

## Bevezetés

- Keramos (görög) – agyag → agyagból készített tárgy
- 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  
edény: 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

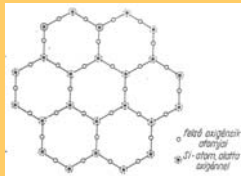
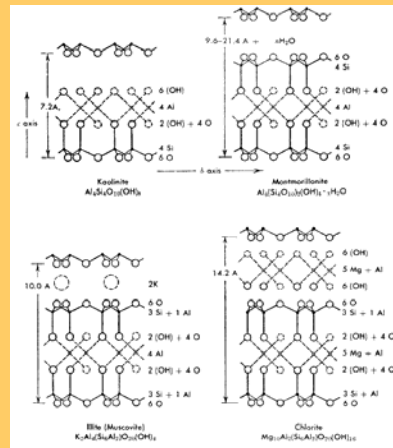
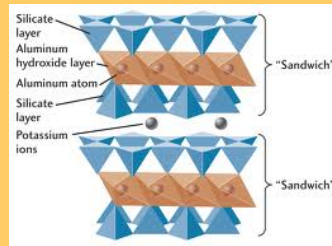
- Uralkodóan  $< 2 \mu\text{m}$  szemcsenyagyság  $\rightarrow$  kolloid tulajdonságok
- Gyakran tartalmaz aleurit, homok vagy durvatörmelékes elegyrészeket is
- A plasztikus viselkedéshez minimum 15%-nyi  $2 \mu\text{m}$ -nál finomabb szemcse szükséges
- Finomszemcsés plasztikus agyagok képződése leginkább 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 (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

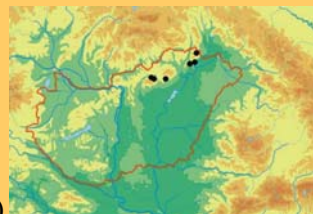
## Nemesagyag

**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**

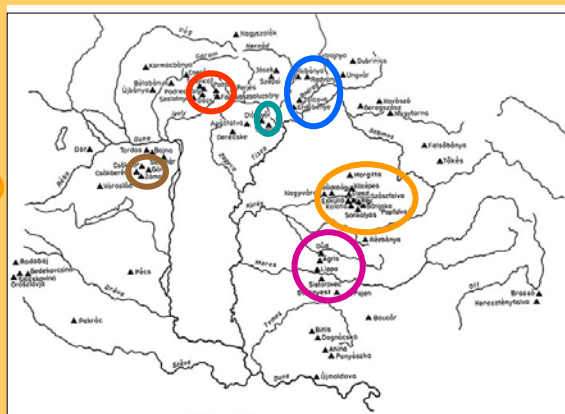
**Miskolc környéke**

**Zemplén és Ung**

**Nagyvárad (Sebes-Körös)**

**Lippa (Maros)**

**Csákvár**



Domokos 1988-2002

## Nem tűzálló agyag

Uralkodóan montmorillonitos 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

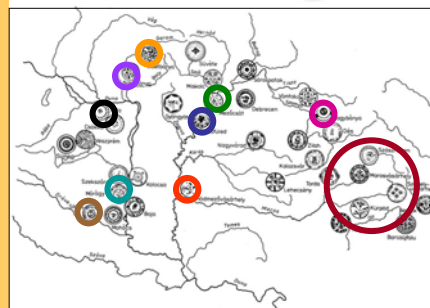
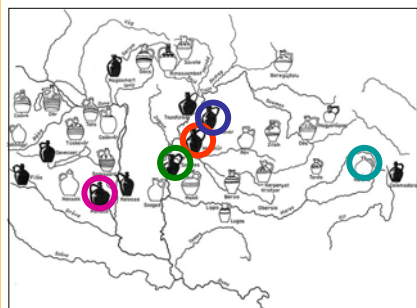
Nagyszámú lelőhely és fazekasközpont - jelenlegiek az őskori és középkori központok helyén és hagyományokon alakultak ki

### 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

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

### Pórus

#### Szegély (máz)

- égetés során kialakul („szendvics” szerkezet)
- mesterséges

**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



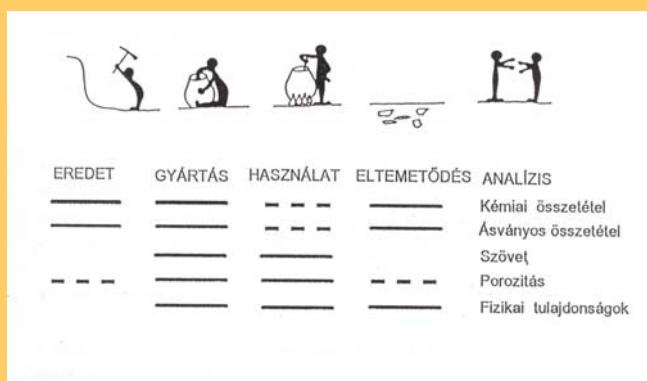
Bronzkor, Biatorbágy  
fotó: Kreiter Attila

Vizsgálat: Petrográfiai mikroszkóp (elektronmikroszkop, SEM)

## 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

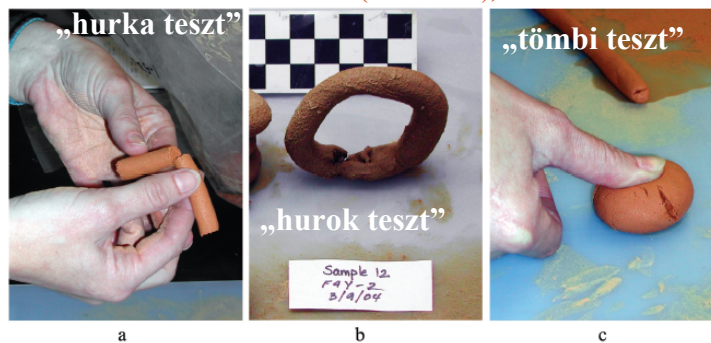


Figure 4.10. Laboratory performance tests to evaluate workability: (a) coil test; (b) loop test; and (c) ball test.

