

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: Jomon kultúra
12000 év



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



Agyag

Agyag tulajdonságai, képződése:

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

Osztályozás:

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

Agyag - lerakódási környezet

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

Agyag - szemcseméret

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

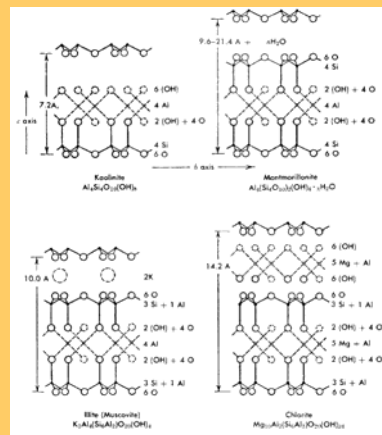
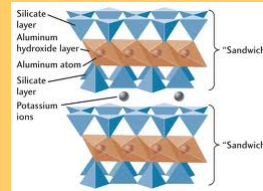
Agyag - kémiai összetétel

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

Agyag - szerkezet

• Rétegszilikátok

- Tetraédes (T) és oktaédes (O) síkok kapcsolódásából
- SiO_4 tetraéderek 3 közös oxigénnel kapcsolódnak egymáshoz, a szabad „oxigének” egy irányba néznek
- $\text{Al}(\text{OH})_6$ „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

• kövér ↔ sovány

- megfelelő plaszticitás a formázáshoz
 - szárítás során a zsugorodáskor ne törjön össze
- Közvetlen felhasználás vagy soványítás

• meszes ($\text{CaO} > 10\%$) ↔ nem meszes ($\text{CaO} < 5\%$)

- mésztartalom (kalcit) gyakran problémás: $\text{CaO} \rightarrow$ oltott mész \rightarrow térfogatnövekedés \rightarrow kipattogzás

• tűzálló (hőálló) ↔ nem tűzálló (olvadáspont $>$ illetve $<$ 1550°C)

- hőálló: illites és kaolinites

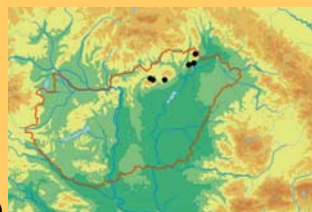
Nemesagyag

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

helyben képződött (autochton)

hőálló (tűzálló)

porcelángyártás



Előfordulás:

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

Füzérradvány (illit)

Kelet-Mátra: Felnémet, Recsk, Mátraderecske

Tűzálló agyag 1.

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

S-N magmatitok lebontásával

áthalmazott (allochton)

mészmentes vagy nagyon kevés és finomszemcsés mészsanyag

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

Előfordulás:

Hegységi-hegységperemi területeken → fő fazekasközpontok

Jelenlegi/közelmúlt legfontosabbak:

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

Cserszegtomaj (Keszthelyi-hg.) (2)

Sárisáp (3)

Nemti (saválló agyag) (4)



Tűzálló agyag 2.

Régészeti kerámiák szempontjából fontosabb lelőhelyek:

Gömör – Rimaszombat környéke

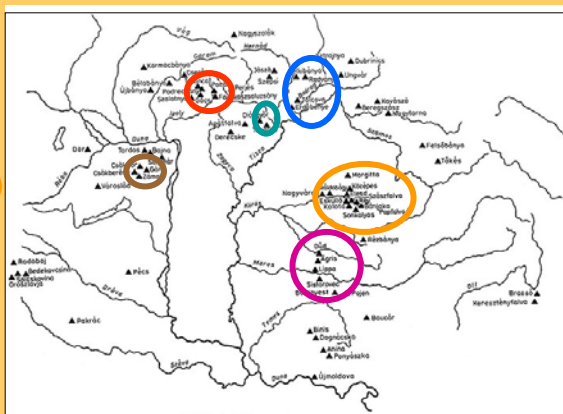
Miskolc környéke

Zemplén és Ung

Nagyvárad (Sebes-Körös)

Lippa (Maros)

Csákvár



Domokos 1988-2002

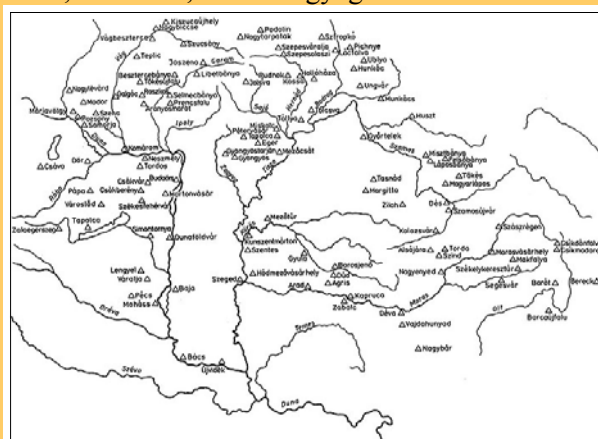
Nem tűzálló agyag

Uralkodóan montmorillonit agyagból áll

- **tégla- és cserépagyag**
- **korsók** – mázatlan; nagyobb Fe-tartalmú, kövér agyag
- **tálapok** – 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 – korsósok, tálasközpontok

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

korsósok:

Mezőtúr
Szentes
Nádudvar
Mohács
Korond, stb.

tálások:

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

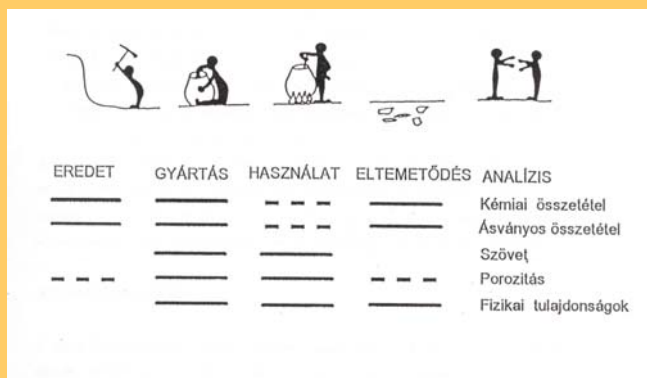


Bronzkor, Biatorbágy
fotó: Kreiter Attila

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

Víztárolók

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

Főzőedény

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

Gyártási módok

Házikerámia

Fazekasműhelyi vagy gyári kerámia

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

A megfelelő nyersanyag felkutatása

Mi a megfelelő?

