

ISZTRIAI AMFORÁK NYERSANYAGAINAK NEHÉZÁSVÁNY-VIZSGÁLATI EREDMÉNYEI

Obbágy Gabriella^a, Józsa Sándor^a, Szakmány György^a, Bendő Zsolt^a, Bezeczy Tamás^b

^aELTE TTK, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Közzétan-Geokémiai Tanszék, H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c

^bInstitute for the Study of Ancient Culture of the Austrian Academy of Sciences, A-1010 Wien, Bäckerstrasse 13.

Kivonat Az amforák a Római Birodalomban mindenhol tömegesen használt, egyes élelmiszerek (pl. olívaolaj, bor) nagybani kereskedelmének legfőbb szállítóedényei voltak. Vizsgálatukkal tehát betekintést nyerhetünk az egykori gyártási technológia fejlettségébe, a szállítási és kereskedelmi útvonalhálózat működésrendjébe, ezáltal az akkori társadalmi és gazdasági viszonyokat is jobban megismerhetjük. Az i. e. 45–40 és i. sz. 78 között készült Dr. 6B típusú amforákat már számos, régészeti és geológiai vizsgálatnak vetették alá. A legújabb petrográfiai vizsgálatok szerint az Isztriai-félsziget déli részéről, Fažanából származó amforák gyártásához a vörös talaj (a terra rossa felső, talajosodott része) és tengeri üledék mellett a félsziget északi felén elterjedt agyagos-homokos-meszes üledékes kőzetösszetétel – az ún. flis – kőzeteit használták fel. A nyersanyagok pontos keverési aránya azonban még nem tisztázott. Az itt bemutatott mikromineralógiai vizsgálatokat újfajta, fordított megközelítéssel végeztük, ami a lehetséges nyersanyagok nehézásványainak pontos feltérképezésével indult. A terra rosszra és a flisre jellemző karakterisztikus nehézásványok megjelenéséből és a két fő nyersanyagban egyaránt előforduló ásványok eltérő bélyegeinek megfigyeléséből következtethetünk arra, hogy az amforák egyes ásványai melyik típusú nyersanyagból származnak. Így pontosabb képet kaphatunk a fažanai amforagyártó műhely, vagy bármely más, adott területen és időben ezeket a nyersanyagokat felhasználó műhely működésrendjéről, melyen keresztül jobban megismerhetjük az adott kor társadalmi viszonyait.

Abstract Amphora is a special type of vessel that was used in the wholesale trade for the transportation of food (e.g. olive oil, wine) in the Roman Empire. The study of amphorae provides an insight into the trade routes and ancient manufacturing technology. Dr. 6B type amphorae between 45–40 B.C. and 78 A.D. were analysed by both archaeological and geological methods. New style petrographic studies suggested that the paste was a mixture of a red soil (the uppermost, soily part of the terra rossa) and flysch, but their exact place of exploitation and proportion of use for the final paste is still unknown. In this work heavy mineral analysis was applied with a new, reversed approach, starting with precise mapping of the heavy minerals of possible raw materials. According to a recent heavy mineral study, significant differences could be established between terra rossa and flysch. Thus by the heavy mineral analysis of Laecanian amphorae we have better chance to determine more precisely, what kind of raw materials were used and in what proportion were they mixed for the paste of the amphorae in the Fažana workshop. Moreover, our results should help in the raw material research of other amphora-producing workshops in Istria. Application of the presented new style heavy mineral study can help to obtain more precise knowledge about the preparation of paste for different fired pottery products in wider range of space and time.

Kulcsszavak amfora, Fažana, Isztria, kerámia, mikromineralógia, nyersanyag

Key words amphora, ceramics, Fažana, Istria, micromineralogy, raw material

Bevezetés, a kutatás célja

A régészet és a geológia egyes ágai viszonylag régóta szorosan összekapcsolódnak, módszereik jól kiegészítik egymást, hiszen a régészeti leletek nyersanyaga általában földtani eredetű. Ez nincs másként a kerámiák, az egyik leggyakrabban és legnagyobb mennyiségben előkerült régészeti leletek esetében sem.

Munkánk során az Isztriai-félszigetről, Fažanából, a Laecanius család műhelyéből származó Dressel 6B típusú római kori amforák (1. ábra) lehetséges nyersanyagául szolgáló terra rossa és flis (Szakmány et al. 2013) mikromineralógiai vizsgálatát végeztük el.

Az amforák a Római Birodalomban mindenhol tömegesen használt egyes élelmiszerek (pl. olívaolaj, bor) nagybani kereskedelmének legfőbb szállítóedényei voltak. Vizsgálatukkal tehát nemcsak

az egykori gyártási technológia fejlettségébe nyertünk betekintést, hanem a szállítási és kereskedelmi útvonalhálózat működésrendjébe is, ami által az akkori társadalmi és gazdasági viszonyokat is jobban megismerhetjük. A közel 1 m magasságú, alig 1 cm falvastagságú, több szintben szorosan egymáshoz illesztett, termékkel teli amforáknak akár 1000 km-es, sokszor hányatott, vízi és szárazföldi szállítást is ki kellett bírniuk törés nélkül. A fažanai műhely fénykorában évi 10-12000 db amforát gyártottak, tehát nagy tömegben kellett tökéletes, de csak egyszer használatos, vagyis nagyon olcsó terméket készíteni. (Mange & Bezecky 2006)

Az amforák gyártásához tehát jó alapanyag kellett. A fažanai amforákhoz használt nyersanyag pontos összetétele és származási helye azonban máig nem tisztázott. Ennek meghatározásának egyik lehetséges módszere a mikromineralógia, elsősorban a nehézasványok vizsgálata.

Kutatásunk célja a gyártó műhely tágabb környezetéből származó lehetséges nyersanyagok (terra rossa és flis) nehézasványainak meghatározása és összehasonlítása irodalmi adatokkal volt.

Irodalmi áttekintés

Régészeti áttekintés

A mediterrán éghajlaton a virágzó mezőgazdaság hatalmas mennyiségű bort és olívaolajat termelt. Az ősi szöveges források szerint az isztriai olívaolaj a legjobbak között volt a piacon, a bor pedig a római császár asztalára is eljutott. Az olajbogyót a római földbirtokokok termesztették, szüretelték és dolgozták fel. Saját sajtológépeik, szűrőpincék és kerámiaműhelyük (figlina) volt. Az isztriai birtokokon (villákban) termelt olaj kielégítette az északi római provinciák (Raetia, Noricum, Pannonia) és a mai Észak-Olaszország területe jelentős részének igényeit több mint egy évszázadon keresztül. Ezekről a területekről nagy mennyiségű amfora került elő az ásatások során. Az i. e. első századtól az i. sz. második század elejéig az isztriai olívaolaj-termelés nagyon jól dokumentált, Hadrianus császár (i. sz. 117-138) uralkodásának vége felé azonban az isztriai olívaolaj hirtelen eltűnt a piacról, és szerepe helyi jelentőségűvé csökkent (Mange & Bezecky 2006, 2007 és hivatkozásai).

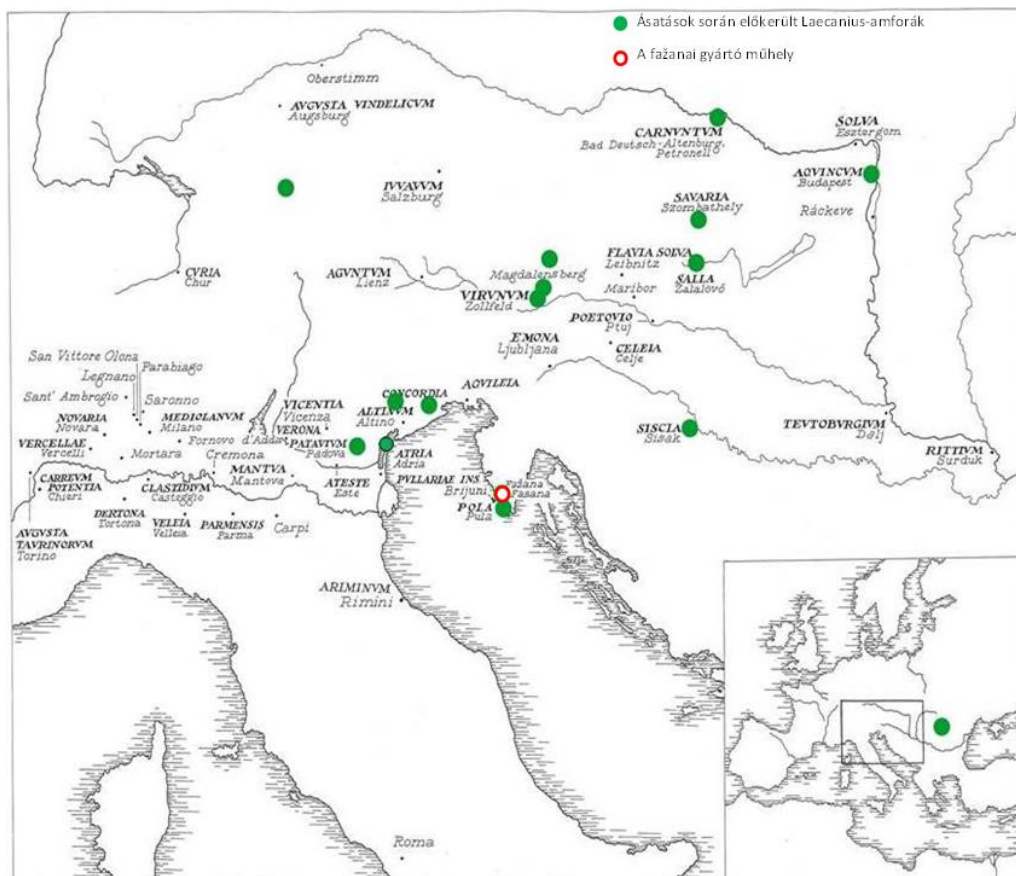
Pula és Tergeste között számos olajtermelő berendezéssel ellátott villa nyomaira bukkantak. Tulajdonosaik többsége szenátor vagy a római elit

tagja volt. Az egyik legjobban ismert földbirtokos családnak, a Laecanius családnak is itt volt villája, Fažanában, Pulától 9 km-re északra. Az i. e. első és az i. sz. második század között itt termelt olajat saját készítésű amforákban, hajókon exportálták Észak-Itáliába és az Alpok-menti provinciákba. Horvátország, Ausztria, Svájc, Szlovénia és Magyarország területéről eddig több mint 50 helyről kerültek elő Laecanius-amforák (2. ábra).



1. ábra. Dressel 6B típusú amfora (Mange & Bezecky 2006).