Herbert & McReynolds, 2008



Figure 4.11. A lean sample (FBR015). 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

engőb+festés > zsengezés > máz > „mázára égetés” (alacsony T)  
színtelen

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

ónmázak: nem átlátszó, fedőmáz

majolika/fajansz = zsengezés > 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**

- 600-800 °C – 1200 °C (tűzálló agyag) - 1400 °C (porcelán)
- 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 ↔ redukív
  - Szín: vörös ↔ fekete
  - változó: szendvicsszerkezet

Befolyásol:

- keménység
- zsugorodás
- porozitás



## 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>oxidatív</b>	<b>oxidatív</b>	nincs/elvétve
<b>Vörös-bézs</b>	reduktív	<b>oxidatív</b>	nincs

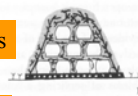
*Picon 1973, Nodari et al. 2004*

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

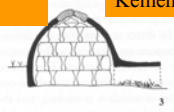


gödörégetés

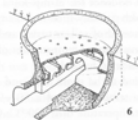


Szabályozatlan áramlás

Kemence égetés



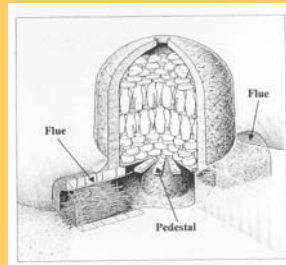
Felfelé áramló levegő



Római-kori kemencék



Középkori kemence



Henderson, 2000

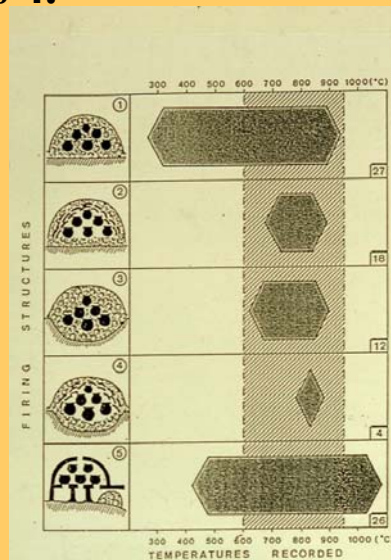
## Kiégetés 4.

**Szabadtéri égetés** (máglyaégetés: 1, 2, gödröségetés: 3, 4; a 2, 4, cserépborítással)

- Gyors felfűtés (20-30 perc)
- Rövid hűntartás, kiégési idő:
  - Máglyaégetés: 30-60 perc
  - Gödröségetés: 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 hűntartás, kiégési idő: > 7 óra
- Magas maximális hőmérséklet (700-1000°C)
- Szabályozható atmoszféra
- Finomszemcsés kerámia



Gosselain and Livingstone Smith, 1995

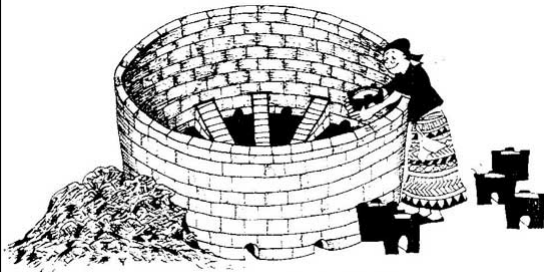
## Máglya égetés



## Gödrös égetés



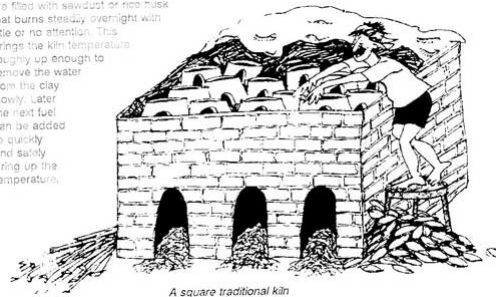
## Kemencés égetés



The round enclosed fire kiln



is filled with sawdust or rice husk  
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 quickly  
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+muskovit+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)



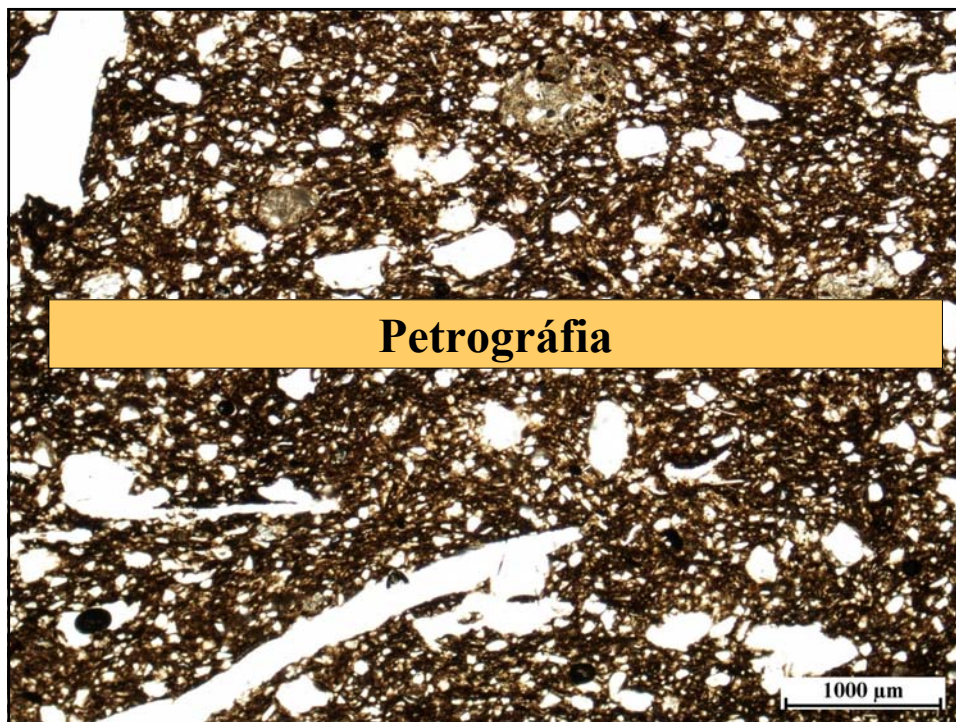
## Anyagvizsgálati módszerek 1.

Kerámia: mesterséges metamorf (metaüledékes) kőzet → vizsgálata elsősorban ásványtani, kőzettani és geokémiai módszerekkel történik

Anyagvizsgálati módszer	Vizsgálati célterület	Cél
<b>Petrográfia</b>	Soványító anyag Szövet (+mátrix) Másodlagos fázisok	Nyersanyag azonosítása Szarmazási hely Technológia Használati ill. betemetődési viszonyok
<b>Rtg-pordiffrakció</b>	Mátrix Másodlagos fázisok	Technológia (kiégetés T) Nyersanyag azonosítása Betemetődési viszonyok
<b>Kémiai elemzések</b> (fő- és nyomelemek) (NAA, XRF, ICP-MS, PGAA)	Teljes anyag (mátrix + soványító anyag)	Szarmazási hely Műhely azonosítása
<b>Egyéb</b> (Elektronmikroszkop, SEM, Mikromineralógia, katódlumineszcencia stb.)	Vizsgálati eszköztől függ	Nyersanyaglelőhely, technológia pontosítása Utóhatások

