

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

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

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

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

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

Abstract

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

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

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

Kivonat

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

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

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

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

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

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

Bevezetés

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

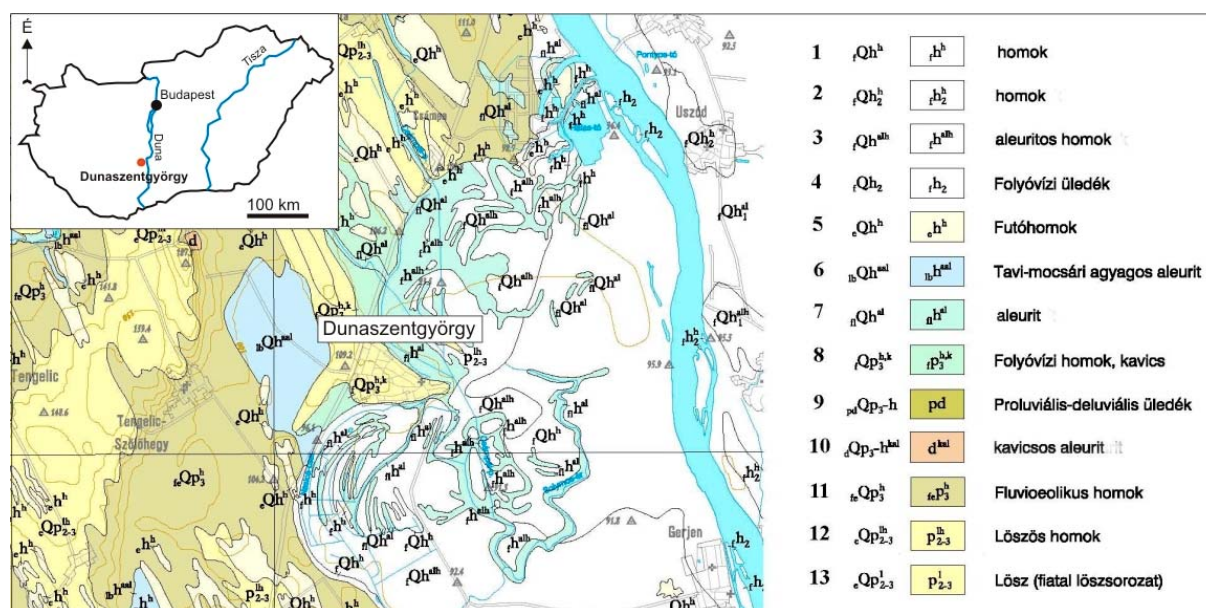
A grafitos kerámia a kelta régészetben régóta kutatott és sokat vitatott témakör. A grafitos áru a keleti kelta régióban rendkívül nagy területen és hatalmas mennyiségben van jelen (Kappel 1969; Michálek 1993), jóllehet a grafit-nyersanyag lelőhelyek elterjedése földrajzilag korlátozott. A tárgyalt kerámiatípus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

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

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

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

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



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

Mintaleírás

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

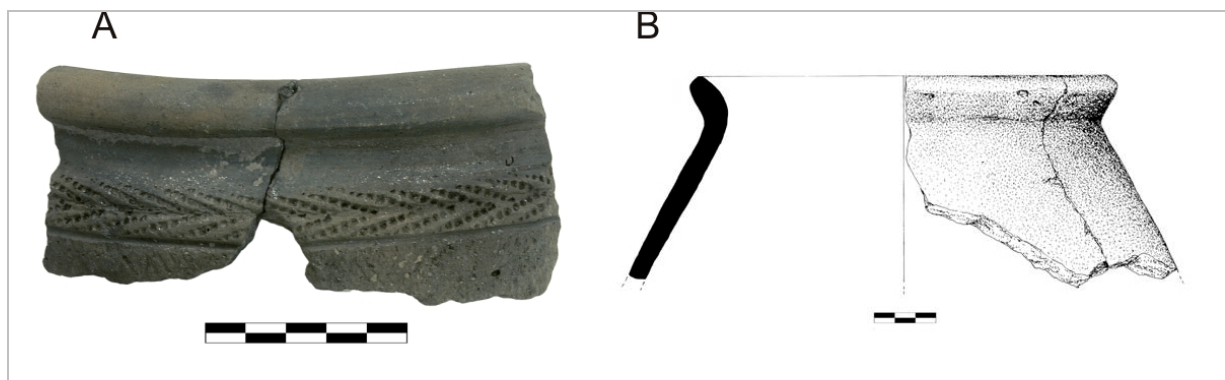
A grafitos töredékekből tizenhat szitula típusú, kettő tárolóedény és egy tálhoz tartozó töredék (**2. ábra**). A grafitos kerámia szürke színű és fémes fényű. A kerámiák vágási felülete általában szürke, két minta (Ltsz. 1.58597.157.23 és 1.58597.6.6) vágási felülete a nagy mennyiségű grafit ellenére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