Hagyományosan a Laecanius-amforákat mind Dressel 6B típusúnak tekintik, de az egyes példányok között adódhatnak kisebb-nagyobb eltérések. (Sajnos csak néhány egész amforát találtak eddig, túlnyomó többségük töredék.) Minden amfora szegélyén két pecsét látható, középen a családé, a fül fölött pedig a földbirtokos (vilicus) pecsétje. A Laecanius pecsét mellett több mint 40 különböző vilici pecsét szerepel, melyekből megismerhetjük a műhely relatív kronológiai történetét. A fažanai figlina három szakaszát különböztetik meg a pecsétek és az írott történelmi adatok alapján: (1) az i. e. első sz. végétől i. sz. 78-ig tartozott a Laecanius családhoz, (2) Vespasianus császár (i. sz. 69-79) uralkodása alatt a Laecanius család örökös nélkül maradt, így a tulajdonjog a császárra szállt át. A feljegyzések szerint a műhely Hadrianus uralkodása alatt is használatban állt. (3) Úgy feltételezik, hogy az i. sz. második század harmadik felétől M. Aurelius Iustus bérelte a műhelyt (Mange és Bezecky 2006, 2007 és hivatkozásai).



2. ábra. A Laecanius-amforák területi elterjedése (Bezeczky 1998 után módosítva).

Földtani háttér

Az Isztriai-félsziget (3. ábra) Horvátország északnyugati részén helyezkedik el. Területe mintegy 2820 km²-t tesz ki, míg a maximális tengerszint feletti magasságát (1400 m) a Čićarija-hegységben, a félsziget északkeleti részén éri el. Délnyugaton tipikus karsztos plató található, 5-10 m mély dolinnakkal és karrokkal. Ezt közvetlenül terra rossa talaj fedi. A vízhálózat a félsziget középső részén rendkívül fejlett, három fő folyója (Dragonja, Mirna és Raša) is erről a flis területéről ered.

Az Isztriai-félsziget geológiai szempontból három régióra osztható (4. ábra): a jura-kréta-eocén karbonát platformra Isztria déli és nyugati részén; a kréta-eocén karbonátos-törmelékes zónára, jellemzően áttolódásos szerkezetekkel Kelet- és Északkelet-Isztriában (Plomintól és Učkatól Čićarijaig); és a – horvát szerzők szerint hagyományosan eocénnek tartott, Mikes et al. (2008) szerint azonban miocén (a továbbiakban: eocén-miocén) –

flis medencére Isztria középső részén (Durn et al. 1999). A felső-pleisztocén lösz csak a déli és északkeleti régióban jelenik meg.

A karsztos folyamatok és az éghajlat hatására a félszigeten különböző típusú üledékek, valamint kvarter paleotalajok jöttek létre.

A geológiai sajátosságoknak megfelelően Isztria különböző területei speciális neveket is viselnek, ezek „Vörös”, „Szürke” és – néhány helyen – „Fehér” Isztria.

Az Isztriai-félsziget az Adriai-karbonátplatform északnyugati része, földtani értelemben két részre osztható: a félsziget nagy részét (délen és nyugaton) a vörös talajjal, vagy terra rossa-val fedett mezozoós-paleogén karbonátos összlet („Vörös Isztria”) borítja, míg északkeleten a márgás vagy homokos talajjal fedett miocén flis („Szürke Isztria”) jellemző. Isztria keleti-északkeleti részén, a kréta-eocén karsztosodó mészkőbúvákat esetenként „Fehér Isztria” néven emlegetik (Velić et al. 2003).



3. ábra. Isztria domborzata és említett területei, városai (http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/Dinarisches_Gebirge_Topo.png).

A terra rossa és a flis nehézásványos összetétele

A terra rossa egy vöröses (Munsell skála szerint 5YR és 10R közé eső) színű agyagos, kőzetlisztes-agyagos talaj, ami leginkább a mediterrán régióban terjedt el, mészkőre vagy dolomitra diszkordánsan települ. Egyes kutatók szerint a karbonátos kőzetek oldási maradékából származik, mások szerint azonban nem képződhetett kizárólag a karbonátos kőzetekből, hanem hozzájárulhatott a magasabban fekvő területekről származó törmelékes üledékes kőzetek lepusztuló anyaga is (Durn et al. 1999).

A flis képződése ennél kevésbé vitatott, egyértelműen hegységképződési folyamatokhoz és a hegység kiemelkedéséhez kapcsolódó megnövekedett reliefkülönbség miatti lepusztuláshoz kapcsolódik. A Pazin-medencében felhalmozódott üledékösszlet elsősorban a meszes-terrigén turbiditeket képviseli.

Korábban Durn et al. (2007) vizsgálták a terra rossa és a flis nehézásványait, közülük is a 45-63 µm közötti frakciót. Négy főbb csoportba sorolták a nehézásvány-szemcséket, úgy mint: áttetsző nehézásványok, opak szemcsék, limonitos elegyrészek és pirittel kitöltött foraminiferák.

Az áttetsző ásványok Durn et al. (2007) megállapítása alapján a terra rossában sokkal nagyobb arányban vannak jelen (15-86%), mint a flisben (9-

37%). Ezek közül is a leggyakoribbak az epidot csoport (epidot-klinozoizit-zoizit) ásványai (A függelék), melyek általában azonos méretűek és szabálytalan alakúak. A cirkon a terra rossa mintákban jellemzően éles, szögletes, bipiramisos megjelenésű és nagy számban, akár 26%-ban is előfordulhat. A flis minták cirkonjaira ezzel szemben inkább a lekerekített formák, és viszonylag szerényebb mennyiség jellemző (13. ábra). A rutil szórványosan jelentkezett mind a terra rossa, mind a flis mintákban. Gránátot majdnem minden vizsgált minta tartalmazott, ezek mind színtelenek, általában szabálytalan alakúak és korrózió nyomai is gyakran megfigyelhetők rajtuk. A gránátok a flisben gyakoribbak, mint a terra rossában. A turmalin szemcsék prizmásak, időnként függőleges barázdákkal vagy véletlenszerű zárványokkal, elvégződésük általában szabálytalan. A törött példányok nem jellemzőek. Főként barnák, de a terra rossa mintákban – ahol egyébként is gyakoribbak – néhány kék fajtát is megfigyeltek.

1. táblázat. Északnyugat-isztriai flisek nehézásványos összetétele (Mikes 2003).

Minta	KOR-1	SCA-1	IZO-1	MOM-1
krómspinell	13.2	17.0	16.3	27.1
spinell	0.0	0.6	0.3	1.1
cirkon	5.5	19.1	7.1	12.9
turmalin	10.7	6.1	4.3	4.7
rutil	7.4	9.7	8.0	8.7
leukoxén	4.0	3.9	2.8	3.9
apatit	6.1	2.4	2.5	0.8
gránátok	47.5	29.4	50.3	37.1
kloritoid	1.2	1.5	1.8	0.8
staurolit	1.2	0.9	1.2	0.0
epidot	0.0	0.3	0.3	0.0
zoizit	0.0	0.6	0.3	0.0
klinozoizit	0.9	0.0	0.0	0.0
glaukofán	0.0	0.3	0.3	0.3
hornblende	0.0	0.3	0.3	0.0
tremolit	0.0	0.0	0.6	0.0
andaluzit	0.0	0.6	0.0	0.0
sillimanit	0.3	0.9	0.9	0.0
kianit	0.0	0.0	0.0	0.0
ortopiroxén	0.0	3.0	0.9	0.0
klinopiroxén	0.3	0.6	0.6	1.1
monzonit	0.3	0.3	0.0	0.3
titanit	1.2	2.4	1.2	1.3
allanit	0.0	0.0	0.0	0.0
Összes szemcse	326	330	328	380

Opak szemcséket és limonitos elegyrészeket minden mintában találtak, limonitos elegyrészeket

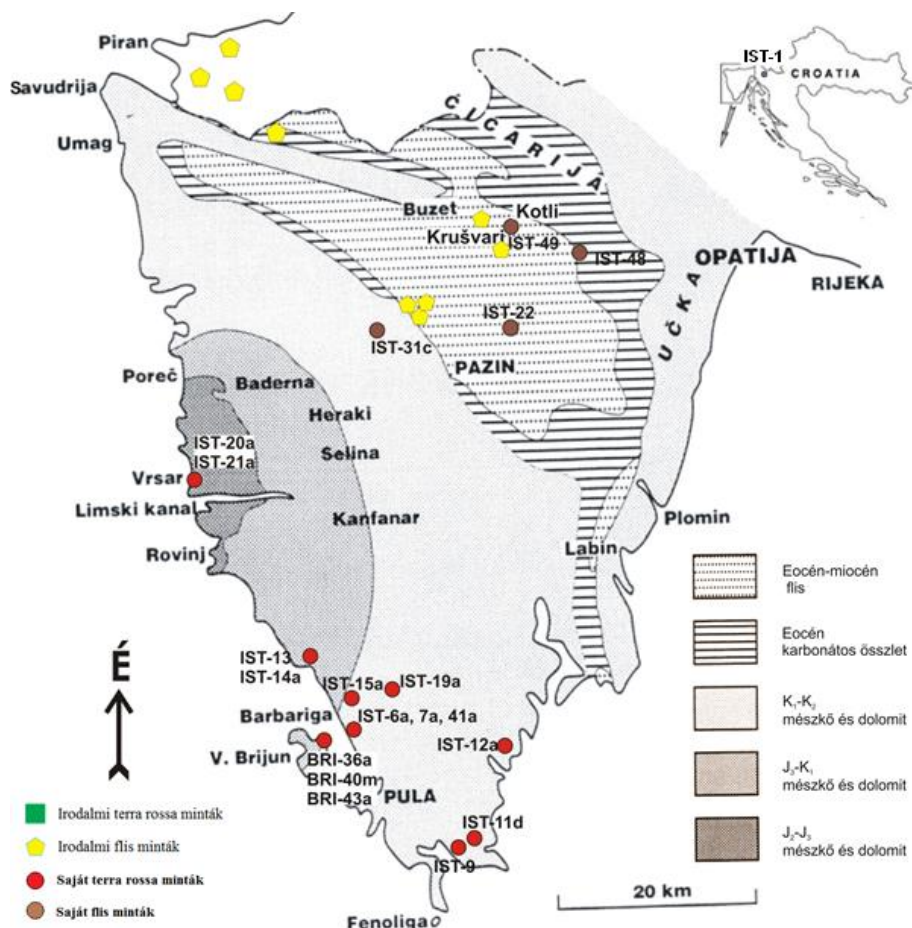
legnagyobb mennyiségben a flisben (10-36%). A pirites foraminiferák a terra rossában nem, csak a flisben fordulnak elő, a bennük található pirit autigén eredetű (B függelék). Sajnos a nehézásványok megjelenésének arányát a teljes kőzetben vagy a szemcsefrakcióban nem közölték.

