

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** – áthalmazódással
 - 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 $2 \mu\text{m}$ -nél 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 (szmektit); $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2 = 1:4$

Agyagásványok a kerámia tulajdonságait alapvetően megszabják

- kövér ↔ sovány
- tűzálló (hőálló) ↔ nem tűzálló (olvadáspont > illetve < 1550°C)
 - hőálló: illites és kaolinites
(Magyarország: hőálló csak hegységi és hegységperemi területeken)
- meszes ↔ nem meszes
 - Mész tartalom (kalcit) gyakran problémás: $\text{CaO} \rightarrow$ oltott mész \rightarrow térfogatnövekedés \rightarrow kipattogzás

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, Reesk, 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 mészanyag

durvakéramia, kályhacsempé, samott, kerámit, 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

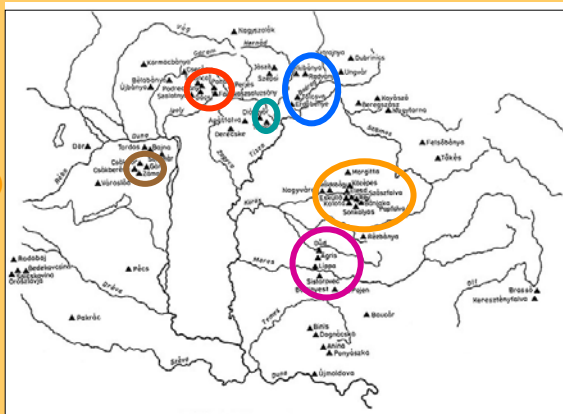
Miskolc környéke

Zemplén és Ung

Nagyvárad (Sebes-Körös)

Lippa (Maros)

Csákvár



Domokos 1988-2002

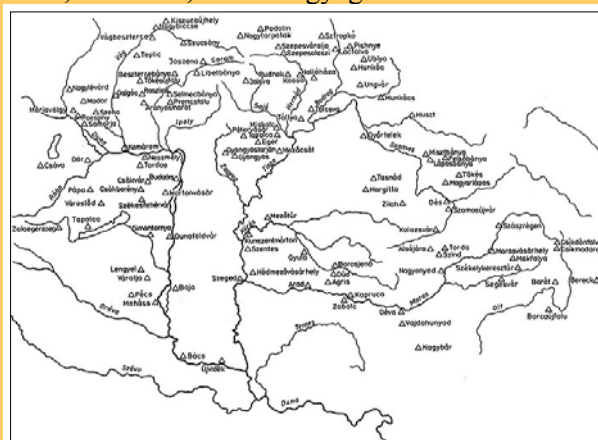
Nem tűzálló agyag

Uralkodóan montmorillonitos agyagból áll

- **tégla- és cserépagyag**
- **korsók** – mázatlan; nagyobb Fe-tartalmú, kövér agyag
- **tálok** – 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, tálás fazekasközpontok

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

korsósok:

Mezőtúr

Szentes

Nádudvar

Mohács

Korond, stb.

tálások:

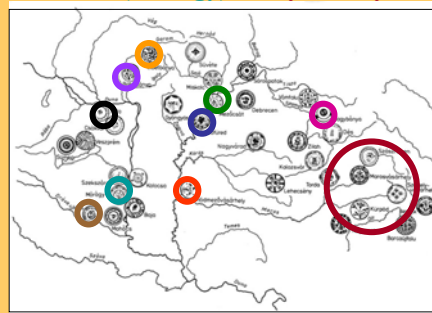
Hódmezővásárhely Siklós

Mezőcsát Tata

Tiszafüred Libetbánya

Nagybánya Alsó Garam-völgy

Sárköz (Mórág) Ny-Erdély, stb.



Domokos 1988-2002

Nem plasztikus elegyrészek - áttekintés

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

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



Bronzkor, Biatorbágy
fotó: Kreiter Attila

Vizsgálat: Petrográfiai mikroszkóp (elektronmikroszkop, SEM)

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

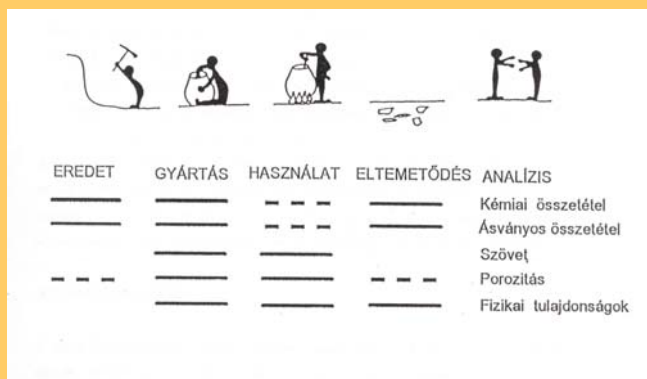


Vörs – neolitikum, Starčevo-kultúra

Kerámia készítés, használat, betemetődés

- nyersanyag bányászás
- előkészítés, iszapolás
- formázás
- szárítás
- égetés, hőntartás
- díszítés

- *használat*
- *törés*
- *betemetődés*



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

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

Edénydíszítési technikák - festés-mázazás (Szilágyi V.)



- szlip (festetlen agyagbevonat)
- Festés:
- engób (festett agyagbevonat)
 - festés (égetés előtti/égetés utáni)
 - máz (ólom/ón)

Az engóbozás és a festés börkemény vagy már zsenyélt kerámián, a mázazás majdnem minden esetben zsenyélt kerámián történik!



Eszközei: vékony/hegyes eszközzel (ecset, pálca) történő híg agyagos szuszpenzió/festék paszta/máz felvitel vagy mártás

Eredménye: az eredeti felületet részben/teljesen elfedő, az edény anyagával azonos vagy attól eltérő színű és anyagú bevonat (dekoratív, nagyobb permeabilitás)

Edénydíszítési technikák – mázazás (Szilágyi V.)

