

RÉGÉSZETI ÉS ELŐZETES ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATOK A HEJŐPAPIBAN 2008-BAN FELTÁRT KELTA TEMETŐ 3. LELOHÉLYÉNEK KERÁMIA ANYAGÁN

ARCHAEOLOGICAL AND PRELIMINARY ARCHAOMETRICAL INVESTIGATIONS ON THE CERAMIC FINDINGS FROM NR. 3 SITE OF THE CELTIC CEMETERY AT HEJŐPAPI EXCAVATED IN 2008

KRISTÁLY FERENC¹, KOVÁCS PÉTER²

¹Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Ásványtani és Földtani Intézet

²Miskolci Egyetem, Bölcsészettudományi Kar, Történettudományi Intézet

E-mail: askkf@uni-miskolc.hu

Abstract

A La Tène period (LT B2 – LT C1 transition) cemetery was excavated in the summer of 2008 at Hejőpapi (Borsod-Abaúj-Zemplén County, NE-Hungary) with 4 sites. The first archaeology and archaeometry research results on selected pottery from site nr. 3 are presented in this study. The pottery is similar in style and decoration to other findings from the area with similar ages. The mineralogy and petrography of the pottery was investigated by X-ray powder diffraction (XRD), polarizing microscopy and scanning electron microscopy (SEM). Chemical microanalysis was performed on selected samples by energy dispersive spectrometry (EDS).

The studied ceramics resemble in composition, with varying smectite contents, lacking carbonates and Ca-, Mg- or Al-silicates as indicators of firing, suggesting a smectite-illite rich raw clay with muscovite and feldspars beyond quartz (as temper). Reheating of the ceramics to 250°C proved that smectite, and not residual chlorite is responsible for the 14 Å peak of XRD patterns.

For the first time in Hungary, a graphitic vessel was investigated by non-destructive XRD. The presence of graphite, quartz and micas was observed. Graphite-like flakes were investigated in details on 0.001g sample by XRD and SEM+EDS, confirming the previous results. EDS also showed significant Si and Al content of the flakes, in a ratio characteristic to kaolinite group.

Raw clay and sand from the excavation site was collected, their mineralogy corresponds to that expected for the ceramic raw materials of the studied pottery. An experimental mixture of clay : sand = 4:1 ratio was prepared and sequential firing was performed at 250°C, 360°C 720°C and 920°C, heating time was one hour in each case. Absolute temperature (°C) of firing could not be extrapolated for the pottery, since smectite rehydration and recrystallization were found to overprint the fired mineralogy. Firing temperatures are estimated to be in the range 250–700°C, possibly obtained by wood-chips and straw fuelled surface fast-firing. The pottery is supposed to have been produced for funeral scopes only, except for the graphitic vessel.

Kivonat

Egy La Tène (LT B2 – LT C1 átmenet) kori temető ásátására került sor 2008 nyarán Hejőpapi (Borsod-Abaúj-Zemplén megye, ÉK Magyarország) határában, mely 4 lelőhelyet tárt fel. Jelen tanulmányban a 3. lelőhely kerámia leleteinek régészeti és előzetes archeometriai vizsgálatait ismertetjük. A kerámia leletek stílusa és díszítése hasonló a környékbeli hasonló korú leletekéhez. A minták közettani és ásványtani vizsgálatát polarizációs optikai mikroszkóppal, pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) és röntgen-pordiffrakciós (XRD) eljárással végeztük. Elektronsugaras kémiai vizsgálatokat kiválasztott mintákon végeztünk, energiadiszipatív spektrométeres eljárással (EDS).

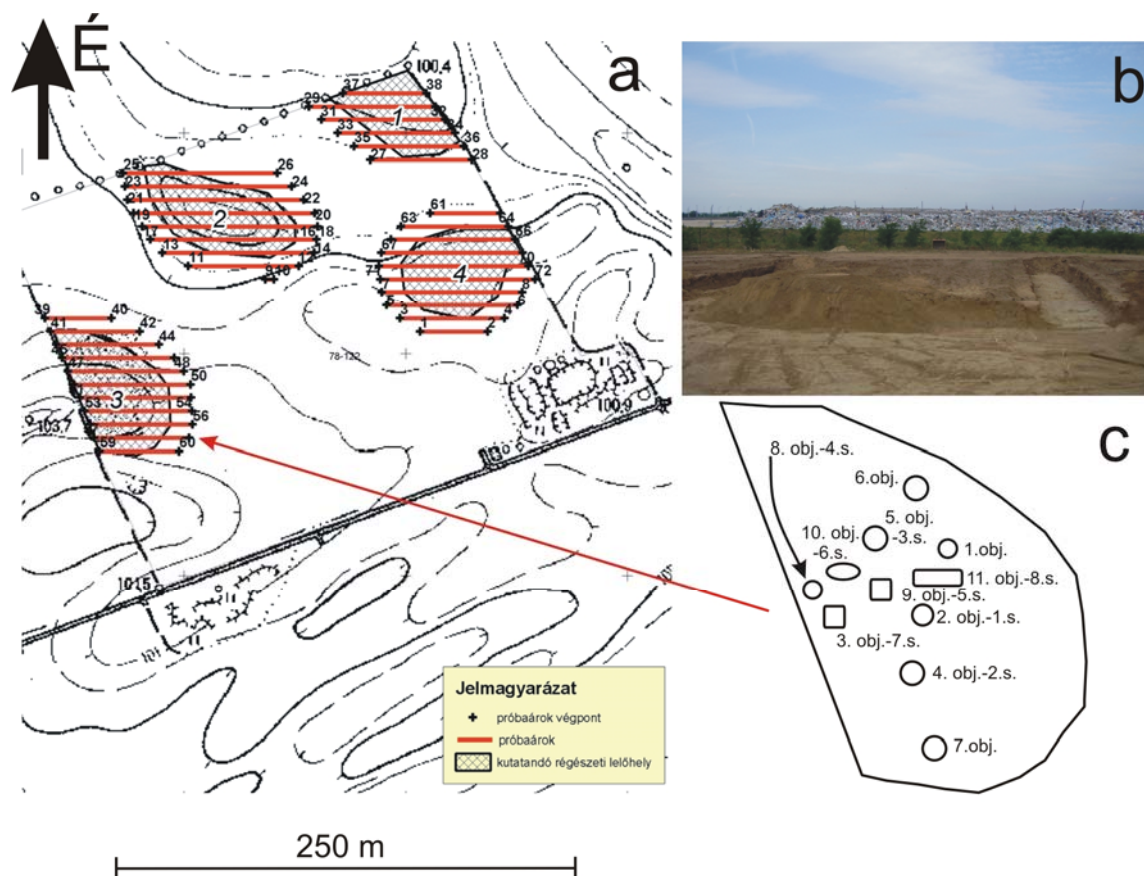
A vizsgált minták összetételükben hasonlóak, változó szmektit tartalommal, karbonátok és Ca-, Mg- vagy Al-szilikátok nélkül, melyek az égetési hőmérséklet mutatóiként megjelenhetnek. Így a felhasznált agyag valószínűleg illit és szmektit gazdag muszkovitos, földpáttal és kvarccal. A kerámia leletek mintáin végzett újrahevítés 250°C-ra a szmektit jelenlétét igazolta maradvány klorit helyett, a 14 Å-ös csúcs eltűnése alapján.

Magyarországon első alkalommal teljesen roncsolás-mentes XRD eljárással vizsgáltunk meg egy grafitos edényt. A kvarc és muszkovit mellett sikerült a grafit jelenlétét is igazolni. Az edényből származó grafitoszerű pikkelyek 0.001g preparátumán végzett XRD vizsgálat megerősítette a grafit jelenlétét. A pikkelyek esetében az EDS vizsgálatok jelentős Si és Al tartalmat mutattak ki, a kaolinit csoportra utaló elem arányban.

Az ásatás során a lelőhely környezetéből homok és agyag mintákat is gyűjtöttünk, melyek ásványtani összetétele megfelel a kerámia leletek várt nyersanyagának. Kísérleti égetés céljából 4:1 arányú agyag:homok keveréket készítettünk és a próbatesteket 250°C, 360°C 720°C and 920°C hőmérsékleteken égettük, egy órás hőtartással. A kerámiák maximális égetési hőmérsékletét nem tudtuk meghatározni, mivel a minták esetében jelentős szmekitit rehidratációs és újrakristályosodási felülbélgzéseket tapasztaltunk. Lehetséges égetési tartományként a 250°C és 700°C közötti tartományt jelölhetjük meg, valószínűleg felszíni faforgács és szalmatüzelésű égetőfészkekben. A vizsgált kerámia anyagokat valószínűleg temetkezési célokra gyártották, esetleges kivétel a grafitos edény.

KEYWORDS: SMECTITE BEARING CERAMICS, REHEATING, SEQUENTIAL FIRING, GRAPHITIC POTTERY, NON-DESTRUCTIVE INVESTIGATION

KULCSSZAVAK: SZMEKTITES KERÁMIA, ISMÉTELT HEVÍTÉS, SZAKASZOS ÉGETÉS, GRAFITOS KERÁMIA, RONCSOLÁS-MENTES VIZSGÁLAT



1. ábra: Az ásatás domborzati térképe a feltárt területekkel (a), a 3-as lelőhely felszíne és helyzete a személtlerakóhoz képest (b), valamint az objektumok (obj.) és sírok (s) típusa és helyzete a lelőhelyen

Fig. 1.: Surface map of the excavation, with the sites (a), surface of site Nr. 3 and its position relative to the waste repository (b) and the type and position of excavated formations (obj) and graves (s) for site Nr. 3.

Bevezető

Hejőpapi Borsod-Abaúj-Zemplén megye déli részén, a Borsodi Mezőségben fekszik, a Bükk hegység és az Alföld találkozásánál. Az ásatásra egy hulladéklerakó bővítése miatt került sor, mely összesen négy lelőhelyet érintett. Munkánk a 3-as lelőhely (**1. ábra**) kerámia anyagának archeometriai vizsgálatát mutatja be. Az ásatást Makoldi Miklós, a Herman Ottó Múzeum régésze vezette, az ásatás során összesen 8 késő vaskori sírt tártak fel.

A lelőhely egy markánsan kiemelkedő homokdombon volt, ennek a dombnak a legmagasabb részén koncentráltak a sírok. A temető a mai Hejő-csatornától mintegy 4 km távolságra volt. A Hejő a Bükk hegység délkeleti részének vizeit vezeti le a Tisza felé. Ezt a területet mindig átszötték a kisebb folyók, patakok, melyek többnyire a Bükk karsztforrásaiból eredtek. A terület morfológiáját a hegyekből érkező vizek alakították ki, így jöhetett létre a mai vastag kavicsstakaró, amelyet főleg az Ós-Sajó és Ós-Hejő raktak le (Czajlik & Tankó 2003, 97 o.). A felső pleisztocén és holocén határán, a Tisza-árok

kialakulása nagyban megváltoztatta a terület hidrográfiai és morfológiai viszonyait. Ennek következtében a Hejő bevágódott a korábban lerakott üledékbe (Czajlik & Tankó 2003, 97 o.), ezzel magyarázható a táj mai képe, a meanderekkel szegélyezett hordalékkúpok és a kiemelkedő dombok.