Mikes (2003) diplomamunkájában foglalkozott többek között az ÉNy-Isztria területén található flis nehézásvány-társulásával is (1. táblázat).

Az általa vizsgált 63-125 µm közötti mérettartományban, megállapítása szerint a területen a gránát az uralkodó nehézásvány (30-51%), de a krómspinell aránya (17-23%) szintén nagyon jelentős. A rutil és a turmalin részaránya körülbelül 10-10%. A cirkon mennyisége mintánként nagyon eltérő lehet (5-20%), az apatit viszont szinte mindig csak kis mennyiségben van jelen (2%). Járulékos nehézásványként kloritoid (~1%), nyomokban staurolit, andaluzit, sillimanit, epidot, zoizit,

klinozoizit, glaukofán, tremolit, zöld spinell (pleonaszt), ilmenit, magnetit, klinopiroxén, hornblende, monacit és titanit fordul elő. A klorit, a szerpentin és az ortopiroxén viszonylag ritka. Érdekes lehet, hogy a glaukofán és a tremolit a környék flismedencéinek nehézásvány-eloszlását vizsgálva csak az Isztriai-medencében jelenik meg.

Mikes (2003) az isztriai mintáiban található gránát és turmalin optikai tulajdonságait is részletesen vizsgálta (2. táblázat). Ezek alapján a gránátok túlnyomó többsége színtelen (sztereo-mikroszkópban halványrózsaszín), a maradék 2-12% pedig rózsaszínű. Jellemzően nem korrodáltak, de egyes minták esetén kis mértékben korrodált, vagy kerekített gránát szemcsék is szokványosak. A turmalin szemcsék törtek vagy prizmás termékek, a koptatottság és a korrózió nem jellemző rájuk. A kéktől eltekintve szinte minden színváltozata megtalálható



4. ábra. Isztria egyszerűsített földtani térképe a mintavételi helyekkel. Irodalmi minták: Durn et al. (2007) és Mikes (2003) (térkép: Velić et al. 1995 alapján).

2. táblázat. Az Isztriai-medence gránátjainak és turmalinjainak optikai vizsgálati eredményei (Mikes 2003).

minta	medence	színtelen	rózsaszínű	kagylós törés, nincs korrózió	csomós, mirigyes felület;	kismérvű korrózió	fűrészfogszerű felület; erős korrózió	kerékített	szemcsék száma
MOM-1	Is	96	4	++	.	.	.	.	141
SCA-1	Is	98	2	+	+	.	.	.	97
KOR-1	Is	88	12	+	.	.	.	+	155
IZO-1	Is	98	2	++	.	.	.	.	166

TURMALIN	színtelen-zöld	színtelen-barna	színtelen-fekete	rózsásbarna-fekete	sárgásbarna-fekete	halványbarna-sötétbarna	bázis szerinti elválás; zöld	halványzöld-sötétzöld	zöld-barna	zöld-fekete	kék	barna-kék	színtelen-kék	törött	prizmás termetű	nagy prizma + piramis	koptatott	korrodált felületű	szemcsék száma
MOM-1	22	11	0	22	11	11	6	0	6	11	0	0	0	++	+	.	.	.	18
SCA-1	5	20	0	15	15	25	20	0	0	0	0	0	0	+	+	.	.	.	20
KOR-1	11	11	0	23	9	17	14	9	0	6	0	0	0	+	+	.	.	.	35
IZO-1	0	43	0	14	7	0	36	0	0	0	0	0	0	++	+	.	.	.	14

++ uralkodó, + szokványos, . alárendelt, □ nem észlelt

Az amforakutatások eddigi eredményei

A Laecanius műhelyből származó, i. e. 10-5 és i. sz. 78 között készült amforákat már számos, régészeti és geológiai vizsgálatnak vetették alá. Általában a szöveti analízis az első a kerámiák petrográfiai leírása során, hiszen fontos információkat hordoz a kerámia nyersanyagára és gyártási technológiájára vonatkozóan. Ide tartoznak a szín, fizikai tulajdonságok, szövet és a zárványok. Ezen tulajdonságok alapján a jelzett időszakban kilenc szövettípusba sorolhatók az amforák, de a töredékek nagy részére főleg két szövettípus jellemző. Ez azt jelenti, hogy az edények nyersanyaga és a gyártási technológia tulajdonképpen változatlan maradt a műhely működése során.

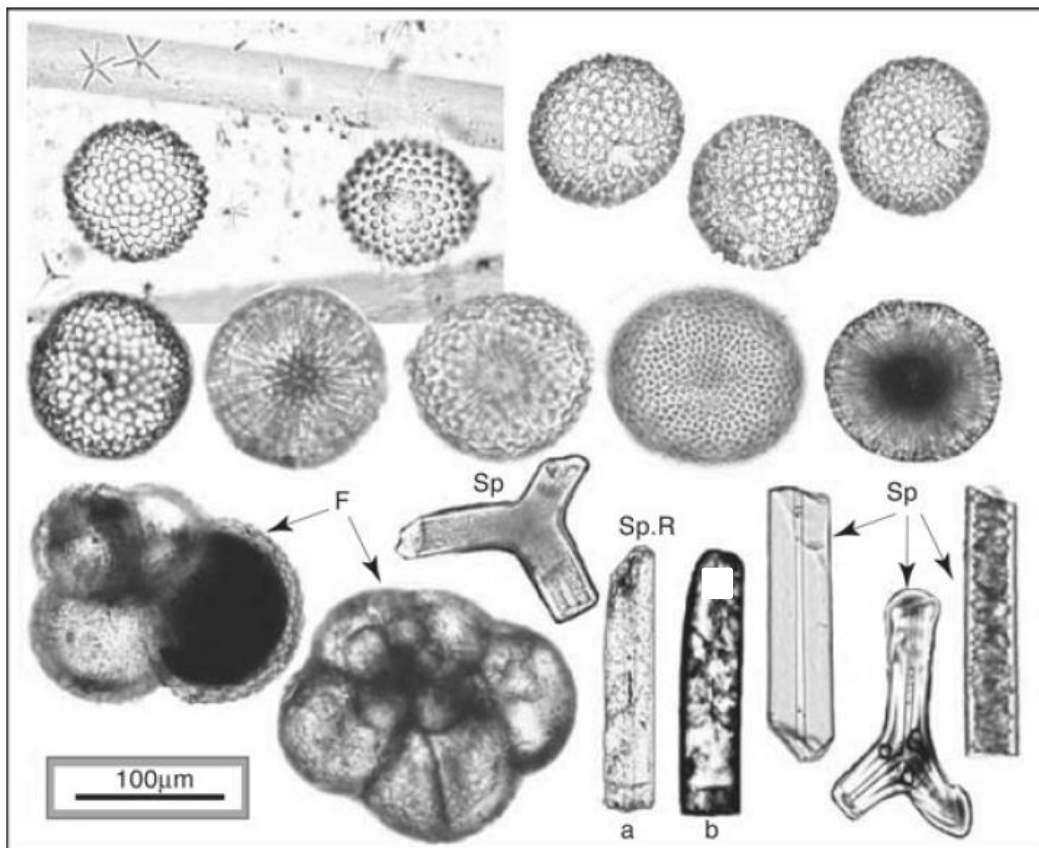
Mivel a kerámia tulajdonképpen természetes eredetű anyagokból álló antropogén, magas hőmérsékleten keletkezett metaüledékes kőzetnek tekinthető, így a geológiai laboratóriumi módszerek éppolyan jól használhatóak esetükben, mint egy közönséges kőzet esetén. Peacock (1967, 1970) végzett először kerámiákon nehézásvány-vizsgálatot. Ő ismerte fel a módszerben rejlő lehetőségeket a nyersanyag származását, illetve a kerámiák osztályozását és csoportosítását illetően. A soványítóanyag azonosítása szükséges a különböző műhelyek gyártási technológiájának rekonstruálásához, a nehézásvány-vizsgálat pedig ehhez is hatásos módszernek bizonyult (Dickinson 2007). Számos kutató alkalmazta már a nehézásvány-analízist kerámiák, főleg amforák tanulmányozására (Williams 1977; Peacock & Williams 1986).

A röntgen pordiffrakciós (XRD) és petrográfiai vizsgálatok azt mutatták, hogy a Dressel 6B típusú amforák legfőbb törmelékes elegyrésze a kvarc; plagioklász, illit és csillámokat csak kisebb mennyiségben tartalmaznak (Józsa és Szakmány, 1987; Józsa és mtsi., 1994). Az amforák kiégetési hőmérsékletére is következtetni lehet az XRD vizsgálatok alapján, ezek 750 és 900 °C közötti hőmérsékletnek adódtak (Weiszbürg és Papp, 1987). Ezt az intervallumot további három hőmérsékleti tartományra bonthatjuk az edények nyersanyagába feltehetően soványítóanyagként került karbonát, valamint az égetéskor keletkezett piroxén és gehlenit megjelenési arányai alapján. (1) „alacsony” kiégetési hőmérséklet esetén a karbonát a meghatározó, a piroxén és a gehlenit hiányzik; (2) „közepes” kiégetési hőmérséklet esetén a karbonát már átalakult, de még felismerhető, ugyanakkor piroxén és gehlenit is megjelenik; (3) „magas” kiégetési hőmérséklet esetén karbonát már nem maradt meg, a kalcium-szilikátok (piroxén és gehlenit) azonban jól felismerhetők. A vizsgált minták általában az „alacsony” hőmérsékleti tartományba estek (Mange és Bezecky 2006).

Mange és Bezecky (2006, 2007) összehasonlító értékelésében az isztriai terra rossa nehézásványai és a Laecanius töredékek jelentős hasonlóságot mutatnak, ami szerintük azt jelenti, hogy a műhely valószínűleg ezt a nagy mennyiségben és területen rendelkezésre álló anyagot használta az amforák alapanyagaként, amit valamilyen karbonátos és/vagy törmelékes soványítóanyaggal keverték. Az amfora és a terra rossa nehézásványai között

mutatkozó különbségeket a terra rossa térbeli és időbeli heterogenitásának tulajdonították. A terra rossa nagy mennyisége és területi elterjedése magyarázza a műhely sikerességét és hosszú ideig tartó fennállását. Ezt segíthette elő a soványítóanyag helyi, adriai eredete is. Űde, recens szivacsstűket is találtak az amforatöredékekben (5. ábra), amik nagy hasonlóságot mutatnak az Adriai-tenger mai szivacsfaunájával. A tipikusan alpi ere-

detű nehézásványok megjelenését a Pó folyó hordalékszállításával magyarázzák. A világosabb színű, kőzetlisztesebb/homokosabb amforák nyersanyagai ettől eltérő eredetűek. Következtetésük szerint a mikrofauna alapján adriai eredetű alapanyagot valószínűleg helyi lösszel keverték. Erre utal a finomszemcsés szórt karbonát is a mátrixban, mert a lösz rosszul kristályosodott karbonátot tartalmaz.



