek származási helyének lehatárolásához a szakirodalmak részletes áttanulmányozása mellett számos terepi ismerettel rendelkező, illetve az egyes kőzettípusokat jól ismerő geológus és geográfus szakemberrel értekeztünk és vettük figyelembe véleményüket.

Fontos kiemelni, hogy az archeometriai vizsgálatok során a kőzet leletanyagok és eredeti lelőhelyük meghatározása már csak azért sem egyszerű, mert kisebb-nagyobb, az eredeti kőzetképződési környezetükből kiszakított kőzetpéldányok alapján kell a kőzetek képződési viszonyait, és ez által az eredeti lelőhelyét meghatározni.

Az egyes kőzetcsoportok eddigi vizsgálataink szerint valószínűsíthető lelőhelyeiről az alábbiakat feltételezzük:

Karbonátos kőzetek

A petrográfiai vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a karbonátos kőzetek nem tengeri, feltehetően fiatal képződmények.

Peloidos alcsoport: A petrográfiai vizsgálatok alapján a kőzetek képződési környezetét nem lehetett egyértelműen meghatározni. Egyrésztől felmerült, hogy tavi környezetben, vagy pedig esetleg talajokban (paleotalajokban) helyben, a talajon átszivárgó víz hatására kialakult képződményről, vagyis kalkrétről van szó (Mindszenty Andrea szóbeli közlése alapján). Alonso-Zarza & Tanner (2010) hasonló megjelenésű kőzeteket palusztrin környezetből származtat. Egy másik elgondolás szerint, képződése akár a tihanyi hévforrás, illetve „gejzirít” üledékekhez (ld. alább kovás alcsoport) is kapcsolódhat (Jámbor Áron szóbeli közlése alapján).

Mikrites alcsoport: Ez a típus semmilyen jellemző tulajdonsággal nem rendelkezik, ezért a származási helyét egyelőre nem sikerült lehatárolni.

Kovás alcsoport: A regölyi leletek kovás-meszes kőzeteinek tulajdonságai a tihanyi hévforrás-üledékek („gejziritek”) - Budai Tamás és Jámbor Áron szóbeli közlése alapján - makroszkópos és mikroszkópos megjelenéséhez hasonlóak.

Sziliciklasztos alcsoport: A szemcseméret alapján durva aleurit - finom homok (esetleg lösz) tartalmú üledékről van szó, ami erős karbonátos átítással vált kőzetté. Egyes mintákban gyökércsatornák maradványa látható, ami utalhat paleotalaj eredetre (Mindszenty Andrea szóbeli közlése alapján). Konkrét forrásterületet még nem sikerült meghatározni.

Gránit

A gránit altípusainak lelőhelyét a Velencei-hegységben kutattuk, mivel a regölyi granitoidos kőzetek petrográfiai jellegei elsősorban a velencei-hegységi gránitra hasonlítottak. A regölyi granitoidok nem tartalmaznak mikroklint, ezért a mecseki térséget elvetettük, mint lehetséges forrásterület.

Porfíros alcsoport: A Rigó-hegyi kőfejtő (Sukoró) É-i falában bukkan a felszínre a „pátkai típusú” gránitporfír telér (Horváth et al. 2004). A leírásokat összevetve, a regölyi porfíros gránit ezzel mutatja a legnagyobb hasonlóságot, amelynek színe zöldesszürkétől a narancs árnyalatú barnáig terjed. Jellemző porfíros elegyrész a dihexaéderes kvarc, amely gyakran alapanyag zárványos, mérete 1 cm-es is lehet, metszete gyakran négyzetes. A kőzet felszíni mállása jellemzően szemcsés, morzsolódó (Horváth et al. 2004).

Hipidiomorf szemcsés alcsoport: A Velencei-hegység alapgránitját Vendl (1914) közepszemcsés, hipidiomorf, helyenként porfíros biotit gránitként jellemzi, aminek fő kőzetalkotói a káliciföldpát, az oligoklász, a biotit és a kvarc, járulékos elegyrészként pedig cirkon fordul benne elő. Fülöp (1990) közép-nagyszemű biotitos monzogranitról számol be, amit kvarc, pertites ortoklász, plagioklász és biotit alkot. Akcesszóriaként apatitot és cirkont tartalmaz. Makroszkópos jellegzetessége a 2-3 mm-es világos rózsaszín ortoklász.

Granofíros alcsoport: Ehhez az alcsoportozhoz hasonló leírású kőzetet nem sikerült találnunk a Velencei-hegység granitoid kőzeteiről szóló irodalomban. Miután a regölyi leletanyagban ez a típus nagyon ritka, nem zárható ki a távolabbi eredet lehetősége.

Mikrogránit alcsoport: Horváth et al. (2004) által leírt, biotitban szegény (<1%), finomszemcsés típusú mikrogránit-telérre hasonlít leginkább. Mikrogránit telérek a hegység egész területén előfordulnak, de leggyakrabban a nyugat-velencei hegységben, valamint a Mészeg-hegven.

Aplit alcsoport: A Velencei-hegységben ismeretes szürkés-rózsaszín színű aplit, amely mikroszkóp alatt pánidiomorf szemcsés szövetű, ortoklász, plagioklász és kvarc alkotja. Barnás-fekete, ritkán zöldes színű kloritosodó biotit alárendelt mennyiségben fordul elő (Benei 2012).

Írásgránit alcsoport: Horváth et al. (2004) a Velencei Gránit Formáció felszín alatti elterjedésének vizsgálata közben tesz említést a Tác-1 fúrásról, amelyben írásgránitos szövetű gránit is előfordult, vagyis eszerint a hegységben esetleg felszínen is megtalálható lehet. Miután a regölyi leletanyagban ez a típus nagyon ritka - a granofíros típushoz hasonlóan -, nem zárható ki a távolabbi eredet lehetősége sem.

Homokkő

Kovás cementű alcsoport: A regölyi leletanyag kovás cementanyagú homokkő típusa petrográfiailag nagyon hasonló a Balatonfelvidéki Homokkő Formációban előforduló homokkőhöz, melyről Csernussi (1984), Fülöp (1990) és Majoros (1998) részletes leírást ad.

Meszes cementű alcsoport: Budai Tamás, Csillag Gábor és Jámbor Áron szóbeli közlése alapján a meszes cementű homokkövek petrográfiai tulajdonságai alapján a fiatal pannon homokkövekhez tartozhatnak. A pannon homokkövek elterjedése nagyon széles, részletes petrográfiai feldolgozásuk – különösen lokális jellemzőket tekintve – egyelőre nem történt meg, így ennek a kőzet alcsoportnak egyelőre nem sikerült lelelőhelyet lehatárolni.

Riolit

A regölyi leletanyagban előforduló riolit petrográfiai jellegei arra utalnak, hogy az egy idős, feltehetően paleozoós riolitos kőzet. Ezekhez hasonló kőzetek Északkelet-Dunántúlon több helyen is előfordulnak, ezek közül Polgárdi a Regölyhöz legközelebb eső felszíni előfordulás. Kiss (1951) szerint a polgárdi ipartelep kőfejtőjében feltárt kaolinosodott eruptív telér kvarcporfir; Vendl (1914) kémiai elemzés és mikroszkópi vizsgálat alapján a fenti kőzetet aplitnak írta le;

Fülöp (1990) az alsóperm korú Kékkúti Dácitként azonosítja, Dunkl et al. (2003) munkássága szerint a devon korú Polgárdi mészkövet perm korú riolit és triász andezittelérek járják át, míg Horváth et al. (2004) pedig a Felsősomlyói Kvarcporfir Formációként említi a szabadbattyáni Szár-hegy és a polgárdi Somlyó-hegy nagy kőfejtőjében, a kristályos mészkőbe nyomult teléreket.

Kvarcit

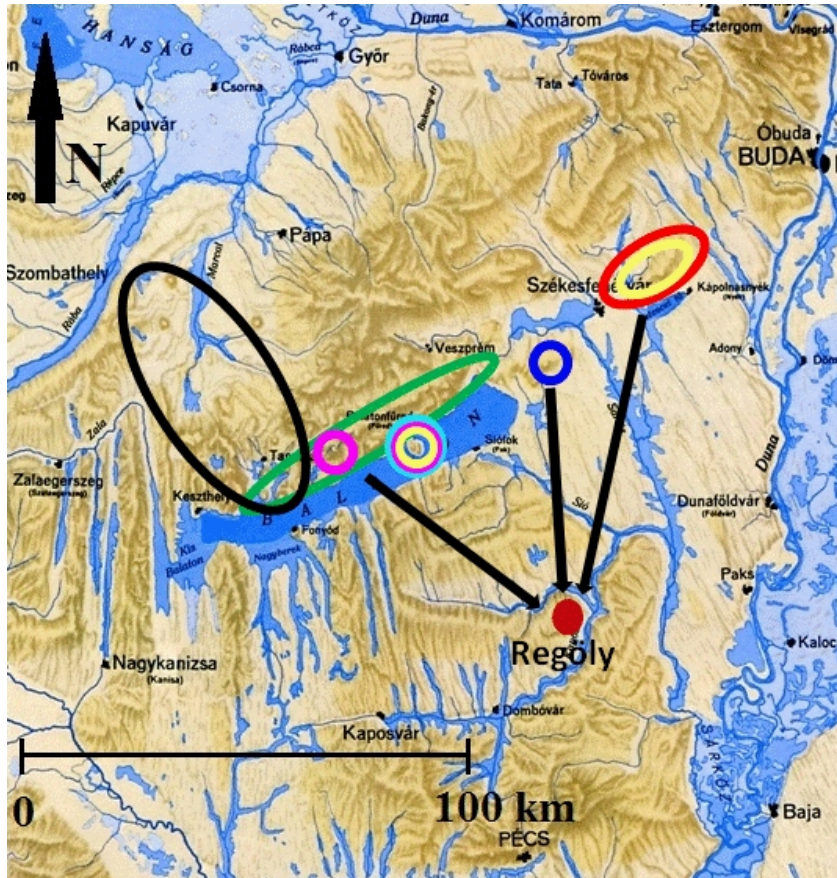
A kvarcit nagyon széles elterjedésű kőzet. Regölyhöz viszonylag közel, a Velencei-hegységben - gránitba települt telérek (Horváth et al. 2004) -, és a Tihanyi-félszigeten – „gejzirit” (Jámbor Áron szóbeli közlése alapján) - ismerünk felszíni előfordulásokat.

Bazalt

A Regölyből származó minta petrográfiai tulajdonságai alapján a fiatal, plio-pleisztocén bazaltokhoz, azon belül is azok Balaton-felvidéki-kisalföldi terület északnyugati részén található bazaltokkal mutat hasonlóságot (Péterdi 2011, Péterdi et al. 2011, Oláh et al. 2012).

Bazaltos piroklasztit

Martin & Németh (2004) munkája alapján a regölyi minta hasonló a tihanyi freatomagmás egységekben előforduló kőzetekhez – főként a tihanyi-, és a kis-hegyestűi piroklasztit anyaghoz.



18. ábra:

A regölyi kőzetanyag lehetséges lelelőhelyei; karbonátos kőzetek: világoskék; gránit: piros; homokkő: zöld; riolit: sötétkék; kvarcit: sárga; bazalt: fekete; piroklasztit: rózsaszín

Fig. 18.:

The possible provenances of the rock fragments originate from Regöly mound; carbonate rocks: pale blue; granite: red; sandstone: green; rhyolite: dark blue; quartzite: yellow; basalt: black; pyroclastics: pink

Összefoglalás, jövőbeli feladatok

Munkánkban a regölyi kora vaskori sírhalom kőzetanyagát vizsgáltuk. A kőzeteket fő- és alcsoportokba soroltuk be először makroszkóposan, majd ezeket a nagyobb felbontású, részletes petrográfiai mikroszkópos megfigyelések alapján módosítottuk. Csökkenő mennyiségi sorrendben a főcsoportok a következők: karbonátos kőzetek, gránitok, homokkövek, riolitok, kvarcitok, bazaltok, piroklasztitok. A petrográfiai vizsgálatok, valamint a rendelkezésre álló irodalom alapján megpróbáltuk lehatárolni a regölyi kőzettípusokhoz leginkább hasonló kőzetek Regölyhöz legközelebbi, legkönnyebben elérhető előfordulásait. A kutatás jelenlegi állása szerint a kőzet leletanyag jelentős része Regölytől É-ÉNy-i irányban, maximum mintegy 100 km-re előforduló kőzetekkel azonosítható (**18. ábra**). Az ábrán jól látható, hogy a kőzetanyag feltételezhető bányavidékei jellemezően olyan víz közeli helyeken találhatóak, amelyekről Regöly a Kapos-Koppány folyókon könnyedén elérhető. Ez a jelenség a vízi szállításra utal. Ezt erősíti az is, hogy mint már említettük, Regölytől É-ÉNY-i irányban, maximum mintegy 100 km-re fordul elő a vizsgált kőzetek jelentős része, míg a közel ellenkező irányban szárazföldön elérhető, mecseki és mórágyi kőzetek a valamivel kisebb távolság ellenére sem váltak meghatározóvá. Érdekes, hogy nem a Balaton-Velencei-tó, mint természetes határ mentén, hanem attól északra rajzolódik ki a Strupka-Magyar birtokon talált kőzetek feltételezhető beszerzési helyének vonala. Ez megerősíti a kora vaskorban a dunántúli, főként a Bakonytól északra található szkíta lelőhelyek alapján is feltételezhető bakonyi határvonalat. A kora vaskorban a Dunántúlt kettéosztó, a kőzetanyagban és a régészeti leletekben is kimutatható bakonyi határvonal megléte egyben jelzi az attól délre lakó pannonok önállóságát és azt is, hogy a hallstatti őslakoságtól területüket a Kr. e. 7. század utolsó harmadában előbb elfoglalták, mint a szkíták a Dunántúl északi felét.

A kutatás jövőbeni folytatásának fő célja az, hogy a lehetséges kőanyag származási lelőhelyekről összehasonlító mintapéldányokat gyűjtsünk, és petrográfiai-geokémiai vizsgálatokkal összehasonlítást végezzünk a regölyi kőzetek anyagával. Ezen kívül további műszeres vizsgálatokat tervezünk a kőzettípusokon, mint pl. homokkövek mikromineralógiai vizsgálata, karbonátok megfestése a pontosabb képződési viszonyok tisztázása céljából, bazaltok teljes kőzet kémiai összetételének vizsgálata, ásványkémiai vizsgálatok, amelyek alapján remélhetően tovább pontosíthatnánk a kőzetanyagok előfordulási területét, ami értékes információt szolgáltatna a kora vaskorban élt népek területi elhelyezkedéséhez, kapcsolatához.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton mondanak köszönetet Budai Tamásnak, Csillag Gábornak, Haas Jánosnak, Jámbor Áronnak, Kázmér Miklósnak, Kele Sándornak, Mindszenty Andreának, Németh Károlynak és Oláh István Csabának a közvetlen segítségükért. Szintén köszönet Zámolyi Andrásnak a terepi munkában való segítségért, Péterdi Bálintnak pedig a szakirodalomban való eligazodáshoz nyújtott segítségért.

Irodalomjegyzék

- ALONZO-ZARZA, A.M. & TANNER, L.H. (2010): Carbonates in continental settings, Facies, environments and processes. *Developments in Sedimentology* **61** 1–378.
- ANATOLIAN CIVILIZATIONS (2010): *Guide book of the Museum of Anatolian Civilizations*, Ankara, MAC 1–256.
- BENEI, B. (2012): *A Velencei-hegység kőzeteinek nehézasványtani szempontú értékelése*. Közöletlen szakdolgozat, ELTE TTK Közöttan-Geokémiai Tanszék, Budapest, 1–46.
- BRISIGHELLI, F., CAPELLI, C., ÁLVAREZ-IGLESIAS, V., ONOFRI, V., PAOLI, G., TOFANELLI, S., CARRACEDO, Á., PASCALI, V. L. & SALAS, A. (2009): The Etruscan timeline: a recent Anatolian connection. *European Journal of Human Genetics* **17** 693–696.
- BRUJAKO (2005); Бруяко, I. В., Ранние кочевники в европе X-V ВВ. ДО Р. X, Кишинёв. 1–358.
- CSERNUSSI, G. (1984): *Litofácies vizsgálatok a „Balatonfelvidéki Vörös Homokkő Formáció”-ban*. Közöletlen szakdolgozat, ELTE TTK Közöttan-Geokémiai Tanszék, Budapest, 1–127.
- DUNKL, I., HORVÁTH, I. & JÓZSA, S. (2003): A polgárdi Szár-hegy andezittelérei és szkarnos képződményei. *Topographia Mineralogica Hungariae* **VIII** 55–86.
- DEMIGYENKO, J. & FIRSZOV, K. (2009): Tagikeszken és Ujgarak emlékei - In: Fodor, I., Kulcsár, V. (szerk.): *Szkíta aranykincsek*. A Magyar Nemzeti Múzeum időszaki kiállításának katalógusa, Budapest, 39–47.
- FEKETE, M. (1985): Rettungsgrabung früheisenzeitlicher Hügelgräber in Vaskeresztes (Vorbericht). *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **37** 33–78.
- FÜLÖP, J. (1990): *Magyarország geológiája, Paleozoikum I*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 1–325.

- GARZANTI, E. & VEZZOLI, G. (2003): A classification of metamorphic grains in sands based on their composition and grade. *Journal of Sedimentary Research* **73** 830–837.
- HORVÁTH, I., DARIDÁNÉ, TICHY M., DUDKO, A., GYALOG, L. & ÓDOR, L. (2004): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana*. Magyarázó, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest 1–316.
- KISS, J. (1951): Szabadbattyáni Szárhegy földtani és ércgenetikai adatai. *Földtani Közöny* **81** 264–274.
- KOHLER, E. L. (1995): *The lesser Phrygian tumuli. The Gordion Excavations (1950–1973) Final Reports Vol. II.*, Philadelphia, 1-262.
- MAJOROS, GY. (1998): A Dunántúli-középhegység újpaleozoos képződményeinek rétegtana. In: Bérczi, I., Jámbor, Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. MOL Rt. - MÁFI kiadvány, Budapest, 119–147.
- MARTIN, U. & NÉMETH, K. (2004): Mio/Pliocene Phreatomagmatic Volcanism in the Western Pannonian Basin. *Geologica Hungarica Series Geologica* **26** 1–191.
- OLÁH, I., BENDŐ, ZS., SZAKMÁNY, GY., SZILÁGYI, V. & PÉTERDI, B. (2012): Result of the archaeometric analyses of stone implement preforms from Veszprém-Kádárta (W-Hungary). *Acta Archaeologica Scientarium Hungaricae* **63** 43–68.
- PÉTERDI, B. (2011): *Szerszámkövek és csiszolt kőeszközök archeometriai vizsgálatának eredményei (Balatonöszöd – Temetői dűlő lelőhely, késő rézkor, bádeni kultúra)*. Doktori (PhD) értekezés, ELTE TTK Közéttan-Geokémiai Tanszék, Budapest, 1–152.
- PÉTERDI, B., SZAKMÁNY, GY., JUDIK, K., DOBOSI, G., KOVÁCS, J., KASZTOVSZKY, ZS. & SZILÁGYI, V. (2011): Bazalt anyagú csiszolt kőeszközök közettani és geokémiai vizsgálata (Balatonöszöd - Temetői dűlő lelőhely). *Archeometriai Műhely* **VIII/1** 33–68.
- SZABÓ, G. & FEKETE, M. (2011): Janus-szobor Pannóniából, a kora vaskori Regöly-csoport lelőhelyéről (Janus-Statue aus Pannonien, vom Fundort der Regöly-Gruppe aus der Früheisenzeit). *Wosinsky Mór Múzeum Évkönyve* **33** 15–105.
- THÜR, G. (2007): Der Reinigungsseid im archaischen griechischen Rechtsstreit und seine parallelen im Alten Orient - In: Rollinger, R., Barta, H., Lang, M. (eds.): *Rechtsgeschichte und Interkulturalität*. Wiesbaden, 179–195.
- THÜR, G. (2012): Rechtstransfer aus dem Vorderen Orient im archaischen griechischen Prozes - In: Legras, B. (ed.): *Transferts culturels et droits dans le monde grec et hellénistique. Actes du colloque international* (Reims, 14-17 mai 2008), Paris, 47–61.
- VADÁSZ, É. (1983): Előzetes jelentés egy kora vaskori halomsír feltárájáról Süttön. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **3** 19–54.
- VENDL, A. (1914): A Velencei-hegység geológiai és petrográfiai viszonyai. *Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **22/1** 3–170.
- YOUNG, R. S. (1981): *Three Great Early Tumuli. The Gordion Excavations (1950–1973) Final Reports, Vol. I.*, Philadelphia, 1-326.

MÜKÉNÉI ÜVEGEK KORRÓZIÓJÁNAK ÉS EREDETÉNEK VIZSGÁLATA SEM-EDS, XRF ÉS PGAA MÓDSZEREKKEL

AN ALTERATION AND PROVENANCE STUDY OF MYCENAEAN GLASS OBJECTS USING NEUTRON-BEAM AND X-RAY METHODS

NIKOLAOS ZACHARIAS¹, MARIA KAPAROU^{1,2}, KASZTOVSZKY ZSOLT³, MARÓTI
BOGLÁRKA³, KONSTANTINOS BELTSIOS⁴, JOANNE MURPHY⁵, VASILIKE
KANTARELOU⁶, ANDREAS GERMANOS KARYDAS⁷

¹Laboratory of Archaeometry, Department of History, Archaeology and Cultural Resources Management,
University of Peloponnese, Old Camp, 24100 Kalamata, Greece

²Laboratory of Archaeometry, Institute of Materials Science, N. C. S. R. Demokritos, 15310 Ag. Paraskevi,
Attiki, Greece

³MTA Energiatudományi Kutatóközpont 1121 Budapest Konkoly Thege 29-33

⁴Department of Materials Science and Engineering, University of Ioannina, 45110 Ioannina, Greece

⁵Department of Classical Studies, University of North Carolina Greensboro, NC, USA

⁶Institute of Nuclear Physics, NCSR Demokritos, 15310 Ag. Paraskevi, Attiki, Greece

⁷Nuclear Spectrometry and Applications Laboratory (NSAL), Physics Section, IAEA Laboratories, A-2444,
Seibersdorf, Austria

E-mail: kasztovszky.zsolt@energia.mta.hu

Abstract

The aims of this study were to characterize corrosion effects on Mycenaean glass objects and their implications for provenance studies. Investigations of archaeological glass collections from Greek 16th -13th c. B. C. Late Bronze Age sites in North-East Peloponnese, Palaia Epidavros and Ancient Asine in the Argolid and from Pylos in Messenia, South Peloponnese have been performed. The study was prompted by specific archaeological questions: whether the glass artifacts were imported as ingots and/or previously shaped materials via exchange routes or they were produced in local glassmaking workshops.

Optical microscopy was employed for an initial morphological examination, followed by Scanning Electron Microscopy coupled with an Energy Dispersive Analyser (SEM-EDS) and by X-ray Fluorescence (XRF) Analysis. The general trend was found to be in agreement with the existent knowledge about altered glass, that is, severe alkaline, alkaline earths and silica deviations. For the bulk analytical examination, Prompt Gamma Activation Analysis was applied. Based on the bulk PGAA results, it was possible to differentiate between base glass used for the production of the Argolid samples and that used for the production of the Messene samples. Also, possibly more than one recipes of alkaline source have been used for the production of the Argolid samples.

Kivonat

A módszertani tanulmányban a korrózió összetételt módosító hatását vizsgáltuk mükénéi üvegtárgyakon. Késő bronzkori (Kr. e. 16-13. sz.), a Peloponnészoszi-félszigetről, az argoliszi Palaia Epidavrosból, Aszinéből és a messzéniai Püloszből származó leleteket vizsgáltunk. A vizsgálatok célja annak megállapítása volt, hogy a leletek mállottsága ellenére lehet-e az eredetükre (provenienciára) vonatkozó megállapításokat tenni a rendelkezésre álló analitikai módszerek alkalmazásával. Első lépésként LED optikai mikroszkóppal általános morfológiai vizsgálatokat végeztünk, majd SEM-EDS mérésekkel tanulmányoztuk egy-egy minta mikroszerkezetét és elemösszetételének térbeli változását. A teljes minta átlagos elemösszetételt PGAA módszerrel határoztuk meg. Az irodalmi adatokkal összehangban, a korrodált részek alkálifém-, alkáliföldfém- és szilíciumtartalma eltért az ép üvegtől. A teljes mintára jellemző PGAA eredmények alapján meg tudtuk különböztetni az Argoliszból és a Messzéniaiból származó mintákat leletek gyártásához használt különböző nyersüveg alapanyagokat, valamint az előbbieket esetében a különböző receptek szerint készült adalék alkáli összetevőket.

KEYWORDS: BRONZE AGE, MYCENEA, GLASS, CORROSION, PROVENANCE, SEM-EDS, PGAA, XRF

KULCSSZAVAK: BRONZKOR, MÜKÉNÉ, ÜVEG, EREDETVIZSGÁLAT, KORRÓZIÓ, SEM-EDS, PGAA, XRF

Bevezetés

Bár az üveg általában tartós anyag, a szabad szemmel gyakran észrevehetetlen korróziójuk gyakori jelenség. Ismert, hogy számos körülmény befolyásolja az üvegek korrózióját (Hench & Clark, 1978; Newton & Davison, 1989; Zacharias & Oikonomou, 2010). Összetételük megváltozik a betemetődés idejétől, és a környezet kémijától függően. A talaj víztartalmának változása ugyanis az oxidatív-reduktív környezet periodikus változását okozza. Ezen túlmenően, a hőmérséklet, a talaj sótartalma, savassága, a korróziós réteg pillanatnyi vastagsága és a mikrobiológiai környezet szintén befolyásolják a korrózió menetét (Jackson et al., 2012). Következésképpen, csak igen kevés régészeti üvegtárgy tartózkodási körülményei ideálisak, többségük esetében a korrózió hatása jelentős.

A korrózió során az alkálifém (Na^+ , K^+) ionok és szerkezet módosító ionok egy "kilúgozódnak" (leaching) az üvegből, helyükre a környezet vizéből H^+ ionok kerülnek. A korrodált üvegek felszínén a hidratált szilikátok vékony réteget képeznek. Ezek a változások az üveg tömbi összetételében is megmutatkoznak. A mátrix alkálifémekben, klórban és sokszor mangánban elszegényedik, hidrogénben, szilíciumban, alumíniumban és rendszerint vasban dúsul – az eredeti összetételhez képest (Hench & Clark, 1978).

A vizsgált minták

A Peloponnészoszi-félsziget Mükénéi kultúrájából (Kr. e. 16-13. sz.), az argoliszi Palaia Epidavroszból és a messzéniai Püloszból származó üveg leleteket vizsgáltunk. A lelőhelyeket az **1. ábra** térképén jelöljük. A tárgyak vizsgálatával a régészek arra a kérdésre keresik a választ, hogy a tárgyakat helyi üvegművesek készítették, vagy késztermékként importálták Egyiptomból és Mezopotámiából (Henderson et al., 2010; Walton et al., 2009; Polikreti et al., 2011).

A teljes Palaia Epidavrosz-i leletanyag 40, a püloszi leletanyag 50 üvegtárgyat tartalmaz, többségük kék üveg- és fajanszgyöngy, ill. plakett, melyek a késő bronzkorra (LBaII – LBaIIIb) keltezhetők. A teljes leletanyagból 18 mintát vizsgáltunk PGAA, SEM és XRF módszerekkel is, ezek közül 13 darab mérési eredményeit tárgyaljuk. A SEM-EDX vizsgálatok az athéni Demokritos Intézet Archeometriai Laboratóriumában készültek. A méréseket 25 kV feszültséggel és SUTW Si(Li) detektorral végeztük.

A mintákat előzetesen semmilyen tisztítási vagy konzerválási eljárásnak nem vetettük alá. A minták értéke és törékeny volta miatt különösen ügyeltünk rá, hogy a vizsgálatok ne károsítsák a tárgyakat, ezért választottunk roncsolásmentes módszereket.



1. ábra: A vizsgált minták lelőhelyei. 1: Palaia Epidavrosz; 2: Aszine; 3: Pülosz

Fig. 1. : Finding places of the investigated objects. 1: Palaia Epidavrosz; 2: Asine; 3: Pylos

A 13 minta főbb jellemzőit, fényképét és közülük 4 mikroszkópos felvételét az **1. táblázat**ban mutatjuk be.

Vizsgálati módszerek

A vizsgálatokra alkalmazott kísérleti eszközök a következők voltak: i-Scope-Moritex típusú LED optikai mikroszkóp (OM), Inspect FEI típusú Scanning Elektronmikroszkóp EDS feltétellel (SEM-EDX), hordozható XRF-készülék és prompt-gamma aktivációs analitikai (PGAA) berendezés.


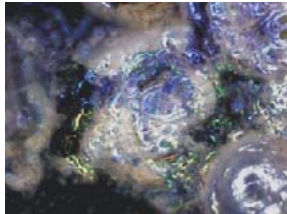

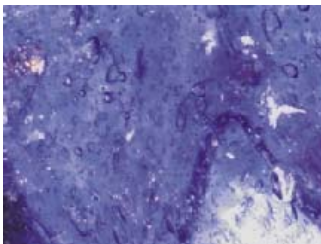



SEM-EDX

A SEM-EDX vizsgálatokat 25 kV feszültséggel és SUTW Si(Li) detektorral végeztük. A Palaia Epidavrosz-i mintákon polírozott felületeket alakítottunk ki a SEM-EDS vizsgálatához. A többi esetben – ahol a polírozás nem volt megengedett – a mintákat ultrahangos fürdőben tisztítottuk, a hagyományos szénbevonat helyett vékony, eltávolítható szénszalagot vittünk fel a mintára, amely jobban követi a minta felületének mikrotopográfiáját. A szénréteg eltávolítás után nem hagyott nyomot a mintán. A mátrix-hatás kiküszöbölésére egy belső korrekciós programot (ZAF) használtunk (Goldstein et al., 2003), ezért sztenderd minták mérésére nem volt szükség.




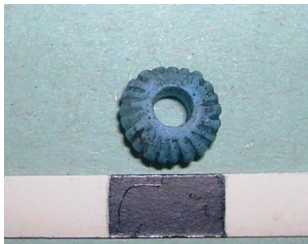

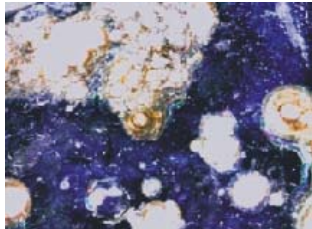

PGAA

A prompt-gamma aktivációs analitikai (PGAA) vizsgálatokat a Budapesti Kutatóreaktor $10^8 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ termikus ekvivalens intenzitású hidegneutronnyalábjában végeztük. Mivel a neutronok több cm mélyen behatolnak a mintába, a vizsgálat a „bevilágított” térfogatról átlagos összetételi adatot szolgáltat. A módszer részletes leírását a (Révay & Belgya 2004, Szentmiklósi et al., 2010) cikkekben ismertetjük.