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

Alkalmazott vizsgálati módszerek

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

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



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

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

Eredmények

Petrográfia

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

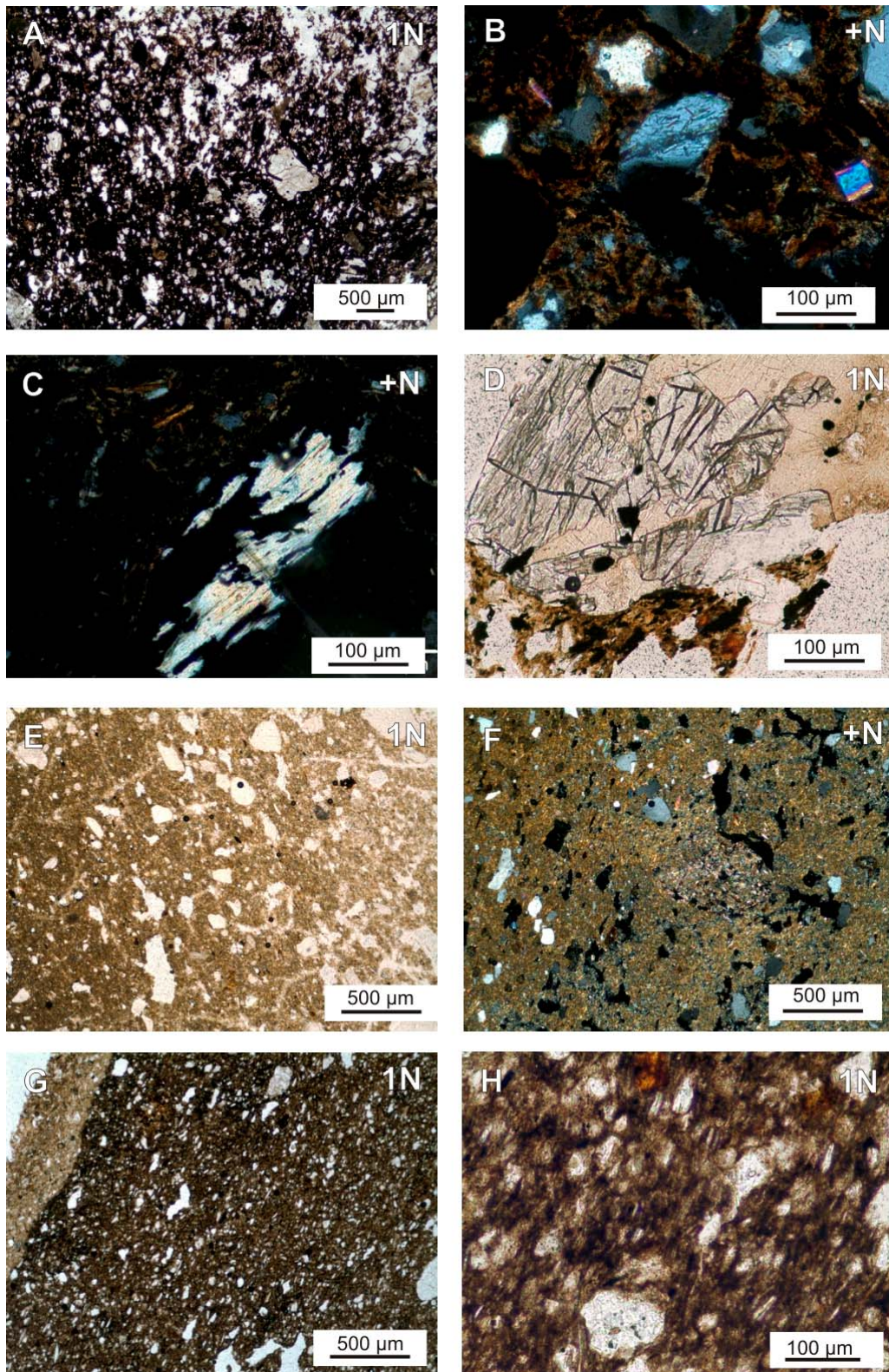
A második szemcseméret-maximum 0,5 és 5 mm közötti. Ebben a szemcseméret-tartományban főként grafit szemcsék, grafitos litoklasztok és szórványosan kerámatöredékek vagy agyagos közettöredékek jelennek meg. A grafit elmosódott szélű szemcsék formájában, ritkán hatszöges kristályformával látható. A közettörmelékben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