A folyóvölgyek jellegzetes és sajátos ökológiai felületet nyújtanak, mivel a természeti gazdálkodásnak és a termelői gazdálkodásnak is megvannak a feltételei (Frisnyák 2007). A Hejő folyó és hordalékkúpja, valamint a hegyvidék találkozási zónája ezeket a feltételeket biztosították.

A temető egy a Hejő által épített hordalékkúpon helyezkedik el, ami a szűkebb környezet egyik magaslati pontja. Tengerszint feletti magassága 103,7 m, ez azt jelenti, hogy a domb szűkebb környezeténél 3-3,5 m-rel magasabb. Feltételezzük, hogy a domb az ősi tájban is ennyire markánsan emelkedett ki a sík vidék fölé. Ez a tényező komolyan befolyásolhatta az ide temetkező keltákat, hiszen a domb egészen távolról kitűnt környezetéből, így az ősök nyughelye könnyedén látható és felismerhető volt.

A temető hamvasztásos és csontvázas sírokat egyaránt tartalmaz - bi-rituális - és szűkebb, 15 km-es körzetében is ismerünk számos, hasonlóan bi-rituális temetőt. Sajópetri-Homoki-Szölőskertek lelőhelyen összesen 90 sírt tártak fel, amelyet az előzetes eredmények alapján LT B2 - C1 időszakra kelteztek (Szabó 2006, 268 o.). Hejőkeresztúr-Berecske-dombról egy hamvasztásos és egy csontvázas sír ismert (B. Hellebrandt 2006, 203-216 o.). Kistokaj-Kültelkekről összesen 27 hamvasztásos sírt ismerünk (B. Hellebrandt 1994, 58 o., B. Hellebrandt 1999, 199-215 o.). Muhi-Kocsmadomb, az egyik legfontosabb, La Tène kori temető, a késő vaskori kutatás szempontjából. Összesen 45 sírt tártak fel itt, ebből 13 hamvasztásos a többi csontvázas sír (B. Hellebrandt 1996-1997, 125-127 o.). Mezőkövesden, a Bendekteleki homokbányából egy hamvasztásos sír került elő (Kemenczei-K. Végh 1964, 235 o.) és szórványként egy urna (K. Végh 1969, 72-73). A felsorolt temetők korát az ásató régészek LT B2 - C1 közöttire datálják. A Sajópetri temető kora LT B2 - C1 közöttire tehető (Szabó 2005, 61. Szabó 2006, 268-270 o.). A Hejőkeresztúri temető LT B2 - C1 közöttire, a Kistokaj (B. Hellebrandt 1994, 81 o.) és Muhi temetők LT B2-re (B. Hellebrandt 1996, 155-156 o.), az Emőd-Istvánmajor-i szórvány leletek LT C periódusra datálhatóak (B. Hellebrandt 1999, 199 o.). Ezek alapján látható, hogy a Borsodi Mezőség

kelta temetői a LT B2 periódustól a LT C1 periódusig vannak használatban. A sírok leletanyaga is egységes képet mutat, így a Hejőpapi temető is a LT B2 periódus végére LT C1 kezdetére keltezhető. Erre enged következtetni a sírokban talált vitézkötéses fibulák, a grafitos seprűs díszes szitula, továbbá a kerámia anyag formakincse.

A temető összesen nyolc sírből áll, ebből hét hamvasztásos, egy pedig csontvázas temetkezésű. A temető sírjait három csoportba sorolhatjuk (**1. ábra**).

I. csoport: Ide tartozik az 1., 2., 3., 4. és 6. sír, ezek alakja nehezen megállapítható, de valószínűsíthető az ovális-kerek sírgödör. A talajban a sírfoltok nagyon nehezen vagy egyáltalán nem látszóttak. A sírok betöltése az altalajtól nem, vagy csak kis mértékben vált el. A 3. sír közvetlenül a felszínen került elő, az 51-52. számú árkok között. A feltárás előkészítési munkálatai során jelentősen rongálódott a sír és a melléklet anyag (mivel a sír a mai felszínen helyezkedett el). A sírgödör valószínűleg ovális lehetett, átmérője 50x70 cm, tájolása talán kelet-nyugat irányú. A 6. sír szintén a humuszrétegben feküdt, mindössze néhány centiméter mélységben a felszíntől. A 4. sír mélysége 50 cm, az 1. és 2. sírok mélysége pedig 90 cm volt. Kétséget kizáróan megállapítható, hogy mind az öt hamvasztásos rítusú temetkezés.

II. csoport: Ide tartozik az 5. és 7. sír, a foltok alakja lekerekített sarkú négyzet, a betöltés színe barnás, sötétszürke. A betöltés jól láthatóan elvált a bolygatatlan talajtól. A II. csoport sírjainak mélysége jóval meghaladja az I. csoportban felsoroltakét. Az 5. sír mélysége 160 cm, a 7. síré 175 cm. E sírok is hamvasztásos rítusúak.

III. csoport: Az ide tartozó 8. sír a temető egyetlen csontvázas sírja. A sír foltja alig látszott a talajban, alakja téglalap alakú, kialakítása aknasír. Mélysége sekély, 50 cm a felszíntől.

A továbbiakban az anyagvizsgálatnak alávetett objektumok leletanyagát ismertetjük vázlatosan.

Mintaleírás

3. sír (5. objektum): A feltételezhetően hamvasztásos sírban egy nagyméretű bolygatott edény töredékeit találtuk meg melynek alja még „in situ” helyzetben volt (**2 ábra**). Az edény homokkal soványított, szürke színű, barna foltos, éles válltörésű, omphaloszos aljú, korsó volt, ennek oldal és fenéktöredékeit vizsgáltuk. A sír közvetlen környezetében felismerhetlenségig roncsolt vas tárgyak töredékei voltak szétszóródva, közöttük egy széles pengéjű vaskés darabjai.



2. ábra: Az 5-ös objektum (3. sír) feltárás után, valamint a teljesen roncsolódott mellékletek törmeléke

Fig. 2.: Feature Nr. 5 (grave Nr. 3) after the excavation, and the fragments of totally destroyed ceramic findings

4. sír (8. objektum): Az 1. melléklet egy urna, melynek párhuzamait ismerjük Kosdrol (B. Hellebrandt 1999, XI tábla, 1,2 kép) és a radostyáni 14. sírből (B. Hellebrandt 1999, 245 o.). A 2. melléklet párhuzamai megtalálhatók Pomáz-Väckerten (Hunyadi I. 1942-1944, IV tábla 7. kép) és Kistokajban (B. Hellebrandt 1999, LXXIV tábla). A 3. melléklet egy omphaloszos aljú tál. A feltárt sír és mellékletek a **3. ábrán** láthatók.

5. sír (9. objektum): A temető leggazdagabb sírja. A 3. melléklet a Hunyadi Ilona által meghatározott 12. típusba sorolható, ezek a formák a LT C periódus legelején lépnek fel és a periódus végéig használatban maradnak (Hunyadi I. 1942-1944, 142 o.). Hunyadi Ilona 3. táltípusába sorolható az 5. melléklet, ez a típus a LT C1 során jelenik meg (Hunyadi 1942-1944, 128-129 o.). A feltárt sír és mellékletek a **4. ábrán** láthatók. Ugyancsak innen került elő a jó megtartású grafitos edény (9.8. minta), melyet roncsolás-mentes technikákkal vizsgáltunk.

7. sír (3. objektum): 1. melléklete egy urna, hasonló darabok vannak a váci temető 23. és 9. sírjában, és Bodroghalmon a 14. sírban (B. Hellebrandt 1999, XXX tábla, 10 kép; XXVI tábla 5 kép; LXIX tábla, 9 kép). A feltárt sír és mellékletei a **5. ábrán** láthatók.



3. ábra: A 8-as objektum (4. sír) gyenge megtartású, vizsgálatra kiválasztott mellékletei, valamint azok restaurált formája

Fig. 3.: Feature Nr. 8 (grave Nr. 4) with its friable ceramic findings selected for investigations and their pictures after restoration



4. ábra: A 9-es objektum (5. sír) mellékletei, ezek megtartása jobb, mint a 8-as objektum esetében. Vizsgálatra a 3., 5. és 8. („grafitos edény”) mellékletek kerültek.

Fig. 4.: Feature Nr. 9 (grave Nr. 4) with its findings, in better shape than those from Feature Nr. 8. Investigations were performed on the 3rd, 5th and 8th (graphitic) findings.



5. ábra: A 3-as objektum (7. sír) mellékletei, ezek megtartása jobb, mint a 8-as objektum esetében. Vizsgálatra az 1. melléklet került.

Fig. 5.: Feature Nr. 3 (grave Nr. 7) with its findings, in better shape than those from Feature Nr. 8. Investigations were performed on the 1st finding.



6. ábra: A 11-es objektum (8. sír) mellékletei, ezek megtartása jobb, mint a 8-as objektum esetében. Vizsgálatra az 1. melléklet került

Fig. 6.: Feature Nr. 11 (grave Nr. 8) with its findings, in better shape than those from Feature Nr. 8. Investigations were performed on the 1st finding.

8. sír (11. objektum): A sír 1. melléklete egy rossz megtartású, kihajló, megvastagodó peremű, szűkülő nyakú, nyakán plasztikus bordadísszel ellátott, éles hastörésű, kónikus testű edény. Hasonló formájú edény van Kistokajban (B. Hellebrandt 1999, LXXIII tábla 9 kép), valamint a váci temető 2. és 9. sírjaiban (B. Hellebrandt 1999, XXIV tábla 11 kép; XXV tábla 9 kép). A feltárt sír és mellékletei a **6. ábrán** láthatók.

A kerámia anyagokra általánosan jellemző a rossz állékonyság, morzsolódás és töredezettség, néhány kivétellel. Ilyen kivételt képez a „grafitos edény”. A vizsgált leletek mintaszáma és az elvégzett vizsgálatok listája megtalálható az **1. táblázatban**.

A régészeti feltárás környezetéből származó finomszemű homokrétegből és agyagból is vettünk mintákat, az égetési hőmérséklet modellezésére. Ezekből, az ásványtani összetétel meghatározásán túl, kerámia masszát is készítettünk a laboratóriumban, hogy a több hőmérsékleten kiégetett ásványtani összetételt összehasonlítsuk a vizsgált kerámia minták összetételével. A kézi alakadás legkönnyebben a 4:1 agyag:homok arányú masszán működött, így ennek kiégetett darabjait (3x3x0,5 cm-es lapok) használtuk az összehasonlításhoz (**7. ábra**).

Az égetési hőmérsékletek 250°C, 360°C, 720°C és 920°C voltak, minden esetben 1 órás hőntartással és szabad visszahűléssel (szakaszos égetési kísérlet).



7. ábra: Az ásatás során feltárt agyagból és homokból készült 4:1-es keverék nyers és égetett darabjai. A lapok éle ~30 mm, az égetés során csak kisebb zsugorodást szenvedtek. A vizsgált mellékletek színe a 250°C-on és 360°C-on égetett darabok árnyalatait mutatja

Fig. 7.: Raw and fired test pieces obtained from the 4:1 ratio clays and mixture of the raw clay and sand collected from the excavation. The edge of pieces is ~30mm, only minor contraction on firing was observed. The colour of investigated ceramic findings is similar to the 250°C and 360°C fired pieces.

