

## Kerámiák archeometriai vizsgálata

Szakmány György – Szilágyi Veronika

Kerámiák archeometriai vizsgálata; 2017. november 10. és 17.

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

### Osztályozás:

- Lerakódási környezet
- Szemcse méret
- 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

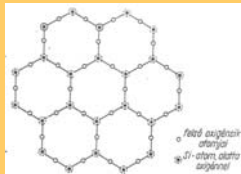
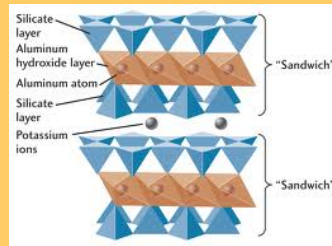
- Uralkodóan  $< 2 \mu\text{m}$  szemcsenagyság  $\rightarrow$  kolloid tulajdonságok
- Gyakran tartalmaz aleurit, homok vagy durvatörmelékes elegyrészeket is
- A plasztikus viselkedéshez minimum 15%-nyi  $2 \mu\text{m}$ -nál finomabb szemcse szükséges
- Finomszemcsés plasztikus agyagok képződése leginkább 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 ( $\text{SiO}_2$ )
  - Alumínium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
  - $\text{H}_2\text{O}$ 
    - $\rightarrow$  víztartalmú alumínium szilikátok
    - eltérő Si, Al és  $\text{H}_2\text{O}$  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
  - $\text{SiO}_4$  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 (szmektitos);  $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2 = 1:4$

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

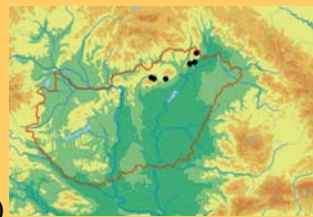
## Nemesagyag

**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

*durvakéremia, 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**

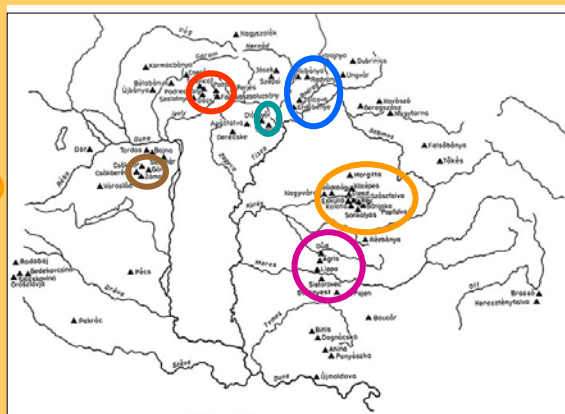
**Miskolc környéke**

**Zemplén és Ung**

**Nagyvárad (Sebes-Körös)**

**Lippa (Maros)**

**Csákvár**



Domokos 1988-2002

## Nem tűzálló agyag

Uralkodóan montmorillonit-os 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

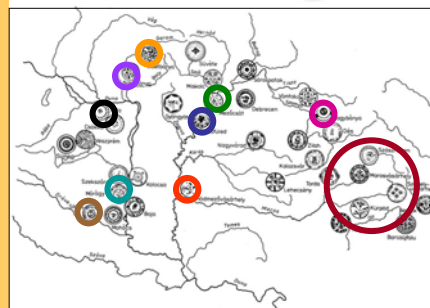
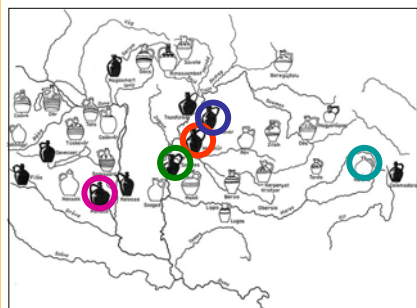
Nagyszámú lelőhely és fazekasközpont - jelenlegiek az őskori és középkori központok helyén és hagyományokon alakultak ki

### 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 – törmelékszemcsék, soványítóanyag

- > 15µm
- 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 törmelékszemcsék
- soványítóanyag – mesterségesen adagolt
  - homok (- apró kavics)
  - összetört kőzettörmelék
  - tört kerámia (grog)
  - grafit
  - szervesanyag (pl. pelyva, lószőr stb.)
  - csontörlemény
  - kagylóhéj



Bronzkor, Biatorbágy  
fotó: Kreiter Attila

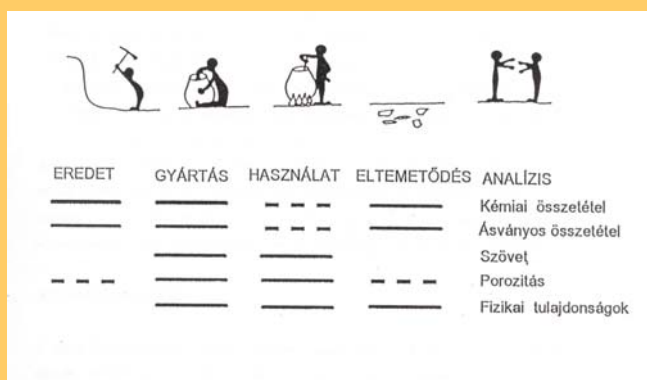
Vizsgálat: Petrográfiai mikroszkóp (elektronmikroszkop, SEM)

## 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

### Vízátrolók

- 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!

-soványító anyaggal

-sovány agyag hozzákeverésével



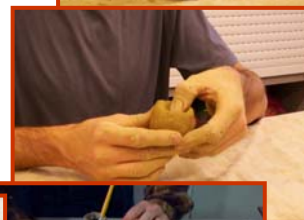
## Edényformálási technikák

### 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 – 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), türkizzöld, 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: <b>vörös-bézs</b> Mag: <b>fekete</b>	reduktív	<b>oxidatív</b>	nincs/kevés
	<b>oxidatív</b>	<b>oxidatív</b>	sok
<b>Szürke-fekete</b>	reduktív	reduktív	nincs/kevés
<b>Vörös-bézs</b>	<b>oxidatív</b>	<b>oxidatív</b>	nincs/elvétve
	reduktív	<b>oxidatív</b>	nincs

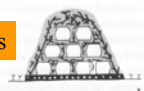
*Picon 1973, Nodari et al. 2004*

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

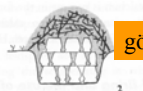
## Kiégetés 3. – Égetés- és kemencetípusok

1. Szabad téri égetés
2. Kemence égetés

máglyaégetés

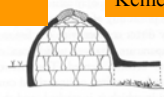


gödörégetés

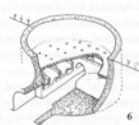
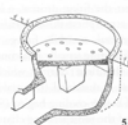


Szabályozatlan áramlás

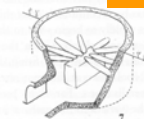
Kemence égetés



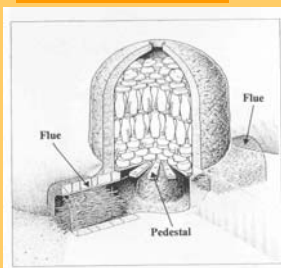
Felfelé áramló levegő



Római-kori kemencék



Középkori kemence



Henderson, 2000

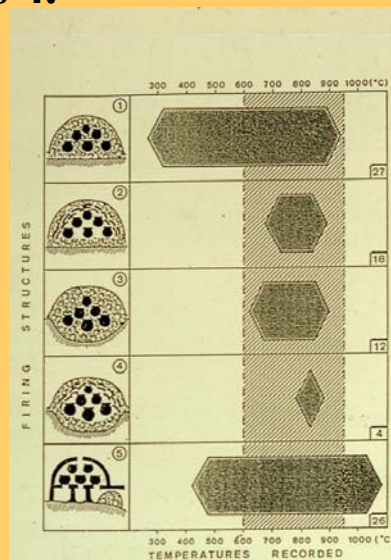
## Kiégetés 4.

