



**Kötőanyagok-habarcscok a mikroszkóp
alatt: mit, mivel, miért?**

Dr. rer. nat. Pintér Farkas

B D A BUNDESDENKMALAMT

200 µm

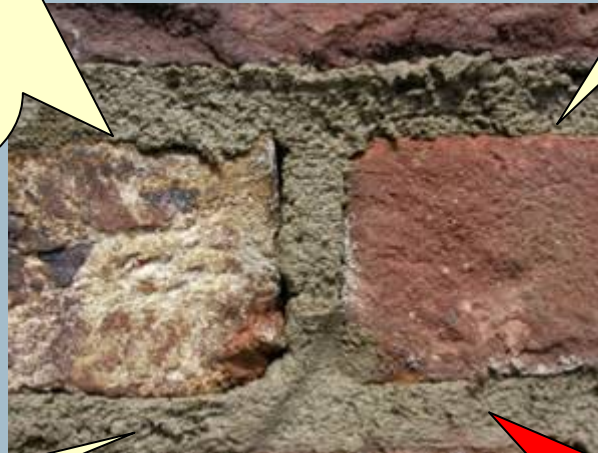
Habarcrendszer - vizsgálati módszerek

Fizikai módszerek

- nyomó-, húzószilárdság
- porozitás (Hg-penetrációs porozimetria)
- vízfelvétel, -leadás, páradiffúzió
- szemcseméret-eloszlás

Fázisanalízis

- XRD
- termogravimetria (TGA/DTG)
- FTIR



Kémiai

- nedveskémiai analízis, XRF, AAS, ICP-MS, stb.

Optikai

- fénymikroszkópia (POL, BF-DF, UV, CL)
- elektronmikroszkópia (SEM, TEM)

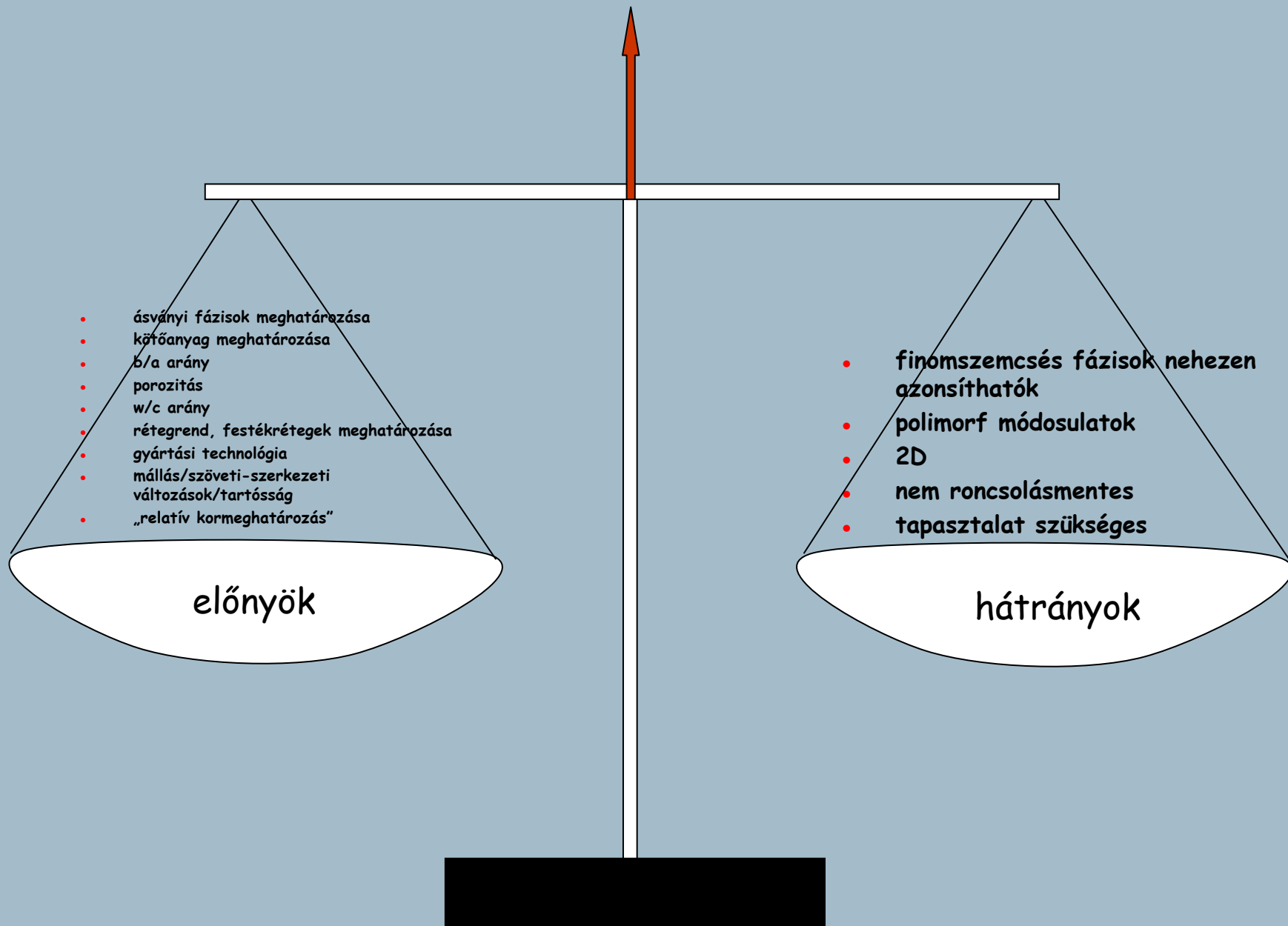
Miért éppen polarizációs mikroszkópia?