## Anyagvizsgálati módszerek 2.

Vizsgált rész	Analitikai módszerek	Cél
<i>Sováányító anyag</i>	Petrográfia (összetétel) (Elektron-mikroszonda) (Mikromineralógia)	Nyersanyagazonosítás Szarmazási hely Technológia
<i>Mátrix</i>	Rtg-pordiffrakció Petrográfia (szövet) (Scanning elektronmikroszkóp)	Technológia (kiégetési T) Technológia (készítés körülményei) Szarmazási hely (?)
<i>Sováányító anyag + mátrix együtt</i>	Kémiai elemzés (NAA, XRF, ICP-MS, PGAA, stb.)	Csoportosítás Szarmazási 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:

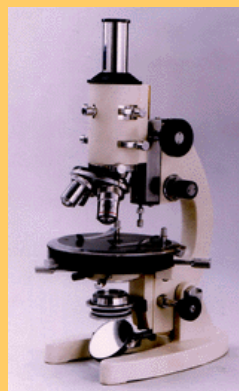
vágás – csiszolás → vékonycsiszolat



Vastagsága: 30  $\mu\text{m}$  → áttetsző

### Vizsgálati eszköz:

Polarizációs mikroszkóp



**Roncsolásos vizsgálat!**

## Petrográfia

### Nem plasztikus elegyrészek

- eredeti törmelékszemcsék
- soványítóanyag

→ *nyersanyag származási helye*

### Szöveti vizsgálatok

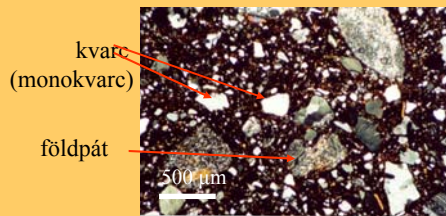
- mátrix (szín, izotropitás)
- nem plasztikus elegyrészek mennyisége, mérete, osztályozottsága, eloszlása, koptatottsága, stb.

### Porozitás

→ *készítési technológia*

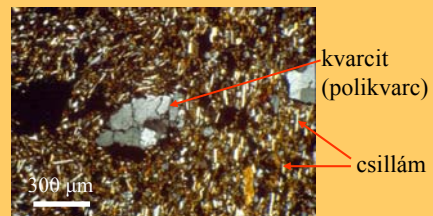
## Nem plasztikus elegyrészek 1. Ásványtörmelékek

Gyakori elegyrészek:



kvarc  
(monokvarc)  
földpát

Szécsény, neolitikum- Zseliz kultúra



kvarcit  
(polikvarc)  
csillám

Szőny, Római kor

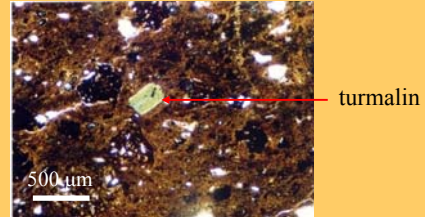
Ritka elegyrészek (akcesszóriák = nehézásványok):



amfibol

100 μm

Szarvas, neolitikum – Körös kultúra



turmalin

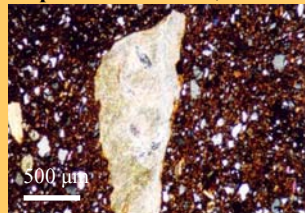
500 μm

Vörs, neolitikum – Starčevo kultúra

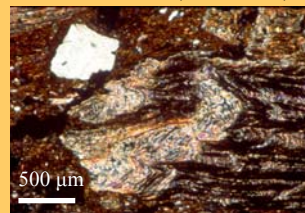
## Nem plasztikus elegyrészek 2. Kőzettörmelékek

Előfordulás: elsősorban durva kerámiákban

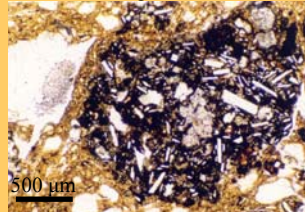
**Talkpala** - Vaskeresztes, vaskor



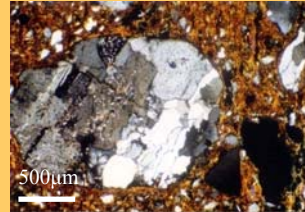
**Fillit** – Felsővadász, neolitikum, Bükk kultúra



**Bazalt** - Lovászpátona, vaskor

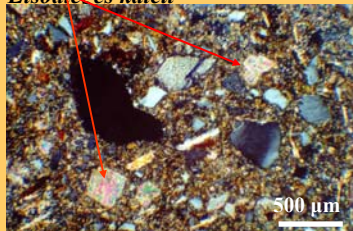


**Gneisz** – Sé, vaskor



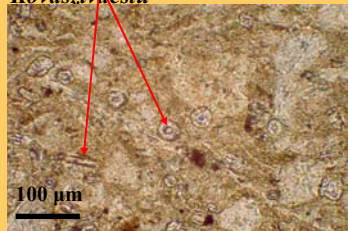
### Nem plasztikus elegyrészek 3. Mész-kő, kalcit, ősmaradványok

*Elsődleges kalcit*



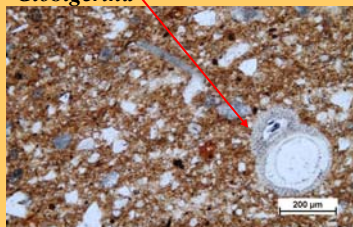
Endrőd, Neolitikum - Körös-kultúra

*Kovaszivacs-tű*



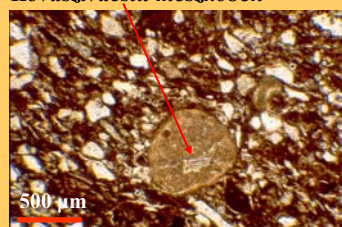
Bicske, neolitikum - Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

*Globigerina*



Fażana, Isztria - Római kori amphora

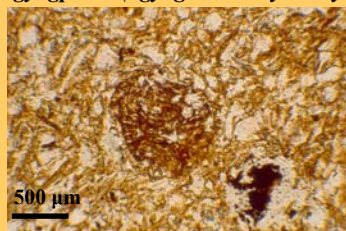
*Kovaszivacs-tű mészkőben*



Bicske, neolitikum - Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

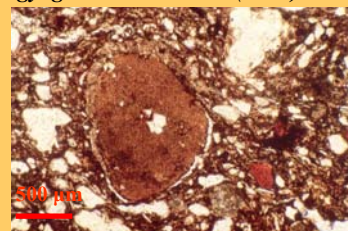
### Nem plasztikus elegyrészek 4. Agyagkőzetek, tört kerámia – Whitbread (1986)