5. ábra. Plankton foraminiférák (F) és szivacsstűk (Sp) a Laecanius amforákból (Mange & Bezecsky 2007).

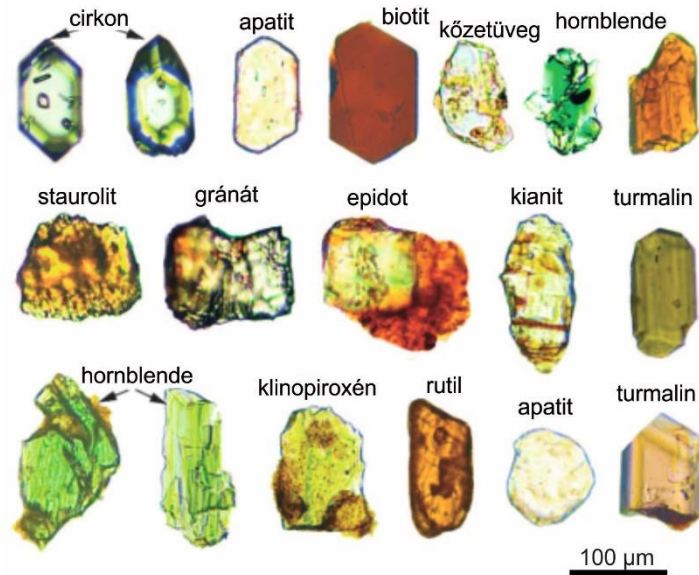
A cserépdarabokból készült nehézásvány-vizsgálatok kimutatták (3. táblázat, 6. ábra), hogy az amforák változatos és jó megtartású nehézásványokat tartalmaznak, az epidot csoport tagjaiban és gránátban a leggazdagabbak. Cirkon, turmalin és barnaamfibol meglehetősen nagy számban fordul elő. Az apatit, rutil és a kianit eléggé gyakori. Más ásványok kis számban, de sok mintában fordulnak elő, úgy mint: zöld és barna spinell, számos amfibol-fajta, piroxén, staurolit, ritkán anatóz,

brookit, allanit, korund, kék alkáli amfibol, szerpentin és sillimanit. A csillám csoportból a biotit a leggyakoribb, alkalmanként kis számban klorit is előfordul, a fehér csillámok azonban ritkák.

Az eredeti szemcsealakok ugyan módosulhattak a kerámiagyártás során, de mivel az idiomorf és prizmás alakok meglehetősen gyakoriak és tipikus visszaoldódási nyom jelentkezik néhány piroxénen, stauroliton és kianiton, – ami a diagenezis során az eredeti üledékes kőzetben jöhetett létre – a csiszolódás mértéke nem lehetett nagyon nagy.

3. táblázat. A Laecanius amforák nehézásványos összetétele (Mange & Bezeczky 2007).

	cirkon	turmalin	apatit	rutil	staurolit	kianit	epidot-csoport	titanit	hornblende	piroxén	krómspinell	gránát	egyéb	Megjegyzések, egyéb fajok
Amphora cserépdarabok														
A 62	11	14	9	4	0	1	29	1	7	0	1	23	0	Antofillit nyomokban
A 75	11	14	8	5	0	0	29	3	8	0	0	22	0	
A 336	18	7	5	10	0	0	27	0	9	0	0	24	0	
A 388	4	13	15	3	0	1	31	2	20	0	0	12	0	
A 414	6	9	7	5	1	1	30	1	25	0	1	12	2	Antofillit, tremolit
A 433	8	12	4	8	0	1	30	1	15	1	1	19	2	Tremolit
A 656	4	12	4	2	0	0	38	3	11	1	0	25	0	
B 151	8	18	6	1	0	0	26	4	1	3	0	28	3	Sillimanit, ortopiroxén
B 453	7	9	20	2	0	2	29	1	10	0	0	21	0	
B 339	1	3	7	6	0	1	38	2	15	0	0	28	0	Kőzetüveg töredékek
C 169	21	17	5	8	0	1	17	2	8	0	1	20	2	Allanit, tremolit, kianit nyomokban
D 461	4	4	7	3	1	0	33	5	4	1	1	36	2	Allanit
D 595	4	5	12	1	1	1	23	3	4	0	1	43	1	Allanit
E 71	10	12	4	8	2	0	23	0	12	0	0	29	0	
E 362	16	1	13	7	0	1	15	4	12	1	2	28	0	Ortopiroxén nyomokban
F 161	17	10	10	2	0	0	27	0	8	0	0	25	0	
F 254	16	11	6	2	0	0	32	3	13	1	0	16	1	Halványkék amfibol
G 459	11	3	13	2	0	0	38	1	12	5	1	12	3	Korund, zöld spinell
H 467	3	2	10	1	0	1	43	2	19	0	0	16	4	Glaukofán, serpentin, tremolit
H 125	2	5	9	0	0	0	36	3	11	0	1	32	1	Sillimanit
I 370	6	6	9	4	0	0	46	1	15	0	0	12	1	Tremolit, sillimanit nyomokban
I 472	9	5	5	2	0	1	48	3	9	1	0	17	0	Ortopiroxén nyomokban
I 611	2	7	2	3	0	1	47	3	18	0	0	12	4	Tremolit



6. ábra. Nehézásványok amfora cserepekből (Mange & Bezeczky 2007).

Vizsgálati módszerek

Minta-előkészítés

A kimért 200 g-os mintákat terra rossák esetében vízben, konszolidáltabb kőzetek – mint pl. a flis kőzetek nagy része – esetén híg savban (4%-os ecetsavban, illetve 5%-os sósavban) oldva, iszapolással és nedves szitálással általában 4 ($<63\ \mu\text{m}$, $63\text{--}125\ \mu\text{m}$, $125\text{--}250\ \mu\text{m}$, $250\ \mu\text{m}<$), durvaszemcsés esetben 5 frakcióra ($250\text{--}1000\ \mu\text{m}$) különítettük el.

Két mérettartományból ($63\text{--}125\ \mu\text{m}$ és $125\text{--}250\ \mu\text{m}$ közötti frakció) bromoformmal (sűrűsége: $2,89$

g/cm^3) leválasztottuk a nehézásványokat, és preparátumot készítettünk belőlük.

A preparátumkészítés során egy tárgylemezt a kívánt méretben műgyantával (Araldit D és térhálósító 5:1 arányú keveréke) bekentünk, óvatosan beleszórtuk a nehézásványokat a gyantába, ügyelve arra, hogy a lehető legkevesebb szemcse kerüljön egymás fölé. Körülbelül 15 perc szilárdulási idő után még egy vékony réteg műgyanta került a szemcsékre, majd egy kemény, sík műanyaglap, melyet egy súly segítségével lenyomtunk, hogy a szemcsék lehetőleg egy szintben legyenek (7. ábra). Miután megszáradt, csiszolás és polírozás után tulajdonképpen egy fedetlen vékonycsiszolat lett belőle.



7. ábra. Lesúlyozott preparátumok (saját fénykép).

Az így készült preparátumok előnye, hogy az üveggel fedett rész felől a szemcsék épek, így a színük és alakjuk kiválóan vizsgálható sztereomikroszkópban, ugyanakkor másik oldalról $30\ \mu\text{m}$ -es vastagságúra csiszoltak, ezért polarizációs mikroszkóp is segítheti a szemcsék meghatározását.

20 minta iszapolása történt meg (14 terra rossa, 4 flis és 2 összehasonlító talajminta), melyek mindegyikének 2 nehézásvány-vizsgálatra felhasznált frakciójából ($63\text{--}125\ \mu\text{m}$ és $125\text{--}250\ \mu\text{m}$) sztereomikroszkópos vizsgálat után 26 nehézásvány-preparátum készült.

(A vizsgált minták munkafolyamatunkénti tömegét és vizsgálati módszereit lásd a C függelékben.)

A nehézásványok optikai vizsgálata

Sztereo- és polarizációs mikroszkópi vizsgálatok alapján a mintákat kategorizáltuk, és később a fő típusokat részletes elektronmikroszkópos vizsgálatoknak vetettük alá. Ehhez az ELTE TTK, Kőzettani és Geokémiai Tanszék AMRAY 1830 típusú, EDAX PV 9800 EDS detektorral ellátott pásztázó

elektronmikroszkópját használtuk $1\ \text{nA}$ mintáram, $20\ \text{kV}$ gyorsítófeszültség és 100 másodperc mérési idő mellett. Az adatok kiértékeléséhez nemzetközi standardokat használtunk. Körülbelül $300\text{--}400$ ásványszemcsét határoztunk meg ily módon, majd a mért szemcséket újra megnéztük polarizációs mikroszkóp alatt, ezzel is javítva a többi, hasonló megjelenésű ásvány azonosíthatóságát. A mennyiségi meghatározások során mintánként $100\text{--}200$ szemcsét számláltunk meg polarizációs mikroszkóp alatt.

Eredmények

Munkánk során 26 nehézásvány-preparátumot (18 terra rossa, 6 flis és két összehasonlító talajminta) vizsgáltunk meg az amforák lehetséges nyersanyagában előforduló nehézásványok pontosabb megismerése érdekében. Ebből ötöt vizsgáltunk meg részletesebben is a mennyiségi adatok kinyerése érdekében.

A továbbiakban az öt, mennyiségi szempontból is vizsgált preparátumon mutatjuk be a nehézásványok minőségi jellemzőit is.

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a durvább szemcseméretű frakció (125-250 µm) – a minta típusától függetlenül - főleg autigén opakásvány-szemcsékből áll (~90%), az áttetsző ásványokat a terra rosszában főleg gránát, cirkon, az epidot csoport tagjai és kékes-zöld amfibolok jelentik, emellett staurolit és turmalin is előfordul. A flis mintákban elsősorban opakásvánnyal (főként framboidális pirittel, de sok helyen már csak ennek átalakulási termékével) kitöltött foraminiferák és nyúlt, vasas szemcsék találhatók nagy számban (8. ábra).

A finomabb frakció (63-125 µm) azonban ennél sokkal változatosabb, így ebből a mérettartományból készítettünk összehasonlítást.

