

ISZTRIAI AMPHORÁK LEHETSÉGES NYERSANYAGAINAK NEHÉZÁSVÁNY-VIZSGÁLATI EREDMÉNYEI

TDK dolgozat

OBBÁGY GABRIELLA

Földtudományi BSc

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Földrajz- és Földtudományi Intézet

Kőzettan-Geokémiai Tanszék



Témavezető: Dr. Józsa Sándor (ELTE-TTK Kőzettan-Geokémiai Tanszék)

Konzulens: Dr. Szakmány György (ELTE-TTK Kőzettan-Geokémiai Tanszék)

Budapest, 2014.01.10.

TARTALOMJEGYZÉK

1	Bevezetés, a kutatás célja.....	4
2	Irodalmi áttekintés.....	5
2.1	Régészeti áttekintés	5
2.2	Földtani háttér	6
2.3	A terra rossa és a flis nehézasványos összetétele	9
2.4	Az amphora-kutatások eddigi eredményei	11
3	Vizsgálati módszerek	15
3.1	Minta-előkészítés	15
3.2	A nehézasványok optikai vizsgálata	16
4	Eredmények.....	16
4.1	A terra rossa nehézasványai	17
4.2	A flis nehézasványai.....	19
5	Az eredmények értékelése	24
5.1	Terra rossa és flis nehézasványainak összevetése	24
5.2	Amphorákkal való előzetes összevetés, a módszer alkalmazása	25
6	Összefoglalás.....	26
7	Köszönetnyilvánítás	27
8	Irodalomjegyzék.....	28
9	Függelék	30
10	Melléklet.....	34

A dolgozatban használt rövidítések

a	agyag
act	aktinolit
adr	andradit
amf	amfibol
ap	apatit
brt	barit
cr-sp	krómspinell
dol	dolomit
EDS	energia diszperzív spektroszkópia (Energy Dispersive Spectroscopy)
ep	epidot-csoport
for	foraminifera
grs	grosszulár
grt	gránát
hbl	hornblende
i.e.	időszámításunk előtt
i.sz.	időszámításunk szerint
ilm	ilmenit
lim	limonit
lx	leukoxén
mt	magnetit
op	opak
py	pirit
q	kvarc
SEM	pásztázó elektronmikroszkóp (Scanning Electron Microscope)
st	staurolit
ttn	titanit
tur	turmalin
XRD	röntgendiffrakció (X-ray Diffraction)
zrn	cirkon

(Az ásványnév-rövidítések Whitney és Evans (2010) alapján)

1 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.

Dolgozatomban Fažanából, a Laecanius család műhelyéből származó Dressel 6B típusú római kori amphorák (1. ábra) lehetséges nyersanyagául szolgáló terra rossa és flis (SZAKMÁNY és mtsi., 2013) mikromineralógiai vizsgálati eredményeit mutatom be.

Az amphorák a Római Birodalomban mindenhol tömegesen használt egyes élelmiszerek (pl.



1. ábra: Dressel 6B típusú amphora
(MANGE és BEZECKY, 2006)

olívaolaj, bor) nagybani kereskedelmének legfőbb szállítóedényei voltak. Vizsgálatukkal tehát betekintést nyerhetünk az egykori gyártási technológia fejlettségébe, illetve a szállítási és kereskedelemi útvonalhálózat működésrendjébe, 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 az 1000 km-es, sokszor hányatott, vízi és szárazföldi szállítást is ki kellett bírniuk törés nélkül. A fažanai műhely fénykorában évi 10-12000 db-ot gyártottak, tehát nagy tömegben kellett tökéletes, de csak egyszer használatos, vagyis nagyon olcsó terméket készíteni. (MANGE és BEZECKY, 2006)

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

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

2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

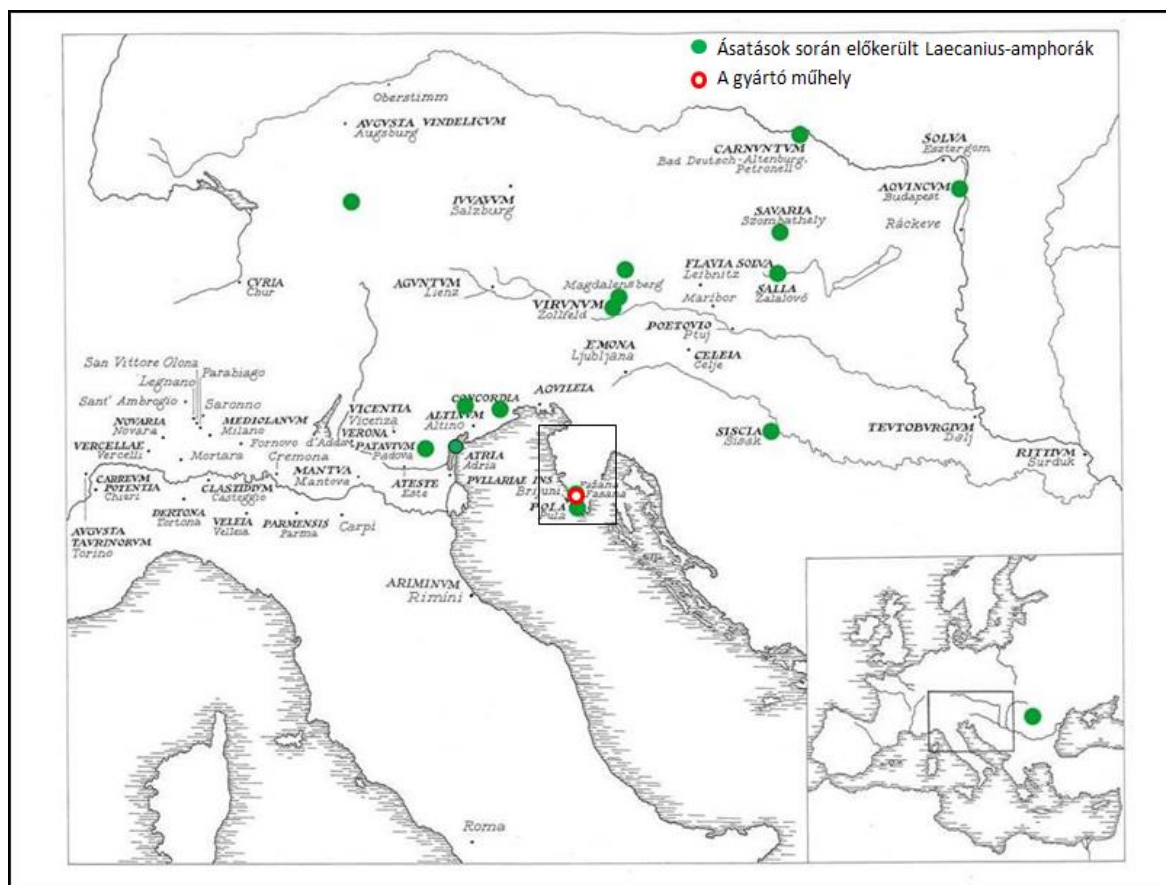
2.1 Régészeti áttekintés

A mediterrán éghajlaton a virágzó mezőgazdaság hatalmas mennyiségű bort és olívaolajot termelt. Az ősi szöveges források szerint az isztriai olívaolaj a legjobbak között volt a piacon, a bor pedig a római császár asztalára is elért. Az olajbogyót a római földbirtokosok termesztették, szüretelték és dolgozták fel. Saját sajtológépeik, tároló pincék és kerámiaműhelyük (figlina) volt. Az isztriai birtokokon (villákban) termelt olaj kielégítette az északi római provinciák (Raetia, Noricum és Pannonia) és Észak-Olaszország jelentős részének igényeit több mint egy évszázadon keresztül. Ezekről a területekről nagy mennyiségű amphora 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 és 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 amphorákban, hajókon exportálták Észak-Itáliába és az Alpok-menti provinciákba. Horvátország, Ausztria, Svájc, Szlovénia és Magyarország területéről több mint 50 helyről kerültek elő Laecanius-amphorák (2. ábra).

Hagyományosan a Laecanius-amphorákat mind Dressel 6B típusúnak tekintik, de az egyes példányok között adódhatnak kisebb-nagyobb eltérések. (Sajnos csak néhány egész amphorát találtak eddig, a túlnyomó többségük töredék.) Minden amphora 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-amphorák területi elterjedése

2.2 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 Ćićarija-hegységben, a félsziget északkeleti részén éri el. Délnyugaton tipikus karsztos plató található, 5-10 m mély dolinákkal és karrokkal. Ezt közvetlenül terra rossa talaj fedi. A vízhálózat a félsziget középső részén rendkívül fejlett, a három fő folyója (Dragonja, Mirna és Raša) is erről a területről ered.

