

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**DÉL-ALFÖLDI ÁRPÁD- ÉS KÉSŐ KÖZÉPKORI EGYHÁZAK
ÉPÍTŐANYAGAINAK ÖSSZEHASONLÍTÓ ARCHEOMETRIAI
VIZSGÁLATA**

**A COMPARATIVE ARCHAOMETRIC STUDY OF THE BUILDING
MATERIAL THE CHURCHES IN SOUTHERN GREAT
HUNGARIAN PLAIN FROM THE ARPAD AND LATE MIDDLE
AGES**

Kelemen Éva

**Témavezető: Dr. Rózsa Péter
Társ-témavezető: Dr. Béres Mária**



**DEBRECENI EGYETEM
Földtudományok Doktori Iskola
Debrecen, 2010.**

Bevezetés

Békés és Csongrád megye Árpád-kori településeinek jelentős része a tatárjárás során elpusztult, a késő középkoriak egy része a török hódoltság végén, a török alóli felszabadító háborúkat követően tűnt el. Az újabb századokban a települések sírjait kiforgatták, és templomaikat átépítették, vagy a még álló falait elhordták, alapfalikat módszeresen kibányászták. Így a Dél-Alföldön viszonylag kevés, még álló falakkal rendelkező középkori műemlékünk maradt meg. Az ásatásokon előkerült kevés számú, datálásra alkalmas tárgyi lelet mellett, a történeti építőanyagok archeometriai célú vizsgálata az elmúlt években fontos szerepet kapott a régészeti lelőhelyek tudományos feldolgozásában. Dolgozatom az archeometria témakörébe illeszkedik, amely mint interdiszciplináris tudományág, természettudományos anyagvizsgálatokkal járul hozzá történeti problémák megoldásához, mint például a régészeti objektumok és leletek keltezése, a nyersanyag származási helyének, szállításának, felhasználásának kérdése, technológiai folyamatok rekonstrukciója, műhelyek meghatározása (MAGGETTI 2006., GLASCOCK 2008.)

Vizsgálati eredményeim egyrészt közvetlen adatokat szolgáltatnak a Dél-alföldi építőanyag felhasználásról, másrészt további fontos információkhoz juttatja a régészeket az adott leleteken keresztül a természetes és mesterséges építőanyagok (tégla, habarcs) készítési technológiájára vagy a település történeti és gazdasági viszonyaira vonatkozóan.

Értekezésem az első olyan átfogó és összehasonlító tanulmány, amely Békés és Csongrád megyei Árpád-és későközépkori templom vagy település régészeti ásatásából származó építőanyag (kő, tégla, habarcs), összehasonlító archeometriai (petrográfiai, geokémiai, geofizikai) vizsgálatával foglalkozik. A 29 ásatás régészeti és archeometriai vizsgálatának eredményeit (BÉRES 2000. BÉRES et. al. 2005., SZATMÁRI 2005.) összevettem már korábban elvégzett és a területhez kötődő kutatások eredményeivel. (KLEB et al. 1982., IVÁNYOSI-SZ. 1998., SZÓNOKY 1994-96., 2001., 2002., 2004., 2005., KELEMEN 1999., KELEMEN 2002., 2008., RÓZSA 2004., 2007., BÉRES et al. 2005., KELEMEN-RÓZSA 2007.) A dolgozat időkerete a 10-15. század, a Körös, a Tisza és a Maros által lehatárolt területen a történeti Csongrád, Csanád, Békés, Bihar és Torontál megye területe. A feltárt falusi templomok és monostorok általában döngölt agyag alapra téglafallal és faragott kőrészekkel épültek.

Célkitűzések

Az értekezés célkitűzése, összehasonlító archeometriai vizsgálatok elvégzése Csongrád és Békés megye Árpád-korban épült, és néhány esetben a későközépkort is megélt egyházak építő- és díszítőkövein, falazó- és idomtéglaín, valamint falazó és alapozó habarcsain; a természetes építőanyagok és bányahelyeik azonosítása, így a szállítási útvonal valószínűsítése mellett, a mesterséges építőanyagok alapanyagának és összetételének, valamint készítési technológiájának rekonstruálása.

Céljaim között szerepelt a vizsgálati mintákból egy mintakatalógus készítése, amely később referenciaanyagként szolgálhat hasonló munkákhoz és leletazonosításokhoz. A kataszter rövid régészeti leírást tartalmaz az egyes lelőhelyekről.

Vizsgálataim jelentősége az alábbiakkal támasztható alá. A Dél-Alföld régészeti jól feldolgozott területén építőanyag vizsgálattal csak kevés számú (és kis mintaszámú) jelentés és egyéb publikáció foglalkozott. Összehasonlító és részletes petrográfiai mintaleírást, valamint a vizsgálatok bemutatását is közlő munkám, a hagyományos régészeti feldolgozás kiegészítésére és olyan speciális kérdések megválaszolására ad lehetőséget, mint az Árpád-kori téglák égetési hőmérséklete vagy a dél-alföldi falusi templomok és monostorok építéskor alkalmazott korabeli habarcsok összetétele, a valamint az építőanyagok abszolút és relatív kormeghatározása.

Vizsgálati módszerek

A vizsgálatok alapját a régészeti és történeti szakirodalom áttanulmányozásán túl az építőanyag minták makroszkópos és mikroszkópos petrográfiai leírása képezte, amelyet a Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani tanszékén Nikon Microphot-SA **típusú polarizációs mikroszkóppal** végeztem el. A csiszolati felvételeket a mikroszkóphoz csatolt Nikon Coolpix FX-35DX fényképezőgéppel készítettem. Összesen 169 db közet, 78 db téglá és 82 darab habarcsmintán végeztem petrográfiai vizsgálatokat, amelyek eredményeit archeobotanikai, ásványtani, geokémiai és geofizikai műszeres mérések adataival egészítettem ki.

