

## A PD 75740 számú OTKA pályázat zárójelentése

A 2009 – 2012 között eltelt időszakban történelmi bélyeges téglák archeometriai vizsgálatát végeztük megfelelően kiválasztott magyarországi mintákon. Ez a kutatás nagy és egyben hiánypótló munka, hiszen a hazánk területén fellelhető hatalmas régészeti anyag (durva és finom kerámiák) egyáltalán nem vagy csak szórványosan feldolgozott és nincs adatbázisba rendezve archeometriai szempontból, azaz anyagismereti, készítéstechnológiai, technológia történeti alapon való katalogizálásuk nem megoldott. A kézi, hordozható röntgenfluoreszcens spektrométer (továbbiakban XRF) lehetővé tette számunkra nagy számú minta roncsolásmentes kémiai elemzését, azaz a minták anyagösszetétel-meghatározását viszonylag rövid, de legalábbis belátható időn belül és mindezt a helyszínen elvégezve (múzeumok gyűjteményében, lerakataiban, ill. ásatási helyszíneken).

Az XRF technika ma már alapvető, gyors, megbízható és érzékeny módszer szilárd, esetenként folyékony minták kémiai elemzésében. Szilárd minták mind por, mind tömbi formában egyaránt elemezhetők minimális mintaelőkészítéssel vagy akár e nélkül. Ez a technika röntgen sugárzást használ a mérésnél, melynek hatására a minta atomjai gerjesztődnek, ionizálódnak (az atommaghoz legközelebb lévő, legbelső elektronpályákról elektronok lépnek ki) és az ezt követő relaxációs folyamatok eredményeként, melyben visszaáll az atom/ion az eredeti alapállapotba, karakterisztikus röntgen sugárzás keletkezik, melynek energiája, hullámhossza szigorúan az azt kibocsátó elemre jellemző, intenzitása pedig arányos a vizsgálandó elem koncentrációjával. A Niton gyártmányú XRF készülék lehetővé teszi a magnéziumtól az uránig terjedő elemek meghatározását a vizsgálandó mintában, ill. annak egy jól behatárolt felületén (térfogatában). Köszönhetően a gyárilag beépített kalibrációs, kiértékelő szoftvereknek, közel 40 elem minőségi és mennyiségi meghatározása egyaránt lehetséges. Az úgynevezett könnyű elemek méréséhez (Al, Si, Mg, P, S, Cl) hélium gázöblítést (hordozható és újra tölthető hélium palack kiegészítő tartozék ami az XRF készülékhez csatlakoztatható) használtunk, lehetővé téve a gép belső terének átöblítését ahol a detektor is található. Erre azért van szükség mert ezeknek az elemeknek a karakterisztikus röntgensugárzása, ami a mérés alapjául szolgál, kis energiájúak és elnyelődnek a levegőben, és ami gátolja pontos és érzékeny mérésüket, míg héliumos közegben ez a hatás minimális. A könnyű elemeken kívül az átlagos kimutatási határ ezzel a módszerrel pár tíz ppm (mg / kg) a többi elemre. A kerámia mintákban kis mennyiségben jelen lévő nyomelemeket is meg tudjuk határozni, ami azért fontos, mert a nyomelem tartalom (azok minősége, mennyisége, arányuk) ujjlenyomatként jellemzi a vizsgált anyagot. Az a kémiai információ, amit a helyszíni XRF elemzésekkel kapunk, alapvető fontosságú lehet egy tárgy, lelet eredetének (provenienciájának), funkciójának, valamint gyártási technológiájának meghatározásában, valamint az eltemetődési viszonyok, a talajban – a befoglaló közegben - végbemenő folyamatok, változások felderítésében. A kutatási időszak alatt több fejlesztést is elvégeztünk a kézi XRF készüléken a pontosabb és megbízhatóbb mérések érdekében, a régészeti durva- és finomkerámiák speciális vizsgálati igénye alapján. Az elvégzett nagy számú mérés és adatfeldolgozás során megtapasztaltuk a készülék és a módszer korlátait is, amit minden esetben szem előtt kell tartani. A fejlesztések között elsőként CCD kamerát építettünk a készülékbe a minta felületén történő mérés pontosabb pozicionálása érdekében. Ugyanezt a célt szolgálta egy a kisebb területű mérések elvégzését lehetővé tevő (a 8 mm átmérőjű körnek megfelelő mérési terület mellett 3 mm is választhatóvá vált (small spot)) szűkítő beépítése. Ehhez szükséges volt a mérő-, értékelő szoftverek teljes újrakalibrációja. Az utolsó évben tett fejlesztés gyanánt telepítettünk egy negyedik kalibrációs csomagot is ('talaj kalibráció') a meglévő három mellé, amivel lehetővé vált néhány további fontos elem

mennyiségi meghatározása is (Au, Hg, U) és e mellett a többi mérési mód is finomabbá, kiegészíthetővé, ill. pontosabbá vált, valamint a hélium palack és a készülék összekapcsolását szolgáló csatlakozó is ki lett cserélve jóval biztosabb és hatékonyabb gázöblítést eredményezve, így a könnyű elemek mérése is még pontosabbá és megbízhatóbbá vált. Ez különösen a Si és Al mérésénél fontos. A téglák és kerámiák mérésénél nagyon fontos volt a megfelelő felületű és alakú, geometriájú mérési felület kérdése, hiszen a vizsgált anyagcsoport (túlnyomórészt alumínium-szilikátok) alapvetően könnyű elemekből áll és ezek pontos mennyiségi méréséhez elengedhetetlen a sík, sima felület mert csak így tudjuk biztosítani, hogy az XRF készülék és a minta között az érintkezés hézagmentes legyen a mérés alatt, így minimalizálva a detektorba jutó jelek elnyelődését a levegőben. Mivel ez a módszer alapvetően felületanalitikai technika (néhány köbmiliméternyi információs térfogat), így szintén alapvető volt a mérendő felületek megtisztítása (a legfelső felület eltávolítása különböző, anyagfüggő technikákkal), hogy valóban a téгла- és kerámiaanyagot mérjük és ne a felületen lévő szennyeződést, talaj-, ill. habarcs maradványt, ami torzítaná, meghamisítaná az eredményeket. Az erősen görbült, főleg homorú felületek mérése így pontatlanná válik. Ezekről a technikai, kísérleti kérdésekről, korlátokról az Applied Clay Science folyóiratba beadott és jelenleg elbírálás alatt lévő publikáció készült.

Az XRF méréseket – tapasztalataink alapján - minden egyes tárgyon legalább három, de esetenként négy ponton végeztük, párhuzamos mérésekkel melyek egyenként 120-150 másodpercig tartottak. Minden esetben a 'Mining Cu/Zn' elnevezésű kalibrációs csomaggal mértük a következő elemeket: Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, K, P, S, Cl, Rb, Sr, Ba, Zr, Nb, V, Cr, Co, Ni, Zn, As, Pb, Sn, Sb, Ag, Mo, Bi. Az optimális gerjesztés érdekében a készülék ebben a módban négy szűrőt használ ('Main, Low, High, Light Filter'). Minden szűrővel 30 másodpercig mértük az adott felületet, az utolsó 'Light' szűrő esetében ez hosszabb idő is volt hiszen a készülék itt méri a hat könnyű elemet, így minél tovább mértünk, annál jobb lett a jel/zaj viszony, azaz pontosabb lett az eredmény, azaz kisebb hibával terhelt. Egy-egy szűrő egy adott elemcsoport mérését végzi a következő felosztásban.

- Main Filter: Sb, Sn, Ag, Mo, Nb, Zr, Sr, Rb, Bi, As, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V, Ti
- Low Filter: Cr, V, Ti, Ca, K
- High Filter: Ba, Sb, Sn, Ag
- Light Filter: Al, P, Si, Cl, S, Mg.

A mennyiségi kiértékelés az ún. sztenderdmentes alapvető paraméterek módszerével történik (fundamental parameters method), mely matematikai algoritmus gyárilag beépített az XRF készülékbe, a Compton-normalizációval együtt.

Az eszköz és a fejlesztések eredményes használatát – módszertani alkalmasságát – több, jelentősen különböző anyagféleségen (talajok, szállópor, stb.) „teszteltük”. Ennek az adott különös fontosságot, hogy ezekről az anyagokról más tömbi vizsgálat is készült, így a mért adatok alkalmazásán kívül, független ellenőrzési lehetőséghez is jutottunk. Különösen fontos volt a könnyűelemek megbízható meghatározásának tesztelése, egyidejűleg a téгла és kerámia vizsgálatokkal. Tapasztalataink beépültek több konferencia előadásba, illetve több publikációba. (ld.: megjelent publikációk)

Munkánkban elsődleges célunk volt a magyarországi történelmi téglák eredetének és gyártási technológiájának archeometriai alkalmazásban is jelentős vizsgálata modern analitikai kémiai és a fizikai tudományokból vett módszerekkel.

A magyarországi téglagyártás régóta kutatott mind szerkezetileg, mind kémiailag és jól feldolgozott. Ezzel szemben a *történelmi* téglákat, kerámiákat csak stílárisan dolgozták fel,

anyagtudományi szempontból pedig nem vagy csak szórványosan tanulmányozták. Ezért célul tűztük ki, hogy alapadatokat állítsunk elő a régészeti kerámiák és téglák proveniencia kutatásához.

Megkezdtük egy olyan könnyen kezelhető és hozzáférhető adatbázis létrehozását, amely további, újabb archeometriai kutatások alapjául szolgálhat. Jelenleg ilyen adatbázis ugyanis nem áll rendelkezésre. Ezen kutatási eredmények birtokában felállítanánk, ill. kiegészítenénk a magyarországi történelmi téglák katalógusát az ókortól kezdve az ipari forradalom kezdetéig (XIX.század). Ez az adatbázis abból a szempontból is jelentős, hogy egyúttal az agyagnyerőhelyek, agyagbányák anyagának jelenleg ugyancsak hiányzó, nem létező kémiai adatbázisául is szolgálhat. A régészeti leletek vizsgálatában nehézséget jelent az összehasonlításához elengedhetetlenül szükséges eredeti nyersanyagok hiánya – hacsak a feltárásban nem találunk feldolgozatlan nyersanyag maradványokat – más közelítéseket kell keresnünk. Jelentős segítség lenne, ha a potenciális nyersanyagforrások geológiai ismertségi szintje – különösen a geokémiai jellemzőké – olyan lenne, amiből követhető lenne a képződmények változékonysága, létezne részletes adatbázis, amelyből a rétegtani leírásokon kívül az ásványos- és kémiai összetételről tájékozódhatnánk. Sajnálatos módon nemcsak a figyelembeveendő geológiai formációkról – üledékes kőzetek – nincsenek ilyen adatbázisok, hanem a jelenleg (és történelmi időkben is) művelt bányák anyagáról sem, hiszen a gyártási minőségükhöz más adatok szükségesek, mint a proveniencia kutatáshoz. Például a nyomelemeloszlás adatait nem szükséges ismerni ahhoz, hogy jó terméket gyártsunk. Sokkal fontosabbak a „makrokémiai” jellemzők, amelyek a fázisösszetételben – kristályos szerkezetekben, kolloid fázisokban – realizálódnak. A karbonáttartalom, az agyagásványok-, a földpátok fajtái, mennyiségi arányai, mennyiségi viszonyuk a kvarchoz a technológiailag értékes adatok. Ezek az adatok azonban alig különböznek az egymástól akár több száz kilométerre levő agyagbányák anyagaiban, amelyeket **alkalmasnak találtak** kerámia készítésére. A hangsúly az alkalmasságon van, jóllehet ez tág határok között változhat, de mégis egy jellegzetes összetételt igényel.

Nyilvánvaló, hogy az eltérések, amelyek a fejtett rétegek különbségeiből adódnak jelentkeznek a kiégetett termékek fázis- és kémiai összetételében is. A kerámiagyártáshoz alkalmas agyagok széles összetételi tartományt képviselnek, amelyekből alkalmas nyersanyag nyerhető. A minőséget – a gyártani kívánt termék felhasználási céljainak figyelembevételével - szelektív bányászattal, részben adalékanyagok- , részben az égetési technika megfelelő kialakításával lehet biztosítani. Az adalékanyagok használata nagy segítség a proveniencia kutatójának, hiszen a törmelékes elegyrészek sok többlet információt hordoznak a gyártás, illetve a lelet környezetéről. Hasonlóságok, eltérések lehetnek az első olyan adatok, amelyek arra utalhatnak, hogy helyi, vagy import terméket valószínűsítsünk.

A finomkerámiák kutatásában, a törmelékes elegyrészek gyakorlatilag hiányoznak, ezeknél a tárgyaknál ilyen fogódzóval nem rendelkezhetünk, hiszen a korábban kitermelt és feldolgozott nyersanyag - hacsak a már említett, a lelőhelyen feltárt nyersanyag maradványok is léteznek – nem kutatható, hiszen letermelték. „Kerámia centrumok” rendszerint ott alakulnak ki, működnek több évszázadon át, ahol, mint már említettük, nagy mennyiségben áll rendelkezésre nyersanyag.

A már letermelt nyersanyaglelőhelyek anyagáról a termékek „vallanak”. A relatíve legkevesebb átalakítást – adalékolást – a durva kerámia iparban hajtják, hajtották végre. Az építőanyagokat – téglá, tetőfedő cserép vagy tegula – felfoghatjuk úgy, hogy összetételükben mintegy leképezik a korabeli nyersanyagokat. Viszonylag nagy mennyiségük miatt statisztikai vizsgálatok tárgyainak is kiválóan alkalmasak, gyakorlatilag nincs mintavételi korlát. A kutatás során a téglavizsgálatok mintegy túlnőttek az eredeti célkitűzésen, nevezetesen az eredmények hasznosításában a geológiai formációk geokémiai jellemzésében, illetve a finomkerámia leletek proveniencia vizsgálatában. Ennek bemutatását ugyancsak aquincumi

mintákon tesszük meg, felhasználva az OTKA 100956 kutatási pályázat keretében kutatott finomkerámia mintákon mért fő- és nyomelem elemzési adatainkat, valamint az említett OTKA pályázat részét képező fázisanalízis eredményeit.