*Agyagpellelet (agyagos soványítóanyag)*



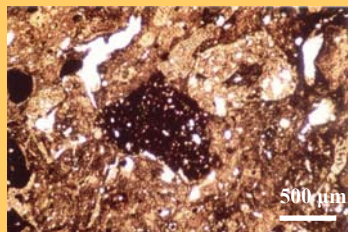
Szőny, Római-kor

*Agyagos kőzettörmelék (ARF)*

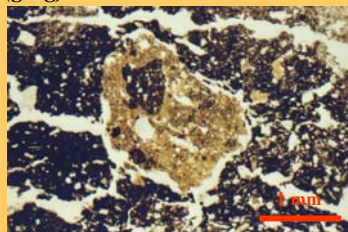


Felsővadász, bronzkor

*Kerámia töredékek (grog)*



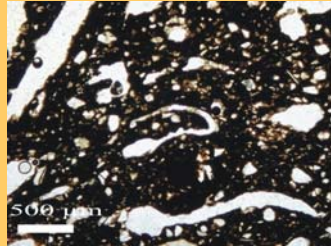
Felsővadász, Neolitikum - Bükki kultúra



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

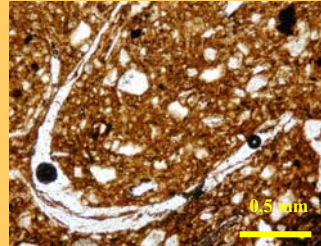
## Nem plasztikus elegyrészek 5. Szerves anyag és maradványai

*Szerves anyag*



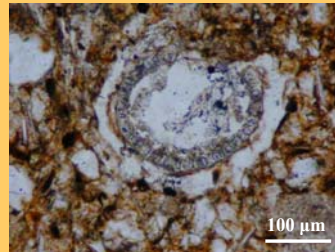
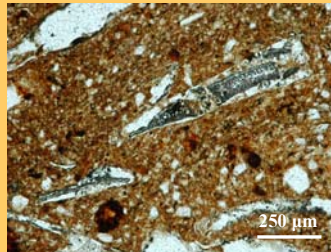
Vörs, neolitikum

*Pelyva maradványa/helye*

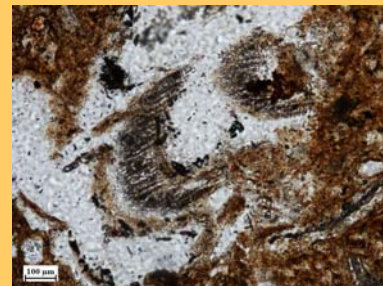
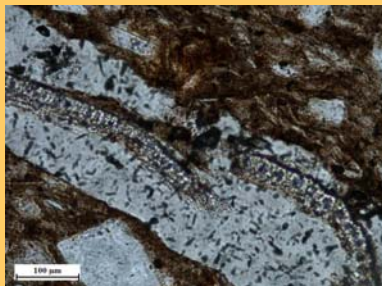
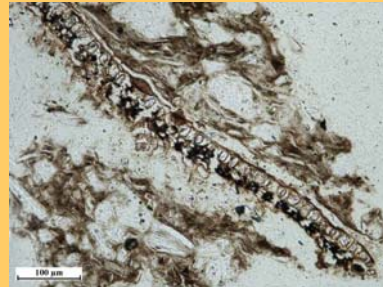
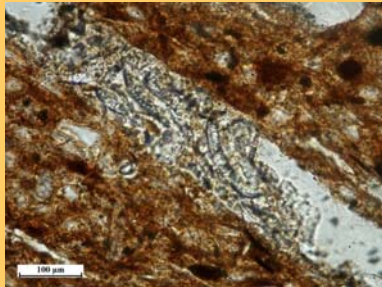


Szarvas-23 kora neolitikum

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



## Fitolit (növényi opál)



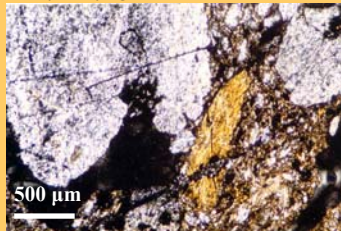
Szarvas és Endrőd, Körös-kultúra, kora neolitikum

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

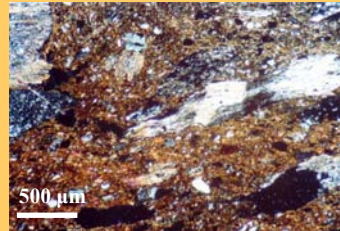
## Nem plasztikus elegyrészek homogenitása

### Monomikt törmelékanyag

– hegyvidéki helyi anyag



Vaskeresztes, vaskor



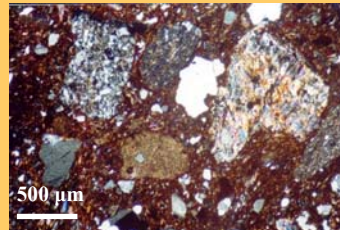
Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra

### 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.

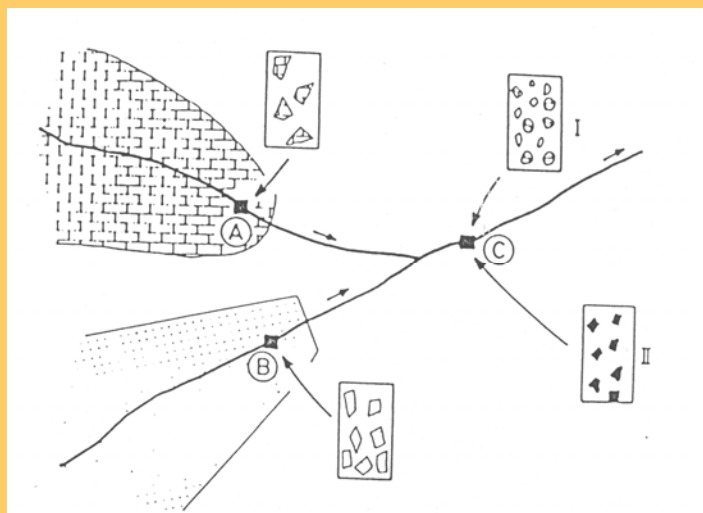
– általában **nagy mennyiségű** kerámiából

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.

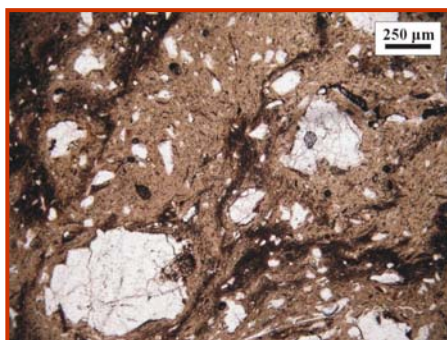
Fontos eredmény lehet a nem helyben készült, „**idegen**” anyagú kerámiák kimutatása.