27 db Békés megyei téglamintán valamint 23 db habarcsmintán (15 db Békés és 8 db Csongrád megye) került sor **röntgen-pordiffrakciós (XRD)** vizsgálatra (Miskolci Egyetem, Ásvány- és Kőzettani Tanszék, Bruker D8 Advance típusú Bragg-Brentano diffraktométer, Cu K α sugárzás, 40 kV feszültség, 40mA áramerősség, 0.04° (2 θ) lépésköz, 4° (2 θ) - 65° (2 θ) szögterület, 4 sec/lépés, 0,2 mm a detektorrés, grafit monokromátor) és 13 db Csongrád megyei (MTA Geokémiai Kutatóintézet, PHILIPS PW 1730 típusú Bragg-Brentano geometriájú diffraktométer, Cu K α sugárzás, 45 kV feszültség, 35mA áramerősség, 0.05° - 0.01° 2 θ léptetés, 1 sec időállandó, 1°-1° detektorrés és divergenciarés, PW-1050/25 típusú goniométer, grafit monokromátor, proporcionális detektor). A vizsgálatokat és a kiértékelést Tóth Mária (MTA Geokémiai Kutatóintézet) és Kristály Ferenc (Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Tanszék) végezte.

Egy esetben történt **stabilizotópos vizsgálat** (Décse, 95.23.67. vörös mészkő minta), amelyet a minta származási helyének és földtani korának pontosítása céljából dr. Bajnóczi Bernadett végzett el az MTA Geokémiai Kutatóintézetben (Finnigan MAT delta S stabilizotóparány-mérő tömegspektrométer, a mért izotóparányokat a V-PDB (Vienna-Pee Dee Belemnite) nemzetközi sztenderdhez viszonyítva, a hagyományos δ értékben adták meg).

Tíz Békés megyei téglaminta vékonycsiszolatainak felhasználásával készült **granulometriás elemzés**, amelynek lényege, hogy meghatározzuk a kvantitatív ásványeloszlást és a szemcseösszetétel meghatározására. A méréseket mikrométer okulárral, hosszmerésekkel, ún. lineáris módszerrel végeztük. (RÓZSA-SZŐÖR 1988.)

Az elemzések és az XRD felvételek eredményeit **Pásztázó Elektronmikroszkóp (SEM) és az Energia Diszperzív Spektrométer (SEM-EDS) vizsgálatok** egészítették ki. Nyolc Békés megyei téglamintán történt ilyen jellegű vizsgálat, amelyet Kristály Ferenc végzett el, a Miskolci Egyetem, Kerámia-és Szilikátmérnöki Tanszékén (Hitachi TM-1000, 15kV). A felvételek BSE (Back Scattered Electron módszerrel, az elemzés Si-drift detektorral készültek. (KRISTÁLY et al. 2011.)

Termikus vizsgálataink **derivatográfhoz csatolt kvadropole tömegspektrométeres (TG/DTA-QMS) gázelemzéssel** történtek (Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék). A vizsgálat mindössze két mintára terjedhetett ki, a bemért minta tömege 20 mg, a lineáris felfűtés sebessége 10 C°/sec volt, a mérési tartomány 25 °C -tól 1000 °C-ig terjedt; inert anyagként alumínium-oxidot (Al₂O₃) használtunk.

Öt (3db Békés megye, 2db Csongrád megye) téglamintából az abszolút kor meghatározása céljából, a Szegedi Tudományegyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszékén **termolumineszcens vizsgálatra** került sor. (RISOE DA-15 TL/OSL készülék, 0,088 Gy/s dózisteljesítmény, 90Sr/90Y béta sugárforrás). A méréseket dr. Sipos György végezte.

Csak békési téglamintákon (27 db) készített **archeobotanikai vizsgálatot** Nyilas István (Wild Leitz Photomicroscope M420) a Debreceni Egyetem, Evolúciós Állattani tanszékén.

A habarcsok relatív kormeghatározására alkalmazható „hidraulikus tényező” (HT) meghatározását 59 habarcs mintán végeztük el, amely módszer (JEDRZEJEWSKA 1967.) a három fő komponens (CaCO₃, oldhatatlan maradék és az úgynevezett hidraulikus tényező) meghatározásán alapszik.

Új eredmények és felismerések

A kőzetminták azonosításához számos tényezőt kell figyelembe venni és több kőzettani bélyegnek egyeznie kell ahhoz, hogy biztosak lehessünk egy bányahely megállapításában. A makroszkópos és mikroszkópos vizsgálataim során hét konkrét kőzetcsoporthoz különítettem el. Egy további csoportba soroltam azokat a kőzeteket, amelyek nem rendelkeztek olyan kőzettani bélyegekkel, amelyek segítettek volna a petrográfiai elnevezésen túl a pontos kor és formáció, valamint a bányahely beazonosítását. Mivel közvetlen terepbejárásra és mintavételre nem volt alkalmam, a szakirodalomra, az analógiákra és szóbeli közlésre hagytam a bányahelyek azonosításakor.

1. A régészeti, történeti adatokat összevetve a földtani leírásokkal megállapítottam, hogy az Alföld DK-i részének **terméskő** anyaga nagyrészt a Körös forrás vidékén és Maros mentén található építőkő bányászatára is alkalmas bányákból került ide. Egyes kőzeteknek (pl. andezit, forrás mészkő, biogén mészkövek), sajnos nincs olyan konkrét típusjegye, amely alapján teljes bizonyossággal kizárhatnánk a magyarországi előfordulásokat, de a bányák egyszerűbb megközelíthetősége, a birtokviszonyok és a kereskedelmi szempontok miatt az Erdélyi- középhegységbeli származást valószínűsíthetjük. (SCHAFARZIK F. 1904., IANOVICI et al 1976, KLEB et al. 1982., KERTÉSZ 1983., VIZI 1990., LUKÁCS-SZÓNOKY 1993., PÉCSKAY et al. 1995., SZÓNOKY 2001., WANEK 2010.)

2. A jó minőségű andezit és a durva homokkő felhasználásának elterjedését megvizsgálva, arra a következtetésre jutottam, hogy azokat több évszázadon keresztül (már a 11. századtól) a teljes Dél-alföldi területen felhasználták. A békési és csongrádi lelőhelyeken is előforduló kőzeteket, elsősorban a só szállítási főútvonalán (Maros) szállították, majd a helyi jelentőségi kisebb folyókon, az áradások alkalmával a békési területekre is eljuttatták. A nagy területen való elterjedés és felhasználás okát a nagy birtoktestekben és az azonos korú településekben (épületekben) kereshetjük.

3. A Duna-Tisza közén keletkező tavi dolomitos mészkövek földtani kifejlődése és felhasználási területe (esetünkben Csongrád megye) szinte egybeesik. Megállapítottam, hogy a Tiszától K-re fekvő régészeti feltárások leletanyagában nagyon ritkán fordul elő ez a kora Árpád-kor óta kedvelt alapozó kő.

