

Kerámiák archeometriai vizsgálata

Szakmány György – Szilágyi Veronika

Kerámiák archeometriai vizsgálata; 2016. november 7. és 14.

Bevezetés

Kerámia: *mesterséges metamorf* (metaüledékes) *kőzet*

- magas hőmérsékleten és kis nyomáson készül
- nagyon rövid idő alatt (néhány óra)

Szó jelentése: keramos (görög) – agyag → agyagból készített tárgy

Típusai:

- Terrakotta (terra cotta) – mázatlan; <1000°C
- Agyagedény (earthenware) – mázatlan, mázas; 900-1200°C
- Kőagyag – kőedény (stoneware) – mázatlan, mázas; 1200-1350°C (üveges fázis)
- Porcelán (porcelain) – kemény, fehér, áttetsző; 1300-1450°C

Legkorábbi: Dolní
Věstonice – 28000
év



Legkorábbi használati
edények: Távol-Kelet, pl.:
Jomon kultúra ~14000 év



Legkorábbi Kárpát-medencei:
Körös-, illetve Starčevo-kultúra,
8000 év



Agyag

Agyag tulajdonságai, képződése:

- uralkodóan $< 2 \mu\text{m}$ szemcsenagyság
- elsősorban agyagásványokból áll
 - szilikátok (földpátok, földpátpótlók) és kőzetüveg lebontásával és szerkezetének átalakulásával
 - mállási vagy hidrotermális folyamatok

Osztályozás:

- Lerakódási környezet
- Szemcseméret
- Kémiai összetétel - szerkezet
- Ásványos összetétel

Agyag - lerakódási környezet

- **Autochton** – elsődleges, mállási folyamatok során az anyakőzettel közel azonos helyzetben
 - Gyakran tartalmazza az anyakőzet összetevőit (földpát, csillám, kvarc)
- **Allochton** – áthalmozódással
 - Homogénebb
 - Szerves anyag tartalom (max. 10%)

Agyag - szemcseméret

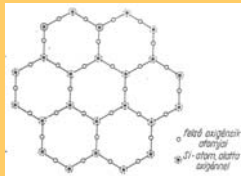
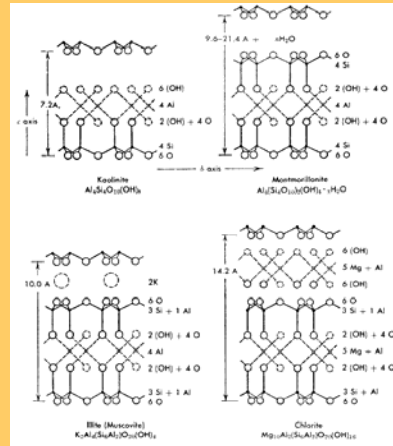
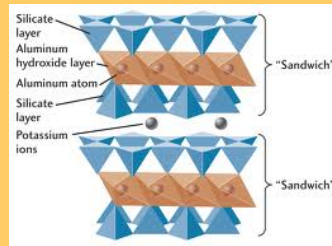
- Uralkodóan $< 2 \mu\text{m}$ szemcsenagyság \rightarrow kolloid tulajdonságok
- Gyakran tartalmaz aleurit, homok vagy durvatörmelékes elegyrészeket is
- A plasztikus viselkedéshez minimum 15%-nyi $2 \mu\text{m}$ -nál finomabb szemcse szükséges
- Finomszemcsés plasztikus agyagok képződése leginkább tavakban és folyóvízi környezetben (ártér), delta és tölcstorkolatokban
- Talajok: gyakori az aleuritos agyag vagy az agyagos aleurit (vályog)
- Kerámia osztályozása szemcseméret alapján
 - *finomkerámia* – max. 0,1-0,2 mm szemcsék, pórusok fazekasáru, mázas kerámiák, keménycserép, kőedény
 - *durvakerámia* – szemcsék, pórusok mérete $> 0,1-0,2$ mm építési kerámiák, téglák, kőagyag cső

Agyag - kémiai összetétel

- **Uralkodó összetevők**
 - Szilícium (SiO_2)
 - Alumínium (Al_2O_3)
 - H_2O
 - \rightarrow víztartalmú alumínium szilikátok
 - eltérő Si, Al és H_2O tartalom \rightarrow különböző agyag típusok
 - $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$ változása általában 1:1 – 1:4
 - $\text{H}_2\text{O} \sim 13-35\%$
- **Egyéb összetevők**
 - Egyéb oxidok (leggyakoribb Fe, Mg, Na, K stb.) \rightarrow kémiai összetételt befolyásolja
 - Gyakori: víztartalmú Fe-Al fázisok (trópusi-szubtrópusi területeken) – gyakran keveredik a szilikátos agyagfázisokkal

Agyag - szerkezet

- Rétegszilikátok
 - Tetraédes (T) és oktaédes (O) síkok kapcsolódásából
 - SiO_4 tetraéderek 3 közös oxigénnel kapcsolódnak egymáshoz, a szabad „oxigének” egy irányba néznek; hatszöges gyűrűk
 - $\text{Al}(\text{OH})_6$ „hidrargillit” vagy $\text{Mg}(\text{OH})_6$ „brucit” oktaéderek
 - Alaptípusok:
 - TO – kaolinit csoport
 - TOT - illit, montmorillonit csoport
 - TOTO - pl. normál kloritok



Agyag – ásványos összetétel

Agyagásványok alapján:

- Kaolinites; $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2 = 1:2$
- Illites
- Montmorillonitos (szmektités); $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2 = 1:4$

Agyagásványok a kerámia tulajdonságait alapvetően megszabják

Agyag – összetételi típusok kerámia gyártáshoz

- **kövér ↔ sovány**
 - megfelelő plaszticitás a formázáshoz
 - szárítás során a zsugorodáskor ne törjön össze
 - Közvetlen felhasználás vagy soványítás
- **meszes (CaO>10%) ↔ nem meszes (CaO<5%)**
 - mésztartalom: szilárdít
 - mésztartalom (kalcit) gyakran problémás: CaO → oltott mész → térfogatnövekedés
 - kipattogzás
- **tűzálló (hőálló) ↔ nem tűzálló (olvadáspont > illetve < 1550°C)**
 - hőálló: illites és kaolinites

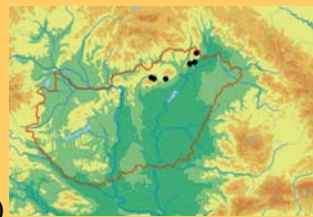
Nemesagyag

Nemesagyag (kaolinit és/vagy illit) – felső miocén S magmatitok hidrotermás lebontásával

helyben képződött (autochton)

hőálló (tűzálló)

porcelángyártás



Előfordulás:

Tokaji-hegység: Szegilong, Mád-Bomboly (kaolin)

Füzérradvány (illit)

Kelet-Mátra: Felnémet, Recsk, Mátraderecske

Tűzálló agyag 1.

Tűzálló agyag (kaolinit és/vagy illit + olvadáspont csökkentő szennyezések – pl. kvarc, földpát, gipsz, karbonát, szerves anyag stb.)

S-N magmatitok lebontásával

áthalmazott (allochton)

mészmentes vagy nagyon kevés és finomszemcsés mészsanyag

durvakerámia, kályhacsempe, samott, keramit, főző-sütő edény

Előfordulás:

Hegységi-hegységperemi területeken → fő fazekasközpontok

Jelenlegi/közelmúlt legfontosabbak:

Bánk-Felsőpetény-Romhány (K-Börzsöny) (1)

Cserszegtomaj (Keszthelyi-hg.) (2)

Sárisáp (3)

Nemti (saválló agyag) (4)



Tűzálló agyag 2.

Régészeti kerámiák szempontjából fontosabb lelőhelyek:

Gömör – Rimaszombat környéke

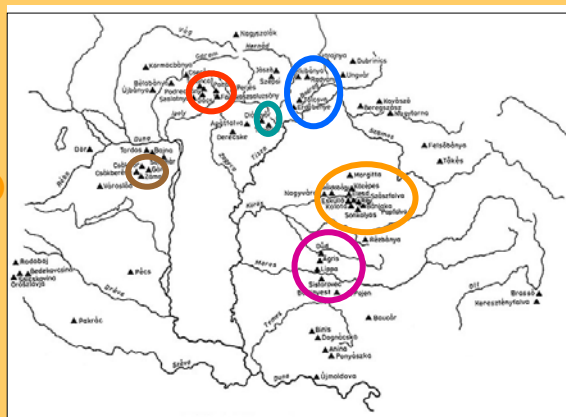
Miskolc környéke

Zemplén és Ung

Nagyvárad (Sebes-Körös)

Lippa (Maros)

Csákvár



Domokos 1988-2002

Nem tűzálló agyag

Uralkodóan montmorillonit agyagból áll

- **tégla- és cserépagyag**
- **korsók** – mázatlan; nagyobb Fe-tartalmú, kövér agyag
- **tálas** – mázas, XVI. szd-tól; homokos, meszes agyag is alkalmas

Előfordulás, felhasználás:

- Kárpát medence szinte egész területén
- Nagyon sokféle, uralkodóan fiatal (oligocén-holocén) agyagok, agyagos üledékek



Domokos 1988-2002

Nem tűzálló agyag – korsós, tálas fazekasközpontok

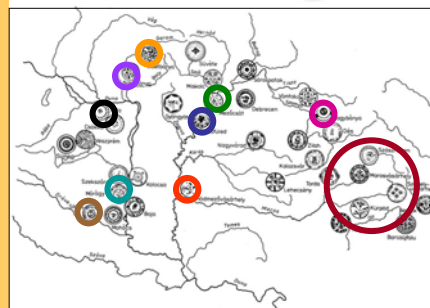
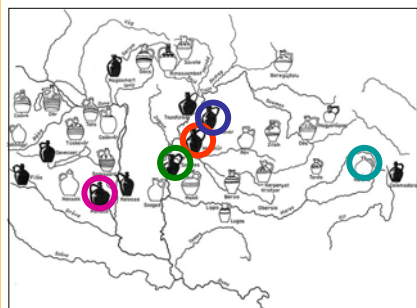
Nagyszámú lelőhely és fazekasközpont - jelenlegiek az őskori és középkori központok helyén és hagyományokon alakultak ki

korsósok:

Mezőtúr
Szentes
Nádudvar
Mohács
Korond, stb.

tálasok:

Hódmezővásárhely Siklós
Mezőcsát Tata
Tiszafüred Libetbánya
Nagybánya Alsó Garam-völgy
Sárköz (Mórág) Ny-Erdély, stb.



Domokos 1988-2002

A kerámiák összetevői - áttekintés

kerámia – mesterséges metamorf (metaüledékes) kőzet

Plasztikus agyag – mátrix

- részben relik, részben újonnan képződött

Nem plasztikus elegyrészek – törmelék szemcsék, soványítóanyag

- > 15 μ m
- relik
- ásvány-kőzettörmelék, homok, szerves anyag (növénymaradványok, csont stb.)