A nyomelem adatok mintegy geokémiai ujjlenyomatként szolgálnak a potenciális nyersanyagok meghatározásában. A kémiai vizsgálatokat szervesen egészíti ki a fázisanalízis, lévén a kerámia termékek tulajdonságait az a szerkezet határozza meg, amiben a kémiai összetétel realizálódik. A röntgen pordiffrakciós (XRD) elemzés segítségével a polikristályos anyagok fázisösszetételét (minőségi és mennyiségi), valamint kristályszerkezeti jellemzését adhatjuk meg. Ezek az adatok eredet, készítésestechnológia (égetési hőmérséklet), használat, eltemetődési viszonyok meghatározásához nélkülözhetetlenek. Az agyag – nyersanyag - kiégetésének hőfoka egyes diagnosztikus értékkel bíró fázisok meghatározásával (gehlenit, diopszid, wollastonit, hercinit, karbonátok) történik. Képet kapunk továbbá az égetés oxidatív vagy redukív voltáról, a felfűtés sebességéről, a hőtartásról (égetési idő). A kerámia tárgyak használata során is változhat a fázisösszetétel – háztartási kerámiák nyílt tűzön történő használata felfogható utólagos hőkezelésként, hasonló folyamat téglák, tegulák átalakulásában például egy épülettűz - (mindkettő további fázis-átalakulásokat eredményez), Ez ugyan nehezítheti az égetési hőmérséklet pontosabb meghatározását, de hasznos információt hordozhat a használatról (funkció kérdése), történetiségről. A röntgen pordiffrakciós vizsgálatok az MTA CsFK Földtani és Geokémiai Intézetében készültek, az Aquincum polgárváros keleti temetőjének régészeti anyagfeldolgozása című 100956 sz. OTKA pályázathoz kapcsolódva (Témavezető dr.Lassányi Gábor) .

Vizsgálataink nagyobb részét tehát Budapesten, Aquincumban végeztük. A Budapesti Történeti Múzeum Aquincumi Múzeuma bélyeges téglá raktárának darabjain, illetve finomkerámia termékeiken. A reprezentatív téglanyagot Havas Zoltán régész állította össze. A kerámia mintákat Vámos Péter régész válogatta ki a vizsgálat céljának megfelelő reprezentativitással. A téglanyag négy évszázadot fed le, egyben négy évszázad bányászott agyagos kőzetéről is információt adhat az előzőekben kifejtettek szerint. Ezen téglák és téglatöredékek nagyobb részt Hadriánusz császár helytartói palotájának falazó és tetőfedő elemei voltak, valamint falfűtő elemek is, de e mellett vannak ismeretlen lelőhelyű, valamint import áruk is, melyeket feltételezhetően Vindobonában, a mai Bécsben gyártottak. Az épületkomplexum egy 7 hektáros területen állt a mai Hajógyári szigeten, Budapest III. kerületében és Kr.u. 106 után épülhetett (ekkor lett Aquincum Pannonia Inferior helytartói székhelye), de a 3. század utolsó harmadában a palota rendeltetés szerű használata véget ért valószínűleg a Duna rendszeresebb áradásai miatt.

A vizsgálatok másik helyszíne (innen jóval kevesebb mérési adatunk van még) a győri Xantus János Múzeum téglagyűjteménye volt, az itteni anyagot Bíró Szilvia vezető régész bocsátotta rendelkezésünkre. Az itt található bélyeges téglák egy római kori, kőalapozású, vályogfalas, kevesebb mint 400 m<sup>2</sup> alapterületű útállomás tetőfedő téglái (tegulák és imbrexek, azaz kúpos cserepek) voltak. Az épület a római kori Pannonia északnyugati részén, Arrabona (Győr) és Brigetio (Komárom-Szőny) között található, az egykori felvonulási hadi- és kereskedelmi út, a limesút mentén, a mai Gönyűn. Az épület végleges formáját többszöri átépítés után a Kr.u. II. században nyerte el, majd a 230-as években hagyták el a területet.

Az Aquincumban és környékén készített téglák és kerámiák alapanyaga a Kiscelli Agyag Formációból való, mely agyagos képződmény már a történelmi időkben is hozzáférhető, termelhető volt, tehát várható, hogy a helyi nyersanyagból, helyben készült téglák és kerámiák kémiai összetétele utal az kiindulási nyersanyag összetételére, azzal nagy hasonlóságot mutat, mind a fő-, mind a nyomelemek tekintetében.

Az alábbi táblázatokban az Aquincumban és Győrben XRF módszerrel mért bélyeges téglamintákat soroljuk fel. Többségében katonai légiók ('leg'), gyalogos segédcsoportok ('cohors') által készített tégláról van szó, de bevontunk a vizsgáltba más, polgári műhelyekben készült darabokat is. A datálásban segít a téglabélyeg, hiszen ez egy márkajelzés, ami adott esetben egyértelműen utalhat a készítőre, időszakra. Ehhez viszont teljes, ép, sérülés nélküli bélyegeket kellene. A gyűjteményekben azonban számos töredék van, ahol a bélyeg nem olvasható, csak egy részlete. A kérdőjeles keltezésű téglák készítésének ideje kérdéses, pontosításra szorul. (Ezt a jövőben termolumineszcens vizsgálatokkal tervezzük elvégezni.)

1. Táblázat. XRF készülékkel, Aquincumban mért bélyeges téglák listája

| Azonosító (Aquincum) | Bélyeg              | Lelőhely, ásatás            | Feltételezett készítési hely(ek) | Keltezés (Kr.u.) |
|----------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------|
| 74.9.48              | leg ii ad pf d      | Bp., III., Bécsi út 120.    | Bp. Bécsi út 120-128             | 1. sz?           |
| 120                  | [L]XGPF ; [ua.]     | Bp., III., Szél u.          | Bp. Kiscelli u.                  | 101-118          |
| 56.7.371             | Chortis             | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 2003.32.15           | Chortis             | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 2003.32.19           | cohortis            | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 56.7.370             | chor                | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 56.7.364             | cohortis            | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 56.7.350             | coh                 | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 56.8.3               | cohor vii br        | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Dunaszekcső             | 119-198          |
| 56.8.20              | leg ii / ad pf      | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum                         | 119-198          |
| 2003.32.42           | chor                | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 2003.32.44           | leg ii had          | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum                         | 119-198          |
| 2003.32.71           | cohortis            | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 2003.32.91           | cho                 | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 2003.32.118          | chorti              | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 2003.32.159          | coh i ulp p         | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum?                        | 119-198          |
| 2003.32.184          | chor                | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 2003.32.182          | leg ii had          | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum                         | 119-198          |
| 2003.32.229          | coh i ulp p         | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum?                        | 119-198          |
| 2003.32.619          | chort               | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 2003.32.658          | -                   | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum?                        | 119-198          |
| 2003.32.663          | cho                 | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 2003.32.724          | leg ii had          | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum                         | 119-198          |
| 2003.32.786          | chortis             | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 2596                 | leg ii ad pf        | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum                         | 119-198          |
| 2003.32.875          | cho                 | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 56.59.17             | cohorti[s]          | Bp., III., Kórház u-Szél u  | Aquincum/Szentendre              | 119-198          |
| 57.64.24             | LEG II IT[AL]       | Albertfalva, 1956           |                                  | 160-199          |
| 56.7.357             | [COHI]VLPPANT       | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum?                        | 198-222          |
| 2003.32.392          | coh i ulp p ant     | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum?                        | 198-222          |
| 1279                 | leg iiadpf /pamfcit | Aquincum, ismeretlen        | Bp. Kiscelli u.                  | 2. sz.           |
| 1669                 | Igiia[dpf]          | Bp., III., Majláth u.       | Aquincum                         | 2. sz. eleje?    |
| 3672                 | Atiliae Firmae      | Aquincum, ismeretlen        | Bécs                             | 2. sz. 2. fele   |
| 70.8.19              | leg ii ad           | Bp., III., Bécsi út 126.    | Bp. Bécsi út 120-128             | 2. sz. eleje?    |
| 3676                 | leg ii ad           | Aquincum, ismeretlen        | Bp. Kiscelli u.                  | 2. sz. eleje?    |
| 67.8.34              |                     | Bp., III., Bécsi út 120-128 | Bp. Bécsi út 120-128             | 2. sz.           |
| 68.1.445             |                     | Bp., III., Bécsi út 128.    | Bp. Bécsi út 120-128             | 2. sz.           |
| 1136                 | legiadi             | Bp., III., Majláth u.       | Bp. Kiscelli u.                  | 2. sz. eleje?    |

|               |                                 |                             |                      |              |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------|
| 74.9.38       | imp                             | Bp., III., Bécsi út 120.    | Bp. Bécsi út 120-128 | 2. sz.       |
| 2001.17.288   |                                 | Bp., III., Kiscelli u. 75.  | Bp. Kiscelli u.      | 2. sz.       |
| 2001.17.300   |                                 | Bp., III., Kiscelli u. 75.  | Bp. Kiscelli u.      | 2. sz.       |
| 2001.17.301   |                                 | Bp., III., Kiscelli u. 75.  | Bp. Kiscelli u.      | 2. sz.       |
| 2001.17.293   |                                 | Bp., III., Kiscelli u. 75.  | Bp. Kiscelli u.      | 2. sz.       |
| 2001.17.60-61 |                                 | Bp., III., Kiscelli u. 75.  | Bp. Kiscelli u.      | 2. sz.       |
| 56.7.337      | coh r                           | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre  | 2-3. sz.     |
| 56.8.19       | exupe/ratus/cohii a/fecit       | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre  | 2-3. sz.     |
| 2003.32.47    | aurelius vitalis corialis fecit | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum             | 2-3. sz.     |
| 2003.32.132   | coh r                           | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre  | 2-3. sz.     |
| 2003.32.267   | xva                             | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum?            | 2-3. sz.     |
| 2003.32.343   | xva                             | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum?            | 2-3. sz.     |
| 2003.32.515   | le ii ad                        | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum             | 2-3. sz.     |
| 2800          | aurelius vitalis corialis fecit | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum             | 2-3. sz.     |
| 2823          | coh feci/ratus/exupe            | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre  | 2-3. sz.     |
| 2947          | xva                             | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum?            | 2-3. sz.     |
| 3018          | leg ii ad isaeus                | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum             | 2-3. sz.     |
| 3266          | leg ii ad                       | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum             | 2-3. sz.     |
| 78.19.5       | cohprt?                         | Bp., III., Kórház u 37.     | Aquincum/Szentendre  | 2-3. sz.     |
| 2505          | coh pr t ?                      | Aquincum, ismeretlen        | Aquincum/Szentendre  | 2-3. sz.     |
| 56.7.360      | cohviبران                       | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Dunaszekcső | 204-222      |
| 2003.32.51    | cohviبران                       | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Dunaszekcső | 204-222      |
| 2003.32.53    | cohviبران                       | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Dunaszekcső | 204-222      |
| 2003.32.609   | cohviبران                       | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Dunaszekcső | 204-222      |
| 2003.32.874   | cohviبران                       | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Dunaszekcső | 204-222      |
| 97.28.18      | cohviبران                       | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Dunaszekcső | 204-222      |
| 2480          | C&NSANT                         | Aquincum, ismeretlen        | Szentendre?          | 214-222      |
| 2520          | C&NSANT                         | Aquincum, ismeretlen        | Szentendre?          | 214-222      |
| 56.8.2        | coha                            | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre  | 222-299      |
| 2003.32.457   | coha                            | Bp., III., Hajógyári-sziget | Aquincum/Szentendre  | 222-299      |
| 56.59.19      | [COH]VIIBREMA X                 | Aquincum, ismeretlen        | Aquincum/Dunaszekcső | 235-238      |
| 58453         | COH VII BR GOR[D]               | Bp., III., Kórház u. 22.    | Aquincum/Dunaszekcső | 238-244      |
| 2003.32.199   | (exerpaninf)                    | Bp., III., Hajógyári-sziget | Pannonia Inferior    | 3. sz. eleje |
| 2003.32.862   | exerpaninf                      | Bp., III., Hajógyári-sziget | Pannonia inferior    | 3. sz. eleje |
| 1576          | [C]&NSNTSS                      | Aquincum, ismeretlen        | Aquincum/Szentendre  | 3. sz.?      |
| 2397          | CNSSS                           | Aquincum, ismeretlen        | Szentendre?          | 3. sz.?      |
| 2578          | C&NSS                           | Aquincum, ismeretlen        | Szentendre?          | 3. sz.?      |
| 3432          | CNSSS                           | Aquincum, ismeretlen        | Szentendre?          | 3. sz.?      |
| 2653          | OF ARN MAXENTI A VIN            | Aquincum, ismeretlen        | Bécs                 | 351-361      |
| 2928          | OF ARN MAXENTI A VIN            | Aquincum, ismeretlen        | Bécs                 | 351-361      |
| 862           | [frigerid]us vp dux [ap valen]  | Budakalász-Luppa csárda     | Aquincum?            | 371-374      |
| 1182          | [frig]eridus vp dux ap v[alen]  | Aquincum, ismeretlen        | Aquincum?            | 371-374      |
| 1272          | FRIGERID[US VP DUX AP           | Budakalász-Luppa csárda     | Aquincum?            | 371-374      |