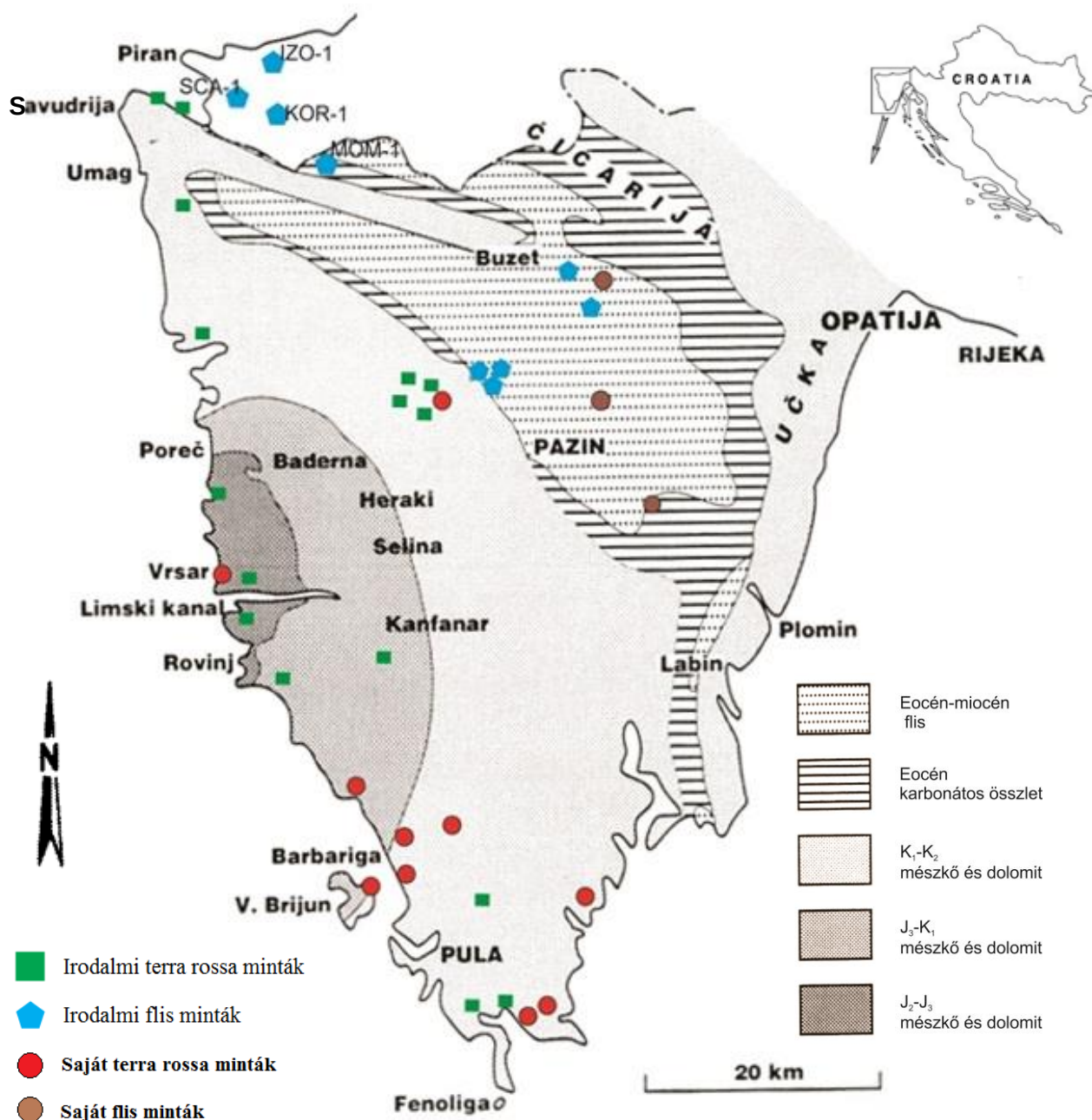


3. ábra: Isztria domborzata és az említett területei, városai

(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/Dinarisches_Gebirge_Topo.png)

Az Isztriai-félsziget geológiai szempontból három régióra osztható (4. ábra): a jura-kréta-eocén karbonát platform Isztria déli és nyugati részén; kréta-eocén karbonátos-törmelékes zóna, jellemzően áttolódásos szerkezetekkel Kelet- és Északkelet-Isztriában (Plomintól és Učkától Čićarijaig) és a – a horvát szerzők szerint hagyományosan eocénnek tartott, MIKES és mtsi. (2008) szerint azonban miocén (a továbbiakban: eocén-miocén) – flis medencére Isztria középső részén (DURN és mtsi., 1999). A felső-pleisztocén lösz csak a déli és északkeleti régióban jelenik meg.

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



4. ábra: Isztria egyszerűsített földtani térképe a mintavételi helyekkel

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 a vörös talajjal, vagy terra rossával fedett mezozoós-paleogén karbonátos összlet („Vörös Isztria”) borítja (délen és nyugaton), míg északkeleten a márgás vagy homokos talajjal fedett paleogén flis („Szürke Isztria”) jellemző. (Isztria keleti-északkeleti részén kréta-eocén karsztosodó mészkőbúvákat esetenként „Fehér Isztria” néven emlegetik (VELIĆ és mtsi., 2003).)

2.3 A terra rossa és a flis nehézasványos összetétele

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

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

Korábban DURN és mtsi. (2007) vizsgálták a terra rossa és a flis nehézasványait is, közülük is a 45-63 μm közötti frakciót. Nehézasványtani szempontból négy főbb csoportba sorolták a szemcséket, úgy mint: áttetsző nehézasványok, opak szemcsék, limonitos elegyrészek és pirittel kitöltött foraminiferák.

Az áttetsző ásványok DURN és mtsi. megállapítása alapján a terra rossában (15-86%) sokkal nagyobb arányban vannak jelen, mint a flisben (9-37%). Ezek közül is a leggyakoribbak az epidot-csoport (epidot-klinozoizit-zoizit) ásványai, 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, végük általában szabálytalan. A törött példányok nem jellemzőek. Főként barnák, de terra rossa mintákban - ahol egyébként is gyakoribbak - néhány kék fajtát is megfigyeltek. (A függelék)

Opak szemcséket és limonitos elegyrészeket minden mintában találtak, legnagyobb mennyiségben a flisben (átlagosan 33,6%). A pirites foraminiferák a terra rossában nem, csak a flisben fordulnak elő, a bennük található pirit autigén eredetű. (B függelék)

MIKES TAMÁS diplomamunkájában (2003) foglalkozott többek között az ÉNy-Isztria nehézásvány-társulásával is (1. táblázat).

1. táblázat: Északnyugat-isztriai flisek nehézásványos összetétele (MIKES, 2003)

Medence Minta	Isztria KOR-1	Isztria SCA-1	Isztria IZO-1	Isztria MOM-1
CrSpl	13.2	17.0	16.3	27.1
Spl	0.0	0.6	0.3	1.1
Zrn	5.5	19.1	7.1	12.9
Tur	10.7	6.1	4.3	4.7
Rt	7.4	9.7	8.0	8.7
Lcx	4.0	3.9	2.8	3.9
Ap	6.1	2.4	2.5	0.8
Grt	47.5	29.4	50.3	37.1
Cld	1.2	1.5	1.8	0.8
St	1.2	0.9	1.2	0.0
Ep	0.0	0.3	0.3	0.0
Zo	0.0	0.6	0.3	0.0
Czo	0.9	0.0	0.0	0.0
Gln	0.0	0.3	0.3	0.3
Hbl	0.0	0.3	0.3	0.0
Tr	0.0	0.0	0.6	0.0
And	0.0	0.6	0.0	0.0
Sil	0.3	0.9	0.9	0.0
Ky	0.0	0.0	0.0	0.0
Opx	0.0	3.0	0.9	0.0
Cpx	0.3	0.6	0.6	1.1
Mnz	0.3	0.3	0.0	0.3
Ttn	1.2	2.4	1.2	1.3
Aln	0.0	0.0	0.0	0.0
Összes szemcse	326	330	328	380

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%-ot képvisel. 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 az isztriai mintáiban található gránát és turmalin optikai tulajdonságait is részletesen vizsgálta (2. táblázat). Ezek alapján a gránátok túlnyomó többsége színtelen (sztereomikroszkópban halványrózsaszín), a maradék 2-12% pedig rózsaszínű. Jellemzően nem korrodáltak, de egyes minták esetén kis mértékben korrodált, vagy kerekített gránát

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

minta	medence		szemcsék száma																																																																																																																																																																																																																																																																																														
MOM-1 SCA-1 KOR-1 IZO-1	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14	18 20 35 14

2.4 Az amphora-kutatások eddigi eredményei

A Laecanius műhelyből származó, i.e 10-5 és i.sz 78 között készült amphorákat már számos, régészeti és geológiai vizsgálatnak vetették alá.

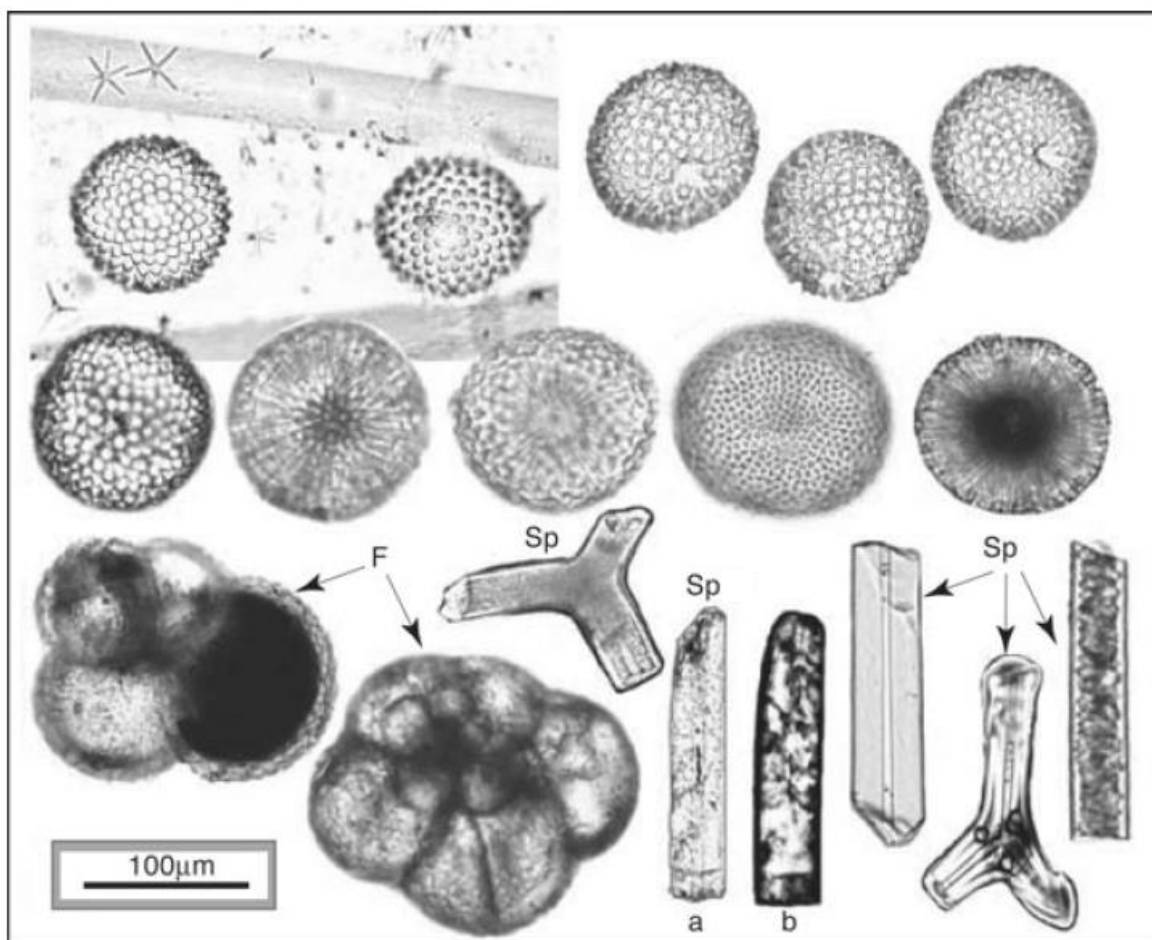
Általában a szöveti analízis az első a kerámiák leírása során, hiszen fontos információkat hordoz a kerámia nyersanyagára és gyártási technológiájára vonatkozóan. Ide tartoznak a szín, fizikai tulajdonságok, szövet és a zárványok. Ezen tulajdonságok alapján a jelzett időszakban kilenc szövettípusba sorolhatók az amphorák, 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 kőzetként kezelhető, így a geológiai laboratóriumi módszerek éppolyan jól használhatóak esetükben, mint egy közönséges kőzet esetén. PEACOCK (1967, 1970) volt az első, aki nehézasvány-vizsgálatot végzett kerámiákon. 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 nehézasvány-vizsgálat pedig ehhez is hatásos módszernek bizonyult (DICKINSON, 2007). Számos kutató alkalmazta