1. táblázat: A PGAA-val vizsgált minták fényképe, leírása és néhányuk mikroszkópos felvétele**Table 1. :** Macroscopic photo, description and some microscopic photos of the objects investigated with PGAA

Minta jele	Leírás	Fénykép	Mikroszkópos felvétel
PE32	átlátszó, sötétkék		
PE33	átlátszó, sötétkék		
PE37	opak, világoskék gyöngy		
PE21	sötétkék plakett		
PE22	sötétkék plakett		

1. táblázat, folyt.**Table 1., cont.**

Minta jele	leírás	fénykép	Mikroszkópos felvétel
P1	sötétkék rozetta		
PE24	sötétkék levél alakú plakett		
AA1	világoskék gyöngy (fajansz)		
PE26	sötétkék levél alakú plakett		
PE15	opak, középkék, spirális		

1. táblázat, folyt.**Table 1., cont.**

Minta jele	leírás	fénykép	Mikroszkópos felvétel
P27	opak, középkék, hosszúakás gyöngy		
PE13	világoskék, bikonvex gyöngy		
P28	opak, kék, "sokszemű" gyöngy		

A mérések során 2×2 cm átmérőjű neutronnyalábot használtunk, amely a teljes mintát "bevilágította". A besugárzási/mérési időt a minta tömegétől függően 2300s és 12000s között változtattuk, így elértük a számunkra fontos fő- és nyomelemek megbízható kimutatásához szükséges beütésszámot. Fontos megjegyezni, hogy a PGAA átlagos térfogati ("bulk") információt ad a mintáról, kiküszöböl, ill. nem képes elkülöníteni a felületi inhomogenitások (pld. korrózió, mállás) járulékát az összetételben.

Hordozható XRF

A röntgenfluoreszcens vizsgálatokat Rh-anódos, Be-végablakos, hordozható készülékkel végeztük. A gerjesztő nyaláb mérete a vizsgált felületen 3 mm volt. A berendezés technikai jellemzői: 50 W teljesítmény, 50 kV gerjesztő feszültség, 75µm vastag Be-végablak, Si-PiN diódás detektor (XR-100CR, Amptek Inc. gyártmányú), 165 eV felbontás a Mn K α vonalára. A Z>20 rendszámú nyomelemek mérését szűrt, nagyenergiás gerjesztési módban végeztük (Sokaras et al 2009, Karydas 2007). A készülék kalibrálásához NIST 620, NIST 621 és NIST 614 sztenderdeket

használtunk. A spektrumok kiértékelését WinQxas programcsomaggal végeztük.

Eredmények**LED-OM és SEM-EDS**

A mikroszkópos vizsgálatok hasznos információkat szolgáltatottak a minták egyes fázisairól, segítségükkel különböző korróziós folyamatok okozta elváltozásokat azonosítottunk. A minták többségénél megfigyelhető volt mikrométerű gödrök jelenléte, amelyeknél az ép anyag körül 1-2 mm-es – előrehaladottabb korrózió esetén >3 mm-es – koncentrikus korróziós rétegek alakultak ki (**1. táblázat**). A PE33 minta képen kis légbuborékok figyelhetők meg, amelyek a gyártás (olvasztás) során felszabadult gázokra utalnak.

A SEM elemzések során a mintákat felváltva másodlagos kibocsátási (SEI) és visszaszórási (BSE) üzemmódban vizsgáltuk, az összetételre, ill. a mikromorfológiára vonatkozó információ érdekében. A SEM-EDS-szel végzett összetétel mérések eredményeit a **2. táblázat**ban foglaltuk össze.

2. táblázat: A PGAA-val vizsgált minták PGAA-, SEM-EDS és XRF mérési eredményei. A koncentráció adatok tömeg%-ban értendők. A kerekítés mértéke mutatja az értékek pontosságát. A „<k. h. ” jelentése: kimutatási határ alatti, "N.m." jelentése: nem mérhető, "N.a." jelentése: nincs adat.

Table 2. : PGAA-, SEM-EDS and XRF results for the investigated samples. Concentration data are given in mass%. The values are rounded according to their precision. "<k.h." stands for lower than the detection limit, "N.m." stands for not measurable, whereas "N.a." stands for no data available.

	PE32	átlátszó, sötétkék		PE33	átlátszó, sötétkék		PE37	opak, világoskék gyöngy	
	PGAA	SEM	XRF	PGAA	SEM	XRF	PGAA	SEM	XRF
H₂O	3,41	N. m.	N. m.	0,48	N. m.	N. m.	1,11	N. m.	N. m.
Na₂O	15,7	16,6	22	18,3	17,0	22	18,0	19,7	20
MgO	3,78	3,77	3	4,27	3,72	3	4,05	3,09	3
Al₂O₃	2,45	2,68	2	2,13	2,49	2	2,17	1,64	1
SiO₂	64,4	64,2	21	62,8	63,9	65	63,4	65,2	72
K₂O	1,20	1,56	0,57	1,43	1,36	0,18	1,41	0,95	0,27
CaO	7,12	8,42	47	8,06	8,16	2,3	7,99	5,68	1,5
SO₄	< k. h.	0,64	0,53	< k. h.	0,48	< k. h.	< k. h.	0,58	0,064
Cr₂O₃	< k. h.	< k. h.	0,010	< k. h.	0,09	0,013	< k. h.	0,09	0,018
ZnO	< k. h.	< k. h.	0,040	< k. h.	0,25	0,041	< k. h.	< k. h.	0,0035
PbO	< k. h.	< k. h.	0,0061	< k. h.	< k. h.	0,0034	< k. h.	< k. h.	0,0031
SnO	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
TiO₂	0,132	0,21	0,69	0,122	0,32	0,33	0,113	0,26	0,13
MnO	0,183	0,19	0,039	0,169	0,20	0,0069	0,166	0,22	0,028
Fe₂O₃	0,805	0,85	0,34	0,763	0,82	1,3	0,724	0,5	0,49
CoO	0,0736	< k. h.	< k. h.	0,0854	0,12	0,0015	0,0847	0,16	< k. h.
NiO	0,071	< k. h.	< k. h.	0,068	0,17	< k. h.	0,085	0,19	< k. h.
CuO	0,097	0,52	0,049	0,095	0,32	0,065	0,11	0,21	0,29
SbO₂	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
ZnO	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
B	0,00878	< k. h.	< k. h.	0,00955	< k. h.	< k. h.	0,00929	< k. h.	< k. h.
F	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
P	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
S	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,21	< k. h.	0,22	< k. h.	< k. h.	< k. h.
Cl	0,599	0,86	0,429	0,610	0,78	0,17	0,623	1,35	0,13
Sm	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
Gd	0,00015	< k. h.	< k. h.	0,00017	< k. h.	< k. h.	0,00019	< k. h.	< k. h.
Zr	< k. h.	< k. h.	0,0045	< k. h.	< k. h.	0,0069	< k. h.	< k. h.	0,0015
Br	< k. h.	< k. h.	0,0005	< k. h.	< k. h.	0,0004	< k. h.	< k. h.	0,0037
Sr	< k. h.	< k. h.	0,064	< k. h.	< k. h.	0,054	< k. h.	< k. h.	0,0395
Y	< k. h.	< k. h.	0,0013	< k. h.	< k. h.	0,0014	< k. h.	< k. h.	0,0006
Rb	< k. h.	< k. h.	0,0008	< k. h.	< k. h.	0,0008	< k. h.	< k. h.	0,0011
SUM	99,98			99,66			99,98		

2. táblázat: A PGAA-val vizsgált minták PGAA-, SEM-EDS és XRF mérési eredményei, folyt.

Table 2. : PGAA-, SEM-EDS and XRF results for the investigated samples., cont.

	PE21	sötétkék plakett		PE22	sötétkék plakett		P1	sötétkék rozetta	
	PGAA	SEM	XRF	PGAA	SEM	XRF	PGAA	SEM	XRF
H₂O	1,60	N. m.	N. m.	2,74	N. m.	N. m.	0,37	N. m.	N. m.
Na₂O	17,2	18,3	24	16,8	17,3	23	18,2	17,0	17,0
MgO	3,14	3,84	3	2,79	3,78	3	4,07	3,00	3,00
Al₂O₃	1,12	2,31	2	1,58	1,78	1,0	1,28	1,67	2,00
SiO₂	66,3	64,8	59	63,6	64,3	63,0	64,3	65,3	68,0
K₂O	1,82	2,54	1,7	1,76	1,57	1,2	1,55	1,98	1,40
CaO	6,65	6,03	5,7	8,07	8,30	4,0	8,32	6,98	6,40
SO₄	< k. h.	0,68	0,66	< k. h.	0,60	< k. h.	< k. h.	0,64	0,62
Cr₂O₃	< k. h.	0,14	< k. h.	< k. h.	0,21	0,4	< k. h.	0,17	< k. h.
ZnO	< k. h.	0,19	0,0362	< k. h.	< k. h.	0,1	< k. h.	0,16	0,08
PbO	< k. h.	< k. h.	0,0049	< k. h.	< k. h.	0,04	< k. h.	< k. h.	0,002
SnO	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,01	< k. h.	< k. h.	< k. h.
TiO₂	< k. h.	0,22	0,1	0,123	0,29	0,1	0,089	0,29	0,12
MnO	0,121	0,17	0,1	0,189	0,26	0,1	0,122	0,21	0,14
Fe₂O₃	0,452	0,71	0,47	0,632	0,613	0,6	0,334	0,74	0,49
CoO	0,0537	0,203	0,0373	0,0902	0,210	0,1	0,044	0,20	0,04
NiO	< k. h.	0,20	< k. h.	< k. h.	0,21	< k. h.	< k. h.	0,18	0,04
CuO	0,218	0,48	0,17	0,26	0,17	0,2	< k. h.	0,28	< k. h.
SbO₂	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,00001	< k. h.	< k. h.	< k. h.
ZnO	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
B	0,0104	< k. h.	< k. h.	0,0349	< k. h.	< k. h.	0,0117	< k. h.	< k. h.
F	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
P	< k. h.	0,12	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,20	< k. h.
S	0,20	< k. h.	< k. h.	0,21	< k. h.	< k. h.	0,14	< k. h.	< k. h.
Cl	0,795	< k. h.	0,47	0,700	1,07	0,2	0,922	1,08	0,55
Sm	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
Gd	0,000081	< k. h.	< k. h.	0,00016	< k. h.	< k. h.	0,000076	< k. h.	< k. h.
Zr	< k. h.	< k. h.	0,0042	< k. h.	< k. h.	0,0049	< k. h.	< k. h.	0,0039
Br	< k. h.	< k. h.	0,001	< k. h.	< k. h.	0,001	< k. h.	< k. h.	0,0008
Sr	< k. h.	< k. h.	0,071	< k. h.	< k. h.	0,05	< k. h.	< k. h.	0,096
Y	< k. h.	< k. h.	0,0005	< k. h.	< k. h.	0,001	< k. h.	< k. h.	0,0005
Rb	< k. h.	< k. h.	0,0008	< k. h.	< k. h.	0,001	< k. h.	< k. h.	0,0008
SUM	99,68			99,60			99,76		

2. táblázat: A PGAA-val vizsgált minták PGAA-, SEM-EDS és XRF mérési eredményei, folyt.

Table 2. : PGAA-, SEM-EDS and XRF results for the investigated samples., cont.

	PE24	sötétkék levél alakú plakett		AA1	világoskék gyöngy (fajansz)		PE26	sötétkék levél alakú plakett	
	PGAA	SEM	XRF	PGAA	SEM	XRF	PGAA	SEM	XRF
H₂O	3,08	N. m.	N. m.	11,8	N. m.	N. m.	3,35	N. m.	N. m.
Na₂O	16,0	15,9	N. a.	0,133	0,51	< k. h.	15,7	18,9	25
MgO	3,52	3,51	N. a.	2,58	0,63	< k. h.	4,07	3,43	3
Al₂O₃	1,92	2,33	N. a.	1,51	2,21	< k. h.	2,28	2,29	2,3
SiO₂	64,0	65,0	N. a.	77,4	91,1		64,0	63,5	66
K₂O	2,27	2,49	N. a.	0,052	< k. h.	0,078	2,13	1,98	0,08
CaO	6,47	6,19	N. a.	5,59	2,46	2,5	6,27	67,4	1,1
SO₄	< k. h.	0,62	N. a.	< k. h.	< k. h.	0,50	< k. h.	0,60	0,25
Cr₂O₃	< k. h.	< k. h.	N. a.	< k. h.	< k. h.	0,014	< k. h.	< k. h.	0,015
ZnO	< k. h.	0,18	N. a.	< k. h.	< k. h.	0,005	< k. h.	< k. h.	0,031
PbO	< k. h.	< k. h.	N. a.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,054
SnO	< k. h.	0,18	N. a.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
TiO₂	0,094	0,31	N. a.	0,0711	0,0800	0,14	0,0882	< k. h.	0,22
MnO	0,119	0,24	N. a.	0,0517	< k. h.	0,012	0,131	< k. h.	0,094
Fe₂O₃	0,613	0,725	N. a.	0,769	1,560	0,464	0,655	0,90	0,68
CoO	0,105	0,24	N. a.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,101	< k. h.	0,044
NiO	< k. h.	0,19	N. a.	< k. h.	< k. h.	0,0025	< k. h.	< k. h.	0,17
CuO	0,465	0,54	N. a.	< k. h.	1,47	1,79	0,414	0,39	< k. h.
SbO₂	< k. h.	< k. h.	N. a.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,095
ZnO	< k. h.	< k. h.	N. a.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
B	0,0202	< k. h.	N. a.	0,0005612	< k. h.	< k. h.	0,0191	< k. h.	< k. h.
F	< k. h.	< k. h.	N. a.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
P	< k. h.	0,23	N. a.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,21	< k. h.
S	0,23	< k. h.	N. a.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
Cl	0,758	1,135	N. a.	0,0466	< k. h.	0,284	0,732	0,87	0,039
Sm	< k. h.	< k. h.	N. a.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.
Gd	0,00013	< k. h.	N. a.	0,000072	< k. h.	< k. h.	0,00017	< k. h.	< k. h.
Zr	< k. h.	< k. h.	N. a.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,0039
Br	< k. h.	< k. h.	N. a.	< k. h.	< k. h.	0,0009	< k. h.	< k. h.	0,001
Sr	< k. h.	< k. h.	N. a.	< k. h.	< k. h.	0,0106	< k. h.	< k. h.	0,0278
Y	< k. h.	< k. h.	N. a.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,0017
Rb	< k. h.	< k. h.	N. a.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,0013
SUM	99,61			100,0			99,96		

2. táblázat: A PGAA-val vizsgált minták PGAA-, SEM-EDS és XRF mérési eredményei, folyt.

Table 2. : PGAA-, SEM-EDS and XRF results for the investigated samples., cont.

	PE15	opak, középkék, spirális		P27	opak, középkék, hosszúkás gyöngy	
	PGAA	SEM	XRF	PGAA	SEM	XRF
H₂O	3,35	Nem mérhető	Nem mérhető	0,68	Nem mérhető	Nem mérhető
Na₂O	16,6	12,8	< k. h.	12,9	17,7	Nincs adat
MgO	5,19	3,72	< k. h.	3,60	3,20	Nincs adat
Al₂O₃	2,35	2,29	< k. h.	0,52	0,40	Nincs adat
SiO₂	61,4	59,9	50	65,8	64,1	Nincs adat
K₂O	3,25	5,12	3	2,57	1,56	Nincs adat
CaO	4,99	8,2	21	9,91	8,58	Nincs adat
SO₄	< k. h.	0,78	2,4	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
Cr₂O₃	< k. h.	0,45	< k. h.	< k. h.	0,90	Nincs adat
ZnO	< k. h.	< k. h.	0,0092	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
PbO	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
SnO	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
TiO₂	0,0843	0,53	0,8	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
MnO	0,0563	< k. h.	0,52	< k. h.	0,332	Nincs adat
Fe₂O₃	0,654	1,92	6,6	0,306	< k. h.	Nincs adat
CoO	0,122	0,73	0,14	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
NiO	< k. h.	0,61	< k. h.	< k. h.	1,04	Nincs adat
CuO	1,13	1,62	0,51	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
SbO₂	< k. h.	< k. h.	0,069	2,51	< k. h.	Nincs adat
ZnO	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
B	0,0282	< k. h.	< k. h.	0,00977	< k. h.	Nincs adat
F	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
P	< k. h.	0,13	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
S	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,22	< k. h.	Nincs adat
Cl	0,746	1,29	1,4	0,645	< k. h.	Nincs adat
Sm	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
Gd	0,000060	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
Zr	< k. h.	< k. h.	0,0058	< k. h.	0,0029	Nincs adat
Br	< k. h.	< k. h.	0,0102	< k. h.	0,0351	Nincs adat
Sr	< k. h.	< k. h.	0,067	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
Y	< k. h.	< k. h.	0,0011	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
Rb	< k. h.	< k. h.	0,003	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
SUM	99,94			99,65		

2. táblázat: A PGAA-val vizsgált minták PGAA-, SEM-EDS és XRF mérési eredményei, folyt.

Table 2. : PGAA-, SEM-EDS and XRF results for the investigated samples., cont.

	PE13	világoskék, bikonvex gyöngy		P28	opak, kék, "sokszemű" gyöngy	
	PGAA	SEM	XRF	PGAA	SEM	XRF
H₂O	5,94	Nem mérhető	Nem mérhető	2,30	Nem mérhető	Nem mérhető
Na₂O	9,98	14,4	14,4	14,6	14,4	Nincs adat
MgO	3,86	4,84	4,84	3,43	3,28	Nincs adat
Al₂O₃	1,65	1,48	1,48	1,51		Nincs adat
SiO₂	66,6	66,4	64	67,4	66,7	Nincs adat
K₂O	1,73	2,67	0,41	2,56	0,51	Nincs adat
CaO	5,014	6,85	3,7	6,40	4,16	Nincs adat
SO₄	< k. h.	0,55	0,08	< k. h.	0,74	Nincs adat
Cr₂O₃	< k. h.	0,10	0,0464	< k. h.	0,0287	Nincs adat
ZnO	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
PbO	< k. h.	< k. h.	0,0184	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
SnO	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
TiO₂	0,0771	0,22	0,11	0,0837	0,426	Nincs adat
MnO	0,0440	< k. h.	0,2	0,0344	< k. h.	Nincs adat
Fe₂O₃	0,555	0,53	1,2	0,743	3	Nincs adat
CoO	< k. h.	< k. h.	0,0072	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
NiO	< k. h.	< k. h.	0,88	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
CuO	< k. h.	1,46	< k. h.	< k. h.	0,82	Nincs adat
SbO₂	3,26	< k. h.	2,8	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
ZnO	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,00377	Nincs adat
B	0,00885	< k. h.	< k. h.	0,0076304	< k. h.	Nincs adat
F	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
P	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
S	0,360	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
Cl	0,342	0,62	0,0452	0,981	< k. h.	Nincs adat
Sm	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
Gd	< k. h.	< k. h.	< k. h.	0,000045	< k. h.	Nincs adat
Zr	< k. h.	< k. h.	0,003	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
Br	< k. h.	< k. h.	0,0015	< k. h.	0,00595	Nincs adat
Sr	< k. h.	< k. h.	0,0267	< k. h.	0,051	Nincs adat
Y	< k. h.	< k. h.	0,0009	< k. h.	< k. h.	Nincs adat
Rb	< k. h.	< k. h.	0,0006	< k. h.	0,00144	Nincs adat
SUM	99,44			99,98		

PGAA

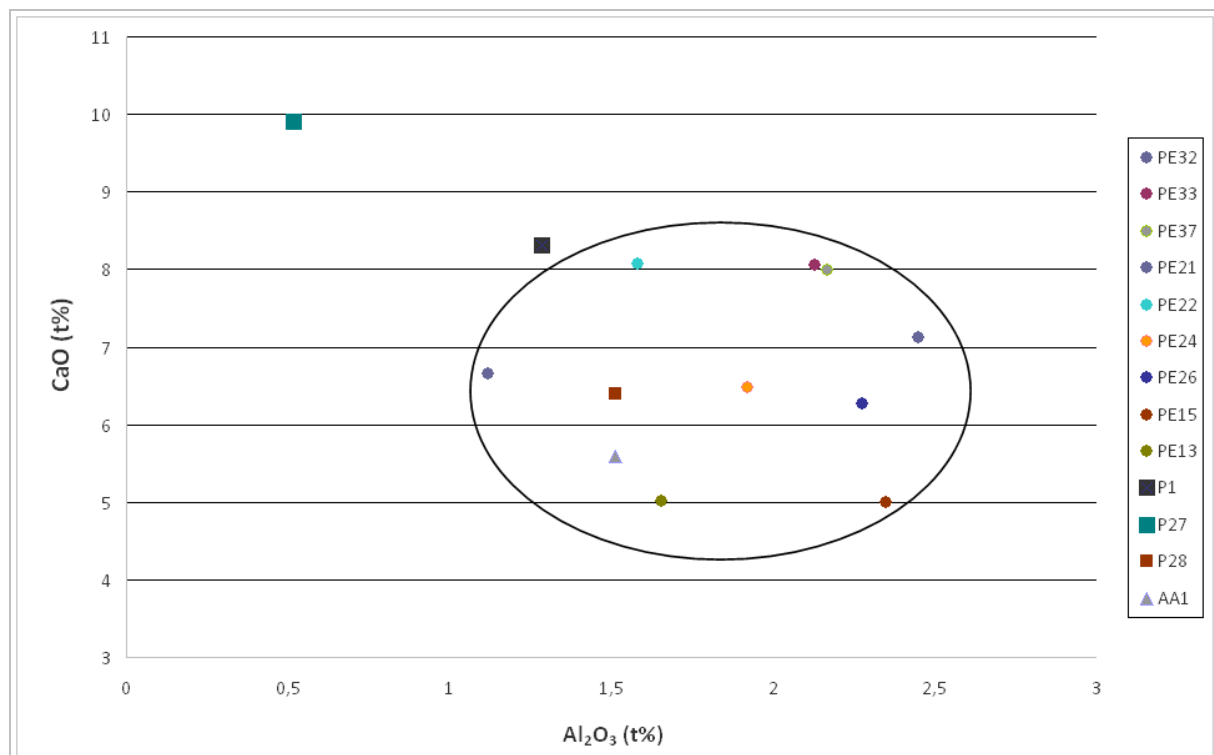
A vizsgált mükénéi üvegekben a SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO , H_2O , főelemeket, TiO_2 , MnO , Fe_2O_3 , esetenként CoO , NiO , CuO , SbO_2 mellék összetevőket, és B, Cl, Gd, esetenként S és Sm nyomelemeket mértünk PGAA-val (2. táblázat). További, az üvegek provenienciája vizsgálatánál fontos nyomelemek, ú.m. Zr, Br, Sr, Y, Rb, a PGAA kimutatási határánál kisebb mennyiségben fordultak elő. Ezeket a nyomelemeket XRF módszerrel mértük. Egy kivétellel valamennyi vizsgált üveg Na-üvegnek bizonyult, 9,98–18,3 t% Na_2O -tartalommal. A minták K_2O -tartalma 1,52–3,58 t% között változik. A többségtől eltérő összetételű az AA1 jelű világoskék üveggyöngy, amelynek Na_2O -tartalma 0,133 t%, K_2O -tartalma 0,052 t%, továbbá ebben a mintában mértük a legmagasabb H_2O -koncentrációt 11,8 t%. Egyidejűleg a B és Cl mért mennyisége is 1-2 nagyságrenddel kisebbnek adódott, mint a többi mintában. Mindezek a tulajdonságok az AA1 minta erősen mállott állapotát jelzik. A többi minta H_2O -tartalma 0,16 t% és 11,8 t% között változott, a mállottság mértékétől függően.

Az eredmények értékelése

Az egyes összetevők koncentrációjában mutatkozó eltérések azzal magyarázhatók, hogy míg a PGAA a

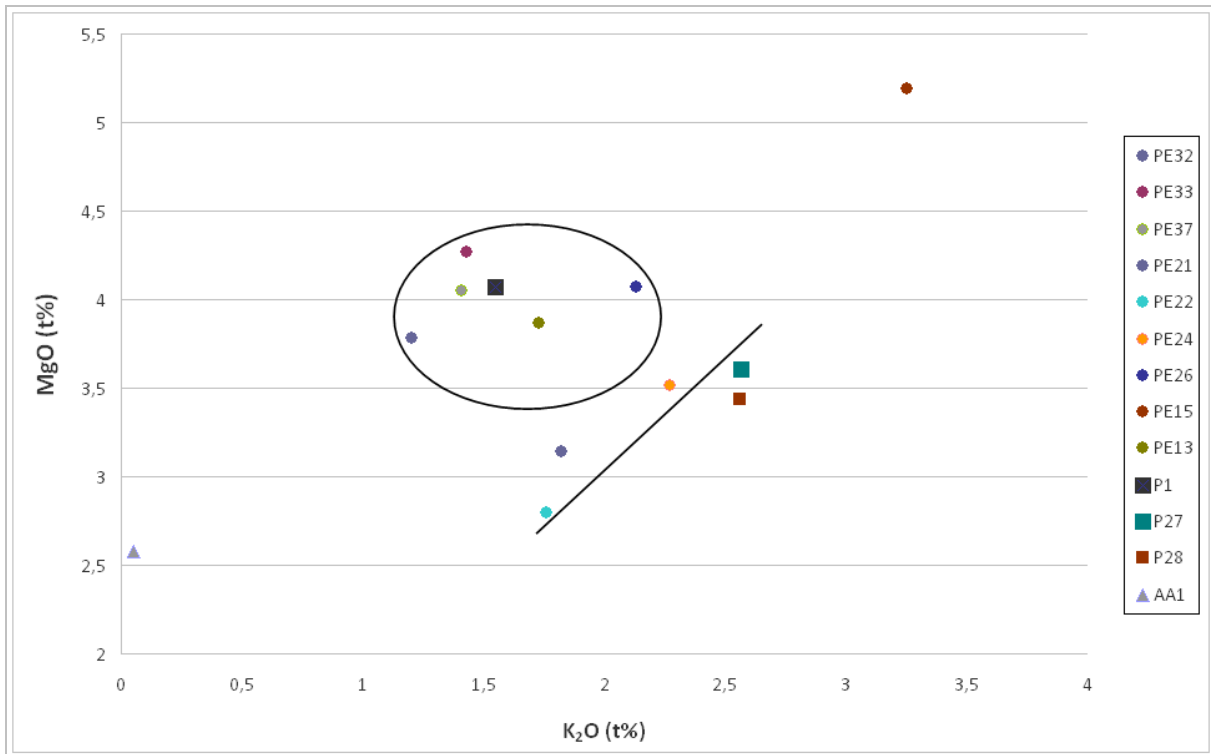
teljes minta átlagos összetételét méri, a SEM-EDS és az XRF mérések esetében nem kontrollálható, hogy a vizsgált mintarész milyen mértékben tartalmazta az eredeti üveg, ill. a mállástermék anyagát. A felszínen mállástermékek jelennek meg, ennek következménye pld. a PE32, PE33, PE21, PE22, PE24 és P1 mintáknál az Al_2O_3 , és bizonyos esetekben a CaO kissé magasabbnak mért koncentrációja. A SEM-EDS által szignifikánsan nagyobb mértékű rézkoncentrációt valamilyen réztartalmú közegből történt szennyeződésnek tulajdonítjuk. Bronzkori lelőhelyek esetében ugyanis gyakori az egyéb leletek érintkezése réztartalmú tárgyakkal. A PGAA eredmények, a kilügződés miatt, szintén eltérnek kissé a várt eredeti összetételtől. A fentiek figyelembe vételével, mivel a PGAA mérések „átlagolják” a mállásból eredő összetétel bizonytalanságot, proveniencia következtetések levonására inkább alkalmasak, mint a lokális SEM-EDS vagy XRF mérési eredmények. A teljes minta főösszetevőinek mennyiségi adatai alapján jó eséllyel megkülönböztethetjük az egyes felhasznált nyersanyagfajtákat, ill. eltérő üveggyártási „recepteket” azonosíthatunk.

A teljes minta Al_2O_3 és CaO -tartalma az alap-üveg nyersanyagra – ezen belül a felhasznált homok eredetére – lehet jellemző.



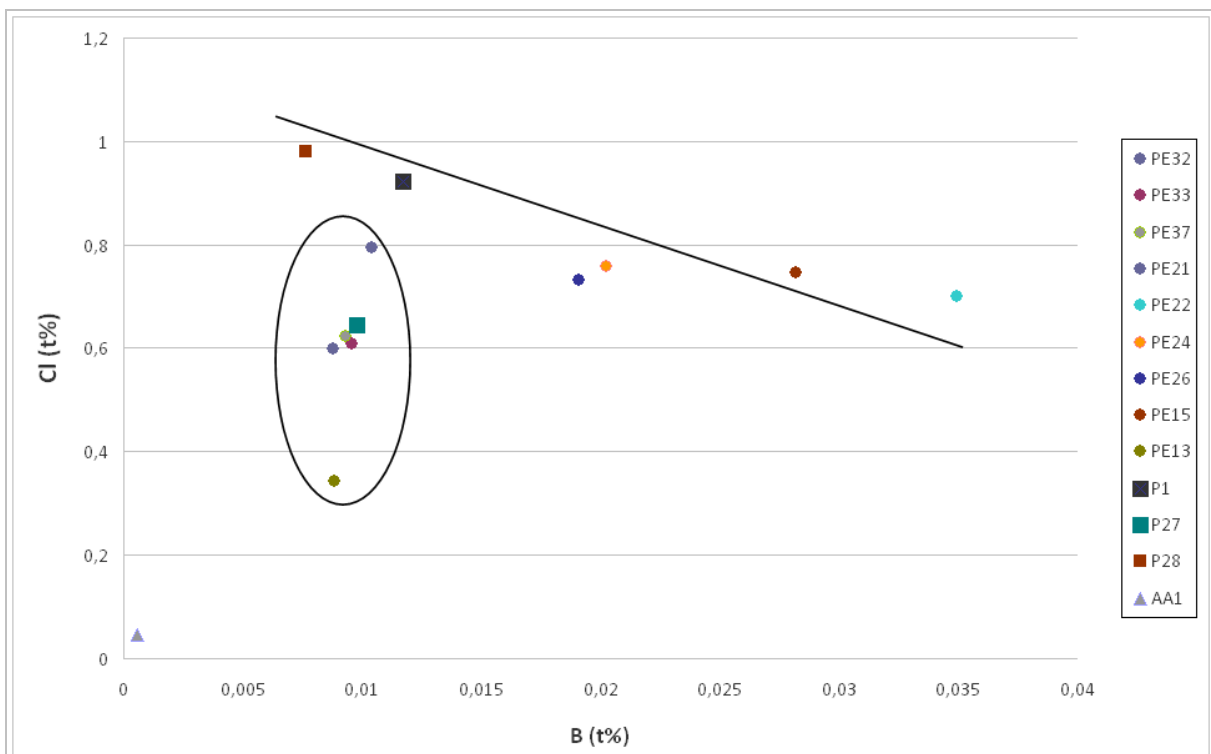
2. ábra: A PGAA-val vizsgált minták csoportosítása Al_2O_3 - és CaO -tartalom szerint.

Fig. 2.: Classification of the investigated samples according to their Al_2O_3 - and CaO -content, based on PGAA measurements



3. ábra: A PGAA-val vizsgált minták csoportosítása K₂O- és MgO-tartalom szerint.

Fig. 3.: Classification of the investigated samples according to their K₂O- and MgO-content, based on PGAA measurements



4. ábra: A PGAA-val vizsgált minták csoportosítása B- és Cl-tartalom szerint.

Fig. 4.: Classification of the investigated samples according to their B- and Cl-content, based on PGAA measurements

A **2. ábrán** látható, hogy Argoliszból (Palaia Epidavrosz és Assziné) származó minták viszonylag egységes csoportot alkotnak, míg a három püloszi minta közül kettő eltérő összetételű.