Plaszticitás (képlékenység)

Zsugorodási tulajdonságok (szárítás, égetés)

Szemcseméret (és eloszlás), szemcse összetétel

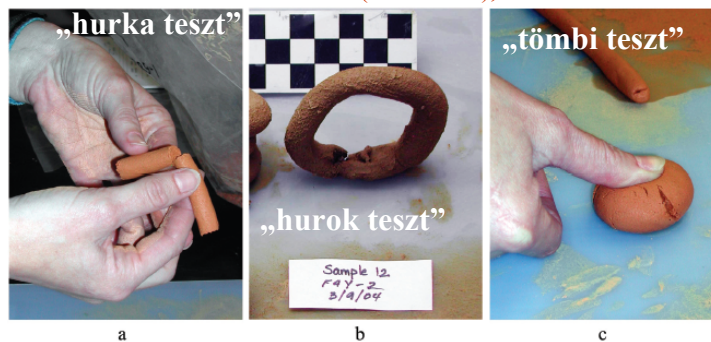


Figure 4.10. Laboratory performance tests to evaluate workability: (a) coil test; (b) loop test; and (c) ball test.

Herbert & McReynolds, 2008



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

Megfelelő

>>>

Alaktartó hurka

Alaktartó hurok

Ép tömbperem

KELLŐEN KÖVÉR AGYAG

<<< Nem megfelelő

Elrepedő hurka

Nem alaktartó hurok

Berepedező tömbperem

TÚL SOVÁNY AGYAG



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

Herbert & McReynolds, 2008

A nyersanyag előkészítése az edénykészítéshez



SOVÁNY AGYAG

A képlékenységi tulajdonságokat javítani kell!

Pl. keverés kövér agyaggal

KÖVÉR AGYAG

A zsugorodási tulajdonságokat javítani kell!

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



Edényformálási technikák

Az edény előformálása:

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

Az edény további formálása:

- utánkorongolás



Edénydíszítési technikák

Mit értünk az egyes definíciók alatt?

Polírozás (fényezés, kavicsolás, sikálás)



Negatív díszítés:

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

Pozitív díszítés:

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



Festés:

- engób (festett agyagbevonat)
- festés
- máz



Edénydíszítési technikák – IV.: mázazás

Mázanyagok:

ólommázak: átlátszó, üvegszerű máz

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

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

ónmázak: nem átlátszó, fedőmáz

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



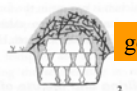
Kiégetés 2. – Égetés- és kemencetípusok

1. Szabad téri égetés
2. Kemence égetés

máglyaégetés

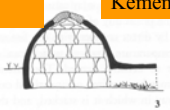


gödörégetés

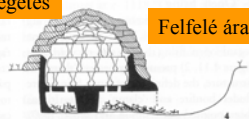


Szabályozatlan áramlás

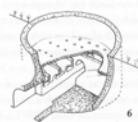
Kemence égetés



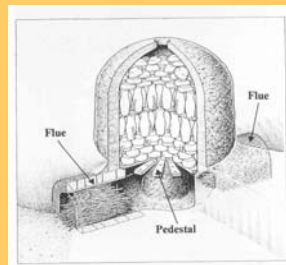
Felfelé áramló levegő



Római-kori kemencék



Középkori kemence



Henderson, 2000

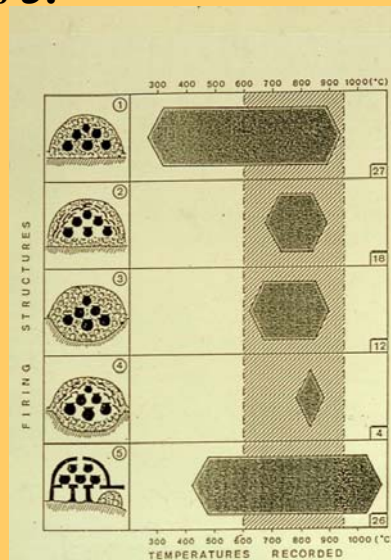
Kiégetés 3.

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

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



Gosselain and Livingstone Smith, 1995

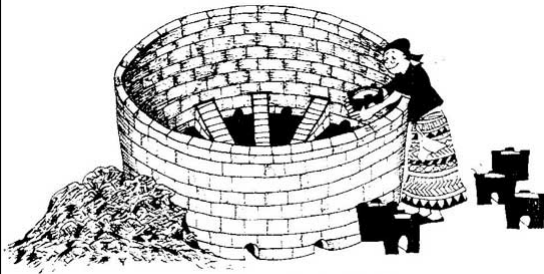
Máglya égetés



Gödrös égetés



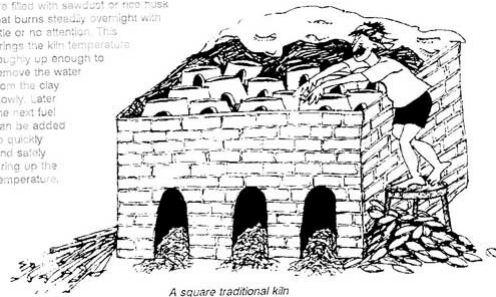
Kemencés égetés



The round enclosed fire kiln



is filled with sawdust or 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)