|      | VALEN]                    |                                   |           |         |
|------|---------------------------|-----------------------------------|-----------|---------|
| 137  | OF ARN<br>MAXENTI A RP    | Aquincum, ismeretlen              | Bécs ?    | 4. sz.? |
| 1267 | leg ii ad                 | Bp., III., Szentlélek tér         | Aquincum  | 4. sz.? |
| 1268 | leg ii ad                 | Bp., III., Szentlélek tér         | Aquincum  | 4. sz.? |
| 1647 | Quadr[i]burg]             | Aquincum, ismeretlen              |           | 4. sz.? |
| 2526 | [Quadr]iburg              | Aquincum, ismeretlen              |           | 4. sz.? |
| 1869 | Ap Valentini              | Bp., III., Csillaghegy,<br>burgus | Aquincum? | 4. sz.? |
| 2088 | leg ii ad                 | Aquincum, ismeretlen              | Aquincum  | 4. sz.? |
| 2092 | leg ii ad                 | Aquincum, ismeretlen              | Aquincum  | 4. sz.? |
| 2104 | leg ii ad                 | Aquincum, ismeretlen              | Aquincum  | 4. sz.? |
| 2152 | leg ii ad                 | Bp., III., Szentlélek tér         | Aquincum  | 4. sz.? |
| 2161 | leg ii ad                 | Bp., III., Szentlélek tér         | Aquincum  | 4. sz.? |
| 2518 | APIOVINI                  | Aquincum, ismeretlen              | Aquincum? | 4. sz.? |
| 2788 | Quadr[iburg               | Aquincum, ismeretlen              |           | 4. sz.? |
| 2837 | leg ii ad                 | Bp., III., Szentlélek tér         | Aquincum  | 4. sz.  |
| 2838 | leg ii ad                 | Aquincum, ismeretlen              | Aquincum  | 4. sz.  |
| 3152 | leg ii ad                 | Bp., III., Szentlélek tér         | Aquincum  | 4. sz.  |
| 3405 | leg x g ursicini<br>cent  | Aquincum, ismeretlen              | Bécs?     | 4. sz.? |
| 3410 | leg x g mag<br>saturninus | Aquincum, ismeretlen              | Bécs?     | 4. sz.? |
| 3430 | [...]VPPIANOOR<br>D       | Aquincum, ismeretlen              | Aquincum? | 4. sz.? |

## 2. Táblázat. XRF készülékkel, Győrben mért bélyeges téglák listája

| 2009.19-sorozat<br>(Győr) | Bélyeg                 | Típus  |
|---------------------------|------------------------|--------|
| 3                         | C]A                    | tegula |
| 29                        | C]A + kutyalábnyom     | tegula |
| 30                        | CXA ??                 | tegula |
| 80                        | LEGI[a..               | tegula |
| 84                        | LEGIAD                 | tegula |
| 85                        | olvashatatlan (légiós) | imbrex |
| 86                        | leg]IADPF              | imbrex |
| 88                        | leg]APF                | tegula |
| 109                       | legi]ADP[              | imbrex |
| 115                       | LEGIAD                 | tegula |
| 120                       | olvashatatlan (légiós) | tegula |
| 121                       | leg]a]DPF              | imbrex |
| 124                       | le]GI[a                | tegula |
| 125                       | I]EGIA[                | tegula |
| 130                       | leg I].A.PF            | tegula |
| 131                       | ]PF                    | tegula |
| 133                       | LEGIADP[               | imbrex |
| 134                       | LEG[                   | tegula |
| 135                       | leg]IAP[               | imbrex |
| 136                       | Iu]CBAR]aq             | tegula |
| 137                       | LVCBAR]aq              | tegula |

## Az Aquincumban és Győrben mért bélyeges téglák mérési eredményei

Az alábbi táblázatban a téglák XRF módszerrel mért és oxid formára átszámított főelemeit tüntettük fel m/m %-ban kifejezve. (k.h.: kimutatási határ, n.a.: nincs adat)

3. Táblázat. Az Aquincumban mért téglák főelem összetétele (XRF)

| Azonosító<br>(Aquincum) | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | MgO    | CaO   | K <sub>2</sub> O |
|-------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|--------|-------|------------------|
| 56.7.350                | 50,60            | 0,67             | 10,74                          | 7,12                           | 0,07 | < k.h. | 12,44 | 3,23             |
| 56.8.3                  | 44,07            | 0,77             | 17,80                          | 7,96                           | 0,12 | < k.h. | 11,45 | 3,54             |
| 56.8.20                 | 42,94            | 0,74             | 17,08                          | 7,52                           | 0,07 | < k.h. | 10,61 | 3,59             |
| 2003.32.42              | 42,83            | 0,74             | 17,61                          | 7,54                           | 0,08 | < k.h. | 11,75 | 3,62             |
| 2003.32.44              | 45,66            | 0,75             | 15,97                          | 8,03                           | 0,07 | < k.h. | 9,35  | 3,47             |
| 2003.32.47              | 45,05            | 0,77             | 17,88                          | 8,04                           | 0,08 | < k.h. | 9,45  | 4,09             |
| 2003.32.51              | 42,38            | 0,74             | 15,54                          | 7,67                           | 0,10 | < k.h. | 14,80 | 3,19             |
| 2003.32.53              | 41,67            | 0,72             | 16,78                          | 7,52                           | 0,10 | < k.h. | 13,05 | 3,10             |
| 2003.32.71              | 41,00            | 0,77             | 15,36                          | 7,89                           | 0,08 | < k.h. | 11,70 | 4,03             |
| 2003.32.91              | 38,22            | 0,75             | 14,50                          | 7,74                           | 0,07 | < k.h. | 11,80 | 3,41             |
| 2003.32.118             | 39,94            | 0,77             | 15,06                          | 7,99                           | 0,07 | < k.h. | 10,94 | 3,27             |
| 2003.32.132             | 42,49            | 0,80             | 15,79                          | 7,89                           | 0,07 | < k.h. | 10,24 | 3,53             |
| 2003.32.159             | 41,34            | 0,71             | 13,05                          | 7,63                           | 0,16 | < k.h. | 12,98 | 3,00             |
| 2003.32.184             | 41,08            | 0,77             | 15,11                          | 7,79                           | 0,06 | < k.h. | 10,95 | 3,46             |
| 2003.32.182             | 38,12            | 0,63             | 13,46                          | 6,54                           | 0,06 | < k.h. | 9,49  | 3,39             |
| 2003.32.199             | 35,83            | 0,56             | 12,76                          | 5,92                           | 0,12 | 2,00   | 11,03 | 2,91             |
| 2003.32.229             | 37,60            | 0,66             | 12,83                          | 6,87                           | 0,20 | 0,00   | 8,73  | 2,70             |
| 2003.32.267             | 39,19            | 0,69             | 15,57                          | 6,82                           | 0,08 | 0,00   | 10,28 | 3,35             |
| 2003.32.343             | 33,20            | 0,59             | 12,08                          | 6,44                           | 0,07 | 0,00   | 11,20 | 2,60             |
| 2003.32.392             | 36,09            | 0,58             | 12,38                          | 6,11                           | 0,13 | 1,95   | 10,54 | 2,62             |
| 2003.32.457             | 41,54            | 0,66             | 15,56                          | 6,70                           | 0,08 | 1,65   | 9,64  | 2,85             |
| 2003.32.515             | 55,60            | 0,61             | 11,88                          | 6,47                           | 0,10 | < k.h. | 8,65  | 2,71             |
| 2003.32.609             | 40,08            | 0,62             | 14,36                          | 6,32                           | 0,09 | 3,13   | 12,68 | 2,27             |
| 2003.32.619             | 39,12            | 0,66             | 14,34                          | 6,47                           | 0,08 | < k.h. | 11,59 | 2,94             |
| 2003.32.658             | 37,86            | 0,64             | 13,55                          | 6,41                           | 0,16 | < k.h. | 9,83  | 2,91             |
| 2003.32.663             | 35,14            | 0,69             | 12,95                          | 7,08                           | 0,08 | < k.h. | 7,96  | 3,12             |
| 2003.32.724             | 36,20            | 0,66             | 13,32                          | 6,95                           | 0,06 | 1,58   | 9,25  | 2,96             |
| 2003.32.786             | 35,64            | 0,69             | 13,48                          | 7,00                           | 0,07 | 1,51   | 8,72  | 3,04             |
| 2596                    | 36,91            | 0,73             | 13,55                          | 6,94                           | 0,08 | < k.h. | 7,43  | 2,75             |
| 2800                    | 33,43            | 0,65             | 12,09                          | 6,59                           | 0,08 | < k.h. | 9,82  | 2,79             |
| 2823                    | 34,94            | 0,65             | 12,70                          | 6,84                           | 0,09 | < k.h. | 8,99  | 2,84             |
| 2947                    | 38,68            | 0,70             | 14,89                          | 6,89                           | 0,08 | < k.h. | 9,39  | 3,14             |
| 3018                    | 38,84            | 0,61             | 12,21                          | 5,75                           | 0,07 | < k.h. | 11,79 | 3,21             |
| 3266                    | 35,49            | 0,54             | 10,75                          | 5,84                           | 0,07 | < k.h. | 10,22 | 2,70             |
| 2003.32.862             | 43,87            | 0,64             | 14,37                          | 6,70                           | 0,10 | 2,40   | 8,80  | 2,67             |
| 2003.32.874             | 42,38            | 0,58             | 12,87                          | 6,02                           | 0,21 | 2,24   | 10,80 | 2,59             |
| 2003.32.875             | 40,11            | 0,64             | 13,19                          | 6,38                           | 0,08 | < k.h. | 9,89  | 2,87             |
| 97.28.18                | 40,97            | 0,59             | 11,72                          | 6,25                           | 0,15 | 1,81   | 12,88 | 1,78             |
| 137                     | 38,36            | 0,59             | 9,99                           | 5,24                           | 0,13 | < k.h. | 7,22  | 2,07             |
| 862                     | 36,93            | 0,69             | 13,51                          | 6,22                           | 0,06 | < k.h. | 9,76  | 2,98             |
| 1182                    | 38,28            | 0,74             | 14,45                          | 6,73                           | 0,06 | < k.h. | 7,43  | 3,08             |
| 1267                    | 43,56            | 0,59             | 10,94                          | 5,88                           | 0,08 | < k.h. | 9,90  | 2,61             |



|               |       |      |       |      |      |        |       |      |
|---------------|-------|------|-------|------|------|--------|-------|------|
| 1268          | 38,46 | 0,62 | 13,71 | 6,43 | 0,10 | < k.h. | 12,31 | 2,83 |
| 1279          | 38,85 | 0,72 | 13,68 | 6,92 | 0,06 | < k.h. | 9,01  | 2,32 |
| 3672          | 40,68 | 0,61 | 13,50 | 6,77 | 0,16 | < k.h. | 9,39  | 2,79 |
| 1647-2526     | 39,47 | 0,68 | 15,10 | 7,44 | 0,15 | < k.h. | 9,54  | 3,24 |
| 1869          | 39,69 | 0,75 | 13,82 | 6,94 | 0,06 | < k.h. | 6,80  | 2,92 |
| 2088          | 38,79 | 0,66 | 15,16 | 6,92 | 0,09 | < k.h. | 10,54 | 3,18 |
| 2092          | 36,95 | 0,61 | 12,60 | 6,46 | 0,09 | < k.h. | 12,05 | 2,91 |
| 2104          | 37,49 | 0,65 | 13,35 | 6,76 | 0,10 | < k.h. | 10,38 | 2,94 |
| 2152          | 42,06 | 0,63 | 13,55 | 6,73 | 0,07 | < k.h. | 10,21 | 2,68 |
| 2161          | 36,80 | 0,61 | 12,44 | 6,57 | 0,09 | < k.h. | 11,59 | 2,77 |
| 2397          | 41,34 | 0,66 | 12,85 | 6,36 | 0,06 | < k.h. | 8,23  | 2,86 |
| 2505          | 35,53 | 0,63 | 12,80 | 6,16 | 0,07 | < k.h. | 10,19 | 2,90 |
| 2518          | 37,43 | 0,80 | 15,52 | 7,80 | 0,06 | < k.h. | 6,27  | 2,68 |
| 2578          | 39,59 | 0,65 | 13,42 | 6,39 | 0,06 | < k.h. | 9,96  | 2,96 |
| 2653          | 34,81 | 0,59 | 8,61  | 5,39 | 0,18 | < k.h. | 7,90  | 1,88 |
| 2788          | 38,02 | 0,68 | 13,99 | 7,25 | 0,21 | < k.h. | 9,70  | 3,07 |
| 2837          | 34,61 | 0,60 | 11,74 | 6,20 | 0,07 | < k.h. | 11,62 | 2,88 |
| 2838          | 39,80 | 0,64 | 14,56 | 6,56 | 0,08 | < k.h. | 11,85 | 3,10 |
| 1576          | 46,89 | 0,66 | 13,71 | 6,44 | 0,08 | < k.h. | 8,41  | 3,01 |
| 1669          | 42,34 | 0,75 | 16,07 | 6,91 | 0,06 | 1,55   | 7,51  | 3,19 |
| 2520          | 44,50 | 0,61 | 13,47 | 5,95 | 0,05 | < k.h. | 9,61  | 2,79 |
| 3152          | 41,19 | 0,65 | 15,06 | 7,00 | 0,08 | < k.h. | 10,72 | 2,61 |
| 3405          | 49,67 | 0,64 | 13,64 | 5,36 | 0,07 | 1,61   | 4,77  | 2,38 |
| 3410          | 50,20 | 0,73 | 16,03 | 6,10 | 0,05 | < k.h. | 2,74  | 2,61 |
| 3430          | 32,82 | 0,69 | 11,34 | 6,31 | 0,05 | < k.h. | 8,55  | 2,80 |
| 3432          | 40,94 | 0,69 | 16,48 | 6,52 | 0,05 | < k.h. | 7,40  | 2,92 |
| 70.8.19       | 43,45 | 0,74 | 17,56 | 7,12 | 0,07 | < k.h. | 7,50  | 2,86 |
| 3676          | 39,86 | 0,72 | 16,33 | 7,05 | 0,06 | < k.h. | 6,94  | 2,86 |
| 1136          | 43,29 | 0,66 | 15,11 | 6,81 | 0,10 | < k.h. | 9,93  | 3,21 |
| 2001.17.288   | 41,05 | 0,78 | 16,49 | 6,99 | 0,07 | 2,72   | 5,12  | 3,44 |
| 2001.17.300   | 37,75 | 0,90 | 18,57 | 8,02 | 0,09 | 1,83   | 7,99  | 2,09 |
| 2001.17.301   | 42,95 | 0,75 | 17,95 | 6,88 | 0,06 | 1,82   | 5,52  | 4,36 |
| 2001.17.293   | 44,42 | 0,79 | 18,01 | 7,07 | 0,06 | 2,10   | 8,10  | 3,23 |
| 2001.17.60-61 | 37,42 | 0,70 | 15,45 | 7,18 | 0,11 | 2,42   | 8,51  | 3,40 |
| 74.9.38       | 40,44 | 0,75 | 13,87 | 7,19 | 0,08 | 1,98   | 6,43  | 3,51 |
| 74.9.48       | 39,70 | 0,72 | 14,31 | 7,07 | 0,09 | < k.h. | 6,75  | 3,04 |
| 78.19.5       | 38,99 | 0,68 | 13,46 | 6,81 | 0,08 | < k.h. | 8,54  | 3,12 |
| 56.59.17      | 39,73 | 0,68 | 16,36 | 6,87 | 0,09 | < k.h. | 9,51  | 3,10 |
| 56.59.19      | 40,77 | 0,61 | 14,19 | 6,38 | 0,12 | 2,60   | 11,45 | 2,51 |
| 2480          | 42,72 | 0,71 | 14,61 | 6,77 | 0,05 | < k.h. | 6,35  | 2,93 |
| 58453         | 38,90 | 0,63 | 12,12 | 6,73 | 0,12 | 2,29   | 10,96 | 2,78 |
| 120           | 43,00 | 0,71 | 15,28 | 6,92 | 0,07 | 1,48   | 6,94  | 2,81 |
| 57.64.24      | 42,86 | 1,02 | 15,56 | 6,52 | 0,05 | < k.h. | 1,32  | 2,38 |
| 2003.32.303   | 36,95 | 0,61 | 13,12 | 6,26 | 0,08 | < k.h. | 10,81 | 3,05 |
| 1272          | 38,82 | 0,74 | 13,65 | 6,82 | 0,06 | < k.h. | 7,79  | 2,87 |
| 2530          | 40,84 | 0,66 | 14,58 | 6,54 | 0,11 | 1,83   | 10,48 | 2,95 |
| 2928          | 40,48 | 0,64 | 11,29 | 5,51 | 0,14 | < k.h. | 6,69  | 2,15 |