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

- 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

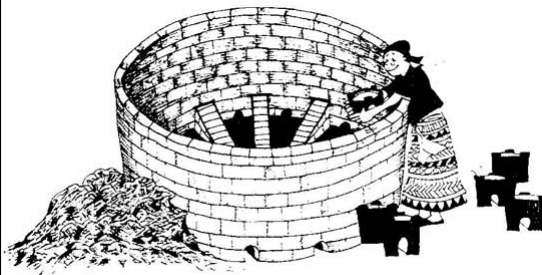
## Máglya égetés



## Gödrös égetés



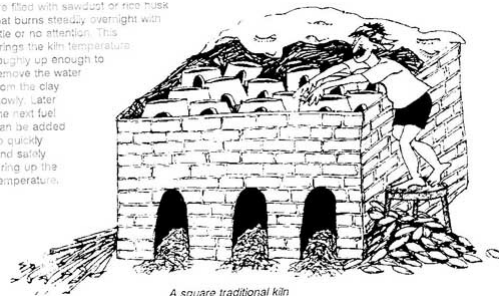
## Kemencés égetés



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)



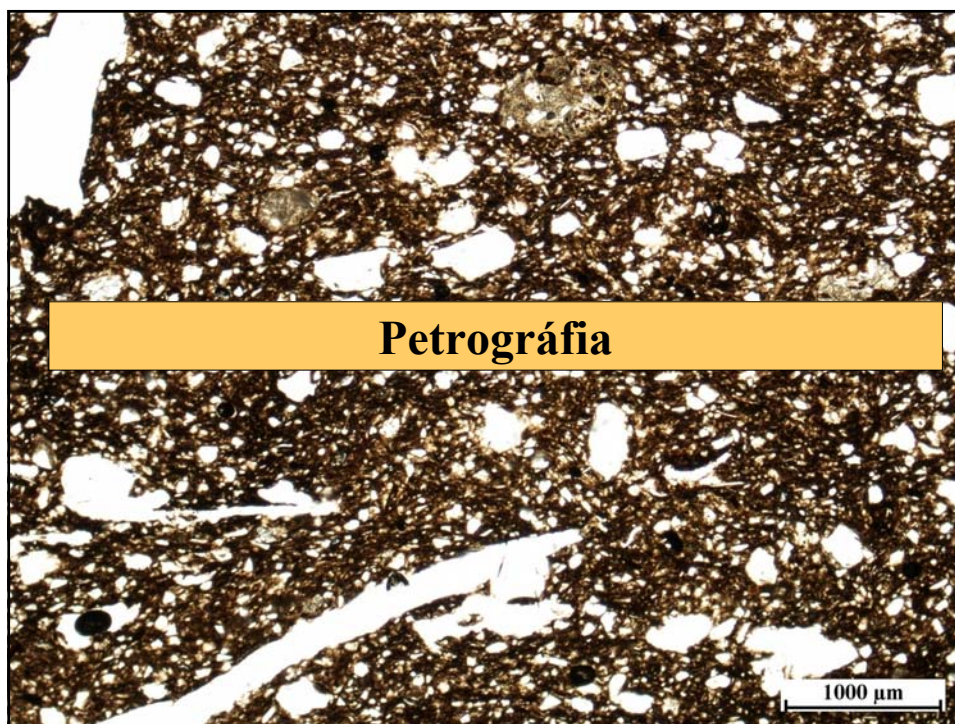
## Kerámiák anyagvizsgálata

### Anyagvizsgálati módszerek – áttekintés 1.

Anyagvizsgálati módszer	Vizsgálati célterület	Cél
<b>Petrográfia +elektronmikroszkópia (SEM-EDX)</b>	Nem plasztikus elegyrészek Szövet (+mátrix) Másodlagos fázisok	Nyersanyag azonosítása és származási helye Technológia Használati ill. betemetődési viszonyok
<b>Rtg-pordiffrakció</b>	Mátrix Másodlagos fázisok	Technológia (kiégetés T) Nyersanyag azonosítása Bemetetődési viszonyok
<b>Kémiai elemzések</b> (fő- és nyomelemek) (NAA, XRF, ICP-MS, PGAA)	Teljes anyag (mátrix + soványító anyag)	Kerámiák csoportosítása Műhely azonosítása Származási hely
<b>Egyéb</b> (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

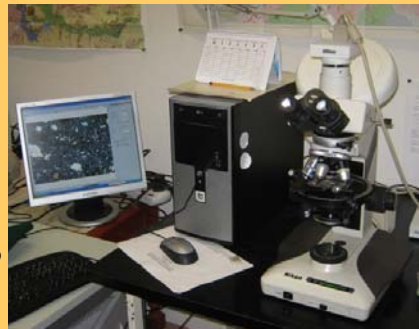
**Mintaelőkészítés:**

vágás – csiszolás → vékonycsiszolat



Vastagsága: 30  $\mu\text{m}$  → 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**

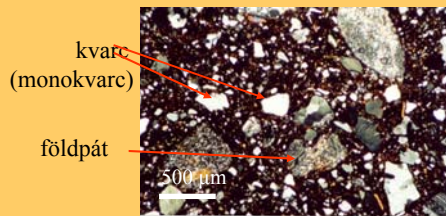
- A nem plasztikus elegyrészek mennyisége, szemcsemérete és eloszlása, osztályozottsága, koptatottsága
- mátrix (szín, optikai aktivitás)

**Porozitás**

→ *készítési technológia*

## Nem plasztikus elegyrészek 1. Ásványtörmelékek

Gyakori elegyrészek:

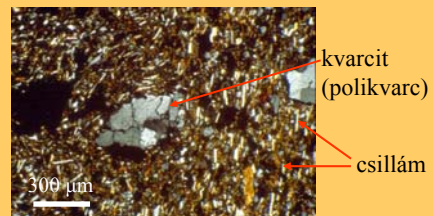


kvarc  
(monokvarc)

földpát

500 µm

Szécsény, neolitikum- Zseliz kultúra



kvarcit  
(polikvarc)

csillám

300 µm

Szőny, Római kor

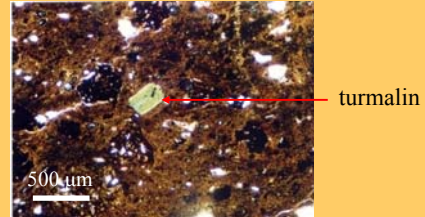
Ritka elegyrészek (akcesszóriák = nehézásványok):



amfibol

100 µm

Szarvas, neolitikum – Körös kultúra



turmalin

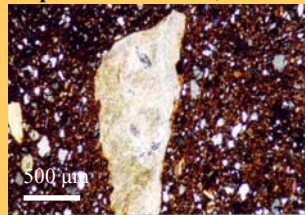
500 µm

Vörs, neolitikum – Starčevo kultúra

## Nem plasztikus elegyrészek 2. Kőzettörmelékek

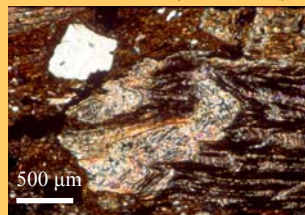
Előfordulás: elsősorban durva kerámiákban