Pórus

Szegély (máz)

- égetés során kialakul („szendvics” szerkezet)
- mesterséges (szlip, engób, festék, máz)

Másodlagos fázisok – használat illetve betemetődés során képződnek



Vörs – neolitikum, Starčevo-kultúra

Nem plasztikus elegyrészek - áttekintés

Szerepe: szerkezet fellazítása → egyenletes száradás és kiégetés → repedezés, törés valószínűségének csökkentése

- természetes eredetű törmelék szemcsék
- soványítóanyag – mesterségesen adagolt
 - homok (- apró kavics)
 - összetört kőzettörmelék
 - tört kerámia (grog)
 - grafit
 - szervesanyag (pl. pelyva)
 - csontőrlemény
 - kagylóhéj



Bronzkor, Biatorbágy
fotó: Kreiter Attila

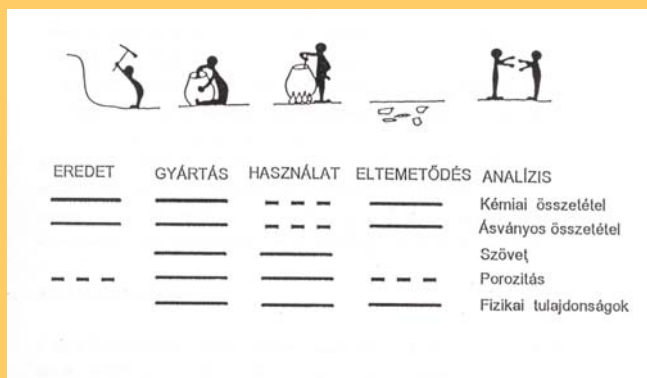
Vizsgálat: Petrográfiai mikroszkóp (elektronmikroszkop, SEM)

A régész kérdései

- Mi volt a nyersanyag (plasztikus és nem plasztikus), és az honnan származott (proveniencia)?
- Hogyan készült a kerámia? Milyenek voltak a kiégetés körülményei?
- Milyen fizikai tulajdonságai voltak? (pl. keménység, permeabilitás, hőállóság, hővezető képesség)
- Mit tartalmazott?

Kerámia készítés, használat, betemetődés

- **nyersanyag bányászás**
- **nyersanyag előkészítés: iszapolás, soványítás, stb.**
- **formázás**
- **szárítás**
- **égetés, hőntartás**
- **díszítés**
- *használat*
- *törés*
- *betemetődés*



Egy kerámialelet története a nyersanyag bányászatától az elemzésig (Maggetti, 1982)

Használati cél

Használat → célnak megfelelő tulajdonságok → fizikai tulajdonságok → nyersanyag kiválasztása

Víztárolók

- Hatékony hűtőhatás
 - Jó vízáteresztő képesség (magas permeabilitás)
 - Durva soványítóanyag/”nyitott felszín”

Főzőedény

- Jó hővezető képesség
 - vízzáró (kis permeabilitás)
 - gyantabevonat/vékonyfalú
- Gyors hőmérséklet változások elviselése
 - kis hőtágulás
 - hőállóság – durva soványítóanyag

Gyártási módok

Házikerámia

Fazekasműhelyi vagy gyári kerámia

- | | |
|---|---------------------------------------|
| • Könnyen és helyben hozzáférhető ↔ A nyersanyag gondos kiválasztása nyersanyag | |
| • Korlátozott lehetőségek a gyártáshoz | ↔ Széles lehetőségek a gyártáshoz |
| • Kézzel kialakított | ↔ Korongolás |
| • Szabadtéri kiégetés | ↔ Kemencés kiégetés |
| • Nem fazekas készíti, „részfoglalkozásban” | ↔ Fazekas készíti, teljes munkaidőben |
| • Saját vagy helyi használatra | ↔ Piacra készül |

A megfelelő nyersanyag felkutatása

Mi a megfelelő?

Plaszticitás (képlékenység)

Zsugorodási tulajdonságok (szárítás, égetés)

Szemcseméret (és eloszlás), szemcse összetétel



Figure 4.10. Laboratory performance tests to evaluate workability: (a) coil test; (b) loop test; and (c) ball test.

Herbert & McReynolds, 2008



Figure 4.11. A lean sample (FBR016). Note the broken coil (upper left), sagging loop (upper right), and deeply cracked ball (bottom).

<<< Nem megfelelő

Elrepedő hurka

Nem alaktartó hurok

Berepedező tömbperem

TÚL SOVÁNY AGYAG

Megfelelő

>>>

Alaktartó hurka

Alaktartó hurok

Ép tömbperem

KELLŐEN KÖVÉR AGYAG



Figure 4.12. A good sample (FBR040). The coils and ball did not crack, and the loop retained its shape.

Herbert & McReynolds, 2008

A nyersanyag előkészítése az edénykészítéshez



SOVÁNY AGYAG

A képlékenységi tulajdonságokat javítani kell!

Pl. keverés kövér agyaggal

KÖVÉR AGYAG

A zsugorodási tulajdonságokat javítani kell!

Pl. soványítással (homok, tört kerámia, tört kőzet, pelyva, stb.)



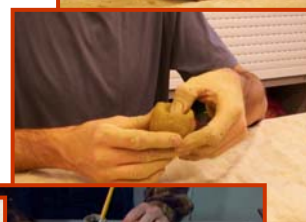
Edényformálási technikák

Az edény előformálása:

- hurka-/szalagtechnika
- egy nagyobb tömb agyagból történő kézi formálás (pl.: nyomkodás, felhúzás, sulykolás)
- lapokból történő felépítés
- formába nyomás (földbe vájt üreg)
- korongolás: kézi/lábi?
lassú/gyors?

Az edény további formálása:

- utánkorongolás



Edénydíszítési technikák

Mit értünk az egyes definíciók alatt?

Polírozás (fényezés, kavicsolás, sikálás)



Negatív díszítés:

- eszköz lenyomat (...pecsét, rádli...)
- eszközlenyomat kitöltése (pl.: mészbetétes kerámia)

Pozitív díszítés:

- rátett díszek (...borda, gomb...)
- barbotin (írókázás, gurgulyázás)



Festés:

- engób (festett agyagbevonat)
- festés
- máz



Edénydíszítési technikák – IV.: mázazás

Mázanyagok:

ólommázak: átlátszó, üvegszerű máz

engób+festés > zsenyézés > máz > „mázára égetés” (alacsony T)
színtelen

sárga (Fe), barna (Mn), zöld (Cu), kék (Co)

ónmázak: nem átlátszó, fedőmáz

majolika/fajansz = zsenyézés > máz+festés > „mázára égetés” (magas T)
fehér, barna-lila (Mn), türkizöld, kék (Co), sárga (Sb)



Ólommázás butellák



Ónmázás fajansz tál - habán

Kiégetés 1 - Tényezők

Kiégetés időtartama – 3 periódus

- T emelkedés
- hőntartás (maximális T-en)
- hűlés
- **Kiégetés hőmérséklete**
 - Általában 600-800 °C – 1200 °C (tűzálló agyag) - 1400 °C (porcelán)
 - Római kemencék: (650-)**700-800**(-1000) °C
 - Egy kemencén belül akár 150°C különbség is lehet
- **Hőntartás** – hőmérséklet és idő
 - Pl: 900°C, 1óra ~ 950°C, néhány perc
- **Az atmoszféra típusa** a kiégetés, hőntartás és hűlés során
 - **Oxidatív** ↔ **reduktív**
 - Szín: **vörös-bézs** ↔ **fekete/szürke**
 - változó: szendvicsszerkezet
 - Befolyásol: keménységet, zsugorodást, porozitást
 - A reakciók oxidatív körülmények között kisebb T-n végbemennek, mint reduktív körülmények között



Kiégetés 2. - szín

Kerámia színe	Felfűtés atmoszférája	Hűlés atmoszférája	Szerves anyag tartalom
Szegély: vörös-bézs Mag: fekete	reduktív	oxidatív	nincs/kevés
	oxidatív	oxidatív	sok
Szürke-fekete	reduktív	reduktív	nincs/kevés
Vörös-bézs	oxidatív	oxidatív	nincs/elvétve
	reduktív	oxidatív	nincs

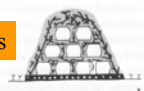
Picon 1973, Nodari et al. 2004

A színt további tényezők, összetevők befolyásolhatják: pl. nagyobb Ca-tartalom → világosabb szín

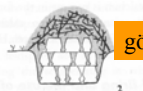
Kiégetés 3. – Égetés- és kemencetípusok

1. Szabad téri égetés
2. Kemence égetés

máglyaégetés



gödörégetés

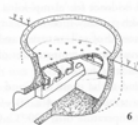
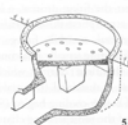


Szabályozatlan áramlás

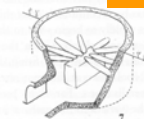
Kemence égetés



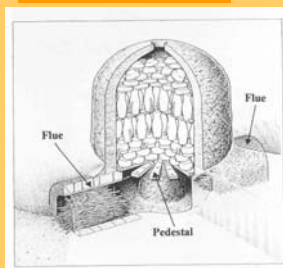
Felfelé áramló levegő



Római-kori kemencék



Középkori kemence



Henderson, 2000

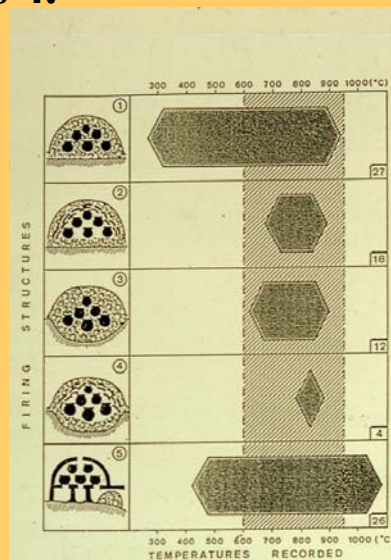
Kiégetés 4.