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

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

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

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



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

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

Mintaszám	Vizsgálati kód	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Összesen
Grafitos kerámiák											
1.58597.120.7-120.61	GRDSZGY 1	56,78	0,57	18,41	5,38	0,14	1,27	3,27	3,37	0,32	89,66
1.58597.8.1	GRDSZGY 2	54,35	0,59	13,11	6,58	0,16	1,68	2,58	2,50	0,38	82,10
1.58597.120.43	GRDSZGY 3	50,94	0,50	14,80	7,01	0,13	1,35	4,15	2,54	0,43	82,02
1.58597.19.5	GRDSZGY 4	41,95	0,57	12,23	7,27	0,21	0,95	4,00	3,40	0,32	71,03
1.58597.120.18	GRDSZGY 5	60,05	0,67	16,21	6,25	0,08	2,28	1,78	2,65	0,36	90,52
1.58597.19.11	GRDSZGY 6	50,75	0,55	11,08	4,94	0,08	1,52	6,87	2,83	0,39	79,18
1.58597.13.6	GRDSZGY 7	66,09	0,78	12,77	4,70	0,07	1,87	1,33	2,14	0,34	90,23
1.58597.157.23	GRDSZGY 8	54,58	0,70	13,32	5,51	0,12	1,54	2,12	3,00	0,23	81,28
1.58597.6.6	GRDSZGY 9	54,59	0,61	12,32	7,09	0,09	1,01	1,48	2,36	0,21	79,89
1.58597. 157.9	GRDSZGY 11	57,56	0,65	12,02	4,89	0,10	1,55	3,91	2,40	0,32	83,55
1.58597.47.12	GRDSZGY 12	55,82	0,72	13,32	6,00	0,08	1,35	2,68	1,86	0,35	82,35
1.58597.120.2	GRDSZGY 13	51,29	0,59	14,05	7,45	0,09	1,14	2,84	2,11	0,39	80,10
1.58597.120.31-57	GRDSZGY 14	49,75	0,69	12,51	8,99	0,12	1,61	1,41	2,68	0,44	78,36
1.58597.19.6	GRDSZGY 15	54,97	0,62	14,35	6,72	0,08	1,95	1,82	2,46	0,23	83,38
1.58597.8.4	GRDSZGY 16	56,36	0,87	13,23	5,81	0,08	1,33	1,07	3,32	0,18	82,38
1.58597.35.11	GRDSZGY 19	49,61	0,59	9,15	6,98	0,07	0,97	1,39	2,63	0,29	71,80
1.58597.35.8	GRDSZGY 20	48,27	0,52	11,58	6,88	0,07	0,89	1,27	2,76	0,24	72,60
Nem grafitos kerámiák											
1.58597.35.7	DSZGY 2	57,46	0,72	15,30	5,93	0,09	1,96	1,68	2,75	0,22	86,27
1.58597.58.1	DSZGY 3	62,64	0,75	14,19	5,76	0,07	1,80	1,03	2,11	0,20	88,74
1.58597.157.3	DSZGY 5	55,02	0,54	13,20	4,47	0,10	2,45	8,64	2,41	0,24	87,20
1.58597.12.06-120.60	DSZGY 6	56,22	0,82	17,55	6,63	0,07	2,61	0,82	2,88	0,19	87,93
1.58597.6.1-6.7	DSZGY 7	66,26	0,56	13,58	4,89	0,05	1,08	1,01	1,52	0,15	89,25
1.58597.35.1	DSZGY 8	61,02	0,69	14,53	5,97	0,08	1,80	1,64	2,38	0,22	88,49
1.58597.15.1	DSZGY 9	62,95	0,59	14,91	5,22	0,09	1,33	1,75	1,93	0,20	89,13
1.58597.35.3	DSZGY 10	54,82	0,87	16,53	7,19	0,10	1,67	1,36	2,66	0,24	85,62
1.58597.120.1	DSZGY 13	57,65	0,64	15,13	6,29	0,09	2,11	1,91	2,48	0,29	86,76
1.58597.120.10	DSZGY 17	57,87	0,69	15,72	6,08	0,09	2,14	2,50	2,35	0,40	88,01
1.58597.13.5	DSZGY 18	57,81	0,64	14,88	6,18	0,07	2,32	2,13	2,43	0,23	86,83
1.58597.47.5	DSZGY 20	58,28	0,68	16,09	6,55	0,10	2,26	2,00	2,53	0,27	88,92
1.58597.8.6	DSZGY 21	61,68	0,49	11,49	4,67	0,13	2,38	4,00	1,88	0,37	87,20