már a nehézasvány-analízist kerámiák, főleg amphorák tanulmányozására (WILLIAMS, 1977; PEACOCK és WILLIAMS, 1986)

Az röntgendiffrakciós (XRD) és petrográfiai vizsgálatok azt mutatták, hogy a Dressel 6B típusú amphorák legfőbb törmelékes elegyrésze a kvarc, plagioklász, illit és csillámokat csak kisebb mennyiségben tartalmaznak (JÓZSA és SZAKMÁNY, 1987; JÓZSA és mtsi., 1994). Az amphorák kiégetési hőmérsékletére is következtetni lehet az XRD vizsgálatok alapján, ezek 750 és 900 °C közötti hőmérsékletnek adódtak (WEISZBURG és PAPP, 1987). Ezt az intervallumot további három hőmérsékleti tartományra bonthatjuk a feltehetően soványítóanyagként az edényekbe került karbonát, 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 jelenik 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 nehézasványai és a Laecanius töredékek jelentős hasonlóságot mutatnak, ami azt jelenti, hogy a műhely valószínűleg ezt a nagy mennyiségben és területen rendelkezésre álló anyagot használta az amphorák alapanyagaként, amit valamilyen karbonátos és/vagy törmelékes soványító-anyaggal keverték. Az amphora és a terra rossa nehézasványai között mutatkozó különbségeket a terra rossa térbeli és időbeli heterogenitásának tulajdonították. Szerintük 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. Üde, opál anyagú szivacsűket is találtak az amphora töredékekben (5. ábra), amik nagy hasonlóságot mutatnak az Adriai-tenger mai szivacsfaunájával. A tipikusan alpi eredetű nehézasványok megjelenését a Pó folyó hordalékszallító tulajdonságával magyarázzák. Azt állapították meg, hogy a világosabb színű, iszaposabb/homokosabb amphorák nyersanyagai ettől eltérő eredetűek. 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.



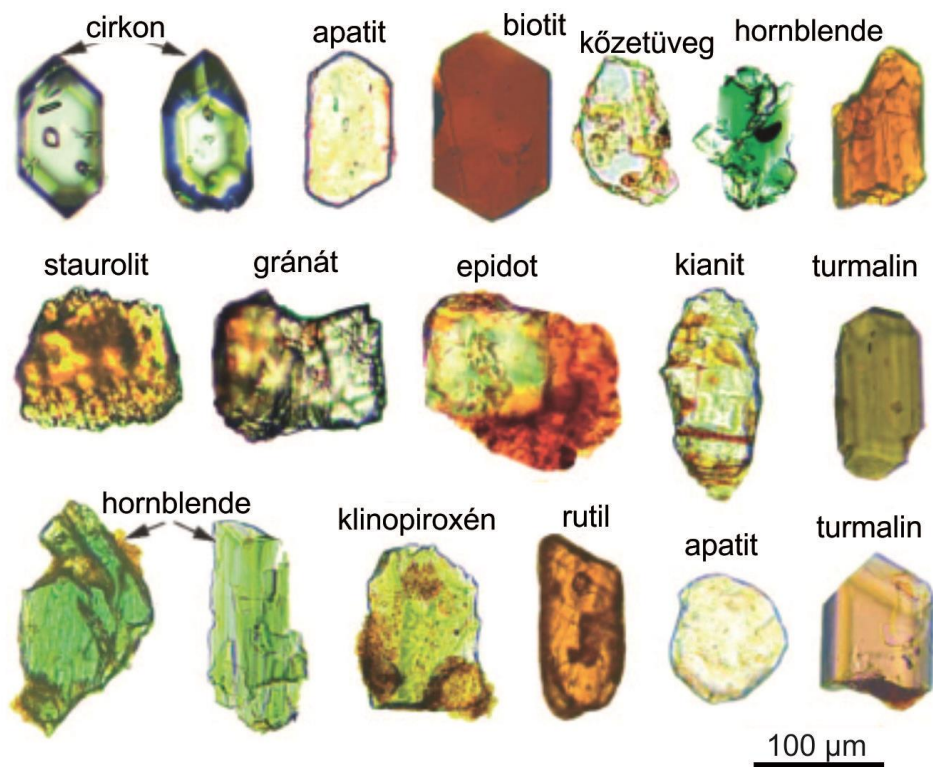
5. ábra: Plankton foraminiférák (F) és szivacsstűk (Sp) a *Laecanius* amphorákból (MANGE és BEZECZKY, 2007)

A cserépdarabokból készült nehézasvány-vizsgálatok kimutatták (3. táblázat, 6. ábra), hogy az amphorák változatos és jó megtartású nehézasványokat 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 fajták kis számban, de gyakran fordulnak elő, úgy, mint: zöld és barna spinell, számos amfibolfaj, piroxén, staurolit, kianit, 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 gyártás során, de mivel az idiomorf és prizmás alakok meglehetősen gyakoriak és a tipikus oldási tulajdonság jelentkezik néhány piroxénen, stauroliton és kianiton, - ami a diagenézis során az eredeti üledékes kőzetben jöhetett létre – a csiszolódás mértéke nem lehetett nagyon nagy.

3. táblázat: A Laecanius amphorák nehézásványos összetétele (MANGE és BEZECZKY adatai, 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	Antofillit, tremolit
A 414	6	9	7	5	1	1	30	1	25	0	1	12	2	Tremolit
A 433	8	12	4	8	0	1	30	1	15	1	1	19	2	
A 656	4	12	4	2	0	0	38	3	11	1	0	25	0	Sillimanit, ortopiroxén
B 151	8	18	6	1	0	0	26	4	1	3	0	28	3	
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, szerpentin, 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, szillimanit 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 amphora cserepekből (MANGE és BEZECZKY, 2007)

3 VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

3.1 Minta-előkészítés

A kimért 200 g-os mintákat terra rossa esetében vízben, konszolidáltabb kőzetek – mint pl. a flis kőzetváltozatainak 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 ($250\text{--}1000\ \mu\text{m}$) különítettem el.

Két mérettartományból ($63\text{--}125\ \mu\text{m}$ és $125\text{--}250\ \mu\text{m}$ közötti frakció) bromoformmal (sűrűsége: $2,89\ \text{g/cm}^3$) leválasztottuk a nehézasványokat, 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 nehézasványokat 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 le is súlyoztunk, 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 $30\ \mu\text{m}$ -es vastagságúra csiszoltak, ezért a másik oldalról nézve a polarizációs mikroszkóp is segítheti a szemcsék meghatározását. A nehézasványok sztereomikroszkópos elemzéséhez MANGE és MAURER (1993) határozókönyvét hívtam segítségül.

20 minta iszapolása történt meg (14 terra rossa, 4 flis és 2 összehasonlító talajminta), melyek mindegyikének 2 nehézasvány-vizsgálatra felhasznált frakciójából (63-125 μm és 125-250 μm) sztereomikroszkópos vizsgálat után 26 nehézasvány-preparátum készült.