Szabadtéri égetés (máglyaégetés: 1, 2, gödörégetés: 3, 4; a 2, 4, cserépboritással)

- Gyors felfűtés (20-30 perc)
- Rövid hőntartás, kiégetési idő:
 - Máglyaégetés: 30-60 perc
 - Gödörégetés: 2-3 óra
- Alacsony maximális hőmérséklet (600-800°C)
- Oxidáló/redukáló atmoszféra; kevésbé szabályozható
- Durvaszemcsés kerámiák

Kemence égetés (5) – állandó minőség

- Lassú felfűtési sebesség (néhány óra)
- Hosszabb hőntartás, kiégetési idő: > 7 óra
- Magas maximális hőmérséklet (700-1000°C)
- Szabályozható atmoszféra
- Finomszemcsés kerámia



Gosselain and Livingstone Smith, 1995

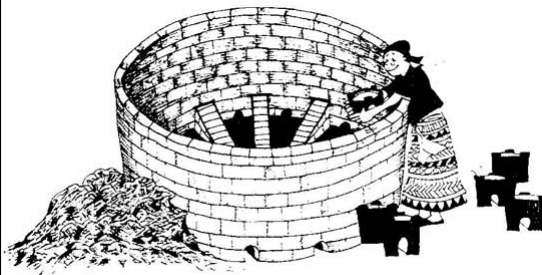
Máglya égetés



Gödrös égetés



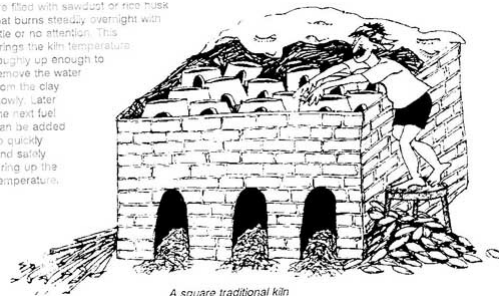
Kemencés égetés



The round enclosed fire kiln



is filled with sawdust or fire brush
at burns steadily overnight with
little or no attention. This
rings the kiln temperature
highly up enough to
remove the water
from the clay
slowly. Later
the next fuel
can be added
& quickly
and slowly
ring up the
temperature.



A square traditional kiln

Kőagyag (Stoneware)

Kőagyag

- zöldes-szürkés árnyalatú – anyaga: szeladonit
- kemény, kis porozitású
- kiégetési T: magas (1200-1350°C)
- első megjelenés: Kína, Shang dinasztia, 2. évezred BC



Porcelán

Porcelán

- fehér, esetenként áttetsző
- nagyon kemény, igen kis porozitású
- kiégetési T: igen magas (1300-1450°C)
- első megjelenés:
 - É-Kína: 6-7. század AD
 - nyersanyag: kaolinit
 - D-Kína: 10. század AD
 - nyersanyag: „porcelánkő”: kvarc+muszkovit+albit±kaolinit
 - Európa:
 - 16. század, Itália (Medici védnökség) – gyenge minőség
 - első jó minőségűek
 - 17. század, St Cloud (Párizs mellett): „puha porcelán”
 - nyersanyag: kvarc+alkália+agyag ±mészke
 - 1708., Meissen: „kemény porcelán”
 - nyersanyag: kaolinit+kalcinált gipsz (később: +földpát)
- Modern porcelán nyersanyaga: kvarc+kaolinit+földpát (kb 1/3-1/3-1/3 arány)



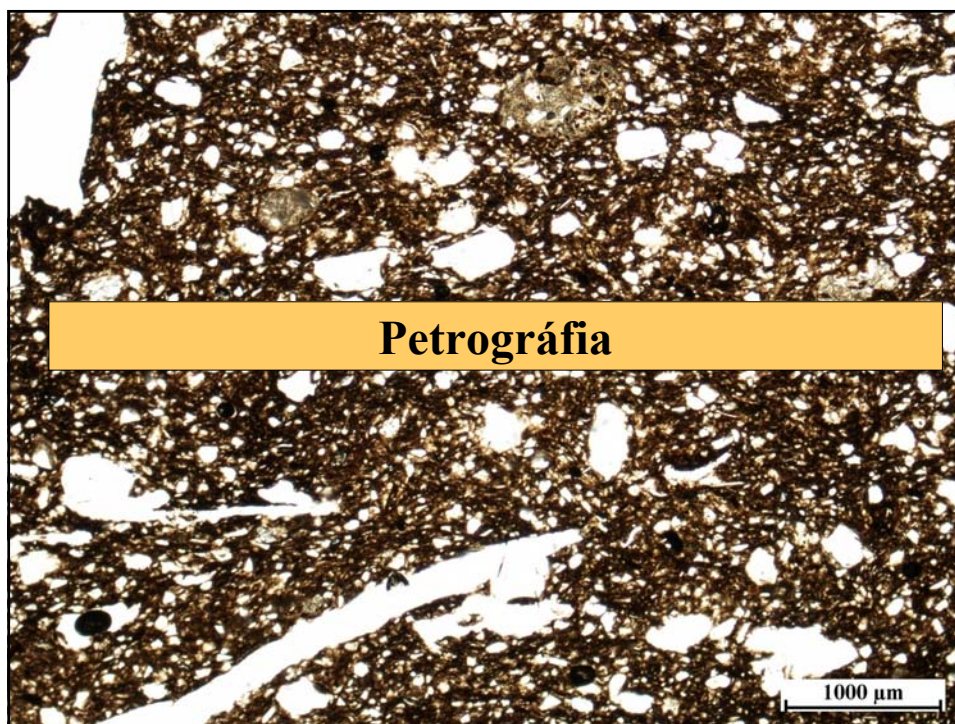
Kerámiák anyagvizsgálata

Anyagvizsgálati módszerek – áttekintés 1.

Anyagvizsgálati módszer	Vizsgálati célterület	Cél
Petrográfia +elektronmikroszkópia (SEM-EDX)	Nem plasztikus elegyrészek Szövet (+mátrix) Másodlagos fázisok	Nyersanyag azonosítása és származási helye Technológia Használati ill. betemetődési viszonyok
Rtg-pordiffrakció	Mátrix Másodlagos fázisok	Technológia (kiégetés T) Nyersanyag azonosítása Betemetődési viszonyok
Kémiai elemzések (fő- és nyomelemek) (NAA, XRF, ICP-MS, PGAA)	Teljes anyag (mátrix + soványító anyag)	Kerámiák csoportosítása Műhely azonosítása Származási hely
Egyéb (mikromineralógia, katódlumineszcencia stb.)	Vizsgálati módszertől függ	Nyersanyaglelőhely, technológia pontosítása Utóhatások

Anyagvizsgálati módszerek – áttekintés 2.

Vizsgált rész	Analitikai módszerek	Cél
<i>Soványító anyag</i>	Petrográfia (összetétel) (Elektronmikroszkópia vagy elektron-mikroszonda) (Mikromineralógia)	Nyersanyagazonosítás Származási hely Technológia
<i>Mátrix</i>	Rtg-pordiffrakció Petrográfia (szövet) (Scanning elektronmikroszkóp)	Technológia (kiégetési T) Technológia (készítés körülményei) Származási hely (?)
<i>Soványító anyag + mátrix együtt</i>	Kémiai elemzés (NAA, XRF, ICP-MS, PGAA, stb.)	Csoportosítás Származási hely
<i>Másodlagos fázisok</i>	Petrográfia Rtg-pordiffrakció Elektron-mikroszonda, SEM	Utólagos események (pl. használat, tüzesetek) Betemetődési viszonyok



Petrográfia: polarizációs mikroszkópi vizsgálat

- Alapvető vizsgálati módszer: nem plasztikus elegyrészek, szövet

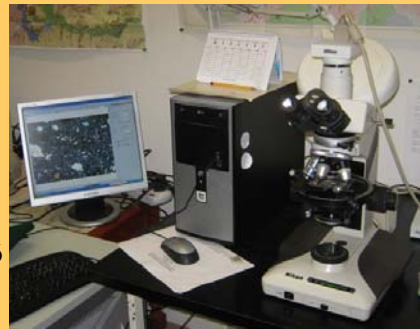
Mintaelőkészítés:

vágás – csiszolás → vékonycsiszolat



Vastagsága: 30 μm → áttetsző

Vizsgálati eszköz:
Polarizációs mikroszkóp



Roncsolásos módszer!

Petrográfia – áttekintés

Nem plasztikus összetevők

- Eredetileg az agyagos üledékben előforduló törmelékszemcsék
 - Soványító anyag – szándékosan hozzáadott
- *nyersanyag származási helye (proveniencia)*

Szöveti vizsgálatok

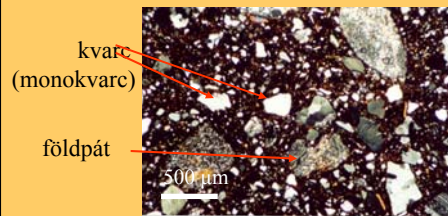
- A nem plasztikus elegyrészek mennyisége, szemcsemérete és eloszlása, osztályozottsága, koptatottsága
- mátrix (szín, optikai aktivitás)

Porozitás

→ *készítési technológia*

Nem plasztikus elegyrészek 1. Ásványtörmelékek

Gyakori elegyrészek:

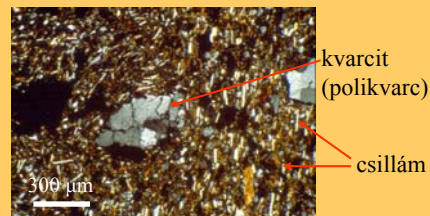


kvarc
(monokvarc)

földpát

500 μm

Szécsény, neolitikum- Zseliz kultúra



kvarcit
(polikvarc)

csillám

300 μm

Szőny, Római kor

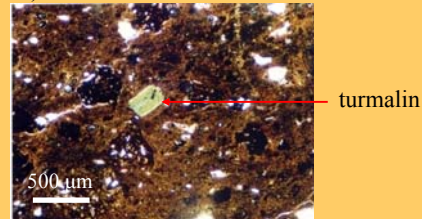
Ritka elegyrészek (akcesszóriák = nehézásványok):



amfibol

100 μm

Szarvas, neolitikum – Körös kultúra



turmalin

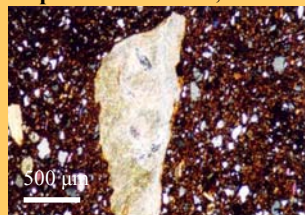
500 μm

Vörs, neolitikum – Starčevo kultúra

Nem plasztikus elegyrészek 2. Kőzettörmelékek

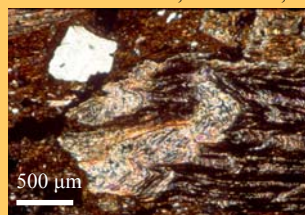
Előfordulás: elsősorban durva kerámiákban

Talkpala - Vaskeresztes, vaskor



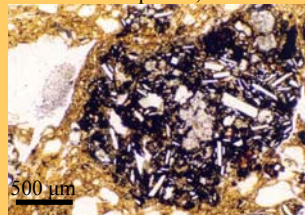
500 μm

Fillit – Felsővadász, neolitikum, Bükk kultúra



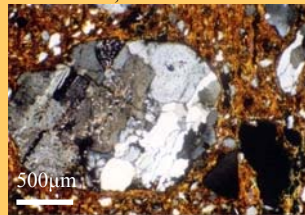
500 μm

Bazalt - Lovászpátona, vaskor



500 μm

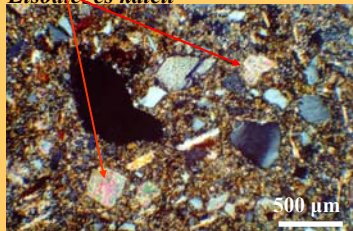
Gneisz – Sé, vaskor



500 μm

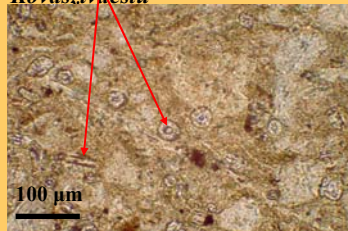
Nem plasztikus elegyrészek 3. Mész-kő, kalcit, ősmaradványok