4. Az igen jó minőségű és jól faragható travertinó faragványok (Szentés-Kaján, Szermonostor) bányahelyének a Buda környéki lelőhelyeket jelölöm meg, amely állításomat a gazdag Szermonostor és Szentés-Kaján régészeti lelőhelyek (amely utóbbi szintén egy igen rangos, gazdag közösség, talán nemzeti központ nyughelye és a dömösi prépostság birtoka volt) forgalmas szárazföldi utak mellett való elhelyezkedésével és közvetlen kereskedelmi kapcsolataival támaszthatom alá.

5. A décei vörös mészkő minta (95.23.67.) mikroszkópos és stabilizotópos vizsgálatának eredményei alapján megállapítottam, hogy a kőzet kifejlődése a Gerecse-hegységbeli Tölgyhát kőfejtő, Tölgyhát Mészkő Formációjához kapcsolható és középső-júra korú. Az eredmények egybevágóak Pintér és társai által 2004-ben Szer- és Ellésmonostori vörös

mészke faragványokon elvégzett vizsgálataival. Ez a vizsgálat valamint az általam elvégzett optikai vizsgálat kizárja az erdélyi, Béli-hegységbeli (Menyháza,) származást. A szeri és ellési minták is a Tölgyhádi bányából származnak és koruk a 13-14. századra tehető, amely Décsé esetében a virágkor volt (PINTÉR et. al. 2004., SZATMÁRI 2005.). A minta a templom második periódusához (13-14. század, Ny-i fal megerősítés, karzat) köthető.

6. Petrográfiai vizsgálataimmal és az analóg adatok összehasonlításával megállapítottam, hogy mivel a Bór-Kalán nemzetség a Maros-menti vármegyékben (Arad, Kükküllő, Hunyad) is rendelkezett birtokokkal, Szer- és Ellésmonostori építkezéseikhez a saját birtokain fekvő bányákból szállíthatták az építőanyagot. A két monostor építéséhez felhasznált kőanyag azonosnak mondható. (IVÁNYOSI 1994., SZÓNOKY 2005.) A szállítást vízi úton végezheték, mivel a két helyszínt egykor folyóág kötötte össze.

7. Székkutas templomát a régészeti kutatások a Bór-Kalán nembeli Szeri Pósa család tulajdonaként valószínűsíti. Az 1993-ban, a 2004-ben, valamint az általam elvégzett mikroszkópos vizsgálatok eredményeit (Szer, Ellés) összehasonlítva megállapítottam, hogy a székkutasi vörös mészke is a Tölgyhádi kőfejtő, Tölgyhádi Mészke Formációjához sorolható és megerősíti a települések közötti gazdasági és kereskedelmi kapcsolatokat. (RÓZSA 1993., PINTÉR et. al. 2004.)

8. Megállapítottam, hogy Sarkadkeresztúr esetében a Körös, mint természetes választóvonal szerepet játszott a kőzetek felhasználást tekintve és a felhasznált kőanyag bányahelyei a bihari területekhez kapcsolhatók. Ennek a templomnak a kőanyaga szintén ezen a részen fekvő Csoltmonostorával hasonlítható (bár itt nem voltak pontos geológiai vizsgálatok). (T. JUHÁSZ 1992.) Csoltot és a Körös másik oldalán fekvő Gerlát egy nemzetség (Ábránfy) birtokolta, mégis kőanyaguk különbözik, a 14. századtól kialakult gyulai uradalom többi falujának (Megyer, Fövényes, Szentbenedek és Gyula) kőanyagával (amelyek a Maros és a Körös vidékéről származnak) tapasztaltam egyezést.

9. Megállapítottam, hogy a külön csoportot alkotó, egyedi kőzettani jellemzővel nem rendelkező köveket, a többi kővel egyidejűleg szállíthatták a területre. A leírások szerint pl. kvarchomokkő bánya található Hunyad megyében (pl. Pánkszelistye, Czebe), kavics bánya található Máriaradnán (SCHAFARZIK 1904.) és a durva homokkő bányák fekvését kristályos palák képezik, amelyek a felszínre is bukkannak Boj, Bábolna, Kisrápot, Gyertyános, Bánpaták és Kéménd völgyeiben. (PÁLFY 1907.)

A mesterséges építőanyagok adatainak feldolgozása során sajnos nem támaszkodhattam nagy számú irodalmi adatra és hasonló jellegű analóg vizsgálati eredményekre. Vizsgálataim során így elsőként tehettem megállapítást a Dél-alföldi téglák és habarcsok pontos összetételére és készítési technológiájára vonatkozóan.

10. Kimutattam, hogy a Békés és Csongrád megyei 11-13. századi téglapítményekben alkalmazott téglák anyaga a területi távolságok ellenére nagyfokú rokonságot mutatnak. Megállapítottam, hogy a két megye tégláinak készítéséhez a települések (templomok) környezetében megtalálható infúziós löszös nyersanyagot (illit-muskovit-klorit-szmektit tartalmú kvarcot, Ca-plagioklász, mikroklint és járulékosan kalcitot tartalmazó agyagot) valamint homokot használtak fel. Járulékosan amfibol, piroxén és titán dioxid volt azonosítható. Egy településen (templomon) belüli, de más építési periódushoz kapcsolható téglaminták összetételében is egyezést tapasztaltam, amely a téglák nyersanyagának azonos lelőhelyről való bányászását illetve a másodlagos felhasználását bizonyítja.

11. Megállapítottam, hogy adalékanyagként az alacor búza (*Triticum monococcum L.*) pelyvát és kerámiatörmelékét használtak fel. A téglák anyaga, ezáltal rugalmasabbá, formázhatóbbá válik, csökkenti a súlyát, növeli a hőszigetelő tulajdonságot, de elsősorban a fűtőanyaggal való takarékoskodás volt a cél. A nyersanyag gyakorlatilag korlátlan mennyiségben és helyben állt rendelkezésre, így ugyanazt az agyagnyerőhelyet több perióduson keresztül, hosszú ideig is használták.

12. Bebizonyítottam, hogy az egy épületben vagy településen belül található téglaleletek időbeli technológiai változékonysága nem nagyobb, mint az esetleges geológiai nyersanyagkülönbségek, ami alapját képezheti azon állításnak, hogy a térségben az Árpád- és későközépkorban az égetési technológia nem változott.