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

3.2 A nehézasványok optikai vizsgálata

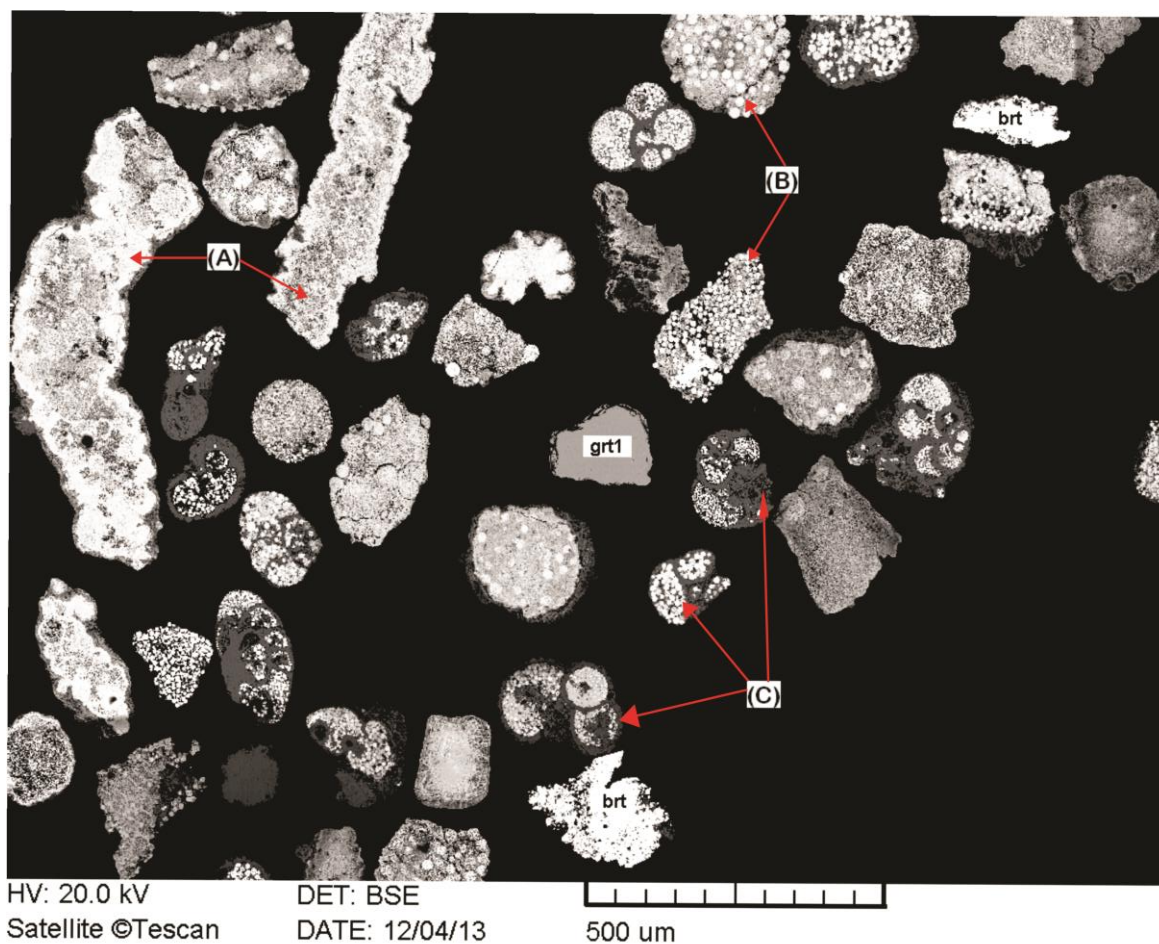
Sztereo- és polarizációs mikroszkópi vizsgálatok alapján a mintákat kategorizáltam, és később a fő típusokat részletes elektronmikroszkópos vizsgálatoknak vetettük alá. Ehhez az ELTE, TTK, Közettani és Geokémiai Tanszék AMRAY 1830 típusú, EDAX PV 9800 EDS detektorral ellátott pásztázó elektronmikroszkópját használtuk 1 nA mintaáram, 20 kV gyorsítófeszültség és 100 másodperc mérési idő mellett. Az adatok kiértékeléséhez nemzetközi standardokat használtunk. Körülbelül 300-400 ásványszemcsét határoztunk meg ily módon, majd a mért szemcséket újra megnéztem polarizációs mikroszkóp alatt, ezzel is javítva a többi, hasonló megjelenésű ásvány azonosíthatóságát. A mennyiségi meghatározások során mintánként 100-200 szemcsét számláltam meg polarizációs mikroszkóp alatt.

4 EREDMÉNYEK

Munkám során a 26 nehézasvány-preparátumot (18 terra rossa, 6 flis és két összehasonlító talajminta) vizsgáltam meg az amphorák lehetséges nyersanyagaiban előforduló nehézasványok pontosabb megismerése érdekében. Ebből ötöt vizsgáltam meg részletesebben is a mennyiségi adatok kinyerése érdekében.

A továbbiakban az öt mennyiségi szempontból is vizsgált preparátumon mutatom be a nehézasványok minőségi jellemzőit is.

A vizsgálatok alapján megállapíthatóvá vált, hogy a durvább szemcseméretű frakció (125-250 μm) – a minta típusától függetlenül - főleg autigén opakásvány-szemcsékből áll (~90%), az áttetsző ásványokat a terra rossában főleg gránát, cirkon, az epidot-csoport tagjai és kékeszöld amfibolok jelentik, emellett staurolit és turmalin is előfordul. A flis mintákban elsősorban opakásvánnyal (elsősorban framboidális pirit, de sok helyen ez már átalakult) kitöltött foraminiferák és nyúlt, vasas szemcsék találhatók nagy számban (8. ábra).



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

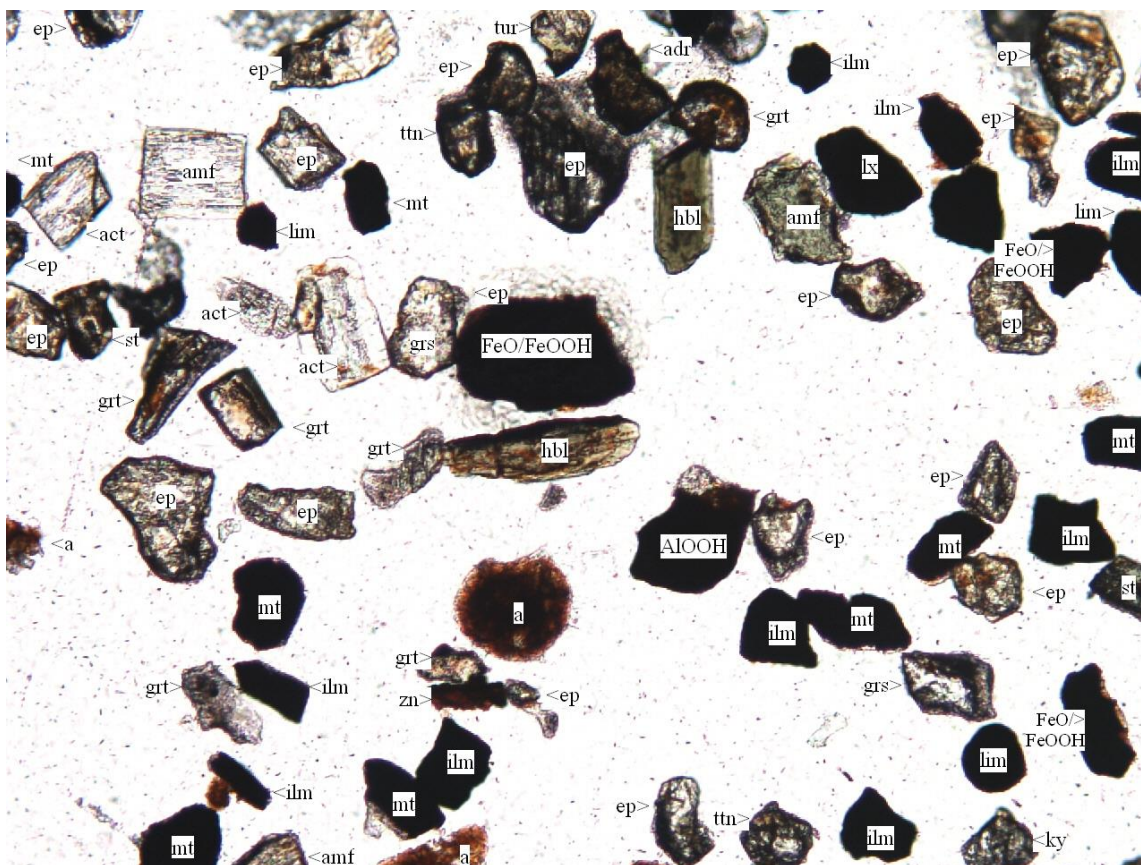
A finomabb frakció (63-125 μm) azonban ennél sokkal változatosabb, így ebből a mérettartományból készítettem összehasonlítást.

4.1 A terra rossa nehézasványai

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 nehézasvány-fázisok közül még mindig az opak elegyrészek a leggyakoribbak (~34%), de az áttetsző ásványok már meghaladják a részarányukat a mintában. A SEM 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 színtelen változatai, de a sárgásbarna andradit is megjelenik. A limonitos

A back-scattered electron (BSE) micrograph of a rock sample. The image shows numerous mineral grains of varying sizes and shapes against a dark background. Grains are labeled with abbreviations: <ep> (epidote), amf (amphibole), mt (magnetite), act (actinolite), grt (garnet), hbl (hornblende), FeO/FeOOH (iron oxide/hydroxide), AlOOH (aluminum hydroxide), q (quartz), ttn (titanite), and others. Some labels include orientation symbols like <ilm> or <st>. A large central grain is labeled FeO/FeOOH. At the bottom right, there is a scale bar indicating 500 μm. Technical details at the bottom left include HV: 20.0 kV, DET: BSE, and DATE: 01/06/14. The source is identified as Satellite ©Tescan.