Geokémia

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

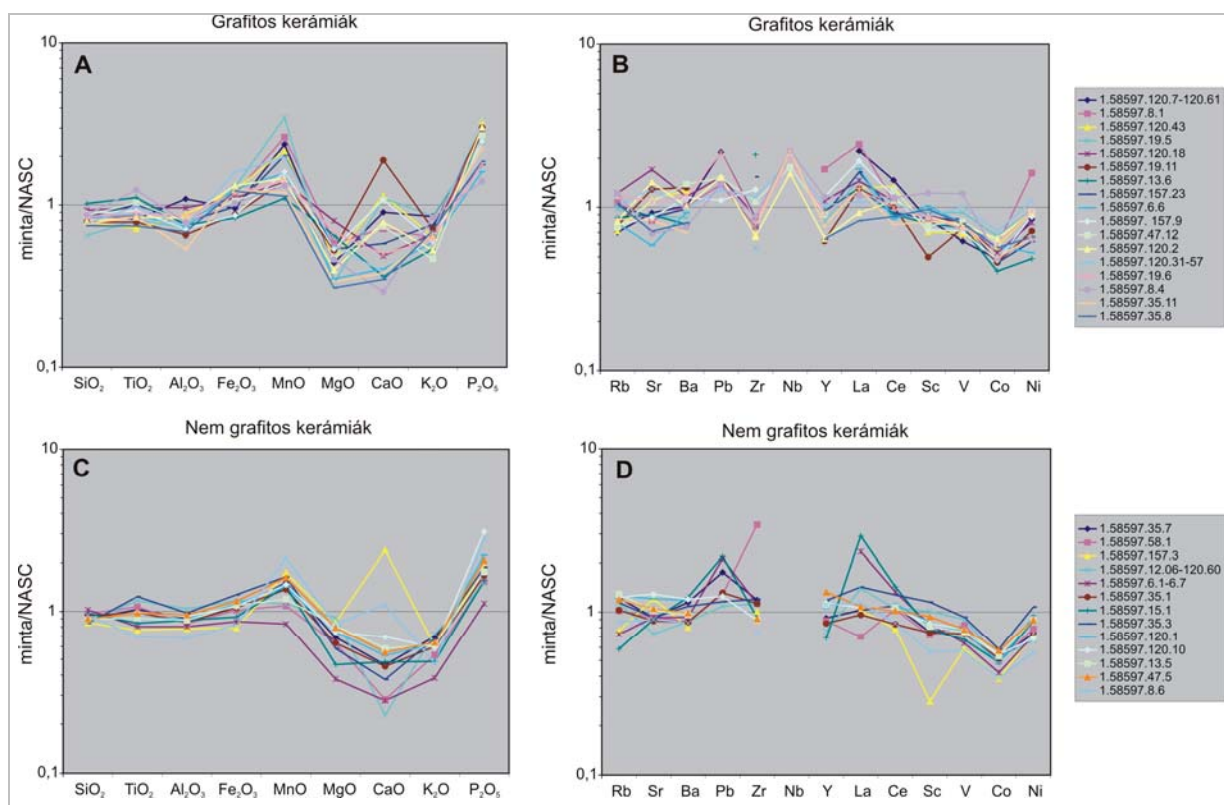
89,25 tömeg%). Ennek oka, hogy röntgen-fluoreszcens spektrométerrel a grafit, mint széntartalmú fázis nem vizsgálható. Elsősorban a nagymennyiségű grafitot tartalmazó kerámiákban (pl. Ltsz. 1.58597.35.11, 1.58597.38.5 minták) csökken le az elemkoncentráció összértéke 80 tömeg% alá.