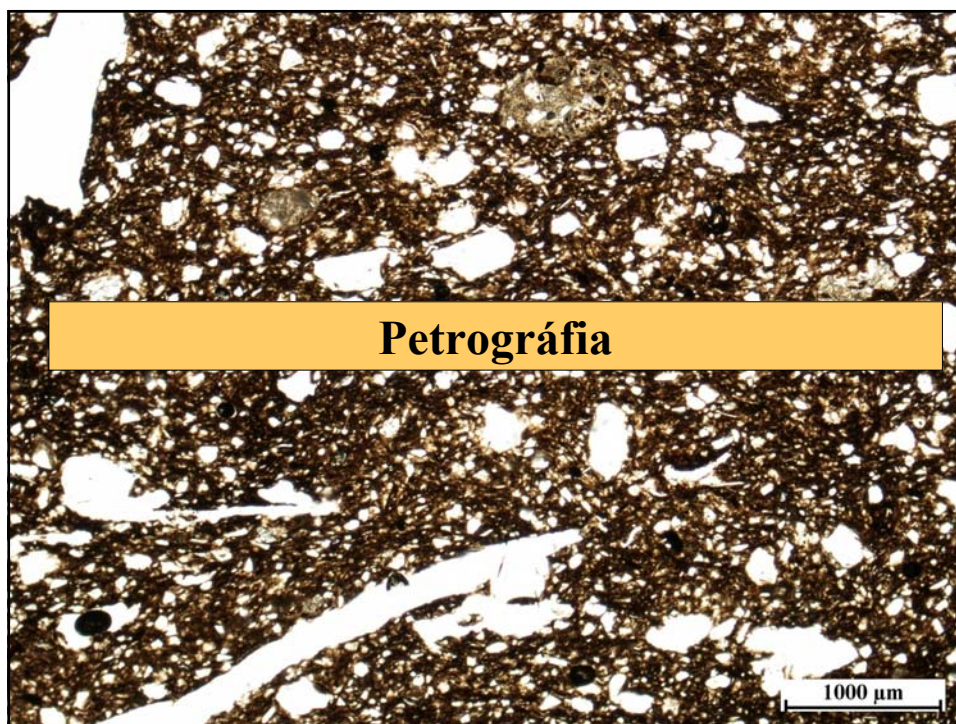
Anyagvizsgálati módszerek 1.

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

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

Anyagvizsgálati módszerek 2.

Vizsgált rész	Analitikai módszerek	Cél
<i>Soványító 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>Soványító 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 μm → áttetsző

Vizsgálati eszköz:

Polarizációs mikroszkóp



Roncsolásos vizsgálat!

Petrográfia

Nem plasztikus elegyrészek

- eredeti törmelékszemcsék
- soványítóanyag

→ *nyersanyag származási helye*

Szöveti vizsgálatok

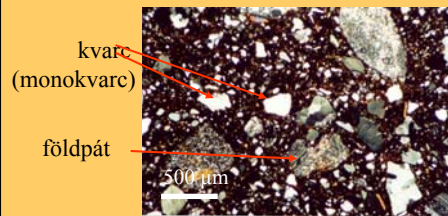
- mátrix (szín, izotropitás)
- nem plasztikus elegyrészek mennyisége, mérete, osztályozottsága, eloszlása, koptatottsága, stb.

Porozitás

→ *készítési technológia*

Nem plasztikus elegyrészek 1. Ásványtörmelékek

Gyakori elegyrészek:

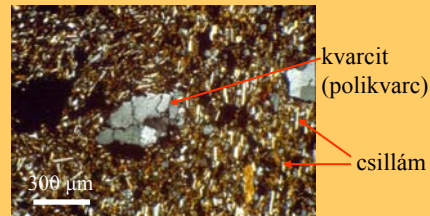


kvarc
(monokvarc)

földpát

500 μm

Szécsény, neolitikum- Zseliz kultúra



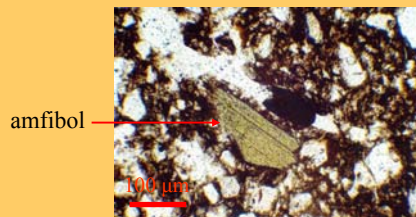
kvarcit
(polikvarc)

csillám

300 μm

Szőny, Római kor

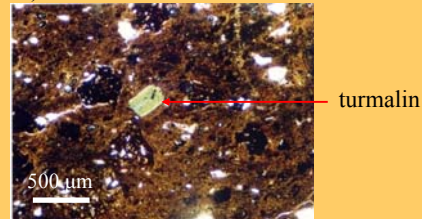
Ritka elegyrészek (akcesszóriák = nehézásványok):



amfibol

100 μm

Szarvas, neolitikum – Körös kultúra



turmalin

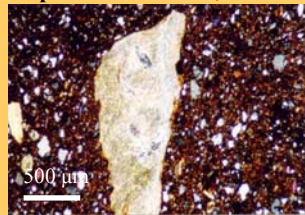
500 μm

Vörs, neolitikum – Starčevo kultúra

Nem plasztikus elegyrészek 2. Kőzettörmelékek

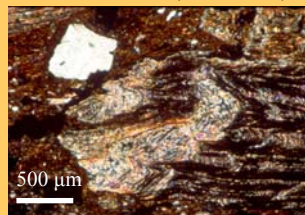
Előfordulás: elsősorban durva kerámiákban

