



Kerámiák archeometriai vizsgálata

Szakmány György

Archeometria 2009. április 28.

Bevezetés

- Keramos (görög) – agyag → agyagból készített tárgy
- Máztatlan (terrakotta) ↔ mázas
- 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, téglá, kőagyag cső

Legkorábbi:
Dolní Věstonice
– 28000 év



Legkorábbi használati
edény: Jomon kultúra
12000 év



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



A kerámiák összetevői - áttekintés

kerámia – mesterséges metamorf (metaüledékes) kőzet

Plasztikus agyag – mátrix

- részben relik, részben újonnan képződött

Nem plasztikus elegyrészek – törmelékszemcsék, soványítóanyag

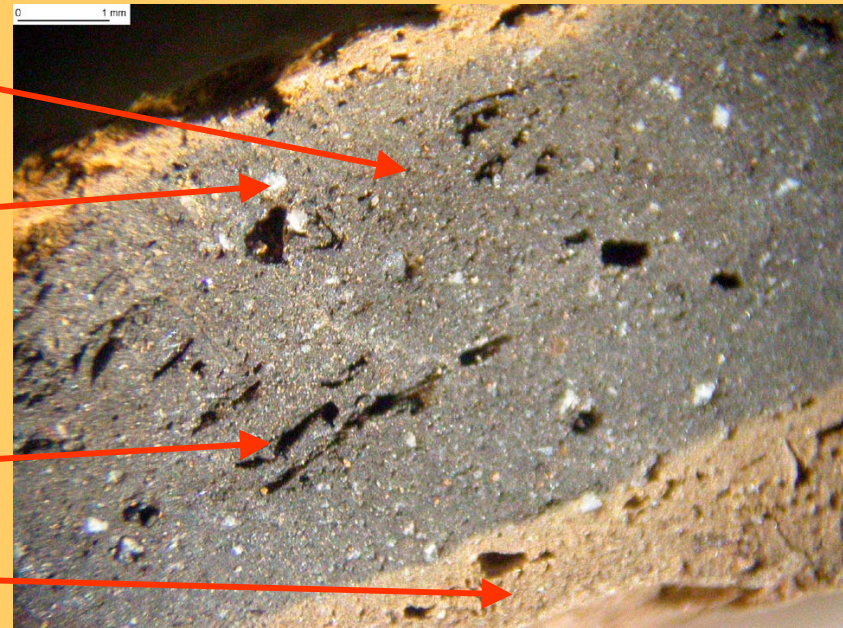
- > 15µm
- relik
- ásvány-kőzettörmelék, homok, szerves anyag (növénymaradványok, csont stb.)

Pórus

Szegély (máz)

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

Másodlagos fázisok – használat illetve betemetődés során képződnek

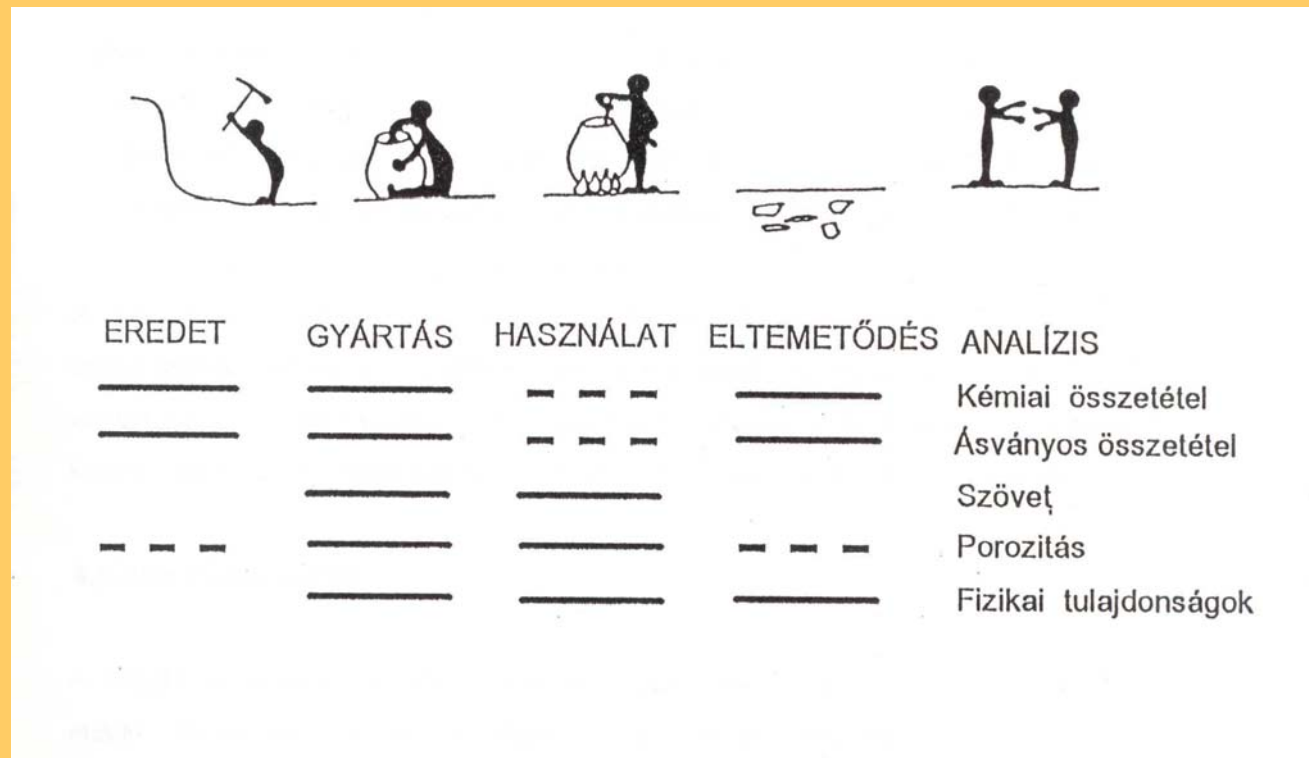


Vörs – neolitikum, Starčevo-kultúra

Kerámia készítés, használat, betemetődés

- **nyersanyag bányászás**
- **előkészítés, iszapolás**
- **formázás** (korong nélkül, lassú korong, gyors korong)
- **szárítás**
- **égetés, hőntartás**: oxidatív – reduktív → szín: vörös – fekete
 - máglyaégetés (kisebb $T \sim 600-800\text{ }^{\circ}\text{C}$, kevésbé szabályozott, gyors felfűtés)
 - kemenceégetés (nagyobb $T > 700-800\text{ }^{\circ}\text{C}$, szabályozható, lassú felfűtés)
- **díszítés**

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



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

Agyag

Agyag tulajdonságai:

uralkodóan $< 2 \mu\text{m}$ szemcsenagyság

elsősorban agyagásványokból áll – szilikátok (földpátok, földpátpótlók) és kőzetüveg lebontásával és szerkezetének átalakulásával képződik

- kaolinites – illites – montmorillonitos

- meszes \leftrightarrow nem meszes

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

- kövér \leftrightarrow sovány

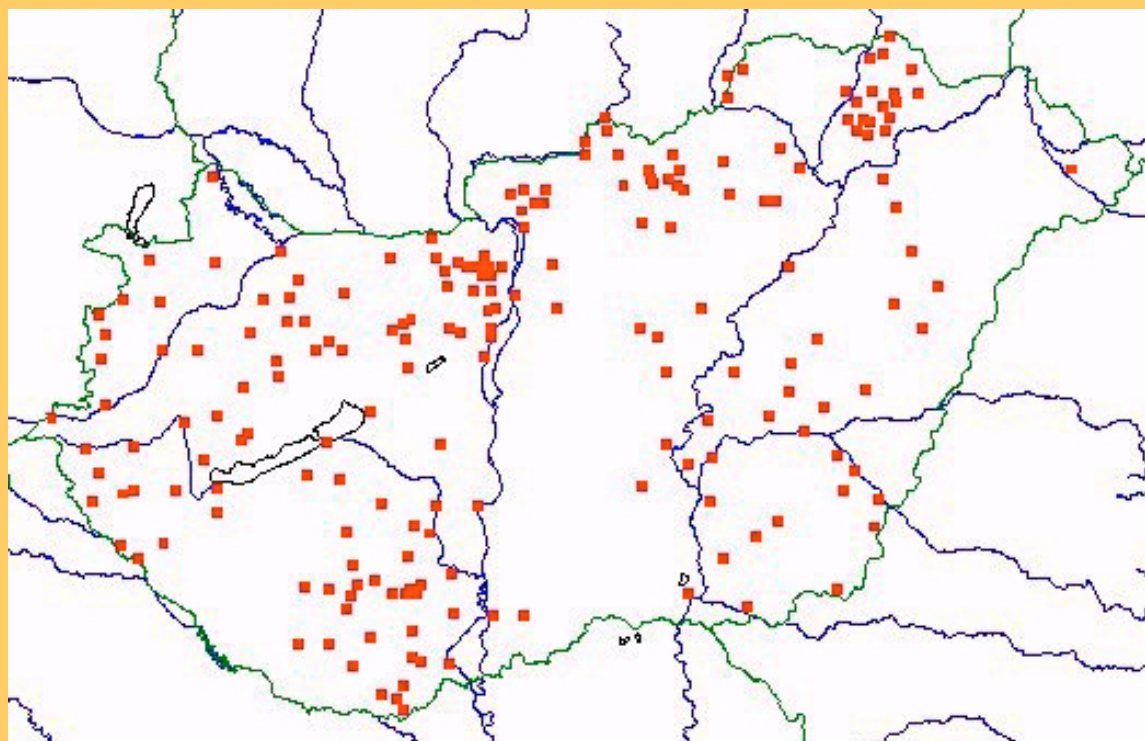
- tűzálló (hőálló) \leftrightarrow nem tűzálló (olvadáspont $>$ illetve $< 1550^\circ\text{C}$)

- hőálló: illites és kaolinites

- Magyarország: hőálló csak hegységi és hegységperemi területeken

Magyarország agyagbányái 2.

Legújabb, archeometriai szempontú összeállítás: Babinszky Edit (nem publikált) → térkép: *Nyersanyag atlasz – nem érces őskori nyersanyagok Magyarországon és a környező területeken* (www.ace.hu/atlas)



Nemesagyag

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

helyben képződött (autochton)

hőálló (tűzálló)

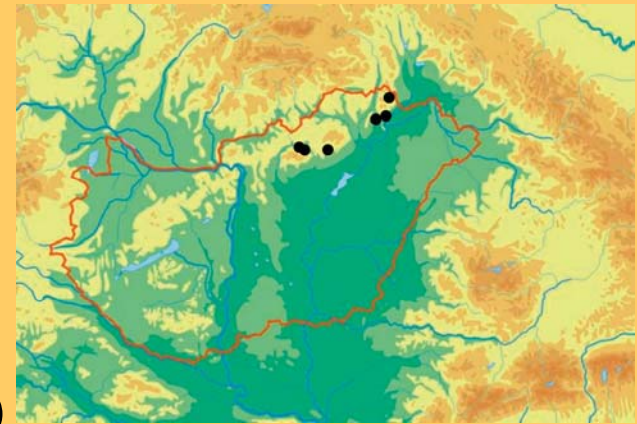
porcelángyártás

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

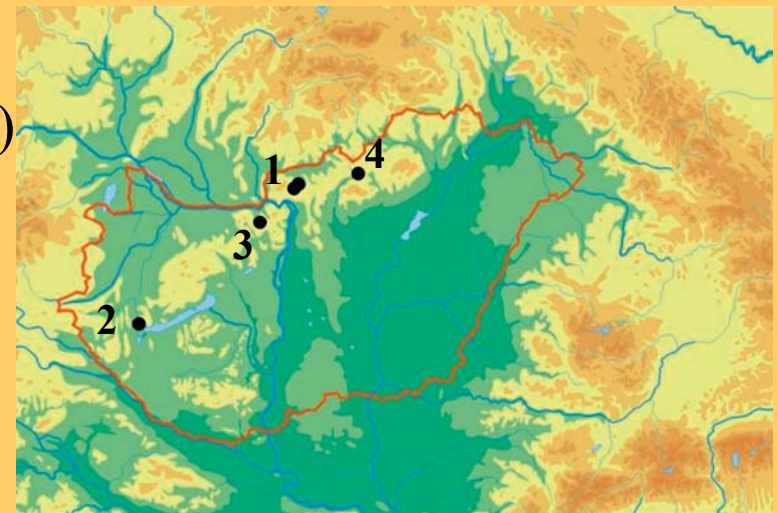
Jelenlegi/közelmúlt legfontosabbak:

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

Cserszegtomaj (Keszthelyi-hg.) (2)