**Talkpala** - Vaskeresztes, vaskor



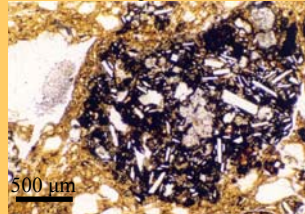
500 µm

**Fillit** – Felsővadász, neolitikum, Bükk kultúra



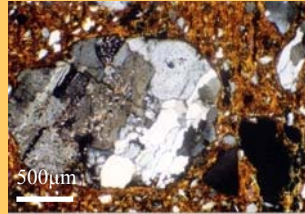
500 µm

**Bazalt** - Lovászpátona, vaskor



500 µm

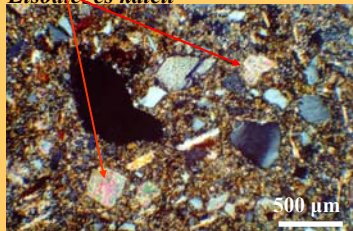
**Gneisz** – Sé, vaskor



500 µm

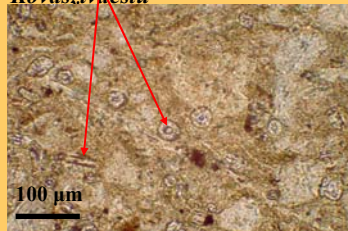
### Nem plasztikus elegyrészek 3. Mész-kő, kalcit, ősmaradványok

*Elsődleges kalcit*



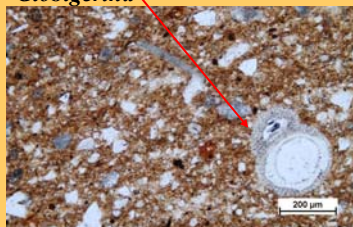
Endrőd, Neolitikum - Körös-kultúra

*Kovaszivacs-tű*



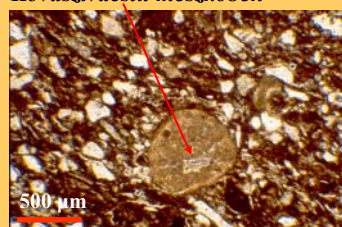
Bicske, neolitikum - Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

*Globigerina*



Fażana, Isztria – Római kori amphora

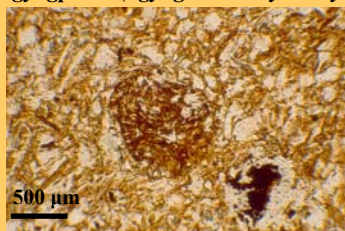
*Kovaszivacs-tű mész-kőben*



Bicske, neolitikum – Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

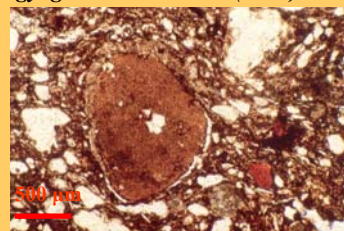
### Nem plasztikus elegyrészek 4. Agyagkőzetek, tört kerámia – Whitbread (1986)

*Agyagpellelet (agyagos soványítóanyag)*



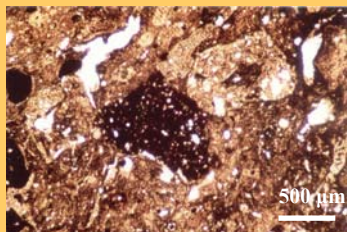
Szőny, Római-kor

*Agyagos közettörmelék (ARF)*

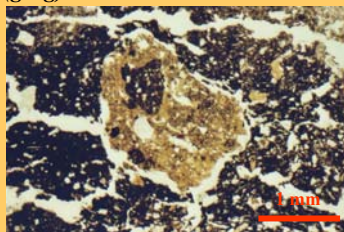


Felsővadász, bronzkor

*Kerámia töredékek (grog)*



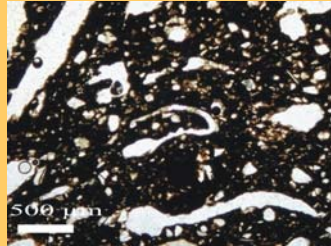
Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra



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

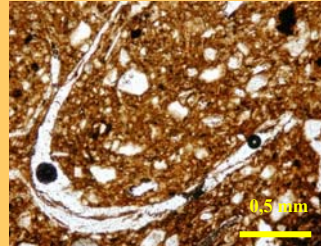
## Nem plasztikus elegyrészek 5. Szerves anyag és maradványai

*Szerves anyag*



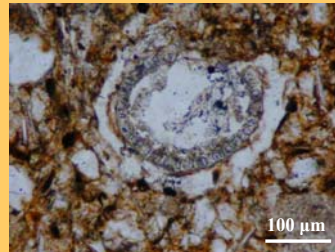
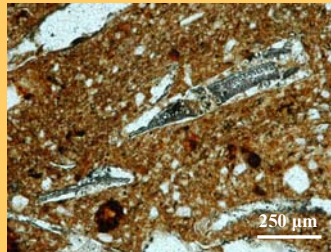
Vörs, neolitikum

*Pelyva maradványa/helye*

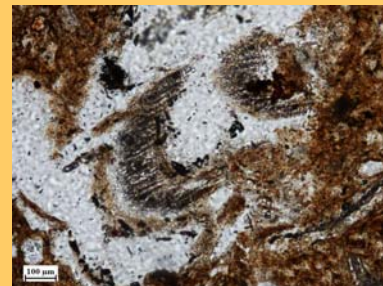
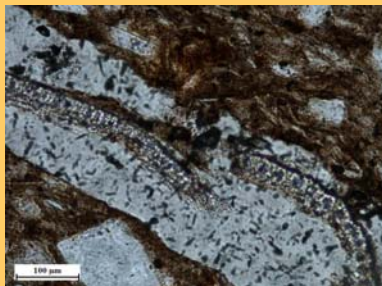
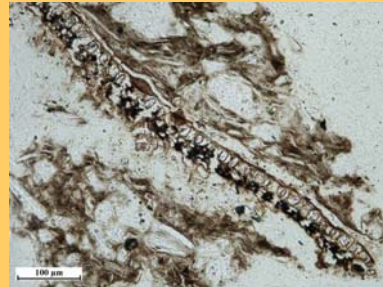
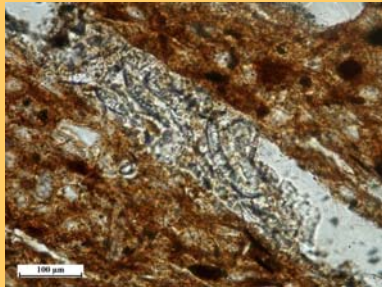


