

A PETROGRÁFIAI VIZSGÁLATOK JELENTŐSÉGE A KELTA KERÁMIÁK GRAFITOS SOVÁNYÍTÓANYAGÁNAK PROVENIENCIA MEGHATÁROZÁSÁBAN

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

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

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

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

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

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

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

Abstract

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

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

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

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

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

Kivonat

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

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

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

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

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

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

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

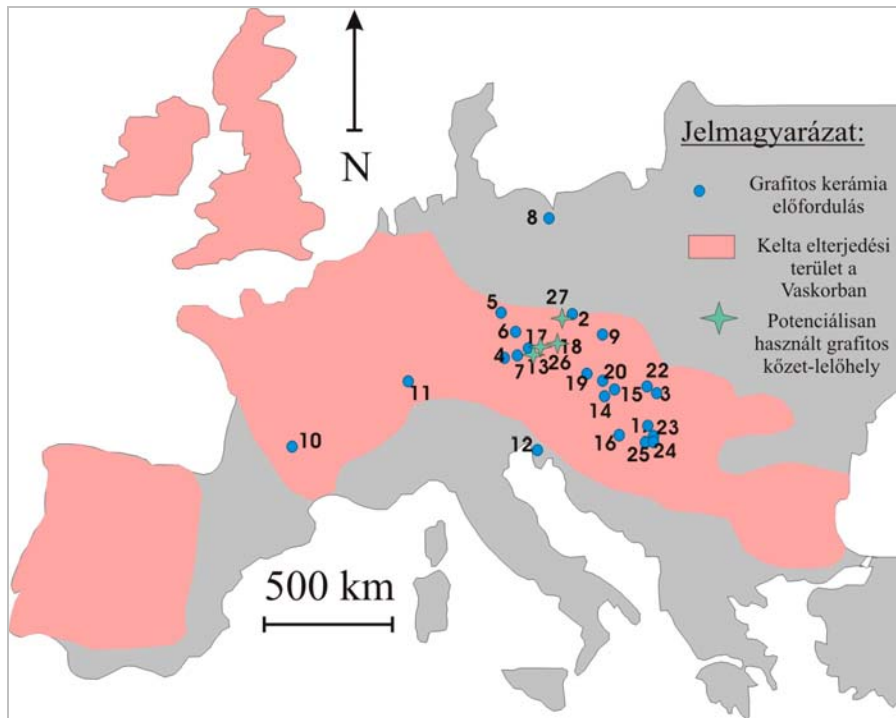
Bevezetés

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

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

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

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

**1. ábra:**

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

Fig. 1.:

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

Lelőhelyek/Sites

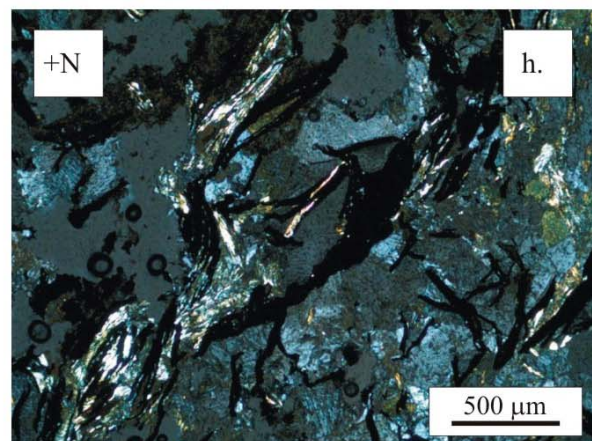
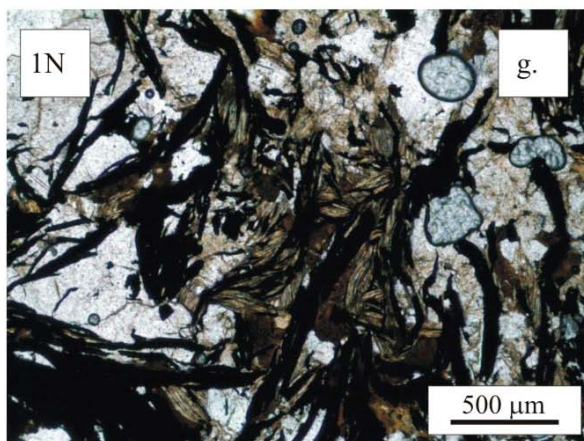
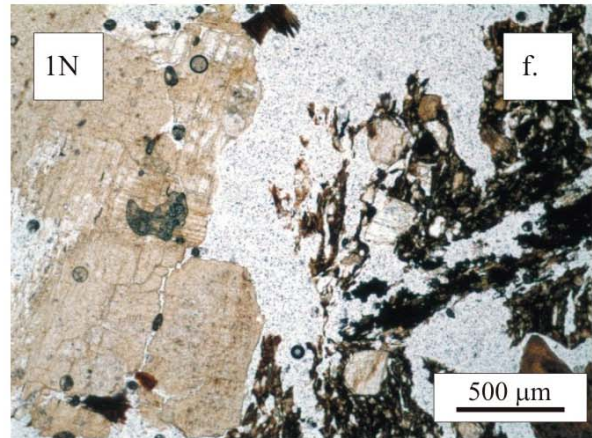
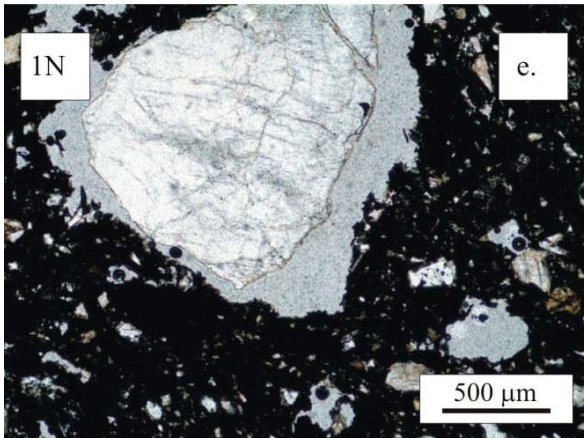
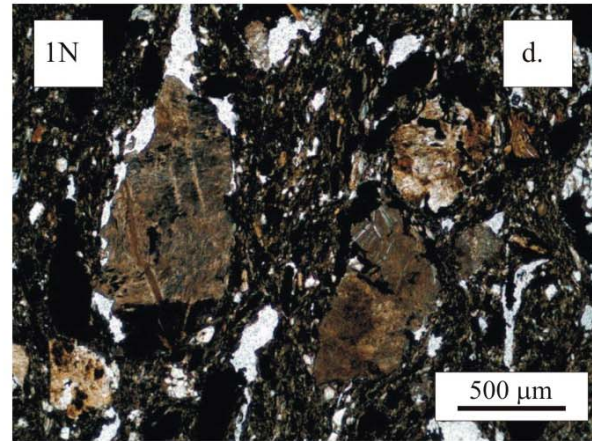
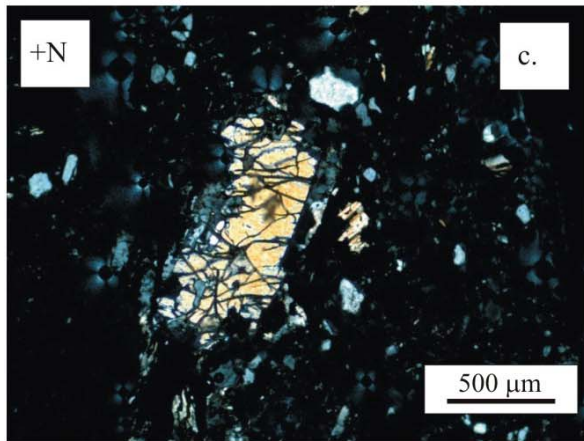
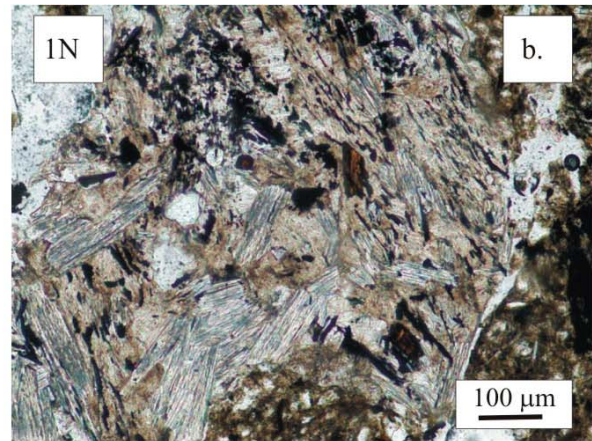
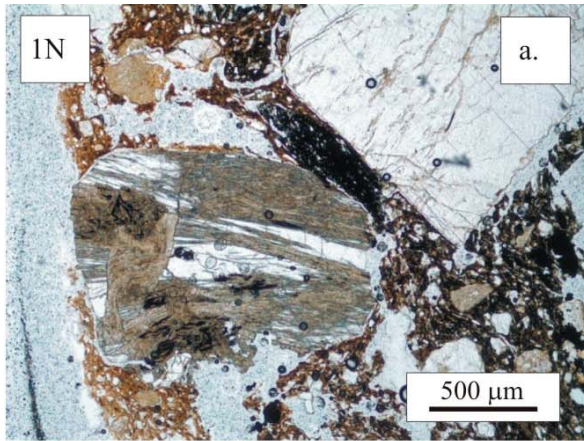
1. Dunaszentgyörgy, 2. Milovice, 3. Gellérthegy-Tabán, 4. Wallersdorf, 5. Dürrenberg, 6. Georgenberg bei Kuhl, 7. Manching, 8. Karlstein, 9. Staré Hradisko, 10. Aulnat, 11. Basel, 12. Aquilera, 13. Kropfmühl, 14. Sopron-Krautacher, 15. Ménfőcsanak, 16. Zalakomár, 17. Passau, 18. Český Krumlov, 19. Oberstockstall,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