13. Elsőként közöltem adatokat a 11-13. századi Békés és Csongrád megyei téglák égetési hőmérsékletére vonatkozóan. A Békés és Csongrád megyei tégláknál alkalmazott kemencékben 650-850 °C égetési hőmérsékletet diagnosztizáltam. A téglaminták fázisanalízise alapján meghatároztam azokat a fázisokat, amelyek az égetés során eltűntek (karbonátok és az agyagásványok, a reliktaanyagok, illetve a kialakult új fázisok alapján) vagy képződtek. Ebből a szempontból a legfontosabb fázisok a karbonátok és az agyagásványok ugyanis ezek a felfűtés széles tartományában tűnnek el (550-800 °C) vagy alakulnak át. A felfűtés során képződő új fázisok a gehlenit és a diopszid fázishatározó értékű és jelentőségű, mivel a képződésük kezdete 800-900 °C között van attól függően, hogy oxidatív vagy redukzív a kemence légtere.

14. A termolumineszcens vizsgálatok eredménye alapján sikerült pontosítanom Sarkadkeresztúr (11. század első fele), Bánkút (13. század), Murony (10. század) templomának építési idejét és az eredmények rácsafolnak arra, hogy a falusi templomok alaprajzában keresendő tipológia konkrét századokhoz köthető. A korábbi feltételezések szerint, a négyszög szentélyzáródású templomok csak a 13-14. században terjedt el, míg a méretek alapján a 11. század valószínűsíthető. A Csongrád megyében található Szegvár melletti, Sáp falu ásátásán előkerült téglamaradványok megerősítik azt a feltételezést, hogy létezett egy templom és mint minden falusi templom feltehetően egy magaslaton (Sáphalom) állt. Tégláinak kora a 12-13. századot jelöli.

15. Elsőként gyűjtöttem össze szisztematikus mintavétellel Árpád-kori épületek habarcsanyagát. A röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok eredménye alapján megállapítottam, hogy a két megye habarcsainak ásványos összetételében nincs jelentős különbség. Minden mintában előfordulnak a főbb ásványfázisok (kvarc, kalcit, plagioklász és kálföldpát, valamint rétegszilikátok).

16. Megállapítottam a CaCO₃-tartalom mennyiségének korszakokhoz köthető változásait és bebizonyítottam, hogy az Árpád-kor korai szakaszához magas karbonát/mész felhasználás köthető (egyes minták meszesebbek mint az 1:1 arány) pl. ilyen Bánkút, Gádoros, Décei csoport, míg a kései periódusban (13-14. század) jóval kevesebb mész felhasználásával készültek a habarcsok.

17. Vizsgálataimmal különbséget mutattam ki a falazó és az alapozó habarcsok homok és karbonát (CaCO₃) tartalom viszonyában és megállapítottam, hogy az alapozáshoz használt habarcsok kétszer annyi CaCO₃-t tartalmaznak, mint a falazatban illetve egyéb helyen alkalmazott habarcsok.

18. Megállapítottam, hogy a hidraulikus tényező, az analóg vizsgálatok és a jelen vizsgálati eredményeim alapján, alkalmas lehet relatív kormeghatározásra a 11-12. századi habarcsminták esetében is, mivel adataim nagy része megegyezik a régészeti adatokkal alátámasztott korról. Ugyanakkor hangsúlyozni kell, hogy a „hidraulikus tényező” meghatározása mellett, mikroszkópi és műszeres analitikai vizsgálatok is szükségesek a technológiára és a relatív kronológiára vonatkozóan.

Publikációk és előadások

Kéziratok

- KELEMEN É. 1997. A csomorkányi templom Árpád- és középkori építőanyagainak komplex földtani és geokémiai vizsgálata. (I. A kőzetek) OTDK dolgozat, XXIII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia, Miskolc
- KELEMEN É. 1999. A csomorkányi templomrom Árpád- és középkori építőanyagainak komplex földtani vizsgálata. OTDK dolgozat, XXIV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia, Debrecen
- KELEMEN É. 1999a. Hely-, tájtörténeti és tájökölógiai kutatások egy elpusztult középkori mezőváros (Csomorkány) területén. Kossuth Lajos Tudományegyetem, Diplomamunka. Debrecen

Tanulmányok

- PETŐ A. – KELEMEN É. 2000. A földtan, archeometria és petroarcheológia szerepe a régészeti értékek feltárásában. Földtudományi Szemle I. 49-55 Debrecen 2000.
- KELEMEN É. 2001. A téglakészítés régi mestersége. Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Múzeumok Évkönyve XII: Tisicum, Szolnok pp. 221-227.
- KELEMEN É. 2002. Hely-, tájtörténeti és tájökölógiai kutatások egy elpusztult középkori mezőváros (Csomorkány) területén. Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Múzeumok Közleményei. Szolnok, pp. 58. 17-29
- BÉRES, M. – KELEMEN, É. – FAZEKAS, I. 2005. Csomorkány – A medieval village and its changing environment. Water management in medieval rural economy. Rurality V. Prága pp. 256-260.**
- KELEMEN É. – RÓZSA P. 2007. Történeti habarcsok datálási lehetőségei a „hidraulikus tényező” alapján. Építőanyag 59 évf. 2007/4., pp. 111-113.**
- KELEMEN É. 2008. A Hódmezővásárhely–csomorkányi romtemplom vizsgálatának archeometriai eredményei. Acta GGM Debrecina, Debrecen 2008. Vol.3. pp. 85-93
- KRISTÁLY, F. – KELEMEN, É. – RÓZSA, P. – NYILAS, I. – PAPP, I. 2011. Quantitative XRD studies on medieval brick samples from Békés County (SE Hungary). Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry (submitted)

Hazai és nemzetközi konferencia

- KELEMEN É. 1997. A csomorkányi templom régészeti kutatásának és építőanyag vizsgálatának feladatai és eredményei. „Középkori régészetünk újabb eredményei és időszerű feladatai”, ELTE Budapest
- KELEMEN É. 1998. Épített és természetes környezet fejlődéstörténeti kapcsolata - tájtörténeti tanulmány Csomorkány, egykori mezőváros példáján. II. Tájtörténeti Konferencia, Nyíregyháza
- KELEMEN É. 1999. A csomorkányi templomrom Árpád- és középkori építőanyagainak vizsgálata. II. Geoarcheológiai Ankét, Budapest
- KELEMEN É. 1999. A medieval town and its changing environment. V. Kultúra és Környezet Nemzetközi Konferencia, Szlovákia, Selmecebánya
- KELEMEN É. 1999. Hely-, tájtörténeti és tájökölógiai kutatások egy elpusztult középkori mezőváros (Csomorkány) területén. Tudományos ülés. Damjanich János Múzeum, Szolnok
- KELEMEN É. 1999. Csomorkány és tágabb környezetének tájtörténeti bemutatása az Árpád kortól a 20. Századig. II. Tájtörténeti Konferencia Nyíregyháza, pp. 413-418
- KELEMEN É. – FAZEKAS I. 1999. A medieval monument and its changing environment. V. Kultúra és Környezet Nemzetközi Konferencia. Szlovákia, Selmecebánya