Szarvas-23 kora neolitikum

**Fitolit** – opál anyagú növénymaradványok – sejtek körül kiválás



## Fitolit (növényi opál)



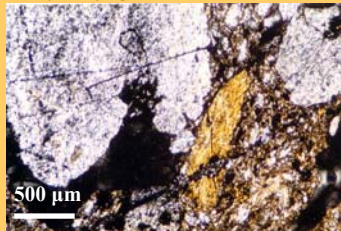
Szarvas és Endrőd, Körös-kultúra, kora neolitikum

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

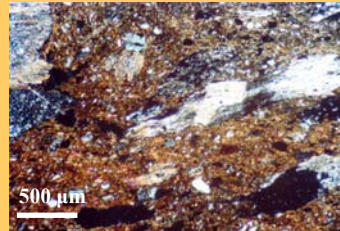
## Nem plasztikus elegyrészek homogenitása

### Monomikt törmelékanyag

– hegyvidéki helyi anyag



Vaskeresztes, vaskor



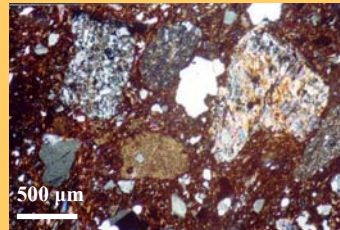
Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra

### 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, kovaszivacstű)

– főleg hegységi-hegységközeli területen.

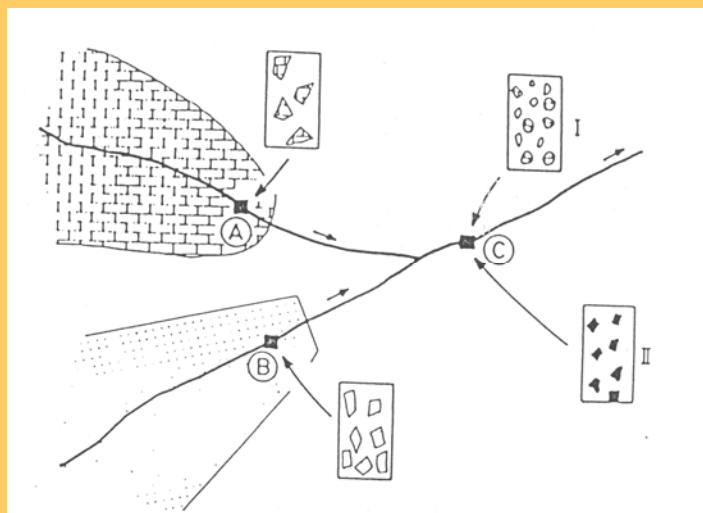
– általában **nagy mennyiségű** kerámiából

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.

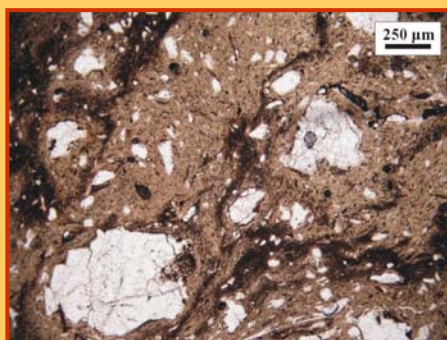
Fontos eredmény lehet a nem helyben készült, „**idegen**” anyagú kerámiák kimutatása.

## A soványítóanyag származásának azonosítási lehetőségei 2.



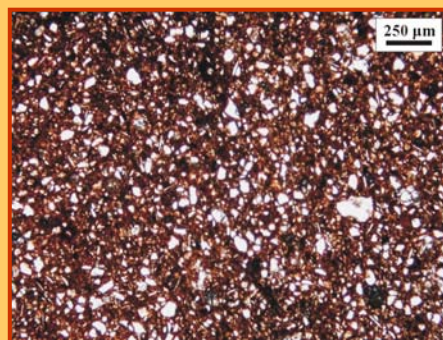
Maggetti (1994)

## Szövet – az agyagok alaptípusai



↓  
Kövr, törmelékiszegény  
agyag

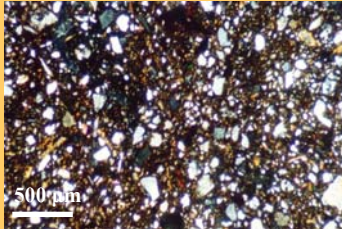
↓  
Soványítás szükséges



↓  
Sovány agyag

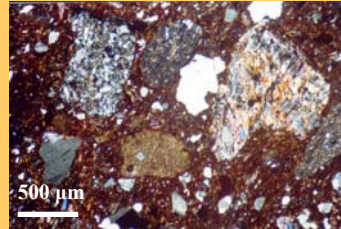
## Szöveti vizsgálatok → technológia 1.

**Szeriális**



Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

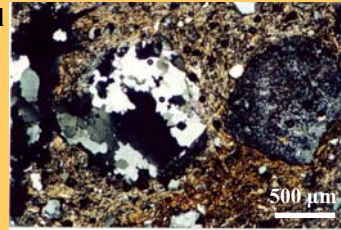
**Hiátuszos**



Felsővadász, bronzkor

**Hiátuszos, koptatott elegyrészekkel**

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

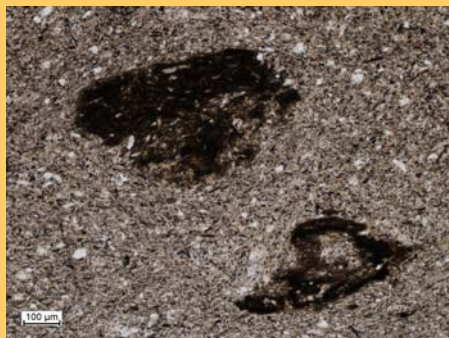


Szécsény, Neolitikum – Zseliz kultúra

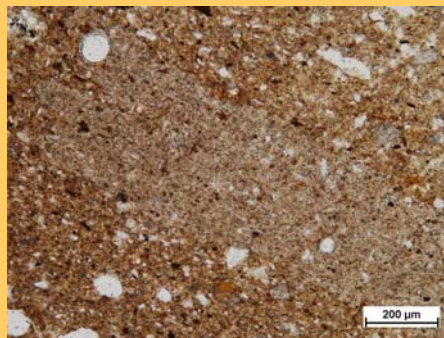
## Szöveti vizsgálatok → technológia 2 - agyag keverés