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

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

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

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



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

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

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

Vizsgálati módszerek

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

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

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

Minták

A vizsgált grafitos kerámiák az egyes leletgyűtéseket reprezentáló töredékek.

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

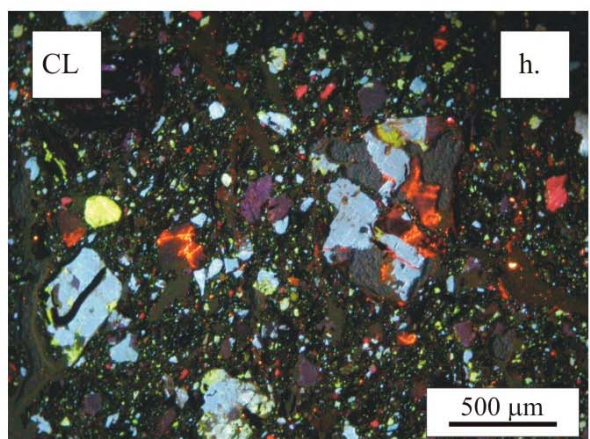
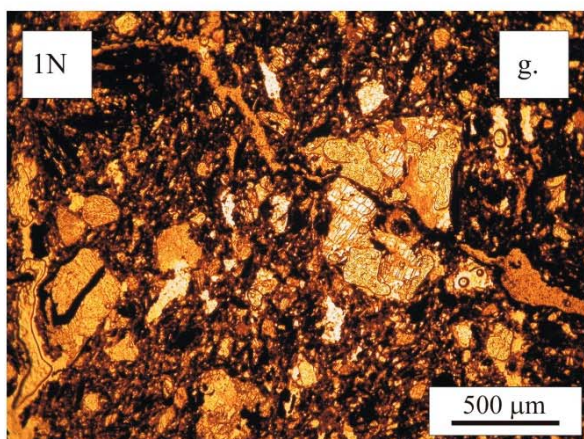
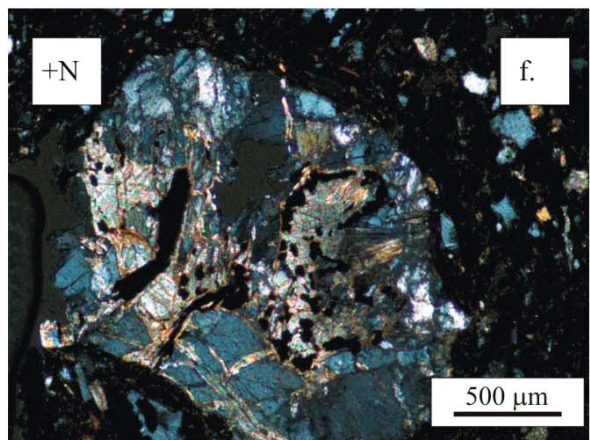
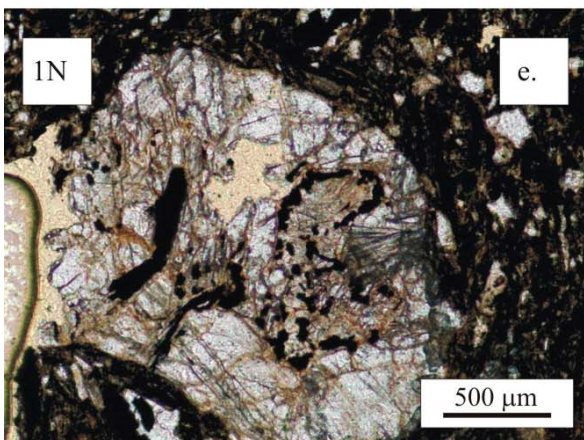
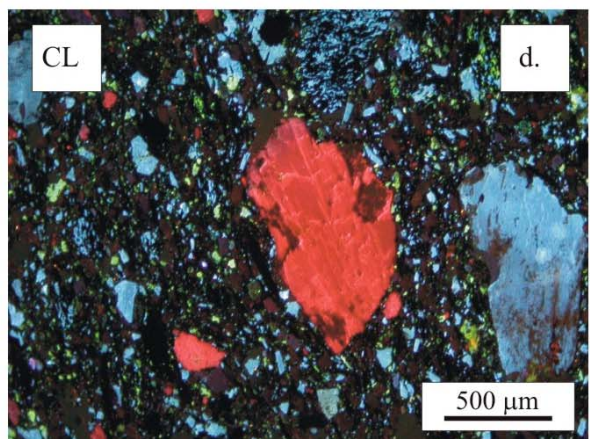
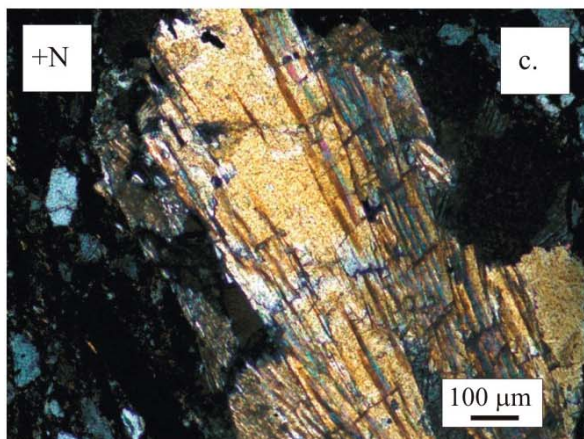
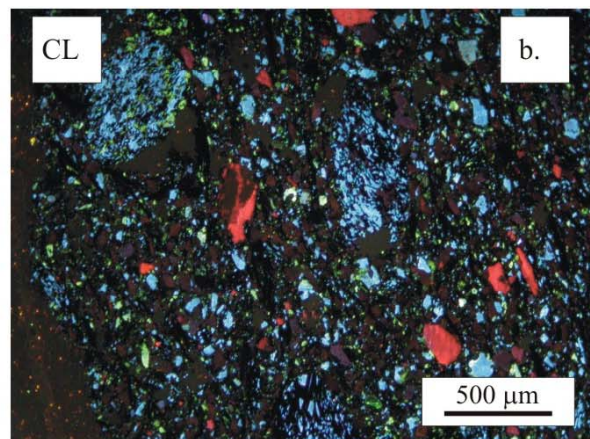
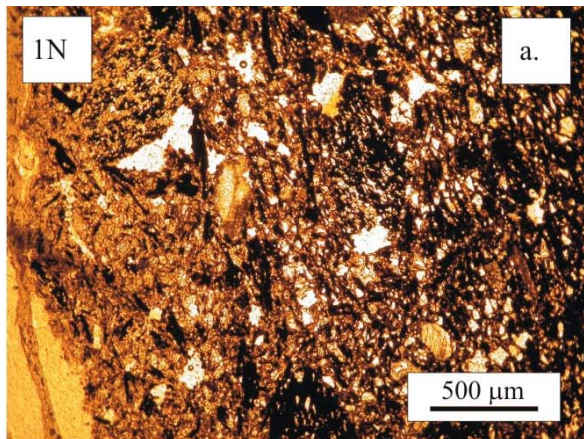
A szajki lelőhelyről 17 darab grafitos kerámiatöredéket vizsgáltunk. A töredékekből 15 szitula, míg 2 darab tálakhoz tartozik. A kerámiák vágott felülete általában sötétszürke, 3 minta világosszürke, színük a grafit tartalom függvénye. A vizsgált minták között nem található szendvicsszerkezetű kerámia,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