Alkalmazott vizsgálati módszerek

Az ásványtani összetétel meghatározásához a leletek mindegyikéből, lehetőség szerint, preparáltunk mintát röntgen-pordiffrakciós vizsgálatra (XRD) (**1. táblázat**). Ennek menete a szobahőmérsékleten történő szárítás és a porcelán, majd achát mozsárban történő kézi porítás a megfelelően kis szemcseméretre.

1. táblázat: A minták összefüggése a vizsgált leletanyag nyilvántartásával, valamint az egyes mintákon elvégzett vizsgálatok (XRD – röntgen-pordiffrakció, PM – polarizációs mikroszkóp) összesítése

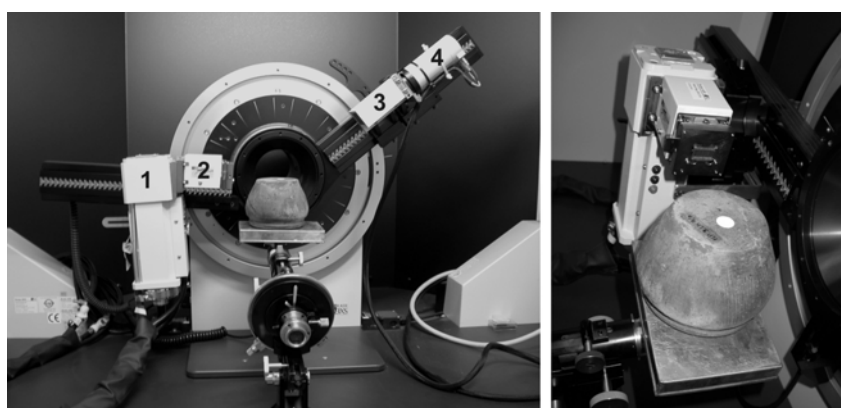
Table 1.: Relation of sample codes to the registered features and grave numbers, and the performed investigations (XRD – X-ray powder diffraction, PM – polarizing microscopy, újrahevítés – reheating).

Minta száma	Objektum	Sír	Melléklet	Vizsgálat típusa
KP-3-1	3	7	1	XRD, PM
KP-5-1	5	3	1	XRD, újrahevítéses
KP-5-1	5	3	1 (B)	XRD
KP-8-1	8	4	1	XRD, újrahevítéses
KP-8-2	8	4	2	XRD, PM
KP-8-3	8	4	3	XRD, PM
KP-8-4	8	4	4	XRD
KP-9-2	9	5	2	XRD, újrahevítéses
KP-9-3	9	5	3	XRD, PM
KP-9-5	9	5	5	XRD, PM,
KP-9-8	9	5	1	felületi XRD
KP-11-	11	8	1	XRD, PM
Homok				XRD
Agyag				XRD
massza				XRD

Ugyanilyen eljárással készítettük elő a régészeti feltárásokból származó homok és agyagmintát is, valamint a különböző hőmérsékleteken kiégetett massa mintákat is. A méréseket Bruker D8 Advance diffraktométeren végeztük, Cu-K α (40 kV, 40 mA) sugárzás alkalmazásával. A kerámia, homok és agyag minták esetében Bragg-Brentano geometriában, detektor oldali hajlított grafit monokromátorral, 0,6 mm divergencia és szóráscsökkentő, valamint 0,2 mm detektor rés alkalmazásával dolgoztunk. A méréseket 4–65° (2 θ) szögtartományban, 0,04° (2 θ)-os adatgyűjtési közzel és 2 másodperces számlálási idővel végeztük.

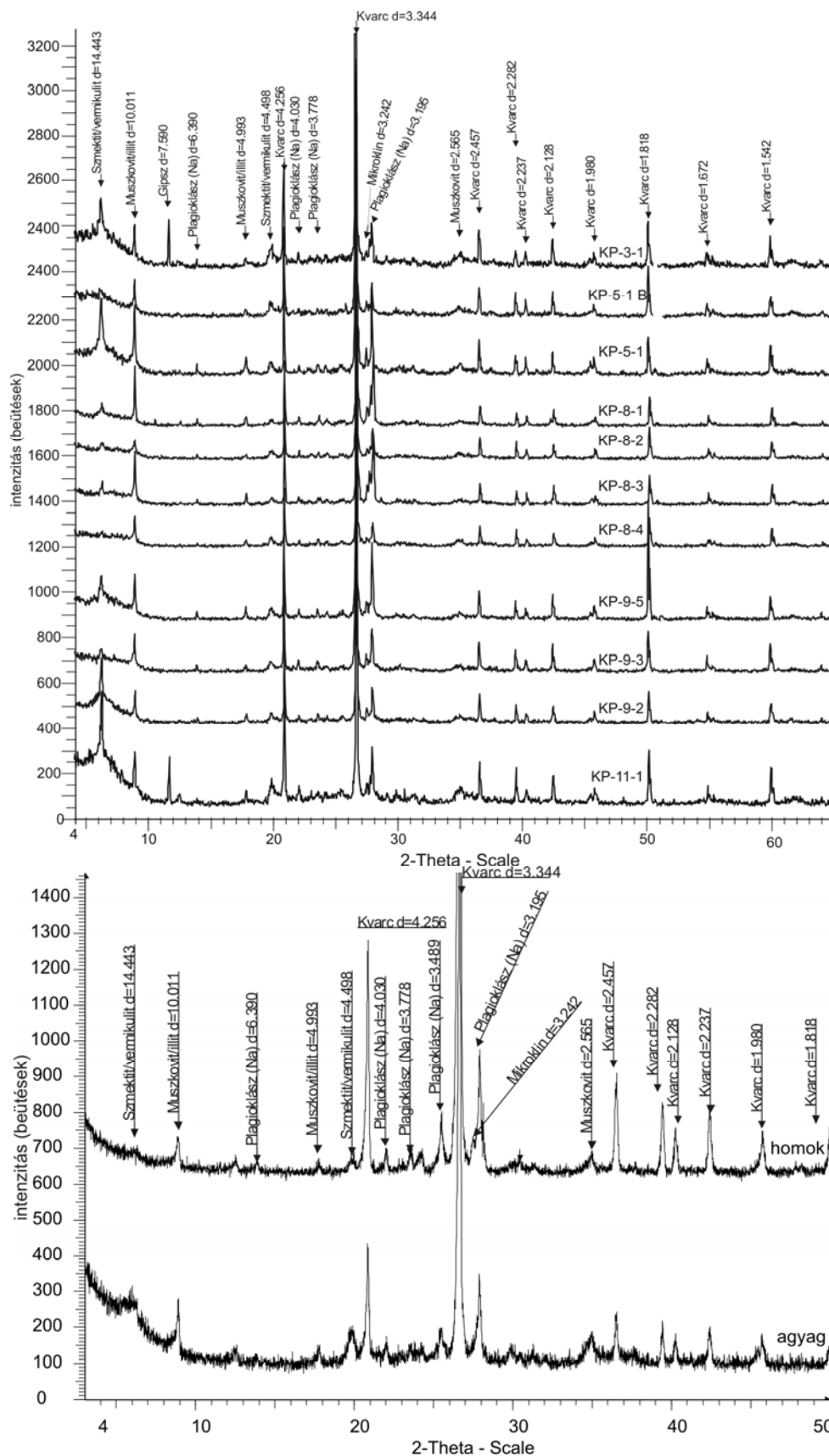
A 9. objektum 5. sír grafitos mellékletét, a 9-8 mintát, roncsolásmentes eljárással vizsgáltuk a lelet egyedisége miatt. Ebben az esetben a diffraktométer mintahordozó rendszerét (mintaasztal, forgató- és mintacserélő berendezés) eltávolítottuk, és az edényt saját szerelésű mintaasztal segítségével állítottuk megfelelő helyzetbe (**8. ábra**). A mintát Göbel-tükörrel előállított párhuzamos nyaláb geometriában vizsgáltuk, 0,6 mm-es exit-slit és 0,12°-os hosszú-Soller (más néven Grazing Incidence Soller) rések alkalmazásával.

A méréseket 4–66° (2 θ) szögtartományban, 0,01° (2 θ)-os adatgyűjtési közzel és 3 másodperces számlálási idővel végeztük. A grafitszerű törmelék pontos azonosítására névlegesen roncsolásmentes eljárást alkalmaztunk. Ehhez 0,001 g-nyit eltávolítottunk a grafitnak vélt anyagból és azt „0-háttér” mintatartón, párhuzamos geometriában vizsgáltuk. A méréseket 6–66° (2 θ) szögtartományban, 0,02° (2 θ) adatgyűjtési közzel és 3 másodperces számlálási idővel végeztük.



8. ábra: A „grafitos edény” (KP-9-8) elhelyezése a diffraktométer mintaterében a saját szerkesztésű mintatartó berendezéssel (8a, balra) valamint a fluoreszcens ernyő (lapocska) helye (8b, jobbra), amely a mérni kívánt terület pozicionálására szolgál (nem a teljes bevilágított területet jelöli!) (1 – sugárforrás, 2 – Göbel-tükör, 3 – hosszú-Soller vagy más néven Grazing Incidence Soller rés, 4 – detektor)

Fig. 8.: Positioning of the graphitic vessel (sample KP-9-8) in the sample chamber of the diffractometer using the home made guiding system (8a, to the left), and the position of the fluorescent screen (8b, to the right) used to the center the area to be investigated (not the shape of illuminated area!) (1 – X-ray source, 2 – Göbel mirror, 3 – long Soller-slit or Grazing Incidence Soller-slit, 4 – detector)



9. ábra: A vizsgált kerámia (9a fent), valamint a homok és agyag (9b, lent) minták XRD felvételei. A függőleges tengelyen a felvételeket elcsúsztattuk, valamint a kvarc 3,343 Å-os csúcsának felső részét kitakartuk.

Fig. 9.: XRD patterns of the investigated ceramic (9a, top) and clay and sand (9b, bottom) samples. The patterns are shifted on the y-axes, and the 3.343 Å peak of quartz is partially presented.

2. táblázat: A vizsgált minták szmektit és csillám / illit tartalmának összehasonlítása, csúcsterületek alapján ($d(\text{\AA})$ – a mért csúcs maximumának helye, β_i ($^\circ 2\theta$) – a csúcs kiszélesedése az integrális szélességgel fokokban megadva, A_n (cps $^\circ 2\theta$) – integrált csúcsterület, a beütésszám szöggel adott szorzata

Table 2.: Comparison of smectite and illite / mica content of the ceramic samples based on peak areas ($d(\text{\AA})$ – maxima of measured peaks, β_i ($^\circ 2\theta$) – integrated breadth of peaks in degrees, A_n (cps $^\circ 2\theta$) – net peak area, given as the product of counts per secundum and degrees).