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

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

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

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



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

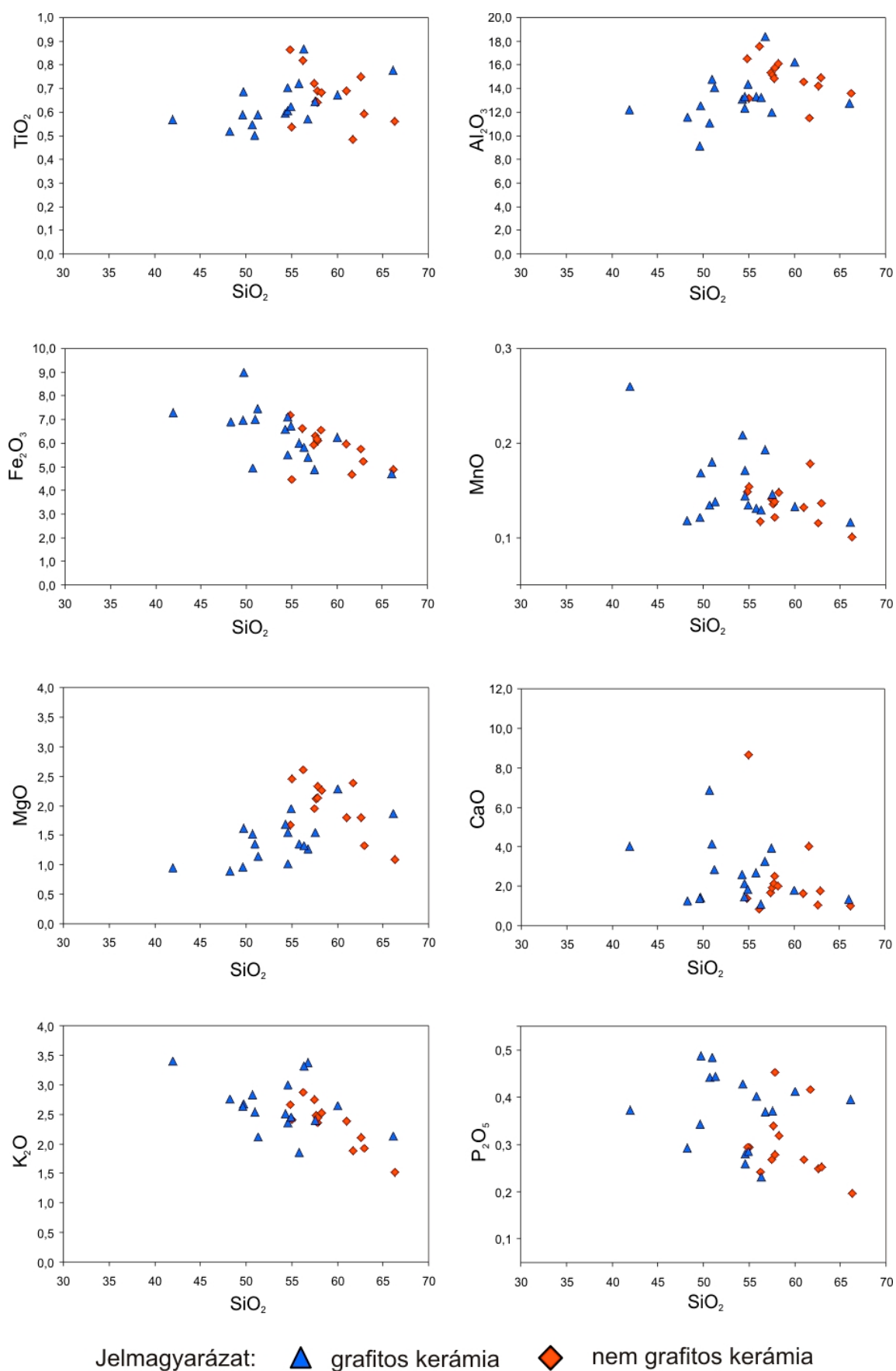
A geokémiai vizsgálatokban gyakran alkalmazott másik viszonyítási alap a PAAS (Post-Archean Australian Shale, átlagos archaikum utáni ausztrál agyapala összetétel; Taylor & McLennan 1985). A NASC lényegében a CaO tartalomban különbözik a PAAS-tól (NASC: 3,63 tömeg% CaO, PAAS: 1,30 tömeg% CaO), így a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