Mázanyagok:

ólommázak: átlátszó, üvegszerű máz

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

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

ónmázak: nem átlátszó, fedőmáz

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



Ólommázás butellák



Ónmázás fajansz tál - habán

Kiégetés 1. - Tényezők

Kiégetés időtartama – 3 periódus

- T emelkedés
- hőntartás (maximális T-en)
- hűlés

• **Kiégetés hőmérséklete**

- 600-800 °C – 1200 °C (tűzálló agyag) - 1400 °C (porcelán)
- Egy kemencén belül akár 150°C különbség is lehet

• **Az atmoszféra típusa** a kiégetés, hőntartás és hűlés során

- Oxidatív ↔ redukív
 - Szín: vörös ↔ fekete
 - változó: szendvicsszerkezet

Befolyásol:

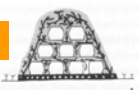
- keménység
- zsugorodás
- porozitás



Kiégetés 2. – Égetés- és kemencetípusok

1. Szabad téri égetés
2. Kemence égetés

máglyaégetés



gödörégetés

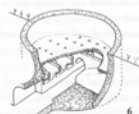


Szabályozatlan áramlás

Kemence égetés



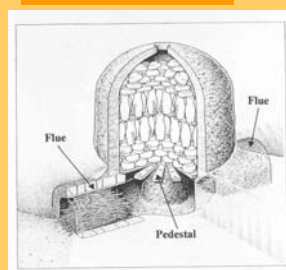
Felfelé áramló levegő



Római-kori kemencék



Középkori kemence



Henderson, 2000

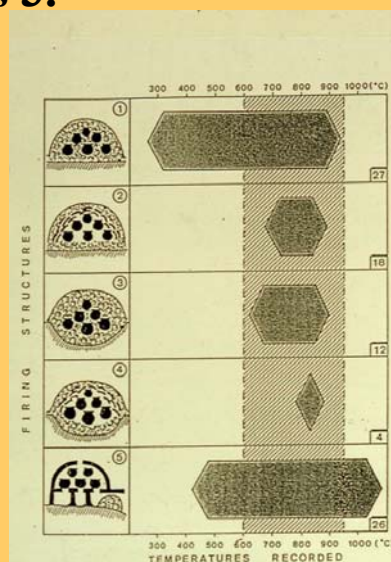
Kiégetés 3.

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

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



Gosselain and Livingstone Smith, 1995

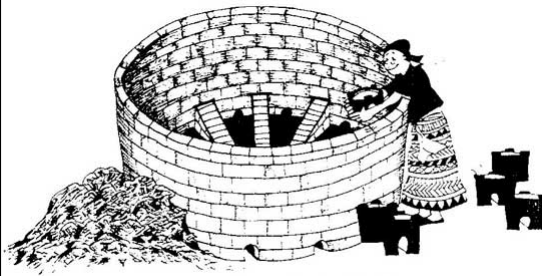
Máglya égetés



Gödrös égetés



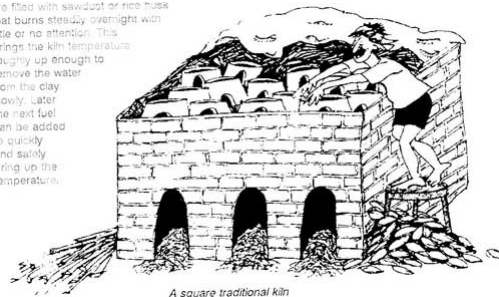
Kemencés égetés



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
move the water
out of the clay
only later
the next fuel
can be added
& quickly
and safely
ring up the
temperature.



A square traditional kiln

Használati cél

Használat → célnak megfelelő tulajdonságok → fizikai tulajdonságok → nyersanyag kiválasztása

Vízárólok

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

Főzőedény

- jó hővezető képesség
 - Vízáró (kis permeabilitás)
 - Gyantabevonat/vékonyvfalú
- Gyors hőmérséklet változások elviselése
 - Kis hőtágulás
 - Hőállóság – durva soványítóanyag

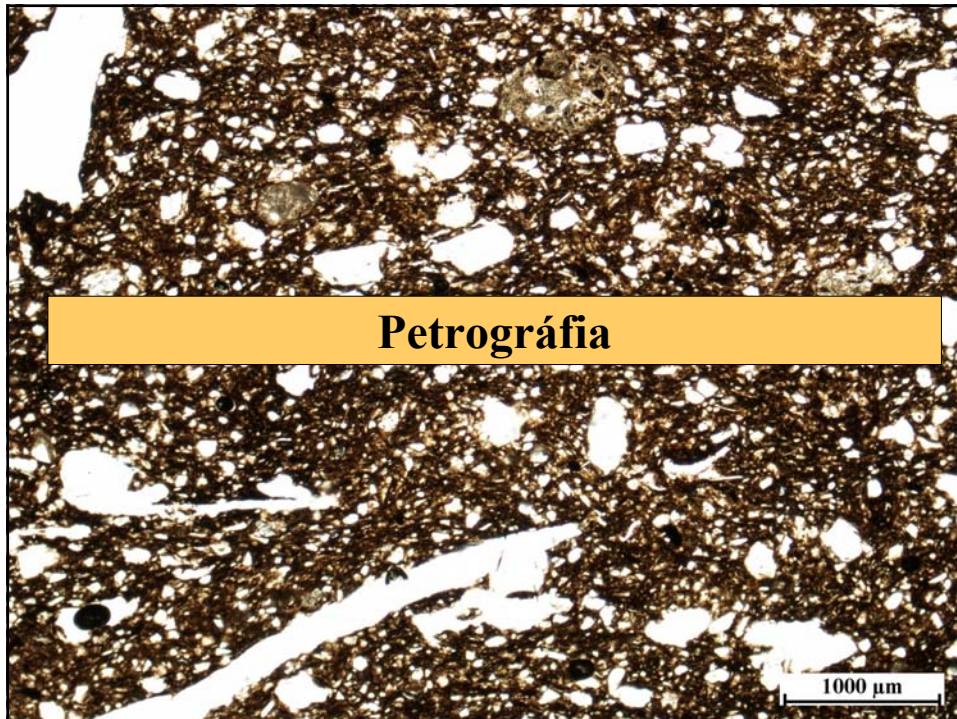
Anyagvizsgálati módszerek 1.