Az alábbi táblázatban a téglák XRF módszerrel mért nyomelemeit tüntettük fel ppm-ben (mg / kg) kifejezve.

4. Táblázat. Az Aquincumban mért téglák nyomelem összetétele (XRF)

| Azonosító<br>(Aquincum) | Rb  | Sr  | Ba  | Zr  | Nb | Cr  | Zn  | As     | Pb  |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|--------|-----|
| 56.7.350                | 93  | 403 | 513 | 170 | 20 | 195 | 237 | 40     | 33  |
| 56.8.3                  | 113 | 173 | 710 | 133 | 20 | 263 | 263 | < k.h. | 43  |
| 56.8.20                 | 93  | 343 | 587 | 170 | 20 | 190 | 243 | < k.h. | 27  |
| 2003.32.42              | 95  | 351 | 586 | 169 | 19 | 206 | 225 | < k.h. | 23  |
| 2003.32.44              | 100 | 332 | 545 | 173 | 23 | 235 | 328 | < k.h. | 40  |
| 2003.32.47              | 103 | 317 | 568 | 176 | 21 | 233 | 347 | < k.h. | 52  |
| 2003.32.51              | 107 | 199 | 635 | 139 | 22 | 230 | 261 | < k.h. | 34  |
| 2003.32.53              | 98  | 195 | 636 | 152 | 23 | 242 | 259 | < k.h. | 44  |
| 2003.32.71              | 89  | 377 | 544 | 185 | 22 | 203 | 291 | < k.h. | 26  |
| 2003.32.91              | 97  | 402 | 560 | 167 | 24 | 239 | 369 | < k.h. | 31  |
| 2003.32.118             | 99  | 361 | 584 | 190 | 22 | 197 | 234 | < k.h. | 38  |
| 2003.32.132             | 105 | 318 | 568 | 181 | 23 | 255 | 247 | < k.h. | 30  |
| 2003.32.159             | 96  | 323 | 557 | 150 | 21 | 228 | 246 | < k.h. | 25  |
| 2003.32.184             | 103 | 312 | 600 | 167 | 21 | 199 | 231 | 46     | 35  |
| 2003.32.182             | 98  | 360 | 573 | 168 | 21 | 205 | 171 | < k.h. | 26  |
| 2003.32.199             | 90  | 428 | 558 | 107 | 18 | 304 | 138 | < k.h. | 29  |
| 2003.32.229             | 90  | 296 | 515 | 151 | 20 | 257 | 157 | < k.h. | 41  |
| 2003.32.267             | 104 | 367 | 598 | 180 | 22 | 193 | 147 | < k.h. | 32  |
| 2003.32.343             | 96  | 333 | 529 | 165 | 19 | 183 | 132 | < k.h. | 31  |
| 2003.32.392             | 94  | 347 | 526 | 148 | 20 | 179 | 134 | 35     | 29  |
| 2003.32.457             | 95  | 387 | 596 | 178 | 23 | 177 | 145 | < k.h. | 30  |
| 2003.32.515             | 102 | 373 | 556 | 173 | 19 | 251 | 169 | 19     | 25  |
| 2003.32.609             | 100 | 195 | 658 | 131 | 19 | 212 | 141 | < k.h. | 36  |
| 2003.32.619             | 82  | 371 | 607 | 163 | 21 | 202 | 111 | < k.h. | 26  |
| 2003.32.658             | 88  | 297 | 508 | 142 | 19 | 211 | 481 | < k.h. | 25  |
| 2003.32.663             | 94  | 361 | 584 | 176 | 20 | 232 | 157 | < k.h. | 37  |
| 2003.32.724             | 95  | 348 | 572 | 170 | 21 | 214 | 177 | < k.h. | 28  |
| 2003.32.786             | 100 | 357 | 613 | 181 | 22 | 190 | 256 | < k.h. | 46  |
| 2596                    | 94  | 270 | 570 | 198 | 20 | 253 | 124 | < k.h. | 30  |
| 2800                    | 99  | 364 | 529 | 172 | 20 | 210 | 146 | 43     | 27  |
| 2823                    | 95  | 373 | 574 | 172 | 21 | 197 | 177 | < k.h. | 58  |
| 2947                    | 107 | 352 | 574 | 179 | 24 | 226 | 142 | < k.h. | 27  |
| 3018                    | 81  | 378 | 582 | 176 | 19 | 195 | 140 | < k.h. | 24  |
| 3266                    | 76  | 310 | 560 | 175 | 21 | 166 | 206 | 36     | 55  |
| 2003.32.862             | 97  | 195 | 635 | 145 | 22 | 216 | 222 | < k.h. | 43  |
| 2003.32.874             | 88  | 217 | 557 | 149 | 23 | 206 | 377 | 40     | 30  |
| 2003.32.875             | 96  | 337 | 601 | 251 | 22 | 217 | 110 | < k.h. | 29  |
| 97.28.18                | 97  | 211 | 622 | 218 | 23 | 203 | 131 | < k.h. | 30  |
| 137                     | 70  | 159 | 515 | 249 | 20 | 131 | 199 | < k.h. | 25  |
| 862                     | 86  | 249 | 587 | 280 | 25 | 213 | 162 | < k.h. | 35  |
| 1182                    | 95  | 246 | 606 | 295 | 26 | 244 | 129 | < k.h. | 43  |
| 1267                    | 99  | 343 | 540 | 246 | 25 | 224 | 169 | < k.h. | 132 |
| 1268                    | 101 | 376 | 559 | 241 | 25 | 206 | 214 | 48     | 28  |

|               |     |     |     |     |    |     |     |        |        |
|---------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|--------|--------|
| 1279          | 88  | 272 | 590 | 268 | 24 | 210 | 191 | < k.h. | 41     |
| 3672          | 107 | 332 | 532 | 200 | 20 | 260 | 835 | < k.h. | 84     |
| 1647-2526     | 105 | 281 | 549 | 219 | 23 | 236 | 158 | < k.h. | 37     |
| 1869          | 97  | 230 | 592 | 267 | 25 | 210 | 176 | < k.h. | 23     |
| 2088          | 107 | 398 | 581 | 231 | 25 | 227 | 154 | < k.h. | 31     |
| 2092          | 99  | 386 | 520 | 198 | 24 | 216 | 211 | < k.h. | 37     |
| 2104          | 95  | 399 | 555 | 195 | 21 | 254 | 145 | < k.h. | 32     |
| 2152          | 122 | 393 | 559 | 197 | 21 | 234 | 169 | < k.h. | 113    |
| 2161          | 102 | 369 | 538 | 191 | 22 | 218 | 224 | 35     | 44     |
| 2397          | 99  | 241 | 568 | 220 | 24 | 255 | 160 | < k.h. | 32     |
| 2505          | 86  | 330 | 619 | 186 | 23 | 196 | 136 | < k.h. | 28     |
| 2518          | 98  | 231 | 652 | 245 | 21 | 236 | 181 | < k.h. | 40     |
| 2578          | 96  | 306 | 606 | 210 | 25 | 245 | 226 | < k.h. | 39     |
| 2653          | 79  | 150 | 460 | 227 | 21 | 187 | 180 | < k.h. | 28     |
| 2788          | 87  | 298 | 547 | 176 | 22 | 216 | 147 | < k.h. | 32     |
| 2837          | 84  | 367 | 546 | 181 | 21 | 239 | 151 | < k.h. | 29     |
| 2838          | 98  | 403 | 529 | 202 | 22 | 269 | 155 | 32     | < k.h. |
| 1576          | 90  | 295 | 570 | 204 | 21 | 263 | 171 | < k.h. | 69     |
| 1669          | 95  | 269 | 598 | 222 | 22 | 229 | 163 | < k.h. | 36     |
| 2520          | 92  | 297 | 550 | 206 | 20 | 249 | 150 | 40     | 29     |
| 3152          | 123 | 373 | 604 | 200 | 22 | 235 | 289 | < k.h. | 38     |
| 3405          | 86  | 141 | 479 | 250 | 19 | 162 | 350 | < k.h. | 27     |
| 3410          | 99  | 124 | 537 | 250 | 21 | 231 | 200 | < k.h. | 55     |
| 3430          | 90  | 296 | 566 | 229 | 25 | 220 | 143 | < k.h. | 26     |
| 3432          | 93  | 209 | 659 | 206 | 21 | 227 | 131 | < k.h. | 31     |
| 70.8.19       | 99  | 317 | 582 | 229 | 26 | 251 | 138 | < k.h. | 35     |
| 3676          | 92  | 251 | 582 | 208 | 24 | 206 | 119 | < k.h. | 33     |
| 1136          | 108 | 384 | 611 | 195 | 20 | 205 | 164 | < k.h. | 35     |
| 2001.17.288   | 92  | 268 | 613 | 205 | 23 | 217 | 254 | < k.h. | 28     |
| 2001.17.300   | 67  | 379 | 651 | 206 | 27 | 244 | 250 | 38     | 35     |
| 2001.17.301   | 91  | 233 | 543 | 208 | 23 | 230 | 312 | < k.h. | 37     |
| 2001.17.293   | 93  | 292 | 580 | 219 | 22 | 206 | 235 | < k.h. | < k.h. |
| 2001.17.60-61 | 106 | 401 | 623 | 196 | 22 | 215 | 328 | 49     | 21     |
| 74.9.38       | 110 | 328 | 546 | 200 | 20 | 219 | 252 | < k.h. | 28     |
| 74.9.48       | 104 | 311 | 485 | 206 | 22 | 197 | 228 | < k.h. | 27     |
| 78.19.5       | 100 | 323 | 617 | 177 | 20 | 230 | 113 | 60     | 37     |
| 56.59.17      | 100 | 357 | 577 | 180 | 20 | 173 | 140 | < k.h. | 37     |
| 56.59.19      | 100 | 223 | 558 | 140 | 25 | 240 | 293 | < k.h. | 58     |
| 2480          | 100 | 263 | 607 | 190 | 20 | 207 | 140 | < k.h. | 33     |
| 58453         | 97  | 207 | 637 | 123 | 20 | 230 | 137 | < k.h. | 50     |
| 120           | 93  | 243 | 597 | 177 | 20 | 217 | 107 | < k.h. | 30     |
| 57.64.24      | 93  | 50  | 635 | 518 | 30 | 198 | 105 | < k.h. | 33     |
| 2003.32.303   | 97  | 393 | 567 | 163 | 20 | 215 | 373 | < k.h. | 40     |
| 1272          | 97  | 237 | 587 | 223 | 23 | 213 | 123 | 40     | 37     |
| 2530          | 105 | 180 | 620 | 133 | 20 | 218 | 140 | < k.h. | 45     |
| 2928          | 80  | 150 | 465 | 215 | 20 | 195 | 125 | < k.h. | 20     |

Az alábbi táblázatban a téglák XRF módszerrel mért és oxid formára átszámított főelemeit tüntettük fel m/m %-ban kifejezve.