- KELEMEN É. – FAZEKAS I. 2000. Táj történeti és táj ökológiai kutatások egy elpusztult középkori mezőváros területén. III. Táj történeti Konferencia, Gödöllő, pp. 232-237 .
- KELEMEN É. – FAZEKAS I. 2000. Egy középkori műemlék és változó környezete. Geográfus Doktoranduszok III. Országos Találkozója, Szeged, pp. 186-194.
- KELEMEN É. 2000. Táj történeti és táj ökológiai kutatások egy elpusztult középkori mezőváros (Csomorkány) területén. III. Táj történeti konferencia, Gödöllő 2000.
- KELEMEN É. 2000. A Csomorkányi templomrom építőanyagainak műemlék geológiai vizsgálata. 30. Egri Nyári Műemlékvédelmi Egyetem, Noszvaj
- KELEMEN É. 2000. Értékfeltárás és értékmentés geológiai lehetőségei az archeometriában. DAB Székház, Debrecen, 2000. (Földtudományok a földtani természeti értékvédelmében és környezetvédelmében)
- KELEMEN É. 2000. A geological study of the Arpadian and medieval building materials of the church of Csomorkany. 30. Egri Nyári Műemlékvédelmi Egyetem. Noszvaj
- KELEMEN É. 2005. Egri műemlékeket alkotó építő- és díszítőközetek földtani vizsgálata. IV. Díszítőkö konferencia, Eger
- KELEMEN É. – RÓZSA P. 2007. Történeti habarcsok datálási lehetőségei a "hidraulikus tényező" alapján. Miskolc, (Az ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. század végéig).
- KELEMEN É. 2009. A Comparative Archaeometric Study on the Building Material of Churches from the Árpád and Middle Ages in the South of the Great Hungarian Plain (Alföld). Budapest, 2009. „Mineral Sciences in the Carpathians” Conference (MinPet and MSCC 2009.)
- KELEMEN É. 2010. Dél-alföldi Árpád- és későközépkori templomok építőanyagának összehasonlító archeometriai vizsgálata. Környezet-Ember-Kultúra, Budapest
- KRISTÁLY F. - RÓZSA P. - KELEMEN É. 2010. Mineralogical investigations of clay-bricks from Árpád-age (11th-14th century A.D.), Southern Hungary. 20th General Meeting of IMA Budapest, 2010.

A téziszűzetben felhasznált irodalom

- BÉRES M. 2000a. A Hódmezővásárhely - csomorkányi egyház. In: Kollár T. (szerk.): A középkori Dél - Alföld és Szer. Dél - Alföldi Évszázadok 13, Szeged, pp. 193-217.
- BÉRES, M. - KELEMEN, É. - FAZEKAS, I. 2005. Csomorkány - A medieval village and its changing environment. Water management in medieval rural economy. *Ruralia* V. Prága, pp. 256-260.
- GLASCOCK, M. 2008. *Archeometry*. ELSEVIER, pp. 489-494.
- IANOVICI, V. - BORCOS, M. - BLEAHU, M. - PATRULIUS, D. - LUPU, M. - DIMITRESCU, R. - SAVU, H. 1976. *Geologia Muntilor Apuseni*. Acad. Reg. Soc. Rom. Bukarest, pp. 232-311.
- IVÁNYOSI-SZABÓ A. 1998. Csongrád_ellésmonostor Árpád-kori templom építő- és díszítőköanyagának közettani, földrajzi vizsgálata. *Műemlékvédelmi Szemle* 2. pp. 53-62.
- JEDRZEJEWSKA, H., 1967. Old mortars in Poland: A New Method of Investigation. *Studies in Conservation*. 5. pp.132-138.
- KERTÉSZ 1983. A műemléki kőanyagok közettani azonosításának eddigi tapasztalatai. *Földtani Kutatás XXVI/4*. pp. 5-16.
- KLEB B. - GÁLOS M. - KERTÉSZ P. - MAREK I. 1982. Kutatási jelentés a szegedi Móra Ferenc múzeumban és a vári kőtarban, valamint az Alsóvárosi templomban elhelyezett egyes kőelemek meghatározásáról. BME, Ásvány és Földtani Taszék, Kézirat
- KRISTÁLY F. - KELEMEN É. - RÓZSA P. - NYILAS, I. - PAPP, I. 2011. Quantitative XRD studies on medieval brick samples from BÉKÉS county (SE Hungary). *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. (submitted)
- LUKÁCS ZS.- SZÓNOKY M.-HADNAGY Á. 1993. A Szeged-alsóvárosi ferences kolostor kőfaragványairól. *Művészettörténet-Műemlékvédelem IV. Tanulmányok Horler Miklós hetvenedik születésnapjára*. pp. 155-172
- MAGGETTI, M. 2006. *Archeometry: quo vadis?* Geological Society of London, Special Publications, 257. pp. 1-8.
- MCCREA, J. M. 1950. On the isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. *Journal of Chemical Physics* 18, 849-857.
- KELEMEN É. - RÓZSA P. 2007. Történeti habarcsok datálási lehetőségei a „hidraulikus tényező” alapján. *Építőanyag* 59. évf., 2007/4. pp.111-113
- KELEMEN É. 2008. A Hódmezővásárhely-csomorkányi romtemplom vizsgálatának archeometriai eredményei. *Acta GGM Debrecina, Debrecen*. Vol.3. pp. 85-93
- KELEMEN É. 1999. A csomorkányi templomrom Árpád- és középkori építőanyagainak komplex földtani vizsgálata. *KLTE. Ásvány- és Földtani tanszék, Debrecen*. OTDK dolgozat, Kézirat
- PÁLFY M. 1907. A Maros jobb oldalának geológiai alkotása Algyógy környékén. *Földtani Közlöny*. pp. 468-481.
- PÉCSKAY, Z. - LEXA, J. - SZAKÁCS, A. - BALOGH, KAD. - SEGHEDI, I. - KONEČNY, V. - KOVÁCS, M. - MÁRTON, E. - KALIČIAK, M. - SZÉKY-FUX, V. - PÓKA, T. - GYARMATI, P. - EDELSTEIN, O. - ROSU, E. - ŽEC, B. 1995. Space and time distribution of Neogene-Quaternary volcanism in the Carpatho- Pannonian Region. *Acta Vulcanologica*, vol 7. (2). pp. 15-28.
- PINTÉR, F. - SZAKMÁNY, GY. - DEMÉNYI, A. - TÓTH, M. 2004. The provenance of „red Mineral 16. pp. 619-629.
- RÓZSA P. - SZŐŐR GY. 1988. Klinkertéglák vizsgálata mikroszkóppal, modális elemző módszerrel. *Építőanyag* 40:183-188.