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) (Elektronmikroszkop) (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 fűzisek</i>	Petrográfia Rtg-pordiffrakció Elektron-mikroszkop, 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 törmelékszemescsék
- soványítóanyag

→ *nyersanyag származási helye*

Szöveti vizsgálatok

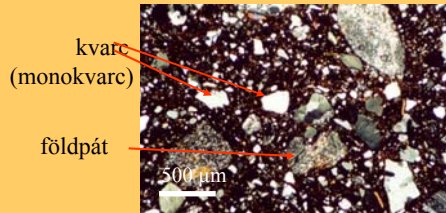
- mátrix (szín, izotropitás)
- nem plasztikus elegyrészek mennyisége, mérete, osztályozottsága, eloszlása, koptatottsága, stb.

Porozitás

→ *készítési technológia*

Nem plasztikus elegyrészek 1. Ásványtörmelékek

Gyakori elegyrészek:

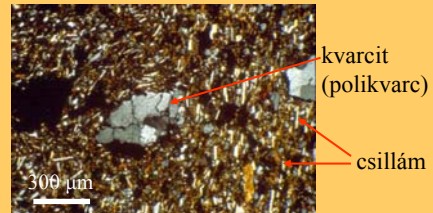


kvarc
(monokvarc)

földpát

500 µm

Szécsény, neolitikum- Zseliz kultúra



kvarcit
(polikvarc)

csillám

300 µm

Szöny, Római kor

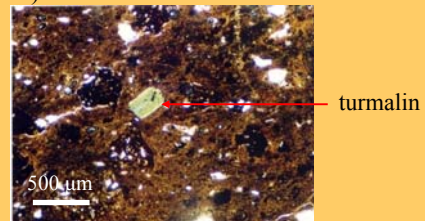
Ritka elegyrészek (akcesszóriák = nehézásványok):



amfibol

100 µm

Szarvas, neolitikum – Körös kultúra



turmalin

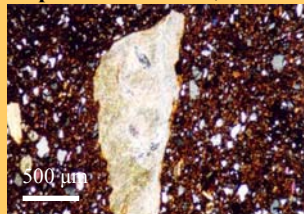
500 µm

Vörs, neolitikum – Starčevo kultúra

Nem plasztikus elegyrészek 2. Kőzettörmelékek

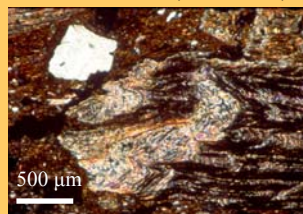
Előfordulás: elsősorban durva kerámiákban

Talkpala - Vaskeresztes, vaskor



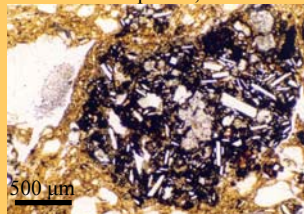
500 µm

Fillit – Felsővadász, neolitikum, Bükki kultúra



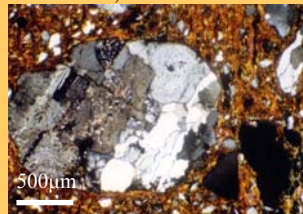
500 µm

Bazalt - Lovászpataka, vaskor



500 µm

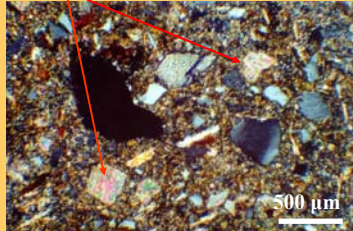
Gneisz – Sé, vaskor



500 µm

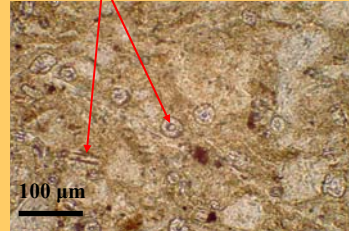
Nem plasztikus elegyrészek 3. Mésző, kalcit, ősmaradványok

Elsődleges kalcit



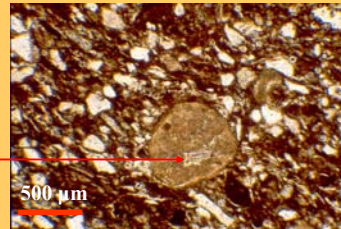
Endrőd, Neolitikum - Körös-kultúra

Kovaszivacstű



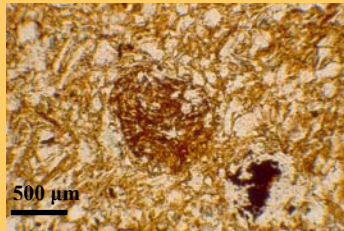
Bicske, neolitikum -Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

Kovaszivacstű mészőben
Bicske, neolitikum – Dunántúli
Vonaldíszes Kerámia



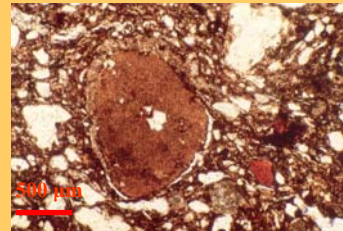
Nem plasztikus elegyrészek 4. Agyagkőzetek, tört kerámia – Whitbread (1986)