A terra rossa nehézásványai

Az IST-7a N 63-125 egy Fažanától keletre, 600 m-re található út menti mezőről, a szántásból származik, jellegét tekintve terra rossa talaj. A nehézásvány-fázisok közül még mindig az opak elegyrészek a leggyakoribbak (~34%), de az áttetsző ásványok már meghaladják a részarányukat a mintában. A SEM-EDX vizsgálatok alapján az opak ásványok 34%-a valószínűleg magnetit, 25%-a pedig ilmenit. A leggyakoribb áttetsző ásványok az epidot csoportba tartoznak, a szemcsék kb. 30%-a ide sorolható (14. ábra). Jellemzően színtelenek, vagy gyengén sárgásan színezettek, alakjuk legtöbbször szabálytalan, esetleg lekerekített prizmás. A gránát csoport ásványai 10%-át alkotják a mintának. Ezek ásványos összetétele nagyon változatos, nem csak szintelen változatai, de a sárgásbarna andradit is megjelenik. A limonitos elegyrészek aránya – a többi mintához képest – meglehetősen kevés, mindössze 5%. Kis mennyiségben Ti-tartalmú ásványokat (rutilt, titanitot és anatázt), a tremolit-ferroaktinolit sor tagjait, hornblendét, staurolitot, cirkont tartalmaz (9. és 10. ábra). Nyomokban glaukofán (17. ábra), turmalin, apatit és kianit is előfordul. Az ásványok megjelenése szinte kivétel nélkül sajátalakú.

Az IST-14a N 63-125 jelű preparátum Barbarigától 1 km-re délkeletre, a tengerpartról származik. Jellegét tekintve terra rossa, szálból, a lemezes mészkő közvetlen fedőjéből. Az opak szemcsék aránya nagyon hasonló az előző mintához, 32%. A limonitos elegyrészek viszont nagyobb részarányt képeznek, 18%-ot. Az epidot csoport aránya jóval kisebb, mindössze 17%. A gránát részaránya jóformán megegyezik (12%).

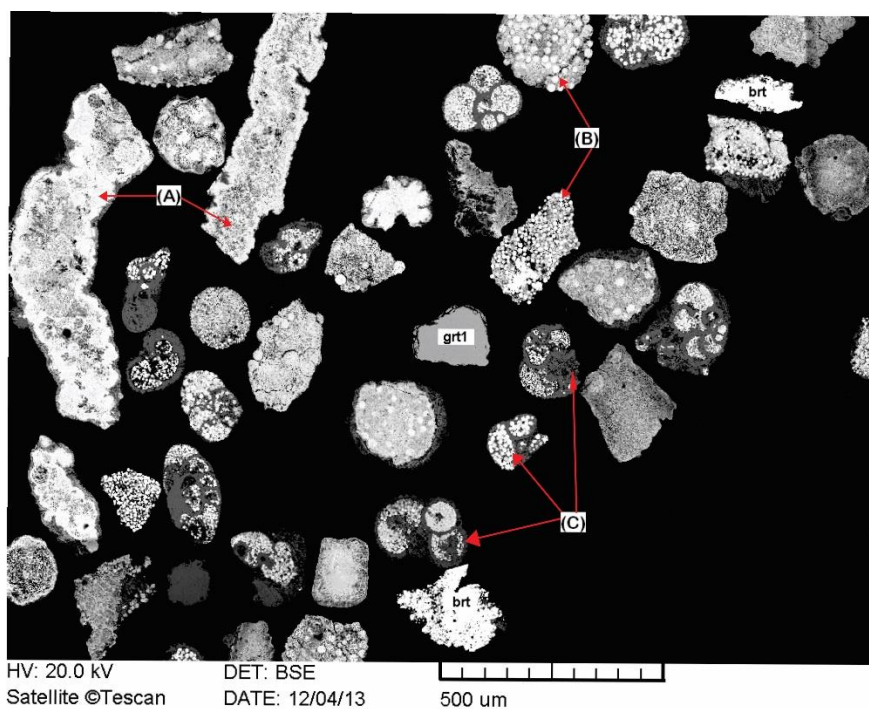
Kis mennyiségben hornblendét, a tremolit-ferroaktinolit sor tagjait, Ti-ásványokat és turmalint tartalmaz. Nyomokban kianit, staurolit, cirkon, glaukofán és krómspinell is előfordul. Az előző mintához nagyon hasonlóan gazdag elemi összetételű, sokféle, leggyakrabban idiomorf ásvány alkotja.

A flis nehézásványai

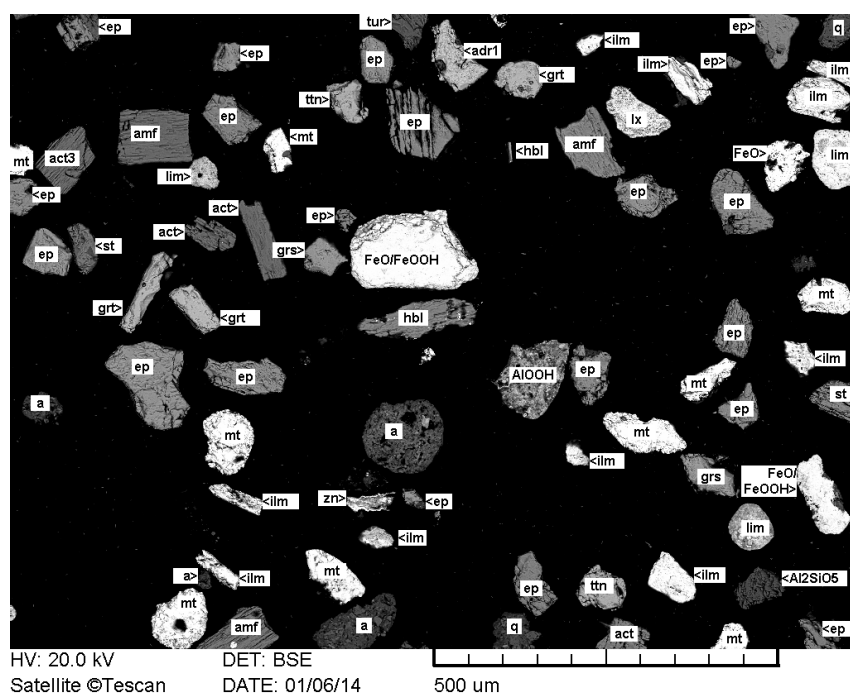
Az IST-48 N 63-125 a Mirna partjáról, közvetlenül a part mentén, az ártér üledékéből származó finom homok. Ebben a mintában a legtöbb szemcse már utólagos limonitosodáson ment át (34%). Az opak elegyrészek még mindig elég nagy számban vannak jelen. Nagyon jellemző, hogy pirit tölti ki a foraminiferákat, így azok a nehéz frakcióba kerültek. Ezek a pirites, vagy utólagosan elmállott pirites foraminiferák a minta 22%-át teszik ki. A gránát az előzőekhez hasonlóan, 10%. Nyomokban Ti-tartalmú ásványok, apatit, a tremolit-ferroaktinolit sor tagjai, krómspinell, cirkon, turmalin és staurolit fordul elő (11. ábra). Az ásványok alakja jellemzően inkább hipidiomorf, az élek sokkal koptatottabbak, mint a terra rossa-beli nehézásványok esetében.

Az IST-49/5 N 63-125 jelű minta a Kotli-Krušvari közötti út mentén, a Kotlitól kb. 1 km-re lévő flis szelvény meszes homokkövéből, a vékony padok agyagos-meszes rétegei közül származik. A limonitos elegyrészek itt is nagy mennyiségben, 36%-ban vannak jelen. A titán-tartalmú ásványok (rutil, titanit, anatáz) aránya számottevő az előzőekhez képest (20%). Az opak ásványok aránya itt a legkevesebb, csupán 13%. A minta jelentős mennyiségű (10%) krómspinellt tartalmaz (14. ábra). A gránát csoport 7%-nak adódott. Nyomokban turmalin, cirkon, epidot, apatit és staurolit fordul elő (12. ábra). Az IST-48 mintához hasonlóan itt is elmondható, hogy az ásványok sokkal több utólagos hatásnak voltak kitéve, koptatottabbak, töredettebbek, mint a terra rossa nehézásványai (15. és 16. ábra).

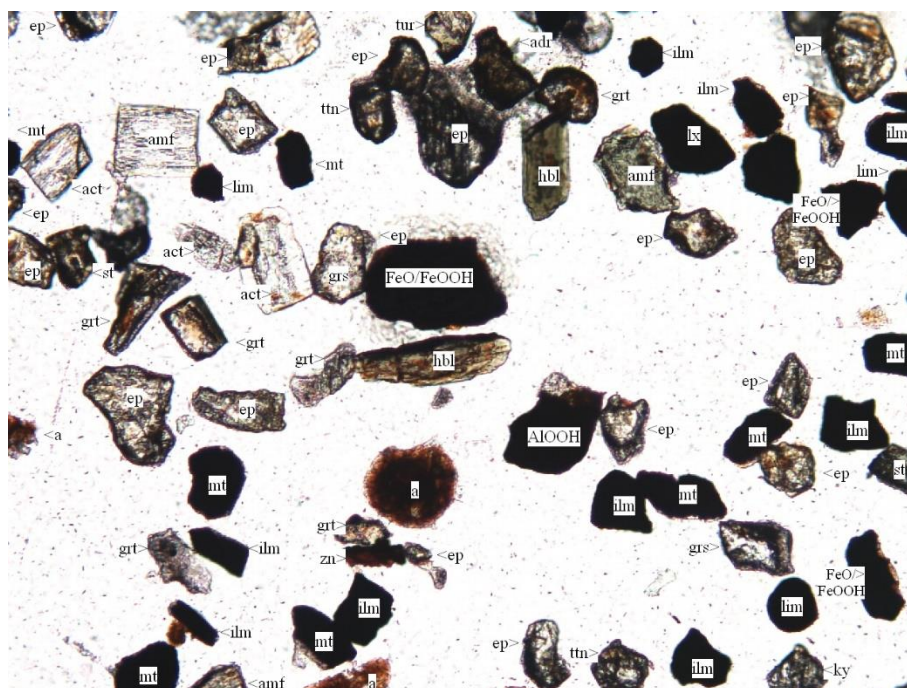
Összességében elmondható, hogy a terra rossa és a flis nehézásványai nagyjából megegyeznek, azonban egymáshoz viszonyított arányuk (4. táblázat), valamint ugyanazon ásványok flisben és terra rosszában való megjelenése, illetve a két nyersanyag relatív nehézásványtartalma (C függelék) jelentős mértékben eltér egymástól.