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

Eredmények

A grafitos kerámiák petrográfiai jellegzetességei

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



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

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

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

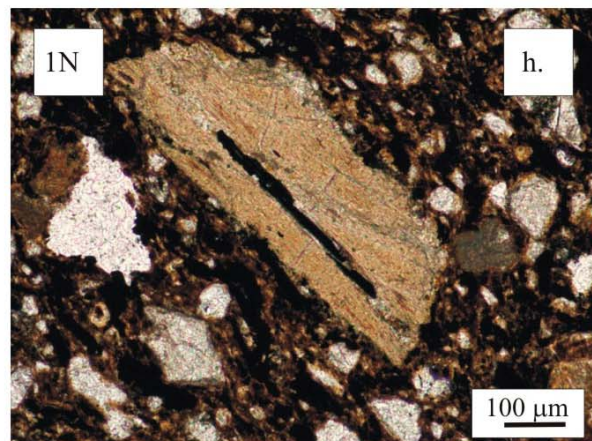
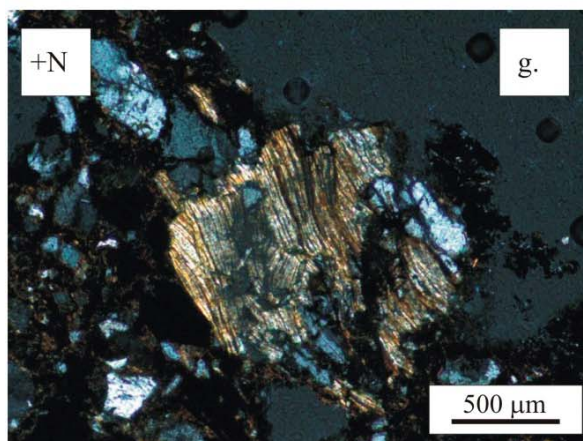
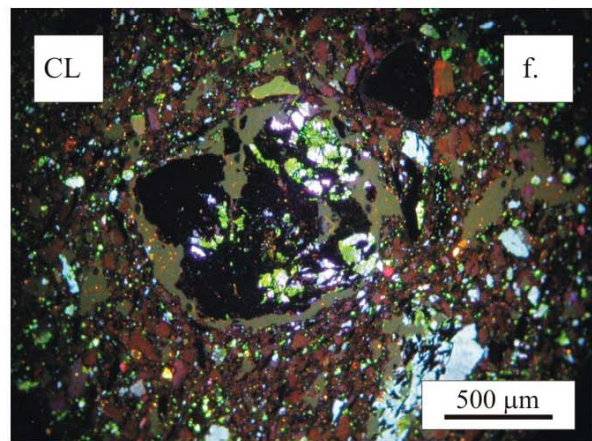
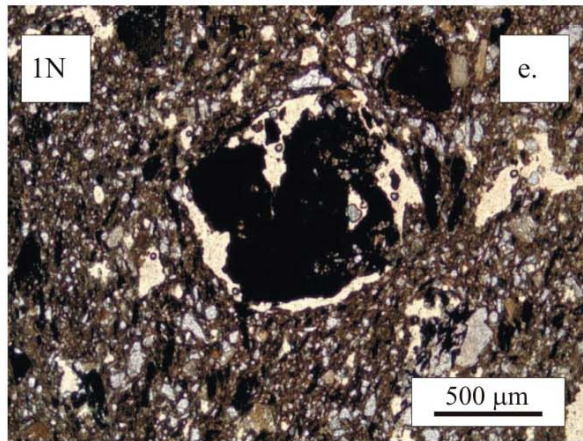
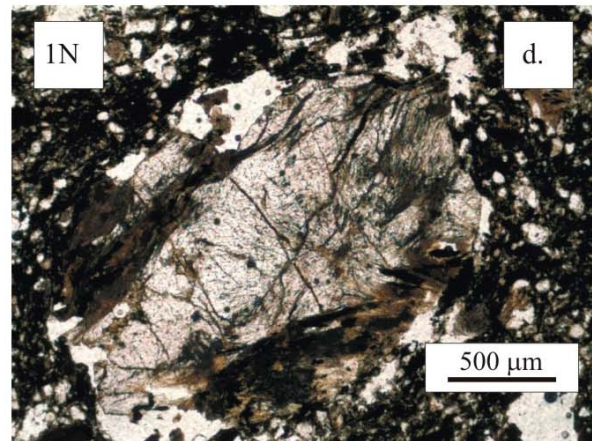
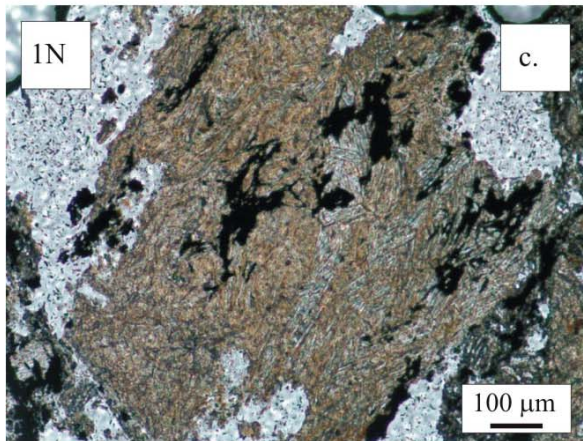
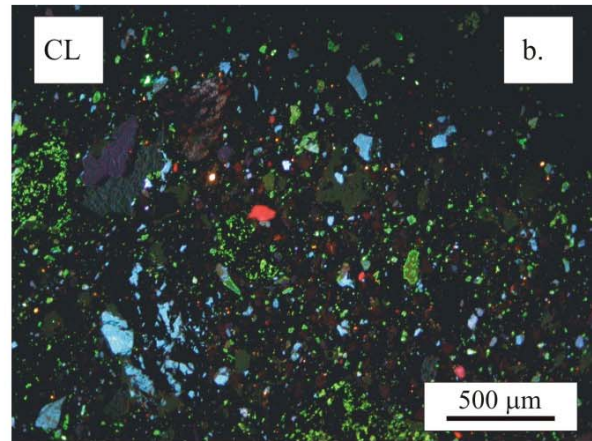
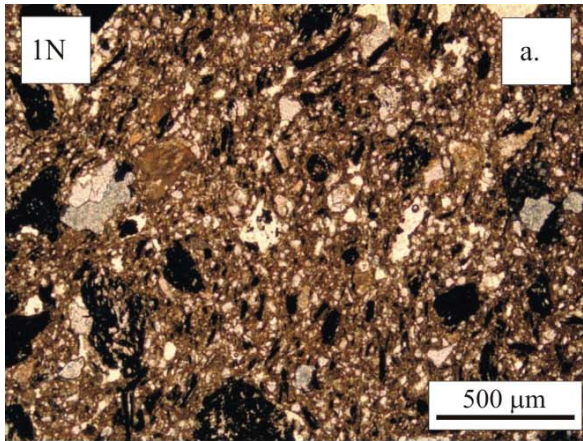
A szajki lelőhelyről származó grafitos kerámiák alapanyaga egy nikollal sötétszürke-barna, keresztezett nikoloknál sötétbarna, illetve fekete a grafittartalomtól függően. A grafitban viszonylag szegényebb részekben tapasztalt izotropitás gyenge-közepes. A minták szövete hiátuszos, két jellemző szemcseméret-tartománnyal.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