## A soványítóanyag származásának azonosítási lehetőségei 2.

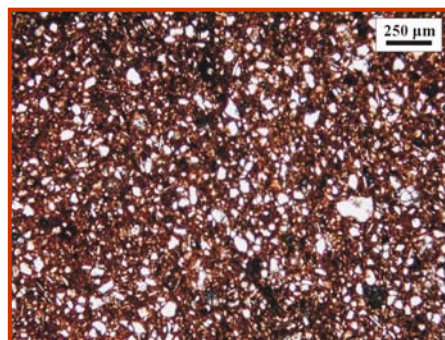


Maggetti (1994)

## A kerámia alapanyagának minősége



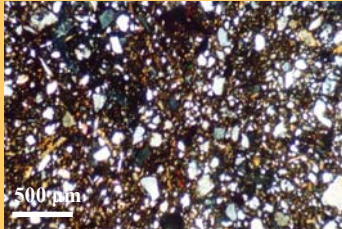
↓  
kövér, tiszta  
agyag  
↓  
soványítani kell!



↓  
kellően sovány,  
tömött agyag

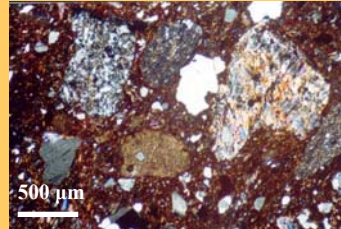
## Szöveti vizsgálatok → technológia 1.

Szeriális



Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

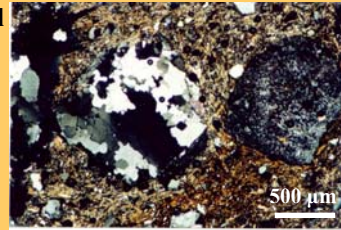
Hiátuszos



Felsővadász, bronzkor

Hiátuszos, koptatott elegyrészekkel

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

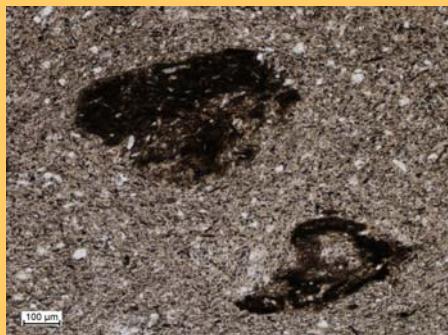


Szécsény, Neolitikum – Zseliz kultúra

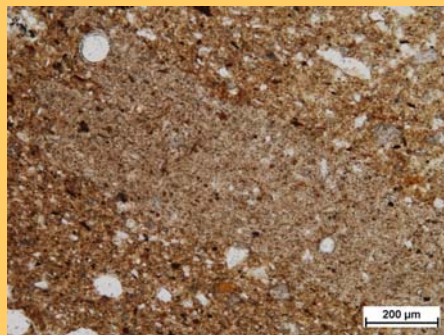
## Szöveti vizsgálatok → technológia 2 - agyag keverés

- Inhomogenitás vagy „idegen” agyagos mátrix maradványok

Agyagkeverés maradványai



Meszes és nem meszes agyag keverés nyoma



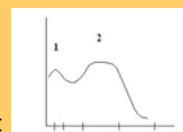
## Szöveti vizsgálatok → technológia 3.

### Alapanyag (mátrix) színe

- 1 nikollal (saját szín):
  - vöröses → oxidatív kiégetés/hőntartás
  - szürke → redukív kiégetés/hőntartás
- Keresztezett nikollokkal: izotropitás → kiégetési hőmérséklet
  - Izotróp (optikailag inaktív)
  - Erősen kettőtörő (optikailag aktív)

### Szemcseméret

- Uralkodó/átlagos szemcseméret(ek)
- Maximális szemcseméret
- Hiátusz (ha van)
- Szemcseméret eloszlás – szemcseeloszlási görbe; pl.:



**Koptatottság** → soványítóanyag homok vagy tört kőzet

**Irányítottság** → 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 vörösbarna	közepesen sötét barnásvörös	közepesen vörös	közepesen sötét vörösbarna	közepesen sötétvörös	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 hiátusos	gyengén hiátusos	hiátusos	gyengén hiátusos	hiátusos	hiátusos	hiátusos	hiátusos	hiátusos	hiátusos	hiátusos
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	szabálytalan
	osztályozottság	gyengén	rosszul	gyengén	rosszul	rosszul	rosszul	közepesen	rosszul	közepesen	rosszul	rosszul
Szemcseméret eloszlás	eloszlás	3 max. 20-50	3 max. 20-60	3 max. 20-50	3 max. 20-50	3 max. 20-50	3 max. 25-50	2 max. 20-80	3 max. 20-80	2 max. 20-80	3 max. 20-50	3 max. 20-60
	kicsi	80-120	100-150	100-150	100-200	80-120	100-150	-	100-150	-	100-150	100-200
Átlagos szemcseméret (µm)	közepes	400-700	250-400	300-700	250-400	300-800	300-600	250-600	250-400	500-750	300-600	300-550
	nagy	1250	1500	800	700	1200	900	1000	800	800	700	900
Max. szemcseméret (µm)		nem, vagy nagyon gyengén	nem, vagy gyengén	nem, vagy gyengén	nem, vagy gyengén	szilárkos	nem, vagy nagyon gyengén	gyengén	nem, vagy gyengén	nagyon gyengén	gyengén	nem, vagy gyengén



## Szegély, máz

**Slip** – vékony agyagbevonat

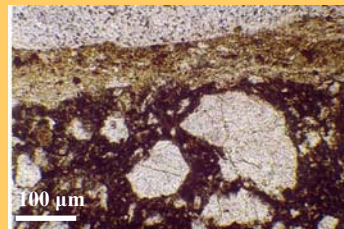
**Engob** – színes földfesték

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

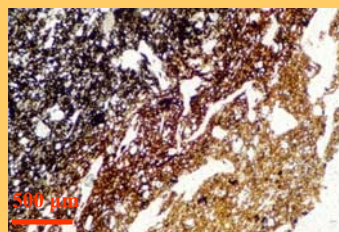
**Ólomáz** – átlátszó + aláfestés

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

Majolika – Iparművészeti Múzeum  
(T. Bruder, 2005)



Felsővadász, Neolitikum – bükki kultúra



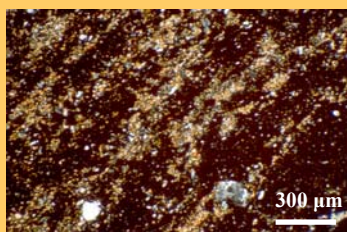
Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

„Szendvics szerkezetű” kerámia

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

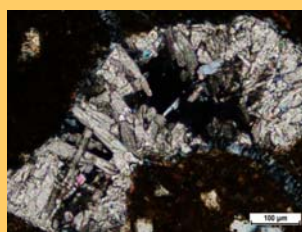
## Utólagos átalakulás - használat, betemetődés