	Szmektit			Csillám és illit			hozzávetőleges A_n arány
	d ($\text{\AA}$)	β_i ($^\circ 2\theta$)	A_n (cps $^\circ 2\theta$)	d ($\text{\AA}$)	β_i ($^\circ 2\theta$)	A_n (cps $^\circ 2\theta$)	szmektit/csillám
KP-3-1	14,38	0,56	30	10,01	0,15	5,8	5:1
KP-5-1	14,35	0,47	45,5	10,00	0,16	15,5	3:1
KP-5-1 B	14,71	0,6	5,51	10,00	0,14	6,9	1:1
KP-8-1	14,27	0,47	16,2	9,97	0,12	18,6	1:1
KP-8-2	14,18	0,55	10,2	10,02	0,2	5,5	2:1
KP-8-3	14,16	0,29	10,7	9,97	0,15	20,6	1:1
KP-8-5	11,86	0,47	5,8	10,00	0,15	9,7	1:1
KP-9-2	14,38	0,46	51	10,01	0,17	9,1	6:1
KP-9-3	14,39	0,23	4,7	9,99	0,14	8,9	1:1
KP-9-5	14,33	0,62	38,5	9,98	0,13	10,7	4:1
KP-11-1	14,33	0,44	38,8	10,01	0,16	6,7	6:1

Az égetett massa mintákat ugyancsak párhuzamos nyaláb geometriában vizsgáltuk, a 0,6 mm-es exit-slit és 0,12°-os hosszú-Soller (Grazing Incidence Soller) rések alkalmazásával. A méréseket 2–70° (2 θ) szögtartományban, 0,01° (2 θ) adatgyűjtési közzel és 1 másodperces számlálási idővel végeztük. Ezzel párhuzamosan a KP 8-1, KP 5-1 és KP 9-2 mintákat 250°C-ra hevítettük, 30 perces hőtartási idővel, hogy a ~14 $\text{\AA}$ -nél lévő csúcs viselkedését megfigyeljük. Ehhez a méréseket 2–10° (2 θ) szögtartományban, 0,01° (2 θ) adatgyűjtési közzel és 3 másodperces számlálási idővel végeztük.

A szövet-szerkezeti jellemzők meghatározásához polarizációs áteső fényes optikai mikroszkópos (PM) vizsgálatokat végeztünk. Ehhez üveglemezre ragasztott vékonycsiszolatokat készítettünk (~30 μm vastagsággal) fedőlemez nélküli, polírozott felülettel. A vékony preparátum elkészítéséhez a kiszáritott kerámia mintákat vákuumos edényben epoxigyantába ágyaztuk az állékonyság javítására és a pórustartalom megőrzésére. A minták többségéből azonban ismételt eljárással sem sikerült vékonycsiszolatot készíteni, a duzzadás és gyors lemorzsolódás következtében. A megfigyeléseket Leitz Metalloplan mikroszkópon, a felvételek rögzítését és feldolgozását Zeiss AxioCam MRc kamerával és

AxioVision rögzítő-feldolgozó szoftverrel végeztük.

A szövet-szerkezeti jellemzők és az ásványtani összetétel alátámasztására pásztázó elektron-mikroszkópos (SEM) megfigyeléseket és energiadiszperzív spektrométeres (EDS) kémiai elemzéseket végeztünk Jeol JXA 8600 Superprobe elektronmikroszkopon. A kerámia mátrix kémiai jellegének és kation eloszlásának megfigyelésére EDS elemterképezést is végeztünk. A grafit pikkelyeket a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.-nél vizsgáltuk, Hitachi S-8400 mikroszkóp és Bruker X-flash EDS detektor használatával (munkatáv SEM felvétel készítésénél 8 mm, EDS mérésnél 15 mm).

Eredmények

A XRD vizsgálatok alapján a kerámiák anyaga ásványtani összetételét tekintve hasonló, jelentős eltéréseket a szmektit tartalomban tapasztaltunk (**9a ábra**). A gipsz jelenlétét a KP-3-1 és KP-11-1 mintákon kívül nem észleltük, a 10 $\text{\AA}$ -os csúcs éles és szimmetrikus megjelenéséből főleg muszkovit, mintsem illit vagy illit/szmektit jelenlétére következtetünk. A 14 $\text{\AA}$ -os csúcs minden mintában következetesen hasonló, 14,3 $\text{\AA}$ és 14,5 $\text{\AA}$ közötti értékekkel jelenik meg, magassága illetve kiszélesedése változó a minták között. A földpátok

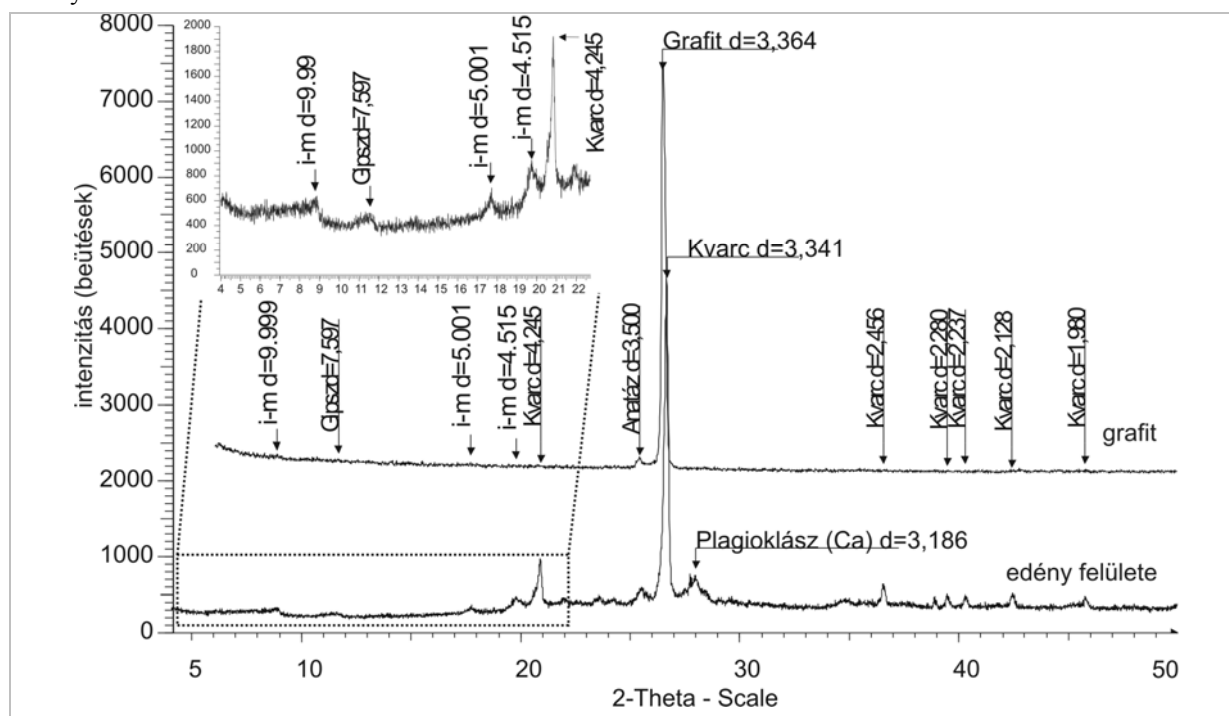
közül a Na-domináns plagioklász több, mint a K-földpátok, melyek pontos típusát a mintákban található kis mennyiségek miatt nem sikerült minden esetben azonosítani, esetenként mikroklinként azonosítottuk.

Az alapanyagként mintázott agyag és homok összetételében (9b ábra) – a kerámiák összetételével összhangban – nem találtunk karbonátokat, számottevő kaolinitet vagy kloritot, a földpát ugyanúgy Na-domináns plagioklász, mint a kerámiák esetében. Gipszet azonban nem találtunk több minta vizsgálata során sem.

A röntgen-amorf tartalmat nem határoztuk meg, és nem végeztünk mennyiségi összetétel meghatározást sem, mivel jelen esetben az egyes alkotók azonosításából és azok mintánkénti változásából levonható következtések elegendőek a célkitűzések eléréséhez.

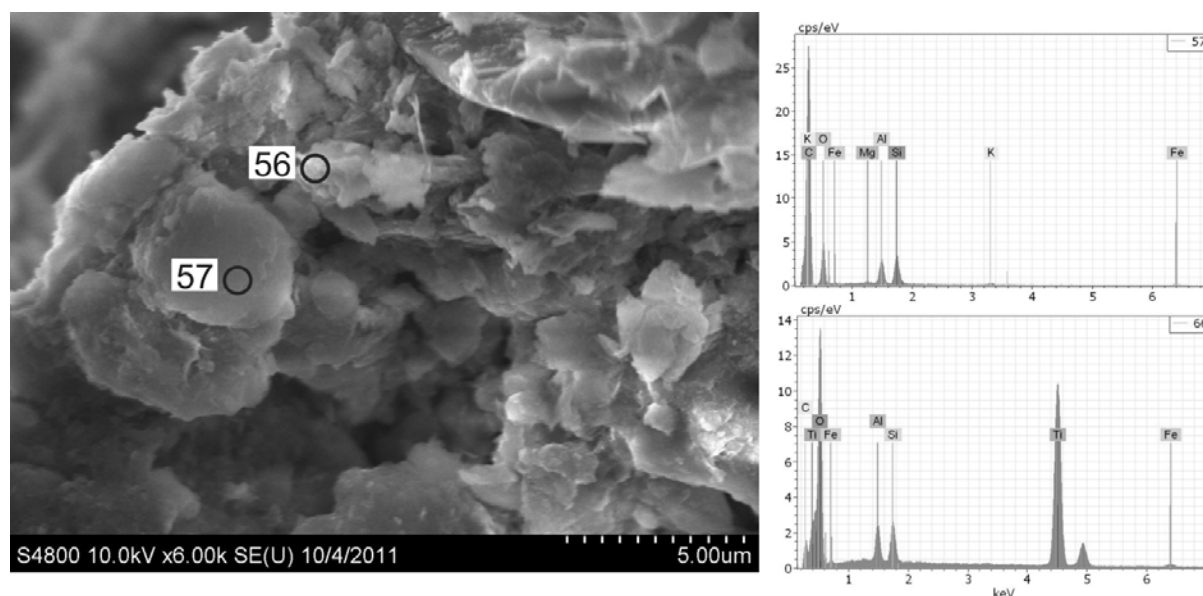
A szmektitiek típusát bővebben nem vizsgáltuk, tipikusan $\sim 14,3$ Å-nél többé-kevésbé kiszélesedő csúcsot adó anyag. Mennyiségét a csúcs alatti terület arányával közelítettük, feltételezve, hogy minden mintában hasonló összetételű és szemcseméretű anyaggal van dolgunk. Mivel a mérések alapján a minták összetétele nagyságrendileg megegyezik, a tömegszázalékos arányok számolása nélkül is összehasonlítható az

egy mintákban lévő komponensek mennyisége. A csúcs alatti területet az EVA automatikus háttérillesztését használva nettó területre számoltuk, a $\sim 17,2$ Å ($5,12^\circ 2\theta$) és ~ 11 Å ($7,96^\circ 2\theta$) közötti tartományt értelmezve a szmektit diffrakciós csúcsának. Hasonló módon a csillámok és illit mintánkénti változását is megfigyeltük, a $\sim 10,3$ Å ($8,52^\circ 2\theta$) és $\sim 9,58$ Å ($9,24^\circ 2\theta$) közötti tartományban. Ezeket az eredményeket a 2. táblázatban tüntettük fel. A szmektit és csillám (+ illit) arányokat a minták között összevetve, nem találtunk korrelációt a vizsgált mintákra. A 8. objektum vizsgált mintáira általánosan jellemző az alacsony szmektit tartalom. A mintákban a muszkovit a fő alkotó, de a ~ 10 Å-nél jelentkező csúcs kiszélesedése ugyanakkor illit jelenlétét is mutatja. Kloritok és a kaolinit-csoport ásványainak megjelenését nem tapasztaltuk, ezt bizonyítja a $\sim 7,2$ Å-ös és $\sim 3,5$ Å-ös ($\sim 12,2^\circ$ és $\sim 25,5^\circ$ körül a 2θ skálán) reflexiók hiánya. Ugyancsak jellemző a karbonátok (mint kalcit, dolomit vagy sziderit), valamint az égetés során keletkező Mg-, Ca- és/vagy Al-szilikátok teljes hiánya. Jellemző módon a földpátok közül az alacsony Ca-tartalmú albit a domináns, melynek mennyisége mintáról mintára változik, emellett kisebb arányban mikroklinket tartalmaznak a minták.