Talkpala - Vaskeresztes, vaskor



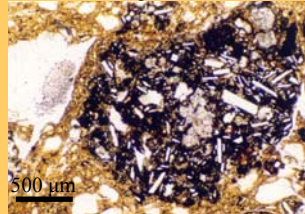
500 μm

Fillit – Felsővadász, neolitikum, Bükk kultúra



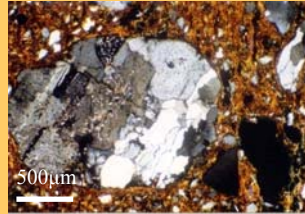
500 μm

Bazalt - Lovászpátona, vaskor



500 μm

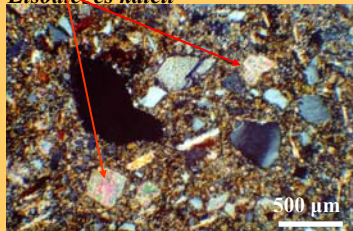
Gneisz – Sé, vaskor



500 μm

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

Elsődleges kalcit



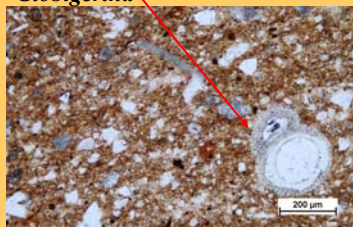
Endrőd, Neolitikum - Körös-kultúra

Kovaszivacs-tű



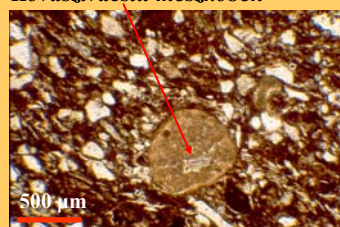
Bicske, neolitikum - Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

Globigerina



Fażana, Isztria – Római kori amphora

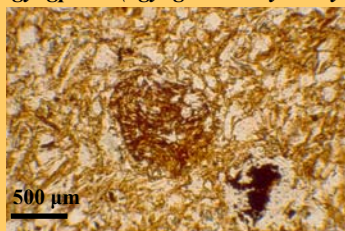
Kovaszivacs-tű mészkőben



Bicske, neolitikum – Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

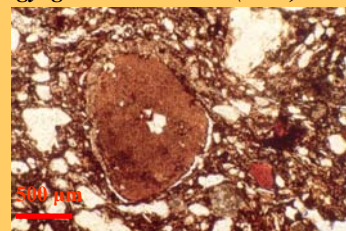
Nem plasztikus elegyrészek 4. Agyagkőzetek, tört kerámia – Whitbread (1986)

Agyagpellel (agyagos soványítóanyag)



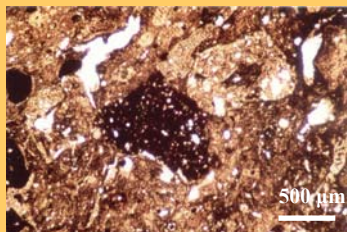
Szőny, Római-kor

Agyagos köztörmelék (ARF)

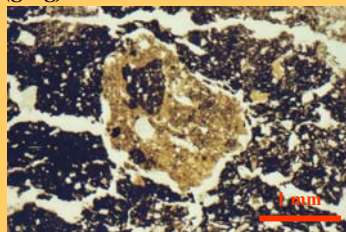


Felsővadász, bronzkor

Kerámia töredékek (grog)



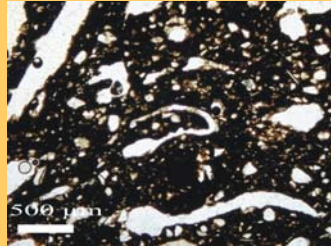
Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra



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

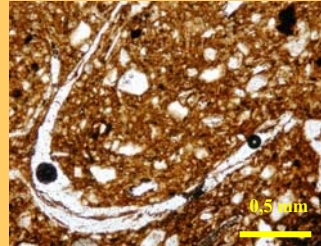
Nem plasztikus elegyrészek 5. Szerves anyag és maradványai

Szerves anyag



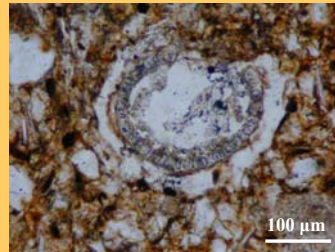
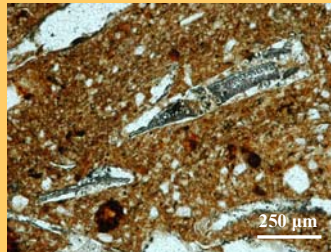
Vörs, neolitikum

Pelyva maradványa/helye

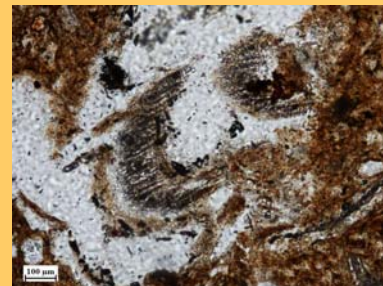
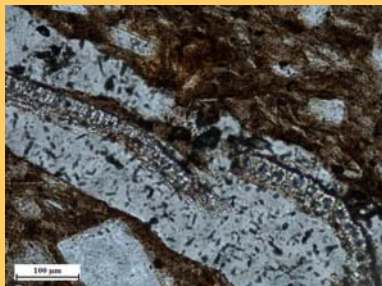
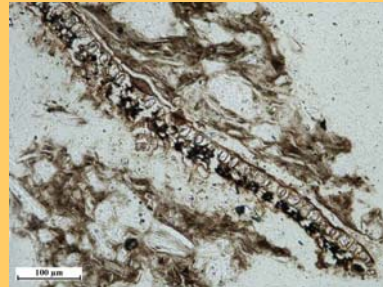
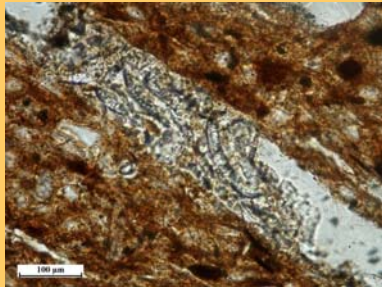