Sárisáp (3)

Nemti (saválló agyag) (4)



Nem tűzálló agyag

Uralkodóan montmorillonitos agyagból áll

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

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

korsósok:

Mezőtúr

Szentes

Nádudvar

Mohács

Korond, stb.

tálalok:

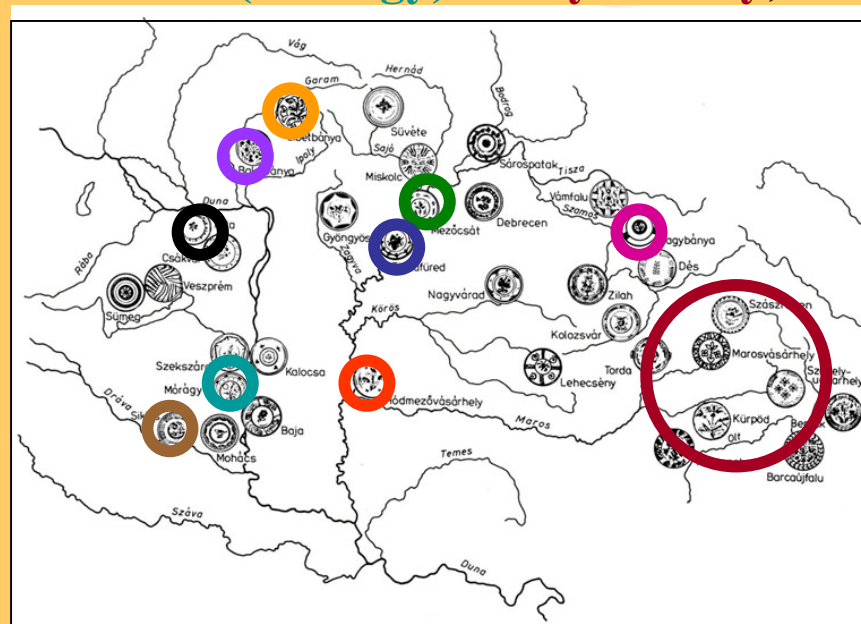
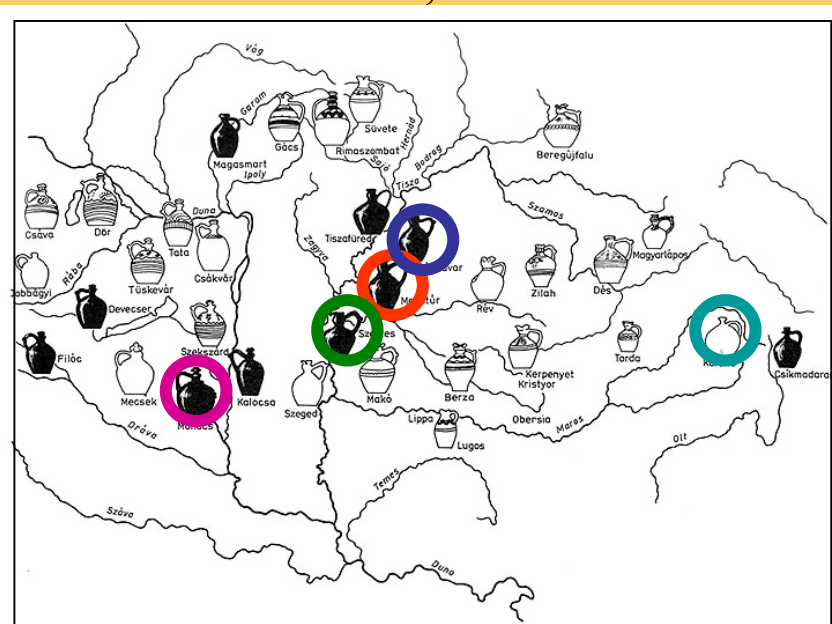
Hódmezővásárhely **Siklós**

Mezőcsát **Tata**

Tiszafüred **Libetbánya**

Nagybánya **Alsó Garam-völgy**

Sárcöz (Mórág) **Ny-Erdély, stb.**



Domokos 1988-2002

Nem plastikus 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)

Nem plastikus 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)

Gyártási módok

Házikerámia

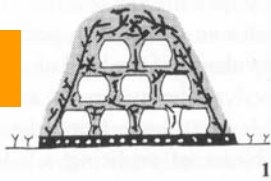
- Könnyen és helyben hozzáférhető nyersanyag
- Korlátozott lehetőségek a gyártáshoz
- Kézzel kialakított
- Szabadtéri kiégetés
- Nem fazekas készíti, „részfoglalkozásban”
- Saját vagy helyi használatra

Fazekasműhelyi vagy gyári kerámia

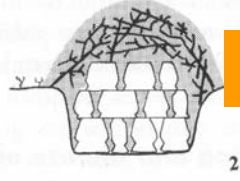
- ↔ A nyersanyag gondos kiválasztása
- ↔ Széles lehetőségek a gyártáshoz
- ↔ Korongolás
- ↔ Kemencés kiégetés
- ↔ Fazekas készíti, teljes munkaidőben
- ↔ Piacra készül

Kiégetés 1. - Kemencetípusok

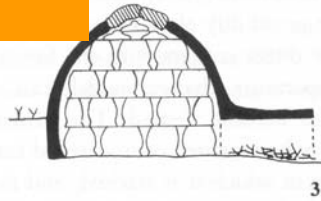
máglyaégetés



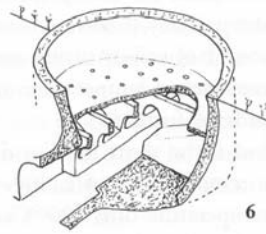
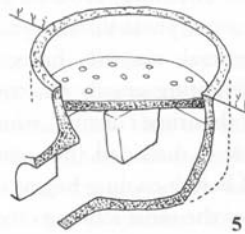
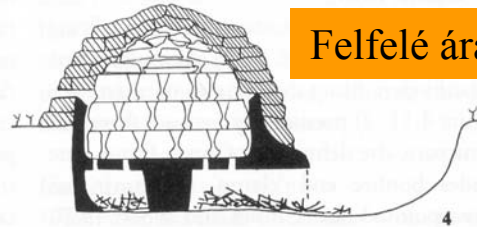
gödörégetés



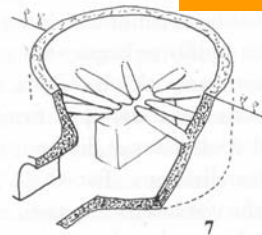
Szabályozatlan
áramlás



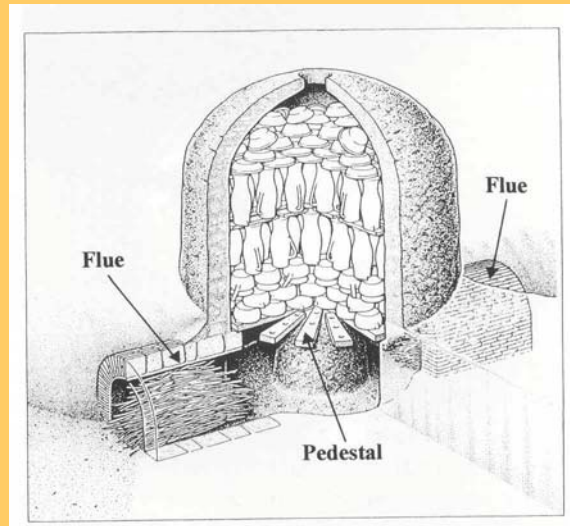
Felfelé áramló levegő



Római-kori kemencék



Középkori kemence



Kiégetés 2.

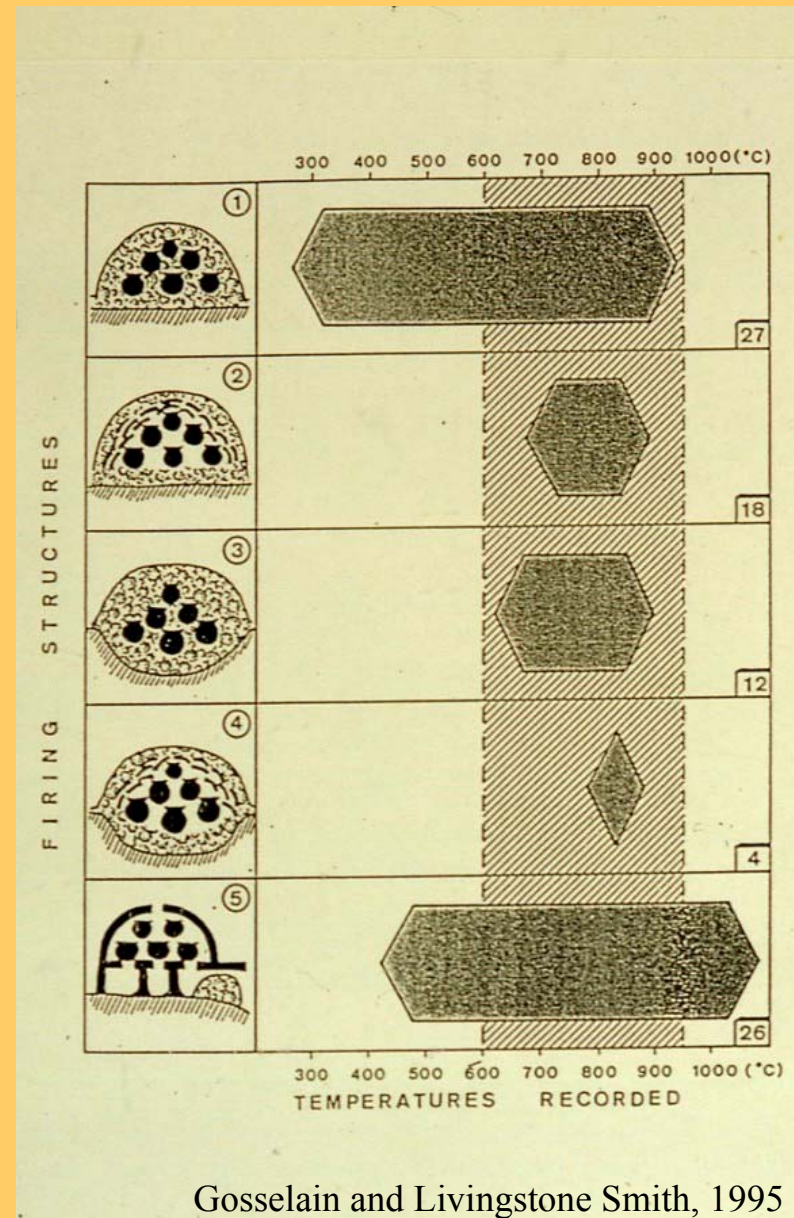
Szabadtéri égetés (máglyaégetés: 1, 2,
gödörégetés: 3, 4; a 2, 4, cserépborítással)

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

Kemenceégetés (5) – állandó minőség

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

oxidatív – redukív →
szín: vörös – fekete
(szendvicsszerkezet)



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

A polarizációs mikroszkópi vizsgálat

- Alapvető vizsgálati módszer: nem plasztikus elegyrészek, szövet

Mintaelőkészítés:

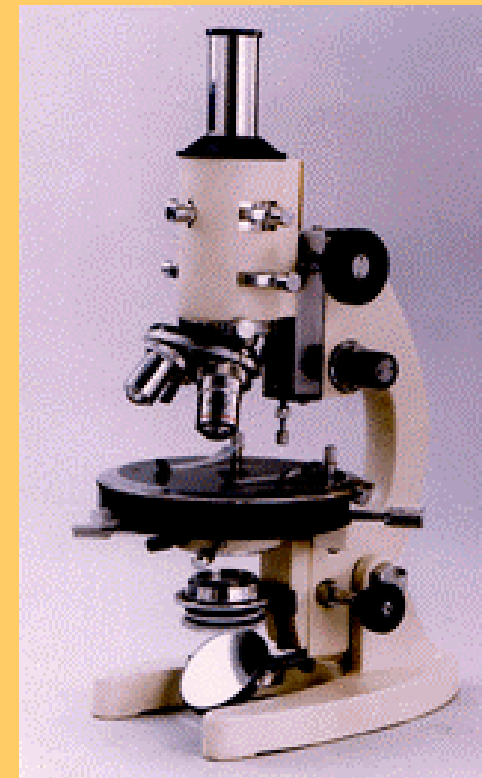
vágás – csiszolás → vékonycsiszolat



Vastagsága: 30 μm → áttetsző

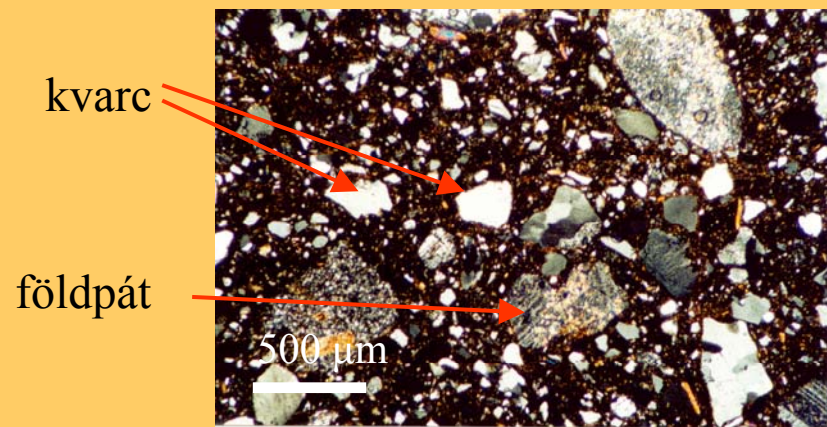
Roncsolásos vizsgálat!