10. ábra: A „grafitos edény” (KP-9-8) és a grafit mikro-minta XRD felvételei, jól tükrözik a grafit és kvarc reflexiói közötti különbséget, valamint a kvarc hiányát a grafitban. A grafit minta pikkelyei erősen orientálódtak a mintatartóra való preparáláskor

Fig. 10.: XRD patterns of the graphitic vessel and the graphite micro-specimen, reflecting the differences between the peak of quartz and graphite and the lack of quartz in the graphite. The flakes of graphite micro-specimen produced strong preferred orientation in the pattern.



11. ábra: A grafit mikro-pikkelyes szövete (bal oldali ábra), valamint jellemző kémiai összetétele: a C mellett állandó a Si, Al és O megjelenése (kaolinitra utaló arányokban) változó K és Mg nyomokkal (jobb felső ábra). Egyes mikrométer alatti szemcsékben Ti:O=1:2 arányt tapasztaltunk (megfelelhet az XRD méréssel azonosított anataznak), változó arányú Fe-al, amely sokszor dominánssá válik, Fe-oxidnak megfelelő alkotót azonban az XRD nem mutatott ki, a kaolinit-szerű alkotó mindjelen van (jobb alsó ábra)

Fig. 11.: The texture with micrometric flakes of graphite (left image) and the characteristic chemical compositions: beyond C the presence of Al, Si and O is general (in ratios resembling kaolinite group) with varying Mg and K traces (right upper spectrum). In some micrometer sized spots a Ti:O=1:2 compositions were observed (in accordance with the anatase identified by XRD) with varying Fe contribution often being dominant, but Fe-bearing components were not observed by XRD, the kaolinite-like components is omnipresent (right lower spectrum).

A KP 3-1 és KP 11-1 jelű mintákban gipsz is található. Ugyanakkor ebben a két minta jelentős mennyiségű szmektitet is tartalmaz. A legnagyobb arányban szmektitet tartalmazó minták a KP 5-1 és KP 9-2, ezekben viszont sem gipszet, sem anhidritet nem találtunk.

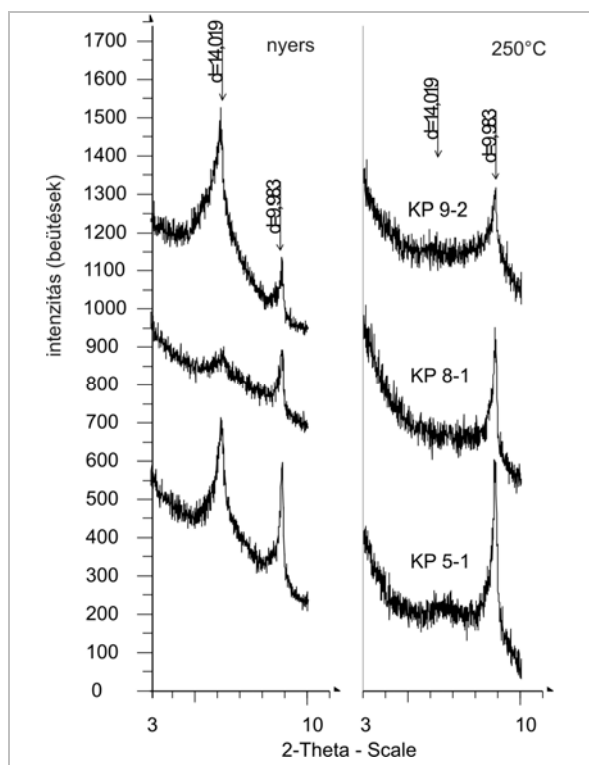
A „grafitos edény”-en végzett felületi XRD vizsgálat ugyancsak karbonátmentes, illiteszmektit nyers agyagra utalnak, de itt szmektitet nem találtunk és a ~10 Å-ös csúcs mérete és alakja jóval magasabb égetési hőmérsékletre utalnak (a kvarc 4,425 Å-ös csúcsához viszonyítva sokkal alacsonyabb), mint az előző minták esetében (**10. ábra**).

A grafitos edényből ugyanakkor hiányoznak az égetésre utaló ásványok, hacsak a Ca-gazdag plagioklász nem tekintjük ekként. Akárcsak a KP 3-1 és KP 11-1 minták esetében, itt is jelen van a gipsz. A 0,001g-nyi minta vizsgálata megerősítette, hogy grafitral van dolgunk, érdekes, hogy nyomokban kvarc és jelentősebb alkotóként anataz (tetragonális TiO₂) jelenik meg a grafit pikkelyek mellett. A Kárpát-medence grafitos kerámiáinak vizsgálata során sillimanit és kianit társulását jelezték (Havancsák et al. 2009), azonban részletes,

csak a grafitra vonatkozó vizsgálatok nem készültek. Az eltávolított pikkelyeket SEM+EDS módszerrel vizsgálva megfigyelhettük a grafit jellegzetes, pikkelyes szövetét (**11. ábra**). A vizsgálatok vezető réteg felvitele nélkül, az eredeti felszínen készültek, így a mért széntartalom kizárólag a mintából származik. Megtaláltuk a TiO₂ szemcséket, emellett általánosan, változó mennyiségben, kaolinit-csoportra utaló arányban Si-Al összetételű alkotót észleltünk, bár erre utaló eredményt a XRD nem szolgáltatott.

Az újrahevített kerámiákban és a több hőmérsékleten kiégetett mintákban a szmektitek adta ~14 Å-ös csúcs eltűnését tapasztaltuk 250°C-os hőmérsékleten (**12. ábra**). Ez bizonyítja, hogy a ~14 Å-ös csúcs nem kloritot jelez, hanem szmektitet.

A keverék minták esetében emelkedő hőmérsékletre jellemző, hogy a ~10 Å-ös és ~5 Å-ös csúcs intenzitása csökken, míg 920 °C hőmérsékleten teljesen eltűnnek ezek a csúcsok (**13. ábra**). A 4,44 Å-nél jelentkező, szmektitek jellemző csúcs 360°C után 4,50 Å-re módosul, amely az illit és muszkovit szerkezet (110) reflexiójára jellemző érték.



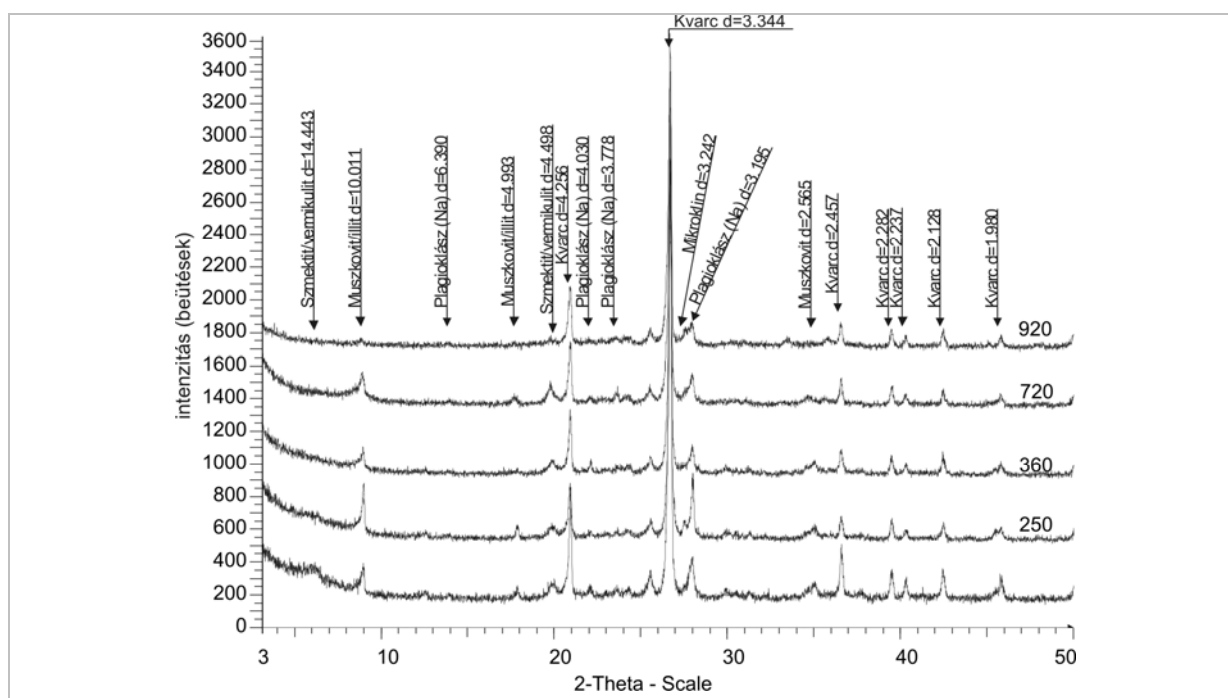
12. ábra: Az újrahevítésre kiválasztott minták XRD felvétele hevítés előtt és után. A ~14 Å-ös reflexió eltűnése szmektit jelenlétét mutatja

Fig. 12.: The XRD patterns of samples selected for reheating experiment. The disappearing of 14 Å peak after heating is indicating smectites.

A csúcspozíció és nettó csúcsterület (19° és $20,5^\circ$ (2θ) tartományban integrálva) közötti összefüggés ($d(\text{Å})/A_n$: 4,482/13,86 250°C-on, 4,478/25,14 360°C-on, 4,505/41,24 720°C-on és 4,498/1,98 920°C-on) azt mutatja, hogy a szmektit dehidratálása után nő az intenzitás miközben nagyobb irányba tolódik el a csúcs, míg az illit bomlása után jelentősen csökken az intenzitás. Ennek magyarázata, hogy a rosszul kristályos szmektit okozta háttéremelkedés elfedi a csúcs egy részét, míg annak megszűnése után a háttér/csúcs arány javul.