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

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

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

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



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

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

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

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

Az összehasonlító geológiai minták petrográfiai jellemzése

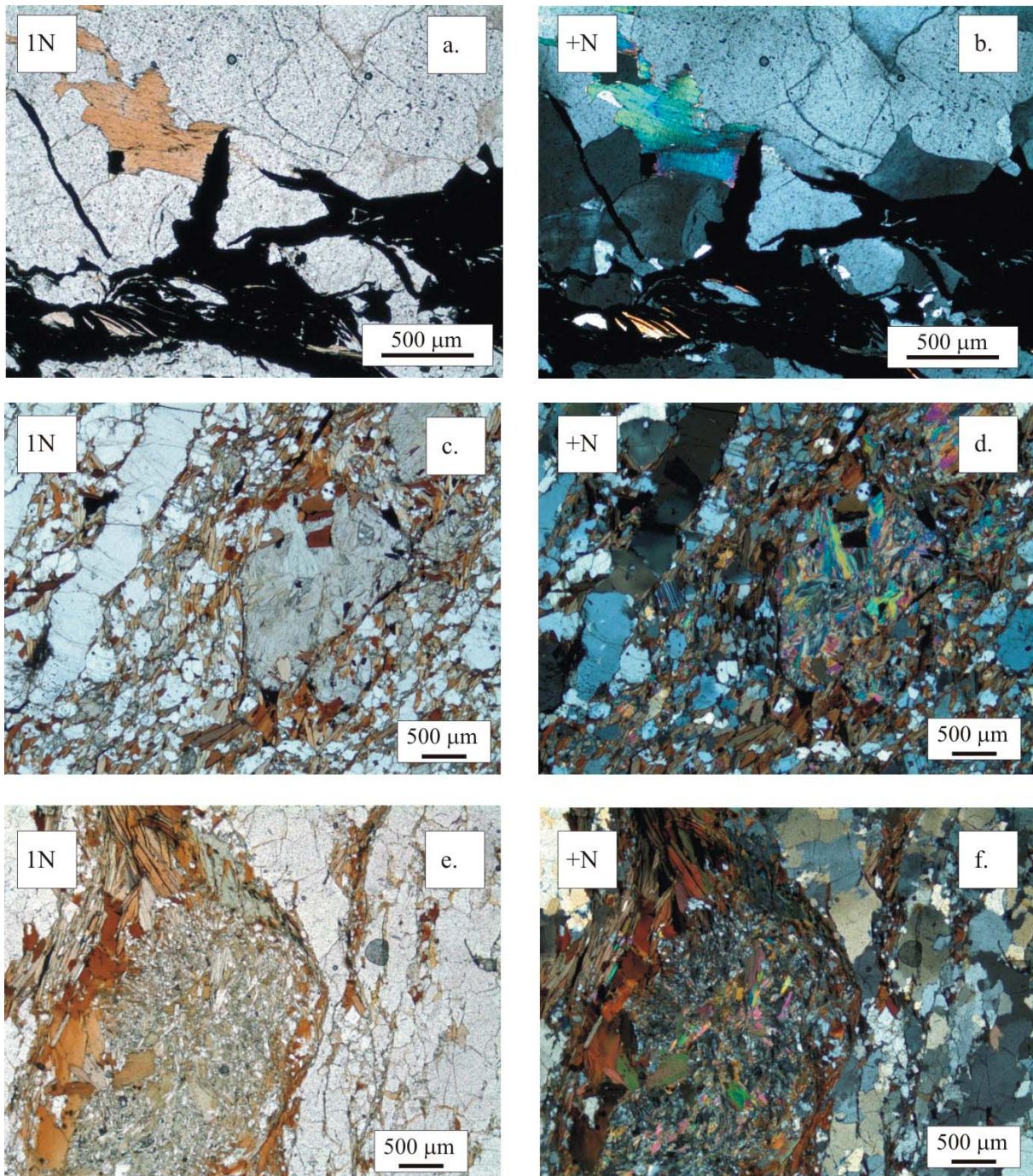
Bátaszék-Körtvélyes dűlő régészeti lelőhelyről a keltákhoz köthető gödör- és cölöphelybetöltésekből grafitos kőzet töredékei kerültek elő. A grafitos kőzet sötétzöld-szürke színű, fémes fényű, finom-közepes szemcse nagyságú. Metamorf eredetű, szövete granoblasztos-lepidoblasztos és enyhe foliációt mutat.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