Agyagpelleget (agyagos soványítóanyag)



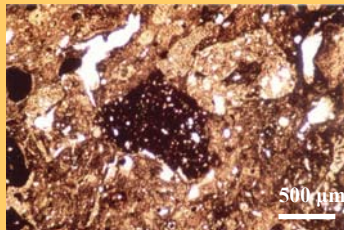
Szőny, Római-kor

Agyagos kőzettörmelék (ARF)

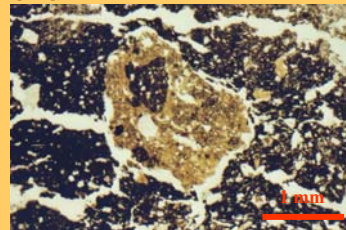


Felsővadász, bronzkor

Kerámia töredékek (grog)



Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra

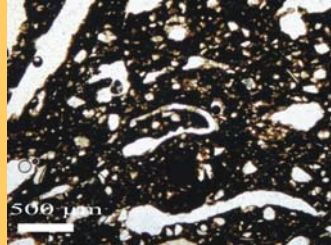


Százhalombatta, bronzkor, Nagyrév-kultúra (Kreiter A.)

Nem plasztikus elegyrészek 5.

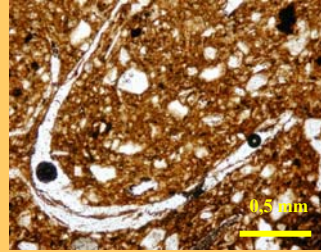
Szerves anyag

Szerves anyag



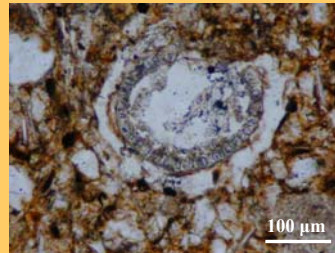
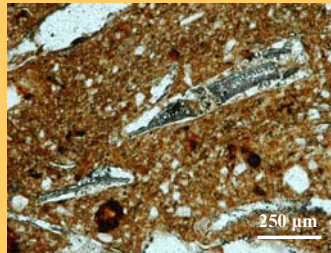
Vörs, neolitikum

Pelyva maradványa/helye

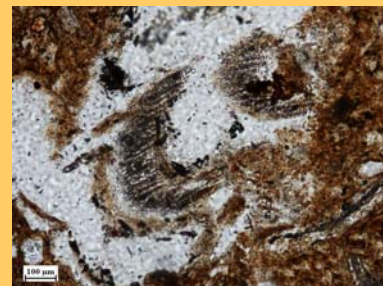
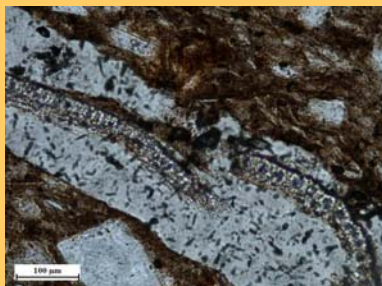
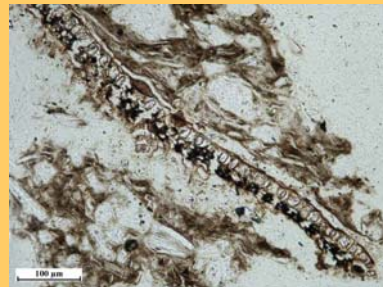
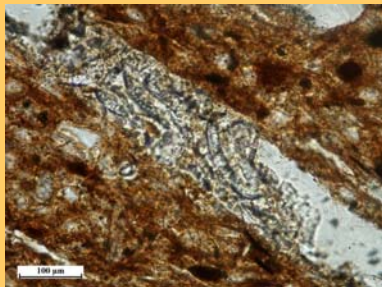


Szarvas-23 kora neolitikum

Fitolit – opál anyagú növénymaradványok – sejtek körül kiválás



Fitolit (növényi opál)



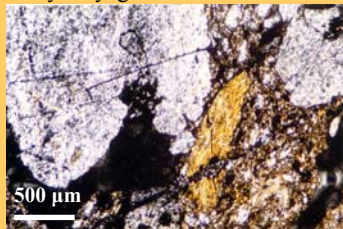
Szarvas és Endrőd, Körös-kultúra, kora neolitikum

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

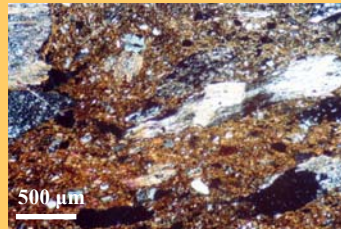
Nem plasztikus elegyrészek homogenitása

Monomikt törmelékanyag

– hegyvidéki helyi anyag



Vaskeresztes, vaskor



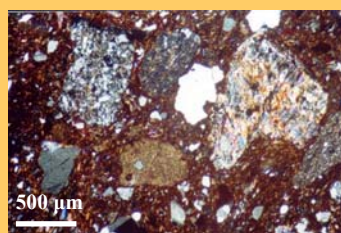
Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra

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, amelyik egy adott területre jellegzetes (ld. talkpala, bazalt, fillit, gneisz, amfibol, kovaszivacstű)

– főleg hegységi-hegységközeli területen.