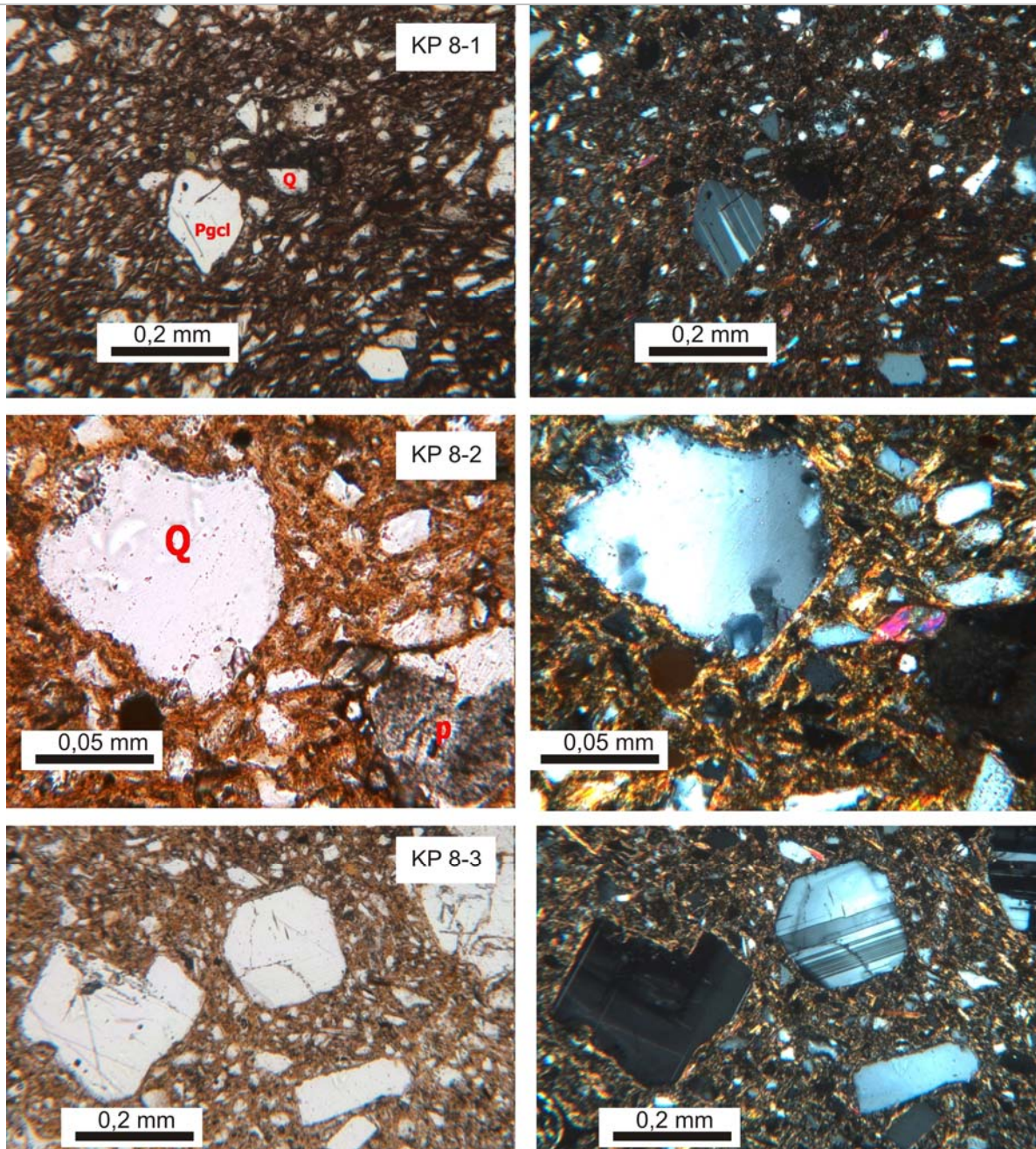
Az optikai mikroszkópos megfigyelések alapján általában egy külső, sötétebb színű és egy belső világosabb színű részt különíthetünk el, a külső részre 0,1 és 2 mm közötti vastagságok jellemzők egy mintán belül is változó értékekkel, ez általában 1/10 aránya a teljes falvastagságnak. Ez azonban nem az égetésből adódó bélyeg, mivel túl kicsi az árnyalatbeli különbség.

Általános a xenomorf polikristályos kvarc klasztok, valamint az idiomorf és hipidiomorf plagioklász kristályok jelenléte. A vizsgált minták anyagára általánosan jellemzők a 0,2–0,05 mm-es tartományba eső kvarc és földpát szemcsék, a muszkovit lemezek ritkán haladják meg a 0,1 mm-t. Legnagyobb szemcsegyakoriság a 0,1–0,05 mm-es tartományra jellemző (pontos szemcseméret eloszlási és gyakorisági vizsgálatokat azonban nem végeztünk).



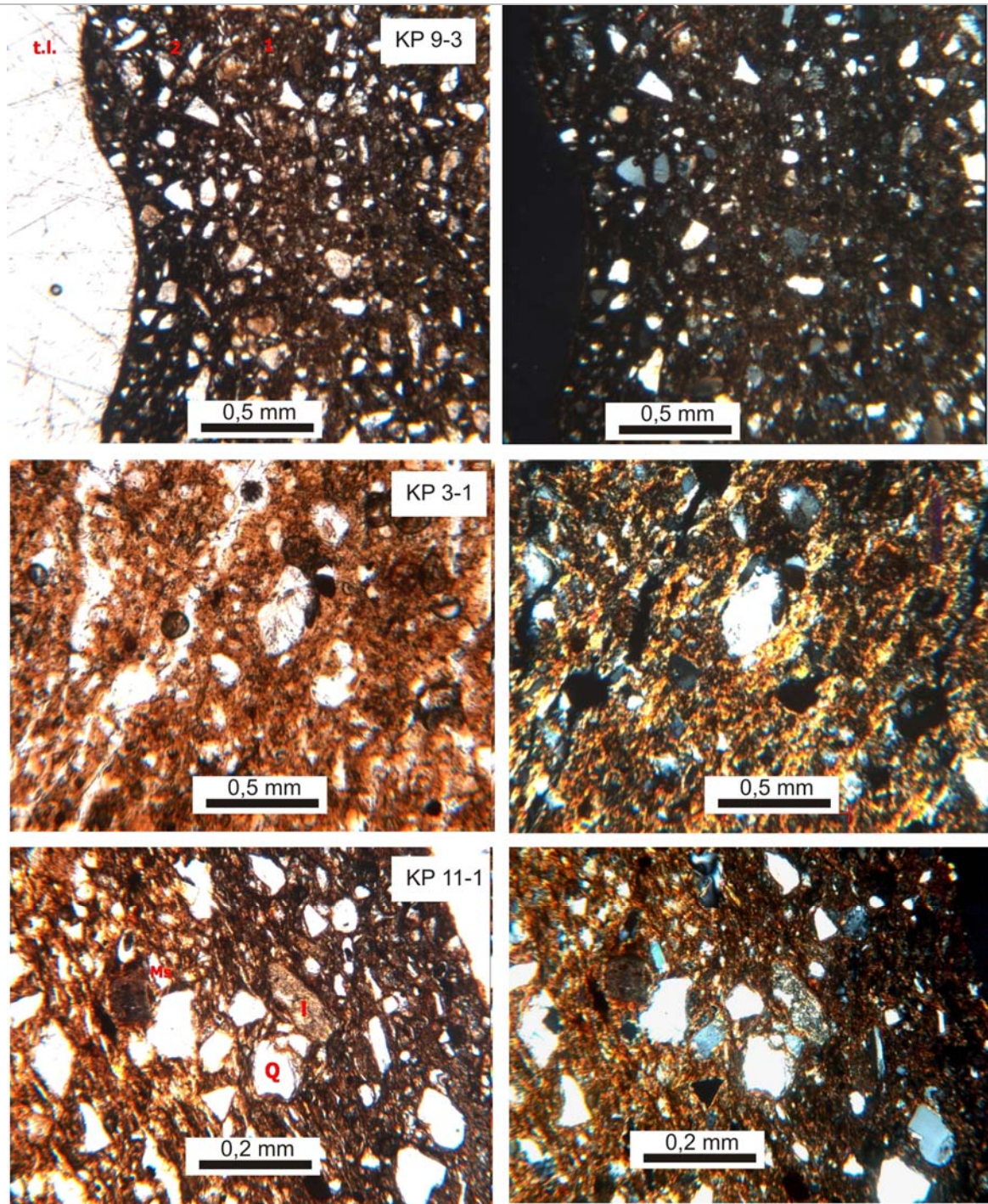
13. ábra: Az agyag : homok keverék különböző hőmérsékleten égetett mintáinak XRD felvételei: a ~14 Å-ös csúcs kevésbé éles és nagyobb a kiszélesedése, mint a kerámia minták esetében, de 250°C-on eltűnik

Fig. 13.: The XRD patterns of the clay : sand mixtures fired at various temperatures. The 14 Å peak is broader and less intense than observed in ceramics, but it disappears at 250°C.



14. ábra: Válogatott polarizációs optikai mikroszkópos felvételek. Baloldalt 1 nikollal, jobb oldalon keresztezett nikolokkal készült felvételek. A mátrix változóan fekete – barnás árnyalatot mutat, változó kristályosságú anyaggal, a soványító anyagban polikristályos kvarc és változó sajátalakúságot megőrző plagioklász szemcsék dominálnak (Q – kvarc, Pgcl – plagioklász, p – pórus)

Fig. 14.: Selected optical microscopy images of ceramic samples. On the left with 1 Nicol, on the right with crossed Nicols. The matrix displays varying black – brown nuances, with variably crystalline material, the temper material has polycrystalline quartz and feldspars with various degrees of euhedral forms (Q – quartz, Pgcl – plagioclase, p – pores).



15. ábra: Korongolás eredményeként kialakult irányított szövetet, mállási kérget és változó színű és kristályosságú mátrixot mutató felvételek. Bal oldalon 1 nikollal, jobb oldalon keresztezett nikolokkal készült felvételek (Q – kvarc)

Fig. 15.: Textures displaying orientation created by wheel-techniques with alteration crusts and matrix with varying colours, variably crystalline material. On the left with 1 Nicol, on the right with crossed Nicols (Q – quartz).

Ezt a szemcseméret-tartományt soványító anyagként (finomszemű homok) értelmezhetjük. A 0,05 mm alatti mérettartományban főleg a kvarc szemcsék a jellemzőek, míg a csillám lemezek a 0,01 mm alatti tartományra jellemzők. Sok esetben a szemcsék – krisztallitok jelenlétét a mátrixban

csak az interferencia színek ~0,005 mm körüli foltokban való változása mutatja. Ebből arra a következtetésre jutottunk, hogy a mátrix anyaga nem dehidratált illit-szmektit, ami kristályos jelleget mutat.