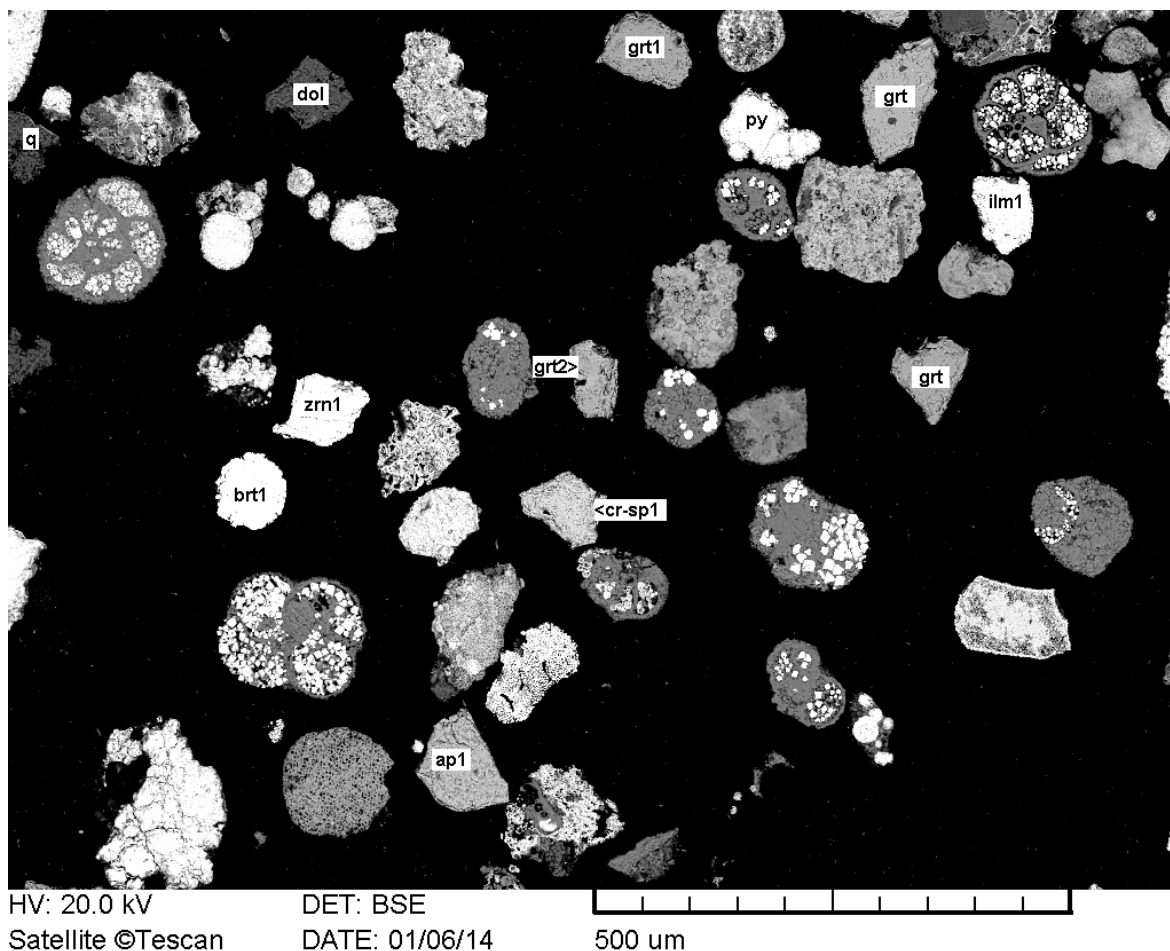
Az IST-14aN 63-125 jelű preparátum Barbarigától 1 km-re délkeletre, a tengerpartról származik. Jellegét tekintve terra rossa, szálból, a lemezes mészkő közvetlen tetejéből. Az opak szemcsék aránya nagyon hasonló az előző mintához, 32%. A limonitos elegyrészek viszont nagyobb részarányt képeznek, 18%-ot. Az epidot csoport aránya jóval kisebb, mindössze 17%. A gránát részaránya jóformán megegyezik (12%). Kis mennyiségben hornblendét, a tremolit-ferroaktinolit sor tagjait, Ti-ásványokat tartalmaz. Nyomokban kianit, staurolit, cirkon, glaukofán és krómspinell is előfordul. Az előző mintához nagyon hasonlóan gazdag elemi összetételű, sokféle, leggyakrabban idiomorf ásvány alkotja.



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

4.2 A flis nehézásványai

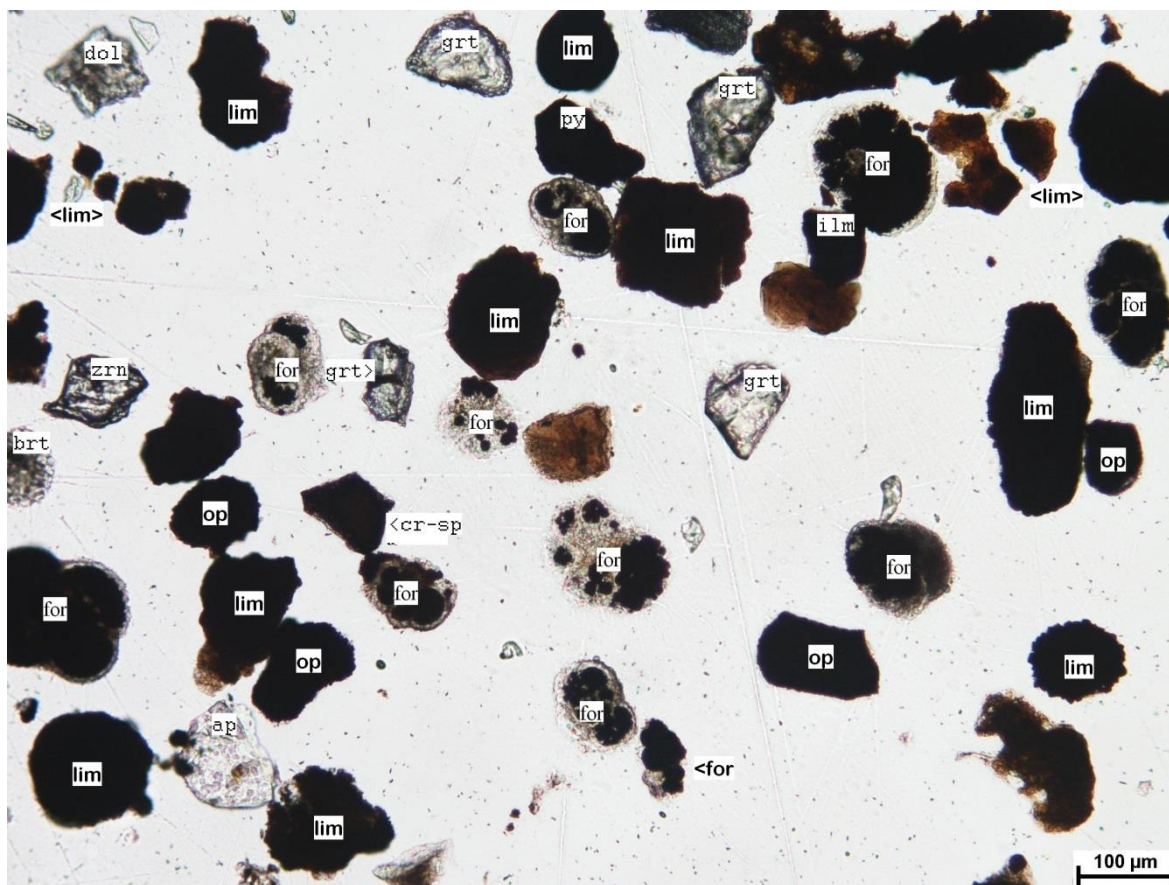
Az IST-48N 63-125 a Mirna partjáról, közvetlenül a part mentén, az ártér üledékéből származó finom homok. Ebben a mintában a legtöbb szemcse már utólagos limonitosodáson ment át (34%). Az opak elegyrészek még mindig elég nagy számban vannak jelen. Nagyon jellemző, hogy pirit tölti ki a foraminiferákat, így a nehéz frakcióba kerülnek. 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, titanit és staurolit fordul elő (11. ábra). Az ásványok alakja jellemzően inkább hipidiomorf, az élek sokkal koptatottabbak, mint a terra rossa-beli nehézásványok esetében.



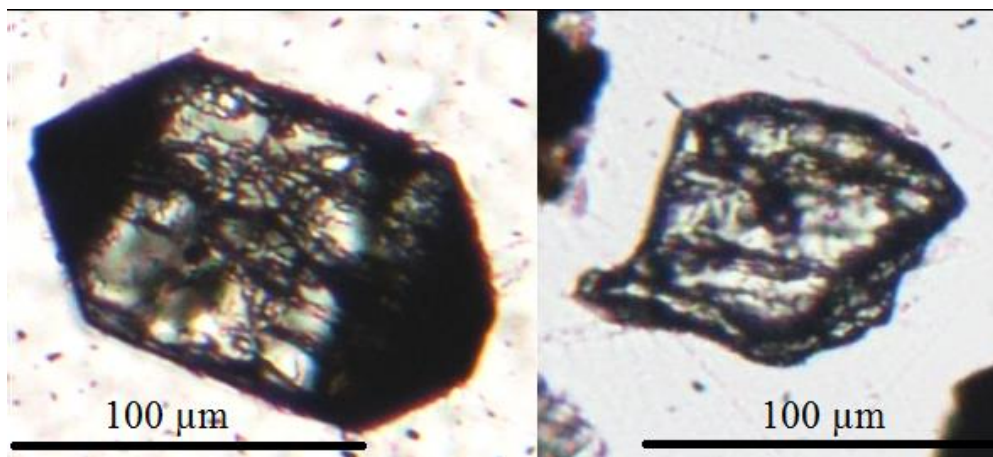
11. ábra: Az IST-48N 63-125 jelű flis minta visszaszórt elektron képe
(A használt ásványnév-rövidítéseket lásd a D függelékben)

Az IST-49/5N 63-125 jelű minta a Kotli-Krušvari közötti út mentén, a Kotlitól kb. 1 km-re lévő flis szelvény meszes homokkőéből, 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, anatóz) aránya számottevő az előzőekhez képest (20%). Az opak ásványok aránya itt a legkevesebb, csupán 13%. A minta jelentős mennyiségű krómspinellt (14. ábra) (10%) tartalmaz. A gránát csoport 7%-nak adódott. Nyomokban turmalin, cirkon, epidot, apatit és staurolit fordul elő (12. ábra). Az IST-48-hoz hasonlóan itt is elmondható, hogy az ásványok sokkal több utólagos hatásnak voltak kitéve, koptatottabbak, töredezettenek, mint a terra rossa nehézásványai (15. és 16. ábra).