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

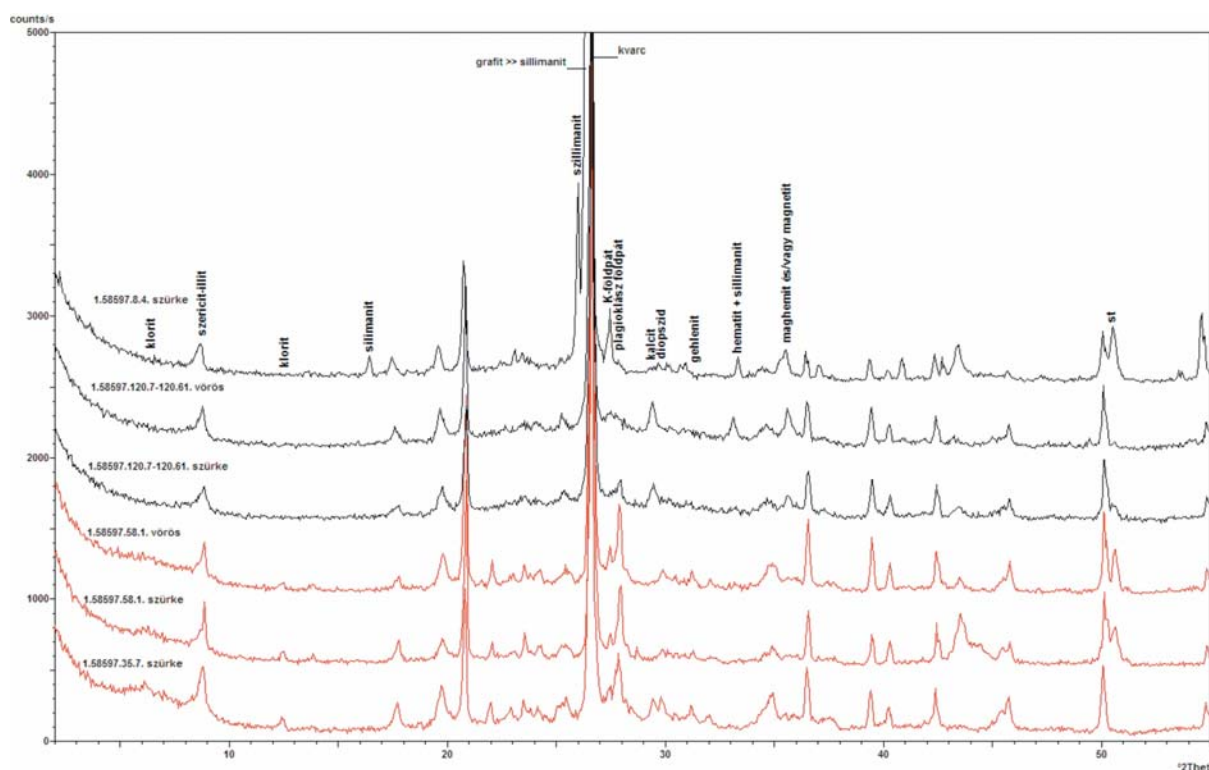
A grafitos és nem grafitos kerámiák csoportjain belül a nyomelemek NASC-re normált koncentrációja változatosabb képet mutat, mint a