5. Táblázat. A Győrben mért téglák főelem összetétele (XRF)

| Azonosító<br>(Győr) | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | MgO    | CaO   | K <sub>2</sub> O |
|---------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|--------|-------|------------------|
| 137                 | 48,67            | 1,11             | 18,68                          | 5,99                           | 0,07 | < k.h. | 1,86  | < k.h.           |
| 134                 | 55,30            | 0,79             | 16,61                          | 7,81                           | 0,09 | < k.h. | 5,70  | < k.h.           |
| 130                 | 54,93            | 0,68             | 14,25                          | 6,34                           | 0,09 | < k.h. | 4,52  | < k.h.           |
| 120                 | 38,48            | 0,61             | 10,04                          | 5,09                           | 0,11 | < k.h. | 13,44 | < k.h.           |
| 115                 | 42,97            | 0,68             | 11,61                          | 6,69                           | 0,06 | < k.h. | 4,92  | < k.h.           |
| 109                 | 50,06            | 0,76             | 13,23                          | 6,63                           | 0,07 | < k.h. | 4,01  | < k.h.           |
| 80                  | 50,81            | 0,73             | 13,91                          | 6,68                           | 0,08 | < k.h. | 5,28  | < k.h.           |
| 86                  | 51,87            | 0,74             | 14,90                          | 7,06                           | 0,08 | < k.h. | 4,29  | < k.h.           |
| 88                  | 49,56            | 0,69             | 13,24                          | 6,52                           | 0,09 | < k.h. | 5,61  | < k.h.           |
| 29                  | 56,41            | 1,25             | 28,80                          | 8,19                           | 0,04 | < k.h. | 1,02  | < k.h.           |
| 3                   | 39,58            | 0,95             | 15,02                          | 6,88                           | 0,03 | < k.h. | 3,16  | < k.h.           |
| 30                  | 49,21            | 1,22             | 27,16                          | 7,32                           | 0,03 | < k.h. | 1,08  | < k.h.           |
| 137                 | 47,93            | 1,07             | 16,36                          | 6,14                           | 0,08 | < k.h. | 2,46  | < k.h.           |
| 133                 | 54,31            | 0,67             | 16,02                          | 6,64                           | 0,09 | < k.h. | 8,08  | < k.h.           |
| 121                 | 49,66            | 0,79             | 15,42                          | 7,76                           | 0,09 | < k.h. | 3,36  | < k.h.           |
| 125                 | 50,93            | 0,67             | 13,54                          | 7,00                           | 0,11 | < k.h. | 4,64  | < k.h.           |
| 131                 | 50,08            | 0,63             | 15,23                          | 6,21                           | 0,08 | < k.h. | 6,05  | < k.h.           |
| 136                 | 47,65            | 0,94             | 13,52                          | 5,34                           | 0,09 | < k.h. | 2,35  | < k.h.           |
| 124                 | 51,68            | 0,72             | 16,38                          | 7,54                           | 0,09 | < k.h. | 5,44  | < k.h.           |
| 135                 | 48,08            | 0,71             | 14,17                          | 6,95                           | 0,08 | < k.h. | 4,90  | < k.h.           |
| 84                  | 45,78            | 0,67             | 13,99                          | 6,96                           | 0,08 | < k.h. | 7,68  | < k.h.           |
| 85                  | 53,32            | 0,69             | 17,54                          | 6,62                           | 0,10 | < k.h. | 5,02  | < k.h.           |

Az alábbi táblázatban a téglák XRF módszerrel mért nyomelemeit tüntettük fel ppm-ben (mg / kg) kifejezve.

6. Táblázat. A Győrben mért téglák nyomelem összetétele (XRF)

| Azonosító<br>(Győr) | Rb  | Sr   | Ba   | Zr  | Nb   | Cr  | Zn  | As   | Pb |
|---------------------|-----|------|------|-----|------|-----|-----|------|----|
| 137                 | 50  | 567  | n.a. | 220 | n.a. | 410 | 110 | n.a. | 73 |
| 134                 | 120 | 1505 | n.a. | 173 | n.a. | 335 | 128 | n.a. | 38 |
| 130                 | 103 | 1380 | n.a. | 170 | n.a. | 330 | 133 | n.a. | 30 |
| 120                 | 80  | 1730 | n.a. | 150 | n.a. | 303 | 120 | n.a. | 40 |
| 115                 | 100 | 1485 | n.a. | 150 | n.a. | 285 | 130 | n.a. | 40 |
| 109                 | 97  | 1753 | n.a. | 153 | n.a. | 293 | 110 | n.a. | 37 |
| 80                  | 107 | 1487 | n.a. | 143 | n.a. | 320 | 140 | n.a. | 33 |
| 86                  | 107 | 1663 | n.a. | 140 | n.a. | 363 | 107 | n.a. | 43 |
| 88                  | 97  | 2150 | n.a. | 153 | n.a. | 310 | 113 | n.a. | 33 |
| 29                  | 90  | 683  | n.a. | 383 | n.a. | 447 | 157 | n.a. | 43 |

|     |     |      |      |     |      |     |     |      |    |
|-----|-----|------|------|-----|------|-----|-----|------|----|
| 3   | 70  | 485  | n.a. | 315 | n.a. | 340 | 105 | n.a. | 30 |
| 30  | 80  | 590  | n.a. | 347 | n.a. | 370 | 120 | n.a. | 53 |
| 137 | 47  | 557  | n.a. | 230 | n.a. | 400 | 113 | n.a. | 47 |
| 133 | 100 | 1913 | n.a. | 150 | n.a. | 350 | 117 | n.a. | 43 |
| 121 | 113 | 1290 | n.a. | 167 | n.a. | 363 | 127 | n.a. | 53 |
| 125 | 103 | 2093 | n.a. | 170 | n.a. | 307 | 113 | n.a. | 40 |
| 131 | 110 | 1597 | n.a. | 140 | n.a. | 327 | 107 | n.a. | 35 |
| 136 | 50  | 763  | n.a. | 227 | n.a. | 433 | 100 | n.a. | 40 |
| 124 | 110 | 1418 | n.a. | 165 | n.a. | 360 | 155 | n.a. | 35 |
| 135 | 97  | 1627 | n.a. | 147 | n.a. | 303 | 130 | n.a. | 47 |
| 84  | 103 | 1793 | n.a. | 153 | n.a. | 310 | 117 | n.a. | 43 |
| 85  | 103 | 1985 | n.a. | 158 | n.a. | 333 | 118 | n.a. | 40 |

XRF mellett XRD-vel is mért minták listája a következő:

7-8. Táblázat. XRD módszerrel vizsgált aquincumi téglák listája

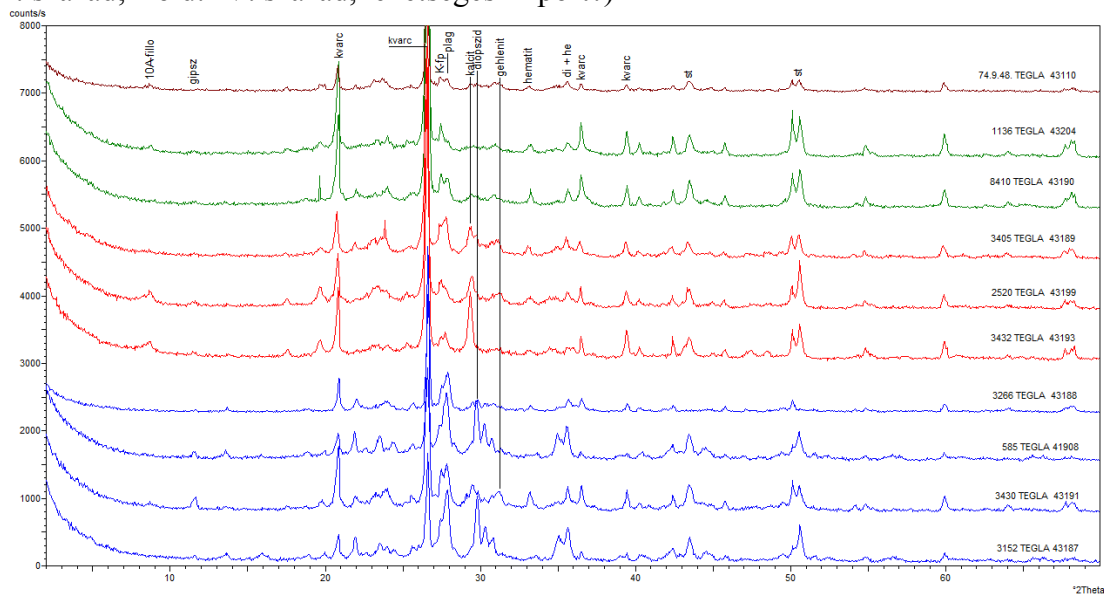
| Azonosító (Aquincum) | Kelkezés (Kr.u.) | SiO2  | TiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | MnO2 | MgO   | CaO   | K2O  |
|----------------------|------------------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| 74.9.48              | I-II. század     | 39,70 | 0,72 | 14,31 | 7,07  | 0,09 | <k.h. | 6,75  | 3,04 |
| 120                  | I-II. század     | 43,00 | 0,71 | 15,28 | 6,92  | 0,07 | 1,48  | 6,94  | 2,81 |
| 57.64.24             | I-II. század     | 42,86 | 1,02 | 15,56 | 6,52  | 0,05 | <k.h. | 1,32  | 2,38 |
| 3266                 | I-II. század     | 35,49 | 0,54 | 10,75 | 5,84  | 0,07 | <k.h. | 10,22 | 2,70 |
| 1279                 | I-II. század     | 38,85 | 0,72 | 13,68 | 6,92  | 0,06 | <k.h. | 9,01  | 2,32 |
| 1669                 | I-II. század     | 42,34 | 0,75 | 16,07 | 6,91  | 0,06 | 1,55  | 7,51  | 3,19 |
| 3676                 | I-II. század     | 39,86 | 0,72 | 16,33 | 7,05  | 0,06 | <k.h. | 6,94  | 2,86 |
| 1136                 | I-II. század     | 43,29 | 0,66 | 15,11 | 6,81  | 0,10 | <k.h. | 9,93  | 3,21 |
| 2001.17.300          | I-II. század     | 37,75 | 0,90 | 18,57 | 8,02  | 0,09 | 1,83  | 7,99  | 2,09 |
| 2001.17.301          | I-II. század     | 42,95 | 0,75 | 17,95 | 6,88  | 0,06 | 1,82  | 5,52  | 4,36 |
| 2001.17.293          | I-II. század     | 44,42 | 0,79 | 18,01 | 7,07  | 0,06 | 2,10  | 8,10  | 3,23 |
| 74.9.38              | I-II. század     | 40,44 | 0,75 | 13,87 | 7,19  | 0,08 | 1,98  | 6,43  | 3,51 |
| 2480                 | III. század      | 42,72 | 0,71 | 14,61 | 6,77  | 0,05 | <k.h. | 6,35  | 2,93 |
| 58453                | III. század      | 38,90 | 0,63 | 12,12 | 6,73  | 0,12 | 2,29  | 10,96 | 2,78 |
| 2530                 | III. század      | 40,84 | 0,66 | 14,58 | 6,54  | 0,11 | 1,83  | 10,48 | 2,95 |
| 1576                 | III. század      | 46,89 | 0,66 | 13,71 | 6,44  | 0,08 | <k.h. | 8,41  | 3,01 |
| 2520                 | III. század      | 44,50 | 0,61 | 13,47 | 5,95  | 0,05 | <k.h. | 9,61  | 2,79 |
| 3432                 | III. század      | 40,94 | 0,69 | 16,48 | 6,52  | 0,05 | <k.h. | 7,40  | 2,92 |
| 1272                 | IV. század       | 38,82 | 0,74 | 13,65 | 6,82  | 0,06 | <k.h. | 7,79  | 2,87 |
| 2928                 | IV. század       | 40,48 | 0,64 | 11,29 | 5,51  | 0,14 | <k.h. | 6,69  | 2,15 |
| 137                  | IV. század       | 38,36 | 0,59 | 9,99  | 5,24  | 0,13 | <k.h. | 7,22  | 2,07 |
| 862                  | IV. század       | 36,93 | 0,69 | 13,51 | 6,22  | 0,06 | <k.h. | 9,76  | 2,98 |
| 1182                 | IV. század       | 38,28 | 0,74 | 14,45 | 6,73  | 0,06 | <k.h. | 7,43  | 3,08 |
| 1267                 | IV. század       | 43,56 | 0,59 | 10,94 | 5,88  | 0,08 | <k.h. | 9,90  | 2,61 |
| 1268                 | IV. század       | 38,46 | 0,62 | 13,71 | 6,43  | 0,10 | <k.h. | 12,31 | 2,83 |
| 1647-2526            | IV. század       | 39,47 | 0,68 | 15,10 | 7,44  | 0,15 | <k.h. | 9,54  | 3,24 |
| 2088                 | IV. század       | 38,79 | 0,66 | 15,16 | 6,92  | 0,09 | <k.h. | 10,54 | 3,18 |
| 2092                 | IV. század       | 36,95 | 0,61 | 12,60 | 6,46  | 0,09 | <k.h. | 12,05 | 2,91 |
| 2104                 | IV. század       | 37,49 | 0,65 | 13,35 | 6,76  | 0,10 | <k.h. | 10,38 | 2,94 |
| 2152                 | IV. század       | 42,06 | 0,63 | 13,55 | 6,73  | 0,07 | <k.h. | 10,21 | 2,68 |
| 3152                 | IV. század       | 41,19 | 0,65 | 15,06 | 7,00  | 0,08 | <k.h. | 10,72 | 2,61 |