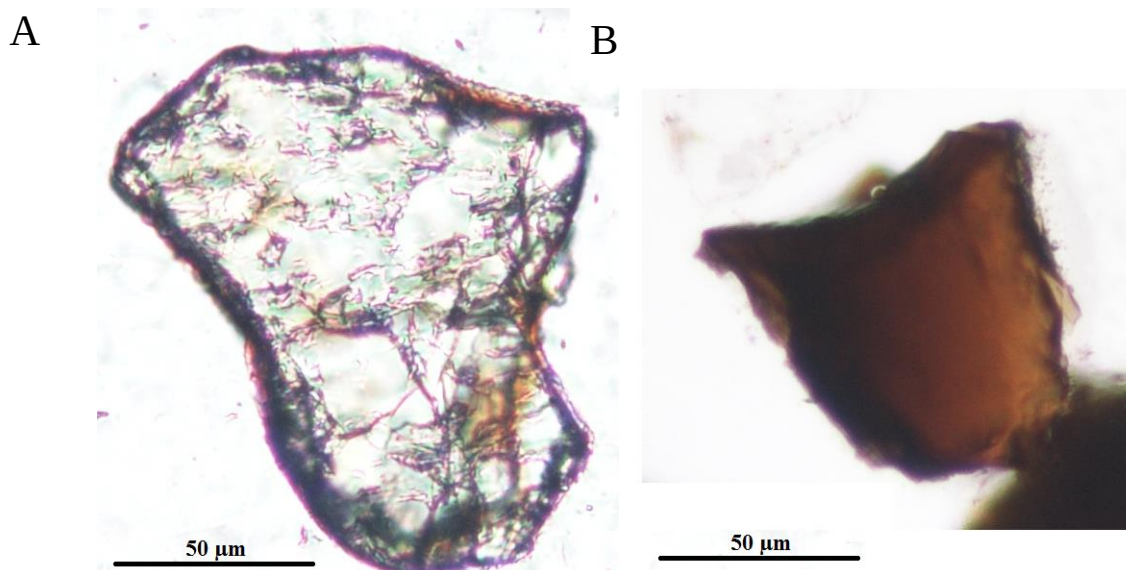
Összességében elmondható, hogy a terra rossa és a flis nehézásványai nagyjából megegyeznek, azonban egymáshoz viszonyított arányuk (4. táblázat), ugyanazon ásványok flisben és terra rossában való megjelenése, illetve a két nyersanyag relatív nehézásvány tartalma (C függelék) jelentős mértékben eltér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



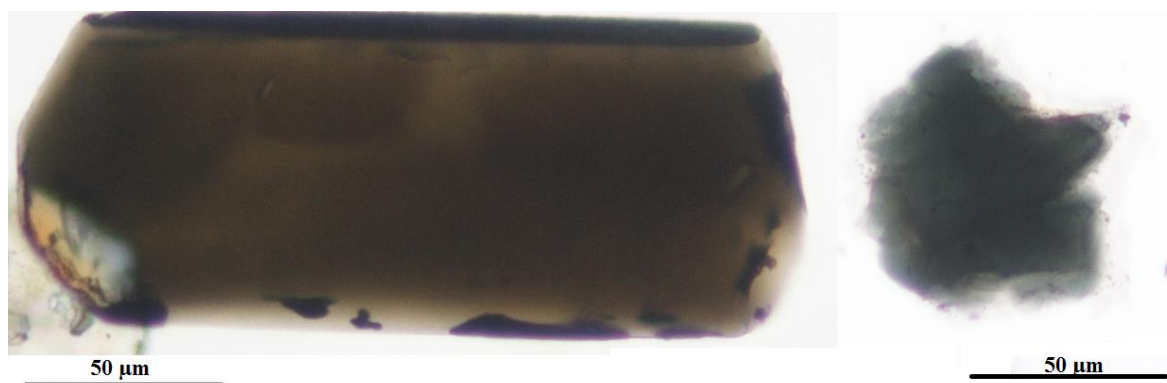
12. ábra: Az IST-49/5 N 63-125 jelű flis minta polarizációs mikroszkópi képe
(A használt ásványnév-rövidítéseket lásd a D függelékben)



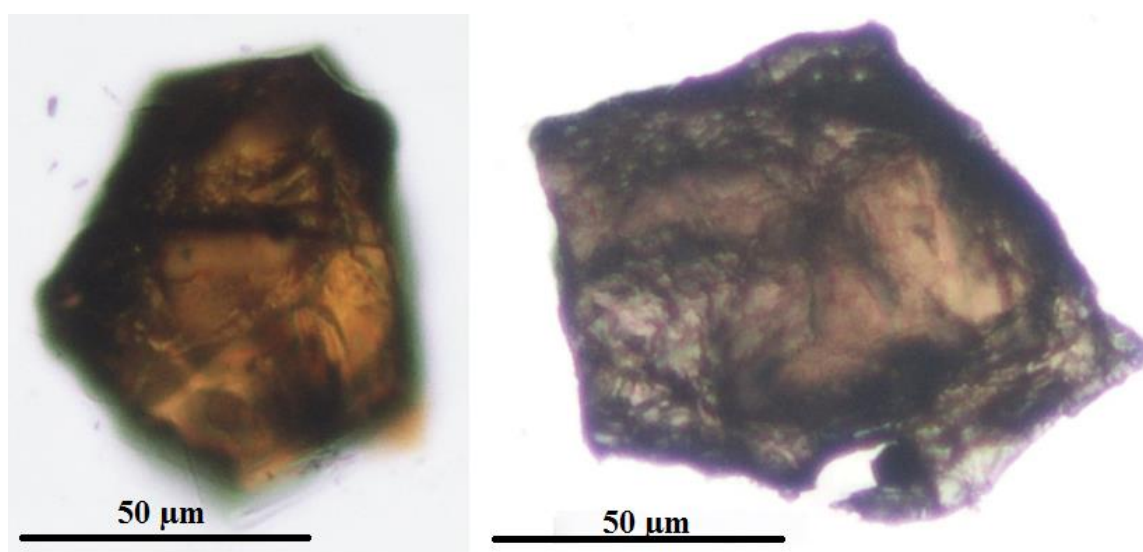
13. ábra: A terra rossa idiomorf (balra) és a flis hipidiomorf (jobbra) cirkonja



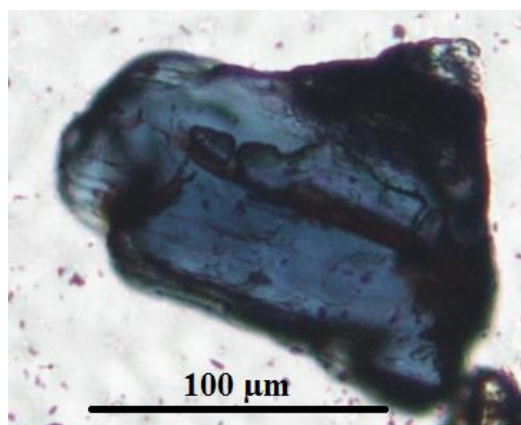
14. ábra: Jellegzetes ásványok A) a terra rossában (epidot csoport) és B) a flisben (krómspinell)



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 és két flis minta nehézasványos 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	

5 AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

5.1 Terra rossa és flis nehézásványainak összevetése

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

Az opak ásványok a terra rossában közel izometrikusak és nagyobb részarányt képviselnek, mint a flisben, ahol ezzel szemben gyakran hosszúkásak, 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 jelentek meg, az epidot csoport tagjai viszont annál inkább (17-30%), ezek idiomorf-hipidiomorf közepesen vagy jól koptatott szemcsék. A flisben az epidot csoport csak nyomokban jelentkezik. Cirkon mindkét típusú mintában csak kis mennyiségben van jelen, viszont nagyon karakterisztikus az adott nyersanyagra. A terra rossában prizmás, bipiramisos, míg a flisben töredezetebb, hipidiomorf. A titán-tartalmú ásványok előfordulásának gyakoriságából nem lehet messzemenő 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 vagy ditrigonális, míg a flisben kizárólag töredékes (15. ábra). Az amfibolok jellemzően terra rossa mintákból származnak, 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). Barna vagy zöld színéről, közel idiomorf kifejlődéséről és izotróp tulajdonságáról könnyen felismerhető. Az apatit a terra rossában sajátalakú, de csak nyomokban található. A flisben kicsit nagyobb mennyiségben fordul elő, és polarizációs mikroszkóp alatt gyakran narancssárga a nagy vastartalma miatt.

Az egyes ásványok mennyiségi és minőségi eltérései mellett az is megfigyelhető, hogy az összes nehézásvány tömegének aránya a teljes közettömeghez képest a terra rossában általában egy nagyságrenddel nagyobb, vagyis körülbelül tízszer akkora, mint a flisben.

5.2 Amphorákkal való előzetes összevetés, a módszer alkalmazása

MANGE és BEZECZKY (2006, 2007) már végzett mikromineralógiai kutatásokat az amphorák nyersanyagának származását illetően. Feltételezték, hogy az egyik összetevő a terra rossa, melyet némi parti homokkal keverhettek, a flis azonban még nem említik, mint lehetséges nyersanyagot (Szakmány és mtsi., 2013). Dolgozatom alapján már pontosan ismerjük az isztriai terra rossa és a flis – mint a két legvalószínűbb nyersanyag nehézásványos összetételét, így következtetni tudunk arra, hogy az amphorák nehézásványai melyik anyagból származhatnak. Az amphorák nehézásványként legnagyobb mennyiségben az epidot csoport tagjait tartalmazzák, ezek nagy valószínűség szerint szinte kivétel nélkül a terra rossából kerültek az edényekbe. A gránát, turmalin, cirkon, rutil és staurolit viszont már mindkét nyersanyagból származhat. Az előzőekben részletezett különbségeik azonban bizonyíthatják eredetüket. A MANGE és BEZECZKY (2006, 2007) által bemutatott krómspinellek szintén a flisre utalhatnak.

Mindezen eredmények alapján elmondhatjuk, hogy a fordított megközelítéssel végzett nehézásvány-vizsgálati módszer (tehát ha először a nyersanyagokat vizsgáljuk, és nem a belőlük készült terméket, ahogyan eddig) alkalmas lehet az amphorák, vagy akár más Isztrián készült cserépedény féleségek nyersanyag-összetételének pontos meghatározására, hiszen meg tudjuk különböztetni az egyes nyersanyagok nehézásványait egymástól. Így pontosabb képet kaphatunk a fažanai amphoragyártó műhely, vagy bármely más, adott területen és időben ezeket a nyersanyagokat felhasználó műhely működésrendjéről, 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 nehézásvány-összkompozit arányára és a vizsgált mérettartományra is fordítsunk elég figyelmet.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban az Isztriai-félsziget déli részén, Fažanában, a Laecanius család által működtetett, s egyben a régészetileg legjobban dokumentált műhelyben gyártott DR6B típusú római kori amphorák lehetséges nyersanyagául szolgáló terra rossa és flis mikromineralógiai vizsgálati eredményeiről számolok be.