Vizsgálati eszköz:
Polarizációs mikroszkóp

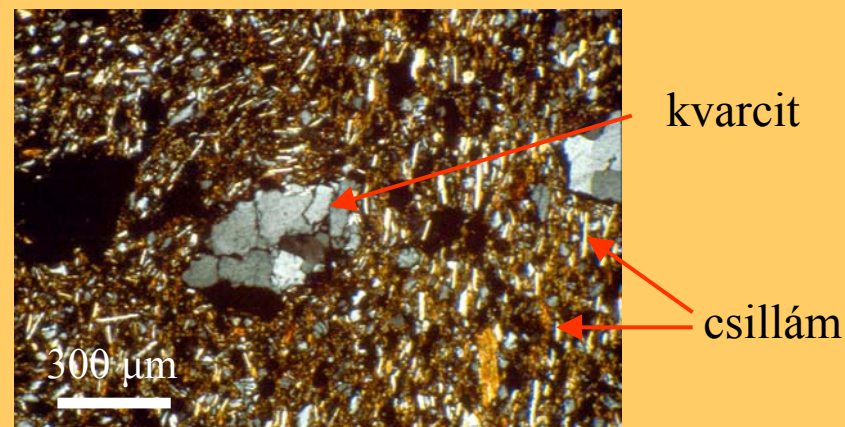


Nem plasztikus elegyrészek 1. Ásványtörmelékek

Gyakori elegyrészek:

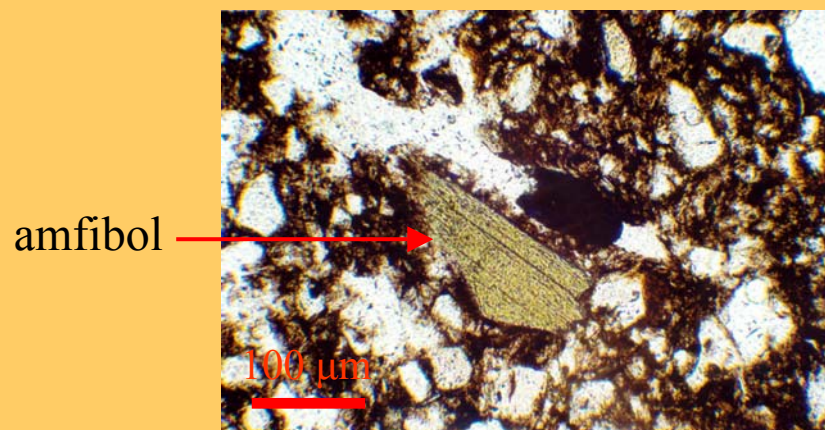


Szécsény, neolitikum- Zseliz kultúra

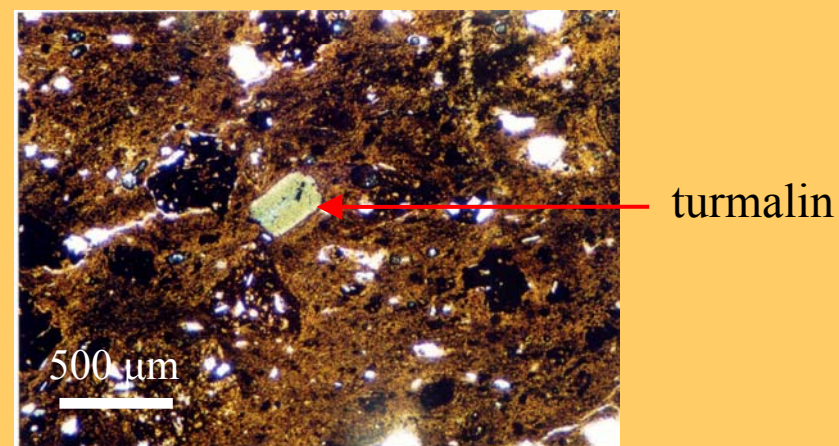


Szőny, Római kor

Ritka elegyrészek (akcesszóriák):



Szarvas, neolitikum – Körös kultúra



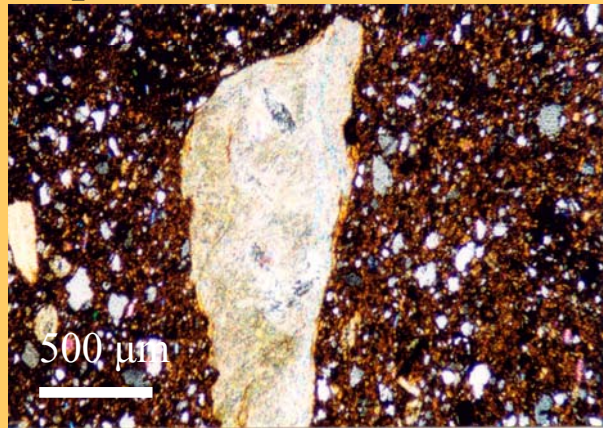
Vörs, neolitikum – Starčevo kultúra

Nem plasztikus elegyrészek 2.

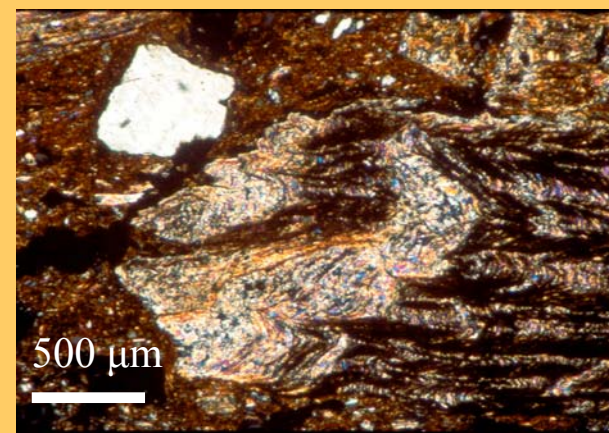
Kőzettörmelékek

Előfordulás: elsősorban durva kerámiákban

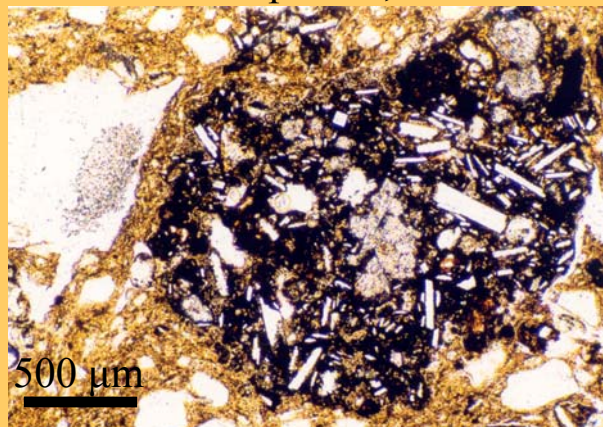
Talkpala - Vaskeresztes, vaskor



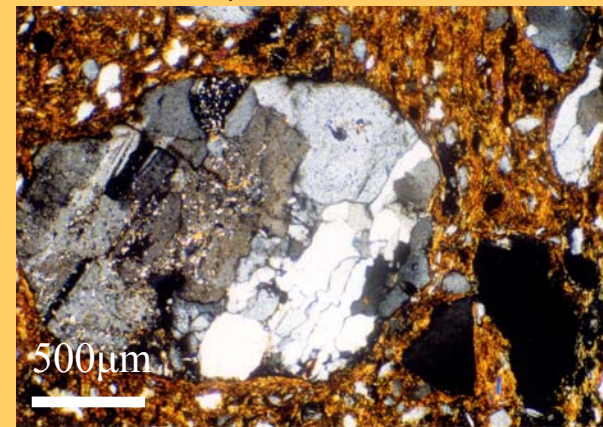
Fillit – Felsővadász, neolitikum, Bükki kultúra



Bazalt - Lovászpatona, vaskor

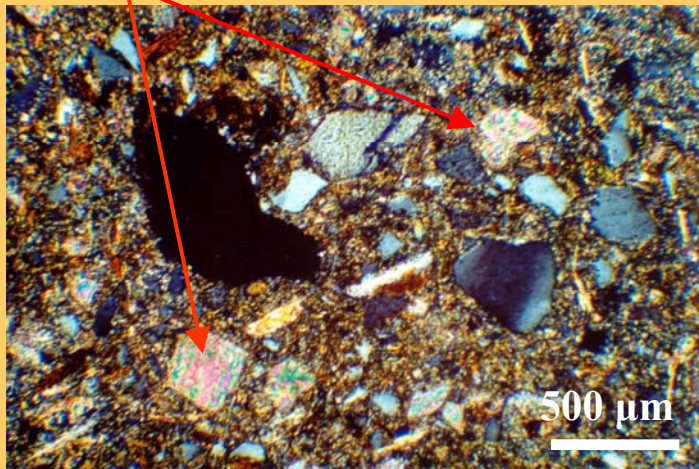


Gneisz – Sé, vaskor



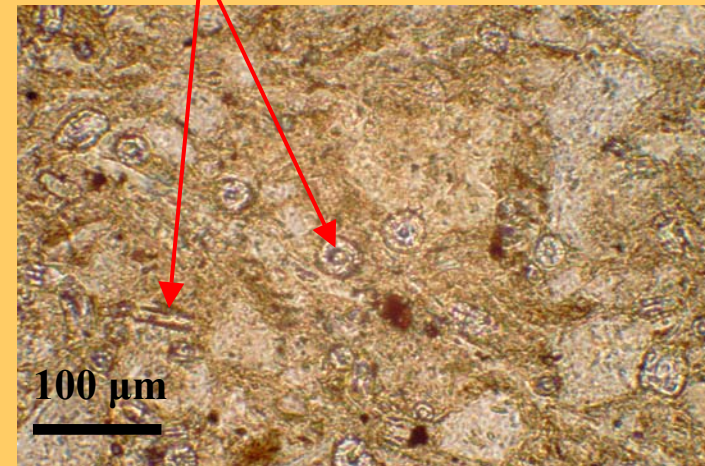
Nem plasztikus elegyrészek 3. Mészkö, kalcit, ősmaradványok