Az üvegek teljes K₂O- és MgO-tartalmát ábrázoló grafikon szintén az alap-üvegre, pontosabban az alkáli összetevők eredetére jellemző. A **3. ábrán** a minták egy része viszonylag egységes csoportot alkot, míg további 6 minta (2 a messzéniai Püloszból, 4 Argoliszból) a csoporttól különálló; ezeknél a mintáknál a kálium- és a magnéziumtartalom között egyenes arányosságot tapasztaltunk, ami magyarázható különböző recept szerint készült nyersüveg adagok használatával.

Az üvegek klórtartalma a növényi nátriumforrással hozható kapcsolatba, a nyomnyi mennyiségű bór pedig feltehetően a homok szennyezőjeként került a mintába. A **4. ábrán** a minták ellipszissel jelölt része közel azonos bórtartalmú. Az ettől a csoporttól különálló minták esetében a bór- és klórtartalom között antikorrrelációt tapasztaltunk. A Palaia Epidavrosz-i mintákon kívül ide tartozik két püloszi minta is.

Az utolsó két ábrán az összes többi mintától különbözik az asszinéi minta, amelynek anyaga közelebb áll a fajanszhoz, mint a hagyományos értelemben vett üvegehez.

A PGAA mérések alapján elmondhatjuk, hogy a messzéniai Püloszból származó minták készítéséhez nagy valószínűséggel más nyersanyagot használtak, mint Argoliszból származó minták készítéséhez. Ezen túlmenően, méréseink alapján feltételezzük, hogy az argoliszi mintákhoz többféle recept szerint készült nátront adagoltak.

Következtetések

A több száz, vagy több ezer éves üvegleletek környezet okozta korróziója, mállása közismert folyamat, amely módosítja az üvegek eredeti mikromorfológiáját és kémiai összetételét. A morfológiai- és összetételbeli változások jól nyomon követhetők a modern, részben roncsolásmentes analitikai módszerekkel. A lehetséges vizsgálatok egy optimális kombinációja pld. a mikroszkopikus, ill. tömbi adatokat szolgáltatató SEM-EDS és PGAA együttes alkalmazása. Bár a PGAA egy nagyobb mintarész – esetünkben a teljes régészeti lelet – átlagos elemösszetételét adja meg, és nem alkalmas a mállási termék és az eredeti üveg elkülönítésére, a mért adatok felhasználhatók provenienciakövetkeztetések levonására. A PGAA mérések alapján lehetőségünk nyílt roncsolásmentesen elkülöníteni az Argoliszból és a Messzéniaiból származó üvegleletek gyártásához használt különböző nyersüveg alapanyagokat, valamint az előbbieket esetében a különböző receptek szerint készült adalék alkáli összetevőket.

Köszönetnyilvánítás

A PGAA vizsgálatok a Budapesti Neutronközpontban készültek a CHARISMA 228330 sz. EU FP7 projekt támogatásával. A PGAA mérőrendszert az OMFB 00184/2006 sz. NAP VENEUS05 pályázat támogatásával végeztük.

Irodalom

GOLDSTEIN, J., NEWBURY, D. E., JOY, D. C., LYMAN, C. E., ECHLIN, P., LIFSHIN, E., SAWYER, L., MICHAEL, J. R. (2003): Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis. New York Springer 3rd edition. 1-675.

HENCH, L., & CLARK, D. E., (1978): Physical chemistry of glass surfaces. *Journal of Non-Crystalline Solids* **48** 83–105.

HENDERSON, J., EVANS, J., NIKITA K. (2010): Isotopic evidence for the primary production, provenance and trade of late Bronze Age glass in the Mediterranean. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* **10/1** 1–24.

JACKSON C.M., GREENFIELD, D., HOWIE, L.A. (2012): An assessment of compositional and morphological changes in model archaeological glasses in an acid burial matrix. *Archaeometry* **54/3** 489–507.

KARYDAS, A.G. (2007): Application of a portable XRF spectrometer in the analysis of museum metal collections. *Annali di Chimica* **97/7** 419–432.

NEWTON, R. & DAVISON S. (1989): *Conservation of Glass*. Butterworths, London, pp. 154, 169.

POLIKRETI, K., MURPHY, J. M. A, KANTARELOU, V., KARYDAS, A. G. (2011): XRF analysis of glass beads from the Mycenaean palace of Nestor at Pylos, Peloponnesus, Greece: new insight into the LBA glass trade. *Journal of Archaeological Science* **38** 2889–2896.

RÉVAY, ZS. & BELGYA T. (2004): Principles of PGAA method. In: (In: *Handbook of Prompt Gamma Activation Analysis with Neutron Beams*, Molnár G. L., ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/New York, 1–30.

SOKARAS, S., KARYDAS, A.G., OIKONOMOU, A., ZACHARIAS, N., BELTSIOS, K., KANTARELOU, V., (2009): Combined elemental analysis of ancient glass beads by means of ion beam, portable XRF, and EPMA techniques. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **395** 2199–2209.

SZENTMIKLÓSI, L., BELGYA, T., RÉVAY, ZS., KIS Z. (2010): Upgrade of the prompt gamma activation analysis and the neutron-induced prompt gamma spectroscopy facilities at the Budapest Research Reactor. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **286** 501–505

WALTON, M. S., SHORTLAND, A., KIRK, S., DEGRYSE, P. (2009): Evidence for the trade of Mesopotamian and Egyptian glass to Mycenaean Greece. *Journal of Archaeological Science* **36** 1496–1503.

ZACHARIAS, N., OIKONOMOU, A. (2010): Glasses: Physico-chemistry and Pathology. In: LIRITZIS, I. ZACHARIAS, N. (eds.), *ArchaeoMaterials* Papazisis Publications, Athens, 123–143 (in Greek).

BUDAKALÁSZ M0/12. KORA BRONZKORI LELŐHELY KŐANYAGA

STONE IMPLEMENTS OF THE BELL BEAKER CEMETERY FROM BUDAKALÁSZ, M0/12 SITE

HORVÁTH TÜNDE

MTA-BTK Régészeti Intézete, Budapest

E-mail: horvath.tunde@btk.mta.hu

Abstract

In this article I investigate the stone finds of the Bell Beaker cemetery of Budakalász in archaeological and petrographical point of view. First time in Hungary I describe the finds in the term of the international typology, and compare the inventar with other published Hungarian and European sites.

Kivonat

A tanulmányban a budakalászi harangedényes temető kőből készült leleteit tanulmányozom régészeti és petrográfiai szempontból. Magyarországon elsőként használom a harangedényes köleletekre (csuklóvédő, pattintott kőeszközök) kidolgozott nemzetközi terminológiát, átültetve a magyar leletanyagra, és összehasonlítva más magyar és határon túli harangedényes lelőhelyekkel.

KEYWORDS: EARLY BRONZE AGE, BELL BEAKER CULTURE, STONE IMPLEMENTS

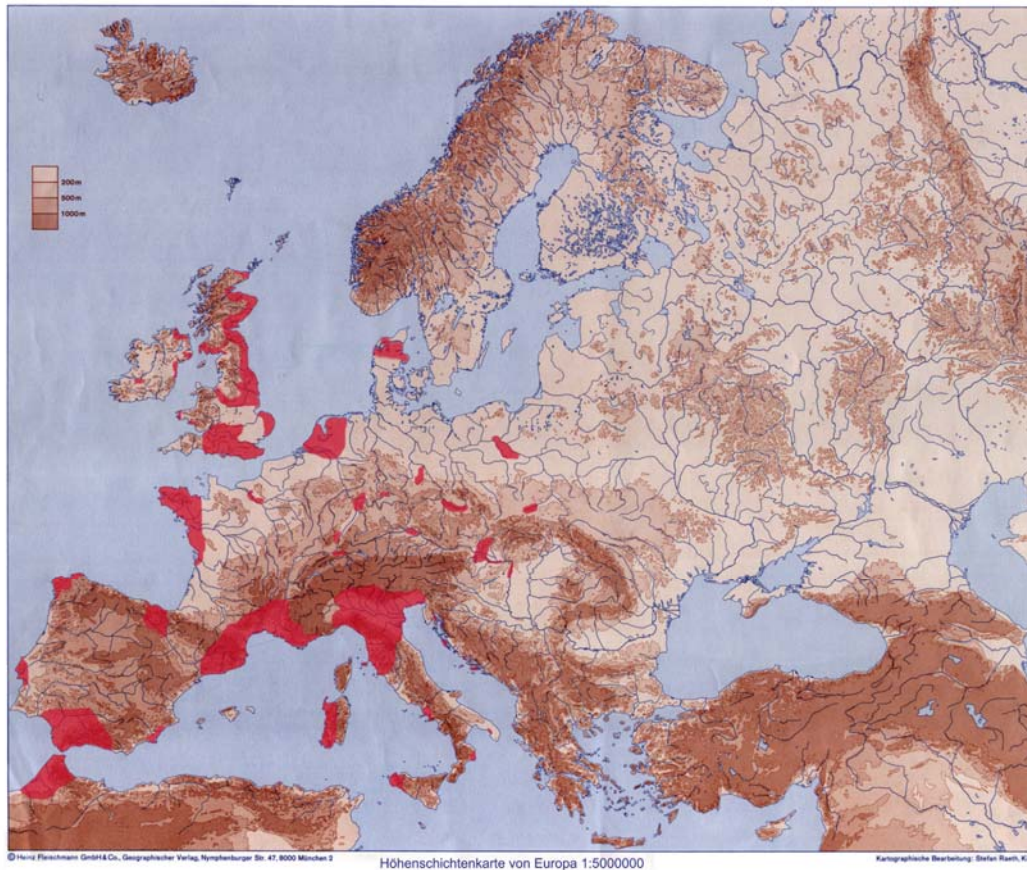
KULCSSZAVAK: KORA BRONZKOR, HARANGEDÉNYES KULTÚRA, KŐESZKÖZÖK

Bevezetés

A közreadott tanulmányban az M0 autópálya 12. számú lelőhelyén (feltárási év: 2005, feltáró: Ottományi Katalin, feltárt terület: 40000 m²), Budakalászon (1070 sír a Duna partjától 200 méterre, és a hozzá tartozó település: Czene 2008; továbbá érintőlegesen Horváth 2013), a Harangedényes kultúra temetőjében előkerült köleleteket tárgyalom komplex petrográfiai (makroszkopikus leíró) és régészeti szempontból. Az Európa nagy részén megtalálható Harangedényes kultúra speciális földrajzi és régészeti helyzete miatt az elemzést a lelőhely (Budakalász), a régió (Budapest és környéke), az ország (Magyarország területe), és a teljes elterjedési terület (É-Afrika, Európa) szintjén is elvégzem, és egymással összevetem (mikro- és makro-szintű értékelés, vö. a késő rézkor időszakára: Horváth 2011). A tanulmány felépítése az előkerült kőeszközök régészeti tipológiai csoportosítását követve halad: 1. Órlószerszámok; 2. Kavicsok (simító-, ütő-, csiszolókövek, marokkövek, üllök, nehezekek természetes kavicsformákon); 3. Kőbalták; 4. Csiszolókövek; 5. Csuklóvédők; 6. Pattintott kőeszközök, 7. Borostyán. A leletek leírása után leletcsoportonként összegzem és értékelem a lelőhely kőeszközeit, összehasonlítom a Budapest régió egyéb Harangedényes lelőhelyeivel, és amennyiben szükséges, kitérek az ország más régióiban előkerült leletekre, majd az Európa területén található, az értékelés szempontjából fontosnak tartott publikációkra és megközelítési szempontokra.

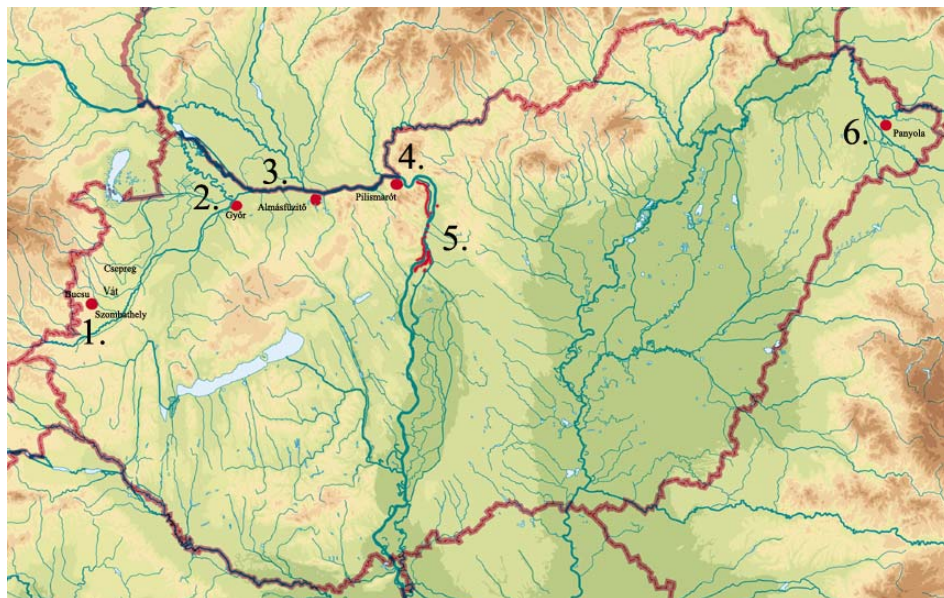
A Harangedényes kultúra rövid jellemzése

A Harangedényes kultúra Afrika északi partvidékén, Európa tengerparti (atlanti és mediterrán) részein és nagyobb folyói (pl. Duna, Elba, Odera, Visztula, Morava) mentén, általában alföldi, illetve bizonyos területeken (pl. Szardínia, Svájc, Észak-Olaszország) kifejezetten hegyi környezetben terjedt el (1. ábra: Care 2004, Fig. 1. után). A mellékelt térképen látható, hogy az elterjedési terület a korábbi késő rézkori Boleráz és Baden kultúrákhoz (Horváth 2009) hasonlóan nem egységes és összefüggő: egymástól távoli és elkülönülő kisebb-nagyobb régiók körvonalazhatók. Elképzelhető, hogyha a lelőhelyeket lehetne időrendi bontásban egy korai és egy késői horizontra szétválasztva térképezni, az elterjedési terület tovább differenciálódna, hasonlóan a korábban egységesnek hitt Baden-komplexumhoz. A legkeletibb összefüggő települési tömb a Visztula mentén a lengyel alföld területe (Czebreszuk–Szymt 2003), sporadikus lelőhelyek azonban egészen a Dnyeper felső folyásáig és a Dvina vízgyűjtő területéig előfordulnak (Czebreszuk 2003, 175). A kutatók egységes véleménye szerint a Harangedényes kultúra az Ibériai-félszigeten alakult ki, és innen terjedt tovább (Care 2004). A teljes elterjedési területet a leletek tipológiai és kronológiai osztályozása alapján többen többféleképpen próbálták meg felosztani: utóbb Marc Van der Linden például öt ún. „polithetic group”-ot hozott létre (Van der Linden 2004, Fig. 6.), Marie Besse pedig keleti, északi, déli, és nyugati „domain”-eket különített el (Besse 2004, Fig. 8).



1. ábra: A Haragedényes kultúra elterjedése Care 2004, Fig. 1. után

Fig. 1.: The distribution of Bell Beaker culture (after Care 2004, Fig. 1.)



2. ábra: Haragedényes lelőhelyek Magyarországon: 1. Rába alsó folyása, Szombathely környéke; 2. Rába-Duna torkolat, Győr környéke; 3. Duna-menti lelőhelyek a Csallóköz és a Duna-kanyar között; 4. Dunakanyar; 5. Budapest környéke; 6. Tisza-mente

Fig. 2: Bell Beaker sites in Hungary: 1. Lower reach of the river Rába, Szombathely environs; 2. Firth of the Rába river, Győr environs; 3. Sites along the Danube between Csallóköz and the Danube Bend; 4. Danube Bend; 5. Budapest environs; 6. Along the river Tisza

A Haragedényes kultúrát nemzetközi tanulmányok a késő neolitikum vagy más terminológiai felosztásban a késő rézkor, illetve a késő rézkor/kora bronzkor átmeneti időszakába sorolják (Bertemes–Heyd 2002: metallurgiáját tekintve rézeszközök, ún. Fahlerz-ből, Reinecke A0 horizont, vö. még Reményi et al. 2006 a magyar fémleletekre), és kiemelik a régióként különböző gyökerű helyi, eneolitikus tradíciókat, amelyek jelentős és egymástól eltérő hatással befolyásolták az európai Haragedényes települési tömbök életét (Besse 2004; Strahm 2008). A különböző módon érvényesülő helyi hagyományok és lehetséges kontinuitás, valamint az átfedő (pl. a Zsinegdíszes edények népe, vö. Wien–Essling: Zimmermann 2003; Egel–Bleckendorf: Müller 1999), és szomszédos egyidejű kultúrákkal kialakított interakciók függvényében a Haragedényes települési tömbök közt kifejezetten megalitikus tradíciókat folytató csoportok alakultak ki (főleg az atlanti és mediterrán partokon: Besse 2004), sőt, a keleti és a mediterrán határvidékeken Gödörsíros, steppei jellegű temetkezési szokások is átvételre kerülhettek (földhalom emelése, békafektetéses póz, sztélé állítás: Włodarczak 2008; Turek 2006, 2006a; Harrison–Heyd 2007; Dimitriadis 2008; Robb 2009).

A magyarországi elterjedést tekintve két folyó, a Duna és a Rába vonala mondható biztosnak (2. ábra). A Rába mente korábbi és újabb régészeti kutatások alapján egyre több lelőhelyet prezentál, amely a Haragedényes kultúrához kapcsolható (Szombathely környéke: Károlyi 1972, 172–185; Ilon 2004, 42; Reményi–Dobozi 2012; Győr környéke: Patay 1960). A Duna vonalát követve egyelőre Almásfüzitő és Pilismarót sajnos szórványként értékelhető leletei mutathatnak köztes állomásokat (Patay 1960) a másik nagyobb települési tömb, Budapest régiója (Szentendrei-sziget déli része, Gázgyári- és Hajógyári-sziget, Csepel-sziget északi fele: Kalicz-Schreiber 1997; Kalicz-Schreiber–Kalicz 2001; Endrődi 2003) és a Rába között. Ugyancsak szórvány leletek alapján, de újabb kutatások fényében is körvonalazódnak látszik az ország északkeleti részében egy talán a Tisza vonalát követő települési terület (Panyola–Vásármező-domb, 2003: Almássy Katalin és Istvánovits Eszter ásatása, Dani János és Tóth Katalin előadása, 2009).

A magyarországi Haragedényes anyagot a kutatás két csoportra osztja: az északnyugati Rába menti régióban a nyugati (Ilon 2004, 42.), a központi, Duna menti régióban pedig a déli kapcsolatok (elsősorban a részben azonos elterjedési területen és átfedést mutató időszakban a Makó, Somogyvár–Vinkovci és korai Nagyrév kultúrák) és hatások érvényesülnek erőteljesebben. Európai tendenciában a magyar lelőhelyek az alsó-ausztriai és a morva területekkel mutatnak szoros kapcsolatot (Kalicz-Schreiber–Kalicz 1999, 1998–2000, 45, 47; 2001). A Haragedényes kultúrát a magyar kutatók

a kora bronzkor időszakába sorolták (Bóna 1994: a Korabronzkor II. fázisba; Kalicz-Schreiber–Kalicz 1999, 86, 20. kép: Haragedény–Csepel csoport, KB IIa; Reményi 2009: 2a, 2b). Az ausztriai Haragedényes lelőhelyeket kronológiailag három fázisra különítik el, ezek között azonban nem lehet éles határokat húzni (Neugebauer–Neugebauer–Maresch 2001; Heyd 2000, 358–388). A magyar kronológiával való szinkronizációban az első fázist a klasszikus Haragedényes, a másodikat nagyrészt a kísérőkerámia (Common Ware/Accompaniment pottery) jelenti, és a magyar őskori felosztás szerinti kora bronzkor 2a fázissal azonos, míg a harmadik az Oggau–Wipfing–Ragelsdorf–Oberbierbaum csoport időszakára már a Reinecke Bronzkor A1 időszakokkal, a magyar terminológiában a kora bronzkor 2b fázissal párhuzamosítható (Reményi–Dobozi 2012, 123). Ekkora már eltűnnek a klasszikus „Beaker package” vagy „Beaker Set” elemei, és megkezdődik a kísérőkerámia felolvasása a kora bronzkori anyagi kultúrákban.

A budapesti régióban feltárt két nagy sírszámú új Haragedényes temető és a hozzá tartozó települések (Budakalász–M0/12. lelőhely: Czene 2008; Szigetszentmiklós–Felső Úrge-hegyi dűlő: Patay 2008, 2009, 2013) modern radiokarbon mérései alapján a budakalászi Haragedényes temető 2500–1900 BC, a szigetszentmiklói pedig 2500–2200 cal BC közötti adatokat adott (Patay 2009, 224, 42. jegyzet; Patay 2013), utóbbi töréssel válik el a lelőhelyen előkerült nagyrévi objektumoktól, amelyek kora fiatalabb, a két kultúra tehát ezen a lelőhelyen korban nem fedi át egymást. Kiegészítésképp felhasználható a Dunakeszi–Székes-dűlőben feltárt régészeti proto-nagyrévinek besorolt temetkezés radiokarbon adata 2010–1910 cal BC-vel (391. sír: Endrődi–Pásztor 2006, 16.), amely relatív kronológiailag a Haragedényes kultúrával lenne párhuzamos, ugyanakkor jóval fiatalabb abszolút korát tekintve. Az időszakokkal és a kultúrával kapcsolatba hozott (pl. T. Biró 2002, 131.) Budapest–Farkasrét budai szarukő bányában agancseszközből mért radiokarbon dátum (B-4709: 3470 BP ±80, 1890–1690 cal BC, 1 szigma) fiatalabb a budapesti régióban mért Haragedényes dátumoktól, ezért nem valószínű, hogy a bánya Haragedényes művelésével párhuzamba hozható.

Az újabb radiokarbon dátumok tehát azt sugallják, hogy a Haragedényes kultúra megjelenése az ország középső, Budapest környéki térségében korábbi, mint azt eddig feltételezték (legkorábbi megjelenése 2500 cal BC-vel a kora bronzkor 1–2. fázisok váltására tehető). A kora bronzkor 1. periódusra keltezhető korai Makó, ún. Makó I. horizont tipológiai megjelenése viszont lelőhelyek szempontjából is kérdéses, és ehhez az időszakhoz kapcsolható, 2600 cal BC-nél korábbi radiokarbon dátumok sem ismertek Budapest környékén

(Horváth 2011, 2012b, 2013). Ezért indokolt a 2800–2600 BC közötti időszakot késő rézkor–kora bronzkor közötti átmeneti időszakként átnevezni, és a kora bronzkor 1. fázisát 2600 BC-vel indítani (Dani–Horváth 2012; Horváth 2012b). Úgy tűnik, hogy a kora bronzkor 1. időszakát (Reményi 2009 után 2800/2700–2500 cal BC között) inkább a kora bronzkorban továbbélő késői Baden kultúra jelentheti ezen a területen a Budakalász–Luppa-csárda badeni temető radiokarbon adatai alapján (Siklói 2009; Horváth 2011), mint a korai Makó kultúra (Horváth 2011, 59–60). A Haragedényes, és az azt megelőző késő rézkori, a kora bronzkorban továbbélő badeni kultúra esetleges, a térségben bekövetkező időben és térben való

átfedését a jelenleg rendelkezésre álló természettudományos koradatok nem támogatják: a Baden vége (a legkésőbbi ismert dátum Budakalász–Luppa-csárda badeni temetőben VERA-3544: 158. sír, 2820–2740 cal BC 1 szigma, 2890–2620 cal BC, 2 szigma: Siklói 2009, 462) és a Haragedényes kultúra kezdete közt néhány száz év kronológiai törés látszik (Budakalász, M0/12. lelőhely: deb-13930, 303. objektum, emberi csont, 3945 BP \pm 50, 2551–2350 cal BC, 1 szigma; és VERA-4724, emberi csont, 3940 BP \pm 35, 2500–2300 cal BC, 1 szigma). A két temető térben kb. 500 méteres távolságban fekszik egymástól: **3. ábra**, ld. Horváth 2012, 1–2. kép).



3. ábra: Budakalász–Luppa-csárda régészeti lelőhely földrajzi és történeti térképeken

Fig. 3.: The archaeological sites of Budakalász–Luppa-csárda on geographical and historical maps

A budakalászi kőeszköz-leletek leírása és rövid értékelő összegzése

Őrlőszerszámok

Alsó őrlőkő

- Leltári szám: 2005.14.151.1. Megnevezés: őrlőkő középső töredéke őrlőfelülettel.

Nyersanyag: szürke homokkő-kavicskonglomerátum, közepesen durva szemcsés, alján kavicsokkal beépülve, és vörös vaskiválással.

Tárgyleírás: az eszköz oldala és alja durván kifaragott, eredetileg talán félgömbös vagy ferde őrlőlap lehetett, őrlőfelülete sima, enyhén teknősre kopott.

Méret: őrlőfelület: 65×111, méret: 112×73×54 mm.

Jelenség: 151. objektum gödör vagy cölöplyuk.

Felső őrlőkövek: marokkövek

- 2005.14.367.4. marokkő, négyszögletesedő oldalakkal.

4/3. ábra

Kvarcit kavics, egyik oldalát vékony kéreg fedi.

Sérült, kb. 1/3-a hiányzik, a maradék rész berepedt hasadások (tűzhatás?), egyik oldala simára kopott a használatból.

76×65×55 mm

367. objektum: 1–7 éves gyerek urnasírja, a kő az urna szájánál.

- 608. objektum/1. marokkő, négyszögletesedő oldalakkal. **4/4. ábra**

Kvarcit kavics.

Törött, felső töredék, felületén függőleges repedési sávok és pontszerű kimaródások (természetes vagy mesterséges, pl. poncolás nyoma? ld. díszített csuklónvédők), felső oldala teknősre kopott a használatból, üregesedett (üreg mérete 62×55, 40×30 mm), a törés vonalában mesterséges átfúrás nyoma látszik, amit nem fúrtak végig a törésfelület teljes hosszában: a törés utáni másodlagos átalakítás, amit nem fejeztek be: talán eredetileg nehezek volt, amit törés után másodlagosan marokkőként használtak.

61×57×47 mm

- 608. objektum/2 csiszolókö töredéke.

Szürke, finom szemcsés homokkő.

Töredezett, megmunkált oldalakkal, egy simára kopott munkafelülettel, amely csiszolófelületként szolgált.

130×42×50 mm

608. objektum: csont nélküli, üres sírgödör, urnával.

Értékelés

Feltűnően kevés az őrlőszerszám, talán a lelőhely jellege (temető) miatt. 1 db alsó őrlőkő a 151. gödörben, és két db felső őrlőkő (marokkövek, töröttek, feltehetően multifunkcionális szerszámként ütőkövek is voltak) került elő, az egyik (608. objektum) másodlagosan átalakított fúráskedeménnyel, és talán poncolási nyomokkal, de ez természetes kopás is lehet. A nyersanyagként előforduló kavicsok a Duna medréből és övzónaiból, a kovás homokkődarabok a Budai-hegység középső-déli részén számban megjelenő felső oligocén korú Hárshgyi-homokkőből származnak, valószínűleg a feltárások körüli gőrgötegekből.

Kavicsok: simító, ütő, csiszoló, marokkő, üllő, nehezek természetes kavicsformákon

- 42. objektum.

Csillámos, sárga, megmunkálatlan homokkődarab.

50×37×12 mm

42. objektum: hason fekvő csontvázas sír.

- 2005.14.185.3. ütőkő-kalapács, csiszoló-élesítő üllő.

4/5. ábra

Kvarcit kavics, fekete, égett/kormos foltokkal.

Kézbe illő, súlyos, élein két helyen törött: ezek a helyek szolgáltak ütésre, az egyik oldalfelületén közepesen fekete, kikopott folt vékony barázdákkal, itt lehetett élesíteni.

145×103×51 mm

185. objektum: szórthamvasztásos sír, négyszögletes sírgödörben.

- 2005.14.683.14. üllő? **4/6. ábra**

Mészkökavics, sávós kopással, felülete kopott, puha, 2. keménységű.

Kézbe illő, nagyobb méretű természetes kavicsforma, simább oldalán karcolás és törés helye, egyik oldalán elkeskenyedő, fogásra alkalmas.

168×90×33 mm

683. objektum: négyszögletes sírgödörben szórthamvasztásos, 23–x éves nő temetkezése, edényekkel, a kő a kalcinált csontok között volt.

- 2005.14.1080.4. 2 db kő. **4/9. ábra**

- 1. lapos kődarab, nem eszköz, 95×76×11 mm.

- 2. talán csiszolókö, egyik oldala sima, éles, rövid karcolásokkal, de ez természetes is lehet, egyik rövid befogóoldala is sima.

111×67×28 mm

1080. objektum: a 1192. körárokban, a kövek a körárok végén, 1080. csontvázas, 23–x éves férfi? sírja.

- 2005.14.1216.4. **4/10. ábra**

Fehér, lapos mészkőlap.

151×172×24 mm

1216. objektum: szórthamvasztásos sír urnaedénnyel.

- 2005.14.1219.2. élesítő. **4/1. ábra**

Puha, 2. keménységű fekete lidit kavics, ujjak kézbeillő nyomainak kikopott helyével.

Egyik rövid oldalán vékony, sűrű ferde barázdák: élesítő vajatok.

73×47×15 mm

- 1219. objektum/1 csiszoló. **4/2. ábra**

Érdes felületű kavics, alsó oldalán fehér kéreg.

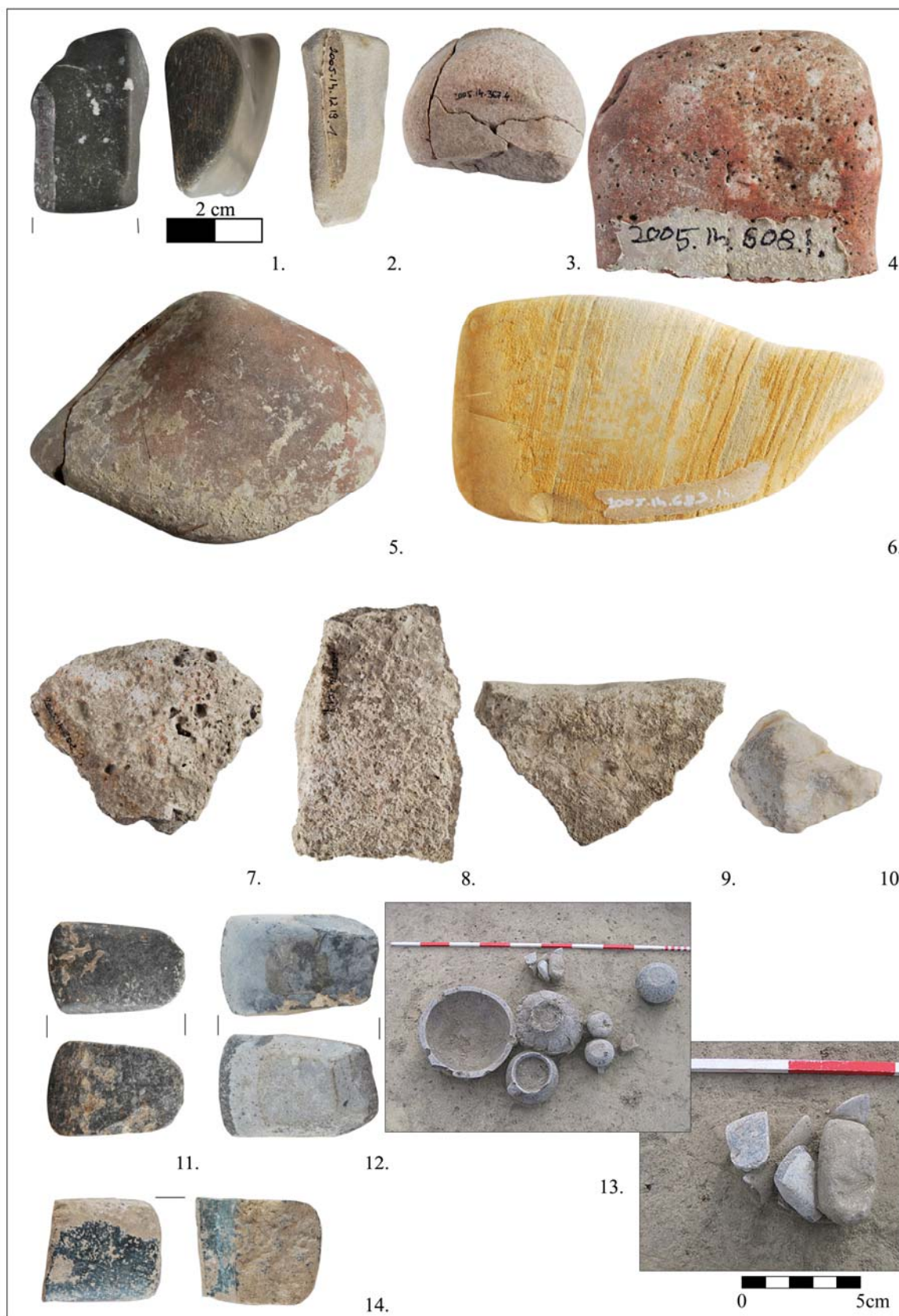
Kézbe illő, ujjak kikopott nyomaival, felső oldalán simára kopott, erodálódott felület: kerámia felületének polírozására?