Az amphorák 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 kereskedelemi útvonalhálózat működésrendjébe, ezáltal 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 az 1000 km-es, sokszor hányatott, vízi és szárazföldi szállítást is ki kellett bírniuk törés nélkül. A fažanai műhely fénykorában évi 10-12000 db-ot gyártottak, tehát nagy tömegben kellett tökéletes, de csak egyszer használatos, vagyis nagyon olcsó terméket készíteni. Az amphorák gyártásához tehát jó nyersanyag kellett, a fažanai amphorákhoz használt nyersanyag pontos összetétele és származási helye azonban máig nem tisztázott. Ennek meghatározásának egyik lehetséges módszere a mikromineralógia, elsősorban a nehézasványok vizsgálata. Dolgozatomban a gyártó műhely tágabb környezetéből származó lehetséges nyersanyagok (terra rossa és flis) nehézasványait határoztam meg és hasonlítottam össze az irodalmi adatokkal.

A mintákat savazás és nedves szitálás után nehéz folyadékkal leválasztottuk (63-125 μ m és 125-250 μ m közötti frakció), majd a kapott nehézasványokból preparátumot készítettünk. A nehézasványok mennyiségi és minőségi meghatározása sztereomikroszkóppal, polarizációs mikroszkóppal és elektronmikroszkóppal történt.

26 nehézasvány-preparátum (18 terra rossa, 6 flis és két összehasonlító talajminta) vizsgálata alapján megállapítható, hogy a durvább szemcseméretű frakció mindkét esetben főleg autigén opakásvány-szemcsékből áll, a finomabb viszont annál sokkal változatosabb: a terra rossát főleg gránát, cirkon, az epidot-csoport tagjai és kékes-zöld amfibolok alkotják, emellett staurolit és turmalin is előfordul. A flis mintákban elsősorban opakásvánnyal kitöltött foraminiferák és nyúlt vasas szemcsék, Ti-tartalmú ásványok, gránátok és krómspinell találhatók nagy számban.

A terra rossa és a flis nehézasvány-együttese sok hasonlóságot mutat, de a kisebb-nagyobb különbségek (egyedi fajták, mennyiség, méret, alak, koptatottság, szín stb.) megfigyelése és az összes nehézasvány/teljes kőzet arány megmérése révén meghatározható, mely nyersanyagok milyen arányú keverékét használták az amphorák gyártásához. Eredményeinket a társtudományok kutatási eredményeivel együttesen értékelve jobb betekintést nyerhetünk a fažanai fazekasműhely és környezetének technológiai, gazdasági és társadalmi működésébe.

7 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani elsősorban témavezetőmnek, Józsa Sándornak a rengeteg tanításért, javításért és a tudományos kutatásba való bevezetéséért és mind azt a türelmet, amit eközben tanúsított felém. Köszönöm konzulensemnek, Szakmány Györgynek, aki tanácsaival és irodalmak rendelkezésre bocsájtásával szintén nagyban segítette a munkámat. Köszönet illeti Bendő Zsoltot a SEM mérések és felvételek elkészítéséért.

Továbbá köszönöm a Közettan-Geokémiai Tanszék összes oktatójának és hallgatójának, valamint Arató Róbertnek mindazt a maximálisan segítőkész hozzáállást, lelkesítést és tanácsot, amit kaptam tőlük, illetve Hatvani Istvánnak a formázási javaslatait.

Végül, de nem utolsó sorban ezúton is szeretném megköszönni a családom támogatását és türelmét.

8 IRODALOMJEGYZÉK

- DICKINSON, W.R. (2007): Discriminating among volcanic temper sands in prehistoric potsherds of Pacific Oceania using heavy minerals. – *Developments in Sedimentology* Vol. 58, 1007-1033.
- DURN, G., OTTNER, F., SLOVENEK, 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. (eds.): Heavy Minerals in Use – *Development in Sedimentology*, 58: 701-737, Amsterdam (Elsevier)
- JÓZSA, S., SZAKMÁNY, Gy. (1987): Petrology – In: BEZECZKY, T.: Roman Amphorae from the Amber Route in Western Pannonia. – British Archaeological Reports International Series 386, Oxford 103–124.
- JÓZSA, S., SAUER, R., SZAKMÁNY, Gy., WEISZBURG, T. (1994): Mineralogisch petrografische Untersuchungen. – In: BEZECZKY, T.: Amphorenfunde vom Magdalensberg und aus Pannonien, Ein Vergleich (pp. 143–166),. – Archäologische Forschungen zu den Grabungen auf dem Magdalensberg 12, Klagenfurt. 143–195.
- MANGE, M., MAURER, H. F. W. (1992): Heavy Minerals in Colour. – London (Chapman and Hall), 148 p.
- 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. (Eds.), Heavy Minerals in Use. – *Developments in Sedimentology*, Vol. 58, 1007–1033
- MIKES TAMÁS (2003): A külső-dinári eocén flis lehordási területének mikromineralógiai vizsgálata, Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Közettan-Geokémiai Tanszék, Budapest, 78 p.

- MIKES, T., BÁLDI-BEKE, M., KÁZMÉR, M., DUNKL, I., VON EYNATTEN, H. (2008): Calcareous nanofossil age constraints on Miocene flysch sedimentation in the Outer Dinarides (Slovenia, Croatia, Bosnia-Herzegovina and Montenegro). – In: SIEGESMUND, S., FÜGENSCHUH, B., FROITZHEIM, N. (eds): *Tectonic Aspects of the Alpine-Carpathian-Dinaride System*. – Geological Society Special Publication 298, 335–363, London.
- SZAKMÁNY Gy., JÓZSA S., BEZECZKY T. (2013): Provenance and technology of Fažana Amphora Workshop: a case study of Laecanii and Imperial amphorae. – EMAC 2013, Padova
- 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 (Longman), 239 p.
- VELIĆ, I., TIŠLJAR, 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 – September 17-19, 2003, Field Trip Guidebook (edited by VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J.), 3-17.
- WEISZBURG, T., PAPP, G. (1987): X-ray powder diffraction analyses. – In: BEZECZKY, T. (ed): *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. (Ed.), *Pottery and Early Commerce: Characterization and Trade in Roman and Later Ceramics*, pp. 163–220.
- WHITNEY, D.L., EVANS, B.W. (2010): Abbreviations for names of rock-forming minerals. – *American Mineralogist*, Vol. 95, 185–187.

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/Dinarisches_Gebirge_Topo.png

9 FÜGGELÉK

Az amphorák lehetséges nyersanyagaként szolgáló terra rossa és flis mintákat témavezetőm bocsátotta rendelkezésemre az előző évi gyűjtésből. A nyersanyag azonosítására petrográfiai módszereket használtak, ez azonban nem volt elegendően pontos mennyiségi arányok meghatározásához. A feladatom az volt, hogy kiderítsem, a nehézasványtani módszer alkalmas lehet-e az amphorák nyersanyagainak pontos összetételbeli meghatározásához. Ehhez minél több különbséget kellett keresnem a két nyersanyagtípus nehézasvány-spektrumában.

Az összes minta előkészítését saját kezűleg végeztem. Ez 24 minta kimérését, (szükség esetén) savas oldását, iszapolását, szitálását, majd ebből 26 nehézasvány-frakció leválasztását, és ugyanennyi preparátum elkészítését jelenti. A bromoformmal történő nehézasvány-leválasztást témavezetőm segítségével végeztem.

A sztereomikroszkópos vizsgálatoknak nem csak a preparátumok elemzésénél volt meghatározó szerepe, részben e módszer segítségével tudtam eldönteni a szitált anyagokból, hogy érdemes-e leválasztani őket. Később a preparátumok vizsgálatánál jó kiegészítője volt a polarizációs mikroszkópi elemzéseimnek. Mivel a preparátumokban nem tudunk tökéletesen egyforma vastagságú szemcséket vizsgálni, mint egy vékonycsiszolatban, sok szemcse pontos meghatározásához szükség volt elektronmikroszkópos mérésekre. Ezeket Bendő Zsolt készítette a Közettan-Geokémiai Tanszéken. Az eredmények segítségével már sokkal biztosabban meghatározhatók lettek a kérdéses szemcsék: a mért szemcséket újra megnéztem polarizációs mikroszkóp alatt, ezek mintegy etalonként szolgáltak a többi, hasonló megjelenésű ásvány esetében. A mennyiségi meghatározások során 4 mintából 100-200 szemcsét számláltam meg és azonosítottam polarizációs mikroszkóp alatt.

A fent említett vizsgálatok során kiderült, hogy a fordított megközelítéssel végzett nehézasvány-vizsgálati módszer (tehát először a nyersanyagokat vizsgáljuk, és nem a belőlük készült terméket, ahogyan eddig) alkalmas lehet kerámiák nyersanyag-összetételének pontos meghatározására. A módszer alkalmazása során azonban nem csak az számít, hogy milyen nehézasvány-együttest találunk az adott anyagban, és ezek milyen arányban vannak egymáshoz képest. Kellő figyelmet kell fordítanunk az egyes ásványok megjelenésére is, ugyanis jelen esetben alakí, koptatottságbeli és színbeli eltérések is mutatkoznak a kétféle nyersanyag egyező nehézasványai között. Szintén lényeges a vizsgált mérettartomány, hiszen a kétféle vizsgált mérettartomány nehézasványai meglehetősen eltértek egymástól. Emiatt érdemes tudni az amphorákban talált nehézasványok méretének pontos megoszlását. Fontosnak bizonyult a minták minden egyes művelet utáni megmérése is, ugyanis ennek segítségével tudjuk, hogy a terra rossa átlagosan egy nagyságrenddel több nehézasványt tartalmaz, mint a flis.