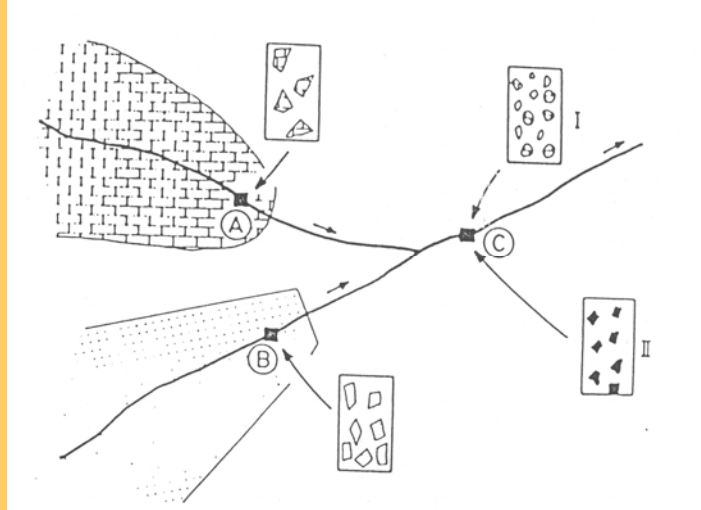
– általában **nagy mennyiségű** kerámiából

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.

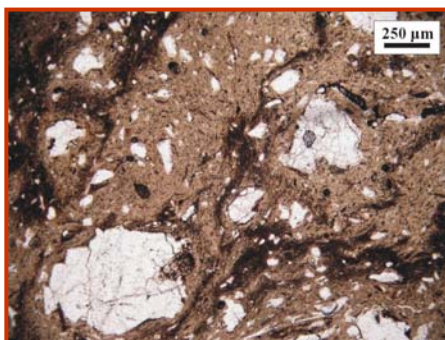
Fontos eredmény lehet a nem helyben készült, „idegen” anyagú kerámiák kimutatása.

A soványítóanyag származásának azonosítási lehetőségei 2.

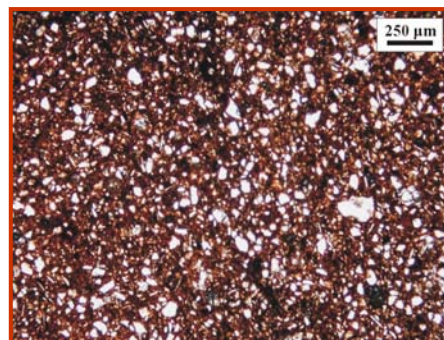


Maggetti (1994)

A kerámia alapanyagának minősége (Szilágyi V.)



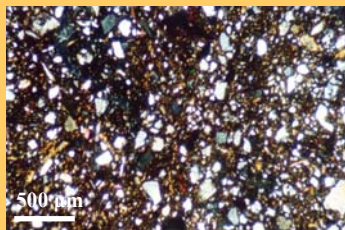
↓
kövér, tiszta
agyag
↓
soványítani kell!



↓
kellően sovány,
tömött agyag

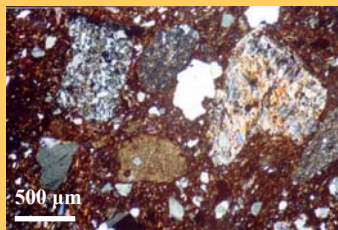
Szöveti vizsgálatok → technológia 1.

Szeriális



Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

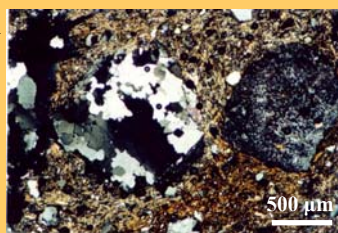
Hiátuszos



Felsővadász, bronzkor

Hiátuszos, koptatott elegyrészekkel

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



Szécsény, Neolitikum – Zseliz kultúra

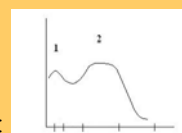
Szöveti vizsgálatok → technológia 2.

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

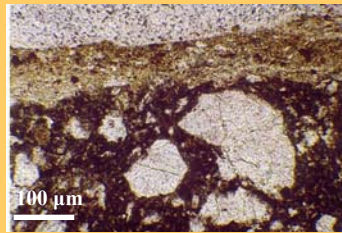
Engob – színes földfesték

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

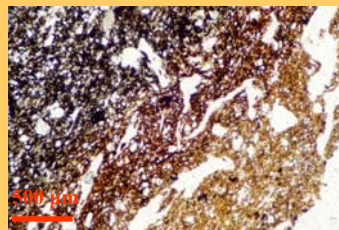
Ólomház – átlátszó + aláfestés

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

Majolika – Iparművészeti Múzeum
(T. Bruder, 2005)



Felsővadász, Neolitikum – bükki kultúra



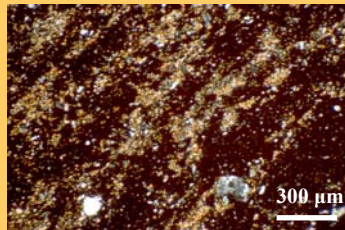
Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

„Szendvics szerkezetű” kerámia

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

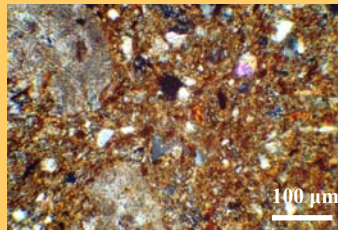
Utólagos átalakulás - használat, betemetődés

Karbonátos átítatás



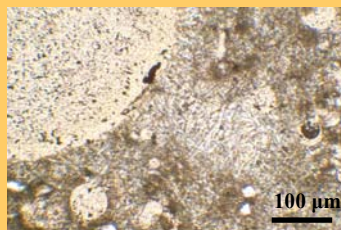
Szőny, Római-kor

Póruskitöltő karbonát + átítatódás



Endrőd, Neolitikum – Körös kultúra

Megolvadás



Bicske, Neolitikum, – Dunántúli
Vonaldíszes Kerámia

Mennyiségi kiértékelés 1.