Elsődleges kalcit



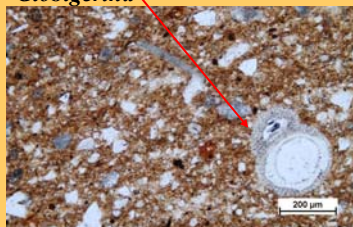
Endrőd, Neolitikum - Körös-kultúra

Kovaszivacs-tű



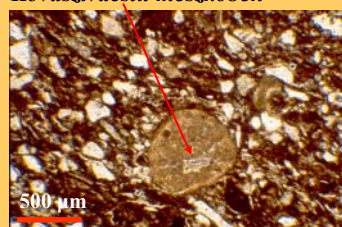
Bicske, neolitikum - Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

Globigerina



Fażana, Isztria – Római kori amphora

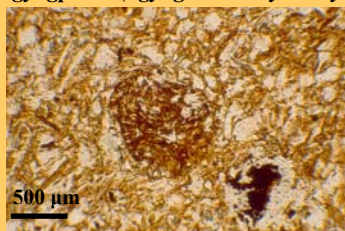
Kovaszivacs-tű mészkőben



Bicske, neolitikum – Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

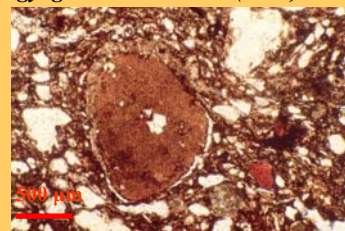
Nem plasztikus elegyrészek 4. Agyagkőzetek, tört kerámia – Whitbread (1986)

Agyagpellel (agyagos soványítóanyag)



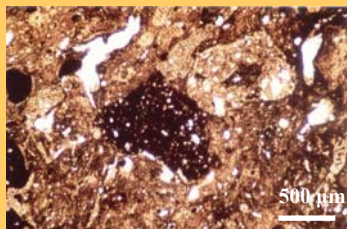
Szőny, Római-kor

Agyagos közettörmelék (ARF)

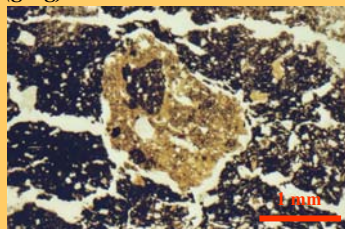


Felsővadász, bronzkor

Kerámia töredékek (grog)



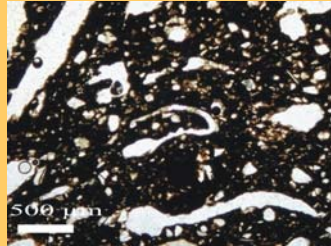
Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra



Százhalombatta, bronzkor, Nagyrév-kultúra (Kreiter A.)

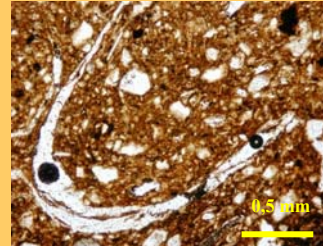
Nem plasztikus elegyrészek 5. Szerves anyag és maradványai

Szerves anyag



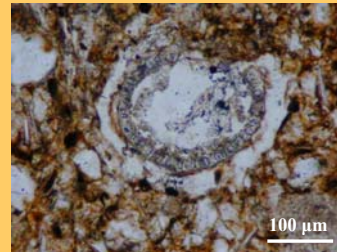
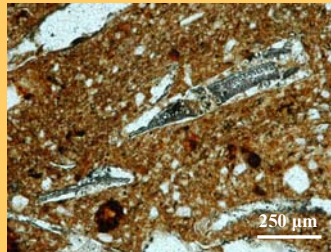
Vörs, neolitikum

Pelyva maradványa/helye

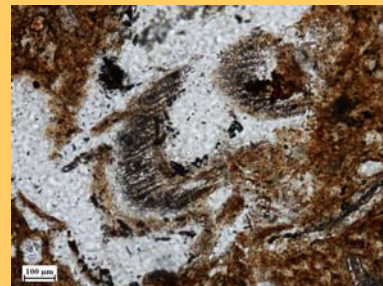
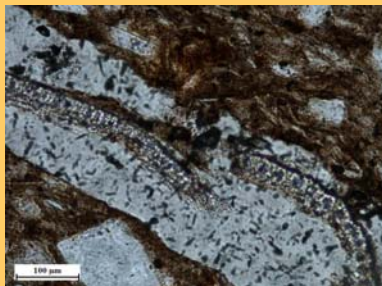
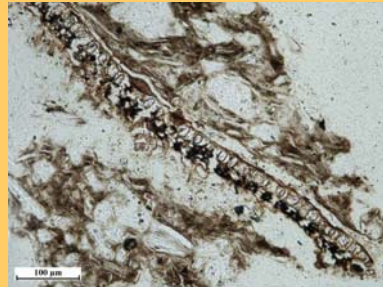
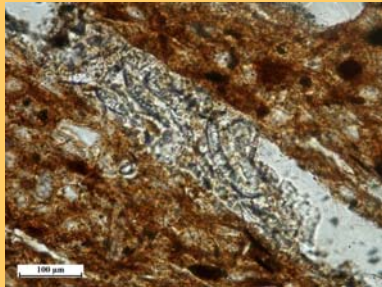


Szarvas-23 kora neolitikum

Fitolit – opál anyagú növénymaradványok – sejtek körül kiválás



Fitolit (növényi opál)



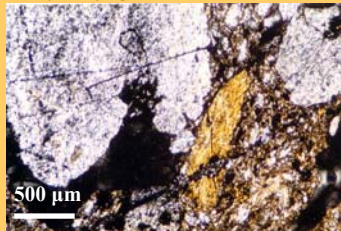
Szarvas és Endrőd, Körös-kultúra, kora neolitikum

Irodalom: Pető Ákos: AM 2009/2, 15-30.

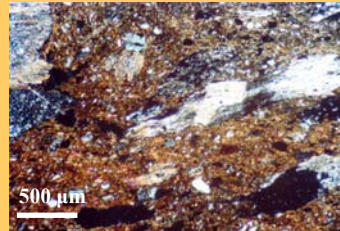
Nem plasztikus elegyrészek homogenitása

Monomikt törmelékanyag

– hegyvidéki helyi anyag



Vaskeresztes, vaskor



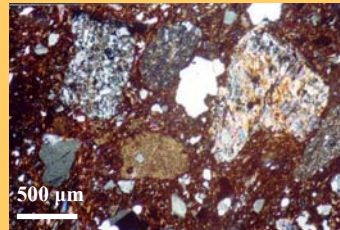
Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra

Polimikt törmelékanyag - nyersanyagkeveredés

-Természetes eredetű

- földtani helyzet - síksági folyóvízi anyag
(nagyobb méretű szemcsék koptatottak)

- Mesterséges keverés - soványítóanyag



Felsővadász, bronzkor

Soványítóanyag: helyi – nem helyi

A soványítóanyag származásának azonosítási lehetőségei 1.

A származási hely **azonosítása eredményes**: ha van olyan ásvány vagy kőzettörmelék esetleg ősmaradvány, amelyek egy adott területre jellegzetes (ld. talkpala, bazalt, fillit, gneisz, amfibol, kovaszivacsű)

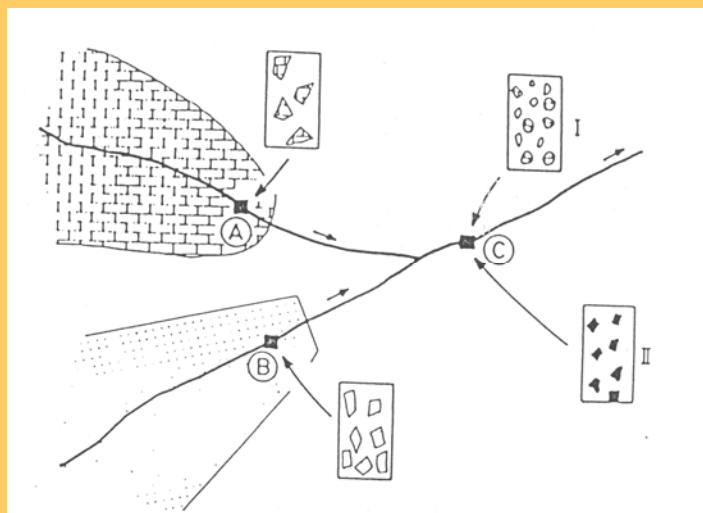
- főleg hegységi-hegységközeli területen.
- általában **nagy mennyiségű** kerámiából

Az azonosítás sikere függ az **adott kőzet elterjedésétől**, illetve **változékonyságától**, továbbá a **terület geológiai feldolgozottságától**.

- Az azonosítást csak az adott terület földtanával - kőzettanával történt részletes egyeztetés után szabad megtenni.

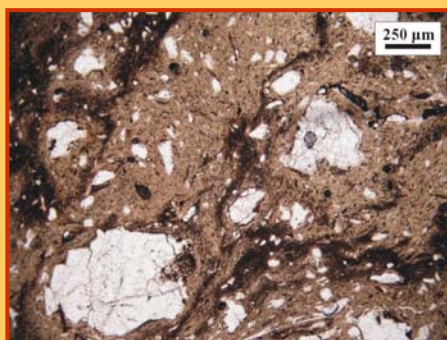
Fontos eredmény lehet a nem helyben készült, „**idegen**” anyagú kerámiák kimutatása.

A soványítóanyag származásának azonosítási lehetőségei 2.



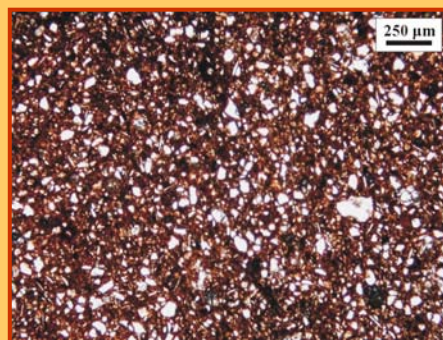
Maggetti (1994)

Szövet – az agyagok alaptípusai



↓
**Kövr, törmelékszegény
agyag**

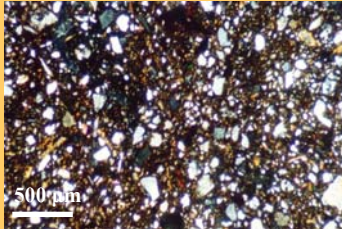
↓
Soványítás szükséges



↓
Sovány agyag

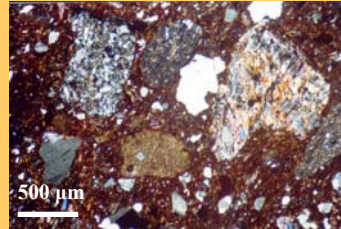
Szöveti vizsgálatok → technológia 1.