3. táblázat: A SEM+EDS vizsgálatok néhány jellemző mérési pontja, oxidos tömeg százalékban kifejezve. Pg(Na) – Na-domináns plagioklász, i-m – illit és muszkovit keveréke, a dőlt betűkkel szedett oszlopok egy mállási peremen készült mérések

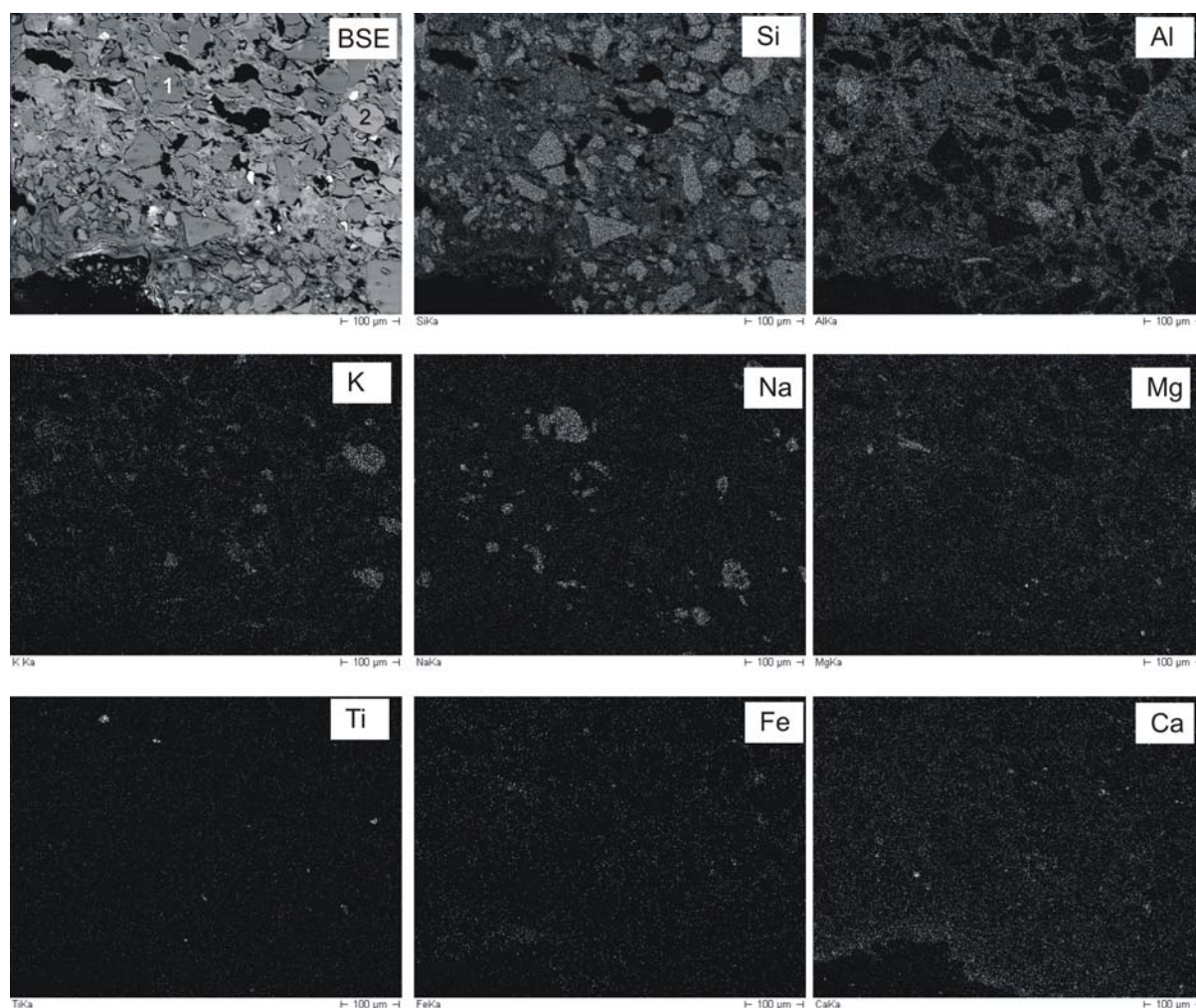
Table 3.: Characteristic chemical compositions obtained by SEM+EDS analysis, in weight percents. Pg(Na) – Na-dominant plagioclase, i-m – mixture of illite and muscovite, in *italic* the measurement from an alteration crust

	mátrix																	
Na ₂ O	1	1	2	1	2	1	3	2	3	2	2			1	1	1	1	
MgO	4	4	5	4	6	5	6	6	5	3	3	3	2	3	2	3	3	2
Al ₂ O ₃	29	29	29	29	30	28	28	27	27	27	<i>18</i>	27	32	25	27	24	28	18
SiO ₂	60	61	60	60	56	60	60	62	62	<i>61</i>	<i>71</i>	56	55	61	55	62	59	72
K₂O	2	2	1	1	4	1	2	1	1	<i>1</i>	<i>0</i>	2	4	3	5	2	3	1
CaO	1	1	1	1		1	1	2	2	5	5	1	2	1	1	1	1	1
TiO ₂															1	1		
FeO	3	2	3	3	2	3		1	1		<i>1</i>	10	5	7	8	7	6	6
Si/Al	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	<i>1.4</i>	2.5	1.3	1.1	1.5	1.3	1.6	1.3	2.6

3. táblázat, folyt.

Table 3., cont.

	földpátok Pg(Na)								i-m
Na ₂ O	8	9	9	10	11	10	2	1	1
MgO	1								3
Al ₂ O ₃	26	26	25	25	22	21	20	20	34
SiO ₂	61	61	61	61	64	67	64	65	51
K₂O	3		1				13	14	10
CaO	2	4	3	4	1	1			
TiO ₂									
FeO									1
Si/Al	1.5	1.5	1.6	1.6	1.8	2.0	2.0	2.0	0.9



16. ábra: A KP-8-2 mintán készült BSE felvétel és EDS elem térképek. Kiemelt részletek: a Na-domináns plagioklász, kevesebb K-földpát, Fe-Mg domináns mátrix, amely a mállási kéreg felé Ca-ban dúsul, a Fe alárendelt aránya valamint a TiO_2 szemcsék szórványos megjelenése (1 – Na-domináns plagioklász, 2 – K-földpát)

Fig. 16.: BSE images and EDS X-ray maps from sample KP-8-2. Highlighted aspects: Na-dominant plagioclase, minor K-feldspar, Fe-Mg dominant silicate matrix enriched in Ca towards the alteration crust, the low ratio of Fe on the total composition and the scattered TiO_2 grains (1 – Na-dominant plagioclase, 2 – K-feldspar)

Növényi eredetű anyagot egyetlen esetben észleltünk, és mivel sem kalcitot, sem egyéb „idegen” anyagot nem találtunk a kerámiákban, így kizárhatjuk a homoktól eltérő soványító anyag használatát. A kerámiák optikai mikroszkópos jellegzetességeit a 14. és 15. ábrák szemléltetik.

SEM megfigyeléseket és EDS vizsgálatokat előzetesen egy csiszolaton végeztünk -, és mivel a többi vizsgálat (áteső fényes polarizációs mikroszkópia, röntgen pordiffrakció) a minták hasonló összetételét mutatta, ezt reprezentatívnak tekintjük a kerámia lelet együttesre. A vizsgálat **Értelmezés**

A kerámia minták ásványtani összetétele alapján minden bizonyossággal kijelenthetjük, hogy azok karbonátmentes, kloritot és kaolinitet legfeljebb járulékosan tartalmazó illites-szmektites nyersanyagból készültek. A vizsgált mintákra

alátámasztja a mátrix Fe és Mg tartalmú agyagásványok keverékének voltát (a magas porozitás és jóval 1 µm alatti szemcse inhomogenitást tapasztalva ásványfajok képleteit nem számoltuk a mérésekből) valamint a Na-dús plagioklász dominanciáját (3 táblázat). Ezt egy általánosan jellemző EDS elem térképezéssel is szemléltetjük. Ugyanakkor a kerámia peremén észlelt eltérő árnyalatú zónára Ca-dús mátrixot tapasztaltunk, melyet mállási, rehidratálási és újrakristályosodási zónának tekinthetünk (16. ábra).

hasonló összetétel jellemző, a szmektitek jelenlétét mutató 14 Å-ös csúcs is azonos csúcspozícióval és szimmetriával jelenik meg az érintett mintákban. Gipsz szórványosan fordul elő három mintában (KP-3-1, KP-11-1 és „grafitos edény” (KP-9-1)). A gipsz képződését a talajoldatok és a kerámiák

anyaga közötti kölcsönhatásként is értelmezhetjük, de mivel szórványos és rendszertelen megjelenésről van szó, a használt nyersanyagban előforduló gipszről is szó lehet. Ennek kiderítése további vizsgálatokat érdemel.

Az agyag, homok és keverék minták összetételében megjelenő szmektitet összehasonlítva a kerámiákban észlelt szmektittel (az XRD alapján) azt tapasztaltuk, hogy a kerámiákban jobban kristályosodott szmektittel van dolgunk (emiatl mennyisége többnek is értékelhető, a kiélesedő csúcs miatt), ezt két feltevessel magyarázhatjuk. Egyrészt, ha az agyagot felhasználás előtt iszapolták, az szmektitben gazdagabbá vált, mint a nyers agyag. Másrészt, ha az alacsony hőmérsékleten kiégett kerámiában rehidratálódott a szmektit, úgy újrakristályosodás is lejátszódhatott, ami eredményezheti a szmektit krisztallitok méretének növekedését. Hasonló következtetésekre jutott Mata et al. (2002), transzmissziós elektronmikroszkopos vizsgálataik során, feltételezve, hogy akár a $\sim 800^\circ\text{C}$ -on égetett kerámiákban is lejátszódhat rehidratálódás – újrakristályosodás.

A szmektitek megjelenését, mivel nem ugyanolyan mértékben jellemző minden mintára, összetett feladat értelmezni. Fiori et al. (2011), a Monte Biele-i kelta használati kerámia leletek kapcsán, az $\sim 550^\circ\text{C}$ -os égetési hőmérsékletet említve megjegyzi, hogy a szmektit egy része valószínűleg primér, át nem alakult lehet. Ugyanakkor termogravimetriás módszerrel jelentős zeolitos vizet mutattak ki, melynek eredetét szmektit rehidratálódási folyamatoknak tulajdonítják. A hevítési kísérletek során azt tapasztaltuk, hogy 250°C -os hőmérsékleten eltűnik a ~ 14 Å-ös csúcs, úgy az újrahevítési, mint az égetési kísérlet során. Szmektitek jelenlétét főzőedényekben Eramo et al. (2004) említi, melynek eredetét az alacsony (szerinte $\sim 600^\circ\text{C}$ -os) égetési hőmérsékletnek tulajdonítja, és újrahevítési kísérlettel kimutatja, hogy magasabb hőmérsékleten eltűnik a szmektit és megjelennek a Ca- és Mg-szilikátok. A szmektitek jellemző, hogy bizonyos hőmérsékletet ($\sim 450^\circ\text{C}$ -ot) meg nem haladó hevítés után rehidratálódnak, de ez a folyamat hosszabb idő alatt megtörténhet magasabb hőmérsékletre való hevítés után is. Hasonló következtetéseket találunk Ionescu et al. (2010) elektronsugaras mikroelemzési vizsgálatainál is, ahol a hullámhossz-diszperzív mérések messze 100% alá eső totáljait az agyagásványok rehidratálási és rehidroxilációs folyamatainak tulajdonítják. Azonban Tóth 2007-es doktori munkájában epoxigyantába ágyazott agyag aggregátumok elemzésénél megállapította, hogy fordított arányosság van a műgyantából származó klórtartalom és az elemzési totál között, azaz, minél kevesebb agyag van az elemzési térfogatban (minél több a gyanta az elemzési térfogatban), annál

rosszabb a totál. Így a rossz totál nem feltétlen a rehidratáció jelzője. Ennek kiderítésére egy komplex rehidratációs kísérlet végrehajtása folyik. A kérdéskör részletesebb tanulmányozását azért látjuk fontosnak, mert a kerámia vizsgálatok esetében gyakran előfordulhat, hogy a szmektiteket mutató ~ 14 Å-ös csúcsot klorit maradványnak, azaz részlegesen dehidratált klinoklór szerkezetnek (Papadopoulou et al. 2006) vagy jelentéktelen „szennyeződésnek” tekintik, holott az az égetésre nézve fontos információt hordozhat. Gregor et al. (2008) megfigyelései szerint a szmektit jelenléte (amelyet ők etilén-glikolos duzzasztással igazoltak) vaskori temetkezési kerámiákban ugyancsak a $\sim 300^\circ\text{C}$ körüli égetési hőmérsékletre utal. Az ős esetükben azonban a minták kaolinitet is tartalmaztak, amely némi támaszpontot nyújthat az égetési hőmérsékletet tekintve, habár a betemetődés utáni rehidratálás ugyanúgy végbemehet, mint a szmektitek esetében.