|      |            |       |      |       |      |      |       |      |      |
|------|------------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| 3405 | IV. század | 49,67 | 0,64 | 13,64 | 5,36 | 0,07 | 1,61  | 4,77 | 2,38 |
| 3410 | IV. század | 50,20 | 0,73 | 16,03 | 6,10 | 0,05 | <k.h. | 2,74 | 2,61 |
| 3430 | IV. század | 32,82 | 0,69 | 11,34 | 6,31 | 0,05 | <k.h. | 8,55 | 2,80 |

| Azonosító<br>(Aquincum) | Kelkezés<br>(Kr.u.) | Rb  | Sr  | Ba  | Zr  | Nb | Cr  | Zn  | Pb  |
|-------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| 74.9.48                 | I-II. század        | 104 | 311 | 541 | 206 | 22 | 197 | 228 | 27  |
| 120                     | I-II. század        | 93  | 243 | 666 | 177 | 20 | 217 | 107 | 30  |
| 57.64.24                | I-II. század        | 93  | 50  | 709 | 518 | 30 | 198 | 105 | 33  |
| 3266                    | I-II. század        | 76  | 310 | 625 | 175 | 21 | 166 | 206 | 55  |
| 1279                    | I-II. század        | 88  | 272 | 659 | 268 | 24 | 210 | 191 | 41  |
| 1669                    | I-II. század        | 95  | 269 | 667 | 222 | 22 | 229 | 163 | 36  |
| 3676                    | I-II. század        | 92  | 251 | 649 | 208 | 24 | 206 | 119 | 33  |
| 1136                    | I-II. század        | 108 | 384 | 682 | 195 | 20 | 205 | 164 | 35  |
| 2001.17.300             | I-II. század        | 67  | 379 | 726 | 206 | 27 | 244 | 250 | 35  |
| 2001.17.301             | I-II. század        | 91  | 233 | 606 | 208 | 23 | 230 | 312 | 37  |
| 2001.17.293             | I-II. század        | 93  | 292 | 647 | 219 | 22 | 206 | 235 | 20  |
| 74.9.38                 | I-II. század        | 110 | 328 | 609 | 200 | 20 | 219 | 252 | 28  |
| 2480                    | III. század         | 100 | 263 | 677 | 190 | 20 | 207 | 140 | 33  |
| 58453                   | III. század         | 97  | 207 | 711 | 123 | 20 | 230 | 137 | 50  |
| 2530                    | III. század         | 105 | 180 | 692 | 133 | 20 | 218 | 140 | 45  |
| 1576                    | III. század         | 90  | 295 | 636 | 204 | 21 | 263 | 171 | 69  |
| 2520                    | III. század         | 92  | 297 | 614 | 206 | 20 | 249 | 150 | 29  |
| 3432                    | III. század         | 93  | 209 | 735 | 206 | 21 | 227 | 131 | 31  |
| 1272                    | IV. század          | 97  | 237 | 655 | 223 | 23 | 213 | 123 | 37  |
| 2928                    | IV. század          | 80  | 150 | 519 | 215 | 20 | 195 | 125 | 20  |
| 137                     | IV. század          | 70  | 159 | 574 | 249 | 20 | 131 | 199 | 25  |
| 862                     | IV. század          | 86  | 249 | 655 | 280 | 25 | 213 | 162 | 35  |
| 1182                    | IV. század          | 95  | 246 | 676 | 295 | 26 | 244 | 129 | 43  |
| 1267                    | IV. század          | 99  | 343 | 602 | 246 | 25 | 224 | 169 | 132 |
| 1268                    | IV. század          | 101 | 376 | 624 | 241 | 25 | 206 | 214 | 28  |
| 1647-2526               | IV. század          | 105 | 281 | 612 | 219 | 23 | 236 | 158 | 37  |
| 2088                    | IV. század          | 107 | 398 | 648 | 231 | 25 | 227 | 154 | 31  |
| 2092                    | IV. század          | 99  | 386 | 581 | 198 | 24 | 216 | 211 | 37  |
| 2104                    | IV. század          | 95  | 399 | 620 | 195 | 21 | 254 | 145 | 32  |
| 2152                    | IV. század          | 122 | 393 | 624 | 197 | 21 | 234 | 169 | 113 |
| 3152                    | IV. század          | 123 | 373 | 674 | 200 | 22 | 235 | 289 | 38  |
| 3405                    | IV. század          | 86  | 141 | 534 | 250 | 19 | 162 | 350 | 27  |
| 3410                    | IV. század          | 99  | 124 | 599 | 250 | 21 | 231 | 200 | 55  |

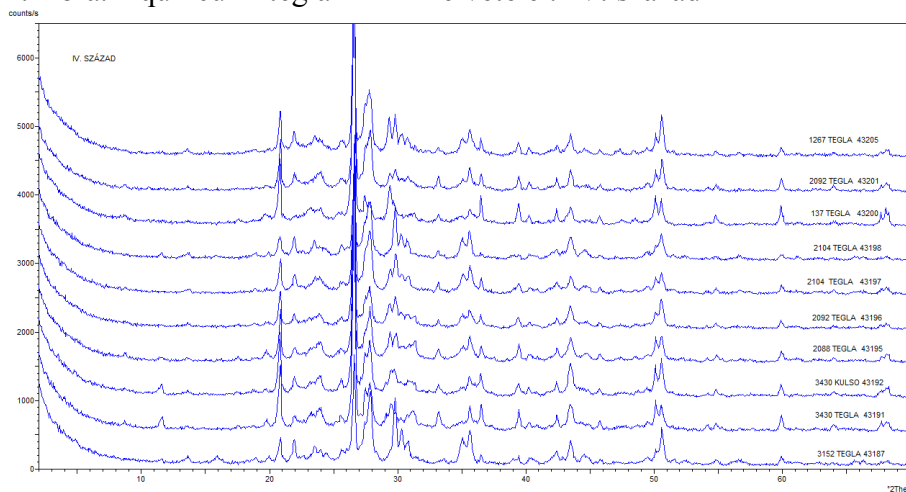
Az aquincumi téglák, tegulák korábbi és jelen kutatási eredményeit megkíséreljük felhasználni a korabeli nyersanyagok jellemzésére, illetve a kerámiák adatainak értelmezésére.

1. Ábra. Aquincumi téglaminták XRD felvételei (kék: IV. század.; piros: II-III. század. barna: I. század; zöld: IV. század, lehetséges import?)

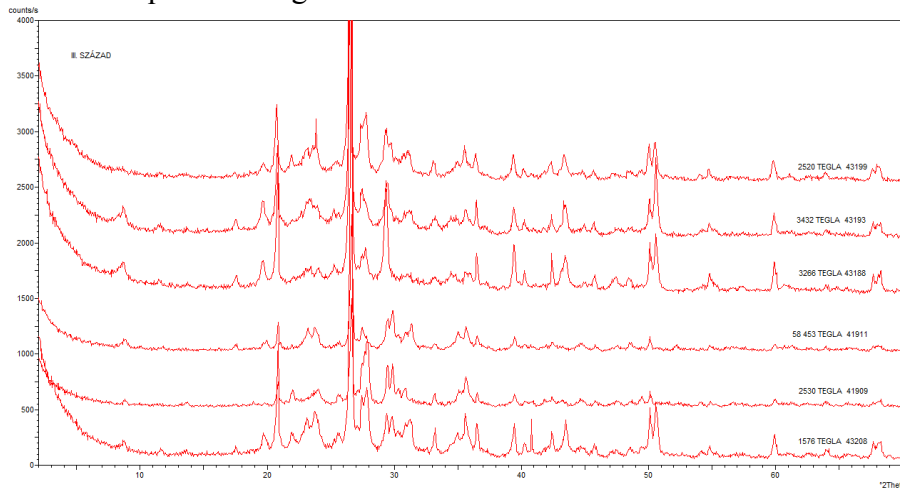


A plagioklász: káliföldpát arány a különösen a IV. sz.-ra datált mintákban nagyon hasonló a finomkerámiákban megszokottakhoz, de gyakorlatilag a korábbi időkből származó mintákról is megállapítható ugyanez (külön csoportosítva, nagyobb mintaszámon mutatjuk be ezt a 2-4. ábrákon). A kvarc mennyisége kisebb a földpátokhoz viszonyítva, mint a kerámiákban megfigyelhető. A karbonát fázisok közül a dolomit majd minden mintában lebomlott, viszont a kalcit majd minden mintában kisebb-nagyobb mértékben kimutatható. Ez azt mutatja, hogy az égetési hőmérséklet meghaladta a  $650\text{ C}^{\circ}$ -ot, de nem sokkal haladta meg a  $750\text{-}800\text{ C}^{\circ}$ -ot. Az égetés során képződött diopszid az általános átalakulási termék, hercinit a mintákban nem mutatható ki. A plagioklász mennyisége rendre nagyobb, mint a káliföldpáté. A vasásványok közül hematit a jellemző, ez csak részben magasabb hőmérsékleten képződött termék, részben a nyersanyag piritjének oxidációs terméke, illetve az eredetileg is meglévő hematit maradványa.

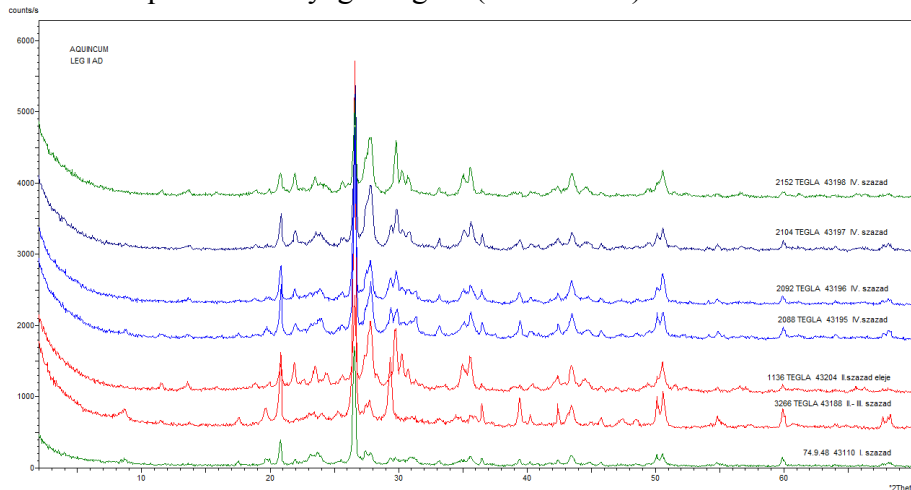
2. Ábra. Aquincumi téglák XRD felvételei: IV. század



### 3. Ábra. Aquincumi téglák XRD felvételei: III. század



### 4. Ábra. Aquincumi bélyeges téglák (LEG II AD) XRD felvételei

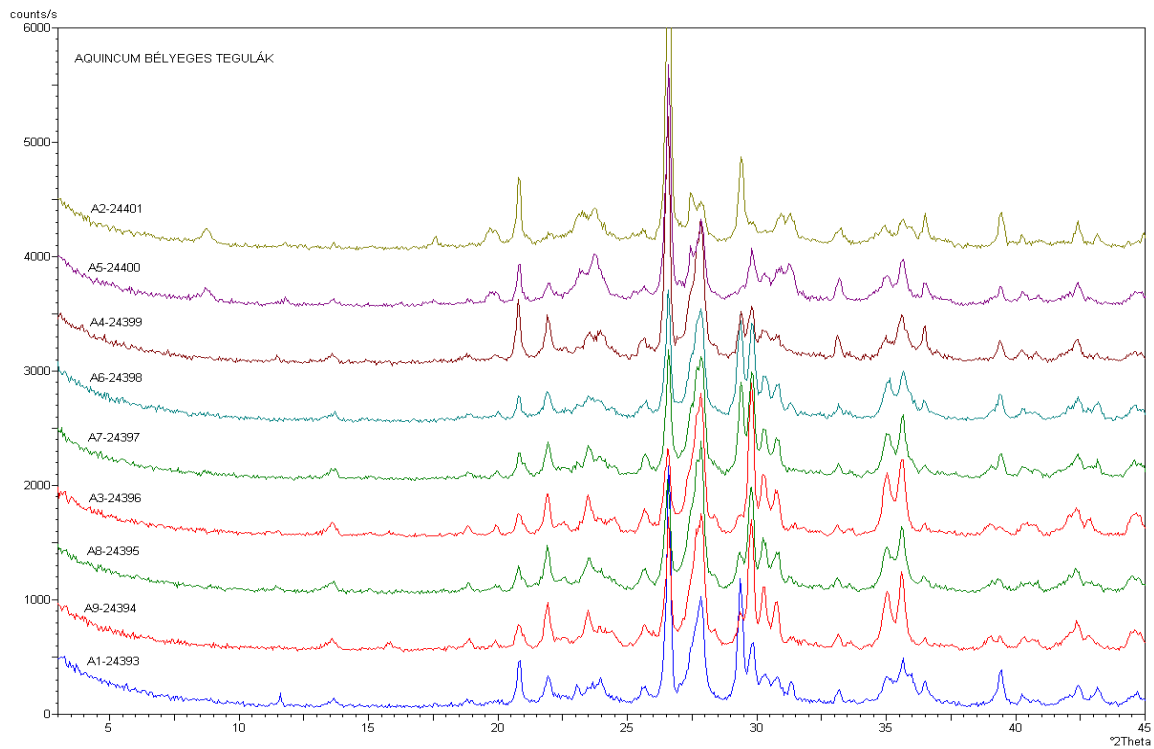


A bélyeges téglákban is a fent vázolt összetételei trend figyelhető meg.