75×35×29 mm

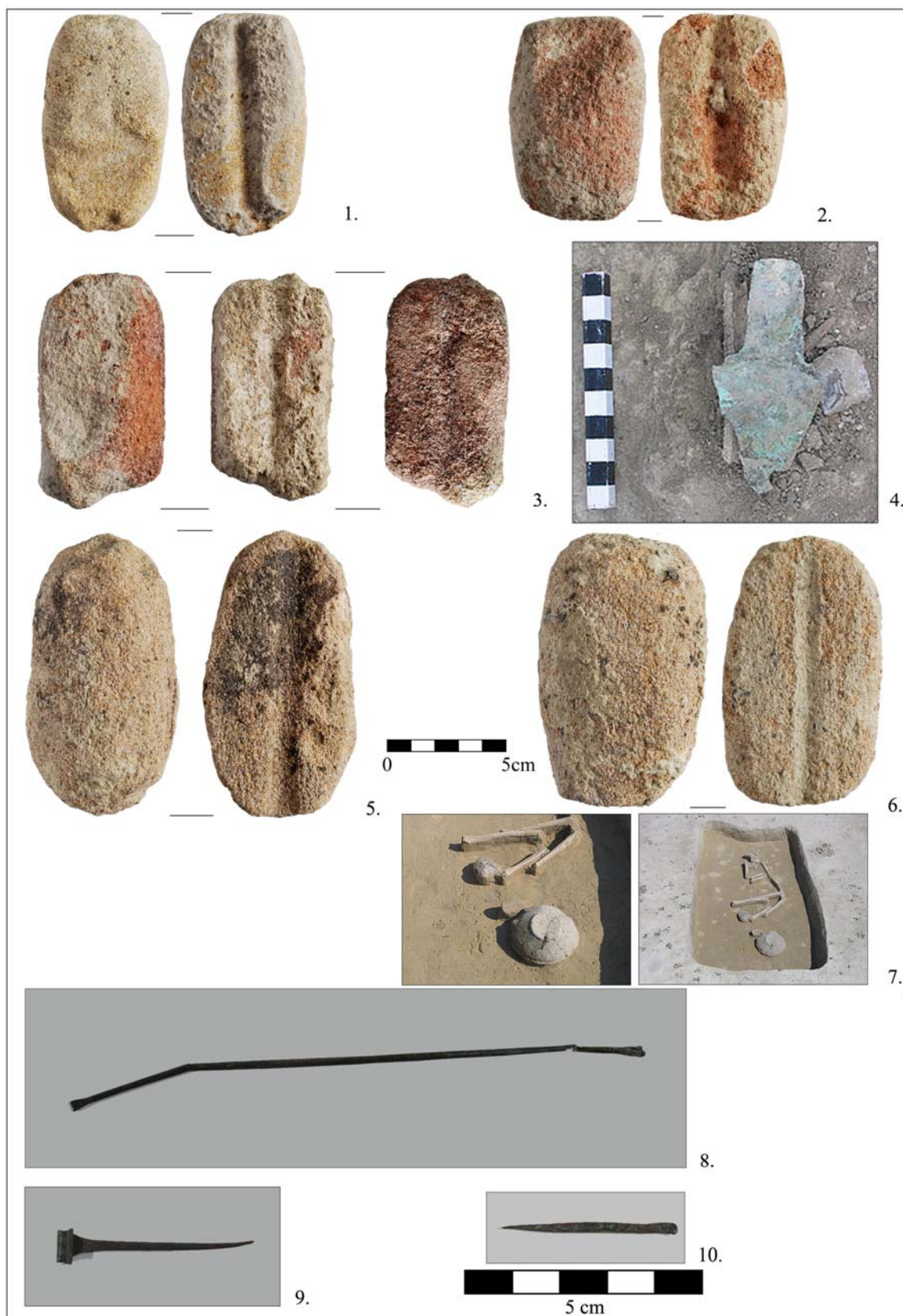
1219. objektum: csont nélküli urnasír, két eltérő nyersanyagú és funkciójú, természetes formájú kavicseszköz egy objektumban.

Értékelés

4 db természetes kavicsforma mutatott használati kopásnyomokat (1219. objektum: 2 eltérő funkciójú eszköz, 683, 185. objektumok). Fém és kőanyagok élesítésére, csiszolásra, kerámiafelület polírozására, üllőként, és ütőkőként/kalapácsként szolgálhattak, többfunkciós, természetes formában, átalakítás nélküli ad hoc eszközökként.



4. ábra: Csiszolt kőeszközök a lelőhelyről: kőbalták, őrlőszerszámok, kavicsok (részletes leírás a szövegben)
Fig. 4.: Ground stone implements from the site: adzes, grinding stones, pebbles



5. ábra: Fémmegmunkálással kapcsolatba hozható leletek a lelőhelyről: öntőformák és fémleletek (részletes leírás a szövegben)

Fig. 5.: The equipments of metal working: casting moulds and metal finds from the site

Kőbalták

- 2005.14.249.4. eszköz töredéke?

Zöldpala?

Csiszolt felületű kődarab talán baltából?

54×34×18 mm

249. objektum: szórthamvasztásos sír urnafészkekkel.

- 2005.14.402.25. kőbalta töredéke?

Szürke, amorf, megmunkálatlan oldalfelületű kő töredéke.

Mészke?

Függőleges irányban mintha átfúrás nyélluk töredéke látszana, ám a lyuk belső felülete egyenetlen, ezért nem teljesen biztos, hogy az lenne.

37×44×23 mm

402. objektum: (380) körárok.

- 788.4. nyéllukas kőbalta nyéllukív felőli töredéke oldallappal. **4/14. ábra**

Zöldpala?

Szépen csiszolt, fokél felőli töredék.

49×40×20 mm

788. objektum: körárok.

- 2005.14.1118/5. trapéz alakú vésőbalta. **4/12. ábra**

Kékpala? Puha, szépen csiszolt felületű, Kalmár János meghatározása szerint bazalt.

Vaskos, közepes méretű balta, alsó lapja sík, felső domború, munkaéle ép vésőél, alulról jobban kopott, befogás nyoma az előlapon és a hátlapon is látszik: középen mindkét oldalon mintha ragasztó helye lenne, az előlap és a felső oldallap simára csiszolódott a használat során, a fokél felől súrlódott a befogással vagy használat közben.

60×40×23 mm

- 2005.14.1118.30. trapéz alakú vésőbalta. **4/11. ábra**

Sötétszürke, világoszöld pettyekkel: diorit? Kalmár János meghatározása szerint serpentinit.

Előlapon a vésőél felől kicsit kérges. Kis méretű, lapos vésőbalta, hátlapja és a fokél alsó része sérült, feltehetően egy nagyobb balta kettőtörése után került másodlagosan kialakításra azért ilyen vékony, előlapja domború, hátlapja sík, vésőéle ép, éles, a balta szépen csiszolt.

56×36×10 mm

1118. objektum: szórthamvasztásos, 1–7 éves gyerek sírja. **4/13. ábra**

Értékelés

Összesen 3 db kőbalta került elő, 2 trapéz alakú, átfuratlan (egy objektumból: 1118. sír), különböző méretben, azonos funkcióval, egy pedig nyéllukas, de törött, ezért típusa nem besorolható, 2 további töredékes lelet talán kőbaltából származhat. A 1118. objektumban talán 3 db kőbalta volt (Kalmár J. kéziratban levő leírásában + 1 szerepel), ez egy hamvasztásos gyereksír volt, és pattintott kővek, csiszolókö, és csuklóvédők is előkerültek a sírban. A 249. és a 1118. objektumok temetkezések, a többi lelet körárokban került elő. A kőbalták makroszkopikus vizsgálata alapján úgy tűnik távoli, import nyersanyagokból készültek (Kárpátokból származó serperntinit/pala félék lehetnek), a nyersanyag-lelőhelyek pontosabb lokalizálása a nyersanyagok alaposabb petrográfiai vizsgálata nélkül nem lehetséges.

Haragedényes temetőben általában sírmellékletként nagyon ritka a kőbalták előfordulása: Jerzy Kopacz és munkatársai a közép-európai leletek vizsgálatokor 31 db közül mindössze 1 leletet találtak sírból (Kopacz et al. 2009, 105). A közép-európai térség kőbaltáinak leggyakoribb nyersanyaga az amfibol és amfibol-jellegű kőzetek (metabázit, diorit, porfir). Felületük általában teljesen csiszolt, egy darab ék csak a munkaélnél, keresztmetszetükben oválisak. A szerzők szerint nem munkaeszközök, hanem inkább presztízs vagy szimbolikus értékű tárgyak voltak a korszak Haragedényes társadalmában.

Csiszolókövek

- 2005.14.105.4. csiszolókö. **5/2. ábra**

Vörösszürke, közepesen finom szemcsés homokkő, fehér kéreg a felületén.

Szépen csiszolt oldalfelületekkel, alul ferdén kikopott a jobb oldalán: erre volt letámasztva, töredezett, kipergett a kőzet több helyen is. A munkoldalalon kis méretű tör lenyomata mélyül be.

A csiszolóvíját 11–18 mm széles, 4 mm mély.

105. objektum: üres, négyszögletes sírgödör.

- 2005.14.276.2. csiszolókö. **5/6. ábra**

Vörös, pergős, finom szemcsés, csillámos homokkő, fehér és fekete kiválásokkal a kő felületén.

Félgömbös, kis méretű, előlapja sík munkafelület, középen csiszolóvíjjal, az eszköz felületei simák, főleg az alja, amelyen állt letéve is. Az előlap felén látható fekete bevonat talán szerves anyag fekecselés során hagyott lenyomata lehet.

A csiszolóvíját 8 mm széles, 2–3 mm mély, a kő: 95×56×34 mm.

- 2005.14.276.4. csiszolókö. **5/5. ábra**

Szürkésvörös, csillámos-pergős kőzet.

A munkafelületet és a jobb oldalát fekete lepedék (fekecselés?) vonja be, előlapján kirepedezett a munkafelület felől. A munkafelületbe tűszár és talán fej lenyomata mélyül be.

A csiszolóvíját 12–14 mm széles, 2–3 mm mély, a kő: 105×55×30 mm.

276. objektum: háton fekvő, csontvázas 23–40 éves férfi sírja, a sírgödör déli végében edények, a kő a tálon feküdt. **5/7. ábra**

- 2005.14.702.1. csiszolókö. **5/3. ábra**

Vörösszürke, közepesen finom szemcsés homokkő, felületén erős lepedékekkel.

Az alján erősen sérült, a bal oldalán simára kopott: erre volt fektetve használat közben.

A csiszolóvíjátban mindkét végén, egymással szemben tűfejek lenyomatai, 22 mm széles, 2–3 mm mély, kő: 83×45×35 mm.

702. objektum: 712. körárokban egy kő.

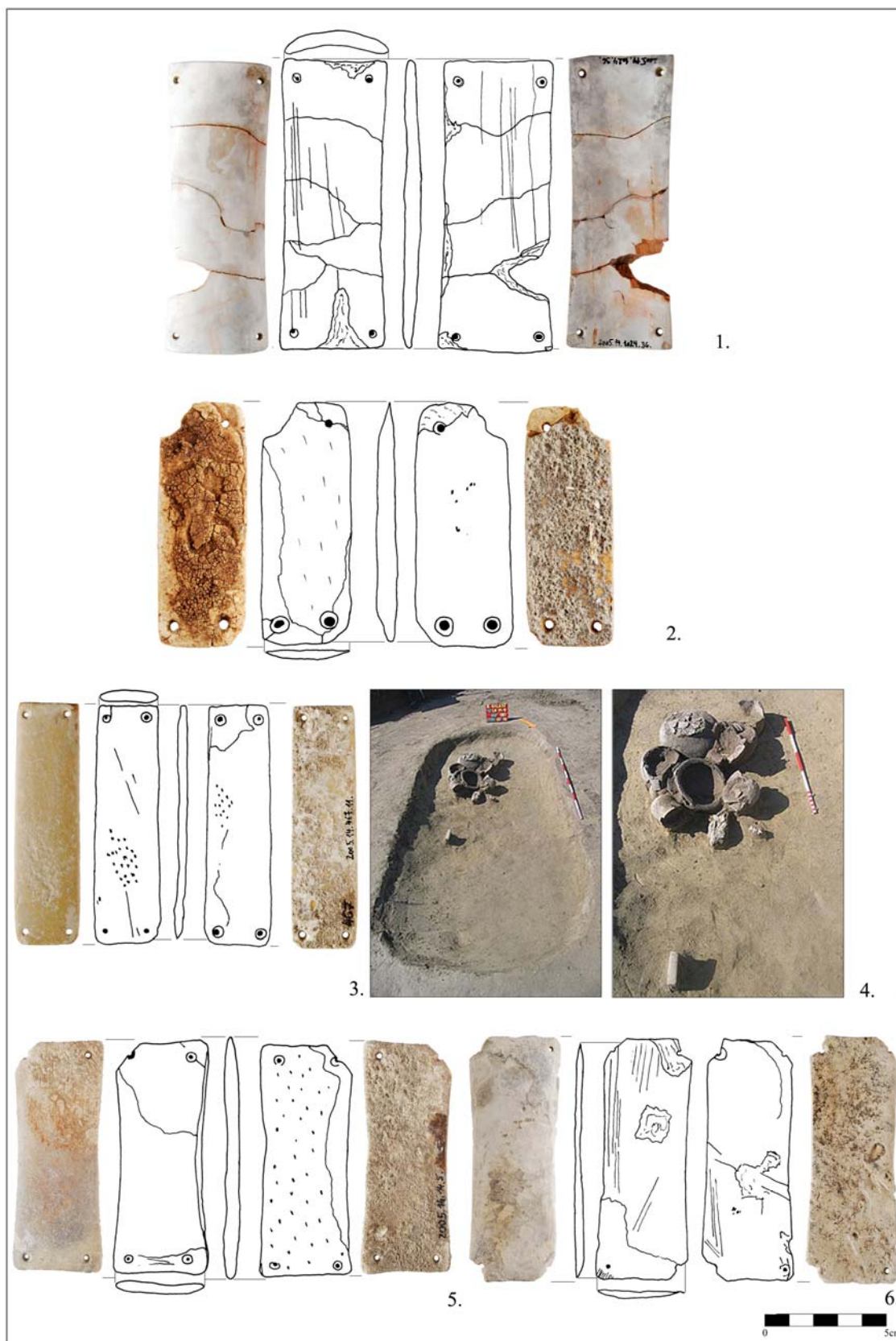
- 2005.14.1118.28. csiszolókö. **5/1. ábra**

Szürke, finom szemcsés homokkő.

Az alján legyező alakban kikopott, amely az oldalán is folytatódik, a bal felső oldalán kitört. A munkafelületbe tűszár és fej lenyomata vehető ki.

A csiszolóvíját 10–12 mm széles, 3–4 mm mély, a kő: 83×46×29 mm.

1118. objektum: leírását ld. fent. **4/13. ábra**



6. ábra: Csuklóvédők a lelőhelyről (részletes leírás a szövegben)

Fig. 6.: Wrist-guards from the site



7. ábra: Csuklóvédők a lelőhelyről (részletes leírás a szövegben)

Fig. 7.: Wrist-guards from the site

Értékelés

Az egységes megjelenésű eszköztípus (5 db) használati kopásnyomai alapján többfunkciós eszköz lehetett, és a tanulmányban szerepeltetett elnevezése („csiszolókö”) nem fedi le teljességében valódi használati köreit. Feltehetően csuklólóvédők csiszolással való kialakítására is alkalmas volt (ld. csuklólóvédő félkész forma a 1192. objektumból, **8/11. ábra**), esetleg további (pl. fém réz/bronz) tárgyak élesítésénél, és azok kialakítására is igénybe vehették őket: a 702. gödör leletén látható tűfej-lenyomatok alapján a 467. sírban előkerült tű (2005.14.467.13.) alakja hasonlít legjobban a lenyomathoz (**5/10. ábra**), a 1112. objektum csiszolókövének lenyomata pedig az 1034. objektum tujájához (**5/9. ábra**, 2005.14.1034.3). Bár méretben csak a 1034. sír tujája azonos a csiszolókö lenyomatán látható negatívval, ez megtévesztő lehet. A 467. sírre kisebb, a 1082. sírre nagyobb (**5/8. ábra**, 2005.14.1082.4.) tű a lenyomatokénál, a csiszolókövel való érintkezés azonban csak a tűk fejével volt meghatározó. A 105. objektum leletének lenyomata kisméretű tör alakjához hasonló, méretben közel álló törlelet a 847. sírből került elő (**5/4. ábra**).

A Haragedényes fémtárgyak (réz és bronz is) készítése a magyar leletek vizsgálata alapján a spanyol leletekéhez hasonló, és több fázisból állt, attól eltérően viszont nem rövid, hanem hosszú folyamat volt (Casting+Cold Working+Annealing+Cold Working: long chaîne opératoire: Reményi et al. 2006). Véleményem szerint az itt csiszolóköveknek nevezett eszközök a Haragedényes kultúra réz- és bronztárgyainak megmunkálása során a hideg kalapálási műveletben játszhattak szerepet, és esetleg az azt következő hőkezelés fázis során az előzőleg ezekben hidegen formára kalapált tárgyakat a csiszolókövekben, mint egyfajta öntőformába fektetve tették tűzbe. Felmelegítve a fém könnyebben alakíthatóvá vált (ld. a 276. objektum leletének fekete lepedékét, **5/7. ábra**, és még a bronzkorban további leleteken a hasonló ún. fekecseléses technikát a fémöntés során: Horváth 2004a, 3. kép/3, 4. kép/2, 7–12. kép, 14. kép/2, 15–16. képek; Horváth 2012, Fig. 3.2; Fig. 4; 5;6; 7; 8; 9; 10; 11; 13.3; 14; 15 4).

Az eszközök anyaga homokkő, elsősorban a vörös, másodsorban egy szürke változat, feltehetően a Hárshelyi Homokkő Formációból származnak: a Budai-hegység középső, déli oldala lokalizálható forrásuként. Alsó oldaluk a simára kopott felülettel azt mutatja, hogy nemcsak kézben fogva, hanem sík felületre letéve is használták őket. Összesen 5 db került elő, a keménységük 1–2-es. A 276. sírban két db volt: a sírgödör déli részében, az edényekkel együtt, egy tál közelében feküdt a két eszköz. A 276. csontvázas 23–40 éves férfisir, a

1118. szórthamvasztásos 1–7 éves gyermek sírja. Egy lelet körárokban került feltárára.

Csuklólóvédők

(az illusztrációk méret szerinti rendezésben követik egymást, a leírások sírszámok szerinti növekvő számsorrendben)

Félkész forma

- 1192. objektum. **8/11. ábra**

Hosszú, keskeny kvarcit kavics félbetört töredéke, amelyet kettéfűrészelték hosszában is: csuklólóvédő alapforma. Az előlapról is elkezdtek a fűrészélést egy darabon, de beletört. 32×67×9 mm

1192. objektum: körárok, együtt az 1080. sírobjectummal.

Kész darabok

- 2005.14.14.5. **6/5. ábra**

Csuklólóvédő, egyik sarkán törött. 4Wcc/téglalap.

Nyersanyaga: kőzet? Vörhenyesbarna, 2–3 keménységű, a hamvasztás során másodlagosan égett.

Közepes-nagy méretű, enyhén ívelt keresztmetszetű, téglalap alakú, a hátlaon rákalcinálódott égett csonttréteg, a felső sarokrésze az előlapról kopott, a lyukakat mindkét irányból fúrták.

97×38×4 mm

14. objektum: felnőtt nő (?) urnasírja, az urna alján kisbögre, csuklólóvédő és szegeccses tör két szegeccsel.

- 2005.14.106.1. **8/4. ábra**

Csuklólóvédő, jobb felső és bal alsó sarkán törött. 4ScC/téglalap.

Nyersanyag: vörhenyesbarna, csillámos kőzet.

Közepes méretű, téglalap alakú, enyhén ívelt keresztmetszetű, felül közepén is átfúrt, nemcsak a sarkain, a lyukakat mindkét irányból fúrták, a hátlaon a rögzítő szíjak kikopott vájatai és égésnyom.

76×32×7 mm

106. objektum: szórthamvasztásos sír sírgödörben, égett csontok közt a csuklólóvédő.

- 2005.14.107.4. **8/1. ábra**

Csuklólóvédő, egyik sarkán kicsit törött. 4Wcc/trapéz.

Nyersanyaga: zöldesszürke csillámos, körömmel könnyen karcolható, 1. keménységű kőzet vagy kerámia?

Közepes méretű, ívelt keresztmetszetű, trapéz alakú, hátlapja érdes, a rögzítő lyukakat mindkét oldalról fúrták, változó irányban hol az előlapról, hol a hátlaon erőteljesebben, az előlap ovális, a hátlap hosszanti irányú anyagkopást mutat: feltehetően sokáig használták.

84×36–31×3 mm

107. objektum: felnőtt urnasírja, réztörrel, leletek az urnában?

- 2005.14.157.3. **7/5. ábra**

Csuklólóvédő, ép. 4Wpc/téglalap.

Nyersanyag: kőzet, 4. keménységű.

Közepes-nagy méretű, téglalap alakú, egyenes keresztmetszetű, előlapján a felső sorban a rögzítő lyukak között egymással szemben álló 3-as poncolással díszített, zöld színű rézpatina az előlapon, a bal oldal felől, a rögzítő lyukakat mindkét lap felől fúrták.

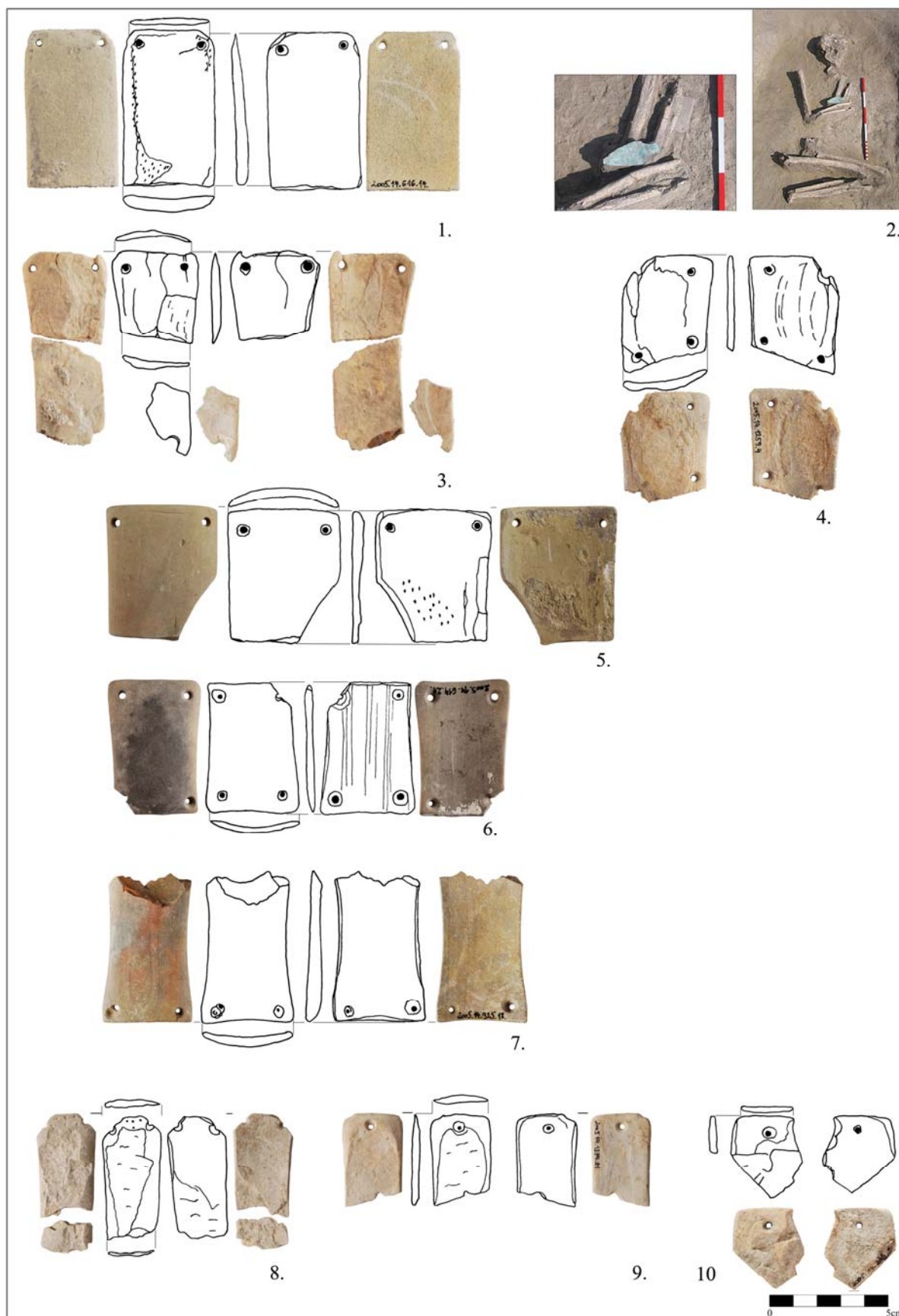
93×32×5 mm

157. objektum: urnasír, a csuklólóvédő az urnán kívül, annak K-i oldalán, a 158. objektum mellett, nem került elő fém a sírban!



8. ábra: Csuklóvédők a lelőhelyről (részletes leírás a szövegben)

Fig. 8.: Wrist-guards from the site



9. ábra: Csuklóvédők a lelőhelyről (részletes leírás a szövegben)

Fig. 9.: Wrist-guards from the site

- 2005.14.171.6. **8/12. ábra**

Csuklóvédő, alsó részén töredékes. Eredetileg 4Wcc/?
Nyersanyag: szürke kőzet, 4. keménységű, előlapján fehér, durva kéreg.

Közepes méretű, erősen ívelt keresztmetszetű, hátlapján repedt (égésnyom?), a két felső rögzítő lyukat főleg a hátlap felől fűrták, az előlapot spaklival lekaparták.

66×33×6 mm

171. objektum: felnőtt férfi urnasírja, a csuklóvédő a 3. bögre mellett volt.

- 2005.14.185.2. **7/2. ábra**

Csuklóvédő, kettérepedt, feltehetően tűz hatására a hamvasztás során, kis részen hiányos. 4ScC/trapéz.

Kiégetett agyag, körömmel karcollható 2. keménységű, vörösszürke.

Közepes/nagy méretű, erősen ívelt keresztmetszetű, trapéz alakú, előlapján poncolásszerűen díszített a rögzítésre szolgáló lyukak között sorban, felül és alul is, a rögzítésre szolgáló 4 lyukat mindkét irányból fűrták, a hátlapról erőteljesebben.

93×42–40×3 mm

185. objektum: szórthamvasztásos sír, téglalap alakú sírgödörben, a gödör déli részén bögre és kövek.

- 2005.14.196.3. **8/3. ábra**

Csuklóvédő, hátlapján rögzítésre utaló használati kopásnyomokkal, ép. 4Wcc/téglalap.

Nyersanyag: zöldesbarna kőzet? Körömmel még karcollható, 2. keménységű.

Közepes méretű, ívelt keresztmetszetű, téglalap alakú, a rögzítő lyukakat mindkét lapja felől fűrták, a hátlapról erőteljesebben, a hátlapon látható sávok alapján a rögzítésre szolgáló szíjak helyzete meghatározható, így a rögzítés módja rekonstruálható.

81×35×3 mm

196. objektum: felnőtt nő urnasírja, a csuklóvédő a Ny-i oldalon, az urnán kívül volt.

- 2005.14.203.2. **9/10. ábra**

Nyersanyag: sárgás-rózsaszín kőzet?

Csuklóvédő felső része, erősen töredékes, nem biztos, hogy csuklóvédő vagy másodlagosan átalakították: középen van átfúrva, amelyet főleg az előlap irányából fűrták. Törött, eredetileg 2pc/?

34×31×3 mm

203. objektum: néhány cserép egy kupacban, nem sír és nem objektum.

- 2005.14.278.1. **8/2. ábra**

Csuklóvédő, ép, bal felső sarkán törött. 4Wcc/téglalap.

Nyersanyag: fehéresszürke-vörös, 2. keménységű, kiégetett agyag.

Közepes méretű, téglalap alakú, erősen ívelt keresztmetszetű, díszített: felül és alul a rögzítő lyukak között 1-1 poncolásszerű fűrészkedeménnyel, a lyukakat mindkét irányból, de főleg a hátlap felől fűrták.

81×35×4 mm

278. objektum: szórthamvasztásos sír sírgödörben, csont nélkül? Egy másik objektum vágta. Fémlemezek és csuklóvédő legfelül a kerámatöredékeken.

- 285/10. **6/6. ábra**

Csuklóvédő, 3 sarkán letörött. 4Wpc/trapéz.

Nyersanyag: szürke kőzet? Körömmel könnyen karcollható, 1. keménységű.

Közepes/nagy méretű, egyenes/enyhén ívelt keresztmetszetű, enyhén trapéz alakú, hátlapja sík, előlapján fényesre kopott, kitöredezett, hátlapján fekete,

szerves anyagfoltok, mindkét lapján vékony, függőleges, az előlapon ferde barázdák, valószínűleg sokáig használták, a rögzítésre szolgáló lyukakat a hátlap irányából fűrták.

98×37–35×4 mm

285. objektum: üres sírgödör. 284. objektum: együtt a 285. gödörrel, egy gödör, ebben volt a csuklóvédő (284)! 2 nyílhegy is volt, ez a 285. számon: egy objektum!

- 2005.14.347.4. **7/9. ábra**

Csuklóvédő, egyik sarkán sérült, ragasztott állapotban. 4Wcc/téglalap.

Nyersanyag: kőzet? Pizkosszürke, vörös foltokkal, hátlapon erősen égett vastag csonttréteg.