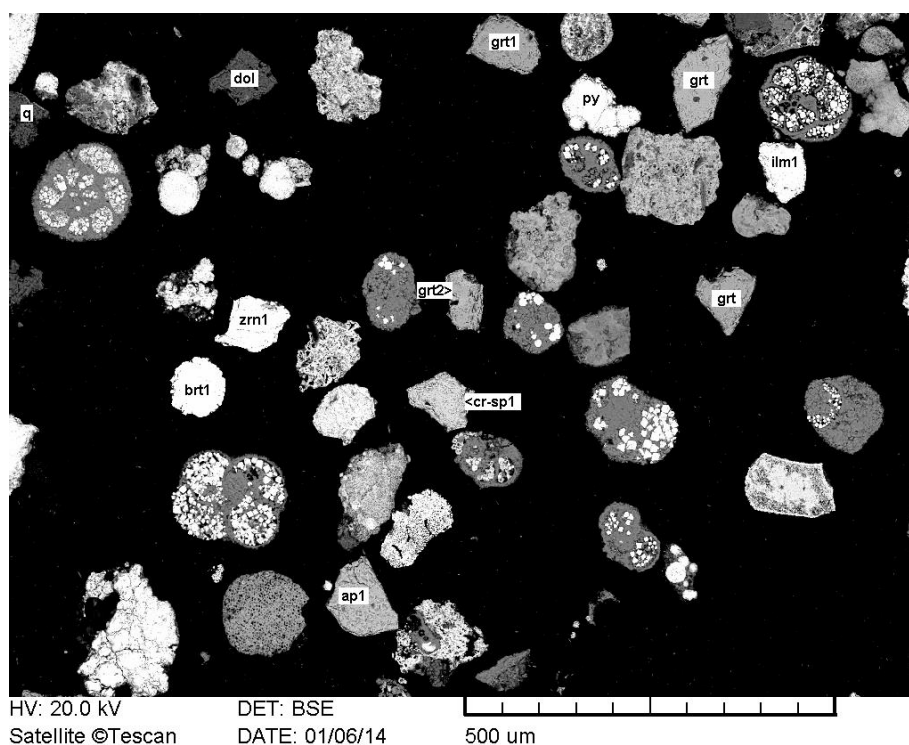
8. ábra. Nyúlt vasas szemcsék (A), framboidális pirít (B) és foraminiferák (C) az IST-31c N 125-250 mintában grt: gránát, brt: barit.



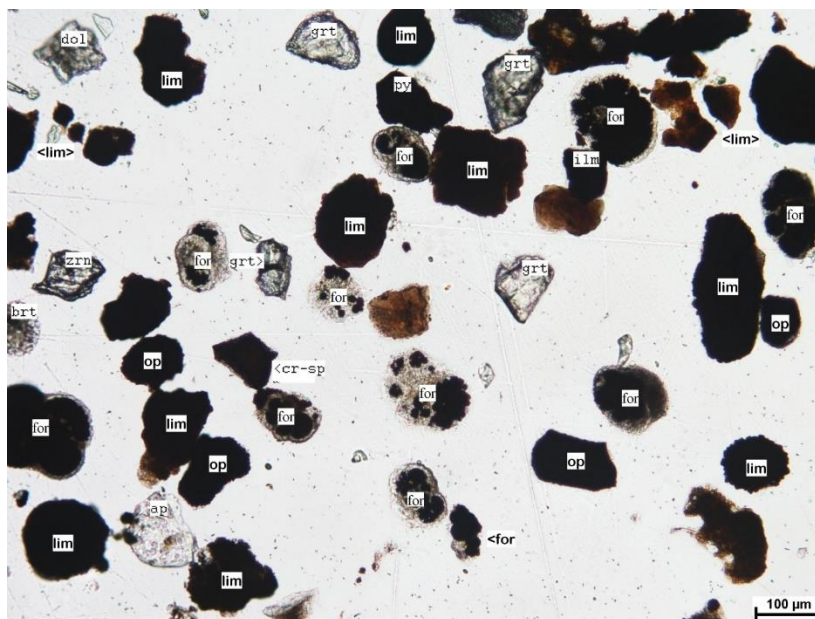
9. ábra. Az IST-7a N 63-125 jelű terra rossa minta visszaszórt elektron képe (A használt ásványnév-rövidítéseket lásd a D függelékben).



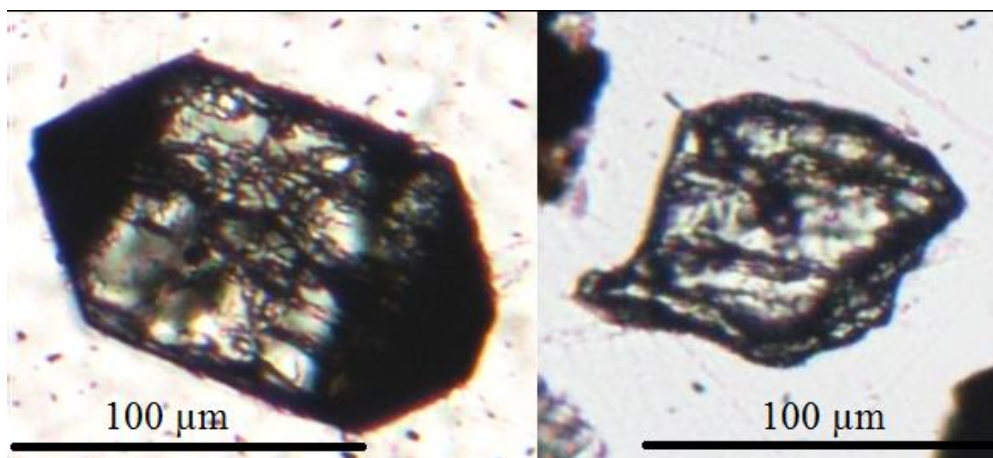
10. ábra. Az IST-7a N 63-125 jelű terra rossa minta polarizációs mikroszkópi képe (A használt ásványnév-rövidítéseket lásd a D függelékben).



11. ábra. Az IST-48 N 63-125 jelű flis minta visszaszórt elektron képe (A használt ásványnév-rövidítéseket lásd a D függelékben).

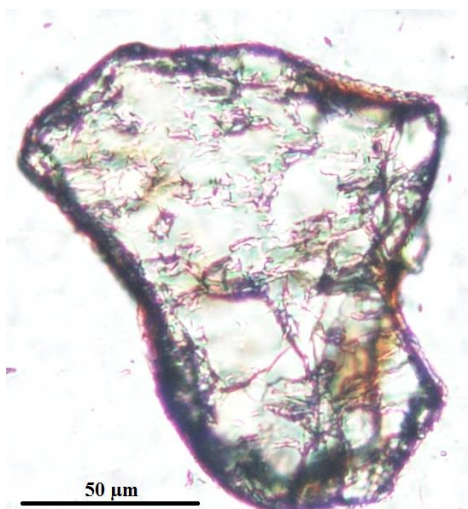


12. ábra. Az IST-49/5 N 63-125 jelű flis minta polarizációs mikroszkópi képe (A használt ásványnév-rövidítéseket lásd a D függelékben).

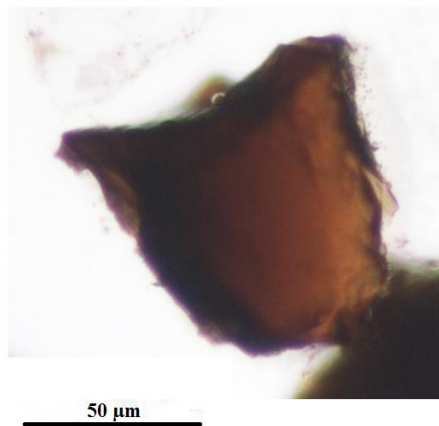


13. ábra. A terra rossa idiomorf (balra) és a flis hipidiomorf (jobbra) cirkonja.

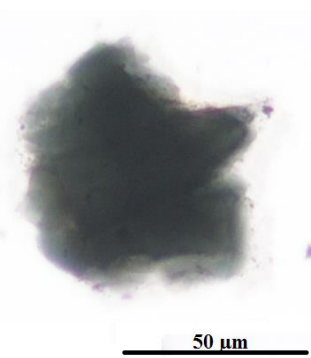
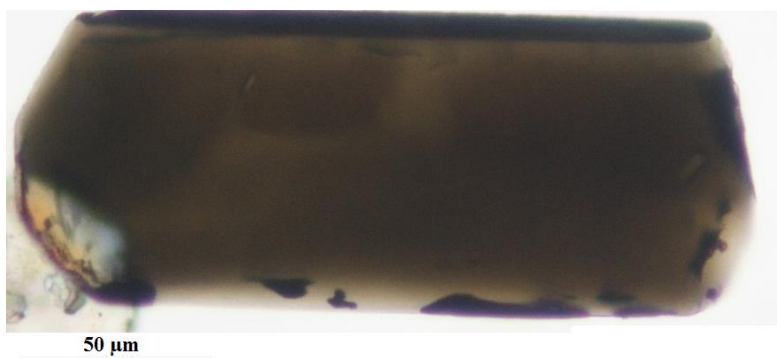
A



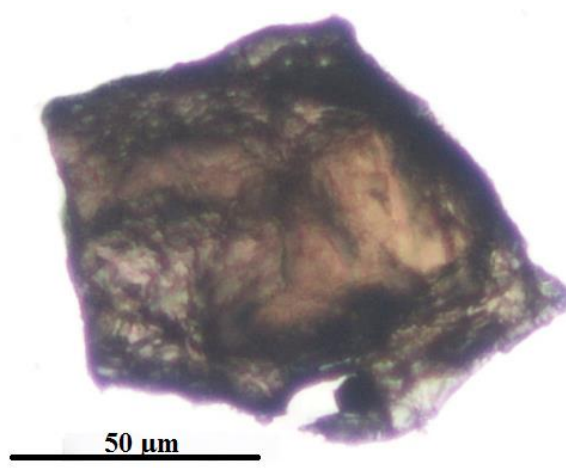
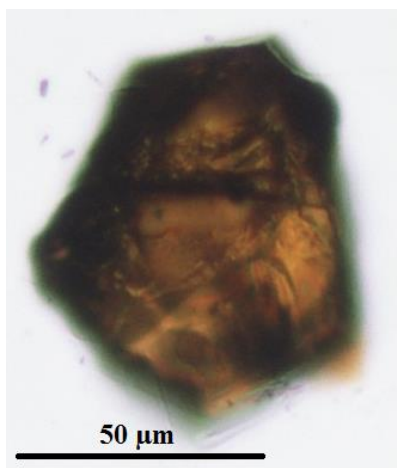
B



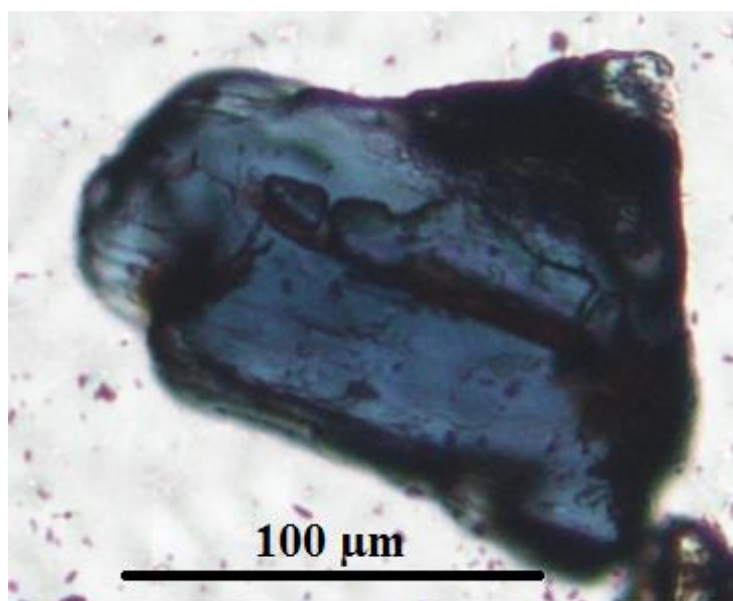
14. ábra. Jellegzetes ásványok A) a terra rossában (epidot) és B) a flisben (krómspinell).