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

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



5. ábra Grafitos és nem grafitos kerámiák Harker-diagramjai



6. ábra Grafitos és nem grafitos kerámiák röntgen-diffraktogramjai

Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat

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

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

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

Értelmezés

A kerámiák anyaga, kiégetési hőmérséklete

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

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

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

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

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

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

A grafitos adalékanyag származási helye

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

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

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

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

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

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

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

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

Összefoglalás

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

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

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

Irodalomjegyzék

- BOHN, P. (1964): Tabán kelta leletanyag vizsgálata. *Archaeológiai Értesítő* **91**:243-248.
- BŘEŇ, J. (1987): K výrobě tuhové keramiky na keltském oppidu Třisově, okres Český Krumlov. (Zur Herstellung der Graphittonkeramik aus dem keltischen Oppidum Třisov-Bezirk Český Krumlov /Süd-Böhmen/). *Časopis Národního Muzea v Praze* **156**:1-9.
- BRINDLEY, G.W. & BROWN, G. (1980): Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. Mineralogical Society, London, 495 pp.
- CULTRONE, G., RODRIGUEZ-NAVARRO, C., SEBASTIAN, E., CAZALLA, O. & DE LA TORRE, M. J. (2001): Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing. *European Journal of Mineralogy* **13**:621-634.
- CSÁSZÁR, G. (2005): Magyarország és környezetének regionális földtana, Paleozoikum paleogén. Egyetemi tankönyv. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 328 pp.
- FINGER, F., GERDES, A., JANOUSEK, V., RENÉ, M. & RIEGLER, G. (2007): Resolving the Variscan evolution of the Moldanubian sector of the Bohemian massif: the significance of the Bavarian and the Moravo-Moldanubian tectonometamorphic phases. *Journal of Geosciences* **52**:9-28.
- GEBHARD, R., BOTT, R., DISTLER, N., MICHÁLEK, J., RIEDERER, J., WAGNER, F.E. & WAGNER, U. (2004): Ceramics from the Celtic oppidum of Manching and its influence in Central Europe. *Hyperfine Interactions* **154**:199-214.
- GHERDÁN, K., SZAKMÁNY, GY., WEISZBURG, T.G. & ILON, G. (2002): Petrological investigation of Bronze and Iron age ceramics from West Hungary: Vaskeresztes, Velem, Sé, Gőr. in: KILIKOGLU, V., HEIN, A. & MANIATIS, Y.: Modern trends in scientific studies on ancient ceramics. Papers presented at the 5th European Meeting on Ancient Ceramics, Athens, 1999. *BAR International Series* **1011**, Oxford, 305-312.
- GORMET, L.P., DYMEK, R.F., HASKIN, L.A. & KOROTEV, R.L. (1984): The „North American shale composite”: Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **48**:2469-2482.
- GYALOG, L., BUDAI T., CHIKÁN G., IVANCSICS J., KAISER M., KOROKNAI B., KOVÁCS S., MAIGUT V., PELIKÁN P., SÍKHEGYI F. & TURCZI G. (2005): Magyarázo Magyarország fedett földtani térképéhez (az

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