Szeriális



Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

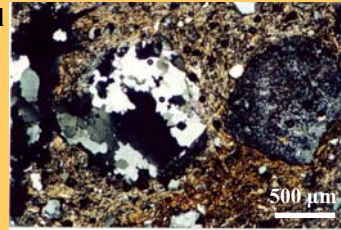
Hiátuszos



Felsővadász, bronzkor

Hiátuszos, koptatott elegyrészekkel

Hiátuszos – szándékos soványítás
de: esetenként természetes üledék
is lehet hiátuszos (pl. folyóvízi
homok)

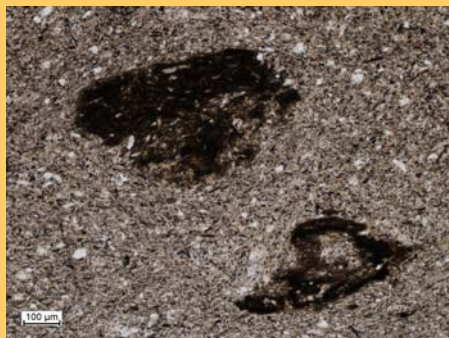


Szécsény, Neolitikum – Zseliz kultúra

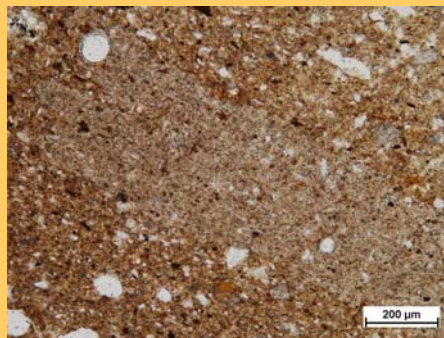
Szöveti vizsgálatok → technológia 2 - agyag keverés

- Inhomogenitás vagy „idegen” agyagos mátrix maradványok

Agyagkeverés maradványai



Meszes és nem meszes agyag keverés nyoma



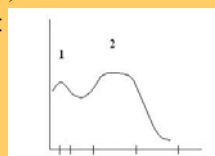
Szöveti vizsgálatok → részletek

Alapanyag (mátrix) színe

- **1 nikollal** (a kerámia eredeti, saját színe):
 - vöröses → oxidatív kiégetés/hőntartás
 - szürke → redukzív kiégetés/hőntartás
- **Keresztezett nikollokkal:** izotropitás → *kiégetési hőmérséklet*
 - Izotróp (optikailag inaktív)
 - Erősen kettőtörő (optikailag aktív)

Szemcseméret

- Uralkodó/átlagos szemcseméret(ek)
- Maximális szemcseméret
- Hiátuszos/szeriális (hiátusz szemcseméret tartománya)
- Szemcseméret eloszlás – szemcseeloszlási görbe; pl.:
- Osztályozottság



Koptatottság → homok ↔ tört kőzet soványító anyag

Írányítottág → gyártási technológia (formázás)

Porozitás – alak, méret, eloszlás, kitöltés

- Elsődleges (száradás során)
- Másodlagos (kiégetés során)

Szöveti vizsgálatok eredménye – táblázat

Csoport	I. csoport											
	L/a)										L/b)	
Mintasám	SP-13	SP-2	SP-3	SP-7	SP-8	SP-12	SP-15	SP-17	SP-18	SP-6	SP-14	
Alapanyag színe	IN	sötét barnásvörös	közepesen sötét barnásvörös	közepesen sötét barnásvörös	közepesen sötét barnásvörös	közepesen sötét vörösbarna	közepesen sötét barnásvörös	közepesen vörös	közepesen sötét vörösbarna	közepesen sötét sötétvörös	közepesen sötét barnásvörös	mag-közepesen sötét szárkésbarna - szegély-közepesen sötét vörösbarna
	+N	sötétvörös	sötétvörös	sötétvörös	sötétvörös	sötét vörösbarna	sötétvörös	közepesen sötét sárgásvörös	-	közepesen sötétvörös	sötétvörös	-
Alapanyag izotropitása	csaknem izotróp	közepes (3)	közepes (3)	közepes (3)	jó (4)	közepes (3)	gyenge (2)	csaknem izotróp	nincs (1)	közepes (3)	izotróp	
Szövet	gyengén hiátuszos	gyengén hiátuszos	hiátuszos	gyengén hiátuszos	hiátuszos	hiátuszos	hiátuszos	hiátuszos	hiátuszos	hiátuszos	hiátuszos	
Pórus	méret (µm)	200-600	100-2000	100-500	100-600	500-1000	500-2000	nagyon kicsi	200-500	nem értékelhető	100-250	500-800
	alak	szabálytalan	szabálytalan	szabálytalan	szabálytalan	szabálytalan	szabálytalan	-	szabálytalan	szabálytalan	szabálytalan	
Szemcseméret eloszlás	osztályozottság	gyengén	rosszul	gyengén	rosszul	rosszul	rosszul	közepesen	rosszul	közepesen	rosszul	
	eloszlás	3 max.	3 max.	3 max.	3 max.	3 max.	3 max.	2 max.	3 max.	2 max.	3 max.	
Átlagos szemcseméret (µm)	kicsi	20-50	20-60	20-50	20-50	20-50	25-50	20-80	20-80	20-80	20-60	
	közepes	80-120	100-150	100-150	100-200	80-120	100-150	-	100-150	-	100-150	
Max. szemcseméret (µm)	nagy	400-700	250-400	300-700	250-400	300-800	300-600	250-600	250-400	500-750	300-600	
	gyengén	1250	1500	800	700	1200	900	1000	800	800	700	
Koptatottság	nem, vagy nagyon gyengén	nem, vagy gyengén	nem, vagy gyengén	nem, vagy gyengén	nem, vagy nagyon gyengén	szilárkos	nem, vagy nagyon gyengén	gyengén	nem, vagy gyengén	nagyon gyengén	gyengén	nem, vagy gyengén



Szegély, máz

Slip – vékony agyagbevonat

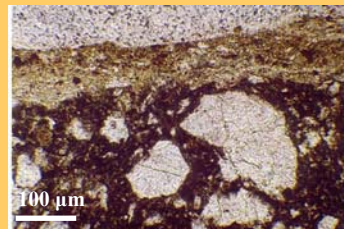
Engob – színes földfesték

Formázás után, de a kiégetés előtt
(iszapolt) anyagú szegély

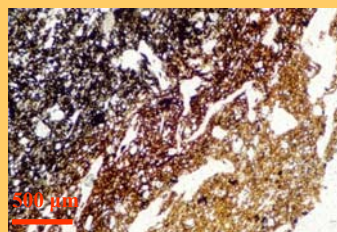
Ólomház – átlátszó + aláfestés

Ónmáz – átlátszatlan fedőház (+ fedőfestés
díszítés) – majolika, fajansz

Majolika – Iparművészeti Múzeum
(T. Bruder, 2005)



Felsővadász, Neolitikum – bükki kultúra



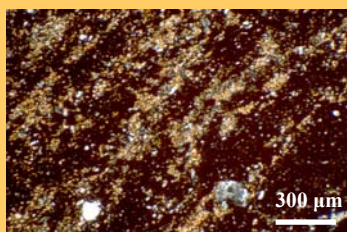
Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

„Szendvics szerkezetű” kerámia

Szegély kialakulása az égetés – hőntartás során,
oxidatív – redukzív körülmények változásának
hatására

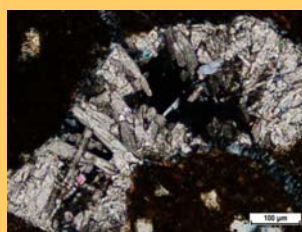
Utólagos átalakulás - használat, betemetődés

Karbonátos átítatás



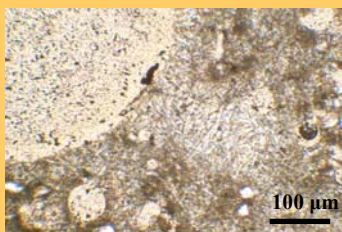
Szőny, Római-kor

Póruskitöltő karbonát



Fażana, Isztria – Római kori amphora

Megolvadás



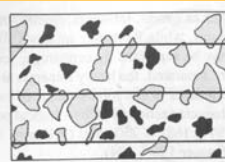
Bicske, Neolitikum, – Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

Mennyiségi kiértékelés 1. – kimérés típusai

pontszámlálás



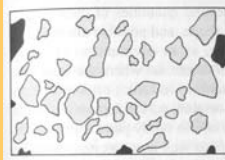
a



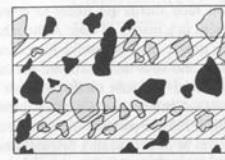
b

vonala menti kimérés

térfogat-százalékos kimérés (területmérés)



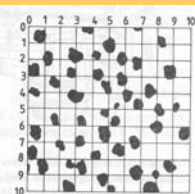
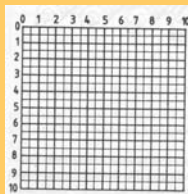
c



d

sávossal kimérés

↓
módszer:
négyzethálós
okulárbetéttel



Mennyiségi kiértékelés 2.

Térfogat- vagy darabszázalékos kimérés

- Mátrix
 - Nem plasztikus elegyrészek
 - Agyagos közettörmelékek
 - Pórusok
- egymáshoz viszonyított aránya
- Nem plasztikus elegyrészek egymáshoz viszonyított aránya

Mennyiségi kiértékelés táblázatosan

Mintaszám	Szees-1	Szees-2	Szees-3	Szees-4	Szees-5 belső	Szees-5 szegély	Szees-6
Alapanyag	71.1	84.6	81.2	79.7	77.1	84.3	71.2
Pórus	0.3	5.5	1.2	3.5	2.2	4.1	1.3
Agyagsomó	1.1	-	0.9	-	-	-	2.9
Törmelékzemesék	27.5	9.9	16.7	16.8	20.7	11.6	24.6
A törmelékzemesék egymáshoz viszonyított eloszlása (tf%)							
Kvarc	28.5	71.4	56.9	59.5	51.4	74.5	35.3
Kvarcit (polikvarc)	32.1	7.6	14.7	25.0	24.2	11.1	31.2
Tumalinos kvarcit	ny	-	-	-	-	-	-
Mikrokvarcit	ny	3.5	3.7	ny	ny	-	ny
Plagioklász	19.8	3.9	1.9	1.6	8.2	1.0	14.7
Kálföldpát	8.1	6.4	1.0	1.4	7.9	1.1	6.9
Muszkovit (szericit)	ny	1.0	4.0	6.2	3.0	7.4	2.8
Biotit	ny	ny	1.3	ny	ny	ny	1.0
Csillám aggregátum	ny	-	ny	1.0	ny	-	1.6
Opakásvány	ny	1.1	3.3	1.4	1.4	1.9	1.4
Augit	1.0	-	ny	-	-	-	-
Hipersztén	ny	-	-	-	-	-	-
Barnaamfibol	ny	-	-	-	ny	-	-
Hornblende	ny	ny	ny	-	-	ny	-
Tumalin	1.0	-	1.0	ny	ny	ny	ny
Gránát	ny	-	1.1	ny	ny	-	ny
Epidot-klinozoit	-	ny	ny	ny	ny	-	ny
Cirkon	ny	ny	ny	ny	ny	ny	ny
Rutil	ny	-	ny	ny	-	-	ny
Opál	ny	-	-	-	-	-	-
Ortit	-	-	-	-	-	-	ny
Andezit törmelék	4.1	-	-	-	-	-	-
Vulkanit alapanyag	1.6	3.6	4.9	2.1	2.4	1.1	ny
Közetüveg	1.2	1.5	1.0	ny	ny	-	-
Felzit	-	ny	-	ny	ny	-	1.0
Granitoid-gneisz	1.5	ny	3.1	1.8	-	-	4.1
Metahomokkő	1.1	-	2.1	-	1.5	1.9	-
Aleurolit	ny	-	-	-	-	-	-