- Inhomogenitás vagy „idegen” agyagos mátrix maradványok

Agyagkeverés maradványai



Meszes és nem meszes agyag keverés nyoma



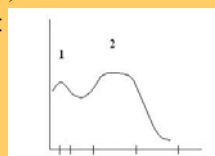
## Szöveti vizsgálatok → részletek

### 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											
	I/a)										I/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 barnásvörös	közepesen sötét barnásvörös	közepesen sötét barnásvörös	közepesen sötét barnásvörös	közepesen sötét barnásvörös	közepesen sötét barnásvörös	mag-közepesen sötét szürkésbarna - 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) kicsi	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	szabálytalan
	osztályozottság	gyengén	rosszul	gyengén	rosszul	rosszul	rosszul	közepesen	rosszul	közepesen	rosszul	rosszul
Szemcseméret eloszlás	eloszlás	3 max.	3 max.	3 max.	3 max.	3 max.	2 max.	3 max.	2 max.	3 max.	3 max.	3 max.
	kicsi	20-50	20-60	20-50	20-50	20-50	25-50	20-80	20-80	20-80	20-50	20-60
Átlagos szemcseméret (µm)	közepes	80-120	100-150	100-150	100-200	80-120	100-150	-	100-150	-	100-150	100-200
	nagy	400-700	250-400	300-700	250-400	300-800	300-600	250-600	250-400	500-750	300-600	300-550
Max. szemcseméret (µm)		1250	1500	800	700	1200	900	1000	800	800	700	900
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

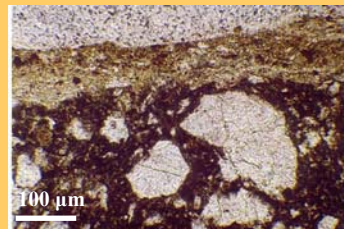
**Engob** – színes földfesték

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

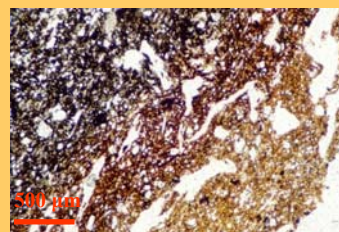
**Ólomház** – átlátszó + aláfestés

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

Majolika – Iparművészeti Múzeum  
(T. Bruder, 2005)



Felsővadász, Neolitikum – bükki kultúra



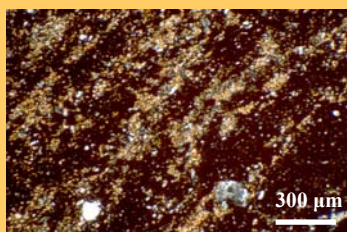
Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

„Szendvics szerkezetű” kerámia

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

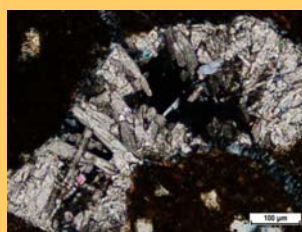
## Utólagos átalakulás - használat, betemetődés

*Karbonátos átítatás*



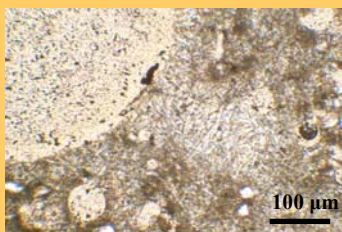
Szőny, Római-kor

*Póruskitöltő karbonát*



Fażana, Isztria – Római kori amphora

*Megolvadás*



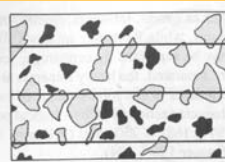
Bicske, Neolitikum, – Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

## Mennyiségi kiértékelés 1. – kimérés típusai

pontszámlálás



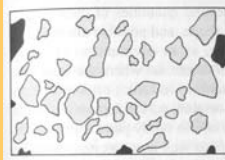
a



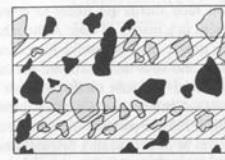
b

vonala menti kimérés

térfogat-százalékos kimérés (területmérés)



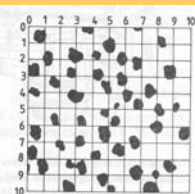
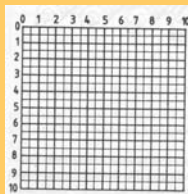
c



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
Törmelékszemcsék	27.5	9.9	16.7	16.8	20.7	11.6	24.6
<b>A törmelékszemcsék egymáshoz viszonyított eloszlása (tf%)</b>							
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
Kaliföldpát	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:

Bajnóczy 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**

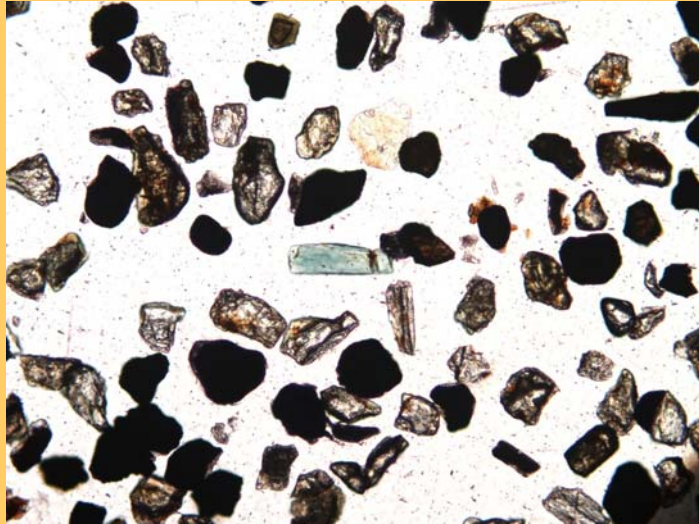
*Hátrány:*

- **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

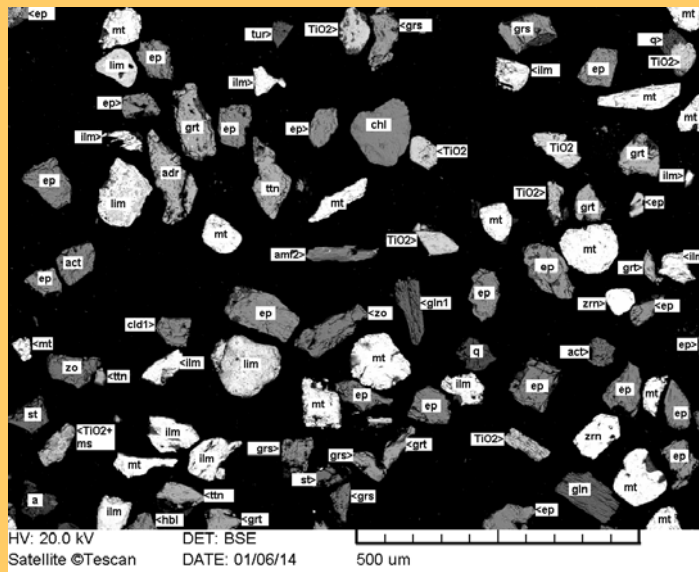
## Mikromineralógia

Polarizációs mikroszkóp



## Mikromineralógia

Elektronmikroszkóp



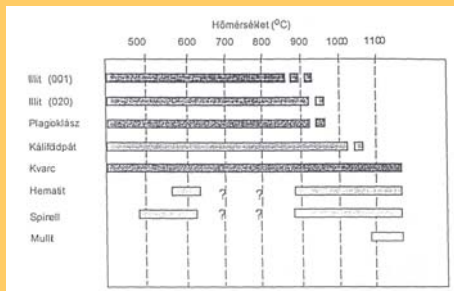
## Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 1.