*Karbonátos átítatás*



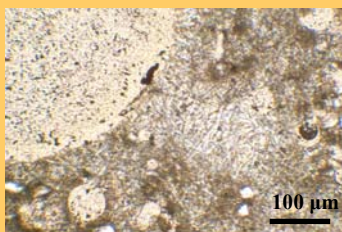
Szőny, Római-kor

*Póruskitöltő karbonát*



Fažana, Isztria – Római kori amphora

*Megolvadás*



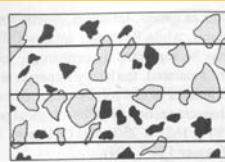
Bicske, Neolitikum, – Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

## Mennyiségi kiértékelés 1. – kimérés típusai

pontszámlálás



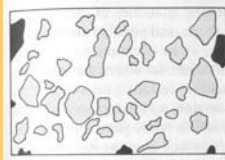
a



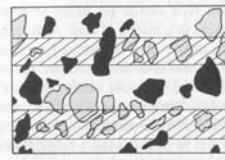
b

vonala menti kimérés

térfogat-százalékos kimérés (területmérés)



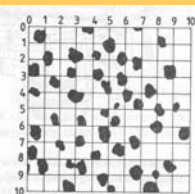
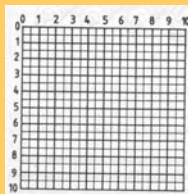
c



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
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

Elsősorban akcesszóriák (nehézásványok) vizsgálata alapján

- Csoportosítás
- Feltételezett lelőhely(ek) anyagával összehasonlítás → nyersanyag származásának meghatározása

Hátrány:

- Nagy mennyiségű régészeti kerámia anyag szükséges hozzá (legalább (200-)300 nehézásvány szemcse)
- Munkaigényes (mintalőkészítés)

Gyakorlatban ritkán alkalmazzák, pedig jelentős többletinformációt ad



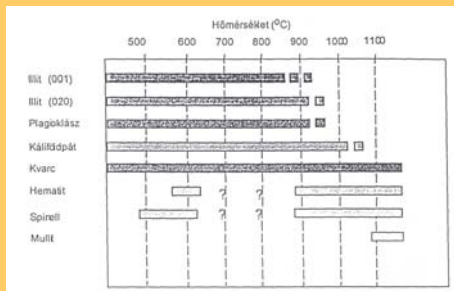
## Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 1.

Alapvető vizsgálati módszer:

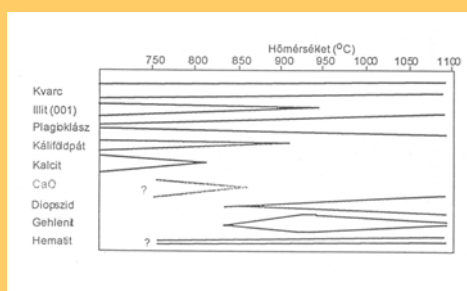
- plasztikus agyag és átalakulási termékei → **kiégetési T**
- másodlagos elegyrészek → utóhatások (használat, betemetődés)

Alap: Hőmérséklet hatására történő fázisátalakulások

Illites, nem meszes agyag:

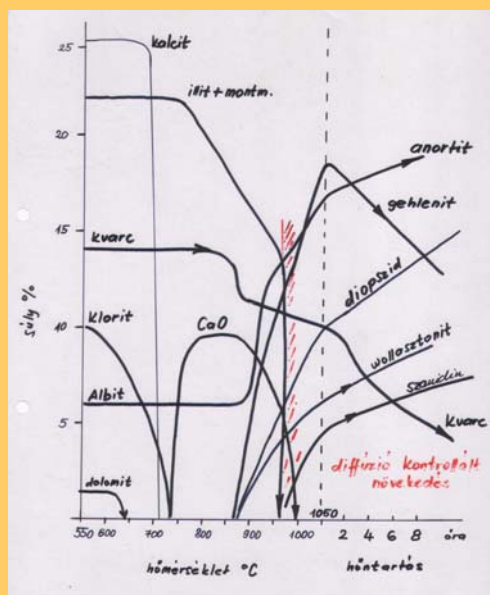


Illites, meszes agyag:



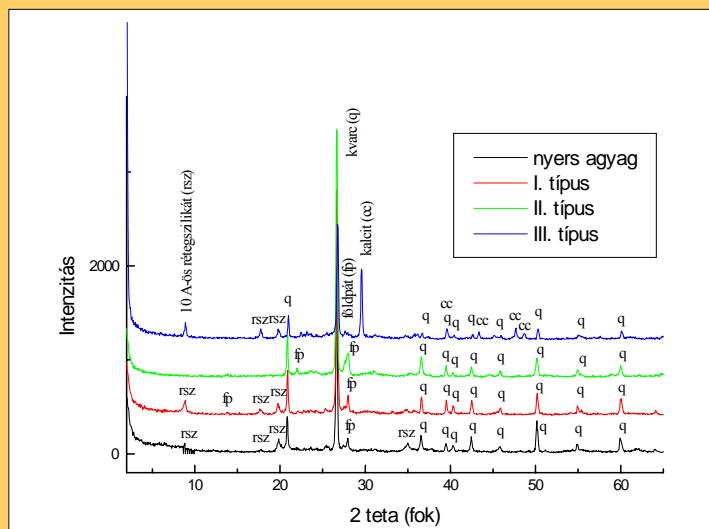
Maggetti, 1982

## 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

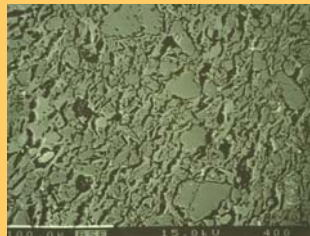
Kiégetési – hőntartási folyamatok nyomkövetése – anyag plasztikussá válásával kapcsolatos átrendeződés, üvegesedés → hőmérséklet becslése

Üvegesedés kezdete:

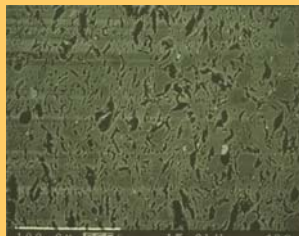
illites-montmorillonitos agyagok kerámiái: ~ 800-850 °C

kaolinites agyagok kerámiái: ~ 1000 °C

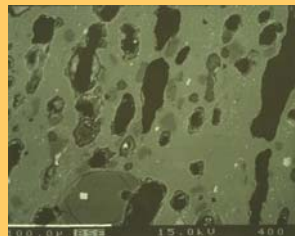
*kezdődő üvegesedés*



*előrehaladott üvegesedés*

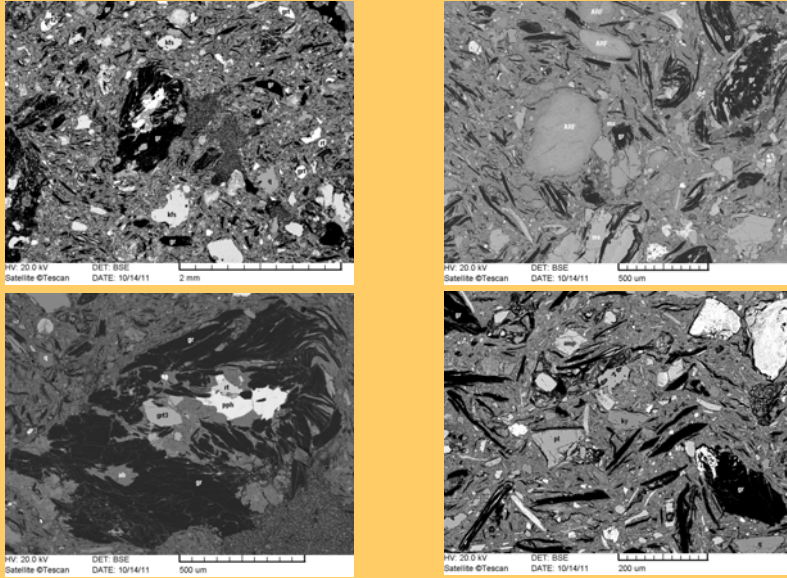


*kiterjedt üvegesedés*



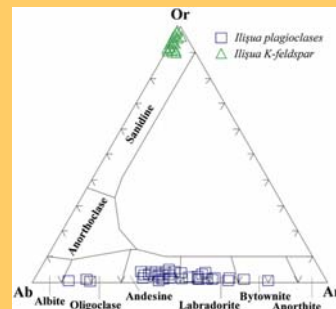
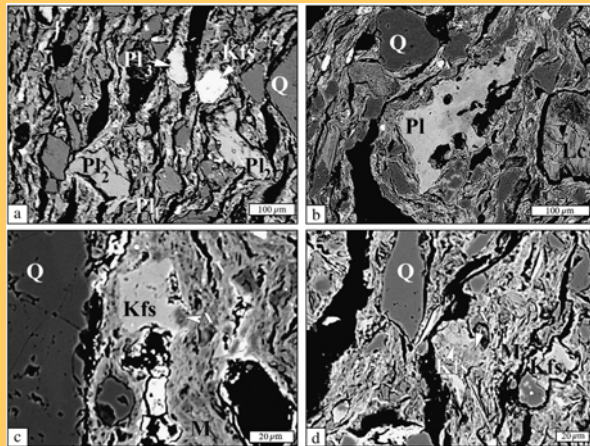
*Tite nyomán*

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



## SEM-EDX példa 2: törmelékszemcsék, mátrix, ARF

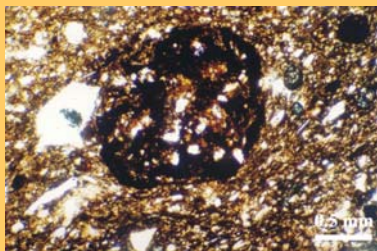
Késő bronzkor, Noua kultúra, Illișua (Erdélyi-medence északi rész)



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

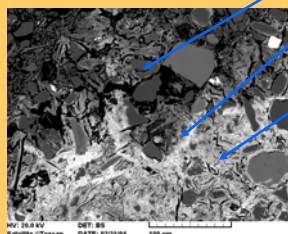
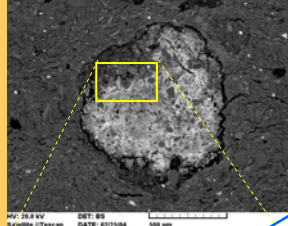


Szarvas-23 A71/a/1

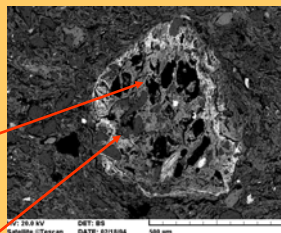
*Méret:* 1-2 mm – 1,5 cm  
*Szín:* fekete – sötétbarna  
*Alak:* gömbölyded  
*Egyéb:* benne apró – elsősorban  
kvarc - szemcsék

## Fe-gazdag konkréciók 2.

Körös kultúra – Szarvas-23



Starčevo kultúra - Vörs



kevés Fe

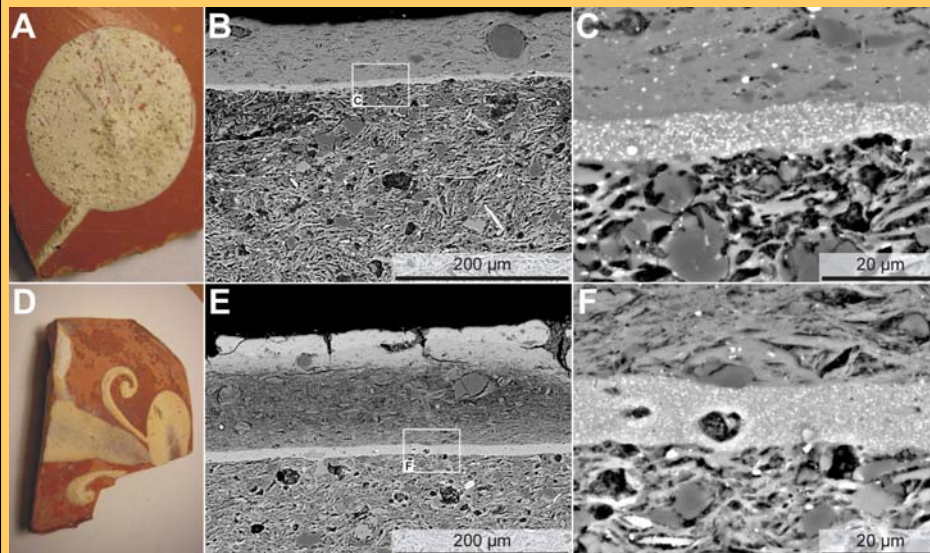
nagyon sok Fe

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

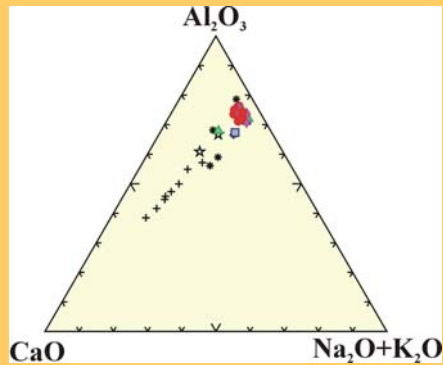
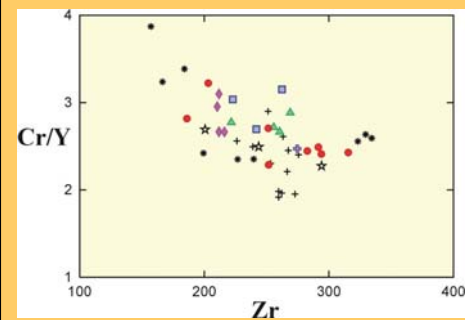
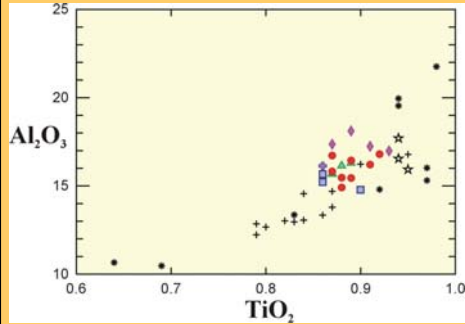
**PGAA**