Szarvas-23 kora neolitikum

Fitolit – opál anyagú növénymaradványok – sejtek körül kiválás



Fitolit (növényi opál)



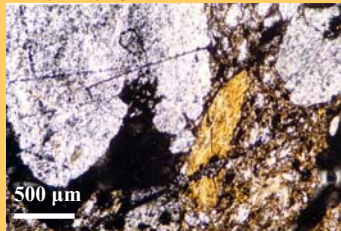
Szarvas és Endrőd, Körös-kultúra, kora neolitikum

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

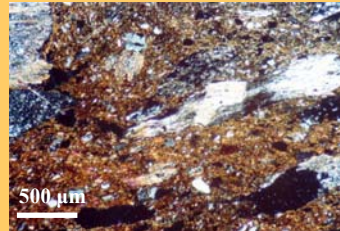
Nem plasztikus elegyrészek homogenitása

Monomikt törmelékanyag

– hegyvidéki helyi anyag



Vaskeresztes, vaskor



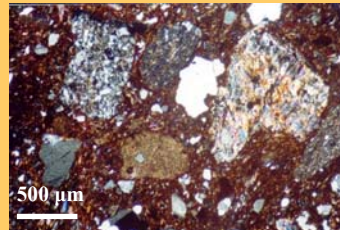
Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra

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.

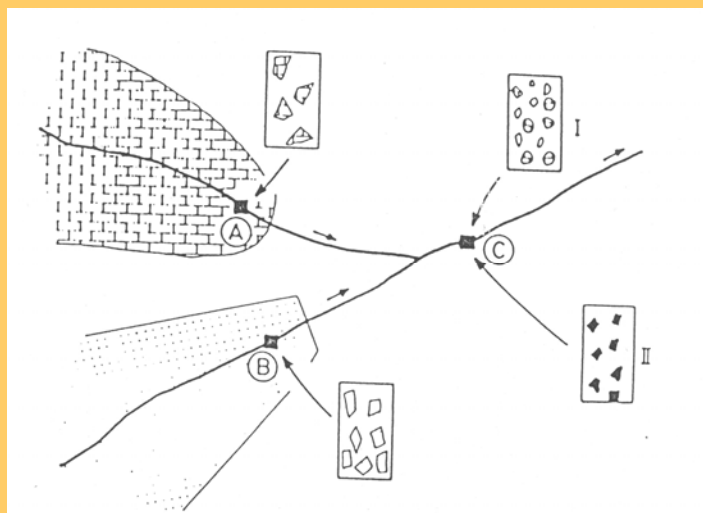
– általában **nagy mennyiségű** kerámiából

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.

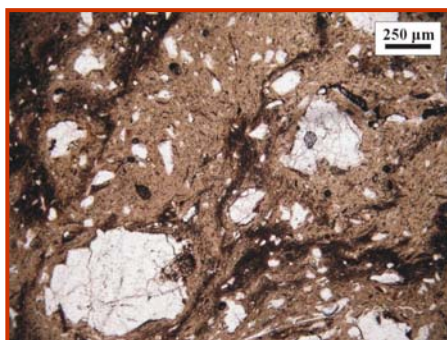
Fontos eredmény lehet a nem helyben készült, „**idegen**” anyagú kerámiák kimutatása.

A soványítóanyag származásának azonosítási lehetőségei 2.

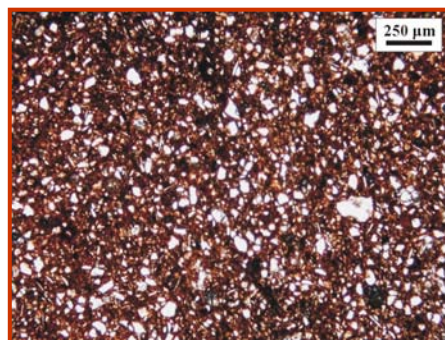


Maggetti (1994)

A kerámia alapanyagának minősége



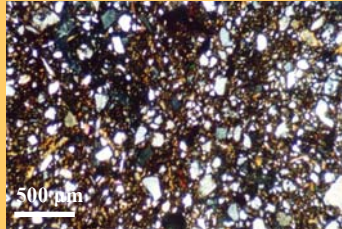
↓
kövér, tiszta
agyag
↓
soványítani kell!



↓
kellően sovány,
tömött agyag

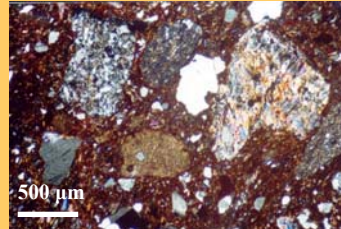
Szöveti vizsgálatok → technológia 1.

Szeriális



Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

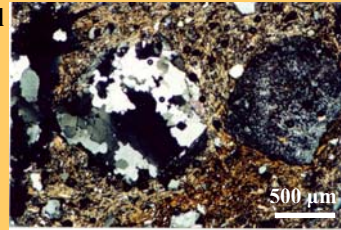
Hiátuszos



Felsővadász, bronzkor

Hiátuszos, koptatott elegyrészekkel

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



Szécsény, Neolitikum – Zseliz kultúra

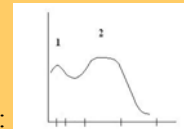
Szöveti vizsgálatok → technológia 2.