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

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

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

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



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

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

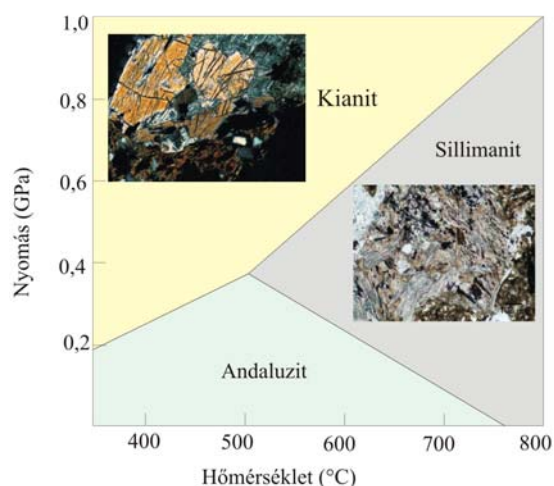
A szemcsék többnyire üdék. Az amfibol hasonlóan a Steinbruch Grögödről származó mintához tűszálas megjelenésű pseudomorfóza (**5e. és f. ábra**)

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

Értelmezés

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

Összefoglalás

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

A kerámiák grafitos kőzettörmelékeit összehasonlítottuk a kropfmühli régióból származó

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

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

Köszönetnyilvánítás

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

Irodalomjegyzék

BAJNÓCZI, B., TÓTH, M. & MERSDORF, ZS. (2005): Kerámiák vizsgálata katódlumineszcens mikroszkóppal, Zalavári – kora középkori – leletek példáján. *Archeometriai Műhely* **2005**(2):31-41.

BOHN, P. (1964): Tabán kelta leletanyag vizsgálata. *Archeometriai Értesítő* **91**:243-248.

CHINNER, G.A., SMITH, J.V. & KNOWLES, C.R. (1969) Transition metal contents of Al₂SiO₅ polymorphs. *American Journal of Science* **267**:A:96-113.

DALLMEYER, R. D., NEUBAUER, F. & HÖCK, V. (1992): Chronology of Late Paleozoic tectonothermal activity in the northeastern Bohemian Massif, Austria (Moldanubian and Moravo-Silesian zone): ⁴⁰Ar/³⁹Ar mineral age controls. *Tectonophysics*, **210**:135–153.

DRÁBEK, M., ELHERS, K. & ŠARBACH, M. (1986): Molybdenit und REE-Minerales in Marmor des Moldanubikums bei Bližná/ČSSR. *Fortschritte der Mineralogie* **37**:64.

FINGER, F., GERDES, A., JANOUSEK, V., RENÉ, M. & RIEGLER, G. (2007): Resolving the Variscan evolution of the Moldanubian sector of the Bohemian Massif: the significance of the Bavarian and the Moravo-Moldanubian tectonometamorphic phases. *Journal of Geosciences* **52**:9-28.

GÁTI, CS. (2009): A szajki (Baranya megye) koravaskori telep kulturális kapcsolatai. In: ILON G. (szerk.): ΜΩΜΟΣ VI. Őskoros Kutatók VI. Összejövetelének konferenciakötete. Nyersanyagok

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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