Petrográfia dokumentálása

Szöveges petrográfiai leírás (mintánként vagy petrográfiai típusonként)

- makroszkópos
- polarizációs mikroszkópos
 - nem plasztikus elegyrészek
 - szövet

Táblázatos mintaleírás (mintánként) - jobb összehasonlíthatóság

pl. NÖK (korábbi KÖSZ) protokoll, 1. melléklet:

<http://www.mnm-nok.gov.hu>

Összefoglaló kiértékelés

Műszeres vizsgálatok

Katódlumineszcencia

- Petrográfia kiegészítéséhez
- Különböző eredetű ásványok (kvarc, földpát, karbonátok, stb.) elkülönítése – eltérő összetétel, illetve nyomelemeik alapján → eltérő lumineszcens szín
- Egyes szöveti elemek jobb megjelenítése – soványítóanyagok színben jobban eltérnek a mátrixtól
- Kerámiákat ért utólagos hatások (mállás, oldatáramlás) kimutatása

Irodalom:

Bajnóczi et al. (2005): Archeometriai Műhely II/2, 31-41

Havancsák et al. (2009): Archeometriai Műhely VI/4, 1-14.

Mikromineralógia

Akcesszóriák (nehézásványok) elemzése – kis mennyiségben, de nagyon jellegzetesek

- Csoportosítás
- Feltételezett lelőhely(ek) anyagával összehasonlítás → **nyersanyag származási helyének lehatárolása, esetleg azonosítása**

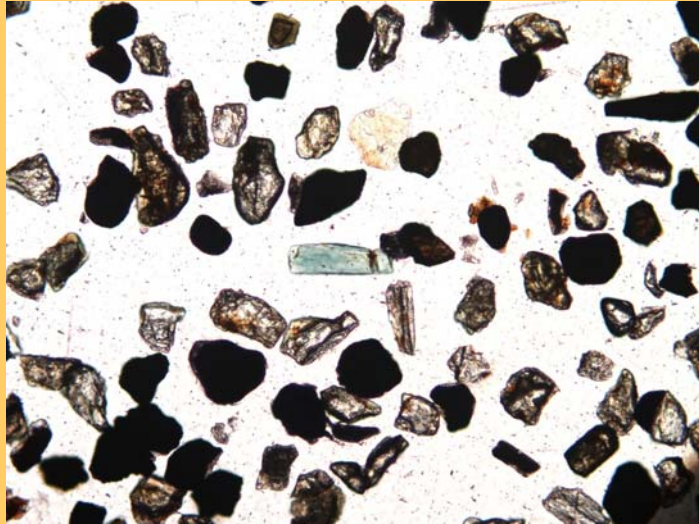
Hátrány:

- **Nagy mennyiségű** régészeti **kerámia** anyag szükséges hozzá – legalább (200-)300 nehézásvány-szemcse szükséges a biztos azonosításhoz
- **Munkaigényes mintaelőkészítés**

Kerámia archeometriai vizsgálatoknál ritkán alkalmazzák, pedig **jelentős többletinformáció**val szolgál

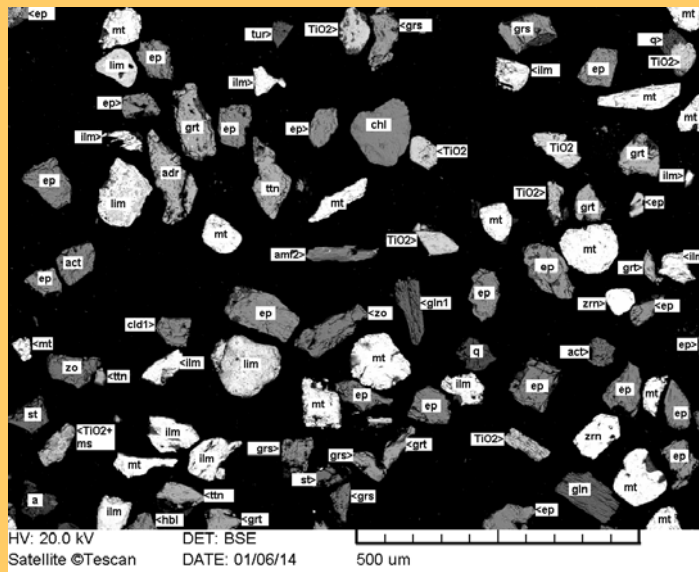
Mikromineralógia

Polarizációs mikroszkóp



Mikromineralógia

Elektronmikroszkóp



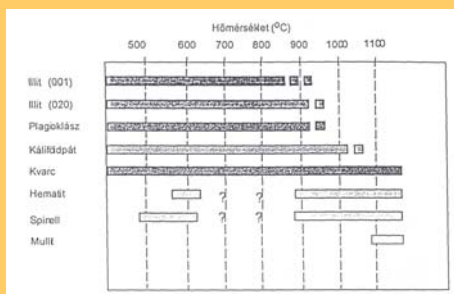
Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 1.

Alapvető vizsgálati módszer:

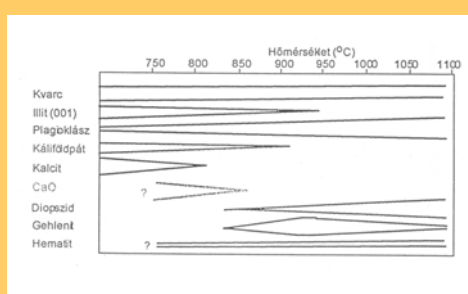
- plasztikus agyag és átalakulási termékei → **kiégetési T**
- másodlagos elegyrészek → utóhatások (használat, betemetődés)

Alap: Hőmérséklet hatására történő fázisátalakulások

Illites, nem meszes agyag:

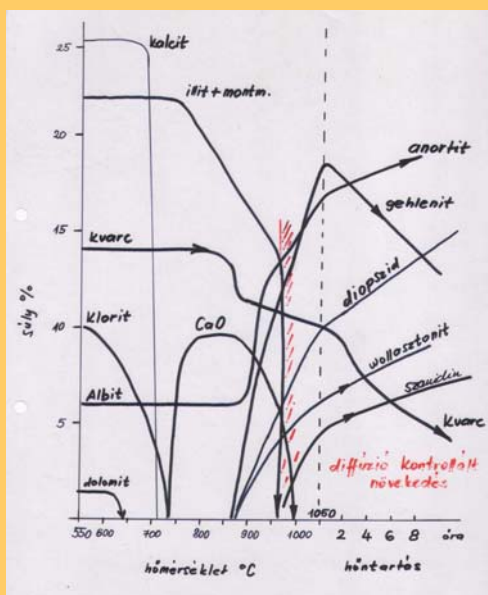


Illites, meszes agyag:



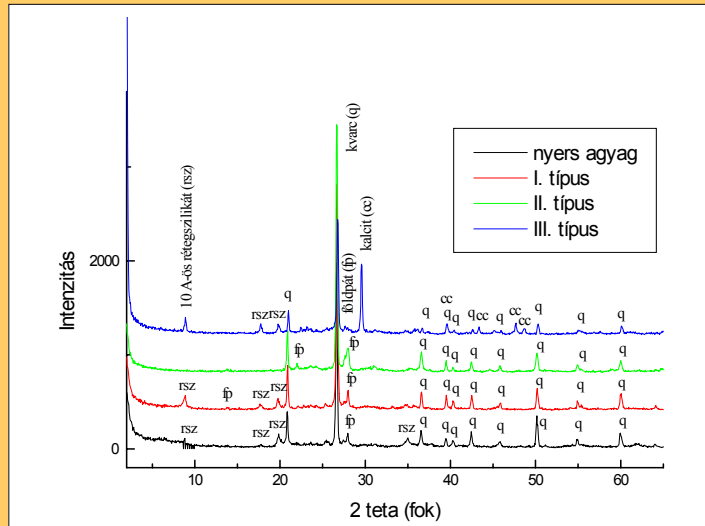
Maggetti, 1982

Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 2.



Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat – példa

Borsod X. századi kerámiák (Szilágyi V. 2004.)



A közzetani módszerrel elkülönített típusok egyértelműen azonosíthatók.

Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM)

Petrográfiai mikroszkópnál jobb felbontás: mikroszerkezeti bélyegek vizsgálhatók

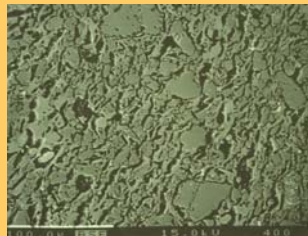
Kiégetési – hőntartási folyamatok nyomkövetése – anyag plasztikussá válásával kapcsolatos átrendeződés, üvegesedés → hőmérséklet becslése

Üvegesedés kezdete:

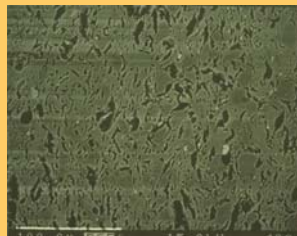
illites-montmorillonitos agyagok kerámiái: ~ 800-850 °C

kaolinites agyagok kerámiái: ~ 1000 °C

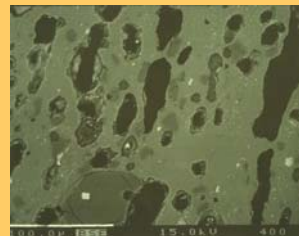
kezdődő üvegesedés



előrehaladott üvegesedés



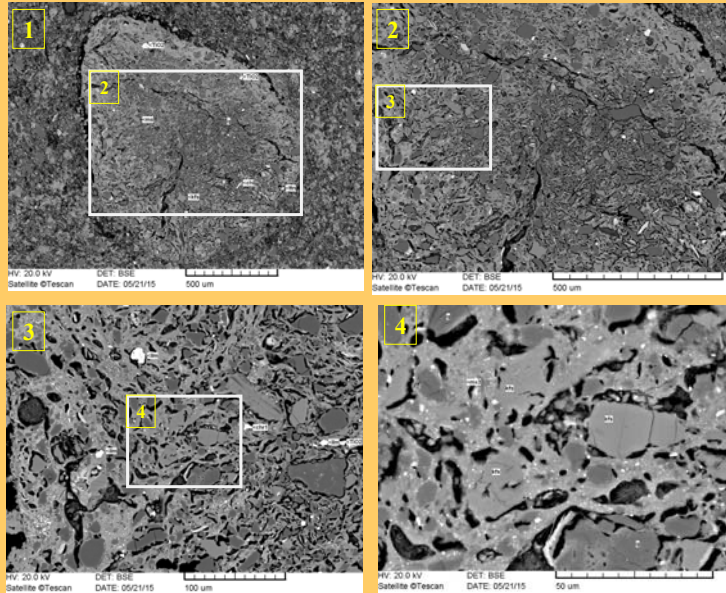
kiterjedt üvegesedés



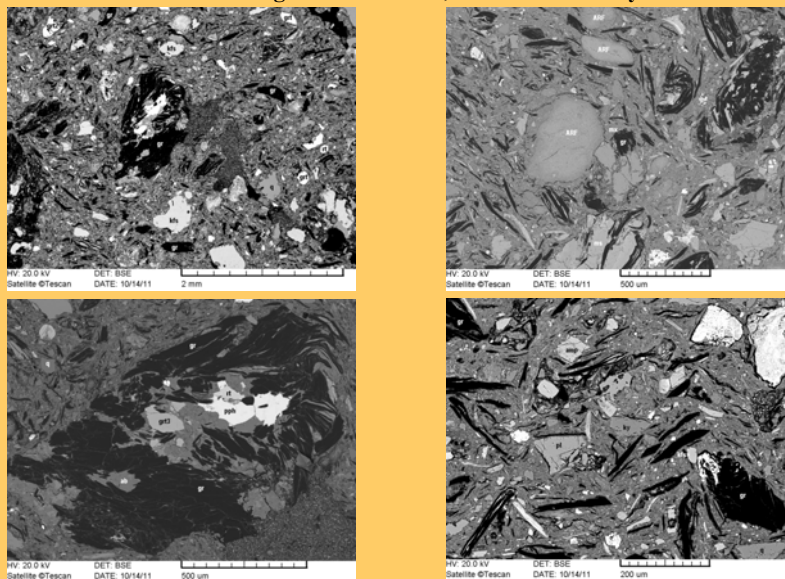
Tite nyomán

Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM-EDX) - nem plastikus elegyrészek és a mátrix kémiai összetétele

Római kori tegula
fokozatosan
növekvő
nagyítással

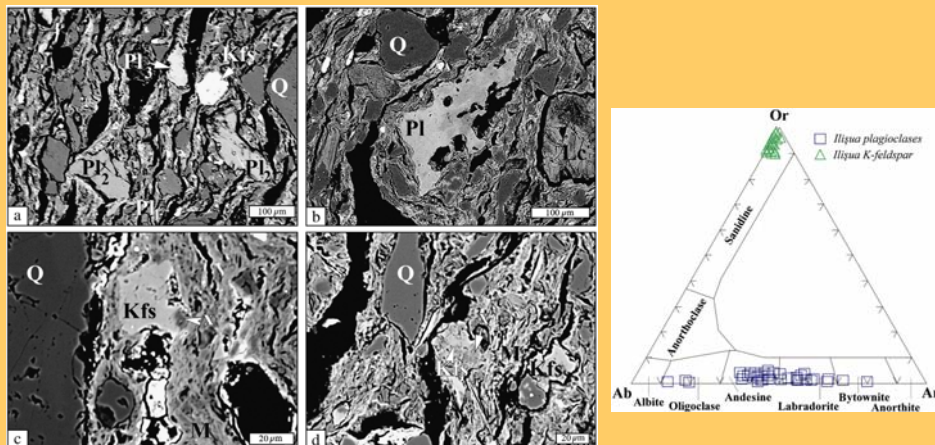


Scanning-elektronmikroszkóp (SEM-EDX) példa 1: törmelékszemcsék, mátrix, ARF 9-11. századi grafitos kerámia, Kisalföldi lelőhelyekről



SEM-EDX példa 2: törmelékszemesék, mátrix, ARF

Késő bronzkor, Noua kultúra, Illișua (Erdélyi-medence északi rész)



Irodalom: Ionescu et al. (2011), Applied Clay Science, 53, 466-475

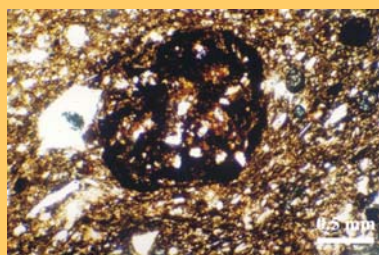
Scanning-elektronmikroszkóp (SEM-EDX) példa 3: Fe-gazdag konkréciók 1.

Vizsgált minták

(Kora Neolitikum)

Szarvas - Körös kultúra

Vörs - Starčevo kultúra



Szarvas-23 A71/a/1

Méret: 1-2 mm – 1,5 cm

Szín: fekete – sötétbarna

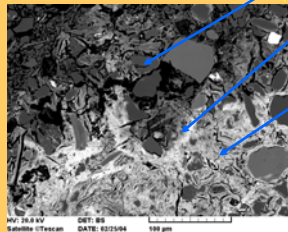
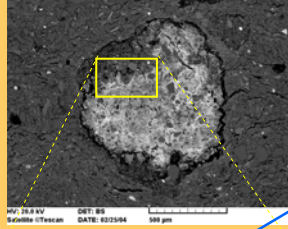
Alak: gömbölyded

Egyéb: benne apró – elsősorban

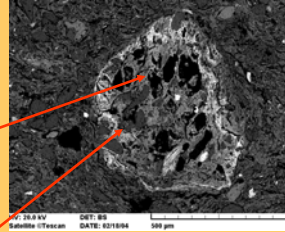
kvarc - szemesék

Fe-gazdag konkréciók 2.

Körös kultúra – Szarvas-23



Starčevo kultúra - Vörs



kevés Fe

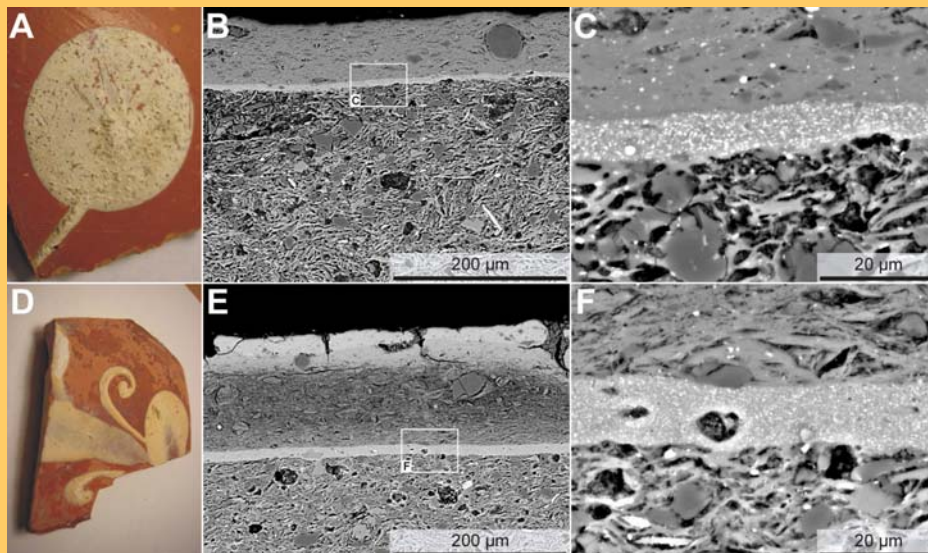
nagyon sok Fe

sok Fe

	Starčevo sötétvilágos		Körös sötétvilágos		határ
SiO ₂	49,33	38,82	62,82	33,03	15,74
TiO ₂	0,53	0,44	1,03	0,54	0,00
Al ₂ O ₃	28,45	21,82	20,11	14,94	8,01
FeO	4,52	28,63	5,12	37,98	66,17
MnO	5,47	2,97	0,43	3,92	2,64
MgO	3,15	2,52	2,90	2,86	1,35
CaO	1,96	1,40	1,37	1,42	1,41
Na ₂ O	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	4,05	2,58	4,35	2,25	1,11
P ₂ O ₅	1,04	0,82	1,87	3,06	3,57
SUM	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Hasonló konkréciók: mocsaras
vagy ártéri területeken, réti talajokban

SEM-EDX példa 4.: Római kerámiák és barbotin



Irodalom: Harsányi et al. (2013): Applied Clay Science, 82, 31-46

Geokémia 1.

Fő- és nyomelemek, ritkaföldfémek

Módszerek:

XRF – főelemek + sok nyomelem, (néhány RFF)

NAA – nyomelemek, sok RFF

kiegészítik egymást

ICP OES + ICP MS

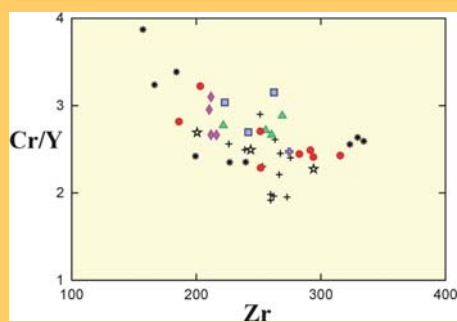
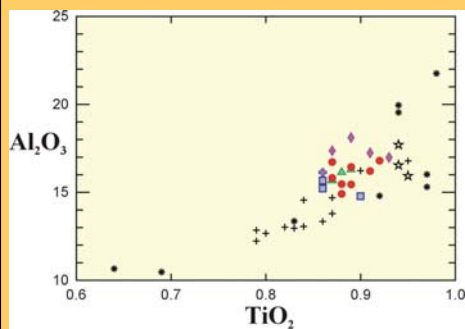
fő- és nyomelemek, teljes RFF spektrum

PGAA

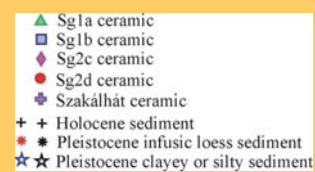
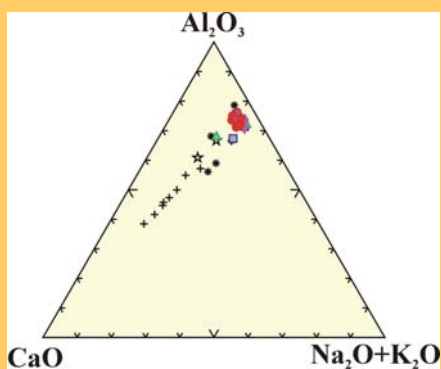
főelemek + néhány nyomelem (köztük a B), kevés RFF

Egyéb módszerek: pl. PIXE, AAS, stb.