Térfogat- vagy darabszázalékos kimérés

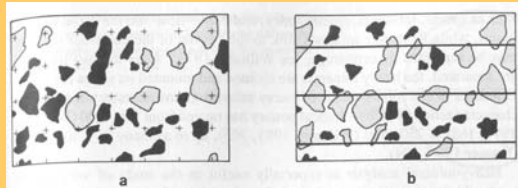
- Mátrix
- Nem plasztikus elegyrészek
- Agyagos közettörmelékek
- Pórusok

egymáshoz viszonyított aránya

- Nem plasztikus elegyrészek egymáshoz viszonyított aránya

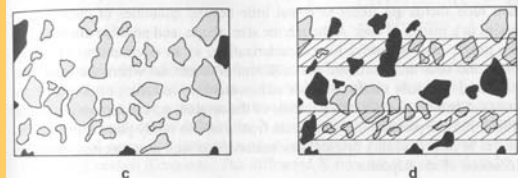
Mennyiségi kiértékelés 2. – kimérés típusai

pontszámlálás



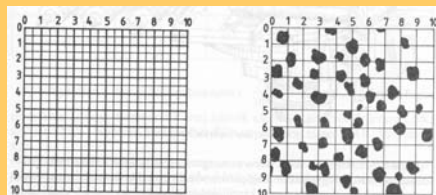
vonala menti kimérés

térfogat-
százalékos
kimérés
(területmérés)



sávossal 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

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 (mintalőkészítés)

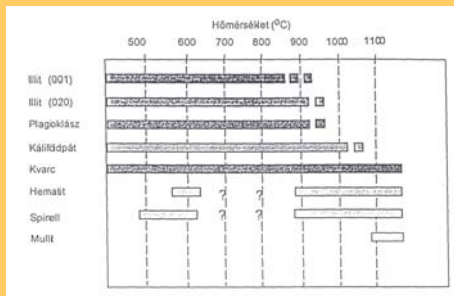
Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 1.

Alapvető vizsgálati módszer:

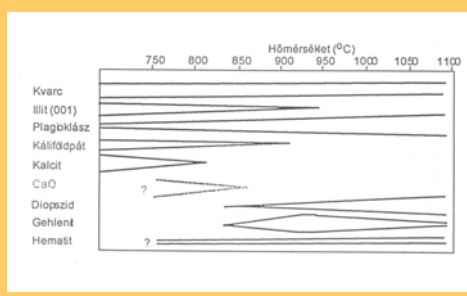
- plasztikus agyag és átalakulási termékei → **kiégetési T**
- másodlagos elegyrészek → utóhatások (használat, betemetődés)

Alap: hőmérséklet hatására történő fázisátalakulások

Illites, nem meszes agyag:

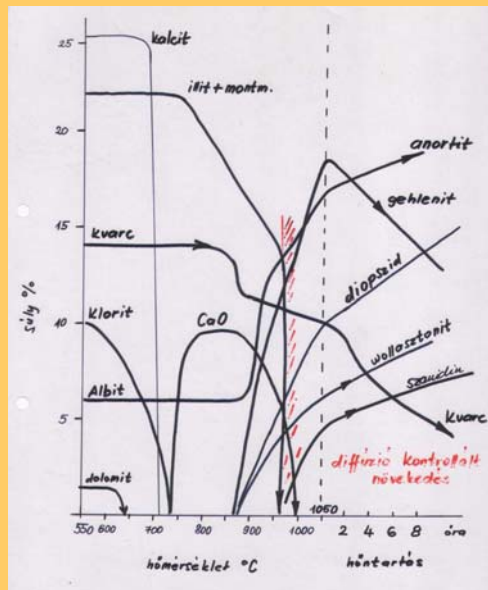


Illites, meszes agyag:

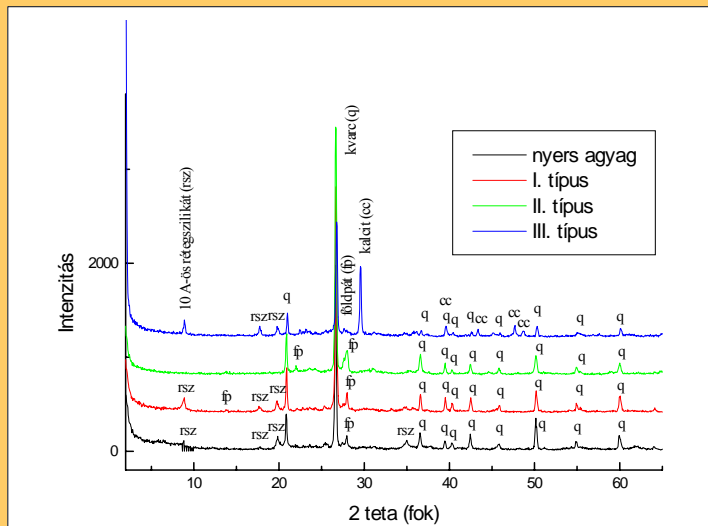


Maggetti, 1982

Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 2.



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



A közzetani módszerrel elkülönített típusok egyértelműen azonosíthatók.