Elsődleges kalcit



Endrőd, Neolitikum - Körös-kultúra

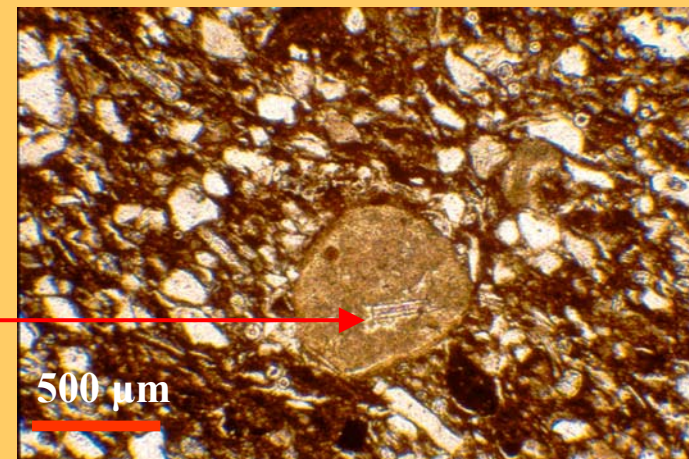
Kovaszivacstű



Bicske, neolitikum -Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

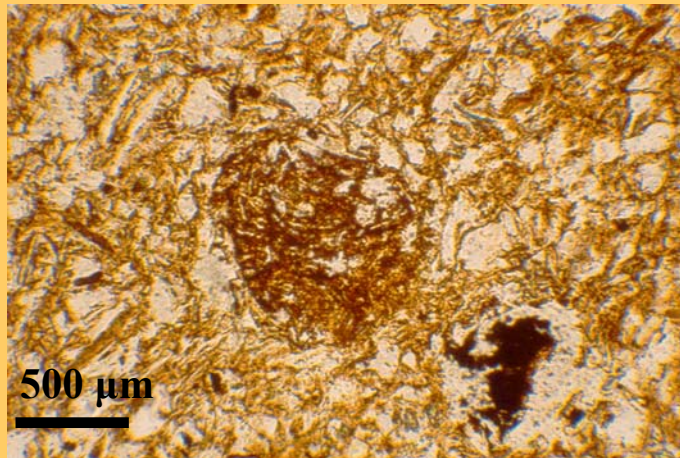
Kovaszivacstű mészköben

Bicske, neolitikum – Dunántúli
Vonaldíszes Kerámia



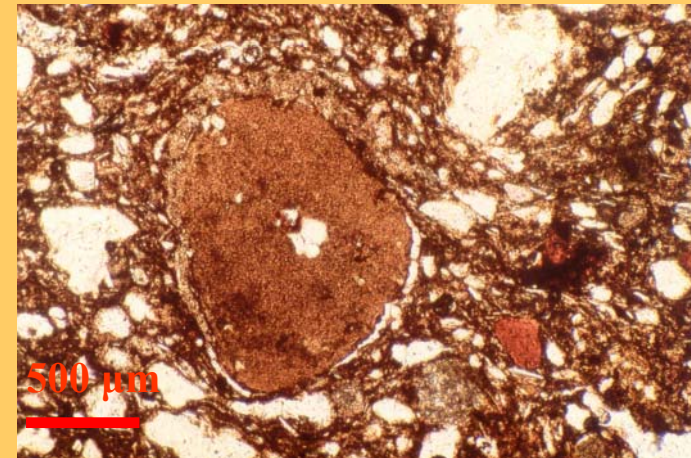
Nem plasztikus elegyrészek 4. Agyagközetek, tört kerámia

Agyagpellelet



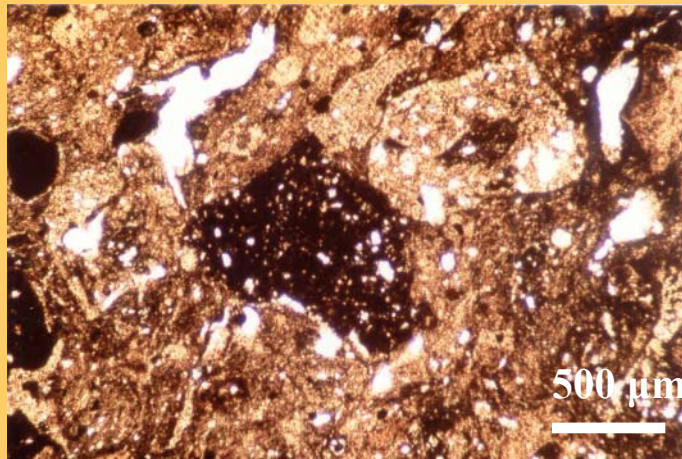
Szőny, Római-kor

Agyagos kőzettörmelék

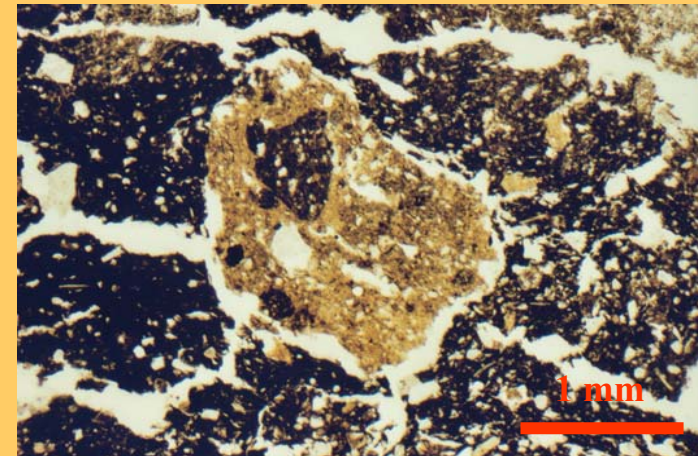


Felsővadász, bronzkor

Kerámia töredékek (grog)



Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra

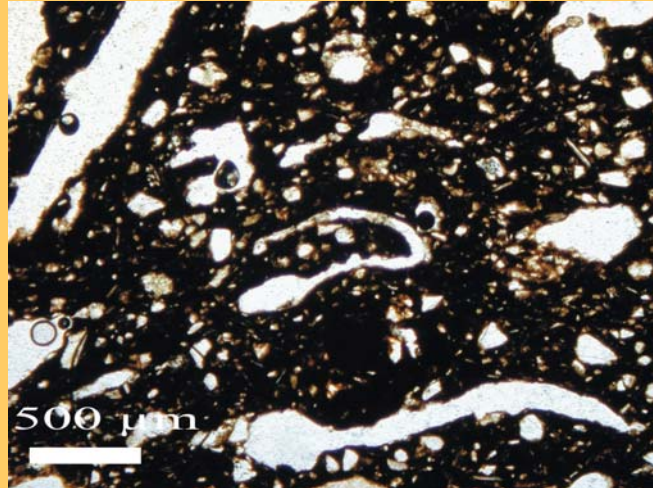


Százhalombatta, bronzkor, Nagyrev-kultúra (Kreiter A.)

Nem plasztikus elegyrészek 5.

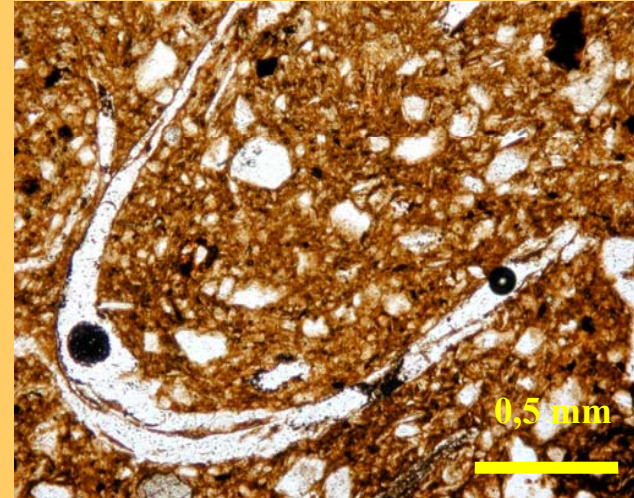
Szerves anyag

Szerves anyag



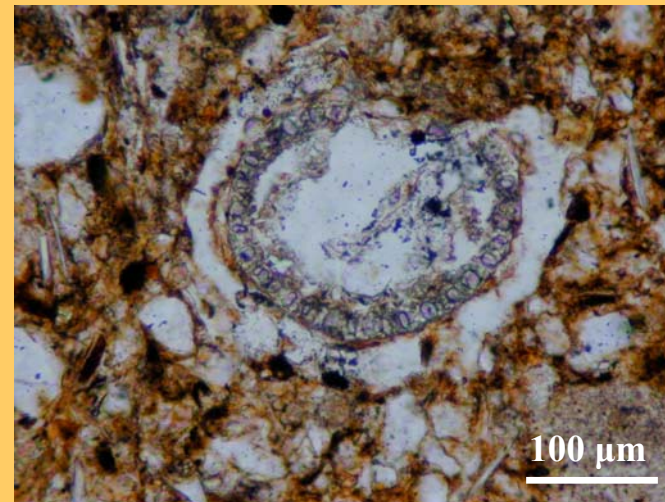
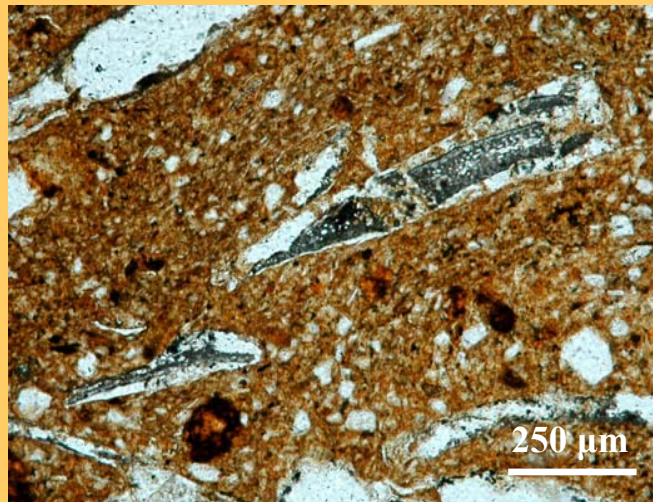
Vörs, neolitikum

Pelyva maradványa



Szarvas-23 kora neolitikum

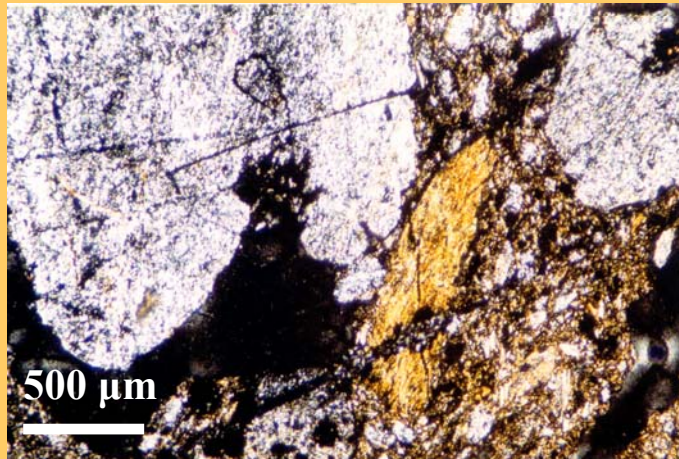
Fitolit – opál anyagú növénymaradványok



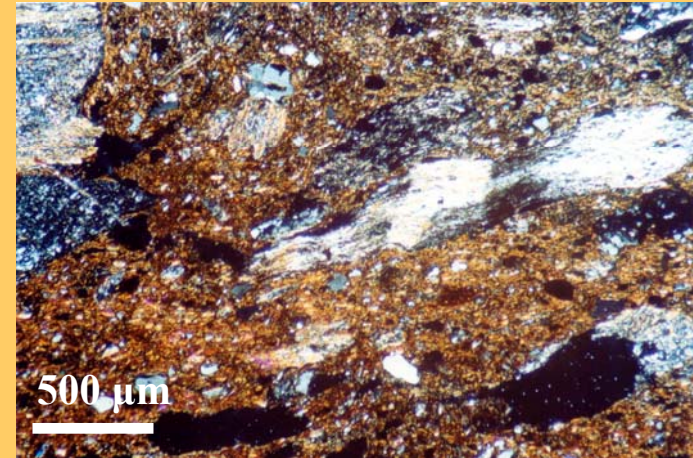
Nem plasztikus elegyrészek homogenitása

Monomikt törmelékanyag

– hegyvidéki helyi anyag



Vaskeresztes, vaskor



Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra

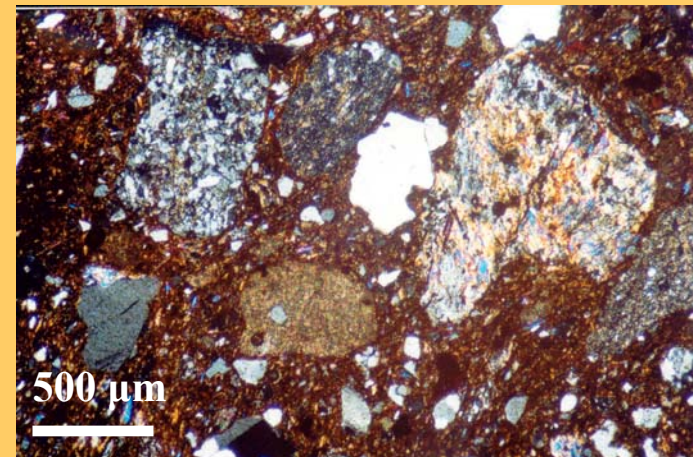
Polimikt törmelékanyag - nyersanyagkeveredés

- *Természetes eredetű*

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

- *Mesterséges keverés* - **soványítóanyag**

Soványítóanyag: helyi – nem helyi



Felsővadász, bronzkor

A soványítóanyag származásának azonosítási lehetőségei 1.

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

– főleg hegységi-hegységközeli területen.