Kora neolitikum, Szarvas-Endrőd

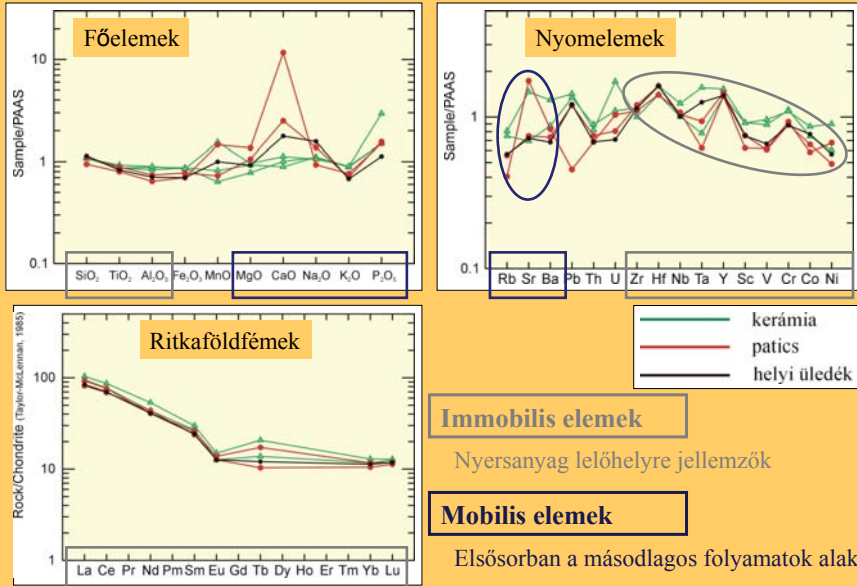


Geokémia 2. Kétváltozós és háromszög diagramok



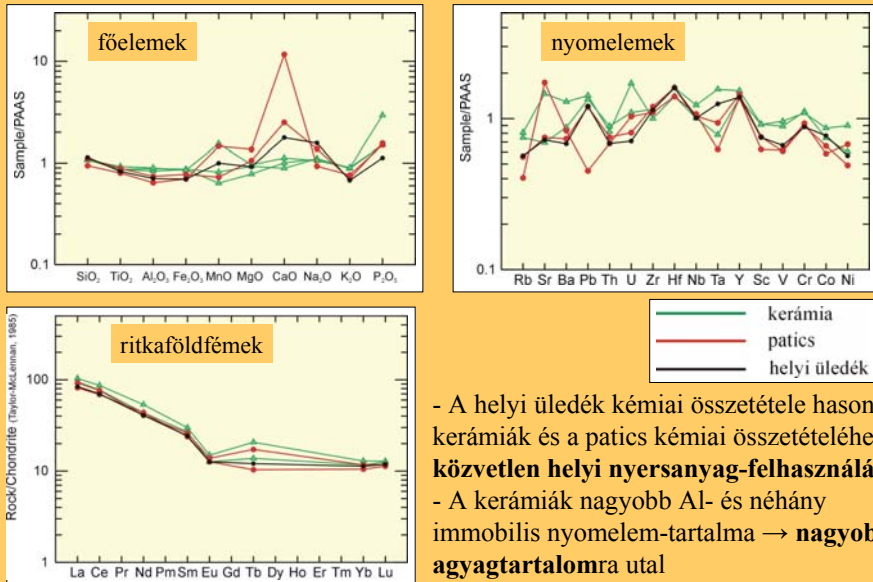
Geokémia 3 – sokelemes diagramok

Kerámia – patics – helyi üledék összehasonlítása: Endrőd-39 lelőhely, Neolitikum



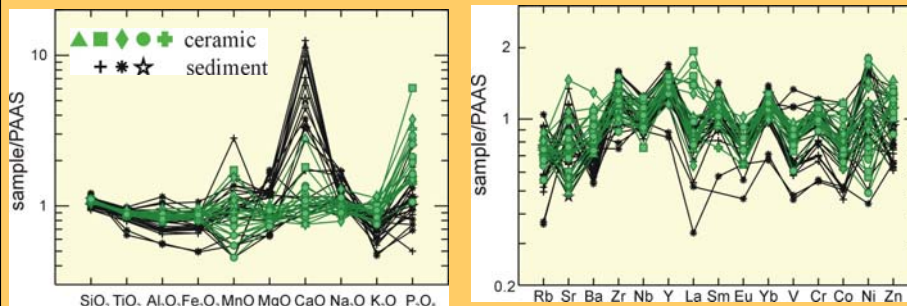
Geokémia 3 - sokelemes diagramok

Kerámia – patics – helyi üledék összehasonlítása: Endrőd-39 lelőhely, Neolitikum



Geokémia 4. – sokelemes diagramok

Kora neolitikum, Szarvas-Endrőd



Általában a kerámiák gazdagabbak Al-ban és immobilis nyomelemekben → nagyobb az agyagtartalmuk

A helyi üledék összetétele közel azonos a kerámiákéval, kivéve Ca, P, és a mobilis nyomelemeket (Rb, Sr, Ba)

Van olyan üledék, aminek az összetétele szinte teljesen megegyezik a kerámiák összetételével.

Mössbauer spektroszkópia

- vas-oxidok, vas-hidroxidok, vas-oxi-hidroxidok, vastartalmú szilikátok pontos meghatározása
- vas oxidációs állapotának meghatározása, változásának nyomonkövetése
- vasásványok szerkezete, koordinációs állapotok

→ **Kiégétségi, hőtartási körülmények rekonstrukciója**

Hátrány

- magas költség
- utólagos oxidációs-redukciós folyamatok zavaró hatása

Raman spektroszkópia

Információ nagyon kis területről – egyedi kis szemcsék, esetleg zárványok vizsgálata;
pl. festék, máz, szerves molekulák

Gorzsza:



Fehér: aragonit (mollusca héj)

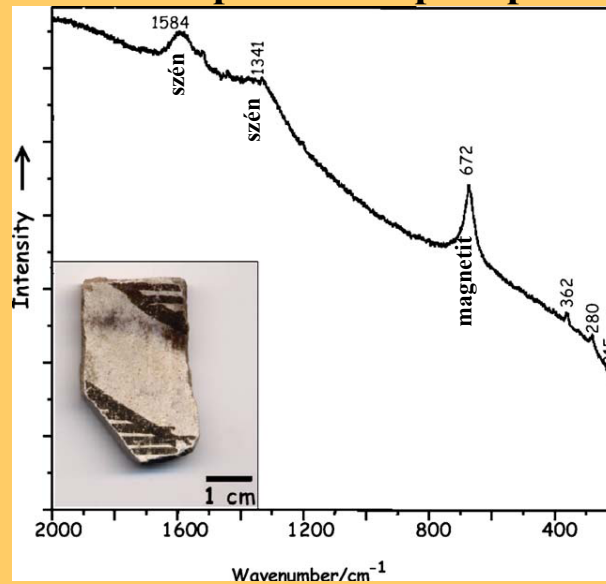


Vörös: okker



Fekete: szenes anyag (faszén?)

Raman spektroszkópia - példa



Wallace Ruin, Colorado: Ancestan Pueblo kerámia (Smith és Clark 2004 JAS 31, 1137-1160):

Termikus vizsgálatok - DTA

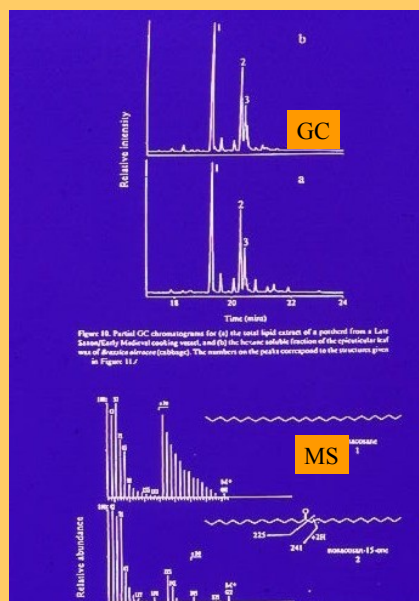
Kerámia vizsgálatoknál kevésbé elterjedt módszer

XRD vizsgálatokkal együtt jól használható

- fázisok azonosítása
- kiégetési hőmérséklet becslés

Kerámia tartalom: szerves maradványok

- Lipidek – hidrofóbok → megmaradnak
- Oldószerrel kioldás
- Szeparálás gáz kromatográfiával (GC)
- Meghatározás tömegspektrométerrel (MS)
- Növényi eredetű – zsírsavak, viaszos levelek, gyanta
- Állati eredetű – zsírsavak, koleszterin
- Elkülönítés: zsírsavak szénizotóp arányai alapján
 - Kérődzők – nem kérődzők
 - Állati eredetű zsírok és tej származékok (zsírok)



Összefoglalás, konklúzió 1.

- 1, A polarizációs mikroszkóppal történő **(petrográfiai)** vizsgálat és a **röntgen pordiffrakciós vizsgálat alapvető fontosságú** a kerámiák archeometriai vizsgálata során.
- 2, A **kémiai elemzések** a fentiekén túlmenően, összehasonlító anyaggal együtt (kemence anyag, helyi agyag vagy talaj) további értékes információt szolgáltatnak.
- 3, A **SEM-EDX**, illetve **elektron-mikroszondás** vizsgálatok a petrográfiai vizsgálatok **kiegészítésére, pontosítására**, esetenként az **utólagos hatások** nyomonkövetésére szolgálnak.
- 4, A kémiai elemzések (fő- és nyomelemek, RFF-k) és az elektron-mikroszondás elemzések a **nyersanyagok eredetéről** és a **készítési technológiáról** (pl. nyersanyagkeverés) nyújtanak információkat.

Összefoglalás, konklúzió 2.

- 5, A soványítóanyag petrográfiai vizsgálata, továbbá a kémiai elemzések eredményei alapján
 - a **nyersanyag eredetéről** kapunk felvilágosítást, esetenként a nyersanyag **származási helyét** is azonosítani lehet.
 - nagyszámú kerámia vizsgálata során a kerámialeletek anyagi szempontból történő **csoportosítása** lehetséges.
 - elkülöníthetők a **helyben készült** kerámiák és az **idegen helyről** származó nyersanyagú kerámiák.
- 6, A petrográfiai szöveti vizsgálatok és a röntgenpordiffrakciós elemzések a kerámiakészítés **technológiájához** adnak információkat.
- 7, A petrográfiai vizsgálatok meghatározó jelentőségűek a **további műszeres vizsgálatokhoz** az anyag kiválasztásában, illetve jó alapot nyújtanak a műszeres vizsgálatokkal kapott adatok **pontosabb értékeléséhez**.
- 8, Megfelelően elvégzett nagyszámú, részletes feldolgozás esetén az adatok **matematikai statisztikai módszerekkel** is feldolgozhatóak.