Közepes méretű, téglalap alakú, ívelt keresztmetszetű, a rögzítésre szolgáló lyukakat mindkét irányból fűrták.

79×38×6 mm

347. objektum: 23–50 éves férfi urnasírja, csuklóvédő az urnában a csontok között, együtt égették el az emberi testtel.

- 2005.14.467.11. **6/3-4. ábra**

Csuklóvédő, ép állapotban. 4Spc/trapéz, karcú.

Nyersanyag: kőzet? Barna, tüvel karcollható, 3–4. keménységű.

Közepes/nagy méretű, trapéz alakú, hosszú, keskeny, egyenes keresztmetszetű, a rögzítő lyukakat mindkét lapja felől fűrták, a hátlapja sík, égett csonttréteg kalcinálódott rá, az előlap alján kikopás.

98×27–25×5 mm

467. objektum: üres sírgödör, 31 db pattintott kővel és csuklóvédővel: „mester” sírja. **6/4. ábra**

- 484.5. **9/3. ábra**

Csuklóvédő felső töredéke 3 külön darabban. Törött, eredetileg 4Wcc/trapéz?

Nyersanyag: sárgás-rózsaszín, nagyon könnyű kőzet, kiégetett? 2. keménységű.

A két felső rögzítő lyukat főleg a hátlap felől fűrták.

33×33×5, 42×28×4, 33×18×3

484. objektum: 23–59 éves, szórthamvasztásos nő sírja, több edény a sírban, csuklóvédő a csontok között.

- 2005.14.530.56. **7/10. ábra**

Csuklóvédő, 3 sarkán törött. 6Wcc/trapéz.

Nyersanyag: barnásszürke kőzet?, 4. keménységű.

Közepes méretű, enyhén trapéz alakú, ívelt keresztmetszetű, nemcsak sarkain, hanem középen is rögzítésre szolgáló lyukakkal, amelyeket főleg a hátlap irányból fűrták, feltehetően másodlagos átalakítás volt az eredeti nagy méretű sérülése után, a hátlapja égett, a hamvasztás során.

78×34–32×3 mm

530. objektum: 23–39 éves nő urnasírja, a csuklóvédő az urnában volt.

- 2005.14.551.56. **7/6. ábra**

Csuklóvédő, 3 sarkán sérült, kettétört, összeragasztott állapotban, a kisebb, felső töredék repedtebb, égettebb, jobban érte a hő vagy tovább, mint az alsót. 4Wcc/trapéz.

Nyersanyag: hamvasztás során szétsült vörhenyesszürke természetes vagy mesterséges agyagszármazék? Fehér, anyagába épült foltokkal: mészrögök soványító anyagként vagy természetesen az agyagos kőzetben? Csillámos homokot is tartalmaz: természetesen vagy mesterségesen?

Közepes-nagy méretű, enyhén trapéz alakú, erősen ívelt keresztmetszetű, a rögzítő lyukakat mindkét irányból fűrták.

90×38–36×4 mm

551. objektum: felnőtt férfi urnasírja, urnafészkekben, csuklóvédő az urna aljában a csontok között volt.

- 2005.14.614.21. **9/6. ábra**

Csuklóvédő, bal felső sarkán törött. Másodlagosan kialakított 4Wcc/trapéz-négyzet.

Nyersanyag: csillámos szürkésbarna kőzet, 1–2. keménységű.

Kis méretű, enyhén trapéz/majdnem négyzet alakú, erősen ívelt keresztmetszetű, másodlagosan kialakított példány egy nagyobb törése után, a hátlapján vékony, függőleges barázdák viselet nyomai, a lyukakat mindkét irányból, főleg a hátlapról fűrták.

54×38–34×4 mm

614. objektum: felnőtt urnasírja.

- 616/2: 2005.14.616.014. **9/1. ábra**

Csuklóvédő, félbetörött, felső töredék. Törött, eredetileg 4Spp/téglalap?

Nyersanyag: sárgásszürke, homokkő? 1. keménységű.

Nagy méretű, trapéz alakú volt, előlapja domború, hátlapja sík, enyhén ívelt keresztmetszet, enyhén kalcinálódott csontreteg a szélein.

67×39×5 mm

616. objektum: csontvázas, zsugorított, 23–59. éves nő (?) sírja, réztörrel, tör a bal kézen, a csuklóvédő a bal karon, 7 nyílhegy és 3 penge az edények mellett. Csuklóvédő helyzete: a bal karon az orsócsonton, in situ helyzetben. **(9/2. ábra)**

- 847/3: 2005.14.847.7. **7/1. ábra**

Csuklóvédő, ép. 4ScC/téglalap.

Nyersanyaga: szürke, csillámos kőzet? Körömmel könnyen karcolható, 1. keménységű. Kalmár János leírása szerint szericites-kloritos pala, Duna-kavics.

Téglalap alakú, erősen ívelt keresztmetszetű, az előlapján ferde, a hátlapján függőleges irányú vékony barázdákkal, a rögzítő lyukakat mindkét lap felől fűrták.

94×34×3 mm

847. objektum: csontvázas zsugorított, 23–x éves férfi sírja, lábánál edények, a csuklóvédő a bal oldalán, a réztörön, a tör a bal kar alatt, az alatt a kövek. Csuklóvédő pontos helyzete: a külső karon, középtájt, valamivel a csukló felett: in situ helyzetben volt. **(12/51. ábra)**

- 2005.14.884.77. **8/10. ábra**

Csuklóvédő, ép, bal alsó sarkán törött. 6ScC/trapéz.

Nyersanyag: zöldesszürke kőzet.

Kis-közepes méretű, trapéz alakú, enyhén ívelt keresztmetszetű, rögzítő lyukak nemcsak a sarkain, hanem középen is, alul-felül, mindkét irányból fúrva, a hátlapon vörös folt és rögzítő szíjak lenyomata.

65×26–23×4 mm

884. objektum: felnőtt férfi urnasírja, nyílhegy és csuklóvédő az urna aljában.

- 2005.14.901.005. **6/2. ábra**

Csuklóvédő, bal felső és jobb alsó sarkán sérült. 4Spc/trapéz.

Nyersanyag: rétegesen bontott szerkezetű, előlapján erős korróziót mutató kőzet, FTIR-vizsgálat alapján nem borostyán **(11. ábra)**.

Nagy méretű, enyhén trapéz alakú, egyenes keresztmetszetű, a rögzítő lyukakat mindkét irányból, a felsőt főleg a hátlapról fűrták, hátlapján kalcinálódott égett csontreteg a hamvasztás során keletkezett.

100×37–39×6

901. objektum: felnőtt férfi urnasírja, a csuklóvédő az urnában volt.

- 2005.14.925.18. **9/7. ábra**

Csuklóvédő, félbetörött, alsó töredék. Törött, eredetileg 4Wcc/?

Nyersanyag: vörösszürke, kiégetett agyag, 2. keménységű, rétegesen törött/bontott, a hátlapon annyira kiégett a hamvasztás során hogy fa-jellegű mintázatot mutat.

Közepes-nagy méretű eredetileg, ívelt keresztmetszetű, javított: a bal alsó rögzítő lyukat újrafűrték, mindkét lap felől, a javítás csak az előlapról.

925. objektum: felnőtt férfi urnasírja.

- 2005.14.936.56. **8/9. ábra**

Csuklóvédő, alsó részén töredékes, égett: hátlapján hamvasztás során keletkezett szürke égett-repedezett patina. 4Wbc/trapéz.

Nyersanyag: kiégetett agyag? Fehér, réteges anyagkopás (3 rétegre válik szét keresztmetszetben, égéstől?), 1. keménységű.

Közepes méretű, egyenes keresztmetszetű, előlapján díszített? Mintha a két rögzítőlyuk között középen lenne egy poncolásszerű lyukkezdemény, a rögzítő lyukakat mindkét irányból fűrték, előlapja enyhén domború, hátlapja sík, előlap közepén zöldes színű fém-patina folt, függőleges, vékony barázdák, hátlapján használatból kikopott.

68×29×6 mm

936. objektum: felnőtt férfi urnasírja.

- 2005.14.945.36. **8/7. ábra**

Csuklóvédő, félbetört, hiányos állapotban, 2 db-ban, másodlagosan átalakított. Az eredeti 4Wcc/trapéz, most félkész, 2/trapéz vagy 4/négyzet.

Nyersanyaga: sárgásszürke, homokkő?

Trapéz alakú? Ívelt keresztmetszetű, az előlap csak a bal felső sarkán mutat eredeti, csiszolt felszínt, a többi részen törött, a rögzítésre szolgáló két felső lyukat mindkét irányból, főleg a hátlap felől fűrték, eredetileg közepes/nagy méretű volt, az önállóan álló alsó töredéket megpróbálták másodlagosan kis méretű csuklóvédővé alakítani, felső részét elkezdték sarkain átfúrni, de beletört, vagy a fűrészkor, vagy használat közben/után.

56×40×5, alsó: 51×39×3 mm

A másik, alsó töredéket megpróbálták másodlagosan egy kis méretű új csuklóvédővé alakítani, új, apró lyukakat fűrték a felső sarkaiba, de azok kitortek, 51×39×3 mm.

945. objektum: felnőtt urnasírja, a nyílhegy az urna külső oldalán, a csuklóvédő az urna alján, egymással szemben két db-ban.

- 2005.14.979.6. **8/5. ábra**

Csuklóvédő, ép. 4Wcc/trapéz.

Nyersanyag: barna kőzet? 1. keménységű.

Közepes méretű, enyhén trapéz alakú, erősen ívelt keresztmetszetű, előlapján fényes, kopott, hátlapján vékony, függőleges barázdák használati kopásnyomok, az előlapon a rögzítő lyukak között íves sorban poncolásszerű fűréskezdemény-sorokkal díszített, a rögzítő lyukakat főleg a hátlap irányából fűrták.

75×36×3 mm

979. objektum: szórthamvasztásos sír sírgödörben, több edénnyel, csuklóvédő a csontok között.

- 2005.14.990.3. **7/7. ábra**

Csuklóvédő, a jobb felső és a bal alsó sarkán törött, félbetört, ragasztott. 4Wcc/trapéz.

Nyersanyag: szürke, kiégetett agyag, 1. keménységű. Nagy-közepes méretű, erősen ívelt keresztmetszetű, enyhén trapéz alakú, a rögzítő lyukakat mindkét oldalról, de inkább a hátlapról fűrták, a bal oldala sérültebb, kopottabb, erre csúszott a viselés folyamán.

90×34–36×4 mm

990. objektum: felnőtt nő urnasírja, a csuklódó a csontok közt az urna aljában volt.

- 2005.14.1024.36. **6/1. ábra**

Csuklódó, töredékes: több darabból állt össze, alsó részén hiányos, hamvasztás során tűz hatására szétrepedt. 4ScC/téglalap.

Kiégetett agyag? Törésfelülete vörös, felszíne szürkésbarna, nincs benne szemmel látható soványító anyag, körömmel karcolható 2. keménységű, felülete égett?

Nagy méretű, erősen ívelt keresztmetszetű, téglalap alakú, 4 sarkán átfűrt, a lyukakat mindkét oldalról fűrták, mindkét végén fényesedés látható az előlapon, amely használati patina, az előlapon továbbá vékony, függőleges barázdák is kopásnyomok lehetnek, oldalélén a hátlap felől kipattogzott.

119×42×6 mm

1024. objektum: 23–59 éves férfi urnasírja.

- 2005.14.1082.5. **7/3–4. ábra**

Csuklódó, bal felső és jobb alsó sarkán törött. 4ScC/trapéz.

Vörös kiégetett agyag, 1. keménységű.

Közepes-nagy méretű, trapéz alakú, erősen ívelt keresztmetszetű, a rögzítő lyukakat főleg a hátlap felől fűrták, elő és hátlapján függőleges vékony barázdák kopásnyomok.

91×39×3 mm

1082. objektum: 1019. körárokban zsugorított csontvázas felnőtt sír, csuklódó a bal karnál, keresztben a csonton: nem in situ helyzetben, elmozdult, nyílhegyek a jobb medencén kívül, fém tűk, közöttük pattintott kövek, a déli végén a sírban cölöplyuk kövekkel. (**7/4. ábra**)

- 2005.14.1118/10. **8/6. ábra**

Csuklódó, ép, jobb felső sarkán sérült. 4Wpc/trapéz.

Nyersanyag: sárgásszürke kőzet? 1–2–3. keménységű? Kalmár János listáján kerámia.

Előlapján égett csontreteg, és égésnyom: a hamvasztás során kapta. Kis-közepes méretű, trapéz alakú, enyhén ívelt/egyenes keresztmetszetű, a rögzítő lyukakat mindkét irányból fűrták, hátlapja szinte teljesen sík.

73×33–30×5 mm

- 2005.14.1118.29. **7/8. ábra**

Csuklódó, ép, két felső sarka kicsit törött. 4Wcc/trapéz.

Nyersanyag: barnás-zöldes-szürke, kiégetett agyag vagy agyagos kőzet? 1–2. keménységű.

Közepes méretű, enyhén trapéz alakú, ívelt keresztmetszetű, előlapján kis foltokban kikopott az anyag, a hátlapon viseléstől fényesedés, és vékony, függőleges barázdák, a lyukakat főleg a hátlap irányából fűrták.

80×38–34×3 mm

1118. objektum: szórthamvasztásos gyereksír, csuklódók az edényektől délre, kövek közt, pattintott kövekkel, csiszolókövekkel és kőbaltákkal együtt: az összes kő együtt egy kupacban. (**4/13. ábra**)

- 1259/3: 2005.14.1259.4. **9/4. ábra**

Csuklódó, félbetörött, másodlagosan átalakított. Most másodlagosan átalakítva 4ScC/trapéz, eredetileg: 4Wcc/? Nyersanyag: csillámos kőzet, 1–2. keménységű.

Másodlagosan átalakított kis méretű csuklódó, de eredetileg nagy volt: az eredeti törése után, a lyukakat mindkét lap felől fűrták, az egyik felső bal sarok törött, a bal alsó is sérült, mind az előlap, mind a hátlap sérüléseket mutat, az alsó oldallap ferdén van kialakítva, nem fejezheték be, ívelt keresztmetszetű.

46×37×4 mm

1259. objektum: felnőtt szórthamvasztásos sírja, sírgödörben, több edénnyel, a csuklódó az edények között volt.

- 1265/3. **9/8. ábra**

Csuklódó, törött. Törött, eredetileg 4ScC/keskeny, trapéz?

Nyersanyag: szürke, 2. keménységű kőzet: homokkő vagy aleurit (Kalmár János meghatározása szerint), égett?

Közepes méretű, előlapján a felső rögzítő lyuksor között poncolás-kompozícióval díszített, előlapja töredékes, a hátlap homorú, valószínűleg ívelt keresztmetszetű lehetett, a rögzítő lyukakat mindkét irányból fűrták.

51×24×3 mm

- 1265/2. **8/8. ábra**

Csuklódó, bal felső sarkán sérült. 4Wcc/téglalap, karcosú. Közepes-kis méretű, hosszú, keskeny, enyhén trapéz alakú, enyhén ívelt keresztmetszetű, előlapja enyhén kerges, az egyik rögzítő lyuk még nincs fúrva: félkész! A többi mindkét irányból fűrták.

Nyersanyag: zöldesszürke kőzet: szerpentinít vagy zöldpala?

73×23–20×3 mm

1265. objektum: gödör 2 urnasírral, csontok nélkül, a két csuklódó a K-i oldalon, felül volt.

- 1274/7: 2005.14.1274.21. **9/9. ábra**

Csuklódó, félbetörött, másodlagosan átalakított. S?pc/trapéz-négyzet, eredetileg: Wcc/trapéz?

Nyersanyag: szürke, csillámos kőzet, 1. keménységű.

Az eredeti tárgy törése után a felső töredéket megpróbálták másodlagosan kis méretű csuklódóvé alakítani úgy, hogy középen fűrták rá lyukakat, egymással szemben a felső és az alsó oldalon, a lyukakat mindkét irányból fűrták, a szélességét is alakították, mert a felső szélső eredeti lyukak helye már le van csiszolva, ívelt keresztmetszetű volt, feltehetően kis-közepes méretű, az előlap kitorított.

39×24×3 mm

1274. objektum: téglalap alakú sírgödör csont nélkül, a csuklódó a gödör oldalánál, a kar helyén (ha lenne a sírgödörben emberi csontváz).

- 1288/5. **9/5. ábra**

Csuklódó félbetört felső töredéke, másodlagosan átalakított. Törött, most félkész 2ScC/négyzet.

Nyersanyag: barnásszürke, 2. keménységű kőzet?

Az eredetileg nagy méretű csuklódót törése után elkezdték másodlagosan kis méretűvé alakítani: az alsó törött oldalt elkezdték csiszolni, de nem fejezték be, erősen ívelt keresztmetszetű, a két rögzítő lyukat mindkét irányból fűrták, a hátlapon égett csont van rákalcinálódva.

57×47×5 mm

1288. objektum: üres sírgödör, 2 db edény a gödör közepén, alatta nyílhegy, fémlemez és csuklódó: a leírásban pattintott nyílhegyet is említenek, de az nincs a leltárban.

Értékelés

A csuklóvédők (34 db + 1 félkész) leírásánál az általam fontosnak tartott leíró szempontokat alkalmaztam, figyelembe véve Maikel Kuijpers és munkatársai alapmunkáját (2008). Használtam Kalmár János a lelőhelyről készített petrográfiai feldolgozásának adatait, bár az csak kis százalékban tartalmazott kora bronzkori leleteket (Kalmár 2006). A lelőhelyen előkerült leleteket az alábbi csoportok szerint osztályoztam és rendeztem táblákba:

1. Forma:

- trapéz alakú: 14, 106, 107, 157, 185, 196, 285, 347, 467, 530, 551, 847, 884, 901, 936, 979, 990, 1024, 1082, 1118, 1118/10;
- téglalap alakú: 278, 1265/2;
- négyzet (rectangular): 614, 1259, 1274, 1288?;
- karsú (narrow): 467, 1265/2, 1265/3;
- törése miatt bizonytalan: 171, 203, 484, 616, 925, 945, 1265/3.

2. Keresztmetszet:

- egyenes keresztmetszetű (flat-flat/pp): 157, 203, 467, 616, 936, 1265/2;
- domború-domború (bc): 936;
- sík-domború (pc): 157, 285, 467, 901, 1118/10, 1274;
- domború-homorú (cc): 14, 106, 107, 171, 185, 196, 278, 347, 484, 530, 551, 614, 616, 847, 884, 925, 945, 979, 990, 1024, 1082, 1118, 1259, 1265/2, 1265/3, 1288.

3. Méret:

- kis méretű (60 mm-nél kisebb): 614, 945, 1259, 1288;
- kis-közepes (60–70 mm között): 884;
- közepes (70–80 mm között): 106, 171, 196, 278, 347, 530, 936, 1118/29, 1118, 1265;
- nagy-közepes (80–100 mm között): 14, 107, 157, 185, 285, 467, 551, 616, 847, 925, 990, 1082;
- nagy (100–120 mm között): 901, 1024.

A legnagyobb méretű lelet az 1024. objektumban (120 mm: felnőtt férfi sírja), a legkisebb a 614. objektumban (54 mm: felnőtt urnasírja) került elő. Nincs látható összefüggés a csuklóvédő mérete és az elhunyt életkora/neme, tehát a viselő testméretei között.

4. Rögzítésre szolgáló lyukak száma:

- kettő, középen alul-felül: 203, 1274, 1288?
- négy: 14, 107, 157, 171?, 185, 196, 278, 285, 347, 467, 484, 551, 614, 616?, 847, 901, 936, 945?, 979,

990, 1024, 1082, 1118, 1118/10, 1259, 1265/2, 1265/3, 1288?

- öt: 106;

- hat: 530, 884.

5. Nyersanyag:

- kiégetett kerámia, 1–4 keménység között (Mohs-féle skálán): 2 db: 185, 990;

- kiégetett kerámia vagy természetes agyagos kőzet?: 8 db: 107, 347, 551, 925, 936, 1024, 1082, 1118.29;

- puha, 1–2. keménységű kőzetek (p. homokkő, aleurolit): 285, 847, 945: pala; 196, 203, 278, 484, 530, 616, 979, 1259, 1265, 1274, 1288: aleurolit; 901: nem borostyán; összesen 15 db;

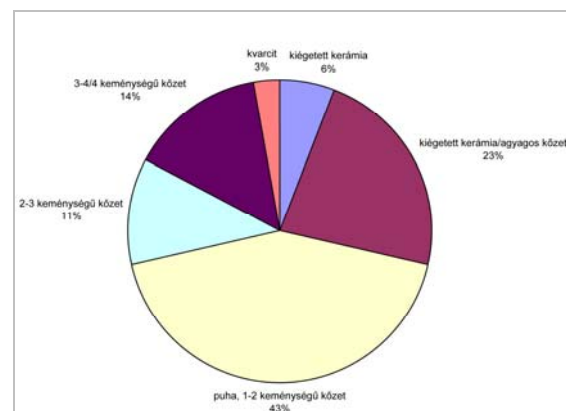
- 2–3. keménységű kőzetek: 4 db: 14, 106, 614, 1118.10;

- 3–4. vagy 4. keménységű kőzet: 5 db: 171, 157, 467, 884, 1265.

- kvarcit (6–7. keménységű): 1 db: 1192.

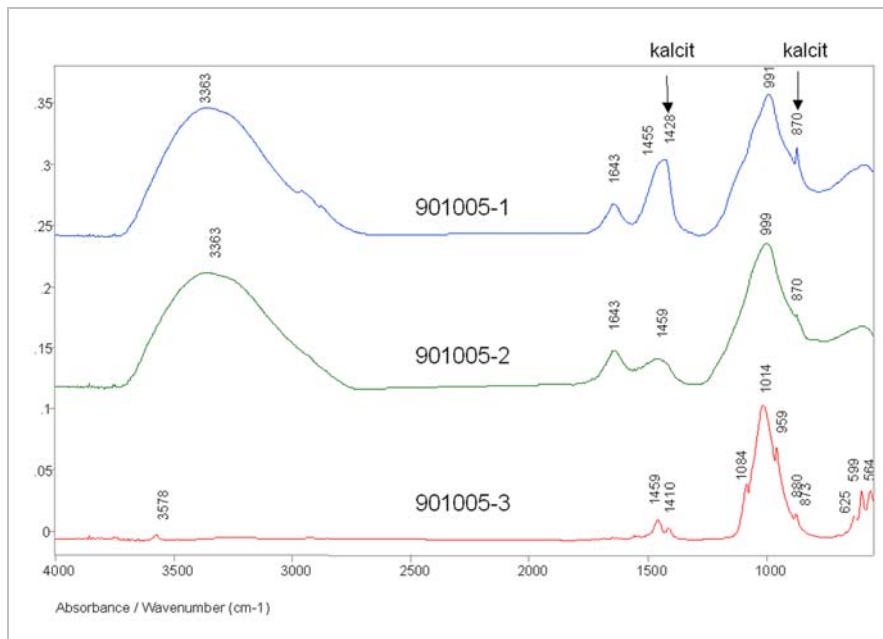
A viseléshez szükséges rögzítő lyukak átfúrása miatt csak puha kőzetek használhatók fel (3–4 keménységig) csuklóvédők készítésére, amelyek általában helyi alapanyagok. Kivételt képez a 1192. félkész lelet kvarcit kavicsból (**8/11. ábra**). A hosszúkas, keskeny kvarcit kavics hosszában lapra fűrészelt, de egyik oldalán beletört stádiumában lett félbehagyva. A kvarcit nyersanyag alapján a többi csuklóvédőnél jóval keményebb nyersanyagból készült volna, és talán éppen ez volt az oka, hogy még a rögzítő lyukak kialakításának fázisáig sem jutott el a készítés folyamatában.

A legtöbb csuklóvédő a szakirodalom alapján nem helyi kőzetből készült (Kuijpers et al. 2008, 124; Woodward et al. 2006). Ennek megállapítása a budakalászi lelőhely esetében óvatosságot igényel speciális, célzott provenancia-vizsgálatok hiányában.



10. ábra: Csuklóvédők nyersanyag típusai a lelőhelyen (35 db összesen)

Fig. 10.: The raw materials of the wrist-guards

**11. ábra:**

A 901. sír borostyánnak
véltetű csuklóvédőjéről
készült FTIR-spektrum

901005-1 a külső díszítés;
901005-2 a csuklóvédő
anyaga;
901005-3 a csuklóvédő
hátlapján lévő fehéres-
szürke lepedék

Fig. 11.:

FTIR-spectra of the wrist-
guard from Grave 901

A nyersanyagok többsége a csiszolás és eszközkészítési egyéb műveletek miatt makroszkóposan nehezen tanulmányozható, és az idegennek, távoli importnak tűnő nyersanyagok is lehetnek helyi beszerzésűek, amelyeket a Duna hordalékként távolról idáig görgetett, de mégis itt gyűjtötték be őket és használták fel eszközkészítésre.

Egy lelet esetében (2005.14.901.005, **6/2. ábra**) felvetődött, hogy a hamvasztás során szétégett borostyánlap lehet más analógiák példájára (a 2900–2700 BC közt élt Gömbamfóras, Zsinegdíszes, Tölcséres szájú edények és Baden kultúra keveredéséből létrejött Złota kultúrából ismerünk hasonló, sarkain átfűrt borostyán lemezeket: Czabreszuk 2003, Fig. 10; Furcholt 2008), de az FTIR-vizsgálat szervesen anyagot határozott meg, így ez a lehetőség kizárható (**11. ábra**). A csuklóvédőről származó mintarészek IR-színképei alapján a borostyánnak hitt nyersanyag vagy berakás/díszítés (901005-1) anyaga karbonátos szilikát és kalcit. Összehasonlítva a csuklóvédő anyagából vett mintarész spektrumával (901005-2) megállapítható, hogy a díszítés/berakás anyaga jóval több kalcitot tartalmaz. A csuklóvédő hátlapján található fehéres-szürke rész (901005-3) egyértelműen kiégetett csontnak bizonyult. A felső, borostyán-díszítésnek vagy berakásnak tartott rész feltehetően a meszes alapanyagú eredeti nyersanyag erős égés hatására való másodlagos szerkezeti átalakulásának következménye.

6. Égésnyomok:

- égésnyomokat a csuklóvédőkön nem mindig a szórthamvasztásos vagy hamvasztásos urnás sírokban találtam: a 616. objektum például egy

csontvázas sír, és égésnyomok láthatók a csuklóvédőn, kalcinálódott emberi csonttéggel. Ettől függetlenül a legtöbb csuklóvédőn látható égésnyom a temetőben túlsúlyban levő hamvasztásos sírokban a halott égetésekor keletkezhetett. A halotti rítus gyakorlása során bekövetkező égetés, amely nemcsak a halottra, hanem annak viseleti tárgyaira is kiterjedt, megnehezítette a dolgunkat a leletek petrográfiai leírása során. Makroszkopikusan, más célzott vizsgálatok nélkül sok esetben lehetetlen volt megkülönböztetni az eredetileg is kiégetett agyag csuklóvédőket, amelyek másodlagosan, a hamvasztás során újabb hő-sokkot szenvedtek el, a hamvasztáskor megégett természetes agyagos kőzetekből készült leletektől.

7. Másodlagos javítások/használati nyomok:

A csuklóvédők a sarkaikon, az átfúrásoknál a legsérülékenyebbek. Amennyiben a sarok letörik (és ez a használat/viselet során a leghamarabb következik be), a tárgyat megpróbálják megjavítani. Ha a sarok kevésbé sérült, megpróbálnak az eredeti lyuk mellé fűrni egy újat (pl. 925). Általában azonban a sarok törése után már nem marad hely lyuk számára, így középen fűrnak új lyukat (pl. 106, 278, 530, 936. objektumok), vagy a kisebbre tört darabokon készítenek új lyukakat azok új sarkain (pl. 945, 1259/3, 1288/5), illetve középen (1274).

- Másodlagos átalakítást mutatnak: 106, 614, 925, 945, 1259, 1274. Félkész darabok: 925, 1265. Nincs átfűrve: 1265/2; 925: kétszer átfűrt-javított. Középen és sarkain is átfűrt: 106, 530, 884. Csak középen átfűrt: 203, 1274.

- Rögzítésre, viseletre utaló nyomok: a hátlapon: 196. objektum, rekonstrukcióval; 106, 847, 884, 1082.5; előlapon: 467, 1118.10 1259.4.

8. Poncolás jellegű lyukakkal (de nem rögzítésre szolgáló lyukakkal: nincsenek teljesen átfúrva!) díszített:

- 979.

- sorban felül: középen 936; kompozícióban törött állapotban 1265.3, épen 157;

- alul-felül ívelt sorban: 185, 979, alul-felül középen 278;

- zöld patinával a felületén: 157. előlapon: 936. előlapon: egyik sírban sem került elő a zöld fémkorrózió lenyomatát okozó fémtárgy!

9. Fémtárggyal vagy más kombinálható lelettel együtt csuklóvédő egy sírban:

- törrel: 14, 107, 278?, 285, 616, 847, 1108?, 1288?;

- lemezzel (törből vagy más tárgyból?): 278, 1108, 1288;

- hegygel vagy nyílhegygel: 285, 467, 616, 945, 1082;

- tüvel: 467, 1082.

10. In situ csuklóvédő megfigyelések csontvázas sírokban:

- 616: bal orsócsonton, törrel;

- 847 bal kar külső részén középtájon, a csukló felett, alatta pattintott kövek és tör;

- 1082: bal karon keresztben elfordulva 90°-ban, nem in situ helyzetben, elmozdulva a csuklóvédő.

11. 2 darab csuklóvédő egy objektumon belül:

- 1024, 1118, 1265.

12. Pattintott kövel együtt került elő:

- 284/285: urnasír; 467: üres sír, mester sírja?; 616: csontvázas női sír; 847: csontvázas férfi sír; 884: urnás férfi sír; 945: urnás férfi sír; 1082: csontváza felnőtt sír; 1118: szórthamvasztásos gyerek sír; 1274: üres sír, 1288: üres sír.

25 esetben kerültek elő a leletek hamvasztásos (urnás vagy szórthamvasztásos), 3 esetben csontvázas sírból, két további esetben valószínűleg nem sírból. Hat esetben antropológiailag bizonyíthatóan nő (14, 196, 484, 530, 616, 990. objektumok), egy esetben gyerek (1118. objektum), kilenc esetben férfisír melléklete volt, négy esetben feküdt üres sírgödörben (szimbolikus sírként értelmezik), és tizenkét esetben volt a halott neve bizonytalan a csontok rossz megtartása és/vagy a hamvasztás szokása miatt.

A leletek a lelőhely kevés csontvázas sírjában történt megfigyelés szerint talán inkább a

ruhaviselet funkcionális vagy díszítő elemeit alkothatták, amely lehetőségre Kuijpers és munkatársai is utalnak munkájukban (ld. lejjebb). Sajnos a Harangedényes kultúrából nem ismerünk olyan leleteket, ábrázolásokat, amelyek alapján korrekt ruhaviseletet lehetne rekonstruálni. Az egyetlen aprólékos megfigyelést Sion sztelén Volker Heyd tette (Harrison–Heyd 2007, 152–159.), itt azonban csuklóvédők ábrázolása nem fordult elő, illetve esetlegesen négy vagy öt sztelén volt látható poncolás-szerű pontsor a csuklón, amely azonban csuklóvédőként, vagy tetoválásként is értelmezhető (Harrison–Heyd 2007, 159). Sok esetben kapcsolódott előkerülésük a budakalászi lelőhelyen is fém (tör) lelethez, amellyel szorosan egymás mellett kerültek elő. Talán néhány lelet még tör élesítésére, fenésére is használható volt (a természet eredetileg 2,5–3-as keménységű a Mohs-féle skálán, és ötvözés után sem változik sokat e tulajdonsága, így azok a csuklóvédők, amelyeknek nyersanyaga elérte vagy meghaladta ezt a keménységi fokot, alkalmas lehetett erre a feladatra). Mindössze öt esetben került elő csuklóvédő pattintott nyílhegygel vagy hegygel, amely a csuklóvédő íjász-felszereléshez való kapcsolatát mutathatná. Öt és három további kérdéses megfigyelésben (8) a csuklóvédők törrel kerültek elő, szorosabb közelségben a sírokon belül, mint a nyílhegyekkel, amely a csuklóvédők törhöz kapcsolódó felszerelés részeként való szerepére utalhat.