Égetési kísérletet változatos fűtőanyagokkal, felszíni égetéssel Magetti et al. (2010) közöl, melynek során a kerámiákba ágyazott termoelemekkel figyelték az edények belsejében a hőmérséklet alakulását. Egy kísérletben, amelyben szalma és faforgács szolgált az edények előmelegítésére a kemencében, az égés befejeztéig 250 – 300°C -os hőmérsékletet regisztráltak, és csak a kemence felső részébe épített fa tüzelő begyűjtása után ugrott meg a hőmérséklet. Hasonló kísérletek az égetéssel mind 700°C fölötti hőmérsékleteket mutattak a fa tüzelőanyaggal való fűtésnél, melyek közül a felszíni égetés esetében a hőmérsékletek 300°C és 900°C között váltakoztak, technológiától és fűtőanyagtól függően (Gosselain 1992). Növényevő háziállatok kiszáritott trágyáját alkalmazva fűtőanyagnak szintén lehetséges 800°C körüli hőmérsékleteket elérni (Sillar 2000). A mi esetünkben feltételezhetünk szalmával és/vagy rossz minőségű, kevés fával történő felszíni égetést, azonban a rendelkezésre álló eredményekből hőmérsékletekre nehezen tudunk következtetni. A nyomelem összetételt befolyásoló, betemetés utáni mállásról közöl adatokat Buxeda et al. (2001), amely a kerámiák mátrixában végbemenő kationcserélési folyamatok eredménye és a mátrix rehidratációjával jár. Ez egy fontos tény, mely indirekt módon is mutatja, hogy a rehidratálás akár jelentősen is befolyásolhatja a kerámiák kémiai és ásványtani összetételét. A betemetődés után rehidroxilációt, mint datálásra alkalmas időfüggvényt vizsgálja Wilson et al. (2010), amelyet szem előtt tartva nem zárhatjuk ki a rehidratálást, mint fontos tényezőt a szmektitek megjelenésére egyes kerámiákban. Shoval et al. (1991) a hevített agyagásványok rehidratációját magasabb hőmérsékletű ($\sim 600^\circ\text{C}$) égetés után is lehetségesnek találta, főleg nem-karbonátos agyagokból készült kerámiák esetében. A mi esetünkben kation cserével/beépüléssel járó mállási folyamatnak

tulajdonítjuk az EDS elemtérképekkel megfigyelt Ca-dús peremi zónát.

A „grafitos edény” felszínén a kelta kerámiákból jól ismert lemezes grafit található, amelyet import anyagnak tekinthetünk, mivel az edény ásványtani összetétele nem különbözik a többi vizsgált minta összetételétől.

Összefoglalás

Munkánkban La Tène kori (B2-C1) temető kerámiáinak archeometriai vizsgálatát végeztük el, a nyersanyag és az égetési technológia megismerése céljából. A nyersanyag helyi illites-szmektites agyag (kaolinitet vagy kloritot legfeljebb nyomokban tartalmazhat), amelyet karbonátmentes soványító anyaggal kevertek, ennek fő alkotói a kvarc és a Na-dús plagioklász földpát (feltehetően helyi homok). A jelenlegi vizsgálati eredményeink és a szakirodalmi adatok alapján az égetési hőmérséklet széles skálán történő, de 700°C-nál nem magasabb változását határoztuk meg, nem zárva ki az égetetlen, vagy csak „átmelegített” edények esetét sem, mivel egy égetési rakaton belül is adódhatnak szélsőségesen alacsony hőmérsékletek, a rakat peremén. Mivel egy sír mellékletein belül is változó a szmektit aránya, így a rehidratálás, mint egyedüli tényező a szmektitek megjelenésére nem elfogadható.

A kerámia edények nagy részét valószínűleg temetkezési tárgyként gyártották és egyéb funkciót nem töltöttek be. Ez megmagyarázza gyenge megtartásukat, amelyet a szükségesnél alacsonyabb égetési foknak tulajdonítunk. A megállapítás alól kivétel a „grafitos edény”, ennek jobb az égetési foka is, és a többi mintától eltérően valószínűleg import grafitot (Havancsák 2009) tartalmaz.

Munkánk során Magyarországon elsőként alkalmaztunk roncsolás-mentes, felületi röntgen diffrakciót az ép grafitos kerámián.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás és eredmények közzététele a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001

projekt támogatásával valósult meg. A grafit pikkelyeken készült vizsgálatokért köszönetet mondunk Menyhárt Adriennek. Hálás köszönetünket fejezzük ki Dr. Tóth Erzsébetnek a kézirat nyelvhelyességét illetve szakmai tartalmát javító segítségével, valamint Dr. Tankó Károlynak a régészeti részletek tisztázásában nyújtott segítségével.

Irodalom

B. HELLEBRANDT M. (1994): Kelta leletek Kistokaj-Kültelek területéről. *HOMÉ* **32** 55–94.

B. HELLEBRANDT M. (1997): Muhi-Kocsmadomb, szkíta-kelta temető. *ArchÉrt* **123/4** 125–159.

B. HELLEBRANDT M. (1999): Celtic finds from Northern Hungary. (*Corpus of celtic finds in Hungary III.*) Budapest.

B. HELLEBRANDT M. (2006): Kelta leletek Hejőkeresztúr-Berecske-dombról (Borsod-Abaúj-Zemplén megye). *Zalai Múzeum* **15** 203–216.

BUXEDA, J. I. G., KILIKOGLU, V., DAY, P. M. (2001): Chemical and Mineralogical Alteration of Ceramics from A Late Bronze Age Kiln At Kommos, Crete: the Effect On the Formation of A Reference Group. *Archaeometry*, **43/3** 349–371.

CZAJLIK Z. & TANKÓ K. (2003): Késő vaskori topográfiai adatok Sajópetri környékéről. *Régészeti Kutatások Magyarországon*. 97–110.

ERAMO, G., LAVIANO, R., MUNTONI, I. M., VOLPE, G. (2004): Late Roman cooking pottery from the Tavoliere area (Southern Italy): raw materials and technological aspects. *Journal of Cultural Heritage* **5** 157–165.

FIORI, C., VITALI, D., CAMURRI, E., FABBRI, B., GUALTIERI, S. (2011): Archaeometrical study of Celtic ceramics from Monte Bibele (Bologna, Italy). *Applied Clay Science*, **53/3**: 454–465.

FRISNYÁK S, A Hernád-völgy történeti földrajza. *Földrajzi Értesítő* **LVI/1-2** 51–68.

GOSELAIN, O.P. (1992): Bonfire in the enquiries. Pottery firing temperatures in archaeology: what for? *Journal of Archaeological Sciences* **19** 243–259.

GREGOR, M., ČAMBAL, R., HARMADYOV, Á. (2008): Household and burial ceramics from the Early Iron Age from SW Slovakia: a mineralogical and petrographical study. In: *Geoarchaeology and archaeomineralogy* (Eds.) R. I. Kostov, B. Gaydarska, M. Gurova 93–97.

HAVANCSÁK I., BAJNÓCZI B., TÓTH M., KREITER A., SZÖLLŐSI Sz. (2009): Kelta grafitos kerámia: elmélet és gyakorlat Dunaszentgyörgyi kerámiák ásványtani, petrográfiai és geokémiai vizsgálatának tükrében. *Archeometriai Műhely* **6/1** 39–51.

HUNYADI I. (1942): Kelták a Kárpát-medencében I. *DissPann.* **II**, 18. Budapest.

HUNYADI I. (1944): Kelták a Kárpát-medencében II. *DissPann.* **II**:18, Budapest

IONESCU, C., HOECK, V. GHERGARI, L. (2010): Electron microprobe analysis of ancient ceramics: a case study from Romania. *Applied Clay Science* **53/3** 466–475.

KEMENCZEI T. & K. VÉGH K. (1964): A Herman Ottó Múzeum leletmentései és ásatásai az 1959-1963. évben. *HOMÉ* **4** 233–242.

K. VÉGH K. (1969): Kelta leletek a Miskolci Herman Ottó Múzeumban. *HOMÉ* **8** 69–114.

MAGGETTI, M., NEURURER Ch., RAMSEYER, D. (2010): Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) firing. *Applied Clay Science* **53** 500–508.

MATA, M. P., PEACOR, D. R., GALLART-MARTÍ, M. D. (2002): Transmission Electron Microscopy (TEM) applied to ancient pottery. *Archaeometry* **44/2** 155–176.

PAPADOPOULOU, D. N., LALIA-KANTOURI, M., KANTIRANIS, N., STRATIS, J. A. (2006): Thermal and mineralogical contribution to the ancient ceramics and natural clays characterization. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, **84/1** 39–45.

SHOVAL, S., BECK, P., KIRSH, Y., LEVY, D., GAFT, M., YADIN, E. (1991): Rehydroxylation of clay minerals and hydration in ancient pottery from the 'Land of Geshur'. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, **37/7** 1579–1592.

SILLAR, B. (2000): Dung by preference: the choice of fuel as an example of how Andean pottery production is embedded within wider technical, social, and economic practices. *Archaeometry* **42** 43–60

SZABÓ M. (2005): La Tène-kori temető Sajópetri határában (a 2005. évi feltárás). *Régészeti kutatások Magyarországon 2005*:61–71

SZABÓ M. (2006): Sajópetri, Homoki-Szőlőskertek. *Régészeti Kutatások Magyarországon* 268–271.

TÓTH E. (2007): A glaukonit-szeladonit csoport analitikája és kristálykémiája, hazai képződmények adatai alapján. *Doktori Értekezés*, ELTE Ásványtani Tanszék, Budapest 326.

WILSON, M. A., CARTER, M. A., HALL, C., HOFF, W. D., INCE, C., SAVAGE, S. D., MCKAY, B., BETTS, I. M. (2010): Dating fired-clay ceramics using long-term power law rehydroxylation kinetics. *Proceedings of the Royal Society, A: Mathematical Physical and Engineering Sciences* **465 (2108)** 2407–2415.