15. ábra. A terra rossa (balra) és a flis (jobbra) turmalin polarizációs mikroszkópi képe.



16. ábra. A terra rossa (balra) és a flis (jobbra) rutil polarizációs mikroszkópi képe.



17. ábra. Terra rossából származó glaukofán.

4. táblázat. Két terra rossa (IST-7a és 14a) és két flis minta (IST-48 és 49/5) nehézásványos összetétele.

	IST-7a N 63-125		IST-14a N 63-125		IST-48 N 63-125		IST-49/5 N 63-125	
opak	71	34%	64	32%	33	24%	12	13%
filloszilikátok	2	1%	3	2%			5	6%
limonitos elegyrészek	11	5%	36	18%	46	34%	32	36%
pirites foraminiferák					30	22%		
epidot csoport	63	30%	34	17%			1	1%
cirkon	3	1%	1	1%	1	1%	2	2%
TiO ₂	9	4%	5	3%	3	2%	18	20%
gránát csoport	21	10%	23	12%	13	10%	6	7%
turmalin	2	1%	4	2%	1	1%	3	3%
hornblende	5	2%	9	5%				
tremolit-ferroaktinolit	6	3%	8	4%	2	1%		
glaukofán	2	1%	1	1%				
egyéb amfibol	4	2%						
titanit	6	3%	4	2%	1	1%		
krómspinell			1	1%	2	1%	9	10%
apatit	1				3	2%	1	1%
kianit	1		2	1%				
staurolit	4	2%	2	1%	1	1%	1	1%
Összes szemcse	211		197		136		90	

Az eredmények értékelése

A terra rossa és a flis nehézasványainak összevetése

A vizsgált terra rossa és flis minták nehézasványos összetétele alapján elmondható, hogy a két nyersanyagtípusban megjelenő ásványok nagyon hasonlóak, viszont arányuk eltérő.

Az egyes ásványok mennyiségi és minőségi eltérései mellett a 63-125 μ m-es frakcióban az is megfigyelhető, hogy az összes nehézasvány tömegének aránya a teljes közettömeghez képest a terra rossában általában egy nagyságrenddel nagyobb, vagyis körül-belül tízszer akkora, mint a flisben.

Az opak ásványok a terra rossában közel izometrikusak és nagyobb részarányt képviselnek, mint a flisben, ahol ezzel szemben gyakran hosszúkások, járatkitöltésekre emlékeztetőek. A limonitos elegyrészek a flisből kerültek elő sokkal gyakrabban. A pirites foraminiferák megjelenése kizárólag a flishez köthető, de nincs minden mintában. A terra rossában foraminiferák egyáltalán nem jelennek meg, az epidot csoport tagjai viszont annál inkább (17-30%), ezek idiomorf-hipidiomorf közepeken vagy jól koptatott szemcsék. Az epidot csoport a flisben csak nyomokban jelentkezik. Cirkon mindkét típusú mintában csak kis mennyiségben van jelen, viszont alakja és megjelenése nagyon karakterisztikus az adott nyersanyagra. A terra rossában prizmás, bipiramisos, míg a flisben töredettebb, hipidiomorf. A titán-tartalmú ásványok előfordulásának gyakoriságából nem lehet messze menő következtetéseket levonni, viszont a terra rossákban főleg minden oldalról kristálylapokkal határolt, jól felismerhető vörösbarna rutil képében jelennek meg (16. ábra). A gránát csoport körülbelül azonos mennyiségű a mintákban, de a flisben andraditot nem találtunk. A turmalin és a staurolit alaki sajátosságai a cirkonhoz nagyon hasonló módon különböznek a terra rossában és a flisben: a terra rossában a turmalin barna vagy kék, hosszú lécszerű alakú vagy ditrigonális, míg a flisben kizárólag töredékes (15. ábra). Az amfibolok a terra rossa mintákra jellemzők, a flisben csak nyomokban fordulnak elő a tremolit-ferroaktinolit sor tagjai. Krómspinell minden esetben található a flis mintákban, a terra rossában azonban csak nyomokban (14. ábra). Az apatit a terra rossában sajátalakú, de csak nyomokban található. A flisben valamivel nagyobb mennyiségben fordul elő, és polarizációs mikroszkóp alatt gyakran narancssárga a nagy vas-tartalma miatt.

Amforákkal való előzetes összevetés, a módszer alkalmazása

Mange és Bezeczký (2006, 2007) már végzett mikromineralógiai kutatásokat az amforák nyersanyagának származását illetően, feltételezték, hogy az egyik összetevő a terra rossa, melyet némi parti homokkal keverhettek, a flist azonban még nem említik, mint lehetséges nyersanyagot (Szakmány et al. 2013). Munkánk eddigi eredményei alapján már tudjuk, hogyan néz ki pontosan az isztriai terra rossa és a flis – mint a két legvalószínűbb nyersanyag – nehézasványos összetétele, így következtetni tudunk arra, hogy az amforák nehézasványai melyik anyagból származhatnak. Az amforák nehézasványként legnagyobb mennyiségben az epidot csoport tagjait tartalmazzák, ezek nagy valószínűség szerint szinte kivétel nélkül a terra rossából kerülhettek az edényekbe. A gránát, turmalin, cirkon, rutil és staurolit viszont már mindkét nyersanyagból származhat. Az előzőekben részletezett különbségeik azonban bizonyíthatják eredetüket. A Mange és Bezeczký (2006, 2007) által bemutatott krómspinellek viszont egyértelműen a flisre utalnak.

Mindezen eredmények alapján elmondhatjuk, hogy a fordított megközelítéssel végzett nehézasvány-vizsgálati módszer (tehát ha először a nyersanyagokat vizsgáljuk, és nem a belőlük készült terméket, ahogyan korábban) alkalmas lehet az amforák, vagy akár más Isztrián készült cserépedény-féleségek nyersanyag-összetételének pontos meghatározására, hiszen meg tudjuk különböztetni az egyes nyersanyagok nehézasványait egymástól. Így pontosabb képet kaphatunk a fažanai amforagyártó műhely, vagy bármely más, adott területen és időben ezeket a nyersanyagokat felhasználó műhely működéséről, melyen keresztül jobban megismerhetjük az adott kor társadalmi viszonyait.

Arra azonban vigyáznunk kell, hogy a mennyiségi és minőségi (pl. alak, koptatottság, zárványok, szín) vizsgálatok mellett az egyes nyersanyagok nehézasvány-összközet arányára és a vizsgált mérettartományra is fordítsunk elég figyelmet. Ha ugyanis a nyersanyagba kis részaránnyal, de a fő nyersanyagnál jóval nagyobb nehézasvány-tartalommal került be egy összetevő, akkor a keverék, így a kiégetett edény nehézasvány spektrumát szinte teljesen a maga képére alakíthatja. Ez a kiindulási alapanyagok keveredési arányát illetően téves következtetéshez vezethet.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetet mondani az Osztrák Tudományos Akadémiának (P 23684) a kutatás anyagi támogatásáért, illetve köszönjük a tanácsokat a lektoroknak, Dr. Péterdi Bálintnak és Thamóné Dr. Bozsó Editnek.

Felhasznált irodalom

- Bezeczky, T. 1998. The Laecanius amphora stamps and the villas of Brijuni, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien.
- Dickinson, W.R. 2007. Discriminating among volcanic temper sands in prehistoric potsherds of Pacific Oceania using heavy minerals. In: Mange, M., Wright, D. (szerk.): Heavy Minerals in Use, Developments in Sedimentology Vol. 58, 1007–1033.
- Durn, G., Ottner, F., Slovenec, D. 1999. Mineralogical and geochemical indicators of the polygenetic nature of terra rossa in Istria, Croatia. *Geoderma* 91, 125–150.
- Durn, G., Aljinović, D., Crnjaković, M. & Lugović, B. 2007. Heavy and light mineral fractions indicate polygenesis of extensive terra rossa soils in Istria, Croatia. – In: Mange, M., Wright, D. (szerk.): Heavy Minerals in Use – Development in Sedimentology, 58: 701–737, Amsterdam.
- Józsa, S., Szakmány, Gy. 1987. Petrology. In: Bezeczky, T. (szerk.) Roman Amphorae from the Amber Route in Western Pannonia. British Archaeological Reports International Series 386, Oxford, 103–124.
- Józsa, S., Sauer, R., Szakmány, Gy., Weiszbürg, T. 1994. Mineralogisch petrografische Untersuchungen. In: Bezeczky, T. (szerk.) Amphoren-funde vom Magdalensberg und aus Pannonien, Ein Vergleich (143–166). Archäologische Forschungen zu den Grabungen auf dem Magdalensberg 12, Klagenfurt.
- Mange, M., Maurer, H. F. W. 1992. Heavy Minerals in Colour. London, 148.
- Mange, M., Bezeczky, T. 2006. Petrography and provenance of Laecanius amphorae from Istria, northern Adriatic region, Croatia. *Geoarchaeology: An International Journal* 21, 427–458.
- Mange, M., Bezecky, T. 2007. The provenance of paste and temper in Roman amphorae from the Istrian Peninsula, Croatia. In: Mange, M., Wright, D.T. (szerk.), Heavy Minerals in Use. Developments in Sedimentology, Vol. 58, 1007–1033.
- Mikes T. 2003. A külső-dinári eocén flis lehordási területének mikromineralógiai vizsgálata, Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Közettan-Geokémiai Tanszék, Budapest, 78.
- Mikes, T., Báldi-Beke, M., Kázmér, M., Dunkl, I., von Eynatten, H. 2008. Calcareous nannofossil age constraints on Miocene flysch sedimentation in the Outer Dinarides (Slovenia, Croatia, Bosnia-Herzegovina and Montenegro). In: Siegesmund, S., Fügenschuh, B., Froitzheim, N. (szerk.): Tectonic Aspects of the Alpine-Carpathian-Dinaride System. – Geological Society Special Publication 298, London, 335–363.
- Munsell Soil Color Charts, 1994. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments, New Windsor.
- Szakmány Gy., Józsa S., Bezeczky T. 2013. Provenance and technology of Fažana Amphora Workshop: a case study of Laecanii and Imperial amphorae. Abstract of EMAC 2013, 12th European Meeting on Ancient Ceramics, Padova, Italy, 19–21 September 2013, 64..
- Peacock, D. P. S. 1967. The heavy mineral analysis of pottery; a preliminary report. *Archaeometry* 10, 97–100.
- Peacock, D. P. S. 1970. The scientific analysis of ancient ceramics: a review. *World Archaeology* 1, 375–389.
- Peacock, D. P. S., Williams, D. F. 1986. Amphorae and the Roman Economy, an Introductory Guide. London, 239.
- Velić, I., Tišljarić, J., Vlahović, I., Matičec, D., Bergant, S. 2003. Evolution of the Istrian Part of the Adriatic Carbonate Platform from the Middle Jurassic to the Santonian and Formation of the Flysch Basin During the Eocene: Main Events and Regional Comparison. In: Evolution of Depositional Environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin. 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija – Vlahović, I., Tišljarić, J. (szerk.) September 17–19, 2003, Field Trip Guidebook, 3–17.
- Weiszbürg, T., Papp, G. 1987. X-ray powder diffraction analyses. In: Bezeczky, T. (szerk.): Roman Amphorae from the Amber Route in Western Pannonia. British Archaeological Reports International Series 386, Oxford, 128–133.