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)



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

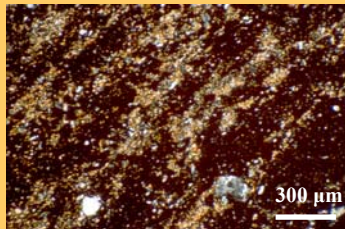
„Szendvics szerkezetű” kerámia

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

Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

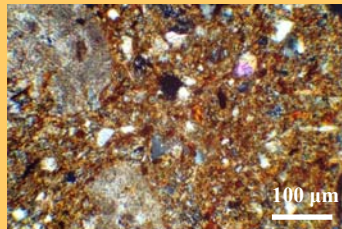
Utólagos átalakulás - használat, betemetődés

Karbonátos átítatás



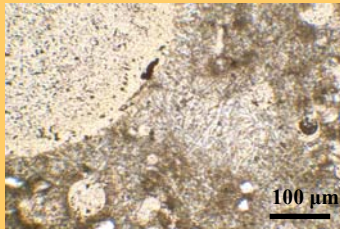
Szőny, Római-kor

Póruskitöltő karbonát + átítatódás



Endrőd, Neolitikum – Körös kultúra

Megolvadás



Bicske, Neolitikum, – Dunántúli
Vonaldíszes Kerámia

Mennyiségi kiértékelés 1.

Térfogat- vagy darabszázalékos kimérés

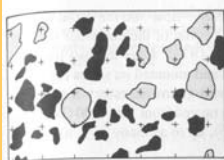
- Mátrix
- Nem plasztikus elegyrészek
- Agyagos közettörmelékek
- Pórusok

egymáshoz viszonyított aránya

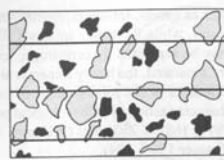
- Nem plasztikus elegyrészek egymáshoz viszonyított aránya

Mennyiségi kiértékelés 2. – kimérés típusai

pontszámlálás



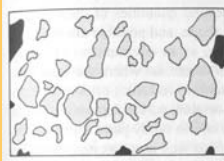
a



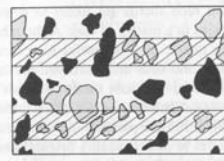
b

vonal menti
kimérés

térfogat-
százalékos
kimérés
(területmérés)



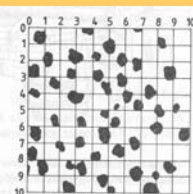
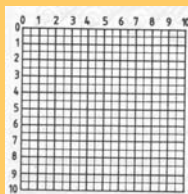
c



d

sávos kimérés

↓
módszer:
négyzethálós
okulárbetéttel



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 (nehézasványok) vizsgálata alapján

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

Hátrány:

- Nagy mennyiségű régészeti kerámia anyag szükséges hozzá (legalább (200-)300 nehézasvány szemcse)
- Munkaigényes (mintaalkészítés)

Gyakorlatban ritkán alkalmazzák, pedig jelentős többletinformációt ad

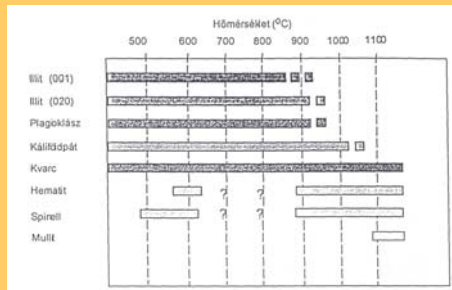
Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 1.

Alapvető vizsgálati módszer:

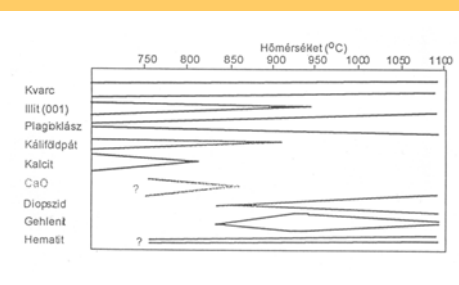
- plasztikus agyag és átalakulási termékei → **kiégetési T**
- másodlagos elegyrészek → utóhatások (használat, betemetődés)

Alap: Hőmérséklet hatására történő fázisátalakulások

Illites, nem meszes agyag:

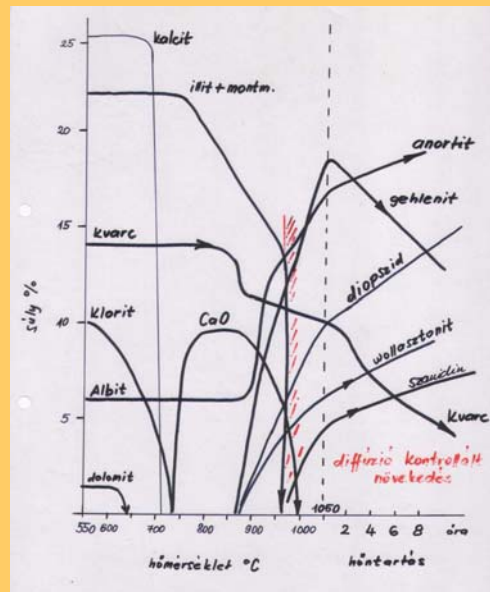


Illites, meszes agyag:

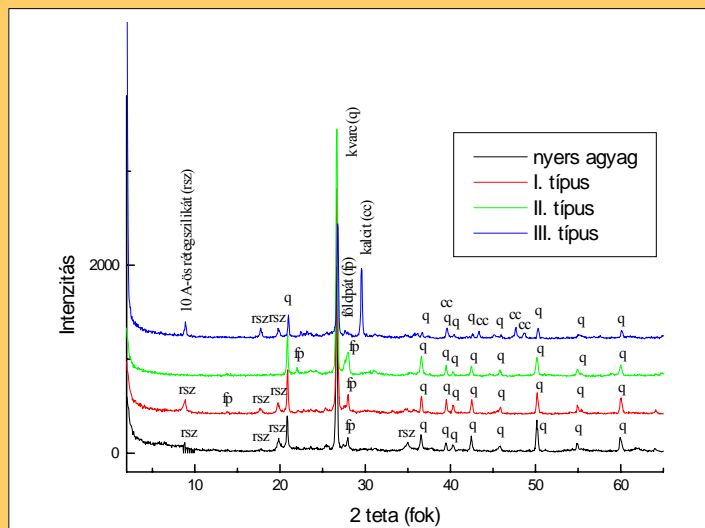


Maggetti, 1982

Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 2.



Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat – példa Borsod X. századi kerámiák (Szilágyi V. 2004.)



A közzétani módszerrel elkülönített típusok egyértelműen azonosíthatók.

Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM)

Petrográfiai mikroszkópnál jobb felbontás: mikroszerkezeti bélyegek vizsgálhatók

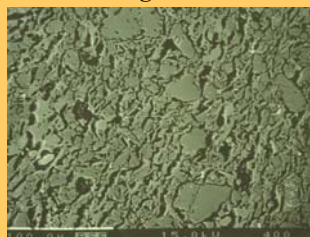
Kiégetési – hőtartási folyamatok nyomonkövetése – anyag plasztikussá válásával kapcsolatos átrendeződés, üvegesedés → hőmérséklet becslése

Üvegesedés kezdete:

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

kaolinites agyagok kerámiái: ~ 1000 °C

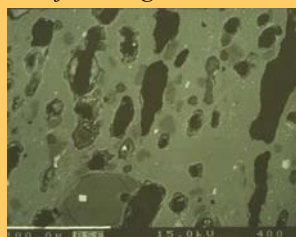
kezdődő üvegesedés



előrehaladott üvegesedés



kiterjedt üvegesedés



Tite nyomán

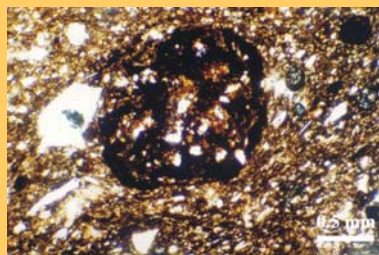
Scanning (SEM) és elektron-mikroszonda (EDX) példa: Fe-gazdag konkréciók 1.

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

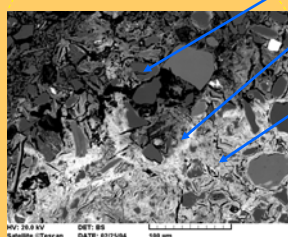
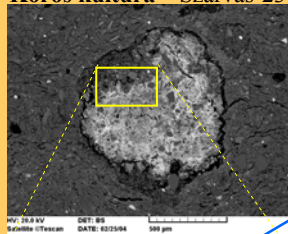
Alak: gömbölyded

Egyéb: benne apró – elsősorban

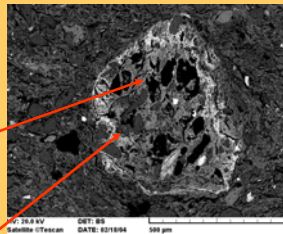
kvarc - szemcsék

Fe-gazdag konkréciók 2.

Körös kultúra – Szarvas-23



Starčevo kultúra - Vörs



kevés Fe

nagyon sok Fe

sok Fe

Starčevo
sötétvilágos

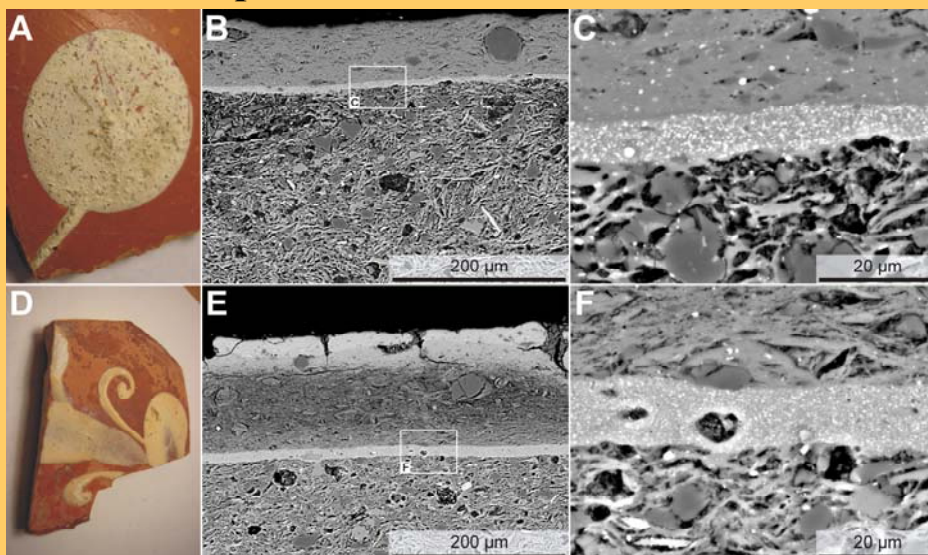
Körös
sötétvilágos

határ

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

Hasonló konkréciók: mocsaras
vagy ártéri területeken, réti talajokban

SEM-EDX példa 2.: 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

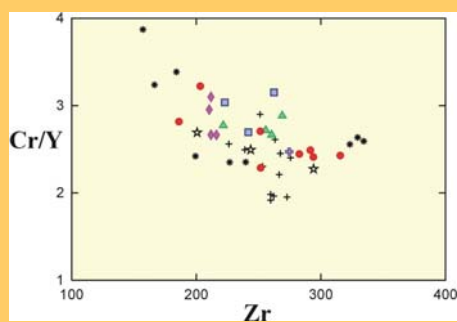
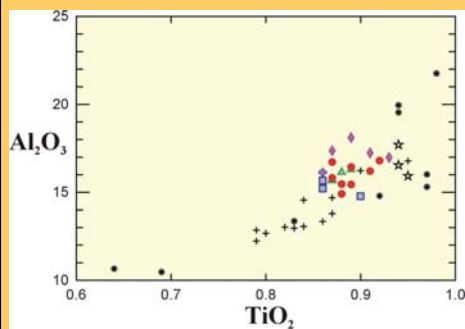
fő- és nyomelemek, teljes RFF spektrum