Pasztázó elektronmikroszkópia (SEM)

Petrográfiai mikroszkópnál jobb felbontás: mikroszerkezeti bélyegek vizsgálhatók

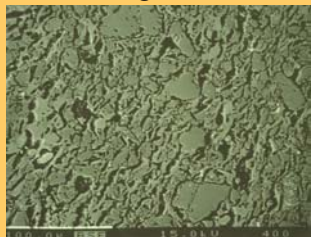
Kiégési – hőntartási folyamatok nyomkövetése – anyag plasztikussá válásával kapcsolatos átrendeződés, üvegesedés → hőmérséklet becslése

Üvegesedés kezdete:

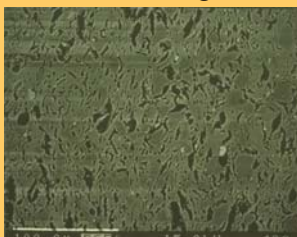
illites-montmorillonitos agyagok kerámiái: ~ 800-850 °C

kaolinites agyagok kerámiái: ~ 1000 °C

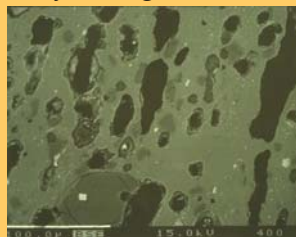
kezdődő üvegesedés



előrehaladott üvegesedés



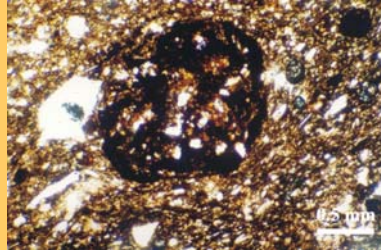
kiterjedt üvegesedés



Tite nyomán

Scanning (SEM) és elektron-mikroszkopos (EDX) példák: Fe-gazdag konkréciók 1.

Vizsgált minták
(Kora Neolitikum)
Szarvas - Körös kultúra
Vörs - Starčevo kultúra

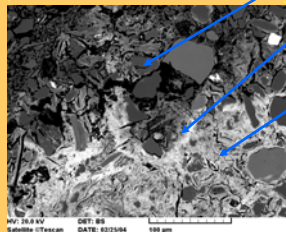
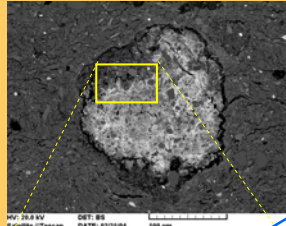


Szarvas-23 A71/a/1

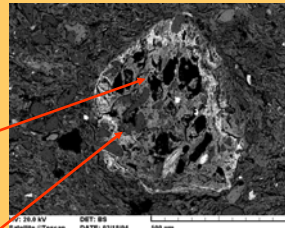
Méret: 1-2 mm – 1,5 cm
Szín: fekete – sötétbarna
Alak: gömbölyded
Egyéb: benne apró – elsősorban kvarc - szemcsék

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

Geokémia 1.

Fő- és nyomelemek, ritkaföldfémek

Módszerek:

XRF – főelemek + sok nyomelem, (néhány RFF)

NAA – nyomelemek, sok RFF

kiegészítik egymást

ICP OES + ICP MS

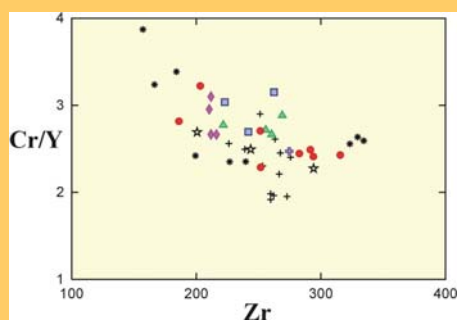
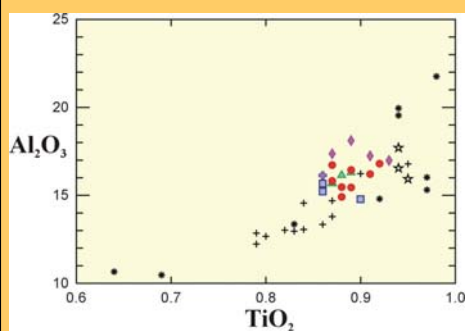
fő- és nyomelemek, teljes RFF spektrum

PGAA

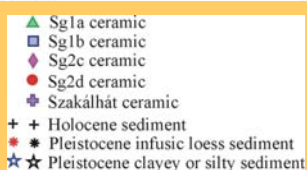
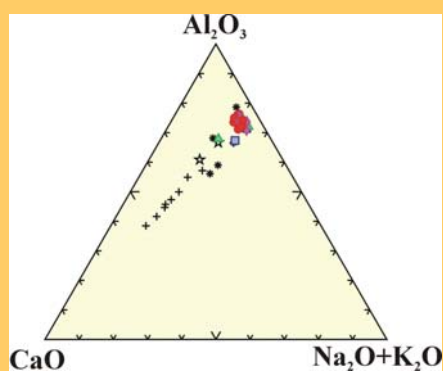
főelemek + néhány nyomelem (köztük a B), kevés RFF

Egyéb módszerek: pl. PIXE, AAS, stb.

Kora neolitikum, Szarvas-Endrőd

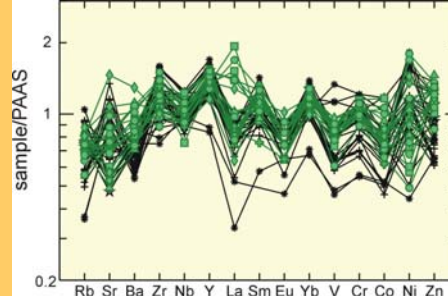
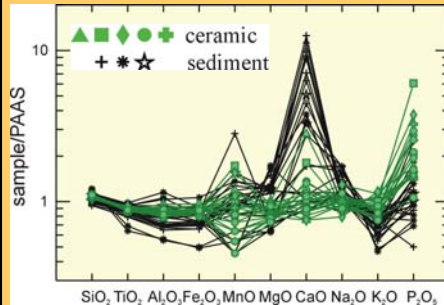