- RÓZSA P. 1993. Jelentés a Székkutas-Kápolnásdülő területén az 1987. év folyamán végzett régészeti feltárás során előkerült kőanyag vizsgálatáról. Kézirat pp.1-17.
- RÓZSA P. 2004. Történelmi vakolat- és terrakotta minták mikroszkópi modális vizsgálata. Acta Geogr. Debrecina. 36. pp.31-40.
- RÓZSA P. 2007. Jelentés a Szeged, Vörösmarthy u. 5. szám alatt előkerült habarcsminták vizsgálatáról. DE, Ásvány- és Földtani tanszék. Debrecen, Kézirat
- SCHAFARZIK F. 1904. A Magyar Korona országai területén levő kőbányák. Magyar Királyi Földtani Intézet Kiadványa. Budapest. pp. 11-24., 56-61.,
- SZATMÁRI I. 2005. Békés megye középkori templomai. Békéscsaba, pp. 7-15. 138-144., 301-304.
- SZÓNOKY M. 1994-1996. A szegedi Dömötör torony falából 1994. május 18.-án, 1995. október 4-én, 1996. november 14-én vett fúradékminták vizsgálati eredményei. Szeged, pp. 1-4.
- SZÓNOKY M. 2001. Néhány Dél-alföldi középkori templom és kolostor faragott kőanyagának és tégláinak földtani vizsgálata és származása. Földtani Kutatás. XXXVIII évf. 2. pp. 18-20
- SZÓNOKY M. 2002. A Duna-Tisza-közi hátság egyedülálló történeti építőköze I. rész. KŐ 2002/3. pp.30-33.
- SZÓNOKY M. 2005. Közöttani szakértői jelentés a Szermonostora ásatási kőzet anyagáról. Kézirat
- T. JUHÁSZ I. 1992. A Csolt nemzetség monostora. Műemlékvédelem, XXXVI. Évf. 1992. pp. 95-105.
- WANEK F. 2010. Szóbeli közlés

Introduction

Most settlements built in the early centuries of the Arpad dynasty (972 - 1301) in Békés and Csongrád Counties, SE Hungary, were demolished during the Tatar invasion. A significant part of the settlements of the same region were abandoned in the late Middle Ages, during the freedom fights against the Ottoman forces. In subsequent centuries the tombs of the settlements were rifled and the former churches were rebuilt or their walls were dismantled and their foundations were excavated. Therefore, in the southern part of the Great Hungarian Plain, only a relatively few superstructure of these monuments survived. Besides the few artifacts that were possible to be dated, the archaeometric examination of historical building materials has played an important role in the complementary analysis of archaeological sites.

My doctoral dissertation is connecting to the field of archaeometry, an interdisciplinary instrumentation for the analysis of artifacts to help elucidate such problems as the dating of archaeological objects and artifacts, the source quarries, transport and use of raw building materials, the reconstruction of technological processes and identification of works (MAGGETTI 2006, GLASCOCK 2008).

The results of my study provide direct evidence for the use of building materials in the southern Great Hungarian Plain, and also provide important pieces of information to archaeologists about the manufacturing of artificial (bricks and mortar) or natural building materials as well as about the historical social and economical situation.

My dissertation is the first comprehensive and comparative archaeometric (petrographic, geochemical and geophysical) study on the excavated building materials (stone, brick and mortar) of the churches and settlements of the Arpad Age and the late Middle Ages from sites of Békés and Csongrád Counties. I compared the archaeological and archaeometric results of 29 excavations (BÉRES 2000, SZATMÁRI 2005) with the results of formerly conducted researches on the same sites (KLEB et al. 1982, IVÁNYOSI-SZ. 1998, SZÓNOKY 1994-96, 2001, 2002, 2004, 2005, KELEMEN 1999, 2008, RÓZSA 2004., 2007, BÉRES et al. 2005, KELEMEN-RÓZSA 2007). The time frame of my study covers the period between the 10th and 15th centuries when the area delineated by the the River Körös, Tisza and Maros belonged to the administrative area of the historical Csongrád, Csanád, Békés, Bihar and Torontál Counties. The excavated rural churches and monasteries were built of brick and pieces of curved stone on tamped clay foundations.

Aims

The aims of the dissertation were to conduct a comparative archaeometric analysis on the building and ornament stones, building and moulded bricks as well as different types of mortar used in walls and foundations in the Arpad and in a few cases in the late-Middle-Ages Csongrád and Békés Counties; to identify the source quarries and route of transport of natural building materials; and to reconstruct the raw material, composition and production technology of artificial building materials.

An additional aim was to establish a sample catalogue of artifacts that can serve as a reference material for similar future studies and identification. The sample catalogue contains short descriptions about each excavation sites examined.

The significance of my study is supported by the fact that only a few research papers with small number samples are available about the building materials of the otherwise archaeologically well-examined southern Great Hungarian Plain. In addition, while providing detailed comparative petrographic descriptions of the samples and the description of methods used, the results of my study complements archaeological findings and can answer special questions such as the firing temperature of bricks used in the Arpad Age or

the composition of historical mortar used in rural churches and monasteries as well as the absolute and relative dating of building materials.