Alapvető vizsgálati módszer:

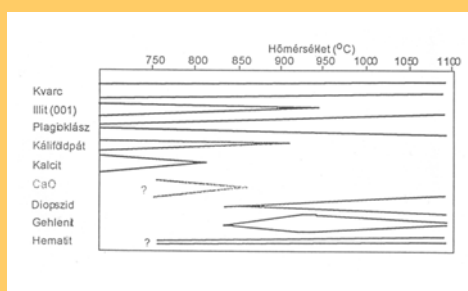
- plasztikus agyag és átalakulási termékei → **kiégetési T**
- másodlagos elegyrészek → utóhatások (használat, betemetődés)

Alap: Hőmérséklet hatására történő fázisátalakulások

Illites, nem meszes agyag:

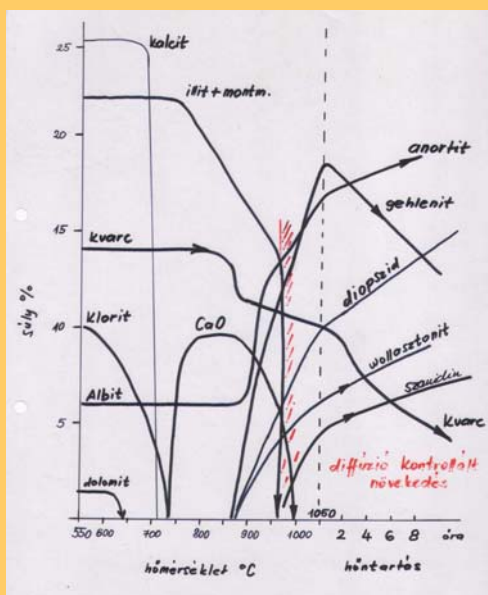


Illites, meszes agyag:



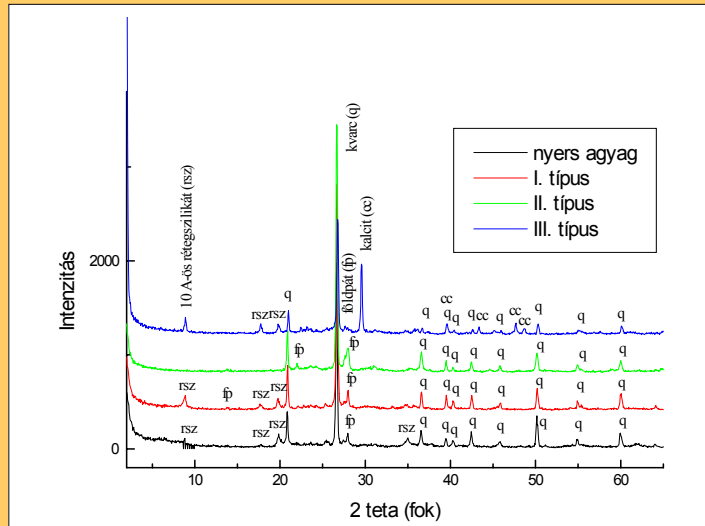
Maggetti, 1982

## 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

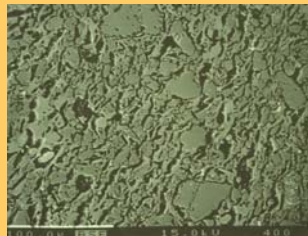
Kiégetési – hőntartási folyamatok nyomkövetése – anyag plasztikussá válásával kapcsolatos átrendeződés, üvegesedés → hőmérséklet becslése

Üvegesedés kezdete:

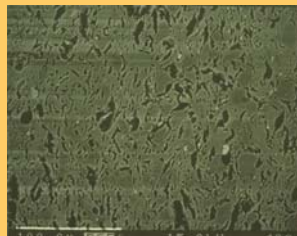
illites-montmorillonitos agyagok kerámiái: ~ 800-850 °C