Összehasonlításképpen egy korábbi kutatásban vizsgált, szintén Aquincumból származó bélyeges téglák diffraktogramjai láthatóak az alábbi ábrán, ahol a hasonló nyersanyag-felhasználást figyelhetjük meg. Az összetétel ingadozása leginkább az égetési hőmérséklet változó, eltérő voltának tulajdonítható, ami egy kemencerakaton belül is fennállhat, ugyanis a kemencék hőtere nem volt homogén. Ezen korábbi vizsgálatok azt mutatták, hogy a plagioklász túlsúly a kálföldpáthoz viszonyítva egyértelmű jellemzőként határozható meg.

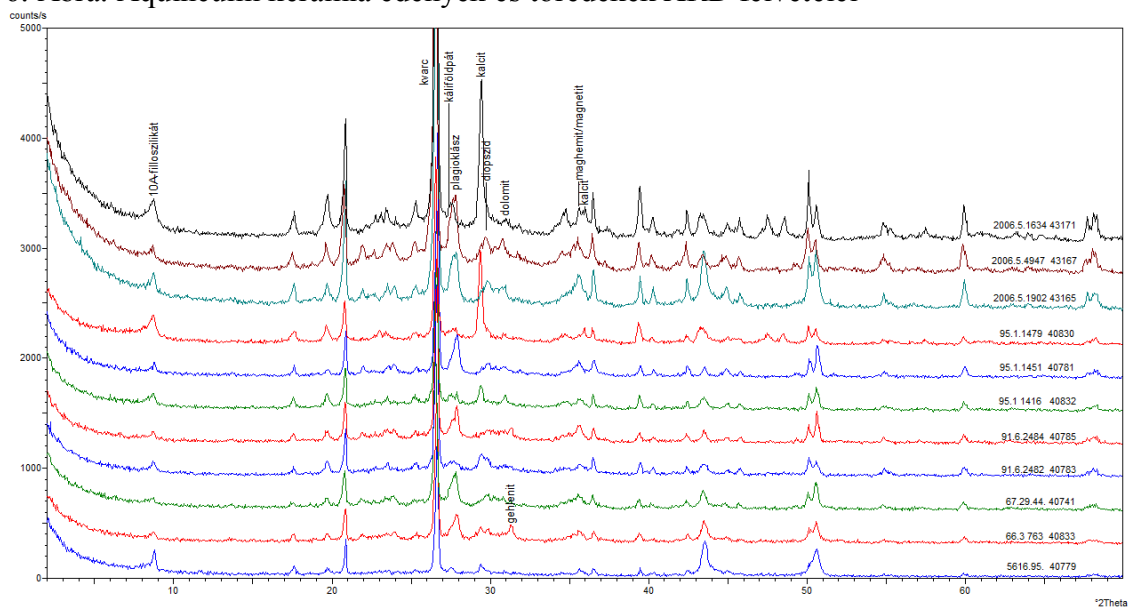


## 5. Ábra. Aquincumi bélyeges téglák XRD felvételei



A téglá- és kerámia vizsgálatokkal alátámasztott nyersanyag azonosítási eredményeket felhasználjuk további kerámia leletek provenienciá kutatásában.

## 6. Ábra. Aquincumi kerámia edények és töredékek XRD felvételei



9. Táblázat. Aquincumi kerámia edények és töredékek főelem összetétele XRF mérések alapján

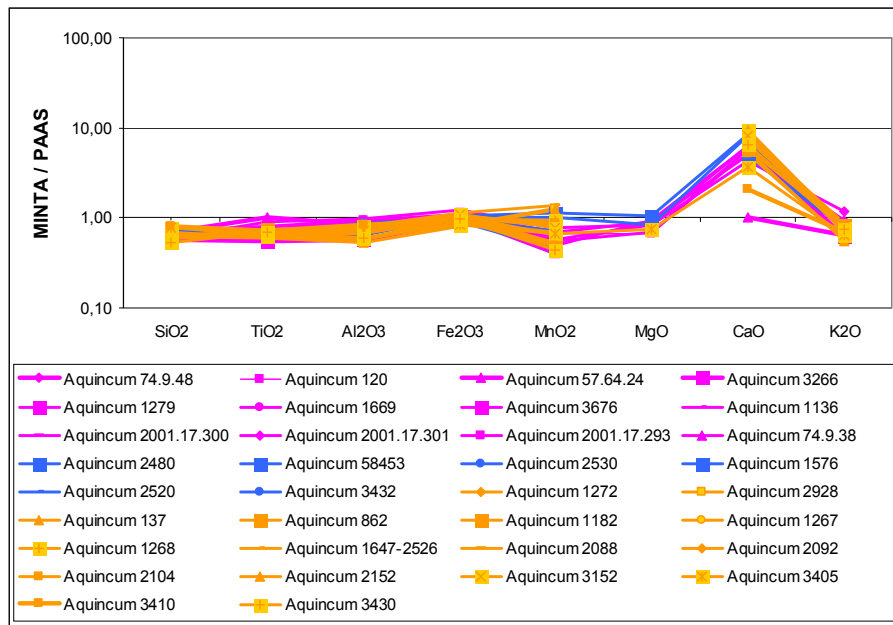
| m/m (%)     | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | MgO  | CaO   | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
|-------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------|------------------|-------------------------------|
| 67.29.44    | 47,74            | 0,96             | 18,97                          | 7,62                           | 0,07 | 1,29 | 7,08  | 3,15             | 0,25                          |
| 66.3.763    | 51,42            | 0,77             | 16,85                          | 6,85                           | 0,07 | 1,91 | 10,42 | 3,87             | 0,83                          |
| 56.16.95    | 46,76            | 0,75             | 14,22                          | 6,06                           | 0,08 | 1,34 | 12,41 | 3,39             | 0,18                          |
| 95.1.1451   | 47,34            | 0,97             | 16,79                          | 7,85                           | 0,09 | 1,86 | 8,18  | 2,83             | 1,16                          |
| 91.6.2482   | 48,64            | 0,82             | 13,79                          | 6,61                           | 0,09 | 1,56 | 9,51  | 3,59             | 0,48                          |
| 91.6.2484   | 42,67            | 0,65             | 13,51                          | 6,01                           | 0,1  | 1,99 | 16,97 | 3                | 0,78                          |
| 95.1.1479   | 42,61            | 0,65             | 13,02                          | 5,94                           | 0,13 | 1,69 | 14,06 | 2,81             | 0,28                          |
| 95.1.1416   | 47,06            | 0,9              | 14,62                          | 7,72                           | 0,19 | 2,07 | 8,34  | 3,49             | 1,28                          |
| 2006.5.1634 | 50,41            | 1                | 15,41                          | 7,45                           | 0,05 | 1,66 | 3,57  | 4,07             | 1,92                          |
| 2006.5.1902 | 39,14            | 0,85             | 12,43                          | 7,64                           | 0,03 | 1,26 | 5,89  | 7,63             | 1,51                          |
| 2006.5.4947 | 43,53            | 0,77             | 14,38                          | 7,24                           | 1,21 | 1,56 | 7,09  | 2,89             | 2,25                          |

10. Táblázat. Aquincumi kerámia edények és töredékek nyomelem összetétele XRF mérések alapján

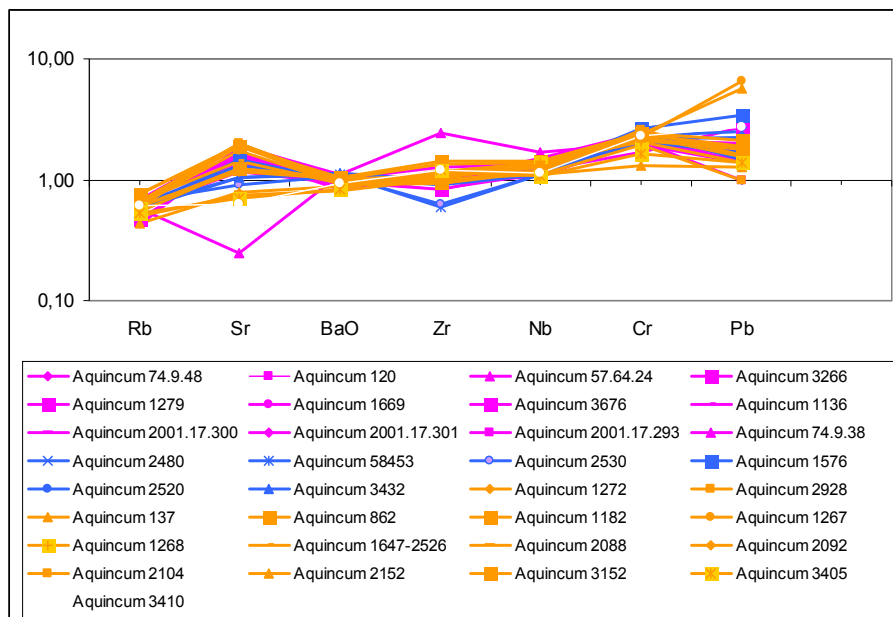
| ppm (mg / kg) | Rb | Sr  | Ba  | Zr  | Nb | V   | Cr  | Ni  | Zn  | Pb |
|---------------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|
| 67.29.44      | 90 | 290 | 590 | 160 | 20 | 260 | 260 | 10  | 90  | 30 |
| 66.3.763      | 90 | 280 | 770 | 160 | 20 | 290 | 240 | 10  | 100 | 40 |
| 56.16.95      | 80 | 380 | 640 | 130 | 20 | 210 | 210 | 10  | 180 | 40 |
| 95.1.1451     | 80 | 280 | 460 | 160 | 20 | 270 | 310 | 10  | 130 | 40 |
| 91.6.2482     | 90 | 300 | 700 | 150 | 20 | 230 | 180 | 110 | 130 | 70 |
| 91.6.2484     | 80 | 360 | 660 | 140 | 10 | 180 | 220 | 10  | 100 | 40 |
| 95.1.1479     | 70 | 400 | 400 | 110 | 10 | 190 | 180 | 10  | 100 | 20 |
| 95.1.1416     | 80 | 350 | 570 | 150 | 20 | 250 | 280 | 70  | 100 | 30 |



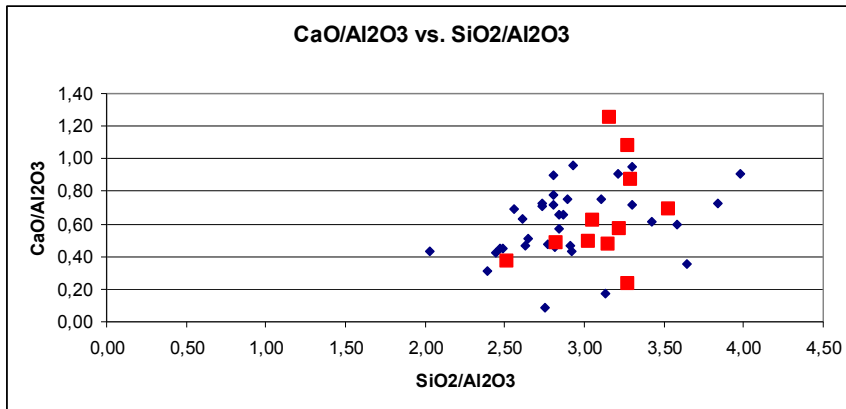
9. Ábra. Aquincumi téglák főelem összetétele PAAS-ra normálva (XRF)



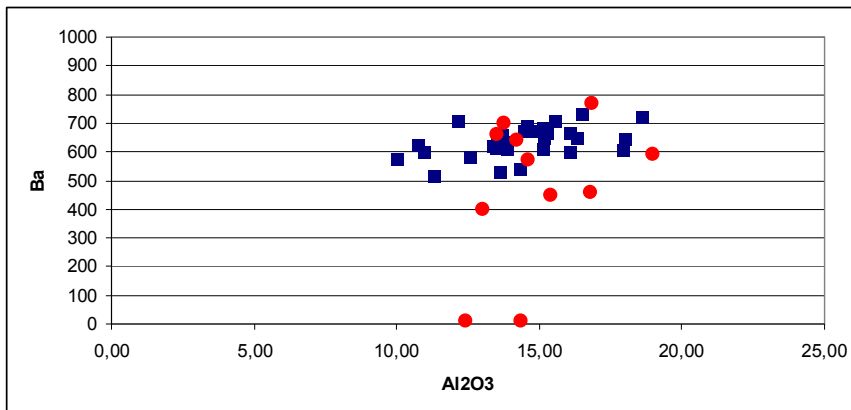
10. Ábra. Aquincumi téglák nyomelem összetétele PAAS-ra normálva (XRF)



11. Ábra. A vizsgált aquincumi kerámiák és téglák kémiai összetétele a  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  –  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  diagramon (piros: kerámia; kék: téglák)



12. Ábra. A vizsgált aquincumi kerámiák és téglák kémiai összetétele a  $\text{Ba}/\text{Al}_2\text{O}_3$  diagramon (piros: kerámia; kék: téglák)



Az XRF mérések adataiból látszik, hogy az aquincumi és környéki agyagból készült téglák Ca tartalma magas, azaz meszes alapanyagúak. Látszik az is, hogy azon esetekben ahol alacsony Ca tartalmat mértünk (5-6 vagy annál kisebb m/m %), azoknak a tégláknak az alapanyaga és így eredete eltér, ill. kérdéses. Ilyenek lehetnek a Bécsből (Vindobona) származó import téglák. A kalcium mellett a mangán tartalom is fontos jel, hiszen az XRF mérésekből az látszik, hogy egyes téglák esetében kiugróan magas ez az érték az átlaghoz viszonyítva, ami szintén arra utalhat, hogy vagy nem helyi alapanyagból készült a tárgy, vagy adalékot tartalmaz. Összevetve a győri és aquincumi XRF adatokat, látszik a nyersanyagok jelentős különbsége.