Csuklóvédők a magyar leletanyagban, különös tekintettel a Budapest régióra

Eddigi, publikációkból ismert leletek Budapest környékéről:

- Tököl (Tompa 1942, 3. T/2; Schreiber 1975, 14. kép/9: 70. sír, 15. kép/4: szórvány); Békásmegyér (Kalicz-Schreiber 1981, Abb. 13/1: 128. sír, Abb. 18: 128. sír; Kalicz-Schreiber–Kalicz 2001, Fig. 5.4: 471. sír, Fig. 6.2: 471. sír, Fig. 10.3: 128. sír, Fig. 11.2: 471. sír); Szigetszentmiklós (Kalicz-Schreiber 1981, Abb. 16.2). Jóval több leletről tudunk, ám eddig nagyon keveset közöltek, és azokat sem az eszköztípusra koncentrálva, hanem inkább mint kultúra-specifikus sírmellékletet. A publikációk a kerámiára és a halotti rítusokra fókuszáltak, ez az első olyan tanulmány, amelyben egy lelőhely csuklóvédőinek tipologizálására sor kerül, és elsődleges geológiai leírásuk is megtörténik.

Csuklóvédők a teljes elterjedési területen

A magyar régészeti nevezéktanba „csuklóvédő”-ként átkerült alak az angol, német, francia, spanyol és olasz Harangedényes nyelvterületen legtöbbször szintén csuklóvédőként (wrist-guard/wrist-protector/wristlet/bracer), ritkábban karvédőként (arm-guard/armlet), csuklópántként (wrist-brand), karkötőként (bracelet/gauntlet/bracelet), íj vagy

íjászvédőként (archer's guard/bow guard) szerepel (Kuijpers et al. 2008, 110). A leletek osztályozásának alapja a csuklólvédő formája, keresztmetszete, és a rögzítésre szolgáló lyukak száma. A 3 paraméterből képzett kombináció adja meg a lelet nemzetközi kodifikációját és besorolását (Kuijpers et al. 2008, 112). A forma-osztályozás 3 nagyobb kategóriát különít el: W (waisted) derékban behúzott forma; S (straight) egyenes oldalú; T (tapered) derékban kibővülő forma. Saját leírásomban további kategóriákként bevezettem a keskeny-karcsú (narrow) és a másodlagosan átalakított példányokra a négyzet (rectangular) formákat. A keresztmetszet alakját négy további kategória írja le: bi-convex (bc) mindkét oldalán domború; plano-plano vagy flat-flat (pp) mindkét oldalán sík; plano-convex (pc) egyik oldalán sík a másikon domború; crescent-shape vagy concavo-convex (cc) egyik oldalán domború a másikon homorú. A rögzítésre szolgáló lyukak száma nem köthető funkcionalitáshoz. A teljes elterjedési területen előfordulnak két vagy négy rögzítő lyukas leletek is egy lelőhelyen, egymás mellett, de két lyukas több van az Atlanto-Mediterrán térségben.

A széles formájú csuklólvédők leginkább Közép-Európában (Csehország, Morvaország, Magyarország), a keskenyek más európai régiókban fordulnak elő gyakrabban (Kuijpers et al. 2008, 110). A keresztmetszetet tekintve a sík (flat vagy plano), sík-domború (plano-convex) és a domború-homorú (concavo-convex) a három alap-változat, ennek talán a kézműves-technikához és a viseleti módhoz van köze: a konkáv-konvex változatot könnyebb viselni, viszont nehezebb elkészíteni. Britannia területén mutattak ki összefüggést a minél igényesebben megmunkált darabok és az egyre több rögzítésre szolgáló lyuk között (Kuijpers et al. 2008, 112). Mindkét oldalán egyenes formák két rögzítő lyukkal kombinálva csak a közép-európai térségben fordulnak elő, és a négy lyukas is itt a leggyakoribb, különösen a kiválóan kidolgozott 4Wcc változatok. Ugyanakkor míg Angliában és Skóciában a Wcc típus gyakori, Írországból az atlanti 2-lyukas.

A leletek karon előforduló pontos helyzetének meghatározása mítoszok és legendák, rossz megfigyelések, illetve dokumentáció hiányában erősen problematikus. Amesbury lelőhely első publikációjában például a feltárók a saját pontos és precíz ásatási megfigyelésüket felülírták és negligálták az addigi elfogadott kánon szerint a rekonstrukció során (Kuijpers et al. 2008, 114). A hitelesen rögzített esetek alapján elmondható, hogy nemcsak a kar belső oldalán fordulnak elő, hanem az a helyzet, hogy a megfigyelések szerint éppen a fordítottja tűnik gyakoribbnak: vagyis a kar külső oldala (Kuijpers et al. 2008, 112; séma a viseletre: Kuijpers et al. 2008, 113, Fig. 2); leggyakoribb a B3 pozíció (11 temetkezésnél a jobb alsó kar külső

részén, de a karcsont alatt). A csuklólvédő helyzete lehet funkcionális, de dekoratív célú is, és ez utóbbi lehetőség valószínűbbnek tűnik a példák szerint. Mindössze 31 esetben lehetett meghatározni a pozíciót többé-kevésbé, és csak a brit és skót csuklólvédőket tárgyalták pozíciójuk alapján (Kuijpers et al. 2008, 115). Figyelembe kell venni azt is, hogy a csuklólvédők pozícióját az eddigi szakirodalom alapján a halál után bekövetkező helyzetváltozások is befolyásolhatják. Sokan azonban ma már ezt az érvet nem tartják valószínűnek, és azzal érvelnek, hogy a Harangedényes temetkezések többsége olyan körülmények között kerül elő, ahol a kamraszerű sírkonstruktciók (kőből, fából) eleve megakadályozzák ennek a lehetőségét, mivel a temetkezés szűk, biztonságos, zárt helyen fekszik (ez a rítuselem Magyarország területére nem jellemző). A legtöbb esetben a csuklólvédő az alsó karon, általában a bal karon, kívül volt (Kuijpers et al. 2008, 116). A legtöbb csuklólvédő a csuklóhoz volt rögzítve, ezt a rögzítést többnyire bőr- vagy inszalagokkal képzelték el (Kuijpers et al. 2008, 118). A legtöbb csuklólvédő két-lyukas, és egyelőre elképzelhetetlen, hogyan lehetett ezeket két lyukkal stabilan a helyükre rögzíteni úgy, hogy ne mozduljanak el a csuklón. Morvaországban lyuk nélküli leletek is ismertek (Kopacz et al. 2009, 105). Leginkább egy eleve nagyobb bőr karkötőre/csuklókötőre rögzítve képzelték el rátétként (Kuijpers et al. 2008, 118).

Lelőhelyünkön a 3 in situ megfigyelt csontvázas sír esetében mindháromnál a bal alkar (bal-kezések vagy jobb kezes íjhasználat mellett éppen a bal kéz a stabilizáló pozícióban, ahol csuklólvédőre van szükség?), azon belül az egyiknél az orsócsont, a másikonál az alkar közepe érintkezett a lelettel, a harmadik esetben a lelet kimozdult eredeti helyéről. Az első két megfigyelésnél fontos szempont lehet, hogy a csuklólvédők törrel, a 847. sírban pattintott kövekkel és törrel együtt feküdtek. Ugyancsak fontos megfigyelés, hogy három esetben (1024, 1118, 1265. objektumok) két lelet került elő egy objektumban, és csak a 1265. objektum esetében volt egyértelműen bizonyítható, hogy két urnasírhoz tartozó leletekről van szó egy objektumban, két esetben tehát egy személy viselhetett egyszerre két csuklólvédőt. Sajnos a hamvasztás szokása miatt a dupla-elhelyezést/viseletet nem tudjuk in situ megfigyelésekkel kiegészíteni, sem antropológiai adatokkal egyértelműen alátámasztani. Az anyaguk alapján korábban csuklólvédőnek gondolt fém (arany, réz, bronz) leletek ma már úgy vélik, inkább más tárgyak lehetnek, nem csuklólvédők (Kuijpers et al. 2008, 117–118).

Az etnográfiai és a történelmi irodalomból több korszakban és a világ számos pontján ismerünk példákat csuklólvédő viseletére, de egyet sem

íjászok hordták. Ebből következően a modern feldolgozások már azt sugallják, hogy inkább szimbolikus tárgy lehetett, vagy egyáltalán nem is kapcsolható az íjászathoz. Új-Guineában növényi részek, fa, az Inuitoknál elefántcsont vagy szarv, esetleg kéreg is lehetett csuklóvédő. Szarv és elefántcsont fordult elő a 16. századi Angliában is, a Mary Rose csatahajón (Kuijpers et al. 2008, 119). Az indián törzseknél a Navajo (ketoh/Gatoh) és Hopi (mapona) indiánoknál található csuklóvédő, bőrből, ezüst díszítéssel, négy lyukas, cc keresztmetszetű. Hétköznapi használati tárgy vagy dísz volt: a két funkció egymás mellett is létezhetett. A ketoh díszítése maskulin jellegű, és rituálisan is szerepet kapott: a Kachina táncosok is viselték, az egyenesség és a bátorság szimbólumaként, ugyanakkor minden Hopi harcosnak is volt, még a gyerekeknek is, hogy erősebbé tegye őket. Az indiánok szerint a bőr csuklóvédők fontosabbak és értékesebbek, mint az ezüst-díszesek, az ezüst pusztán dísz, a harcos valódi jelentését, szimbólumát a bőr hordozza (Kuijpers et al. 2008, 119). A hopiknál létezett egy korai prototípus: csont lap, hozzávarrva a bőrhöz, a csont általában a megölt ellenség scapulájából vagy egy elejtett, értékes ragadozó állat, legtöbbször medve csontjából készült (Kuijpers et al. 2008, 120).

A régészeti irodalom alapján levonható tanulságok alapján a csuklóvédőt viselő emberek vadászok vagy harcosok lehetnek: vagy esetleg mindkettő? A lelőhelyen végzett antropológiai vizsgálatok viszont azt igazolták, hogy a csuklóvédő viseletének szokása – akár harcos, akár vadász személyéhez kötődött – nemek és életkor szerint a nőkre és a gyerekekre is kiterjedt. Az íjászat, az íj és a nyíl a késő neolitikum, rézkor és kora bronzkor időszakában férfias (maskulin) jelleghez, ideológiához kötődik. Íj vagy nyíl több alkalommal sírmellékletekként fordulnak elő, ellentétben pl. a szántásnyomokkal és a kapákkal, amelyek kifejezetten női szimbólumok. Kuijpers és munkatársai szerint a csuklóvédő funkcionális, de ezzel együtt kozmológiai, ideológiai jelentőségű tárgy is lehetett, amely magasabb státuszt jelölt a társadalmon belül, hasonlóan, mint például a kardok a késő bronzkorban. A belső karon viselve funkcionálisan, a külsőn díszítésként mindenképp óvó-védő szerepe volt, valamiképpen talán az íjászathoz kapcsolódott, és eredetileg férfi-aspektussal rendelkezett. Viszont minden lelet, amelyet sírmellékletekként ismerünk, már megváltozott szerepkörben mindezek mellett lehetett egy az Ősöknek szánt felajánlás, ajándék,

személyazonosító, vagy egyéb más szimbólum is a sírokban.

Kik lehetnek a csuklóvédővel rendelkező egyének: főnökök vagy Ősök? A Harangedényes temetkezések közt rítusban és a mellékletadásban standardizáció mutatható ki: sűrűn előfordulnak csuklóvédők réztörrel, a bal felső karon viselve, vagy a mellkason átvetve, amely szintén egy állandósult, öröklődő (?) státuszt jelölhet (vö. Anthony 2007, 137–138, 378–379, a késő rézkorban Dani–Horváth 2012, 96, 139. lábjegyzet). Alapvetően levonható tanulságként Kuijpers és munkatársai arra a következtetésre jutottak, hogy a sírokban mind a női, mind a férfiviselet egy elméletben létező személynek vagy egy elvont személynek (pl. Ősnek) a reprezentációja (Kuijpers et al. 2008, 124–125).

A csuklóvédő kialakulása potenciálisan talán egy Harangedényes kultúra előtti (ún. pre-Beaker) eneolitikus portugál kultúrához köthető: a főként Lisszabon régiójában elterjedt Alentjo kultúrában különböző alakú és díszítésű kölemezek tűnnek fel, amelyek inspirálhatták a későbbi Harangedényes csoportokat a tárgy kialakításban (Care 2004, 26–28). Ezeknek a csüngőként meghatározott leleteknek az ún. klasszikus csoportja mutat alaki hasonlóságot a későbbi Harangedényes csuklóvédőkkel. A tárgyak funkcióját sokféleképpen határozták meg (Thomas 2011, 47–52.), hasonlóan a modern csuklóvédő-értelmezésekhez.

A csuklóvédő, bármilyen mára már megfejthetetlen eredeti funkciójában is, a Harangedényes kultúra egyik vezető tárgytípusa, és részét képezi a kutatók által meghatározott ún. BB-set-nek (Heyd 2007). Karakteres kultúra-specifikus tárgy, ugyanakkor azonban vannak arra vonatkozó gyér adatok, hogy más kora bronzkori kultúrákban is feltűnnek (Novotná–Novotný 1984, T. LXXXI/11: Chl'opice–Veselé kultúra); P. Fischl–Kulcsár 2011, 64, 16. jegyzet: Kiskundorozsma–Hosszúhát-halom, 66. sír, korai Maros kultúra; Soltvadkert–Felsőcsobor, ismeretlen lelőhely; Tiszainoka I. sír, Tószeg–Lapos-halom: nagyrévi kultúra; végső kifutása: átalakított, másodlagos felhasználással Kakucs–Balla-domb, Vátya-koszideri fázis: Horváth 2004a, 75. jegyzet). Ezek a ritka jelenségek talán valódi interakciókat takarhatnak, amelyek során vagy a csuklóvédő viseletének és készítésének ismerete, vagy egy csuklóvédővel rendelkező valódi Harangedényes személy más, egykorú közösségbe való integrációja követhető nyomon.



12. ábra: Pattintott kőeszközök a lelőhelyről (részletes leírás a szövegben)

Fig. 12.: Chipped stone implements from the site

Pattintott kövek (12. ábra)

Nyílhegyek és hegyek

1 db/1 objektum

- 2005.14.177.4. (12/1. ábra)

Budai szarukő, enyhén kérges felülettel.

Nyílhegy, distalis végénél (hegyénél) törött, hátlapja sík, előlapja domború, felületi retusokkal kialakított, élek szintén bifaciálisan retusáltak, bázisa erősen konkáv, a bázisnál enyhe használati kopásfény látható.

18×20×4 mm

177. objektum: felnőtt urnasírja, urnafészkekben, a kövek az urnában voltak.

- 2005.14.217.4. (12/2. ábra)

Budai szarukő, égett.

Kis méretű, hátlap lapos, előlap domború kialakítású, bázisa erősen konkáv.

18×18×4 mm

217. objektum: felnőtt urnasírja.

- 2005.14.525.10.

Budai szarukő.

A bázisnál a jobb sarkán a szaka letört, mindkét lapja domború, megnyúlt, karcsú forma, konkáv bázissal.

24×14×5 mm

525. objektum: felnőtt férfi urnasírja, a kövek az urnán kívül voltak.

- 2005.14.532.1. (12/3. ábra)

Budai szarukő.

A bázis jobb sarkán a szaka letört, mindkét lapja domború kialakítású, kis méretű, a bázis szögletes, kevésbé konkáv.

20×16×3 mm

532. objektum: felnőtt férfi urnasírja.

- 2005.14.655.11. (12/4. ábra)

Budai szarukő, hófehér változat (porcelanit kéreg).

A bázisnál a jobb szaka letört, az előlap domború, a hátlap sík, az előlap jobb élén és a hegyen gyenge használati fény látszik, megnyúlt, karcsú forma, erősen konkáv bázissal.

28×16×4 mm

655. objektum: felnőtt szórthamvasztásos sírja sírgödörben, a kő a csontok közt volt.

Több darab pattintott nyílhegy egy objektumban

2 db/egy objektum

- 285/8. (12/6. ábra)

Budai szarukő.

Nagyon vékony, mindkét lapja lapos, hátlap már szinte homorú, a bázis konkáv, aszimmetrikus, a hátlap jobb oldalán használati kopásfény, a jobb sarka törött.

25×21×2 mm

- 285/9. (12/7. ábra)

Budai szarukő.

Kis méretű, a bal sarkán törött (bal kezes nyílhegy?), előlapja domború, hátlapja lapos, bázis erősen konkáv.

22×17×5 mm

285. objektum: üres sírgödör, együtt a 284. objektummal.

- 2005.14.945.36. (12/8. ábra)

Budai szarukő, szürkésfehér változat.

Kis méretű, hátlap lapos, hegye tompa, enyhe használati fény látszik az előlap jobb oldalán, a bázis konkáv, kissé aszimmetrikus.

17×18×3 mm

- 2005.14.945.37. (12/9. ábra)

Budai szarukő.

A bázisnál a jobb szaka letörött, hátlap laposabb, előlap teljes felülete fényes, jobb oldalon erősebben látható kopásfény, hegye kicsit tompa, törött, karcsú, megnyúlt forma, kevésbé konkáv bázissal.

27×17×4 mm

4 db/1 objektum

- 2005.14.1076.25. (12/10. ábra)

Világos budai szarukő változat.

Előlap domború, hátlap sík, aszimmetrikus bázis, alig konkáv.

27×20×3 mm

- 2005.14.1076.26. (12/11. ábra)

Budai szarukő, sötét változat.

Előlapja domború, hátlapja sík, kisebb méretű, enyhén konkáv bázis.

21×19×4 mm

- 2005.14.1076.27. (12/12. ábra)

Budai szarukő

Jobb sarkán enyhén törött, aszimmetrikus bázis, előlap domború, hátlap sík, bázis konkáv.

25×17×3 mm

- 2005.14.1076.28. (12/13. ábra)

Budai szarukő.

Nagy méretű, előlap domború, hátlap sík, bázis alig konkáv.

28×20×5 mm

1076. objektum: felnőtt nő urnasírja, urnafészkekben, a kövek a csontok közt voltak.

5 db/objektum

- 2005.14.1082.5. (12/14. ábra)

Budai szarukő, fehér változat.

Előlap domború, hátlap lapos, bázis konkáv.

24×17×6 mm

- 2005.14.1082.6. (12/15. ábra)

Budai szarukő.

Karcsú, megnyúlt forma, keskeny, lapos oldalakkal, erősen konkáv bázis, aszimmetrikus bázis.

23×15×2 mm

- 2005.14.1082.7. (12/16. ábra)

Budai szarukő, fehér változat.

Karcsú, megnyúlt, nagy méretű, keskeny, mindkét lapja laposabb hátlap teljesen, bázis konkáv, aszimmetrikus.

29×17×2 mm

- 2005.14.1082.8. (12/17. ábra)

Budai szarukő.

Karcsú, megnyúlt forma, hátlap lapos, előlap domború, bázis konkáv, aszimmetrikus.

25×16×3 mm

- 2005.14.1082.9. (12/18. ábra)

Budai szarukő, előlapján kéreg.

Előlap domború, hátlap lapos, bázis alig konkáv, aszimmetrikus.

21×16×3 mm

További 4 db pattinték (12/19. ábra):

- budai szarukő, penge proximális töredéke, distalis végén egyenesen csontkötött, előlapján 1 gerinc, bulbos

nincs, talon diedre, kérges eredeti kavicstalp felszint mutat, lágy ütővel választották le a magköről, 28×16×4 mm

- budai szarukő, pengeszerű atipikus szilánk, előlapján 1 gerinc, 31×17×9 mm

- budai szarukő, szilánk, megmunkálatlan, talon diedre, bulbus nagy, 22×30×3 mm

- budai szarukő, atipikus szilánk, 30×29×7 mm

1082. objektum: csontvázas felnőtt sírja.

7 db/objektum

- 2005.14.616.15. (12/20. ábra)

Budai szarukő.

Előlap domború, hátlap lapos, bázis konkáv, aszimmetrikus.
29×17×3 mm

- 2005.14.616.16. (12/21. ábra)

Budai szarukő, fehér változat.

Előlap domború, hátlap sík, bázis alig konkáv, aszimmetrikus.
25×18×6 mm

- 2005.14.616.17. (12/22. ábra)

Budai szarukő.

Kis méretű, előlap domború, hátlap lapos, erősen konkáv bázis.
17×16×3 mm

- 2005.14.616.18. (12/23. ábra)

Budai szarukő, lilás változat (égett?)

Kicsi, vaskos, hátlap lapos, előlap félkész?: nincs a felület kiretusálva, csak az élek.
23×16×6 mm

- 2005.14.616.19. (12/24. ábra)

Matt vörös, sávos radiolarit: kárpáti vagy gerecsei? nagyon könnyű! égett?

Előlap domború, hátlap lapos, bázis erősen konkáv.
25×16×3 mm

- 2005.14.616.20. (12/25. ábra)

Szentgáli radiolarit.

Karcsú, megnyúlt forma, hátlap laposabb, bázis erősen konkáv.
23×14×3 mm

- 2005.14.616.21. (12/26. ábra)

Fekete lidit kavicsnyersanyag.

Előlap domború, hátlap lapos, bázis erősen konkáv. S/triangular, concave based.
21×15×3 mm

További hulladékok, budai szarukő (12/5. ábra):

- 2 db atipikus szilánk: 34×22×9 és 23×15×6 mm, 1 tipikus szilánk, talon diedre, bulbus kicsi, 27×23×6 mm
616. objektum: 23–59 éves, zsugorított, csontvázas nő (?) sírja, nyílhegyek az edények mellett, a csuklóvédő a bal karon. (9/2. ábra)

467. sír: „pattintott köeszköz készítő mester sírja”: 31 db pattintott kő (6/4. ábra).

Hosszú, karcsú bifaciális kidolgozású hegyek, narancssárga-fehér áttetsző limnokvarcitből, növényi szálakkal: kavicsanyagból:

- 2005.14.467.45. (12/32. ábra)

Ép példány, penge alapon készült, előlapon 1 gerinc középen, éretusok bifaciálisak, jobb élen használati kopásfény mindkét oldalon.

34×17×5 mm

- 2005.14.467.46. (12/33. ábra)

Alapjánál törött vagy csonkított hegy?

31×14×6 mm

- 2005.14.467.47. (12/34. ábra)

Hegy, alapjánál és hegyénél törött, elnagyolt felületi retusok, egyenetlen felszín az elő és a hátlapon is, az éretus kidolgozása szebb, a hegy kicsit aszimmetrikus. M-L/slim, triangular.

26×18×5 mm

Hasonló nyersanyagból pattinték darab, középen szabályosnak tűnő lyukkal, amely azonban csak véletlen kitérés lehet (12/44. ábra):

2005.14.467.44: 28×29×7 mm

Háromszögletű, bifaciális, konkáv bázisú nyílhegyek, budai szarukő:

- 2005.14.467.36. (12/35. ábra)

Budai szarukő.

Vékony, atipikus szilánk, előlapján kéreggel, nyílhegy előforma. L/triangular, concave based.

28×23×3 mm

- 2005.14.467.38. (12/36. ábra)

Lapos, háromszögletű, konkáv bázisú atipikus szilánk, eredeti kavicstalppal, nyílhegy előforma. VL/triangular, concave based.

42×35×6 mm

- 2005.14.467.39. (12/37. ábra)

Budai szarukő.

Pengeszerű, vékony atipikus szilánkgerezd, eredeti kavicstalppal, nyílhegy előforma.

28×14×4 mm

- 2005.14.467.41. (12/39. ábra)

- Budai szarukő.

Háromszögletű, atipikus szilánk, egyenes bázissal, nyílhegy előforma.

48×36×14 mm

- 2005.14.467.42. (12/38. ábra)

Budai szarukő.

Vaskos, eredeti kavicstalpat őrző atipikus szilánkon nyeles nyílhegy előforma.

40×28×8 mm

- 2005.14.467.48. (12/27. ábra)

Hátlapja lapos, nincs konkáv bázisa.

25×19×6 mm

- 2005.14.467.49. (12/40. ábra)

Budai szarukő.

Félhold alakú atipikus szilánk, az előlap bal oldalán éretussal, befejezetlen nyílhegy vagy aratófűrész.

23×16×6 mm

- 2005.14.467.50. (12/41. ábra)

Budai szarukő.

Pengeszerű szilánktörredék, nyílhegy előforma?

16×14×2 mm

- 2005.14.467.51. (12/31. ábra)

Budai szarukő.

Háromszögletű atipikus szilánk előlapján 1 gerinccel, eredeti kavicstalppal.

30×20×7 mm

- 2005.14.467.52. **(12/28. ábra)**
Budai szarukő, fehér változat.
Nagyon lapos, bal oldali szaka felől rövidebb, aszimmetrikus, ívelt konkáv bázissal, bal kezes nyilvessző?
20×16×3 mm
- 2005.14.467.53. **(12/29. ábra)**
Előlap domború, hátlap lapos, aszimmetrikus, a bal oldali szaka felől rövidebb (bal kezes nyilvessző?), erősen ívelt bázissal.
23×16×4 mm
- 2005.14.467.54. **(12/30. ábra)**
Budai szarukő, fehér változat.
Hátlapja lapos, konkáv bázis, szimmetrikus.
20×15×3 mm
- Pattintékok, hulladékok, budai szarukő:
- 2005.14.467.24.
Atipikus magkőkezdő szilánk, előlapján kéreggel,
41×28×11 mm.
- 2005.14.467.25.
Atipikus pengeszerű szilánkgerezd, 34×26×11 mm.
- 2005.14.467.26.
Atipikus szilánk, 33×45×7 mm.
- 2005.14.467.27.
Atipikus szilánk, 41×29×6 mm.
- 2005.14.467.28.
Atipikus szilánk, 35×21×7 mm.
- 2005.14.467.29.
Kavicsdarab, 46×27×12 mm.
- 2005.14.467.30.
Atipikus magkőkezdő szilánk, előlapja kérges, 33×34×10 mm.
- 2005.14.467.31.
Szilánk, talon sima, bulbus kicsi, 26×22×4 mm.
- 2005.14.467.32.
Pengeszerű atipikus szilánkgerezd, előlapon rozsdás vaskiválósos lepedékkel, 35×23×8 mm.
- 2005.14.467.33.
Atipikus szilánkgerezd előlapján rozsdás vaskiválósos lepedékkel, 27×18×7 mm.
- 2005.14.467.34. **(12/43. ábra)**
Pengeszerű atipikus szilánk, jobb alsó oldalélén retusált, aratófűrész, 24×17×6 mm.
- 2005.14.467.35.
Atipikus szilánkgerezd előlapján kavicskéreggel,
32×30×7 mm.
- 2005.14.467.40. **(12/45. ábra)**

Pengeszerű szilánk, bulbus közepes, talon diedre, 22×21×4 mm.

- 2005.14.467.43. **(12/42. ábra)**
Atipikus fűrész, pengeszerű szilánkon, 42×16×10 mm.

467. objektum: üres sírgödör, kövek a sír déli részében, edényekkel, bronztüvel, csuklóvédővel együtt **(6/4. ábra)**.

További pattintékok, hulladékok, budai szarukőből

- 213/3.

Tipikus szilánk, talon diedre, bulbus kicsi, 44×32×6 mm:
213. objektum: szórthamvasztásos felnőtt sírja, a kő csontok közt feküdt.

- 2005.14.233.2.

Atipikus szilánk, 32×25×8 mm: szórthamvasztásos felnőtt férfi sírja.

- 668.2.

1. atipikus szilánk, 25×28×5 mm.
2. atipikus szilánk fehér budai szarukő, 35×18×4 mm: kövek a bögrel mellett, urnás sír?

- 801.5. **(12/47. ábra)**

Atipikus, D-alakú szilánkgerezd előlapján rozsdás lepedékkel, 46×31×13 mm: 23–39 éves férfi urnasírja, a kövek a kisbögrelben voltak.

- 847/5.

Szilánk, talon diedre, bulbus nagy, 29×30×7 mm.

- 847/7.

pengeszerű atipikus szilánk, kérges, 36×24×10 mm

- 847/6.

Atipikus szilánk, 38×26×9 mm.

847. objektum: 23–x éves, csontvázaz férfi sírja, csuklóvédővel.

- 1118. **(12/48. ábra)**

4 db atipikus budai szarukő szilánk: 30×28×8, 31×18×8, 30×17×7, 32×17×7 mm, 1 db limnokvarcit: 39×18×13 mm.

1 db szarukő aratósarló-fűrész, atipikus szilánkon, 2 végén törött, bifaciális életussal, 33×18×6 mm.

Sávós kavics szilánk, bulbus nagy, talon sima, 30×39×10 mm.

1118. objektum: 2 db csuklóvédő, csiszolókö, 2 db kőbalta továbbá az objektumban. **(4/13. ábra)**

- 1274. **(12/50. ábra)**

6 db atipikus szilánk, égett is van köztük, 31×24×7, 30×20×12, 28×19×7, 28×18×8, 28×17×8, 24×20×7 mm.

1274. objektum: üres sír, csuklóvédő is volt a sírban.

- 1318/4.

2 db atipikus szilánk, 37×42×6 és 36×40×13 mm.

Atipikus fűrész? 40×21×9 mm: felnőtt férfi urnasírja, a kövek az urna alatt voltak.

1. táblázat: Pattintott kőleletek előforduló eszköztípusai a lelőhelyen

Table 1.: Type list of the chipped stones on the site

eszköz típus	háromszögletű nyílhegy konkáv bázissal	háromszögletű nyílhegy egyenes bázissal	háromszögletű nyílhegy nyéllel	geometrikus hegy ferde éllel és bázissal	háromszögletű hegy ferde bázissal	háromszögletű hegy, karcús	atipikus fűrész	fűrész
darab össz. 86	30	1	2	4	2	1	2	3
százalék össz. 100	34,8	1,16	2,32	4,64	2,32	1,16	2,32	3,48

Értékelés

Pattintott kőeszközök (52 eszköz és 34 hulladék, összesen 86 db lelet) az alábbi objektumokban fordultak elő:

- 177: felnőtt hamvasztásos sír; 213: felnőtt hamvasztásos sír; 217: felnőtt hamvasztásos sír; 233: felnőtt hamvasztásos sír; 284–285: hamvasztásos sír + csuklóvédő + egyéb BB-set; 467: üres sírgödör (szimbolikus sír?) + csuklóvédő + egyéb BB-set; 525: felnőtt férfi hamvasztásos sír; 532: felnőtt férfi hamvasztásos sír; 616: felnőtt női (?) csontvázas sír + csuklóvédő + egyéb BB-set; 655: felnőtt hamvasztásos sír; 668: hamvasztásos sír; 801: felnőtt férfi hamvasztásos sír; 847: felnőtt csontvázas sír + csuklóvédő + egyéb BB-set; 945: felnőtt hamvasztásos sír + csuklóvédő; 1076: felnőtt női hamvasztásos sír; 1082: felnőtt csontvázas sír + csuklóvédő; 1118: hamvasztásos gyereksír + 2 csuklóvédő + csiszológó; 1274: üres sírgödör (szimbolikus sír?) + csuklóvédő; 1318: felnőtt férfi hamvasztásos sír.