kaolinites agyagok kerámiái: ~ 1000 °C

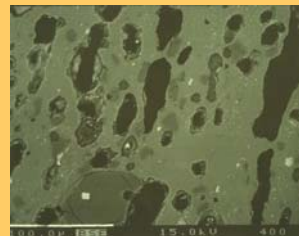
*kezdődő üvegesedés*



*előrehaladott üvegesedés*



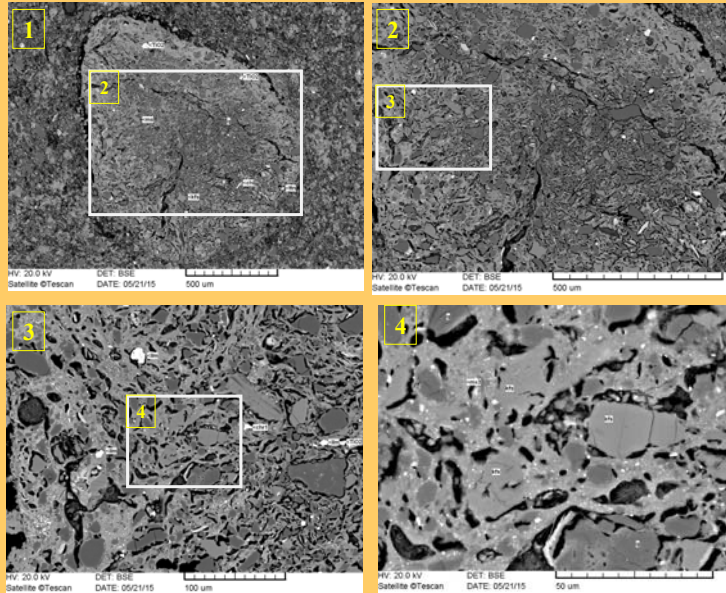
*kiterjedt üvegesedés*



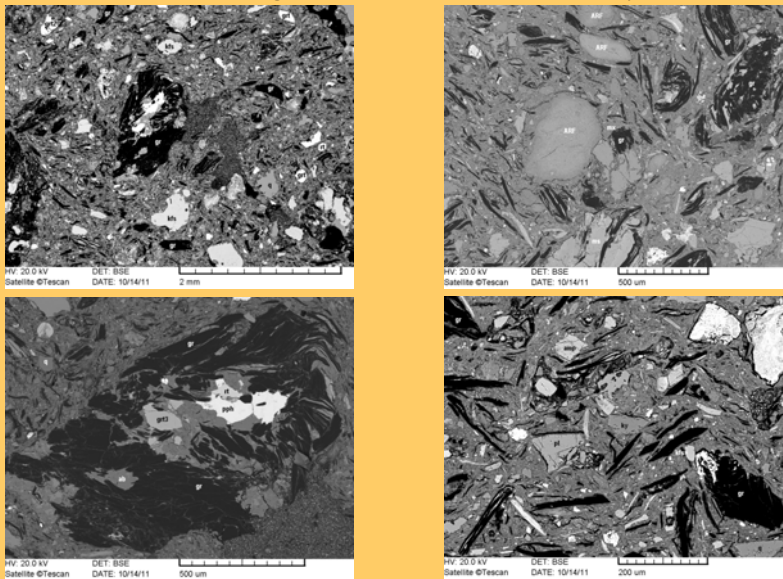
*Tite nyomán*

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

Római kori tegula  
fokozatosan  
növekvő  
nagyítással

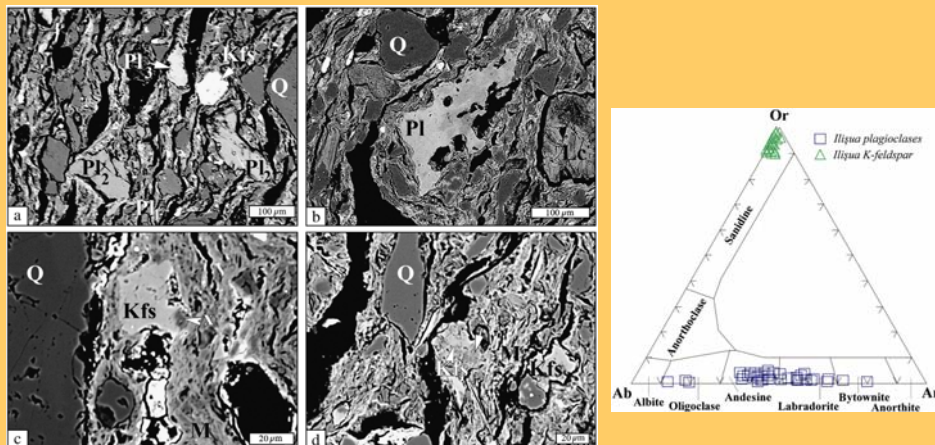


## Scanning-elektronmikroszkóp (SEM-EDX) példa 1: törmelékszemcsék, mátrix, ARF 9-11. századi grafitos kerámia, Kisalföldi lelőhelyekről



## 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

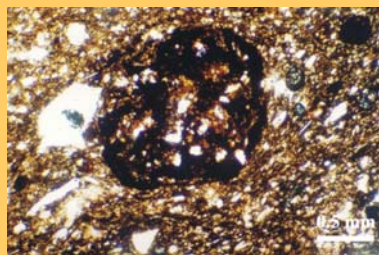
## Scanning-elektronmikroszkóp (SEM-EDX) példa 3: Fe-gazdag konkréciók 1.

### Vizsgált minták

(Kora Neolitikum)

Szarvas - Körös kultúra

Vörs - Starčevo kultúra



Szarvas-23 A71/a/1

*Méret:* 1-2 mm – 1,5 cm

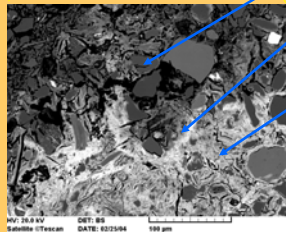
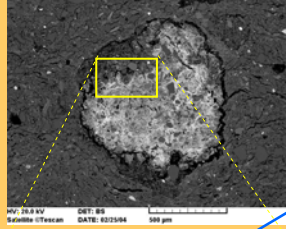
*Szín:* fekete – sötétbarna

*Alak:* gömbölyded

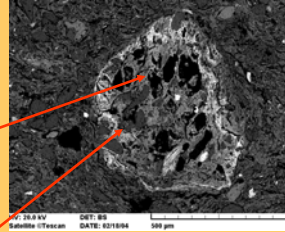
*Egyéb:* benne apró – elsősorban  
kvarc - szemesék

## Fe-gazdag konkréciók 2.

Körös kultúra – Szarvas-23



Starčevo kultúra - Vörs



kevés Fe

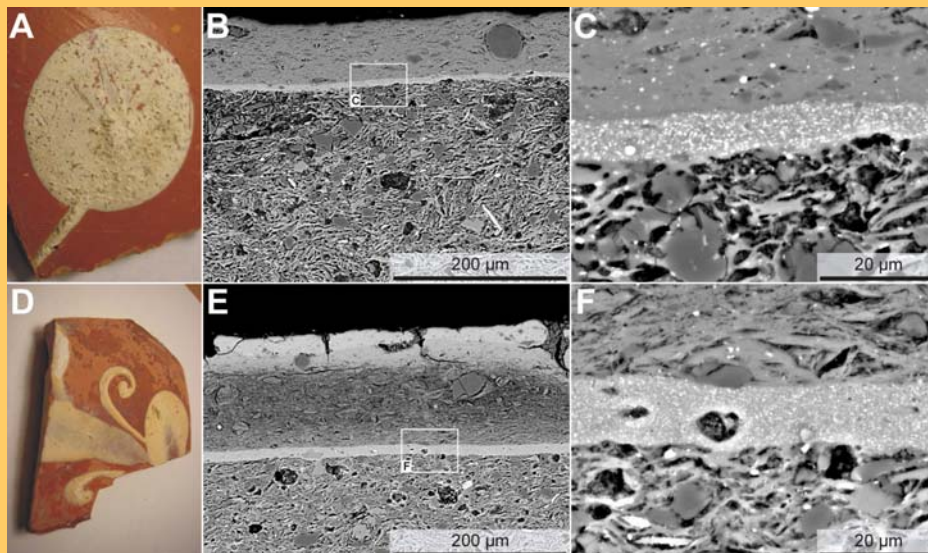
nagyon sok Fe

sok Fe

	Starčevo sötétvilágos		Körös sötétvilágos		határ
SiO <sub>2</sub>	49,33	38,82	62,82	33,03	15,74
TiO <sub>2</sub>	0,53	0,44	1,03	0,54	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,45	21,82	20,11	14,94	8,01
<b>FeO</b>	<b>4,52</b>	<b>28,63</b>	<b>5,12</b>	<b>37,98</b>	<b>66,17</b>
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 <sub>2</sub> O	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00
K <sub>2</sub> O	4,05	2,58	4,35	2,25	1,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	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**

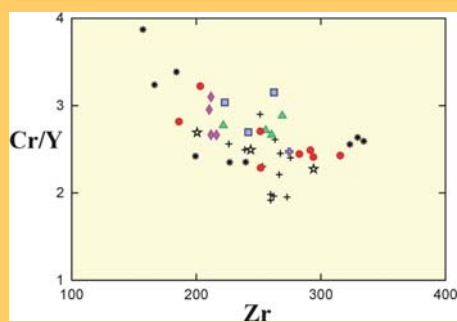
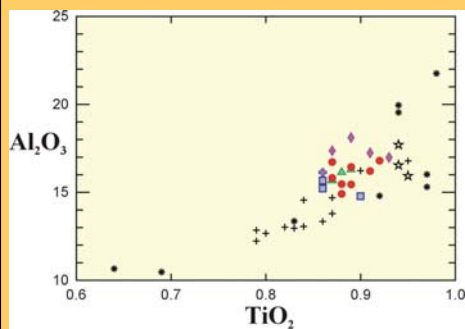
fő- és nyomelemek, teljes RFF spektrum

**PGAA**

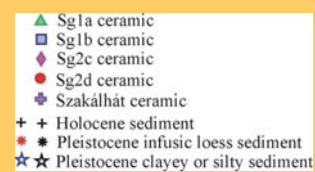
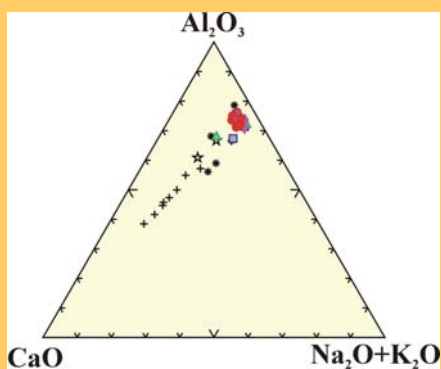
főelemek + néhány nyomelem (köztük a B), kevés RFF