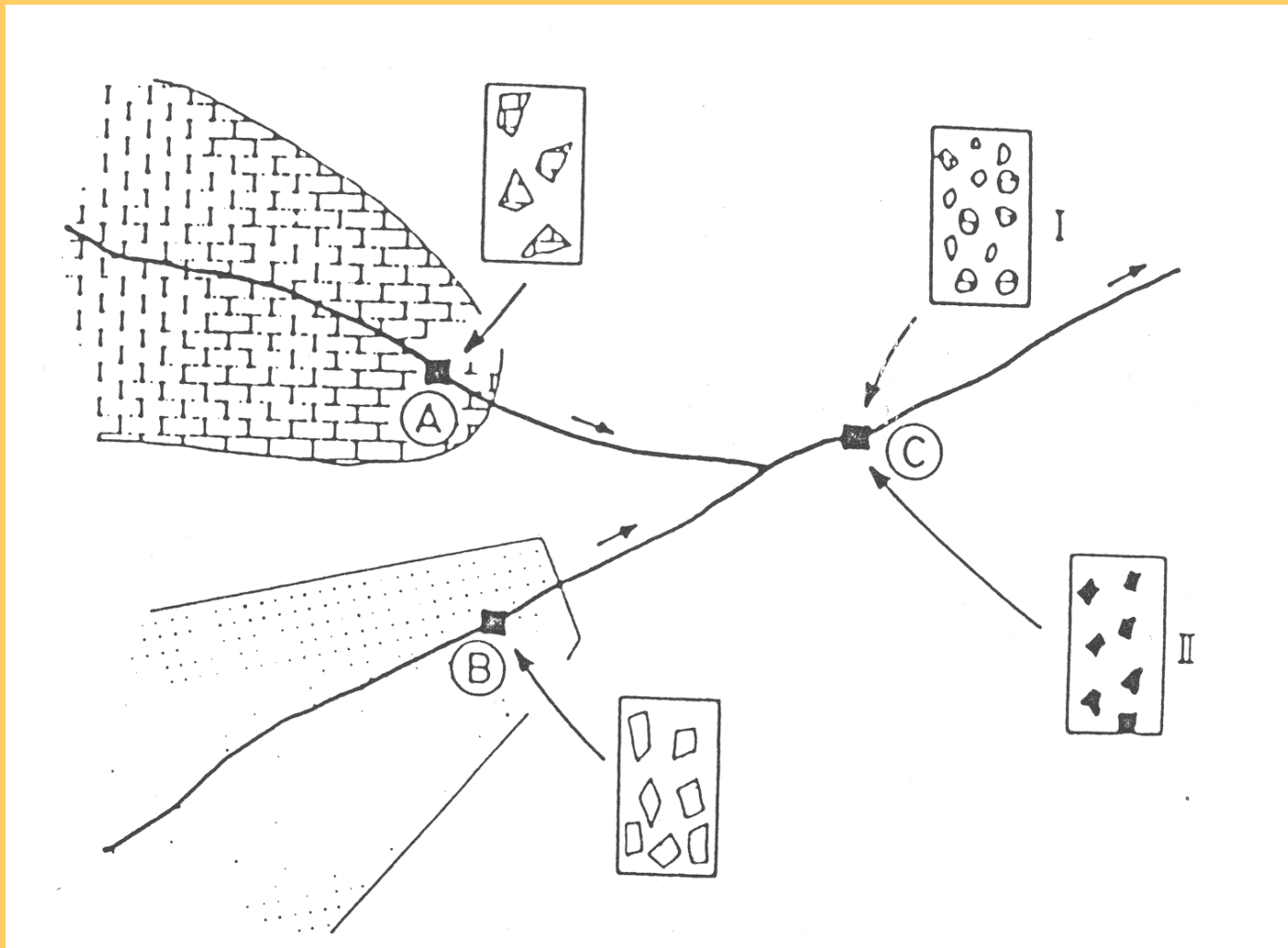
– általában **nagy mennyiségű** kerámiából

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

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

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

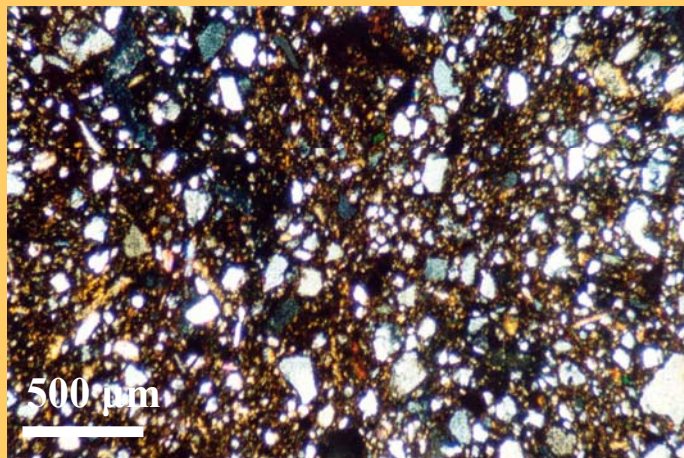
A soványítóanyag származásának azonosítási lehetőségei 2.



Maggetti (1994)

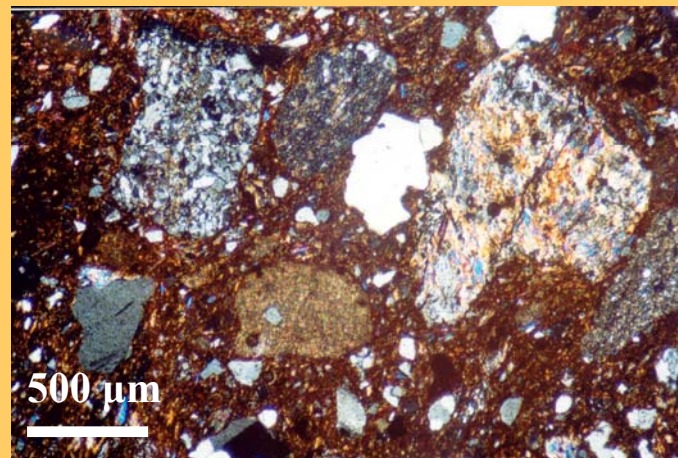
Szöveti vizsgálatok → technológia

Szeriális



Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

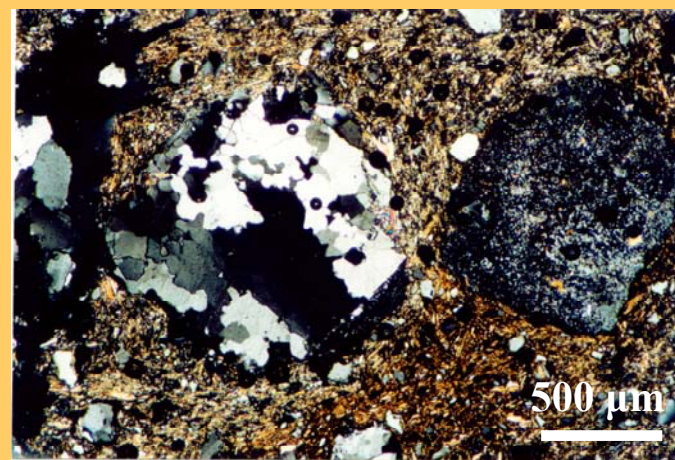
Hiátuszos



Felsővadász, bronzkor

Hiátuszos, koptatott elegyrészekkel

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



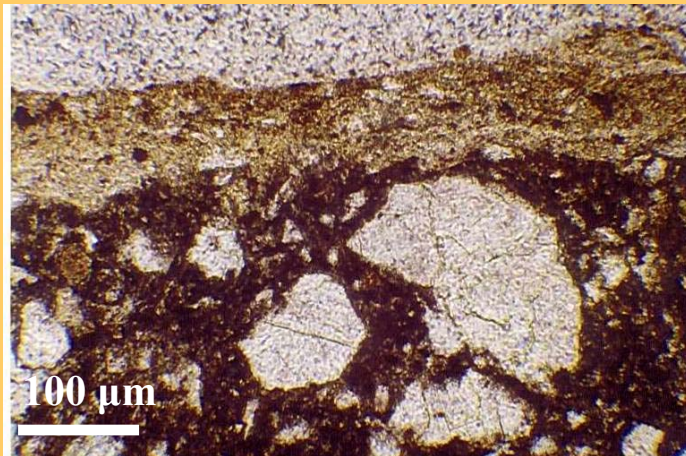
Szécsény, Neolitikum – Zseliz kultúra

Szegély

Slip – vékony agyagbevonat

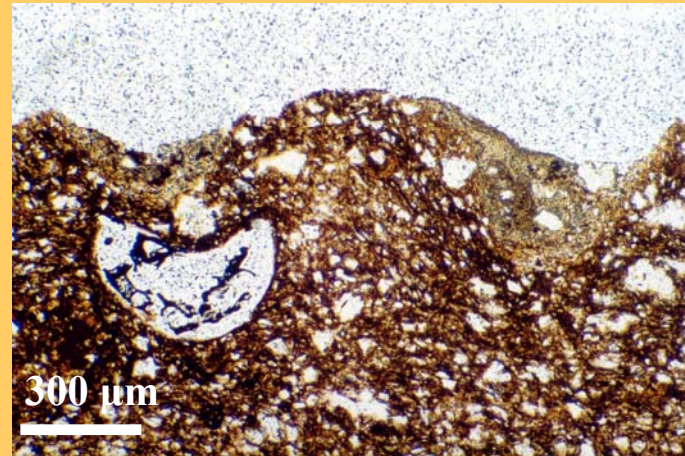
Engob – színes földfesték

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



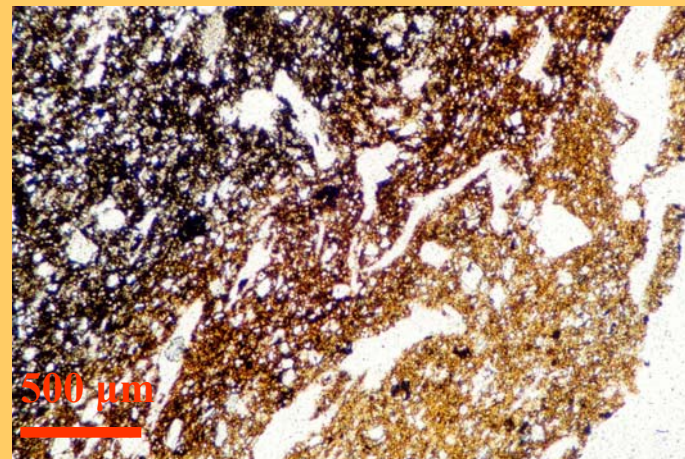
Felsővadász, Neolitikum – bükki kultúra

Karbonátos, finomszemcsés anyagú
szegély a bekarcolásokban



Felsővadász, Neolitikum – bükki kultúra

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



Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

Máz, festés

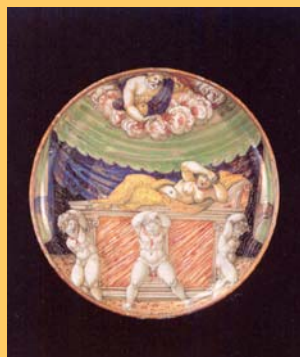
Technológia: többszörös égetés

Ólommáz – átlátszó + aláfestés

Ónmáz – átlátszatlan fedőmáz – majolika, fajansz (nálunk: habánok XVI-XVII. század) + fedőfestés díszítés



Habán korsó



Majolika – Iparművészeti Múzeum
(T. Bruder, 2005)

Szín, festék - mázzal egybeolvadó, abból kivált fém-oxidok

Fe: (*hematit, limonit*): sárga, barna, (zöld)

Mn: (*piroluzit*): sötétbarna, fekete, ibolya

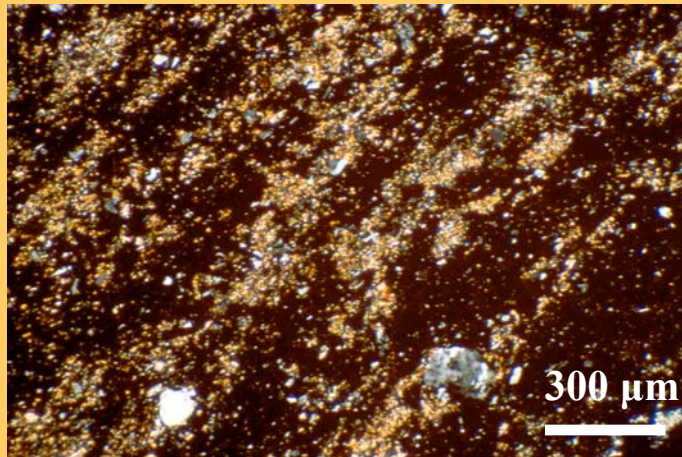
Co: kék

Cu: zöld, kék, (bíborvörös)