A függelék: Terra rossa minták nehézasványos összetétele (DURN és mtsi., 2007)

Mintas szám	1	2	9	15	22	25	131	134	136	53	55	47	52	234	237	42	97	101
opak	8	15	24	11	12	21	36	42	36	27	11	23	40	21	18	27	50	8
filloszilikátok	1	12	4	61	1	2	4	6	2	5	6	4	+	3	2	2	+	-
limonitos elegyrészek	14	6	11	7	2	7	19	11	15	10	14	31	34	4	8	18	34	54
kőzettörmelék	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pirites foraminiferák	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
áttetsző	77	66	71	20	86	70	42	41	48	58	69	43	26	71	72	52	15	37
epidot csoport	80	68	73	57	63	63	60	51	45	66	57	31	18	66	63	58	57	61
cirkon	3	+	2	2	4	3	4	7	8	3	7	17	26	4	5	3	5	7
rutil	1	-	-	-	3	3	3	4	8	3	2	10	13	2	+	3	2	3
gránát csoport	5	8	4	2	9	5	6	7	3	1	10	12	5	6	11	6	9	5
turmalin	2	1	+	2	2	6	13	15	14	7	7	18	17	6	3	11	8	13
hornblende	2	-	4	4	3	2	3	1	1	2	3	4	5	3	1	2	2	1
tremolit-ferroaktinolit	4	13	11	24	10	12	3	8	10	12	11	4	1	11	13	8	12	5
glaukofán	1	+	-	1	1	1	2	1	+	+	1	-	+	+	1	-	1	-
amfibol (egyéb)	-	5	2	-	1	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	4
klinopiroxén	-	1	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ortopiroxén	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
krómspinell	-	-	-	-	-	+	+	-	1	+	-	2	3	-	-	2	-	-
kianit	-	-	-	+	-	2	1	3	1	1	1	-	2	1	+	1	4	1
korund	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	2	-	-
anatáz	1	-	-	-	-	-	-	-	2	+	-	1	3	-	-	+	-	1
titanit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
kloritoid	-	+	1	2	1	2	2	-	+	-	-	1	+	-	-	+	-	-
apatit	-	-	-	5	-	-	+	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
brookit	-	-	-	-	1	+	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1
andaluzit	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
staurolit	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
gipsz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cölesztin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
barit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kőzetüveg-töredék	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vezuvián	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ismeretlen	+	-	+	+	+	+	2	1	+	+	+	2	3	-	+	+	1	1

B függelék: Flis minták nehézasványos összetétele (DURN és mtsi., 2007)

Mintas szám	87	88	89	91	92	93	94
opak	2,0	46,0	10,0	19,0	28,0	66,0	64,0
filloszilikátok	11,0	1,0	4,0	4,0	2,0	9,0	2,0
limonitos elegyrészek	65,0	18,0	58,0	40,0	33,0	20,0	10,0
kőzettörmelék	10,0	–	8,0	1,0	–	1,0	+
pirites foraminiferák	–	2,0	1,0	1,0	–	19,0	14,0
áttetsző	12,0	33,0	19,0	34,0	37,0	9,0	10,0
epidot csoport	53,0	49,0	32,0	38,0	41,0	5,0	9,0
cirkon	7,0	4,0	9,0	9,0	4,0	1,0	–
rutil	3,0	2,0	–	7,0	1,5	–	–
gránát csoport	17,0	19,0	26,0	21,0	22,0	1,0	2,0
turmalin	7,0	6,0	3,0	9,0	9,0	–	–
hornblende	1,0	7,0	–	5,0	3,5	3,0	–
tremolit-ferroaktinolit	–	3,0	–	2,0	10,5	–	–
glaukofán	–	–	–	–	1,0	–	–
amfibol (egyéb)	–	–	–	–	–	–	–
klinopiroxén	–	–	–	1,0	–	–	–
ortopiroxén	–	–	1,0	–	–	–	–
krómspinell	3,0	5,0	5,0	4,0	5,5	1,0	+
kianit	–	1,0	–	–	–	–	–
korund	–	1,0	–	–	–	–	–
anatáz	–	–	–	–	1,5	–	–
titanit	–	1,0	–	–	–	–	–
kloritoid	–	1,0	–	–	–	–	–
apatit	+	–	1,0	1,0	–	3,0	2,0
brookit	–	–	3,0	–	–	–	–
andaluzit	–	–	–	–	–	–	–
staurolit	–	–	–	–	–	–	–
gipsz	–	–	–	–	–	5,0	–
cölesztin	8,0	–	20,0	–	–	77,0	85,0
barit	–	–	–	–	–	1,0	1,0
kőzetüveg-töredék	–	–	–	–	–	–	–
vezuvián	–	–	–	–	–	–	–
ismeretlen	3,0	2,0	2,0	2,0	–	–	–
összesen	202,0	201,0	202,0	198,0	199,5	221,0	199,0

C függelék: Az általam vizsgált minták munkafolyamatonkénti tömege és vizsgálati módszerei

Minta-szám	Minta típusa	Eredeti tömeg (g)	Szemcseméret			Leválasztás után						Vizsgálati módszer		Nehézasvány/összközet			
			63-125	125-250	250<	63-125 µm			125-250 µm			polarizációs és sztereo-mikroszkóp	SEM-EDX	Terra rossa		flis	
			(µm)	(µm)	(µm)	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		0,0021	0,0029		
IST-6a	TR	200,0020	2,9217	0,4668	2,5719				0,0246	0,4386	0,4632	x			0,0123		
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	0,0272	0,0096		
IST-9	TR	200,0294	1,7787	0,2011	1,5491				0,0068	0,1905	0,1973	x			0,0034		
IST-11d	TR	200,0002	11,2696	1,5699	1,5079				0,1115	1,4471	1,5586	x			0,0557		
IST-12a	TR	200,0050	2,1990	0,0834	0,0766				0,0136	0,066	0,0796	x			0,0068		
IST-13	TR	200,0169	1,5970	0,3177	6,1360				0,0141	0,2906	0,3047	x			0,0070		
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	0,0139	0,0105		
IST-15a	TR	200,0022	1,4283	0,4077	0,3651				0,0119	0,3942	0,4061	x			0,0059		
IST-19a	TR	200,0020	0,2147	0,0663	0,0831				0,0074	0,0574	0,0648	x			0,0037		
IST-20a	TR	200,0444	0,4412	0,0539	0,4501				0,0055	0,0432	0,0487	x			0,0027		
IST-21a	TR	200,0471	1,8266	0,1567	0,3180				0,0175	0,1379	0,1554	x			0,0087		
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			0,0117	0,0148
IST-31c	flis	200,0099	3,3506	3,6498	2,5516				0,0838	2,569	2,6528	x	125-250 µm				0,0419
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			0,0093		
BRI-43a	TR	187,3384	1,4834	0,1928	0,2113	0,0282	0,6478	0,6760	0,0108	0,1799	0,1907	x		0,0151	0,0058		
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			0,0040	0,0188
IST-49/5	flis	193,1030	18,4622	3,0285	0,0587	0,0047	6,9420	6,9467				x				0,0024	
													ÁTLAG (g)	0,0146	0,0103	0,0061	0,0252

10 MELLÉKLET

Az amphorák lehetséges nyersanyagaként szolgáló terra rossa és flis mintákat témavezetőm bocsátotta rendelkezésemre az előző évi gyűjtésből. A nyersanyag azonosítására petrográfiai módszereket használtak, ez azonban nem volt elegendően pontos mennyiségi arányok meghatározásához. A feladatom az volt, hogy kiderítsem, a nehézasványtani módszer alkalmas lehet-e az amphorák nyersanyagainak pontos összetételbeli meghatározásához. Ehhez minél több különbséget kellett keresnem a két nyersanyagtípus nehézasvány-spektrumában.

Az összes minta előkészítését saját kezűleg végeztem. Ez 24 minta kimérését, (szükség esetén) savas oldását, iszapolását, szitálását, majd ebből 26 nehézasvány-frakció leválasztását, és ugyanennyi preparátum elkészítését jelenti. A bromoformmal történő nehézasvány-leválasztást témavezetőm segítségével végeztem.

A sztereomikroszkópos vizsgálatoknak nem csak a preparátumok elemzésénél volt meghatározó szerepe, részben e módszer segítségével tudtam eldönteni a szitált anyagokból, hogy érdemes-e leválasztani őket. Később a preparátumok vizsgálatánál jó kiegészítője volt a polarizációs mikroszkópi elemzéseimnek. Mivel a preparátumokban nem tudunk tökéletesen egyforma vastagságú szemcséket vizsgálni, mint egy vékonycsiszolatban, sok szemcse pontos meghatározásához szükség volt elektronmikroszkópos mérésekre. Ezeket Bendő Zsolt készítette a Közettan-Geokémiai Tanszéken. Az eredmények segítségével már sokkal biztosabban meghatározhatók lettek a kérdéses szemcsék: a mért szemcséket újra megnéztem polarizációs mikroszkóp alatt, ezek mintegy etalonként szolgáltak a többi, hasonló megjelenésű ásvány esetében. A mennyiségi meghatározások során 4 mintából 100-200 szemcsét számláltam meg és azonosítottam polarizációs mikroszkóp alatt.

A fent említett vizsgálatok során kiderült, hogy a fordított megközelítéssel végzett nehézasvány-vizsgálati módszer (tehát először a nyersanyagokat vizsgáljuk, és nem a belőlük készült terméket, ahogyan eddig) alkalmas lehet kerámiák nyersanyag-összetételének pontos meghatározására. A módszer alkalmazása során azonban nem csak az számít, hogy milyen nehézasvány-együttest találunk az adott anyagban, és ezek milyen arányban vannak egymáshoz képest. Kellő figyelmet kell fordítanunk az egyes ásványok megjelenésére is, ugyanis jelen esetben alakí, koptatottságbeli és színbeli eltérések is mutatkoznak a kétféle nyersanyag egyező nehézasványai között. Szintén lényeges a vizsgált mérettartomány, hiszen a kétféle vizsgált mérettartomány nehézasványai meglehetősen eltértek egymástól. Emiatt érdemes tudni az amphorákban talált nehézasványok méretének pontos megoszlását. Fontosnak bizonyult a minták minden egyes művelet utáni megmérése is, ugyanis ennek segítségével tudjuk, hogy a terra rossa átlagosan egy nagyságrenddel több nehézasványt tartalmaz, mint a flis.