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

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

Kora neolitikum, Szarvas-Endrőd

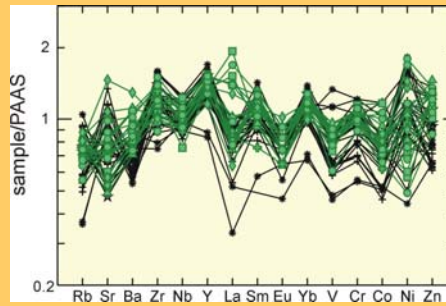
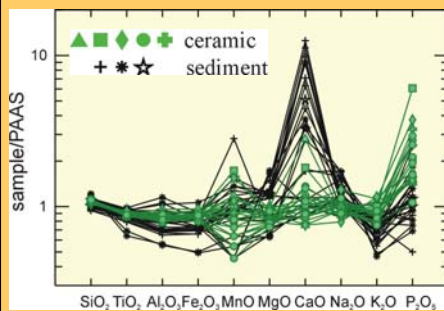
## Geokémia 2. Kétváltozós és háromszög diagramok



- ▲ Sg1a ceramic
- Sg1b ceramic
- ◆ Sg2c ceramic
- Sg2d ceramic
- ✱ Szakálhát ceramic
- + Holocene sediment
- Pleistocene infusis loess sediment
- ☆ Pleistocene clayey or silty sediment

## Geokémia 3. – sokelemes diagramok

Kora neolitikum, Szarvas-Endrőd



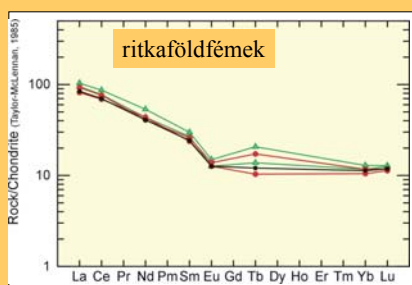
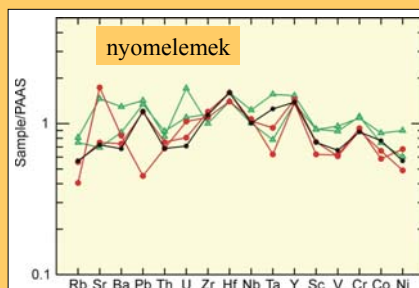
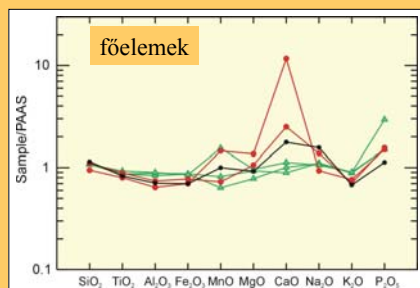
Általában a kerámiák gazdagabbak Al-ban és immobilis nyomelemekben → nagyobb az agyagtartalmuk

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.

## Geokémia 3 - sokelemes diagramok

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



— kerámia  
— patics  
— helyi üledék

- A helyi üledék kémiai összetétele hasonló a kerámiák és a patics kémiai összetételéhez → **közvetlen helyi nyersanyag-felhasználás**
- A kerámiák nagyobb Al- és néhány immobilis nyomelem-tartalma → **nagyobb agyagtartalomra utal**

## Mössbauer spektroszkópia

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

→ **Kiégési, 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)

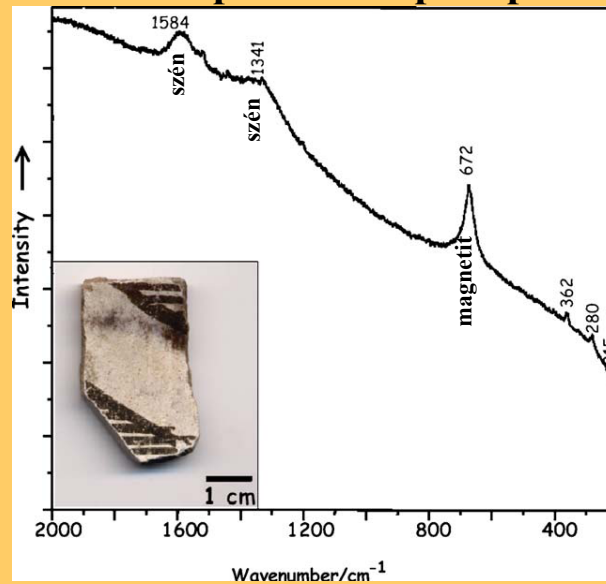


Vörös: okker



Fekete: szenes anyag (faszén?)

## Raman spektroszkópia - példa



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

## Termikus vizsgálatok - DTA

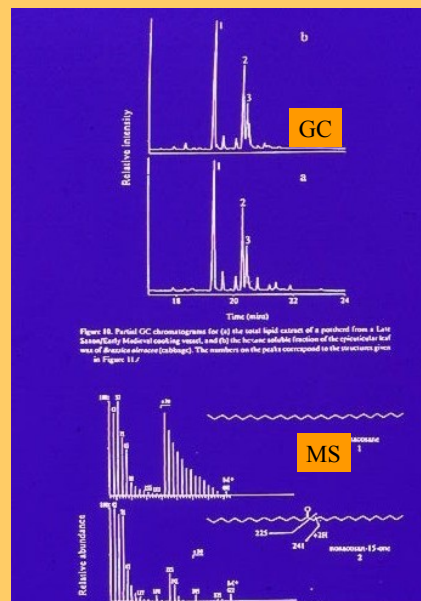
Kerámia vizsgálatoknál kevésbé elterjedt módszer

XRD vizsgálatokkal együtt jól használható

- fázisok azonosítása
- kiégetési hőmérséklet becslés

## Kerámia tartalom: szerves maradványok

- Lipidek – hidrofóbbok → 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.