Cr: zöld, sárga

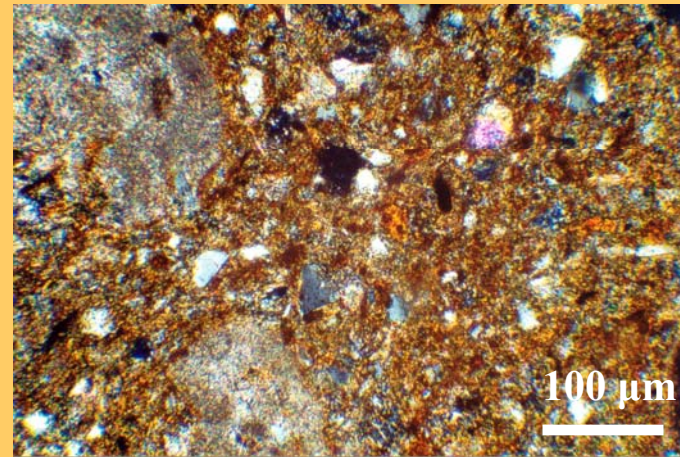
Utólagos átalakulás - használat, betemetődés

Karbonátos átítatás



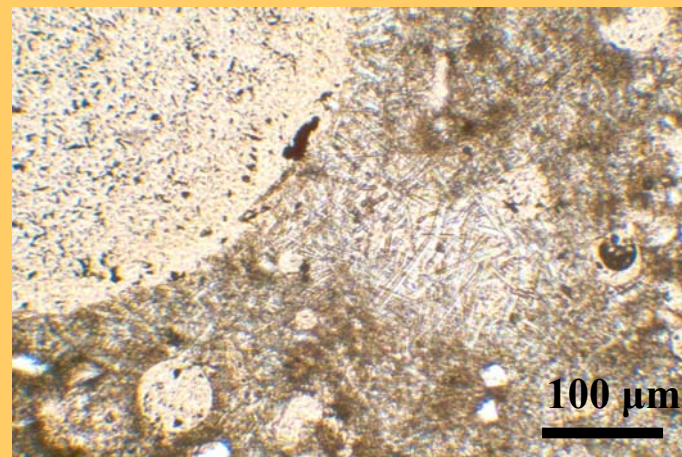
Szőny, Római-kor

Póruskitöltő karbonát + átítatódás



Endrőd, Neolitikum – Körös kultúra

Megolvadás



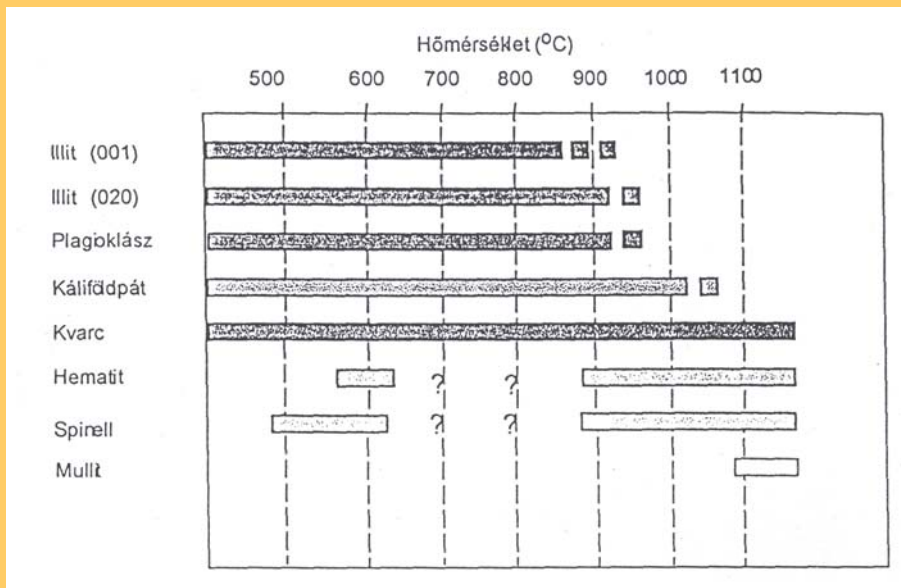
Bicske, Neolitikum, – Dunántúli
Vonaldíszes Kerámia

Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 1.

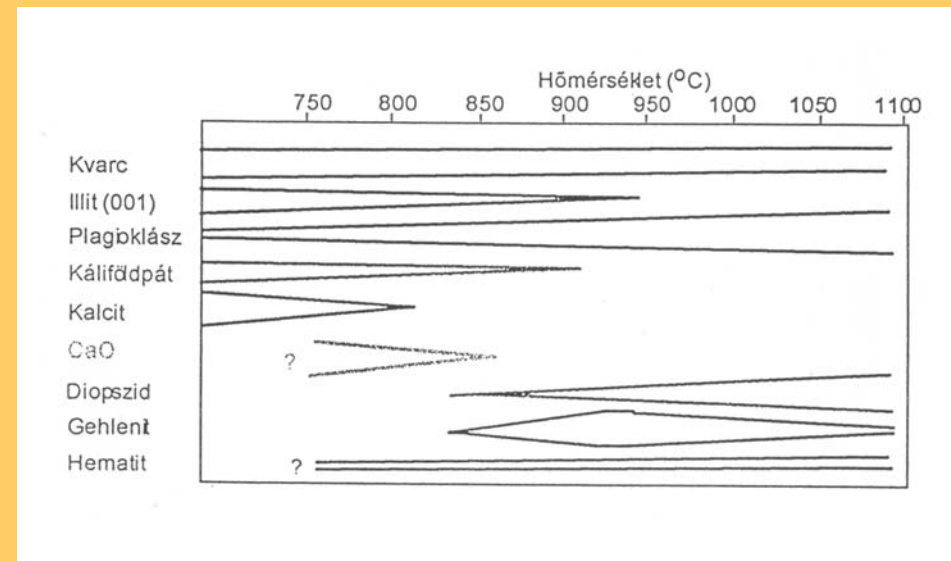
Alapvető vizsgálati módszer:

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

Illites, nem meszes agyag:

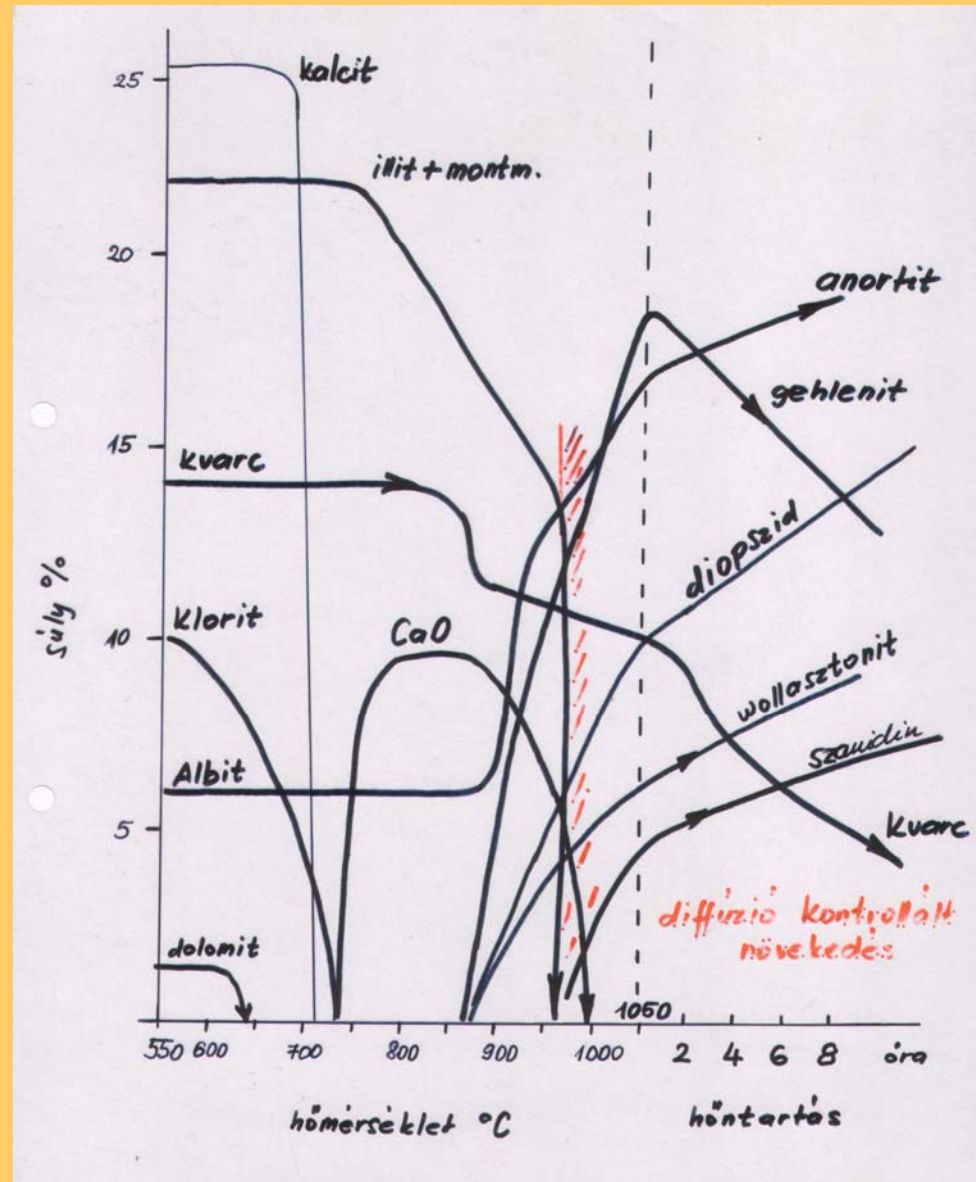


Illites, meszes agyag:



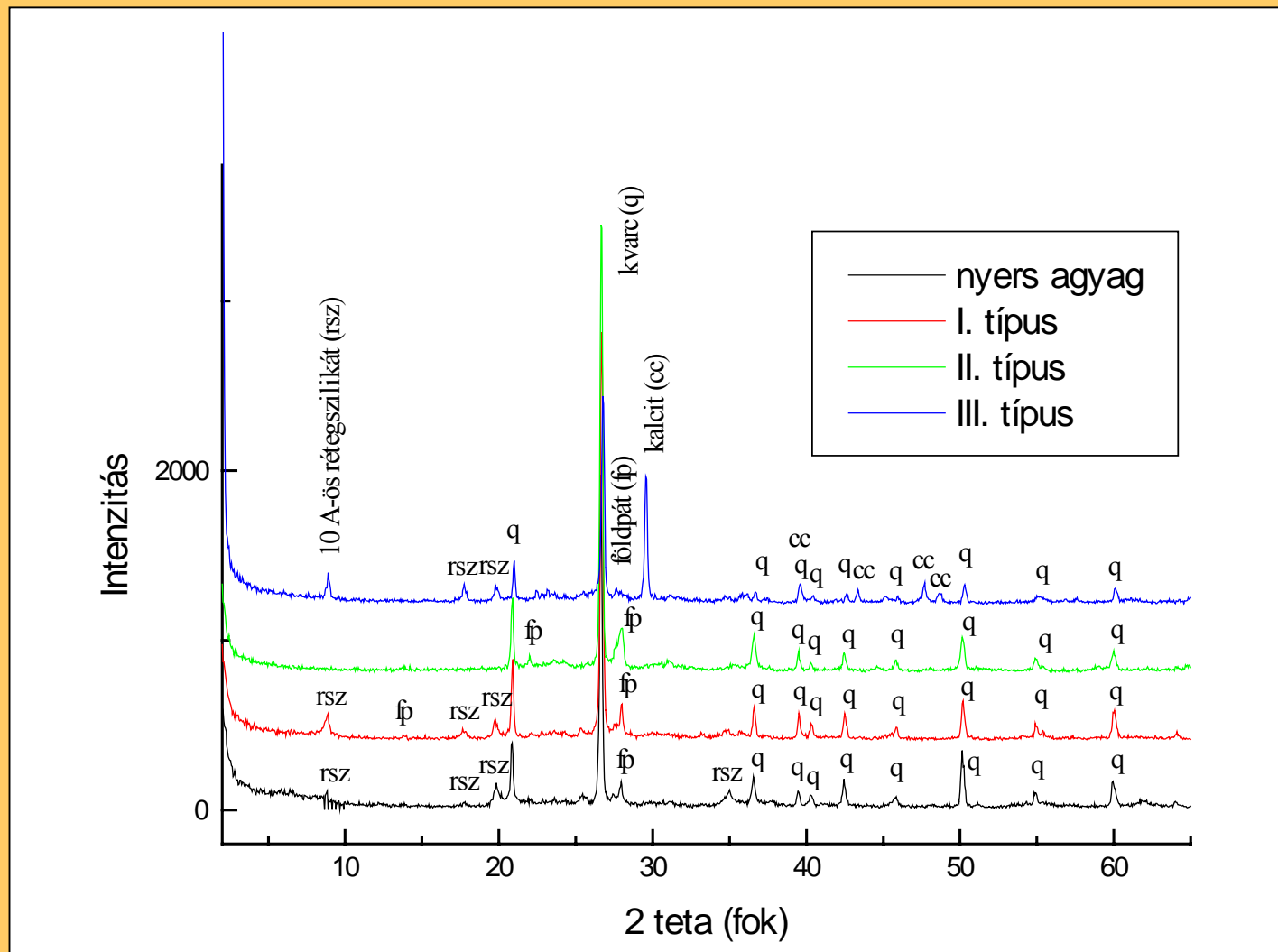
Maggetti, 1982

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

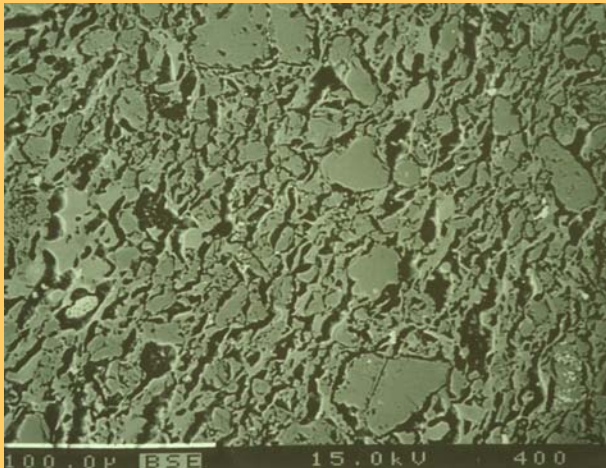
Kiégetési – hőntartási folyamatok nyomkövetése – anyag plasztikussá válásával kapcsolatos átrendeződés, üvegesedés → hőmérséklet becslése