1. Nyersanyagok

A leletek közt dominált a budai szarukő, amely több típusban és színárnyalatban volt megtalálható. Ez arra utal, hogy valószínűleg több bányaforrásból származik, a Budai-hegység területéről. További nyersanyagként említhető a nagy valószínűséggel Duna kavicsfordalékából gyűjtött lidit (1 db), a szentgáli radiolarit (1 db), a gerecsei vagy kárpáti radiolarit (1 db), és az áttetsző, narancssárgás opál vagy limnokvarcit (4 db), amely feltehetően vagy a Dunazug-hegységből, vagy úgyszintén a Duna hordalékából származik. A nyersanyagok pontosabb beazonosítása és származáshoz, bányahelyhez való kötése nehéz, mivel nehezen meghatározhatók makroszkopikusan, célzott, speciális nyersanyag-vizsgálatok pedig nem történtek. Az idegen, importokként is kezelhető kövek közül végső soron egy sem bizonyíthatóan és egyértelműen távoli nyersanyag: az egyik radiolarit-fajta lehet gerecsei is (és kárpáti is), a liditként/opál-limnokvarcitként leírt nyersanyagok is lehetnek a helyi Duna vonalán gyűjtött, bár esetleg távolabbról idekerült, a vízzel lesodródott nyersanyagok.

2. Méret és osztályozás

A nyílhegyeknél alkalmazott leíró szempont Jerzy Kopacz és munkatársai (2009) után az alábbi kategóriákat vezette be: medium-long (ML): 23–27,5 mm, long (L): 27,5–32, very long (VL): 32 mm felett. Továbbá bevezettem a lelőhelyen a very small (VS): 20 mm alatt, és small (S): 20–23 mm közötti kategóriákat. 3 db nagyon kicsi, 10 db kicsi, 14 db közepesen hosszú, 10 hosszú és 2 nagyon hosszú darab volt. A nagyon hosszú darabok elsősorban a félkész, nyeles típusokból kerültek ki.

A legtöbb a közepes, a kicsi, majd a hosszú méret volt. A nyílhegyek és hegyek leírásánál Robin Furestier (2004) típus megnevezéseit használtam.

Nyílhegyek:

- Nyeles, háromszögletű, szögletesen szakállas véggel kialakítva: 467.42. és 36? (félkész).

- Háromszögletű, konkáv bázisú: a leletek hátlapja általában vagy sík, vagy kevésbé kidolgozott, retusált, az előlapjuk domború, dús retusálással. Általánosságban megfigyelhető volt, hogy a jobb szaka törött, sérült (kivéve a bal oldalon sérültek: 285/9, 467/52–53: ezek talán bal kezes nyílvevők?, a 467. sírban egy objektumban kettő is volt). Megfigyelhető volt továbbá, ahol több lelet volt egy objektumban, ott nem egyformák voltak méretben és alakban a nyílhegy leletek, és sokszor a nyersanyaguk is eltért (vö. 285, 945, 1076, 1082, 616, 467. sírok).

1 db volt a 177, 217, 532, 655., kettő a 285. és 945., négy az 1076., öt az 1082., 7 a 616. és 8 darab a 467. sírban. Nyeles nyílhegy változatok csak félkész állapotban fordultak elő.

- Egyenes bázisú, háromszögletű nyílhegy: 467.48.

Hegyek:

- Karcsú hegy ferde bázissal: 467.46; 467.47.

- Karcsú, háromszögletű, konvex bázisú hegy: 467.45.

- Ferde élű geometrikus, lapos hegy: 467.39, 467.51, 467.49. Félkész állapotban volt: 467.38.

3. Összesített típuslista

29 db háromszögletű, konkáv bázisú (1 db félkész), 4 db ferde geometrikus (2 ebből félkész), 2 karcsú, 1 karcsú konvex bázisú hegy/nyílhegy.

Fúró 2 db: 467.43. és 1318/4.

Fűrész/aratóbetét 2 db: 467.34, 1118, félkész: 467.40.

Pengetőredék 1 db: 1082.

Szilánk 7 db: 213, 467, 616, 847, 1082, 1118.

Szilánkgerezd 1 db.

34 db pattinték/hulladék/atipikus szilánk (39,44%).

Összesen 86 db pattintott kölelet.

Előkerülési helyük általában urnában, urna mellett, csontvázas síroknál a kéz környékén, csípőnél, üres sírokban a sírgödör déli részében egyéb leletekkel.

- 467. sír: „pattintott kőeszköz-készítő mester” sírja. Valójában üres, emberi maradványt nem tartalmazó objektum volt, amelyet szimbolikus sírként határozott meg a feldolgozó régész, Czene András. A pattintott kövek mellett harangedény, 2 tű, és

csuklóvédő volt még a sírban. A pattintott leletek között nem csak kész eszközök vannak: előfordulnak félkész formák is. Továbbá ez az egyetlen olyan sír, ahol akár idegennek tűnő kőnyersanyagok kerültek elő (a temető egyetlen, a kőeszközök alapján korai, 2a fázisra keltezhető sírja). Párhuzamot vonhatunk a Budakalás–Luppa-csárda késő rézkori badeni kultúra ún. „kőeszköz-készítő mesterének” sírjával (Korek 1986; Cs. Balogh 2009, 399–400; sírleírás Bondár 2009, 68–70, P. XLI.), amelyet az új feldolgozás (helytelenül) már nem kőeszköz-készítő, hanem csonteszköz-készítő mester sírjának tart. Ez a sír-együttes szintén nem csak kész eszközökből állt, hanem éppen ad hoc vagy félkész eszközökből, emiatt gondolta Cs. Balogh Éva, hogy egy mester hagyatéka ugyan, de az a sokkal számottevőbb és jelentősebb számú és minőségű csonteszközök miatt csonteszközök készítő mester volt. A csonteszközök közt az 1. és 23. darab a pattintott kőeszközök készítésében részt vevő retusőr, a többi pedig (9–25.) csiszolt-hasított disznóagyar, tehát ékszer volt (vö. még Horváth 2012b; 2013).

A késő rézkori és kora bronzkori pattintott kőeszköz-készítési technológia és maga a nyersanyag-használat, valamint az eszköz-használat is több szempontból mutat átfedéseket a budapesti régióban (Horváth 2004, 2009, 2012a; Zandler–Horváth 2010): a tömegében közeli, de rosszul megmunkálható, sokszor kavicsgumó formájában megtalálható budai szarukő nyersanyag típusokból forgácsolási technológiával készítették eszközöket, és ez a félkész, rosszul pattintható, vagy ad hoc eszközök kialakításának kedvezett (Kopacz et al. 2008), vagyis ebből a szempontból nézve mind a Harangedényes 467. sír, mind pedig a Baden kultúra 91. sírja lehetett kőeszköz-készítő mester sírja Budakalás–Luppa-csárda lelőhelyen.

Magyarországi Harangedényes kőleletek

Szigetszentmiklós–Felső Ürge-hegyi dűlő (Zandler 2012)

- Település: összesen 65 db lelet: szentgáli, hárskúti, gerecei radiolarit, budai szarukő, lidit, limnokvarcit (Szurdokpüspöki/Püspökhatvan), kárpáti 1. obszidián fordult elő nyersanyagként. Köztük mindössze 6 db eszköz: retusált penge, vakaró, csonkított szilánk; retusálatlan szilánk: 27 db, penge: 4 db, a többi hulladék.

- Temető: összesen 354 db lelet, ebből 50 db eszköz (34 db nyílhegy, fűrészek és fűrészelű pengék 10 db, bifaciális, sarlófényvel; 251 db szilánk, 10 db penge, 1-1 retusált, csonkított, és vakarók, kaparók). Ugyanazok a nyersanyag típusok találhatóak meg, mint a település anyagában, de felbukkan egy északi kova, és egy kárpáti 2. obszidián (Tolcsva) is. Az eszközök a sírokban a koponya alatt, mellett, karok mellett, lábnaál, gerincnél, az urnasírokban az edény mellett, a

szórthamvasztásos sírokban a hamvak közt vagy az egyik edényben, jelképes síroknál edénymellékletnél vagy a csuklóvédő mellett feküdtek.

- Szigetszentmiklós–Üdülősor (Cs. Balogh 1992): összesen 66 db lelet, ennek 37,9%-a budai szarukő, nagy részét retusálatlan szilánkok alkotják, előfordul egy hegy. A nyersanyag típusok közt található még andezit, kárpáti 1. obszidián, egy fűrészelű krakkói júra tűzkő, és egy nyílhegy gerecei vagy kárpáti radiolaritból.

A Harangedényes kultúra további jellegzetességei a magyarországi településeken, általában gödrökben, edényekben előkerülő raktárleletek (T. Biró 2002: Albertfalva: a leletek 81%-a budai szarukő, pörkölés nyomai láthatók néhány leleten, 1014. objektum: korszóban 22 szilánk és penge; további raktárleletek Csepel–Hollandi út, Csepel–Rákóczi út, 12. objektum: Cs. Balogh 1993).

Pattintott kőeszközök a teljes Harangedényes elterjedési területen

Más, nagyobb régiókban készült összefoglalások alapján megállapítható, hogy a pattintott eszközöket a korábbi véleményektől eltérően lehet osztályozni, de korántsem egységesek: régióként és fázisonként is eltérések mutathatók ki (Furestier 2004). A Dél-Franciaország területén végzett elemzés alapján a vezető típusok az alábbiak: konvex bázisú nyílhegy (hollow based arrowhead), nyeles nyílhegy (tanged arrowhead), háromszögletű geometrikus lapos hegy ferde éllel (triangular-shape flat geometric with transversal shear), bifaciálisan retusált lapos eszköz (bifacial flat retouched tool), geometrikus eszköz (geometrise) és eneolitikus, visszatérő típusok (pl. Grand Pressigny). Közép-Franciaországban a szilánk-eszközök dominálnak, minimális forgácsolási technológiával kialakítva, köztük sok magkőmaradék, mikrolit fogazott eszköz és félhold alakú eszköz található (Furestier 2008). A négy vezető nyílhegytípus (tanged and square-barbed/foleaceous/hollow base/slim) már a félkész formák is megtalálható. A nyílhegyek azonban ritkák, és nem szilánkokból készülnek, az aratásra használt fogazott eszköz a legtöbb, és kevesebb számban a körömvakarók, valamint a régióban felbukkanó két új eszközfajta (microdenticulate, microlithic crescent), és néhány speciális eszköztípus, mint pl. a Grand Pressigny, nagyméretű pengék és török, amelyek a helyi eneolitikus kultúrák hagyományait őrzik, és a Párizsi-medence jellegzetes kovafajtájából készülnek.

A morva leletek összefoglalása alapján (Kopacz et al. 2008) ott a vezető eszköztípus a szegmens, de mint a kerámiában is, szinkretizmus figyelhető meg a kőeszköz-leletek között is. Az ipar helyi kőzeteket használ, technikai és tipológiai standard formák nélkül, nagy gyakorisággal célszerű eszközöket állít

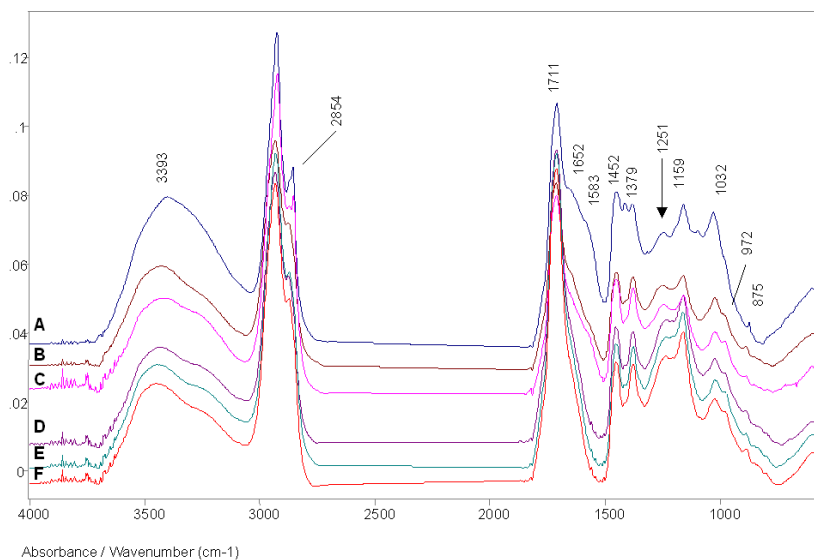
elő, helyi eneolit előzményekre támaszkodik. A különböző pattintási technikák közül a morva, cseh, szlovák, lengyel és magyar leleteken a forgácsolás (splintering) és a nyersanyagtömbök leszeletelése (block reduction) mutatható ki (Kopacz et al. 2009), a budapesti régióban elkezdődik a kavicsgumók gerendezésre való szétverése is. A leggyakoribb típusok a nyílhegyek, levélhegyek, szegmensék, vakarók, kaparók, kések, késszerű eszközök, retusált pengék, csonkított pengék, fűrők, fogazott eszközök, árvésők. A nyílhegyek és hegyek bázisa alapján többféle megkülönböztetés lehetséges (concave, trapezoid, tanged, double tang, oblique/convex). A legfontosabb nyersanyagok a lelőhelyeken főleg helyi, könnyen elérhető, néha rosszul pattintható nyersanyagok (származási források: Morva-kapu, Kis-Lengyelország, morva-szlovák határ, dunántúli radiolaritok), néha azonban távoli importok is előfordulnak.

Általában a leletek közül a nyílhegyek készülnek importnak vagy távolinak tűnő nyersanyagokból, mégpedig a korai fázisban, a fiatalabban már alig fordulnak elő, áttérnek a helyi nyersanyagokra. Nem feltétlenül importok a szó valódi értelmében a korai fázisban sem: elképzelhető, hogy lelőhelyenként elbírálva a bizonyíthatóan mobilis Haragedényes közösségek korai, vándorlásban levő generációja hozta magával az „öshazából”, ahol még helyi nyersanyag volt. Feltételezhető, hogy a budakalászi 467. sír egy korai, 2a fázisba sorolható Haragedényes szimbolikus temetkezés – kőeszköz-készítő mester sírja.

Borostyán

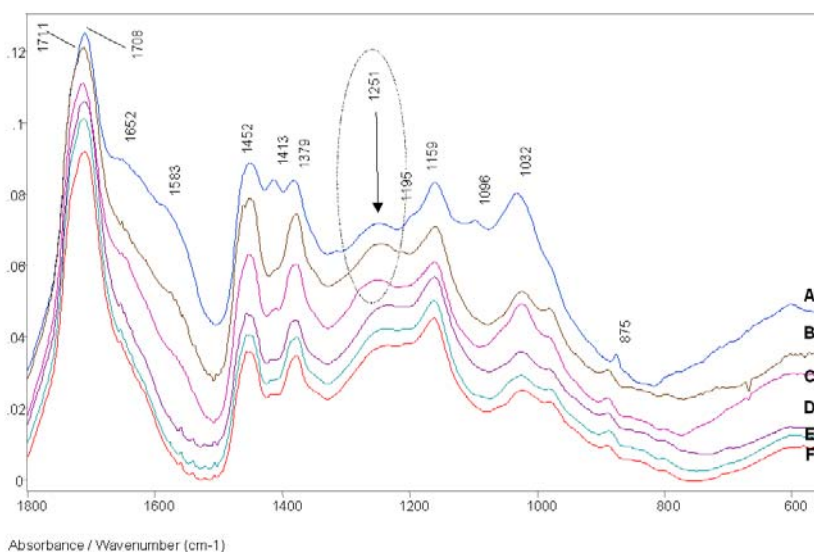
- 1025. (12/46. ábra)

Lapos, közepén átfűrt borostyánkorong gyöngy, erősen erodált felülettel, enyhén aszimmetrikus lencse alakú, d=9 mm, lyuk: 3 mm.



13. ábra: Bronzkori borostyánleletek FTIR-színképei. A-653211 (Kötegyán); B-1025 (Budakalász M0, 1025 sír, gyöngy); C-46194868 (Füzesabony-Öregdomb); D-3195232 (Hernádkak); E-11952188 (Megyaszó, 121 sír); F-11952152 (Megyaszó, 95 sír)

Fig. 13.: FTIR-spectras of Bronze Age amber finds from Hungary. A-653211 (Kötegyán); B-1025 (Budakalász M0/12, Grave 1025); C-46194868 (Füzesabony-Öregdomb); D-3195232 (Hernádkak); E-11952188 (Megyaszó, Grave 121); F-11952152 (Megyaszó, Grave 95)



14. ábra: Borostyánminták ATR-FTIR spektrumai, jelölve az ujjlenyomat-tartományban az ún. azonosító balti-váll: A-653211 (Kötegyán); B-1025 (Budakalász M0, 1025 sír, gyöngy); C-46194868 (Füzesabony-Öregdomb); D-3195232 (Hernádkak); E-11952188 (Megyaszó, 121 sír); F-11952152 (Megyaszó, 95 sír)

Fig. 14.: FTIR-spectras of Bronze Age amber finds from Hungary with the identify wavenumbers so-called Baltic-shoulder. A-653211 (Kötegyán); B-1025 (Budakalász M0/12, Grave 1025); C-46194868 (Füzesabony-Öregdomb); D-3195232 (Hernádkak); E-11952188 (Megyaszó, Grave 121); F-11952152 (Megyaszó, Grave 95)

1025. objektum: felnőtt férfi urnasírja, a gyöngy az urna aljában volt. A borostyán rozsdabarna, törött állapotú. Állagmegóvás vagy restaurátori beavatkozás a lelet életében nem lett dokumentálva, így feltehetően eredeti állapotában maradt meg.

Az infravörös színek felvétele ATR (Attenuated Total Reflection: csillapított totálreflexió) reflexiós módszerrel történt (13. ábra), MCT (higany-kadmium-tellur) detektorral ellátott Varian Scimitar 2000 Fourier Transzformációs infravörös (FTIR) spektrométer segítségével. A vizsgált hullámszám tartomány 4000–550 cm⁻¹. Az ATR mérési mód (Golden Gate feltét, gyémánt optikai elemmel, aktív felülete: 0,6×0,6 mm, egyszeres reflexió) lehetővé teszi nagyon kis mennyiségű minták (500–1000 g?) gyors, minta-előkészítés nélküli vizsgálatát. A minta és az ATR kristály közötti érintkezést egy zafírfejjel ellátott üllővel lehet elérni. A mérések reprodukálhatósága, illetve összehasonlíthatósága érdekében a minta és az ATR kristály közötti érintkezést mindig 60cN.m nyomatékkal valószínűsítettük meg. A spektrumokban a 2300–1900 cm⁻¹ közötti hullámszám tartomány a gyémánt ATR optikai elem elnyelése miatt nem értékelhető; általában ebben a hullámszám tartományban nincsenek szignifikáns sávok, így ez a kiértékelést nem befolyásolja.

A sávinzentizásokat minden esetben korigáltuk, így a színek összehasonlíthatóságát transzmissziós mérési technikával készült referencia-színekkel. A spektrum értékelésének megkönnyítéséhez más kora és középső bronzkori borostyánleleteket is felhasználtunk (13–14. ábra, Horváth et al. 2012).

Kinagyítva az „ujjlenyomat tartományt”, a Megyaszó (MNM) és Hernádkakról (MNM) származó fűzesabonyi kultúrába sorolt minták spektrumaiban egyértelműen megtalálható az úgynevezett „balti váll” 1250 és 1110 cm⁻¹ között. A Fűzesabony–Öregdombról (MNM), és a Budakalász M0 1025. sírból, illetve a Kőtegyánról (MNM) származó minták esetében a „balti váll” nem egyértelmű: az 1250 és 1110 cm⁻¹ közötti szakasz nem vízszintes, 1252 cm⁻¹ körül megjelenik egy közepes intenzitású, aromás éterhez rendelhető sáv, amelynek értelmezése, a borostyán forrásához való kapcsolása egyelőre problematikus. Az eltérés adódhat restaurátori beavatkozástól, amely a fűzesabonyi és a kőtegyáni leleteknél bizonyíthatóan megtörtént, ugyanakkor az összetétel eltérését okozhatja az eltérő geológiai forrásból való származás is, amely jelenleg talán a baltinál közelebbi erdélyi borostyán-lelőhelyek irányába mutathat.

Általános értékelés a lelőhelyre: összegzés

Minden típusú kőeszköz-leletre bontva az objektumok típusa és a sírok régészeti, antropológiai besorolása szerint kőleletek fordultak elő:

- szórthamvasztásos sírban: 157, 185, 213, 233, 278, 484, 655, 683, 789, 979, 1118, 1216, 1259: 13 eset;

- urnás sírban: 14, 107, 171, 177, 196, 217, 249, 284–285, 347, 367, 525, 530, 532, 551, 614, 668, 789, 801, 884, 901, 925, 936, 945, 990, 1024, 1025, 1076, 1108, 1263–1264, 1318: 30 eset;

- bizonytalan sír objektumban: 105, 203: 2 eset;

- üres sírgödörben/szimbolikus temetkezés: 106, 467, 608, 1219, 1274, 1288: 6 eset;

- csontvázas sírban: 42. gyerek; 276. felnőtt férfi; 616. felnőtt nő?; 847. felnőtt férfi; 1080. felnőtt férfi; 1082. felnőtt: 6 eset;

- gyerek sírban: 42, 367, 1118: 3 eset;

- férfi sírban: 171, 233, 276, 347, 525, 532, 551, 801, 884, 901, 925, 936, 1024, 1025, 1080, 1318: 16 eset;

- női sírban: 14, 196, 484, 530, 616, 683, 990, 1076: 8 eset;

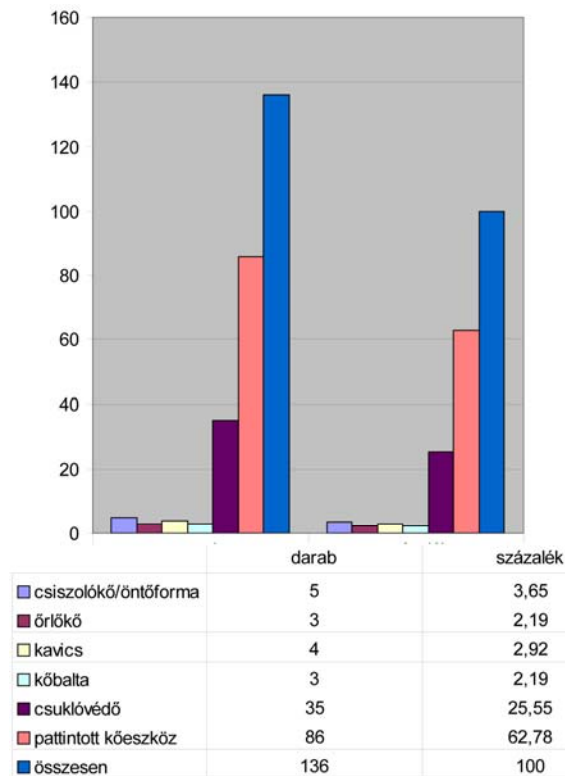
- nem sír objektumban: 151, 203, 402, 1039, 1192: 5 eset.

A lelőhely jellegéből fakadóan a kőből készült leletek alapvetően a Harangedényes kultúrában jellemző tipikus sírmellékletek közül kerültek ki: a legtöbb kőlelet a pattintott kővek közül (azon belül is nyílhegyek és hegyek), majd a csuklóvédők következtek (15. ábra). Elenyésző számban előfordultak kőbalták, őrlőfelszerelés alsó és felső darabjai, többféle célra alkalmas, átalakítás nélküli természetes kavicsformák, és a precíziós eszközök (fémeszközök) formájának finomításához használt, helytelen terminológiával csiszolókönek nevezett eszközök. Összességében véve a lelettípusok és számuk megfelel a teljes elterjedési területen temetőkből ismert lelettípusoknak és gyakoriságuknak. Sajnálatos módon a magyarországi leletanyaggal tudtuk a legkevésbé összehasonlítani leleteinket azok régészeti közöletlensége miatt, nyersanyag-vizsgálatok pedig szinte egyáltalán nem történtek eddig az időszakban a magyar kőleleteken néhány pattintott lelet leírásán kívül.

A feldolgozás anyagi támogatásának elmaradása miatt nem volt lehetőség professzionális petrográfiai vizsgálatokra, még vékonycsiszolatok készítésére sem, ezért a régészeti leírás Kalmár János geológus előzetes meghatározásai és saját makroszkopikus szemrevételezésünk alapján történt. Emiatt a kőzetek származási helyének, sőt, pontos nevének beazonosítása is további vizsgálatokat igényelne, és jelen formájában a munka csak egy alapvető, ám sokszor a tévedési lehetőségek elkerülése miatt igen keveset mondó kategóriák felállítására volt alkalmas.

2. táblázat: Kőleletekre összesített objektumlista**Table 2.: Features and stone implements on the site**

Obj. száma	Objektum leírása	Pattintott	Őrlő szerszám	Csiszolókő	Kavics	Csukló védő	Balta	Egyéb BB-set
14	urnasír, nő, 23–x éves					X		tőr
42	csontvázas sír, gyerek,							kődb
105	urnasír?			X				
106	üres sírgödör, két végében edénykupac					X		
107	urnasír, 23–x éves					X		harangedény, tőr
151	gödör/cölöp?		X					
157	szórthamvas sír					X		
171	urnasír, férfi, 23–x éves					X		
177	urnasír, 23–x éves	X						
185	szórthamvas sír				X	X		
196	urnasír, nő, 23–x éves					X		
203	sír? kerámiatöredékek a 183. körárokban					X		
213	szórthamvas sír, 23–x éves	X						
217	urnasír, 23–x éves	X						
233	szórthamvas sír, férfi, 23–x éves	X						
249	urnasír						X?	
276	csontvázas sír, férfi, 23–40 éves			XX				
278	szórthamvas sír					X		bronz töredékek
284–285	egy urnasír	XX				X		4 harangedény
347	urnasír, férfi, 30–50 éves					X		
367	urnasír, gyerek?		X					
402–380	összeérő körárok						X	
467	üres sírgödör	31 X				X		2 harangedény 2 bronztű
484	szórthamvas sír, nő, 23–59 éves					X		
525	urnasír, férfi, 23–x éves	X						
530	urnasír, nő?, 23–39 éves					X		
532	urnasír, férfi, 23–x éves	X						
551	urnasír, férfi, 23–x éves					X		
608	üres sír?		X					
614	urnasír, 23–x éves					X		
616	csontvázas sír, nő? 23–59 éves	10 X				X		tőr
655/4	szórthamvas sír, 23–x sír	X						
668	urnasír	XX						
683	szórthamvas sír, nő, 23–x éves				X			harangedény
702–712	712: körárok, végén kő: 702			702: X				
788/1– 789–791– 792	szórthamvas és urnasír, 788–792: körárok, 789: kettős sír, 791: állatsontok, koponya						788: X	
801	urnasír, férfi, 23–39 éves	X	X?					
847	csontvázas sír, férfi, 23–x éves	XXX				X		tőr
884	urnasír, férfi, 23–x éves	X				X		
901	urnasír, férfi, 23–x éves					X		
925	urnasír, férfi, 23–x éves					X		
936	urnasír, férfi, 23–x éves					X		
945	urnasír, 23–x éves	XX				X		
979	szórthamvas sír					X		2 harangedényb
990	urnasír, nő, 23–x éves					X		
1024	urnasír, férfi, 23–59 éves					X		
1025	urnasír, férfi, 23–30 éves							borostyán
1039	gödör		X					
1076	urnasír, nő, 23–x éves	XXXX						
1080	csontvázas sír, férfi, 23–x éves			X?				
1082	csontvázas sír, felnőtt	9 X				X		2 bronztű
1108	urnasír					X?		tőr
1118	szórthamvas sír, 1–7 éves gyerek	7 X		X		XX	XXX	
1192– (1080)	körárok		X			X félkész		
1216	szórthamvas sír?						X	
1219	üres sír				XX			
1259	szórthamvas sír, 23–x éves					X		
1265?	1265: gödör, 1263–1264 urnasírokkal					XX		
1274	üres sírgödör	6 X				X		
1288	üres sírgödör	X				X		harangedény, bronzlemez
1318	urnasír, férfi, 23–x éves	XXX						



15. ábra: A kőből készült lelettípusok előfordulási aránya.

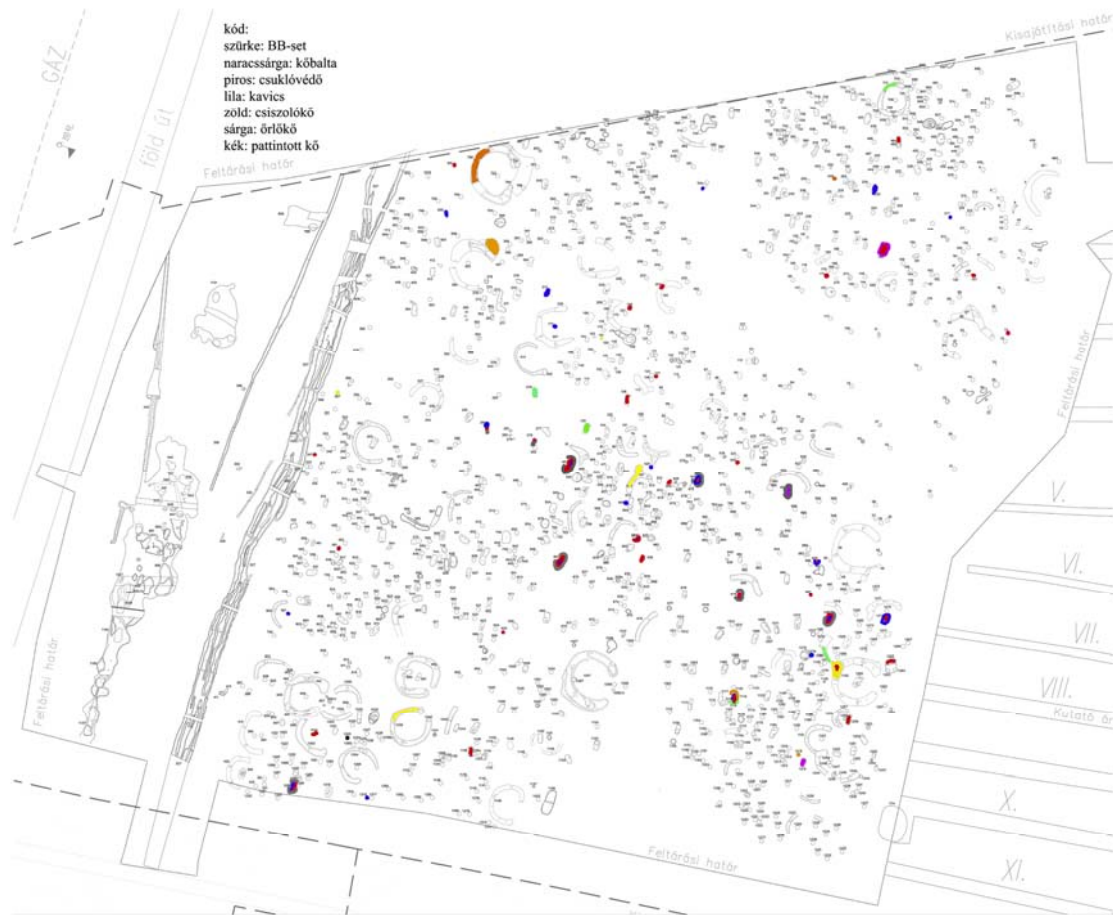
Fig. 15.: The distribution of stone tool types at the site

Még a mesterséges és a természetes agyagos kőzetek elkülönítése sem volt lehetséges a lelőhely speciális tulajdonságai (a hamvasztásos rítus túlnyomó alkalmazása), és a régészeti feldolgozás jelenlegi állása miatt (a kerámialeletek petrográfiai vizsgálata nem áll rendelkezésünkre, ezért a kerámiából és a természetes keletkezésű, de a hamvasztás során kiégett agyagos kőzetekből készült csuklóvédők nyersanyag-összetételét nem lehetett összehasonlítani).