**Egyéb módszerek:** pl. PIXE, AAS, stb.

Kora neolitikum, Szarvas-Endrőd

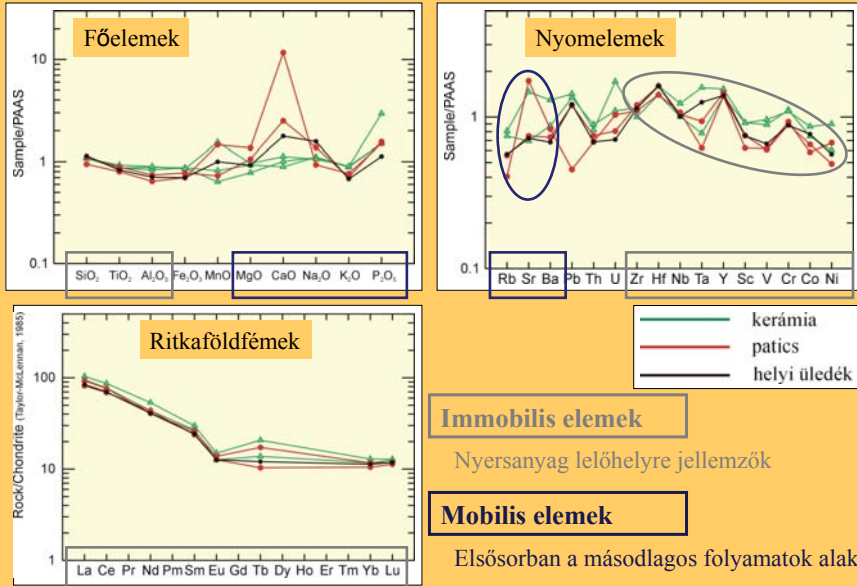


## Geokémia 2. Kétváltozós és háromszög diagramok



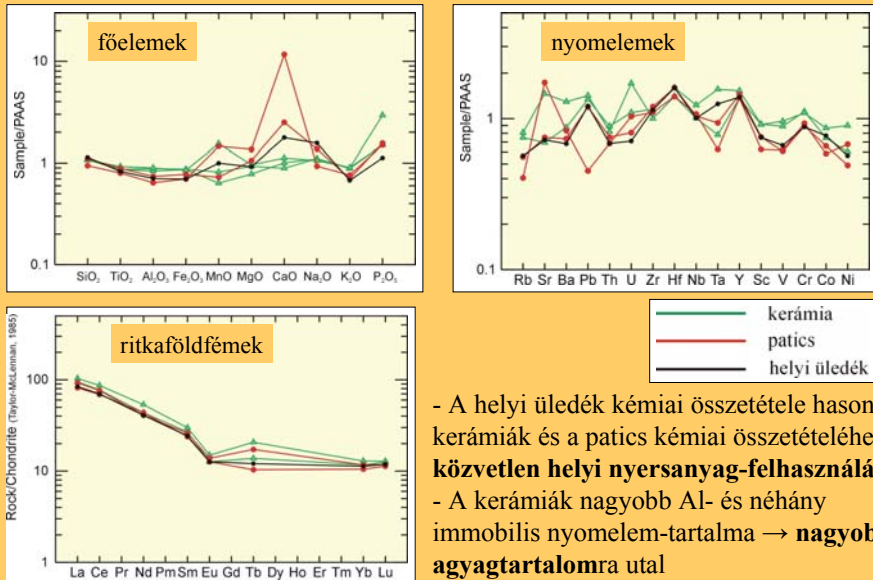
## Geokémia 3 – sokelemes diagramok

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



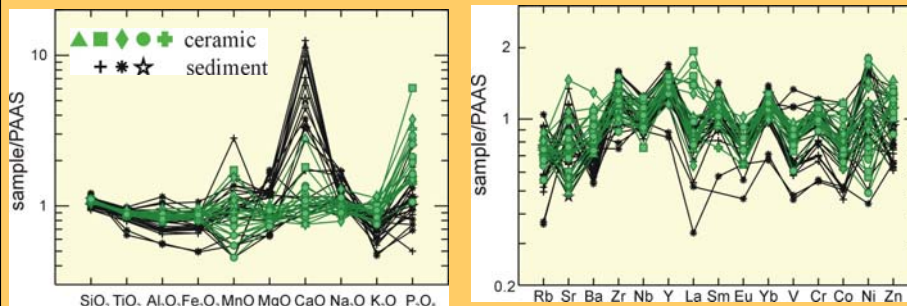
## Geokémia 3 - sokelemes diagramok

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

→ **Kiégétségi, hőntartási 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)

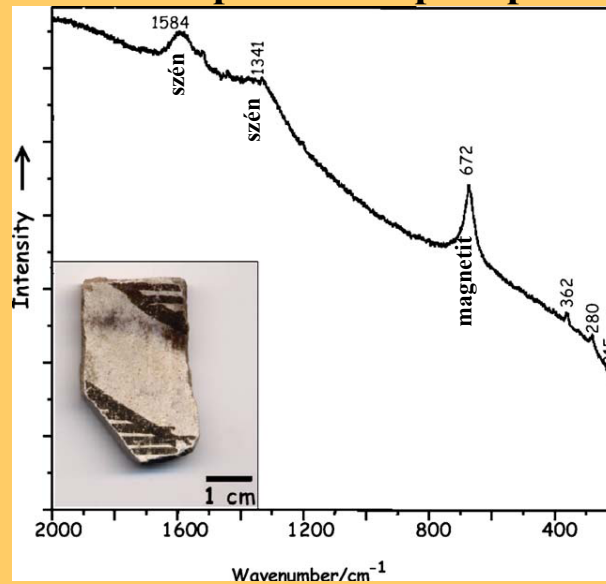


Vörös: okker



Fekete: szenes anyag (faszén?)

## Raman spektroszkópia - példa



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

## Termikus vizsgálatok - DTA

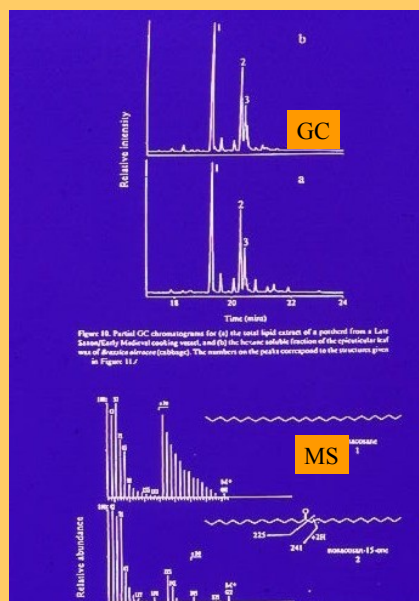
Kerámia vizsgálatoknál kevésbé elterjedt módszer

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.