Üvegesedés kezdete:

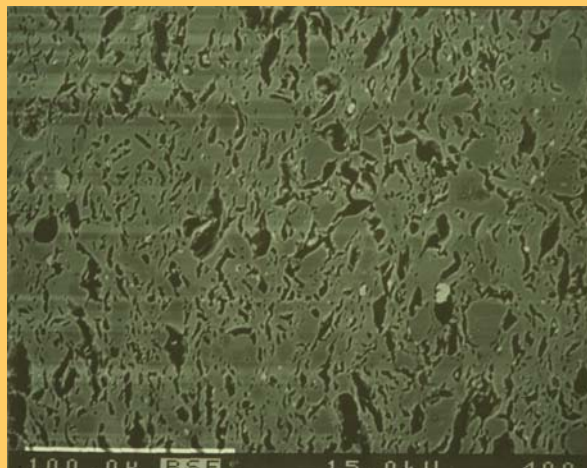
illites-montmorillonitos agyagok kerámiái: ~ 800-850 °C

kaolinites agyagok kerámiái: ~ 1000 °C

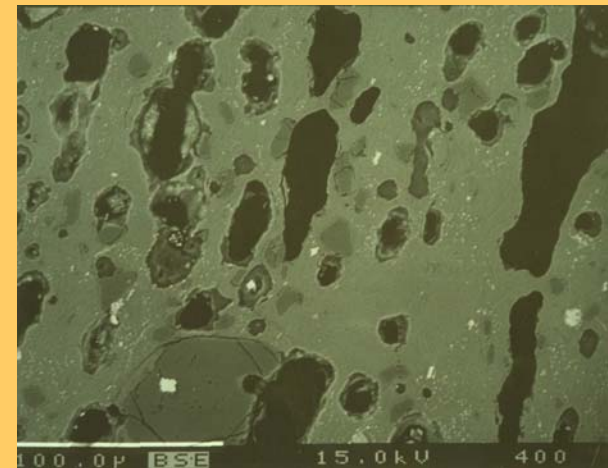
kezdődő üvegesedés



előrehaladott üvegesedés



kiterjedt üvegesedés



Tite nyomán

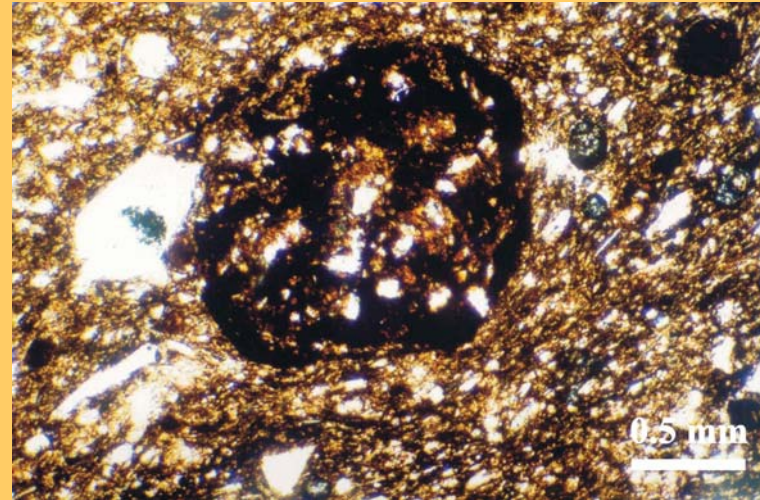
Scanning (SEM) és elektron-mikroszonda (EDX) példa: Fe-gazdag konkréciók 1.

Vizsgált minták

(Kora Neolitikum)

Szarvas - Körös kultúra

Vörs - Starčevo kultúra



Szarvas-23 A71/a/1

Méret: 1-2 mm – 1,5 cm

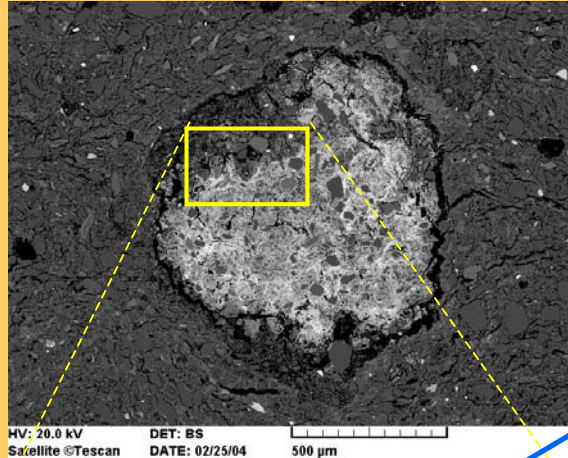
Szín: fekete – sötétbarna

Alak: gömbölyded

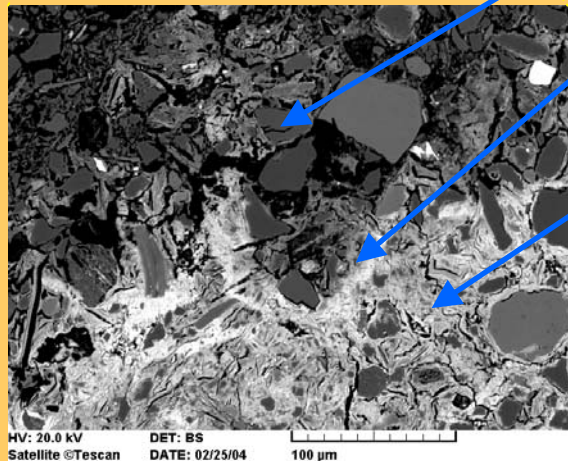
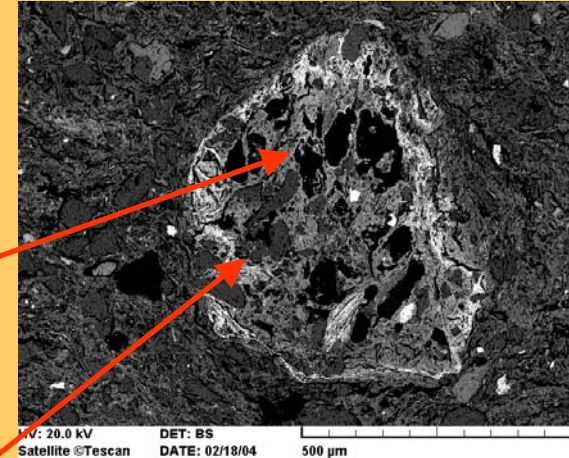
Egyéb: benne apró – elsősorban
kvarc - szemcsék

Fe-gazdag konkréciók 2.

Körös kultúra – Szarvas-23



Starčevo kultúra - Vörs



kevés Fe

nagyon sok Fe

sok Fe

	Starčevo		Körös		határ
	sötét	világos	sötét	világos	
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

**A kerámiák archeometriai vizsgálatának további lehetőségei – Borsod példája
(Szilágyi V. 2004)**

Kiégetési hőmérséklet becslése – túlégetett kerámiák példája
(SEM+EMPA)

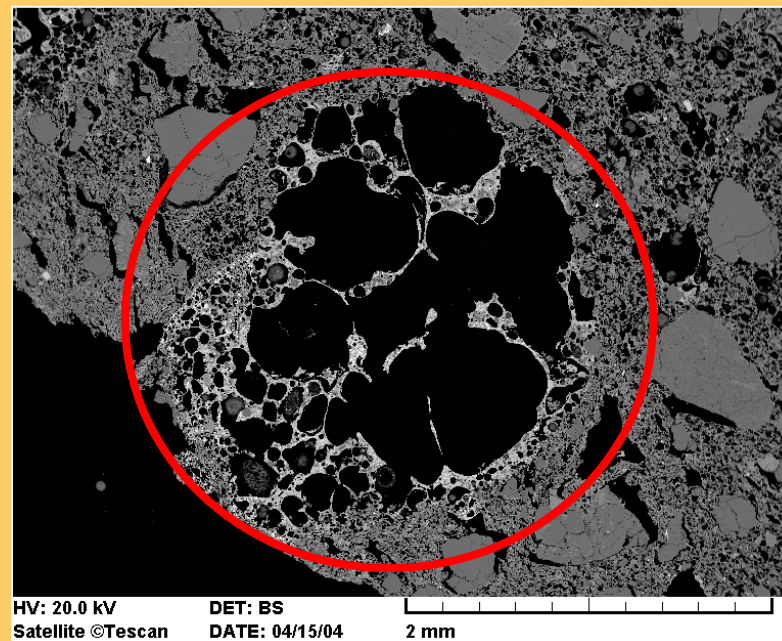
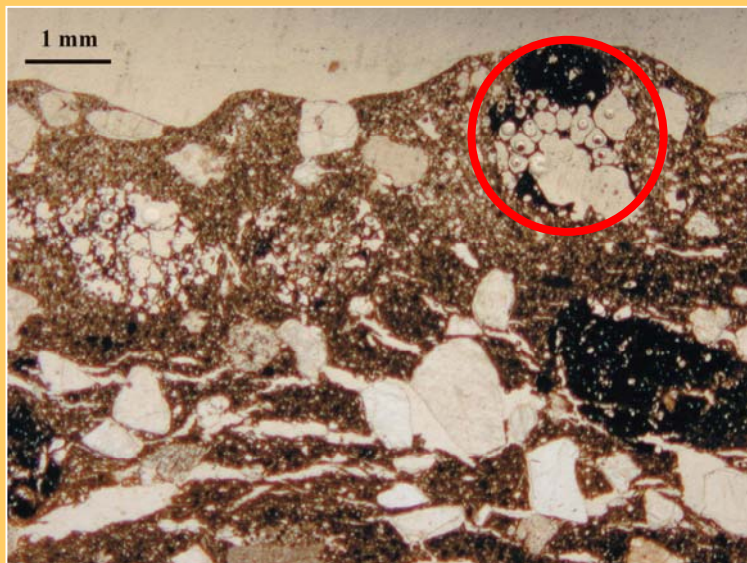
A régészeti bizonyítékok szerint **a falu
leégett.**

A kerámia leletanyagban **deformálódott,
felhólyagosodott felszínű töredékek**
találhatók.