A más lelőhelyek petrográfiai vizsgálata alapján sugallt kép, hogy a Harangedényes lelőhelyeken sok az import kőzet, Budakalászon nem nyert bizonyítást: ez csupán néhány leletről képzelhető el, ám mindezek akár a Duna szállítása miatt akár helyileg begyűjthető nyersanyagok is lehetnek (lidit, palák, kvarcitok), vagy pedig analitikai adatok nélkül nem dönthető el, hogy import vagy közeli kőzetekről beszélhetünk (gercsei vagy kárpáti radiolarit?), harmadik lehetőségként pedig az is elképzelhető, hogy a Duna vonalát követő vándorló Harangedényes közösség első, a Budapest-régióba érkező telepesei hozták magukon az előző őshaza helyi kőzeteiből készült viseleti tárgyakat és eszközöket. Az egyetlen, magyar területen legkorábbinak számító bronzkori borostyánlelet (Reinecke Bz, A0 horizont) származási helye sem biztosan balti, speciális anyagvizsgálata alapján.

Nem nyert egyértelmű bizonyítást a csuklóvédők íjász-felszerelés részeként való funkciója sem: a leletek többször és szorosabban kapcsolódnak törökhöz, amelyek nem képzelhetők el íjász-felszerelés részeként, mint hegyekhez, nyílhegyekhez. Elsőként ezen a lelőhelyen mutattuk ki, hogy a csuklóvédők készítéséhez mesterséges anyagokat (kiégett kerámiát) használtak. Ennek értelmezése is sokféle lehetőséget vet fel, de nem értékelhető egyértelműen sem az igazi tárgy túlvilági utánezaként (imitáció), sem a hétköznapokban kőzetet behelyettesítő pótananyagként. Ismerve a többi természetes anyagból készült lelet keménységi fokát a lelőhelyen, a kerámiából készült leletek nemcsak elérték, de meg is haladhatták a természetes anyagokból készült csuklóvédők keménységét, amely tulajdonság alapvetően meghatározta a csuklóvédők életének hosszúságát és használhatóságát, szolgáljanak akár fém élezésére, vagy bármi más célra. Ezért a mesterséges anyagból készült csuklóvédők jobban megfeleltek eredeti céljuknak, mint a természetes anyagúak, és előállításuk, javításuk vagy cseréjük akár kevesebb erőfeszítést igényelt. A hamvasztás miatt azonban sok lelet másodlagosan is kiégett, ezért nagyon óvatosan kell értékelni a leletek most rögzíthető és eredeti keménységi fokát. A csuklóvédők sokszor fordultak elő női és gyermeksírokban is, emiatt a harcos/vadász íjász kategória további finomítást igényel: legalábbis ez alapján nem feltétlenül a férfi nemhez és felnőtt életkorhoz köthető. A legnagyobb méretűek nem feltétlenül a felnőtt férfi sírokhoz kötődtek, tehát a méretük sem függött össze egyértelműen a viselőjük méretével: ez inkább erősíti szimbolikus vagy dekoratív használatukat.

A nyílhegyek, hegyek között előkerültek olyan új típusok, amelyek a Harangedényes terület nyugat-európai régiójából, francia területéről voltak eddig ismertek. A pattintott kőleletek között ettől függetlenül azonban uralkodik a közép-európai (lengyel, morva, szlovák) régióban megfigyelt tendencia: a leletek általában helyi, rossz minőségű kőzetből készülnek forgácsolással, jellemző a bifaciális retusálással való megmunkálás, és a vezető eszköztípusok is megegyeznek. Bizonyos fokú kontinuitás érzékelhető a területen élő korábbi késő rézkori badeni kultúra, és a későbbi korakozépső bronzkori nagyrévi és vatyai kultúrák felé a régióban a technológia, a típusok, és a nyersanyag-felhasználás terén. A 467. sír mester sírjának tartható (sok félkész formával), érdekessége viszont, hogy maga a személy nincs jelen a sírban (szimbolikus sír ember nélkül, sok lelettel).



16. ábra: A lelőhely alapfelmérése, a különböző típusú kőből készült leletek különböző színekkel jelölve.

Fig. 16.: Groundplan of the site with the features containing stone implements. Key: Grey: BB-set; Orange: adze; Red: wrist-guard; Purple: pebble; Green: polisher stone; Yellow: grinding stone; Blue: chipped stone.

A nyersanyaga (homokkő) és az egyik meghatározó funkciója miatt csiszolóként leírt tárgyak a Haragedényes kultúra jól elkülöníthető, egyedi fémműves technológiájához való kapcsolása jelentős, új fordulat, amelyet a lelőhelyen mutattunk ki először Magyarország területén.

Alig kerültek elő a növénytermesztéssel és feldolgozással kapcsolatba hozható leletek (őrlőfelszerelés részei). Ez a temető jellegzetessége is lehet (nem volt tipikus sírmelléklet, inkább települési anyagban fordul elő), de jelentheti az ágazat jelentőségének visszaszorulását is (állattartás dominanciája).

A temetőterképen (**16. ábra**) bejelölve a leletek előfordulása bizonyos szintű csoportosulást mutat, de mindez nem alkot olvasható vagy értelmezhető mintázatot.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm a lelőhely feldolgozójának, Czene Andrásnak, aki a leletanyagot értékelésre átadta és hasznos információkkal segített a munka során. Köszönetemet fejezem ki Tóth Katalinnak és Dani Jánosnak, hogy előadásuk anyagát felhasználhattam a tanulmány írásakor. Köszönöm Mihály Juditnak, aki az infravörös spektroszkópiai vizsgálatokat végezte. Továbbá Köszönöm Zandler Krisztiánnak, hogy közlés előtt álló kéziratába bepillantást engedett összehasonlítás céljából.

Irodalom

ANTHONY, D. W. (2007): *Horse, the Wheel and Language. How Bronze-Age riders from the Eurasian steppes shaped the Modern World.* Princeton-Oxford 2007.

- BERTEMES, F. & HEYD, V. (2002): Der Übergang Kupferzeit / Frühbronzezeit am Nordwestland des Karpatenbeckens. Kulturgeschichtliche und paläometallurgische Betrachtungen. In: BARTELHEIM, M., PERNICKA, E., KRAUSE, R. (eds), *Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt. Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft 1*, Rahden/Westf., Halle, 185–228.
- BESSE, M. (2004): Bell Beaker Common Ware during the third Millenium BC in Europe. In: CZEBRESZUK J. (ed.), *Similar but different. Bell Beakers in Europa*. Adam Mickiewicz University, Poznań, 127–148.
- BONDÁR, M. (2009): The cemetery. In: BONDÁR M. & RACZKY P. (eds.), *The Copper Age cemetery of Budakalász*. Budapest: Pytheas. 11–303.
- BÓNA, I. (1994): Les cultures des tells de l'Âge du Bronze en Hongrie. In: *Le bel Âge du Bronze en Hongrie*. Budapest–Mont Beauvrey. 9–39.
- CARE, H. (2004): Beakers and the Beaker Culture. In: CZEBRESZUK J. (ed.), *Similar but different. Bell Beakers in Europa*. Adam Mickiewicz University, Poznań, 11–34.
- Cs. BALOGH, É. (1992): Szigetszentmiklós-Üdülősor korabronzkori telepének köeszközvizsgálata. In: HAVASY. P. & SELMECZI L. (szerk.), *Régészeti kutatások az M0 autópálya nyomvonalán. BTM Műhely 5* 201–211.
- Cs. BALOGH, É. (1993): *Rézkori, bronzkori pattintott köeszközök Pest megyében és a Dunától keletre eső területeken (Tipológiai és statisztikai feldolgozás)*. Bölcsészdoktori disszertáció, kézirat, Budapest, ELTE
- Cs. BALOGH, É. (2009): The lithic finds from Budakalász. In: BONDÁR M. & RACZKY P. (eds), *The Copper Age Cemetery of Budakalász*. Budapest: Pytheas, 379–409.
- CZEBRESZUK, J. (2003): Amber on the Threshold of a World Career. In: *Amber Committee of the International Union of Prehistoric and Protohistoric Sciences Association for the Advancement of Baltic Studies, Institute of the History of Latvia, University of Latvia. Amber in Archaeology. Proceedings of the fourth International Conference on Amber in Archaeology, Talsi 2001*. Riga 164–179.
- CZEBRESZUK, J. & SZMYT, M. (eds.) (2003): The Northeast Frontier of Bell Beakers. Proceedings of the symposium held at the Adam Mickiewicz University, Poznań, May 26–29 2002. *BAR International Series 1155* 265–276.
- CZENE, A. (2008): Harangedények Budakalászon. In: GYÖNGYÖSSY, M. (szerk.), *Képek a múltból*. Az elmúlt évek ásatásaiból Pest megyében. PMMI, Szentendre 32–33.
- DANI, J. & HORVÁTH, T. (2012): *Őskori kurgánok a magyar Alföldön. A Gödörsiros (Jamnaja) entitás magyarországi kutatása az elmúlt 30 év során. Áttekintés és revízió*. Archeolingua, Budapest. 1–216.
- DANI, J. & TÓTH, K. (2009): Gondolatok a kora bronzkori kapcsolatrendszerekről a panyolai temetkezés kapcsán. *Előadás, Őskoros Kutatók VI. Összejövetele, Kőszeg*, 2009. március 20.
- DIMITRIADIS, G. (2008): Looking for Metals: Megalithic Monuments between Reality and Mithology. In: KOSTOV, R., GAYDARSKA, I., GUROVA, M. (eds.), *Geoarchaeology and Archeomineralogy. Proceedings of the International Conference, 29–30 October 2008 Sofia, Publishing House "St. Ivan Rilski"*. Sofia, 205–210.
- ENDRŐDI, A. (2003): The Late Phase of th Bell Beaker Csepel Group in Hungary In: CZEBRESZUK, J. & SZMYT, M. (eds.), *The Northeast Frontier of Bell Beakers. Proceedings of the symposium held at the Adam Mickiewicz University, Poznań, May 26–29 2002. BAR International Series 1155* 265–276.
- ENDRŐDI, A. & PÁSZTOR, E. (2006): Symbolism and Traditions in the Society of the Bell Beaker Csepel group (A szimbolizmus és a tradíció szerepe a Harangedény–Csepel csoport társadalmában). *Archaeológiai Értesítő 131* 7–25.
- FURESTIER, R. (2004): Bell Beaker lithic industry: a rediscovered paradise? In: CZEBRESZUK J. (ed.), *Similar but different. Bell Beakers in Europa*. Adam Mickiewicz University, Poznań. 77–98.
- FURESTIER, R. (2008): Bell Beaker Lithic industries in the French Midi. In: BAIONI, M., LEONINI, V., LO VETRO, D., MARTINI, F., POGGIANI R., KELLER, R.F., SARTI L., (eds.), *Bell Beaker in Everyday Life. Millenni Studi di Archeologia Preistorica 6, 2008, Museo Fiorentino di Preistoria Paolo Graziosi, Firenze, Proceedings of the 10th Meeting „Archéologie et Goblets” (Florence–Siena–Villanuova sul Clisi, May 12–15, 2006. Museo Fiorentino di Preistoria «Paolo Graziosi», Firenze, 291–300.*
- FURHOLT, M. (2008): Die Złota-Gruppe in Kleinpolen. Ein Beispiel für die Transformation eines Zeichensystems? *Germania 86/1* 1–47.
- GIBSON, A. (2004): Burials and Beakers: seeing beneath the veneer in Late Neolithic Britain. In: CZEBRESZUK J. (ed.), *Similar but different. Bell Beakers in Europa*. Adam Mickiewicz University, Poznań. 173–192.

- HARRISON, R. & HEYD, V. (2007): The Transformation of Europe in the Third Millennium BC: the example of 'Le Petit-Chassier I + III' (Sion, Valais, Switzerland). *Praehistorische Zeitschrift* **82** 129–214.
- HEYD, V. (2000): Die Spätkupferzeit in Süddeutschland. Bonn, *Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde* **73** 2 vols, 1–485, 1–279.
- HEYD, V. (2007): When the West meets the East: The Eastern Periphery of the Bell Beaker Phenomenon and its Relation with the Aegean Early Bronze Age. In: GALANAKI, I., GALANAKIS, I., TOMAS, H., LAFFINEUR, R. (eds.), *Between the Aegean and Baltic Seas: Prehistory across Borders. Proceedings of the International Conference 'Bronze and Early Iron Age Interconnections and Contemporary Developments between the Aegean and the Region of the Balkan Peninsula, Central and Northern Europe', University of Zagreb/Croatia, 10–14 April 2005*. Liège. *Aegaeum* **27**, 91–107.
- HORVÁTH, T. (2004): *A Vatyai kultúra településeinek kőanyaga. Komplex régészeti és petrográfiai feldolgozás*. Ph.D. disszertáció, kézirat. Budapest, ELTE BTK RI. (<http://www.archeo.mta.hu/munkatarslista/HorvathTunde/Ph.D.>)
- HORVÁTH, T. (2004a): Néhány megjegyzés a vatyai kultúra fémművességéhez – technológiai megfigyelések a kultúra kőeszközein (Die Metallkunst der Vatyai-Kultur. Technologische Beobachtungen an ihrer Steingeräten). *CommArchHung* 11–64.
- HORVÁTH, T. (2009): Pattintással készült eszközök kronológiai szerepe a kora- és középső bronzkor folyamán (The Chronological Role of Chipped Stone Implements in the Early and Middle Bronze Age). *Tisicum* **XLX** 413–440.
- HORVÁTH, T. (2011): A késő rézkor időszaka más szempontból: tipo-kronológiai megfigyelések a Balatonöszöd-Temetői dűlői késő rézkori Boleráz/Baden település leletanyagán. *GESTA* **X**, 3–135. <http://tortenelemszak.uni-miskolc.hu/gesta/gesta2012.html>
- HORVÁTH, T. (2012): Metallurgy of the Vatyai culture – technological observations on the stone tools of the culture. *Studien zur Archäologie in Ostmitteleuropa/Studia nad Pradziejami Europy Środkowej* **9** 53–117.
- HORVÁTH, T. (2012a): The Chronological Role of Chipped Stone Implements in the Early and Middle Bronze Ages. *Studien zur Archäologie in Ostmitteleuropa/Studia nad Pradziejami Europy Środkowej* **9** 117–167.
- HORVÁTH, T. (2013): Recensio. M. Bondár–P. Raczky (eds): The Copper Age cemetery of Budakalász. *ActaArchHung* **64** 331–336.
- HORVÁTH, T., FARKAS-PETŐ, A., FARKAS, I., MIHÁLY, J. (2012): Füzesabony–Öregdomb bronzkori tell-település kőanyaga. *Gesta* **XI** 3–38. <https://mta.academia.edu/THorvath>
- ILON, G. (2004): *Szombathely őskori településtörténetének vázlatja. Avagy a római kor előtt is volt élet. – Outline of the prehistoric settlement of Szombathely, or life before the Roman Age*. Óskorunk, Szombathely 2004.
- KALICZ-SCHREIBER, R. (1981): Die Probleme der Glockenbecher Kultur in Ungarn. In: LANTING, J. N. & Van der WAALS J. D. (red.), *Glockenbecher Symposium Oberreid 1974*, Fibula, Bussum 184–214.
- KALICZ-SCHREIBER, R. (1997): Kora bronzkori temetkezések a Csepel-sziget keleti partján. *BudRég* **XXXI** 177–195.
- KALICZ-SCHREIBER, R. & KALICZ, N. (1998–2000): A Haragedények szerepe a Budapest környéki kora bronzkor társadalmi viszonyainak megjelenítésében. – The Role of Bell Beaker in reflecting Social Relations in the Early Bronze Age of Budapest. *Archaeológiai Értesítő* **125** 45–78.
- KALICZ-SCHREIBER, R. – KALICZ, N. (1999): A Somogyvár–Vinkovci kultúra és a Haragedény–Csepel-csoport Budapest kora bronzkorában – Die Somogyvár–Vinkovci und die Glockenbecher in der Frühbronzezeit von Budapest. *Savaria* **24/3**: 83–114.
- KALICZ-SCHREIBER, R. – KALICZ, N. (2001): Were the Bell Beakers as Social Indicators of the Early Bronze Age of Budapest? In: NICOLIS, F. (ed.), *Bell Beakers today. Pottery, people, culture, symbols in Prehistoric Europa. Riva del Garda 11–16 May 1998*. Trento, II. Ufficio Beni 439–458.
- KALMÁR, J. (2006): *Jelentés a Budakalász ásatási terület kőanyagának földtani módszerekkel végzett vizsgálatáról*. Kézirat, PMMI, Szentendre.
- KÁROLYI, M. (1972): Adatok a Ny-Dunántúl kora- és középső bronzkori településtörténetéhez. – Beiträge zur Geschichte der Früh- und Mittelbronzezeit von Westtransdanubia. *Savaria* **5/6** 167–194.
- KOPACZ, J., PŘICHYSTAL, A., ŠEBELA, L. (2008): Bell Beaker Lithic industry in Moravia (Czech Republic). In: BAIONI, M. LEONINI, V. LO VETRO, D. MARTINI, F. POGGIANI R. KELLER, R.F., SARTI L. (eds.), *Bell Beaker in Everyday Life. Millenni Studi di Archeologia Preistorica 6, 2008, Museo Fiorentino di Preistoria Paolo Graziosi, Firenze, Proceedings of the 10th Meeting „Archéologie et Goblets” (Florence–*

Siena–Villanuova sul Clisi, May 12–15, 2006. Museo Fiorentino di Preistoria «Paolo Graziosi», Firenze, 257–270.

KOPACZ, J. – PŘICHYSTAL, A. – ŠEBELA, L. (2009): *Lithic chipped industry of the Bell Beaker Culture in Moravia and its east-central european context.* Kraków–Brno 2009.

KUIJPERS, M., FOKKENS, H., ACHTERKAMP, Y., (2008): Bracers or Bracelets? About the Functionality and Meaning of Bell Beaker Wristguards. *Proceedings of the Prehistoric Society* 74 109–140.

KOREK, J. (1986): The Grave of an Artisan in the Copper Age Cemetery at Budakalász. In: T. BIRÓ K. (ed.), *Papers for the International conference on prehistoric flint mining and lithic raw material identification in the Carpathian Basin.* Budapest/Sümege: KMI Rota, 317–323.

MÜLLER, J. (1999): Zur Radiokarbondatierung des Jung- bis Endneolithikums und der Frühbronzezeit im Mittel- bis Saale-Gebiet (4100–1500 v. Chr.). *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission* 80 31–90.

NEUGEBAUER, J.-W. – NEUGEBAUER-MARESCH, C. (2001): Bell-Beaker Culture in Austria. In: Nicolis, F. (ed.), *Bell Beakers today. Pottery, people, culture, symbols in prehistoric Europa. Proceedings of the International Colloquium Riva del Garda (Trento, Italy) 11–16 May, 1998.* Trento, Ufficio Beni. 429–437.

NOVOTNÁ, M. & NOVOTNÝ, B. (1984): Chl'opice-Gruppe. In: TASIC, N. (ed.), *Kulturen der Frühbronzezeit des Karpatenbeckens und Nordbalkans. Balcano-Pannonica* 283–288.

P. FISCHL, K. & KULCSÁR, G. (2011): Tiszán innen, Dunán túl. A kora bronzkor kérdései a kiskundorozsmai temető kapcsán. *Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologica* 12 59–91.

PATAY, P. (1938): Korai bronzkori kultúrák Magyarországon. – Frühbronzezeitliche Kulturen in Ungarn. *DissPann ser. II.* No. 13.

PATAY, P. (1960): A Haragedény kultúra lelete Almásfüzitőn (A Find of the Bell-Beaker Culture at Almásfüzitő). *Archaeológiai Értesítő* 87 194–198.

PATAY, R. (2008): A szigetszentmiklósi kora bronzkori temető. In: GYÖNGYÖSSY, M. (szerk.), *Képek a múltból. Az elmúlt évek ásatásai Pest megyében.* PMMI, Szentendre 34–35.

PATAY, R. (2009): A Nagyrév-kultúra korai időszakának sírjai Szigetszentmiklósról (Burials of the Early Nagyrév culture from Szigetszentmiklós.) *Tisicum* XIX 209–229.

REMÉNYI, L. (2009): A nagyrévi kultúra kulturális és kronológiai kérdései (Cultural and chronological questions of Nagyrév culture). *Tisicum* XIX 229–255.

REMÉNYI, L. & DOBOZI, Á. (2012): Haragedényes településrészlet Vát (Vas megye) határában (Vát–Rátka patak keleti oldala, 86-os sz. főút, Vát–Szombathely elkerülő 1. lelőhely. – Bell Beaker culture settlement section in the vicinity of Vát (Vas county) (Eastern side of Vát–Rátka Stream, Site No. 1. at Main Road No. 86, Vát–Szombathely bypass. *K.Ö.SZ. Évkönyv 2009, Évkönyv és jelentés a K.Ö.SZ. 2009. évi feltárásairól – Field Service for Cultural Heritage 2009 Yearbook and Review of Archaeological Investigation:* 129–135.

REMÉNYI, L., ENDRŐDI, A., BARADÁCS, E., KISS, Z. Á., UZONYI, I., MONTERO, I., ROVIRA, S. (2006): Possible link between Hungarian and Spanish Beaker Metallurgy. In: DENKER, A. et al. (eds.), *Cost Action G8: Non-destructive testing analysis of museum objects.* Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 17–25.

ROBB, J. (2009): People of Stone: Stelae, Personhood, and Society in Prehistoric Europe. *Journal of Archaeological Method and Theory* 16 162–183.

SCHREIBER, R. (1975): A tököli korabronzkori temetők. – Frühbronzezeitliche Gräberfelder von Tököl. *Archaeológiai Értesítő* 102 187–203.

SIKLÓSI, Zs. (2009): Absolute and internal chronology of the Late Copper Age cemetery at Budakalász. In BONDÁR M. & RACZKY P. (eds.), *The Copper Age Cemetery of Budakalász.* Budapest: Pytheas, 457–475.

STRAHM, C. (2008): The complementary ware in Bell Beaker everyday life: the Italian model – a theory. In: BAIONI, M. LEONINI, V. LO VETRO, D. MARTINI, F. POGGIANI R. KELLER, R.F., SARTI L. (eds.), *Bell Beaker in Everyday Life. Millenni Studi di Archeologia Preistorica* 6, 2008, Museo Fiorentino di Preistoria Paolo Graziosi, Firenze, *Proceedings of the 10th Meeting „Archéologie et Goblets” (Florence–Siena–Villanuova sul Clisi, May 12–15, 2006).* Museo Fiorentino di Preistoria «Paolo Graziosi», Firenze, 209–219.

T. BIRÓ, K. (2002): New data on the utilisation of Buda hornstone in the Early Bronze Age. *BudRég* XXXVI 131–145.

THOMAS, J. T. (2011): Fashioning Identities, Forging Inequalities: Late Neolithic/Copper Age Personal Ornaments of the Portuguese Estremadura. *EJA* 14/1-2 29–60.

TOMPA, F. (1942): Budapest története I. Budapest az Ókorban. SZENDY, K. (szerk), Budapest, 1942, 40–47.

TUREK, J. (2006): Období zvoncovitých pohárů v Evropě. *Archeologie ve středních čechách* **10** 275–368.

TUREK, J. (2006a): Beaker barrows and the houses of dead. In: ŠMEJDA L. (ed.) and TUREK J. & THRANE H. (associated eds.), *Archaeology of Burial Mounds*. Publication of the Department of Archaeology, Faculty of Philosophy & Arts, University of West Bohemia, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, Czech Republic, 170–179.

VAN DER LINDEN, M. (2004): Polythetic networks, coherent people: A new historical hypothesis for the Bell Beaker phenomenon. In: CZEBRESZUK, J. (ed.), *Similar but different. Bell Beakers in Europa*. Adam Mickiewicz University, Poznań. 35–62.

WŁODARCZAK, P. (2008): Unique Burial of the Bell Beaker Culture from the Cemetery in Sambrzec (Southern Poland). In: BAIONI, M. LEONINI, V. LO VETRO, D. MARTINI, F. POGGIANI R. KELLER, R.F., SARTI L. (eds.),

Bell Beaker in Everyday Life. Millenni Studi di Archeologia Preistorica **6**, 2008, Museo Fiorentino di Preistoria Paolo Graziosi, Firenze, *Proceedings of the 10th Meeting „Archéologie et Goblets” (Florence–Siena–Villanuova sul Clisi, May 12–15, 2006)*. Museo Fiorentino di Preistoria «Paolo Graziosi», Firenze, 393–396.

WOODWARD, A. – HUNTER, J. – IXER, R. – ROE, F. – POTTS, P. J. – WEBB, P. S. – WATSON, J. S. – JONES, M. C. (2006): Beaker age bracers in England: sources, function and use. *Antiquity* **80** 530–543.

ZANDLER, K. (2012): *Szigetszentmiklós–Felső Űrge-hegyi dűlő lelőhely kőeszközei*. kézirat.

ZANDLER, K. – HORVÁTH, T. (2010): Balatonöszöd–Temetői dűlő őskori, több periódusú település pattintott kőeszközeinek vizsgálata. *Archeometriai Műhely* **7/4** 259–296. (<http://www.ace.hu/am>)

ZIMMERMANN, T. (2003): Zwischen Karpaten und Kaukasus – Anmerkungen zu einer ungewöhnlichen Kupferklinge aus Wien–Essling. *Archäologisches Korrespondenzblatt* **33** 469–477.

KÖZLEMÉNYEK

Balatonőszöd–Temetői dűlő (M7/S-10) lelőhely őskori településrészei. A középső rézkori, a késő rézkori és a kora bronzkori településrészek. Digitális kiadás – dupla DVD. / The prehistoric settlement parts of Balatonőszöd–Temetői dűlő. The Middle Copper Age, the Late Copper Age and the Early Bronze Age settlements.

Miskolc/Budapest: 2013. ISBN 978-615-5254-01-7. Ár: 2025 Ft + 27% ÁFA



A digitális kiadvány 2 db DVD-lemezből áll: az első az adattár (a lelőhely teljes feltárási és feldolgozási dokumentációja), a másodikon ún. bónuszok és extrák kaptak helyet.

A dokumentációs lemezen megtalálható minden olyan szöveges vagy képi tartalom, ami a lelőhellyel kapcsolatos. Segítségével minden szempontból a teljes – nemcsak az eddigi publikációktól megszokott válogatott jelenség- vagy leletleírások, ábrázolások érhetőek el az érdeklődők számára. Az Open Access folyamatba illően ez a kiadvány hozzásegíti az Olvasót és a tudományos kutatókat ahhoz, hogy a feltáró vagy feldolgozó régészhez hasonló fokú nyílt hozzáférést és beavatást kapjanak a lelőhely részleteibe illően annak feltárástól a leírás és az értelmezésen keresztül. Közreadásával lehetőségessé válik, a szerző mellett más kutatók is elkészíthessék a saját Balatonőszöd lelőhely-feldolgozásukat igényes módon, vagy érdemben tegyenek kritikai megjegyzéseket a már meglévő feldolgozásokkal kapcsolatban.

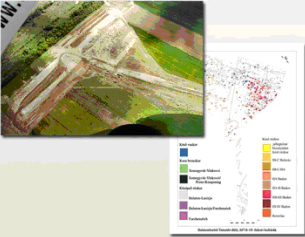
A második lemezen olyan digitális tartalmak kaptak helyet, amelyek valamely módon kapcsolódnak a lelőhelyhez, és közlésük más elérhető eszközökkel és módszerekkel (képzőművészet, grafika, stb.) megkönnyítik a lelőhely megértését. Fontosnak tartottuk az elmúlt tíz évben számos hazai és külföldi konferencián tartott előadásunk rögzített szöveges és képes hozzáférést, mert az előadások folyamatosan életben tartották a lelőhely iránti érdeklődést, felhívták a figyelmet számos radikálisan új változásra a korszakkal kapcsolatban, és az előadások módja a publikációktól eltérően szövegében rövidebb és egyszerűbb, képi tartalmában viszont sokkal színesebb és gazdagabb. Hasonlóan ragaszkodtunk az eddig megjelent publikációink pdf-formában való összegyűjtéséhez és közzétételéhez, mivel a magyar és az angol nyelvű monográfia csak a lelőhely bemutatására koncentrált, és nélkülözi a korszak és a benne élő kultúrák egészére való kitekintést: a tanulmányok többsége e tekintetben szélesebb, átfogóbb képet nyújt. Emellett területi problémák miatt a kötet több helyen hivatkozik a már megjelent publikációkban található részletesebb tartalmakra, amelyeket ily módon egybegyűjtve az Olvasók kényelmesebben elérhetnek.

A magyar nyelvű monográfia interneten megtalálható az MTAK REAL Repozitóriumában (<http://real.mtak.hu/2959>), viszont olyan nagy méretű, amelynek letöltése sok eddigi érdeklődő számára gondot okozott. Ezért célszerűnek találtuk a magyar kötetet a 2. DVD-lemezen biztonságosabb módon átnyújtani. A rekonstrukciók célja pedig, hogy mind a szakmai, mind pedig a régészet iránt kedvet érző közönség számára közelebb hozza képi látványában azokat a jelenségeket, amelyek feltárása, dokumentálása és értelmezése az ásató számára is komoly kihívást okozott.

A szerkesztők nevében a lelőhely feltárója és feldolgozója:

Honti Szabolcs – Horváth Tünde
szerkesztők

DVD 1. - adattár



Lelőhely

- Fotótár
- Táblázatok
- Térképtár


Őskori településrészek

- Objektum és leletleírások (kapcsolt képtáblákkal)
- Jelenségek metszetrajzai
- Jelenségek képtárai
- Leletek képtáblái
- Tipológiai táblák
- Térképtár
- Táblázatok

Honti Szabolcs - Horváth Tünde
szerkesztők

Balatonőszöd-Temetői dűlő leelőhely (M7/S-10)
őskori településrészei
Digitális kiadás - dupla DVD

DVD 2. - bónuszok és extrák



- Rekonstrukciók
- Előadások
- Tanulmányok
- Monográfia

Amennyiben a DVD-k menüje nem indul el automatikusan, indítsa a DVD-n található Start.exe futtatásával.
Hibás DVD esetén kérjük jelezzen az alábbi e-mail címek valamelyikén:
Horváth Tünde - horvath.tunde@btk.mta.hu
Honti Szabolcs - hszabolcs@hermuz.hu

Szerkesztő:
Horváth Tünde
Technikai szerkesztő:
Honti Szabolcs

A kiadvány az OTKA F-67577 és PD-73490 számú pályázatainak támogatásával valósult meg.
© szerzők, Magyar Tudományos Akadémia Bölcsészettudományi Kutatóközpont Régészeti Intézet
A DVD-k a DVD-kon található feldolgozás egészének vagy részének másolása és terjesztése a tulajdonos engedélyje nélkül tilos!
ISBN 978-615-5254-01-7

2013

Balatonőszöd-Temetői dűlő leelőhely (M7/S-10) őskori településrészei