Williams, D. F. 1977. The Romano-British black-burnished industry: an essay on characterization by heavy mineral analysis. In: Peacock, D. P. S. (szerk.) Pottery and Early Commerce: Characterization and Trade in Roman and Later Ceramics, 163–220.

Whitney, D. L., Evans, B.W. 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist, Vol. 95, 185–187.

Wikipedia, 2007 április 19. Dinarisches Gebirge Topo (on-line). URL: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/Dinarisches_Gebirge_Topo.png (2014 01. 09.)

Függelék

A függelék: Terra rossa minták nehézasványos összetétele százalékban (Durn et al. 2007).

Mintaszám	1	2	9	15	22	25	131	134	136	53	55	47	52	234	237	42	97	101
opak	6,6	11,5	17,6	6,1	10,6	16,3	22,8	26,3	24,0	19,6	8,5	14,3	23,1	16,5	14,4	18,9	27,0	4,8
epidot csoport	65,6	51,9	53,7	31,8	55,8	48,8	38,0	31,9	30,0	47,8	43,8	19,3	10,4	52,0	50,4	40,6	30,8	37,0
limonitos elegyrészek	11,5	4,6	8,1	3,9	1,8	5,4	12,0	6,9	10,0	7,2	10,8	19,3	19,7	3,1	6,4	12,6	18,4	32,7
tremolit-ferroaktinolit	3,3	9,9	8,1	13,4	8,8	9,3	1,9	5,0	6,7	8,7	8,5	2,5	0,6	8,7	10,4	5,6	6,5	3,0
turmalin	1,6	0,8	0,0	1,1	1,8	4,7	8,2	9,4	9,3	5,1	5,4	11,2	9,8	4,7	2,4	7,7	4,3	7,9
filloszilikátok	0,8	9,2	2,9	34,1	0,9	1,6	2,5	3,8	1,3	3,6	4,6	2,5	0,0	2,4	1,6	1,4	0,0	0,0
gránát csoport	4,1	6,1	2,9	1,1	8,0	3,9	3,8	4,4	2,0	0,7	7,7	7,5	2,9	4,7	8,8	4,2	4,9	3,0
cirkon	2,5	0,0	1,5	1,1	3,5	2,3	2,5	4,4	5,3	2,2	5,4	10,6	15,0	3,1	4,0	2,1	2,7	4,2
rutil	0,8	0,0	0,0	0,0	2,7	2,3	1,9	2,5	5,3	2,2	1,5	6,2	7,5	1,6	0,0	2,1	1,1	1,8
hornblende	1,6	0,0	2,9	2,2	2,7	1,6	1,9	0,6	0,7	1,4	2,3	2,5	2,9	2,4	0,8	1,4	1,1	0,6
kianit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,6	1,9	0,7	0,7	0,8	0,0	1,2	0,8	0,0	0,7	2,2	0,6
amfibol (egyéb)	0,0	3,8	1,5	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	2,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4
glaukofán	0,8	0,0	0,0	0,6	0,9	0,8	1,3	0,6	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,5	0,0
ismeretlen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,6	0,0	0,0	0,0	1,2	1,7	0,0	0,0	0,0	0,5	0,6
kloritoid	0,0	0,0	0,7	1,1	0,9	1,6	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
krómspinell	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	1,2	1,7	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0
anatáz	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,6	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
apatit	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
brookit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
ortopiroxén	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
kőzettörmelék	0,0	0,8	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
korund	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0
titanit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
klinopiroxén	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
staurolit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
pirites foraminiferák	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
andaluzit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
gipsz	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
cölesztin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
barit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
kőzetüveg-töredék	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
vezuvián	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
összesen	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

B függelék: Flis minták nehézasványos összetétele százalékban (Durn et al. 2007).

Mintas szám	87	88	89	91	92	93	94
glaukofán	0	0	0	0	1	0	0
klinopiroxén	0	0	0	1	0	0	0
ortopiroxén	0	0	1	0	0	0	0
kianit	0	1	0	0	0	0	0
korund	0	1	0	0	0	0	0
titanit	0	1	0	0	0	0	0
kloritoid	0	1	0	0	0	0	0
anatáz	0	0	0	0	1	0	0
brookit	0	0	2	0	0	0	0
limonitos elegyrészek	36	11	36	25	20	16	10
opak	1	28	6	12	17	51	62
epidot csoport	30	30	20	23	25	4	9
gránát csoport	9	11	16	13	14	1	2
pirites foraminiferák	0	1	1	1	0	15	14
cirkon	4	2	6	6	2	1	0
turmalin	4	4	2	6	6	0	0
filloszilikátok	6	1	2	2	1	7	2
krómspinell	2	3	3	2	3	1	0
kőzettörmelék	6	0	5	1	0	1	0
hornblende	1	4	0	3	2	2	0
tremolit-ferroaktinolit	0	2	0	1	6	0	0
rutil	2	1	0	4	1	0	0
apatit	0	0	1	1	0	2	2
amfibol (egyéb)	0	0	0	0	0	0	0
andaluzit	0	0	0	0	0	0	0
összesen	100	100	100	100	100	100	100

C függelék: Az általunk vizsgált minták munkafolyamatonkénti tömege és vizsgálati módszerei.

Minta-szám	Minta típusa	Eredeti tömeg (g)	Szemcseméret			Leválasztás után						Vizsgálati módszer		Nehézasvány/összközet*1000			
			63-125 (µm)	125-250 (µm)	250< (µm)	63-125 µm			125-250 µm			polarizációs és sztereomikroszkóp	SEM-EDX	Terra rossa		flis	
						nehéz	könnyű	összesen	nehéz	könnyű	összesen			63-125 µm	125-250 µm	63-125 µm	125-250 µm
IST-1	TR	200,0056	0,5391	0,8518	10,0100	0,0043	0,5177	0,5220	0,0058	0,7885	0,7943	x		0,0215	0,0290		
IST-6a	TR	200,0020	2,9217	0,4668	2,5719				0,0246	0,4386	0,4632	x			0,1230		
IST-7a	TR	200,0305	3,0091	0,6039	0,4421	0,0544	2,5090	2,5634	0,0193	0,5827	0,602	x	63-125 µm	0,2720	0,0965		
IST-9	TR	200,0294	1,7787	0,2011	1,5491				0,0068	0,1905	0,1973	x			0,0340		
IST-11d	TR	200,0002	11,2696	1,5699	1,5079				0,1115	1,4471	1,5586	x			0,5575		
IST-12a	TR	200,0050	2,1990	0,0834	0,0766				0,0136	0,066	0,0796	x			0,0680		
IST-13	TR	200,0169	1,5970	0,3177	6,1360				0,0141	0,2906	0,3047	x			0,0705		
IST-14a	TR	200,0084	0,4365	0,1114	0,2250	0,0279	0,3981	0,4260	0,0211	0,0854	0,1065	x	63-125 µm	0,1395	0,1055		
IST-15a	TR	200,0022	1,4283	0,4077	0,3651				0,0119	0,3942	0,4061	x			0,0595		
IST-19a	TR	200,0020	0,2147	0,0663	0,0831				0,0074	0,0574	0,0648	x			0,0370		
IST-20a	TR	200,0444	0,4412	0,0539	0,4501				0,0055	0,0432	0,0487	x			0,0275		
IST-21a	TR	200,0471	1,8266	0,1567	0,3180				0,0175	0,1379	0,1554	x			0,0875		
IST-22	flis	200,0092	2,8552	0,5599	14,3866	0,0235	2,6673	2,6908	0,0297	0,5129	0,5426	x	63-125 µm			0,1175	0,1485
IST-31c	flis	200,0099	3,3506	3,6498	2,5516				0,0838	2,569	2,6528	x	125-250 µm				0,4190
BRI-36a	talaj	119,1464	0,4444	0,2349	0,3767				0,0113	0,2222	0,2335	x					
BRI-40m	iszap	44,2800	4,8942	3,6112	3,4907				0,0059	2,9759	2,9818	x					
IST-41a	TR	200,0022	4,1525	0,5389					0,0186	0,5161	0,5347	x			0,0930		
BRI-43a	TR	187,3384	1,4834	0,1928	0,2113	0,0282	0,6478	0,6760	0,0108	0,1799	0,1907	x		0,1505	0,0576		
IST-48	flis	200,0269	27,3697	15,1428	5,2950	0,0081	5,0911	5,0992	0,0376	2,9088	2,9464	x	mindkettő			0,0405	0,1880
IST-49/5	flis	193,1030	18,4622	3,0285	0,0587	0,0047	6,9420	6,9467				x				0,0243	
													ÁTLAG (g)	0,1459	0,1033	0,0304	0,1259

D függelék: A használt ásványnév-rövidítések.

rövidítés	név	rövidítés	név
a	agyag	hbl	hornblende
act	aktinolit	ilm	ilmenit
adr	andradit	lim	limonit
amf	amfibol	lx	leukoxén
ap	apatit	mt	magnetit
brt	barit	op	opak
cr-sp	krómspinell	py	pirit
dol	dolomit	q	kvarc
ep	epidot-csoport	st	staurolit
for	foraminifera	ttn	titanit
grs	grosszulár	tur	turmalin
grt	gránát	zrn	cirkon