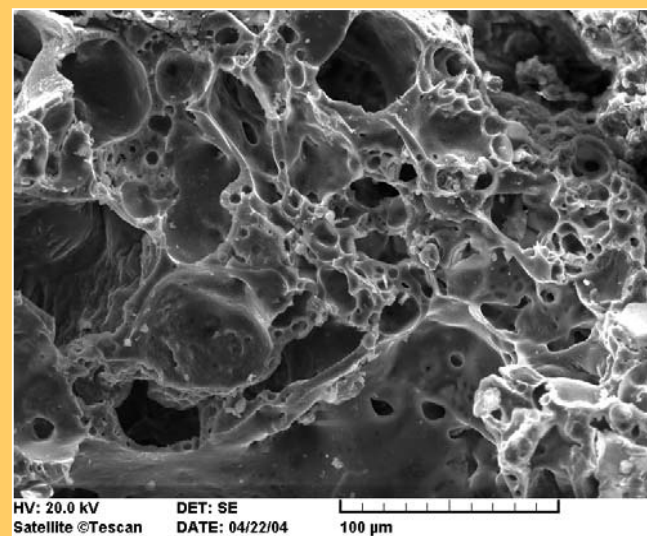


A kerámiák archeometriai vizsgálatának további lehetőségei – Borsod példája

Kiégetési hőmérséklet becslése – túlégetett kerámiák példája (SEM+EMPA)

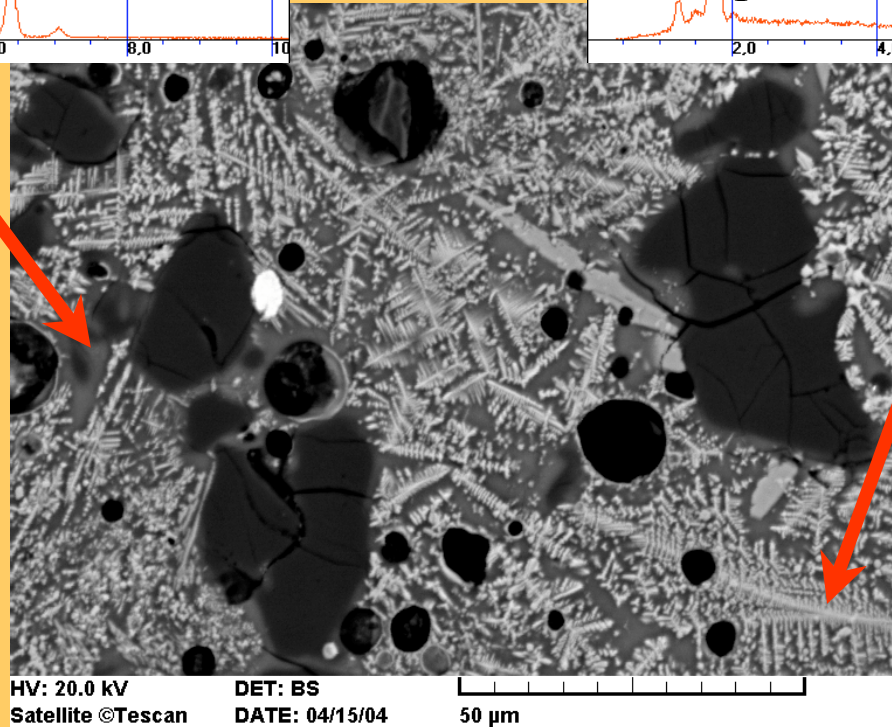
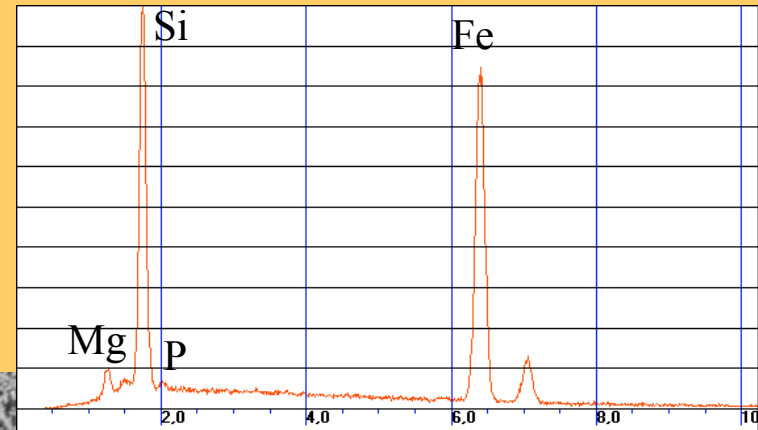
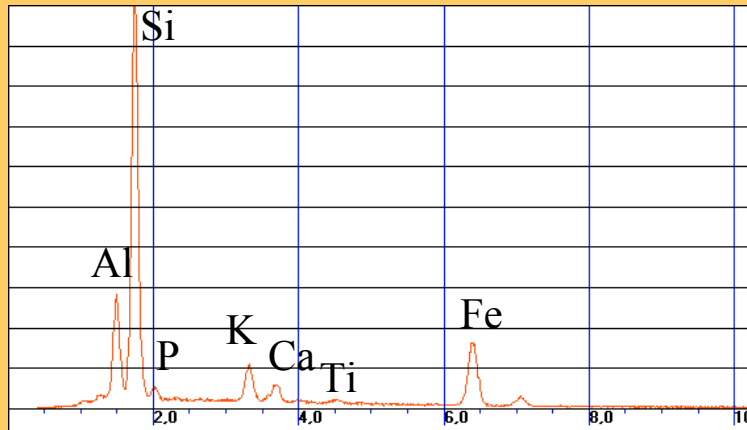


- Salakszerű felhólyagosodás, amelynek megolvadt íves, karéjos szegélyei kőzetüvegből állnak.
- A pórusok szövete megolvadt, homogenizálódott; “kelő nyers tésztához” hasonlít.



A kerámiák archeometriai vizsgálatának további lehetőségei – Borsod példája

Kiégetési hőmérséklet becslése – túlégetett kerámiák példája
(SEM+EMPA)



üveges fázis

oxid	tömeg%
Na ₂ O	1,88
MgO	1,48
Al ₂ O ₃	16,86
SiO ₂	52,93
P ₂ O ₅	2,52
K ₂ O	3,11
CaO	1,77
TiO ₂	0,80
FeO	18,65
TOTAL	100,00

vázkristályok

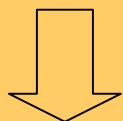
oxid	tömeg%
MgO	5,24
Al ₂ O ₃	2,02
SiO ₂	34,42
FeO	57,29
TOTAL	98,97

gyors lehűlés

A kerámiák archeometriai vizsgálatának további lehetőségei – Borsod példája

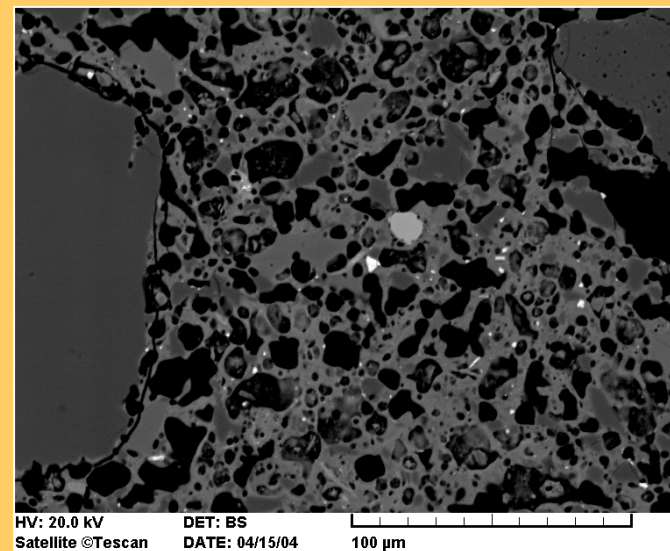
Kiégési hőmérséklet becslése – túléggett kerámiák példája
(SEM+EMPA)

A pórusoktól távolabb a kerámiák szövetében is elváltozás tapasztalható:
- részlegesen homogenizálódott,
- összeolvadt szemcsék és pórusok,
- az eredeti szöveti irányítottság eltűnt.



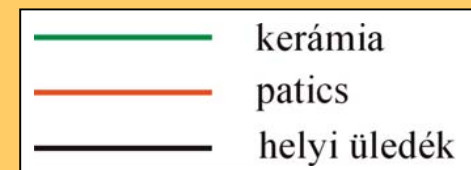
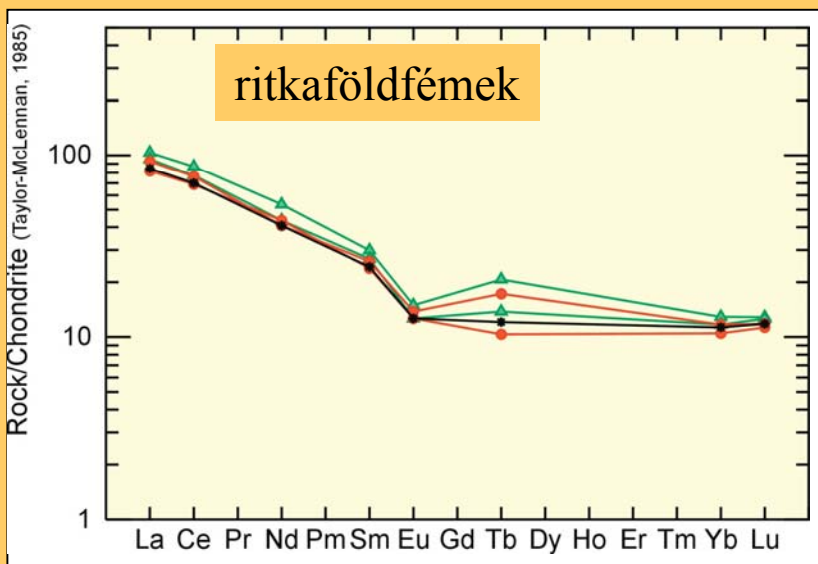
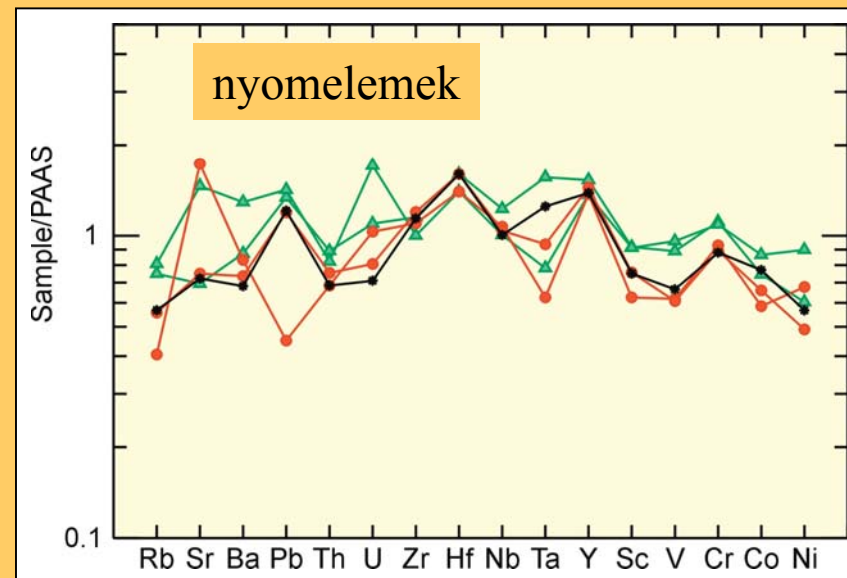
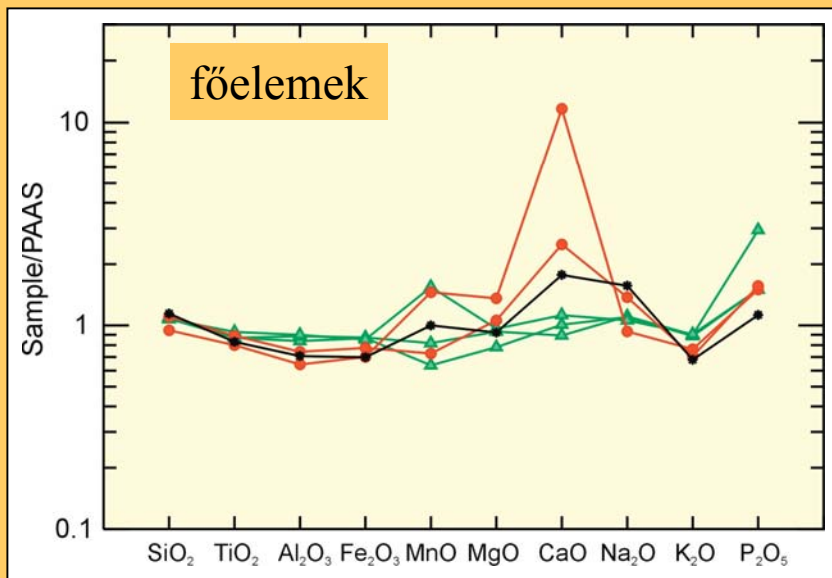
Min. 900-1000 °C

(Cultrone et al., 2001;
Tite et al., 1982)



Geokémia

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, hőntartási körülmények rekonstrukciója**

Hátrány

- magas költség
- utólagos oxidációs-redukciós folyamatok zavaró hatása

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 kerámialeletek 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** nyomkövetésére 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.