Geokémia 2. Kétváltozós és háromszög diagramok



Geokémia 3. – sokelemes diagramok

Kora neolitikum, Szarvas-Endrőd



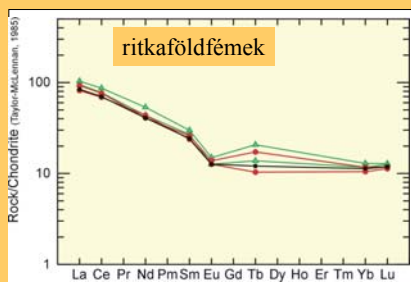
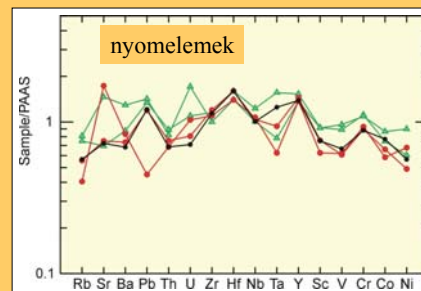
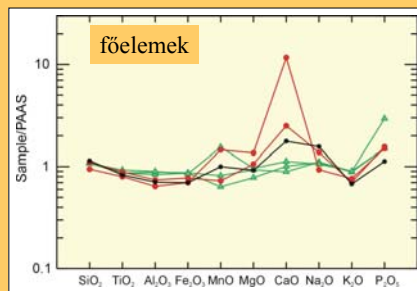
Általában a kerámiák gazdagabbak Al-ban és immobilis nyomelemekben → nagyobb az agyagtartalmuk

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



— 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

→ **Kiégétsi, 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

Termikus vizsgálatok - DTA

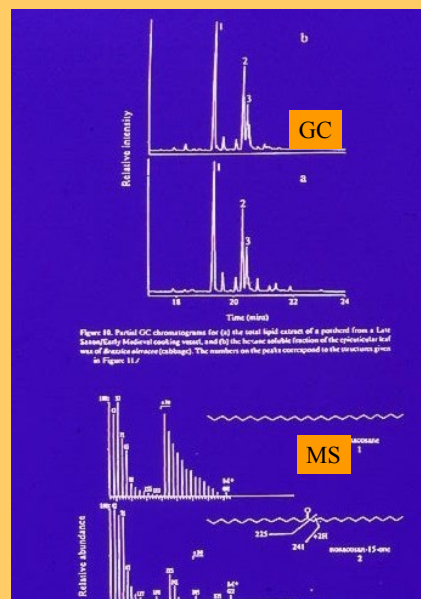
Kerámia vizsgálatoknál kevésbé elterjedt módszer

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 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 kerámialetek anyagi szempontból történő **csoportosítása** lehetséges.
 - elkülöníthetők a **helyben készült** kerámiák és az **idegen helyről** származó nyersanyagú kerámiák.
- 4, A petrográfiai szöveti vizsgálatok és a röntgenpordiffrakciós elemzések a kerámiakészítés **technológiájához** adnak információkat.

Összefoglalás, konklúzió 2.

- 5, A petrográfiai vizsgálatok meghatározó jelentőségűek a **további műszeres vizsgálatokhoz** az anyag kiválasztásában, illetve jó alapot nyújtanak a műszeres vizsgálatokkal kapott adatok **pontosabb értékeléséhez**.
- 6, A **SEM** és az **elektron-mikroszondás** vizsgálatok a petrográfiai vizsgálatok **kiegészítésére, pontosítására**, esetenként az **utólagos hatások** nyomonkövetésére szolgálnak.
- 7, A kémiai elemzések (fő- és nyomelemek, RFF-k) és az elektronmikroszondás elemzések a **nyersanyagok eredetéről** és a **készítési technológiáról** (pl. nyersanyagkeverés) nyújtanak információkat.
- 8, Megfelelően elvégzett nagyszámú, részletes feldolgozás esetén az adatok **matematikai statisztikai módszerekkel** is feldolgozhatóak.

Irodalom

- Maggetti, M. (1982): Phase Analysis and Its Significance for Technology and Origin. In: Archaeological Ceramics. Ed.: Olin, J. S.–Franklin, A. D. Washington D. C. 121–133.
- Rice, P. M. (1987): Pottery analysis. – The University of Chicago Press, Chicago and London, 559p.
- Henderson, J. (2000): The science and archaeology of materials. - Routledge London and New York; *Ide vonatkozó fejezetei:* pp. 109-142.
- Szakmány, Gy. (2008): Kerámia nyersanyagok, kerámiák a mai Magyarország területén a neolitikumtól a XVIII. Század végéig. – In: Szakáll, S. (szerk): Az ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. Század végéig. Fókuszban az ásványi anyag. A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, Bányászat, 74, Miskolc, Egyetemi Kiadó pp. 49-90.
- Szakmány, Gy.: (1998): Insight into the manufacturing technology and the workshops: evidence from petrographic study of ancient ceramics. - Archaeometrical Research in Hungary II. pp. 77-83.
- Szakmány, Gy. (2001): Felsővadász-Várdomb neolitikus és bronzkori kerámiatípusainak petrográfiai vizsgálata. – Herman Ottó Múzeum Évkönyve, Miskolc, XL. pp. 107-125.
- Szakmány, Gy. (in press): Kerámiák archeometriai vizsgálata – közettani és geokémiai módszerek.
- Whitbread, I. K. (1986): The characterisation of argillaceous inclusions in ceramic thin sections. Archaeometry 28 (1986), 79–88.
- Archeometriai Műhely kerámia témájú szakcikkei
- T. Biró, K. – Szilágyi, V. – Kreiter, A. (eds.): Vessels: inside and outside; Proceedings of the Conference EMAC '07, 9th European Meeting on Ancient Ceramics, 24-27 October 2007, Budapest, Hungary