Methods

Besides data collection through archaeological and historical literature, the fundamental method of the study was the macro- and microscopic petrographic analysis of the building material samples using a **polarization microscope** (Nikon Microphot-SA, Department of Mineralogy and Petrography, University of Debrecen). Thin section images were taken by a Nikon Coolpix FX-35DX digital camera mounted on the top of the microscope. Petrographic analyses were conducted on a total of 169 stone samples, 78 brick samples and 82 mortar samples. These results were completed by data from archaeobotanical, mineralogical, geochemical and geophysical instrumental measurements.

In addition to 27 brick samples from Békés County, 23 mortar samples (15 and 8 samples from Békés and Csongrád respectively) were analysed by **X-ray diffraction (XRD)** (Department of Mineralogy and Petrography, University of Miskolc, Bruker D8 Advance Bragg-Brentano X-ray diffractometer, Cu K α radiation, 40 kV potential, 40mA intensity of current, 0.04° (2 θ) step size, 4° (2 θ) - 65° (2 θ) angle range, 4 sec time constant, 0.2 mm detector divergence, graphite monochromator) and a further 13 brick samples from Csongrád County were X-ray diffracted (Geochemical Research Institute, PHILIPS PW 1730 Bragg-Brentano diffractometer, Cu K α radiation, 45 kV potential, 35mA intensity of current, 0.05° - 0.01° 2 θ step size, 1 sec time constant, 1°-1° detector divergence, PW-1050/25 goniometer, graphite monochromator, proportional detector). The measurements and evaluation were conducted by Mária Tóth (Geochemical Research Institute, Hungarian Academy of Sciences) and Ferenc Kristály (Department of Mineralogy and Petrography, University of Miskolc).

A single sample was analysed by **stable isotope analysis** (Location: Décese, 95.23.67. red limestone sample) in order to obtain a more precise geological dating and location for the sample. This analysis was conducted by Dr Bernadett Bajnóczi (Geochemical Research Institute, Hungarian Academy of Sciences, Finnigan MAT delta S stable isotope ratio mass spectrometer). Measured isotope ratios were given in δ values according to V-PDB (Vienna-Pee Dee Belemnite) international standards.

Thin sections of 10 brick samples from Békés County were used in **granulometric analysis** in order to define quantitative mineral distribution and grain-size distribution.. The measurements were made by micrometer ocular and linear length measurement (RÓZSA-SZŐÖR 1988).

The results of the macro- and microscopic examinations and XRD analysis were complemented with **Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy Dispersive Spectrometer (SEM-EDS) analyses**. 8 brick samples from Békés County were analysed by SEM and SEM-EDS by Ferenc Kristály (Department of Ceramics and Silicate Engineering, University of Miskolc, Hitachi TM-1000, 15kV potential). Imaging was made using the Back Scattered Electron (BSE) method and the analyses were made using a Si-drift detector (KRISTÁLY et al.)

The thermometric analyses were conducted by a **Derivatograph-Attached Quadrupole Mass Spectrometric (TG/DTA-QMS)** gas analyses (Department of Mineralogy and Petrography, University of Debrecen) in the case of two samples with a mass of 20 mg applying 10 C°/sec linear temperature gradient, 25 C° - 1000 C° range and inert aluminium-oxide (Al₂O₃).

In 5 brick samples (3 from Békés County and 2 from Csongrád County) we conducted **thermoluminescence analysis** for absolute dating (Department of Physical Geography and Geoinformatics, University of Sciences of Szeged (RISOE DA-15 TL/OSL reader, 0,088 Gy/s dose rate, 90Sr/90Y beta source). The analyses were performed by Dr György Sipos.

Archaeobotanical analyses were conducted in 27 brick samples from Békés County exclusively by István Nyilas (Department of Evolutionary Zoology and Human Biology, University of Debrecen, Wild Leitz Photomicroscope M420).

The 'hydraulic factor' method (HF, JEDRZEJEWSKA 1967) used for relative dating of mortar samples was defined in the case of 59 mortar samples based on the value of the three main components (CaCO_3 , insoluble residual and hydraulic factor).

New results and establishments

Several factors have to be taken into account at the same time in order to make sure that the investigation for the source quarry of the stone samples is correct. Based on the macro- and microscopic results of my study, I distinguished seven main stone groups (andesite, gritstone, freshwater dolomite limestone, travertine, red limestone, biogenic limestone, oolite limestone). I classified a further group for samples without any characters through which a precise dating and the identification of formation and source could be possible, except for their petrographic name. To identify the locations of the historical quarries I reviewed the available literature, searched for analogies and used personal communications with researchers.

1.

By the comparative analysis of archaeological, historical and geological data I found that most of the cut stone samples excavated in the SE Great Hungarian Plain were transported from the source area of River Körös and from quarries situated along the River Maros. Unfortunately, certain stone samples (e.g. andesite, travertine and biogenic limestone) have no such characters by which we could exclude entirely the possibility of their occurrence within the present area of Hungary. However, because of the shorter and easier historical transport routes and private property structure of land as well as commercial considerations we can presume that the samples originated from the Apuseni or Transylvanian Mountains. (SCHAFARZIK 1904, IANOVICI et al 1976, KLEB et al. 1982, KERTÉSZ 1983, VIZI 1990, LUKÁCS-SZÓNOKY 1993, PÉCSKAY et al. 1995, SZÓNOKY 2001, WANEK 2010)

2.

Investigating the distribution of use of quality andesite and gritstone I found that these stone types were commonly used in the whole area of the southern Great Hungarian Plain for hundreds of years (since the 11th century). Stone types excavated on Békés and Csongrád sites were primarily transported on the main Salt Route along River Maros and on smaller rivers branching off and were delivered to Békés mainly during floods. The reason for their wide distribution may be the large historical private land properties and the similar age of the settlements and buildings.

3.

The occurrence of dolomitic limestones in the interfluvies between the River Danube and River Tisza and their distribution of use are in the same (Csongrád County). I showed that this stone type was rarely found in the archaeological material excavated east of the River Tisza, however, it had been a preferred foundation stone type since the early Arpad Age.

4.

As for the source quarries of the high quality and easy-to-cut travertine fashioned stones (Szentés-Kaján, Szermonostor) I located the quarries near Buda. This statement is supported by the location of the rich archaeological sites at Szermonostor and Szentés-Kaján situated

along busy inland transport and commercial routes with the possible centre and tombs of a historical noble community.

5.