PGAA

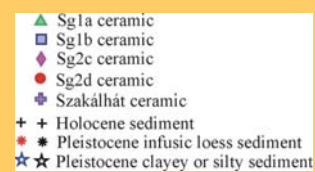
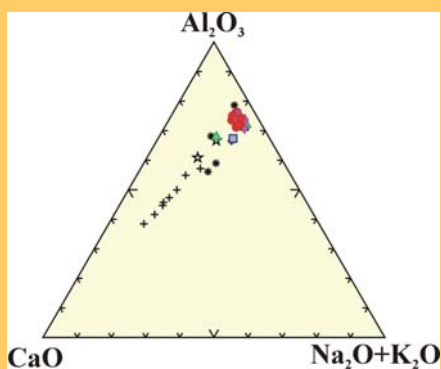
főelemek + néhány nyomelem (köztük a B), kevés RFF

Egyéb módszerek: pl. PIXE, AAS, stb.

Kora neolitikum, Szarvas-Endrőd

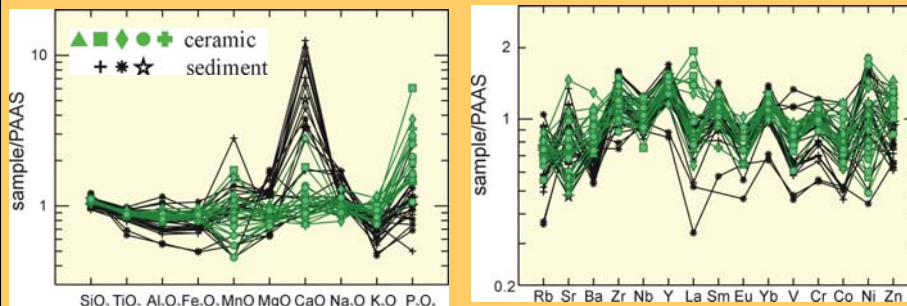


Geokémia 2. Kétváltozós és háromszög diagramok



Geokémia 3. – sokelemes diagramok

Kora neolitikum, Szarvas-Endrőd



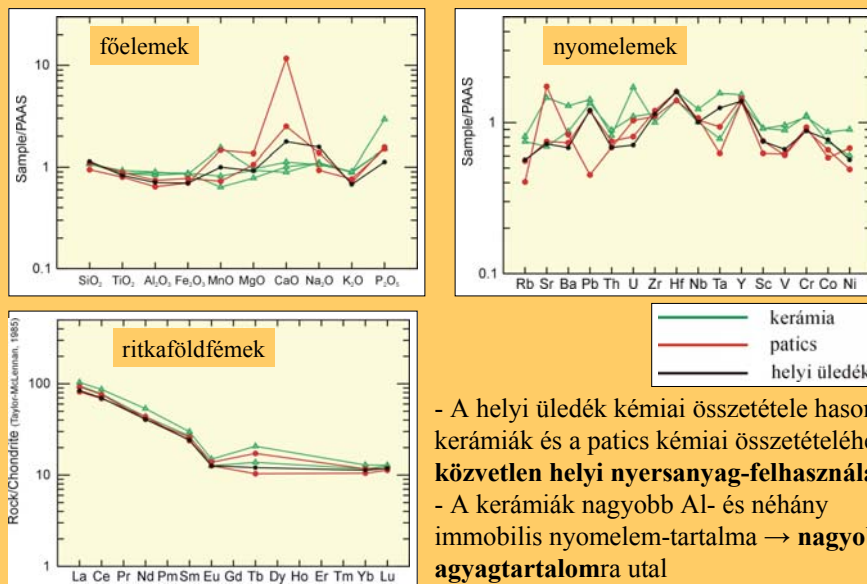
Általában a kerámiák gazdagabbak Al-ban és immobilis nyomelemekben → nagyobb az agyagtartalmuk

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



- 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

→ **Kiégetési, 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

Termikus vizsgálatok - DTA

Kerámia vizsgálatoknál kevésbé elterjedt módszer

XRD vizsgálatokkal együtt jól használható

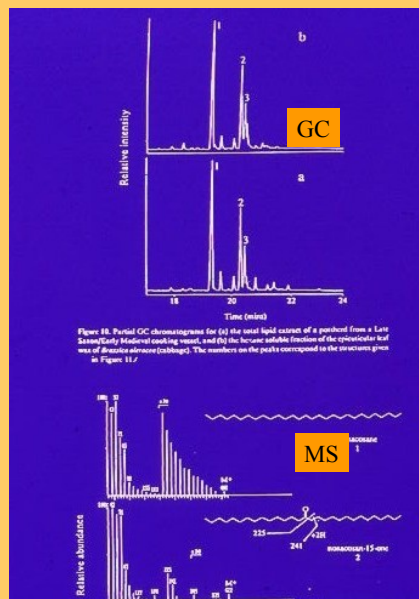
- fázisok azonosítása
- kiégetési hőmérséklet becslés

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.