A pályázat kiterjesztéseképpen nemcsak aquincumi kerámiákat, hanem későközépkori mázas kerámia tárgyakat és régészeti feltárásból származó töredékeket is vizsgáltunk. A legnagyobb tárgycsoportot ezek közül az úgynevezett habán kerámiák képezték. A 16. században Svájcban alakult egy új, protestáns vallási csoport, akiket üldöztek hitük miatt és akiket habánoknak neveznek (a haushaben – házközösség szó után, mivel szigorú, zárt vagyonszociális közösségekben, éltek). A habánok mesterei voltak a fazekasságnak és az ön-ólom mázas kerámia, azaz fajansz készítés titkait ők ismerték akkoriban itt Európában és ők terjesztették el ezt a technikát itt Közép-Európában. Jellegzetesek a színes mázas kerámiáik, fajanszaik, de a különböző színű mázak készítésének és a mázazás technológiájának pontos recepturáját sajnos nem ismerjük, mivel nagyon kevés írott forrás maradt fenn ezzel kapcsolatban. Ezért indult egy nagyobb lélegzetű kutatás (OTKA 81201, 91077), aminek célja megismerni a Kárpát-medencében fellelhető habán kerámiák készítési technológiáját, melynek keretében számos elemzési (anyagvizsgálati) módszert használtak (XRF, XRD, SEM-EDS, CL, TL/OSL). A gyors kémiai elemzéseket lehetővé tevő XRF technikával kapcsolódva a konzorcium munkájához, számos tárgyat (legtöbbjük ép, restaurált) vizsgáltunk meg, aminek során az alap kerámián kívül a különböző színű, motívumú mázakat elemeztük. Ennek keretében kb. 200 darab tárgyat elemeztünk roncsolásmentesen a helyszíneken (Magyar Nemzeti Múzeum, Iparművészeti Múzeum, Néprajzi Múzeum, bécsi Népművészeti múzeum kerámia gyűjteményei, valamint hazai és csehországi magángyűjtemények). A vizsgálatok eredményeiről hazai és nemzetközi konferenciákon számoltunk be. Az eredmények egy részéről már publikáció is megjelent, illetve elkészült azok kézirata, amelyeknek megjelentetése folyamatban van.

## **Eredmények:**

Négy évszázadból származó aquincumi bélyeges téglák anyagát vizsgáltuk röntgendiffrakcióval (XRD), valamint meghatároztuk a jellemző geokémiai bélyegeket kézi, hordozható röntgenfluoreszcens elemző készülékkel (XRF).

Kimutattuk, hogy a tegulák nyersanyagaként a környező nyersanyaglelőhelyek anyagából azt fejtették, ami a legjobban szolgálta az elérendő technológiai eredményt. Nagyfokú homogenitás jellemzi a tegulák kémiai összetételét. A kiugróan eltérő értékek idegen származásra utalhatnak.

A fázisösszetételbeli különbségek az eltérő égetési hőmérsékleteknek, kemencehasználatnak tulajdoníthatók.

Megmutattuk, hogy a tegulák anyagvizsgálati eredményei felhasználhatók a korabeli és jelenlegi agyaggyerőhelyek jellemzésére, így az azonos időben keletkezett egyéb kerámia termékek potenciális nyersanyagaként történő értelmezésére, a helyi- és az import termékek megkülönböztetésére.

Létrehoztuk egy többfunkciós agyag- és kerámia adatbázis alapjait, amelynek folyamatos bővítésével az archeometriai kutatás új lehetőségeit alapoztuk meg.

Az alkalmazott ásvány-közzettani-geokémiai kutatás megbízható eszköztárát kibővítettük a hordozható XRF készülék lehetőségeinek és korlátainak tesztelésével, pontosságának növelésével.

Jelen OTKA pályázat rendkívül fontos eredményének tartjuk továbbá, hogy be tudtuk mutatni az XRF technika (és ezen felül a kémia) szerepének jelentőségét a hazai régészetben, művészettörténetben, restaurálásban, archeometriai kutatásokban. Fontos eredménynek tartjuk a hazai és külföldi intézményekkel, szakemberekkel (múzeumok, gyűjtemények, restaurátorok, régészek, történészek) való párbeszéd kialakítását. Számos vidéki és fővárosi rendezvényen tudtuk népszerűsíteni a kémiát, a természettudományt és kapcsolatukat a társadalomtudományokkal, ezzel bemutatva és kiemelve az archeometria tudományának jelentőségét, fontosságát (Lángész program, Magyar Tudomány Ünnepe, Kutatók Éjszakája, tudományt népszerűsítő gimnáziumi előadások – Veszprémi, Jászberény).

További folyamánya a pályázatnak, hogy a projekt témájához szorosan kapcsolódó munkák mellett számos felkérés érkezett egyéb, hasonló archeometriai feladatokban (XRF mérések) való rendszeres részvételre, oktatásra (Magyar Képzőművészeti Egyetem, Szilikát Restaurátor Szak). Elmondhatjuk, hogy igen jelentős érdeklődés és igény tapasztalható a hordozható XRF technika iránt, melyeknek maximálisan próbáltunk (és próbálunk most is) eleget tenni a pályázat jóvoltából. A jövőben tervezzük a vizsgálatok kiterjesztését, az eddigiek további finomítását, aktív részvételünket a magyarországi archeometriai kutatásokban.

További igényként merült fel a dél-Alföldi, valamint Dunántúli középkori (Árpád kori) téglák hasonlóan komplex archeometriai vizsgálata, valamint további hazai gyűjtemények tárgyainak, leleteinek bevonása a vizsgálatokba.

### **Megjelent publikációk:**

May Z; Tóth M; Szépvölgyi J

Application of a portable and handheld Niton XRF analyzer in studying of ceramics and historical bricks in Hungary

European Meeting on Ancient Ceramics EMAC 2011 September 29<sup>th</sup>-October 1<sup>st</sup> 2011

Vienna, Austria

Abstract

Z. MAY and M. TÓTH

Application of portable (handheld) niton xrf analyser in some archaeometry projects

Technart 2009 Athens, Greece 27-30 April

Abstract

Horvath T, Sipos Gy, May Z, Toth M

The date of the late copper age ritual mask from Balatonőszöd-temetői-dűlő

ANTAEUS: COMMUNICATIONES EX INSTITUTO ARCHAEOLOGICO ACADEMIAE SCIENTIARUM HUNGARICAE 31-32: pp. 499-512.(2010)

Bajnóczi B, Nagy G, May Z, Tóth M

Adalékok a szászkerámiák készítési technikájához anyagvizsgálatok alapján

NÉPRAJZI ÉRTESÍTŐ 93: pp. 95-109. (2011)

Sipos Gy, Horváth T, May Z, Tóth M

Adatok Balatonőszöd – Temetői-dűlő, késő rézkori rituális álarc keltezéséhez

In: Kreiter Attila, Pető Ákos, Tugya Beáta (szerk.)

Környezet – Ember – Kultúra: Az alkalmazott természettudományok és a régészet párbeszéde [Environment – Human – Culture: Dialogue between applied sciences and archaeology]

Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2010.10.06-2010.10.08.

Budapest: Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Örökségvédelmi Központ, 2012. pp. 373-384.  
(ISBN:978-963-88584-8-1)

Lakatos Sz, May Z, Tóth M

Egy bronz Venus szobor vizsgálata régészeti és természettudományos módszerek együttes alkalmazásával

In: Kreiter Attila, Pető Ákos, Tugya Beáta (szerk.)

Környezet – Ember – Kultúra: Az alkalmazott természettudományok és a régészet párbeszéde  
[Environment – Human – Culture: Dialogue between applied sciences and archaeology]

Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2010.10.06-2010.10.08.

Budapest: Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Örökségvédelmi Központ, 2012. pp. 335-342.  
(ISBN:978-963-88584-8-1)

Bajnóczi B, Nagy G, Tóth M, May Z, Pajer J, Ridovics A

Mineralogy and microstructure of „glaze residues” and/or „glaze raw materials” from  
Anabaptist pottery production centres in Moravia

In: Friedl G, Steyrer H (szerk.)

Pangeo Austria 2012: Abstracts.

Konferencia helye, ideje: Salzburg, Ausztria, 2012.09.15-2012.09.20.

Salzburg: pp. 19-20.

Bajnóczi B, Tóth M, Nagy G, May Z

Archaeometric characterization of 17th century tin-glazed Anabaptist (Haban) faience from  
NE-Hungary

In: EMAC 2011 - 11th European Meeting on Ancient Ceramics: Conference program and  
Abstracts.

Konferencia helye, ideje: Vienna, Ausztria, 2011.09.29-2011.10.01.

Vienna: p. 35.

Sipos P, Kovács Kis V, Márton E, Németh T, May Z, Szalai Z

Lead and Zinc in the suspended particulate matter and settled dust in Budapest, Hungary  
EUROPEAN CHEMICAL BULLETIN 1:(11) pp. 449-454. (2012)

Sipos P, Németh T, May Z, Szalai Z

Accumulation of trace elements in the Fe-rich nodules in a neutral-slightly alkaline floodplain  
soil

CARPATHIAN JOURNAL OF EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES 6:(1) pp.  
13-22. (2011)

IF: 1.450

Balázs R, May Z, Németh T

Az amorf vas-oxidok oldódásának kinetikai vizsgálata egy barna erdőtalajon

In: Bertóti Réka Diána, Dobos Endre (szerk.)

Talajtani Vándorgyűlés: talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás  
szolgálatában.

Konferencia helye, ideje: Miskolc, Magyarország, 2012.08.23-2012.08.25.



Balázs B R, Németh T, Sipos P, Szalai Z, May Z  
A réz megkötődésének vizsgálata egy agyagbemosódásos barna erdőtalaj akkumulációs és kilúgozódási szintjein  
TALAJVÉDELEM (különszám) pp. 315-322. (2011)

Márton E, Sipos P, Németh T, May Z  
Transport of pollutants around a high building: integrated magnetic, mineralogical and geochemical study.  
Conference Proceedings, 6th Congress of the Balkan Geophysical Society  
Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2011.10.03-2011.10.06.  
Budapest: European Association of Geoscientists and Engineers, 2011. pp. 1-6.  
(ISBN:978-90-73834-16-3)

Horváth E, May Z, Kovács SJ, Tóth M  
Egy kora középkori cloisonné díszes övcsat: A műhelykörzet lokalizálása archeometriai módszerekkel  
ARCHEOMETRIAI MŰHELY 6:(4) pp. 15-29. (2009)

Sipos P, Németh T, May Z  
Association of trace elements with Fe-rich nodules in an alluvial soil  
MITTEILUNGEN DER ÖSTERREICHISCHEN MINERALOGISCHEN  
GESELLSCHAFT 155: p. 146. (2009)

Sipos P, Németh T, May Z  
Vasas kiválások ásványos összetétele egy Ipoly-menti réti talajban  
AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN 58:(1) pp. 27-44. (2009)

#### **Előkészületben levő publikációk:**

May Z; Tóth M; Szépvölgyi J  
Application of a portable and handheld Niton XRF analyzer in studying of ceramics and historical bricks in Hungary  
Applied Clay Science

Kelemen Éva – Tóth Mária – May Zoltán - Kristály Ferenc– Rózsa Péter– Nyilas István  
Összehasonlító archeometriai téglavizsgálatok a dél-Alföldön  
Studia Archeologica

Kelemen Éva - Tóth Mária - May Zoltán - Kristály Ferenc- Rózsa Péter - Bajnóczi Bernadett -  
Nyilas István - Papp István  
Archeometriai vizsgálatok Békés megyei középkori templomok építőanyagain  
Archeometriai Értesítő

May Zoltán, Tóth Mária, Szépvölgyi János  
Kémia és régészet  
Magyar Kémikusok Lapja

## **Előadások, poszterek:**

Z. MAY and M. TÓTH

Application of portable (handheld) niton xrf analyser in some archaeometry projects

Technart 2009 Athens, Greece 27-30 April

Poszter

May Zoltán

Kémia a történelem szolgálatában, Hordozható XRF készülék bemutatása és alkalmazása archeometriai kutatásokban

MTA Kémiai Kutatóközpont, AKI Szeminárium, 2009

Előadás

May Zoltán, Bajnóczi Bernadett, Bíró Szilvia, Havas Zoltán, Tóth Mária

A hordozható XRF technika alkalmazásának lehetőségei és korlátai az archeometriában, különös tekintettel a kerámiákra

MTA Geokémiai Kutatóintézet, 2009

Előadás

May Zoltán, Bíró Szilvia, Havas Zoltán, Tóth Mária, Szépvölgyi János

A hordozható XRF technika alkalmazásának lehetőségei és korlátai az archeometriában, különös tekintettel a kerámiákra

MTA Kémiai Kutatóközpont, AKI Szeminárium, 2010

Előadás

May Zoltán

Hordozható XRF készülék bemutatása és alkalmazása archeometriai kutatásokban

XIII. MTA KK, Doki Suli, Balatonkenese 2010

Előadás

May Zoltán

Régészeti kutatások a kémia eszközeivel

TudományNap, Hunyadi Mátyás Gimnázium, Budapest, 2010

TudományNap, Szent István Egyetem Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Jászberény, 2011

TudományNap, Lovassy László Gimnázium, Veszprém, 2011

Lángész Zárófesztivál, II. Rákóczi Ferenc Gimnázium, Budapest 2011

Előadások

Zoltán May, Mária Tóth, János Szépvölgyi

Facilities of a portable Niton XL3t XRF analyzer in archaeometry. Metal objects and historical bricks.

ECERS 12. Stockholm, Sweden, 2011

Poszter

Z. MAY and M. TÓTH

Application of portable (handheld) niton xrf analyser in some archaeometry projects

Nemzetközi Restaurátor Konferencia, Magyar Nemzeti Múzeum, 2011

Poszter

May Zoltán  
Kémia és Régészet  
Magyar Tudomány Ünnepe, MTA TTK, 2012  
Előadás