Based on the results of the microscopic and stable isotope analysis of the red limestone sample from Décsé (95.23.67.), I established that its facies relates to the Tölgyhádi Limestone Facies, Tölgyhát quarry, Gerecse, Hungary and it can be dated back to the Middle Jurassic epoch. These results are corresponding with those of Pintér et al. who studied red limestone artifacts from Szer- and Ellésmonostor in 2004. Both the results of Pintér et al. and the results of the optical analysis of my study exclude that the source of this red limestone would have been situated in the Béli mountains (Menyháza.), Transylvania, the present area of Romania. The samples from Szer- and Ellésmonostor originated from the Tölgyhát quarry and they were cut in the 13-14th centuries, at the time when stone cutting flourished in Décsé (PINTÉR et al 2004, SZATMÁRI 2005). The sample is from the second period of the church (13-14th century, reinforcement of the west wall, loft).

6.

By petrographic and comparative analyses of analogous data I established that since the Bór-Kalán clan was possessed of properties in the hundreds (Arad, Küküllő, Hunyad) along the River Maros, they cut and transported the building materials from their own quarries to Szer- and Ellésmonostor. The building material used in the two monasteries can be stated as identical (IVÁNYOSI 1994, SZÓNOKY 2005). The stone was transported on water routes because the destination could be reached on a river branch from the vicinity of the source quarry.

7.

The church of Székkutas is presumed to have been the property of the Szeri Pósa family from the Bór-Kalán clan according to archaeological studies. By the comparison of the microscopic results from 1993, 2004 and the present dissertation (Szer, Ellés) I established that the red limestone of Székkutas also originated from the Tölgyhádi Limestone Facies, Tölgyhát quarry, Gerecse. This supports the historical economic and commercial relations between the settlements (RÓZSA 1993, PINTÉR et. al 2004).

8.

In the case of Sarkadkeresztúr I established that the River Körös played a natural parting line in the distribution and use of building stones and the source quarries were situated in the Bihar area. The building material of the church of Sarkadkeresztúr is similar to that of Csoltmonostor, though the latter was not examined by geological studies (T. JUHÁSZ 1992) Although Csolt and Gerla, which situated on the other part of the River Körös, were possessed by the same Ábránfy clan, their building stone materials differed. I found that the building materials were identical to those of the villages (Megyer, Fövenyes, Szentbenedek and Gyula) possessed by the Gyula domain raised from the 14th century.

9.

I established that those samples, which did not have distinguishable petrographic characters, could have been transported simultaneously with the other building stones. According to the available historical literature e.g. quartzarenite quarries could be found in Hunyad County (e.g. in Pánkszelistye, Czebe), there were gravel pits in Máriaradna (SCHAFARZIK 1904) and the footwalls of the gritstone quarries were made of schist outcrops in the valleys of Boj, Bábolna, Kistrápot, Gyertyános, Bánpaták and Kéménd (PÁLFY 1907).

Due to the scarcely available literature regarding **the artificial building materials** I was not able to use similar comparisons and analogies during data processing. Therefore, present dissertation provides the first establishments considering the precise composition of brick and mortar samples and their production technology in the southern Great Hungarian Plane.

10.

I proved that the sets of the brick materials used in Békés and Csongrád Counties during the 11-13th centuries are analogous in spite of the large distances between the areas. I established that brick samples excavated in the two counties were made of raw materials available in the surrounding of the historical settlements and churches (primarily clay containing illite, muscovite, chlorite, smectite, quartz, Ca-plagioclase, microcline and calcite traces), infusion loess and sand. Traces of amphibole, pyroxene and titanium-dioxide were also identifiable. I found analogies in the composition of brick samples within the same settlement or church, even if samples were from different historical periods. This suggests both the re-use of bricks and that their raw material was obtained from the same locality.

11.

I proved that chaff of the Einkorn Wheat (*Triticum monococcum L.*) and ceramic scrap were used as additives. These made the material of the brick more flexible and easy-to-mould, reduced the overall mass, increased heat insulating character but the most important aim of their use was to save firing. The raw material was available in any quantity, thus the same locality was often quarried over several historical periods.

12.

I proved that the consecutive change in production technology of brick samples found within the same settlement or building do not exceed the accidental geological differences of the raw materials. This may support the statement that the firing technology did not change in the region during the Arpad Age.

13.

For the first time I provided data regarding the firing temperature of 11-13th-century brick samples from the Békés and Csongrád Counties. I determined 650-850 C^o firing temperature. Based on the phase analysis of the samples I identified those phases, which disappeared or formed during firing. From this aspect the most important phases are the carbonates and clay minerals since these disappear or form in a wide temperature range (550-800 C^o) of heating up. The emerging phases during heating are the gehlenite and the diopside. These are significant in distinguishing different phases since their formation starts at 800-900 C^o depending on the type (oxidative or reductive) of the kiln.

14.

Based on the results of the thermoluminescent analyses I defined the building period of the churches of Sarkadkeresztúr (the first half of the 11th century), Bánkút (13th century), Murony (10th century) more precisely. The results contradict the former theory that the typology of ground-plans of rural churches links closely to different centuries. According to former theories churches with quadrangular shrines spread only in the 13-14th centuries, however, based on the measurements in the present study it may have taken place in the 11th century. Brick samples from the 12-13th centuries from Sáp village, Csongrád County, were also analysed with the thermoluminescent method.

15.

For the first time I conducted a systematic sample collection of mortar samples from buildings from the Arpad Age. Based on the results of the X-ray diffraction analyses I established that there are no significant differences between the mineral composition of the mortars from Békés and Csongrád Counties. The main mineral phases (quartz, calcite, plagioclase, K-feldspar and layer silicates) occur in each sample.

16.

I established the time-period-dependant changes of the quantity of CaCO_3 content and proved that the early periods of the Arpad Age can be characterized by the high level of carbonate-lime use (in some samples the proportion of lime is higher than 50%) e.g. in Bánkút, Gádoros and the Décsé group. While mortar samples from the late Arpad Age (13-14th centuries) contain proportionally much less lime.

17.

My study showed differences between the proportions of sand and carbonate (CaCO_3) contents of mortar samples used in walls and in the foundation of the buildings. I established that mortar samples from foundations contained twice as much CaCO_3 than mortar samples from walls and other building locations.

18.

Based on former analogous examinations and the results of the present study I established that the hydraulic factor can be suitable for relative age determination in the case of mortar samples from the 11th-12th centuries. The results of my study correspond to the age determined by archaeological data. However, it must be emphasized that besides the determination of the hydraulic factor, microscopic and instrumental analytical measurements are still necessary for defining historical technology and the relative age of samples.