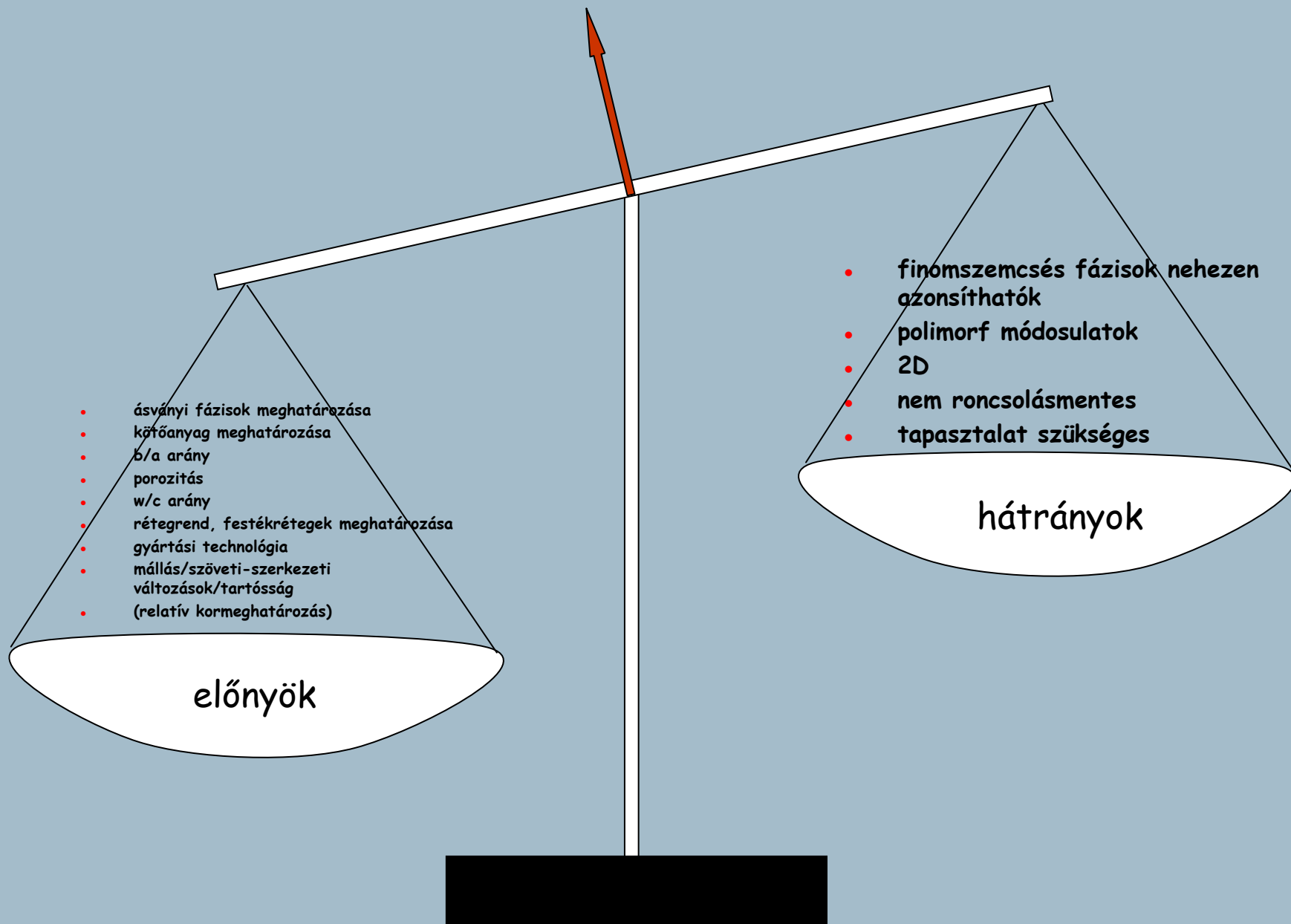


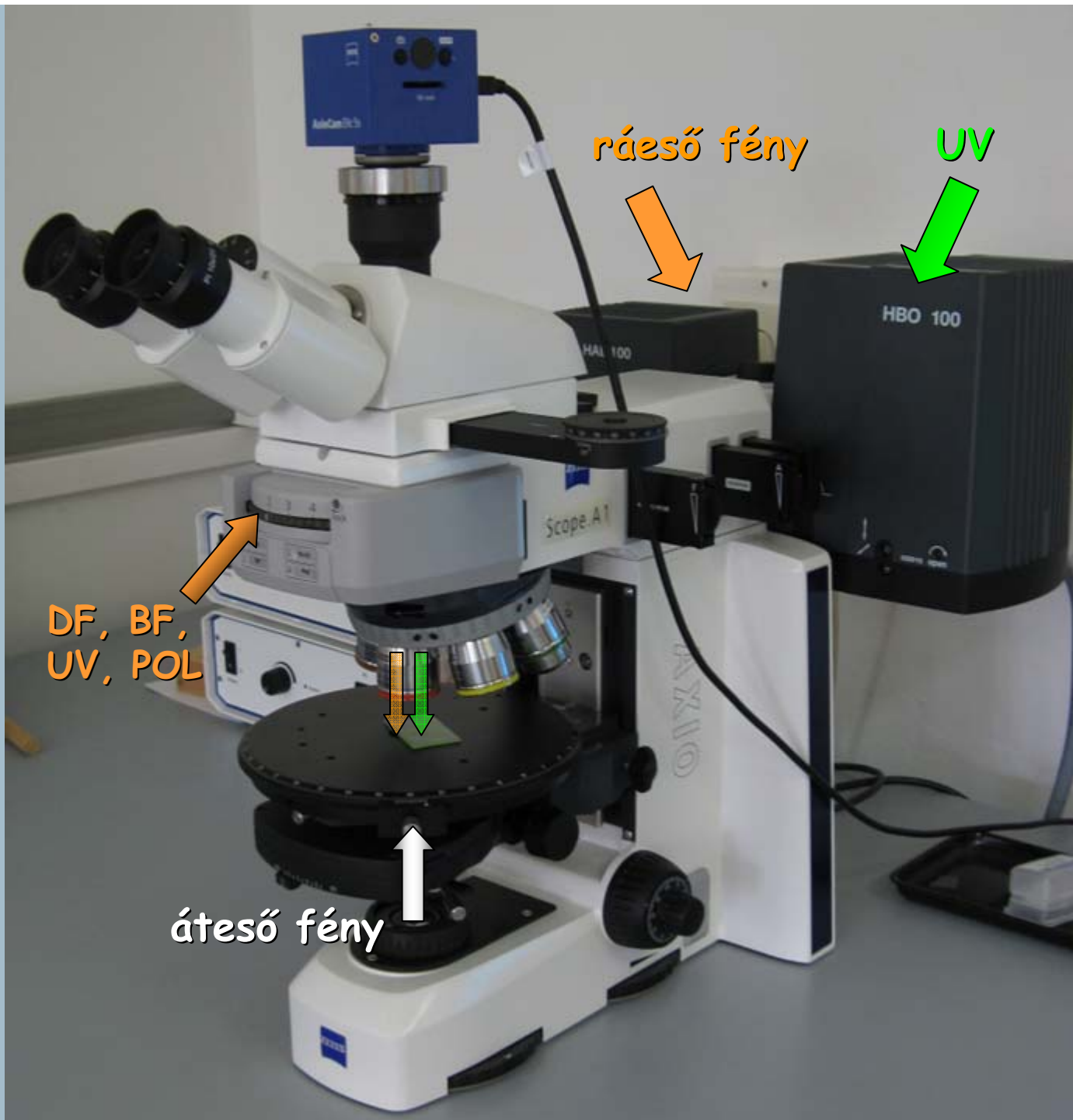
A szöveti-szerkezeti és összetételbeli tulajdonságok egyidejű vizsgálati lehetősége



- ásványi fázisok meghatározása (adalékanyag, adalékok, klinker, stb.)
- kötőanyag meghatározása (mész, gipsz, hidraulikus, stb.)
- b/a arány (képanalízis)
- porozitás
- w/c arány (POL-UV-mikroszkópia)
- rétegrend, festékrétegek meghatározása
- gyártási technológia
- mállás/szöveti-szerkezeti változások/tartósság (karbonátosodás, gipszesedés, ASR, DEF, stb.)
- „relatív kormeghatározás”
- további vizsgálatok (XRD, SEM-EDS) előkészítése
- költséghatékony







Mikroszkópos vizsgálati módszerek habarcsok tanulmányozására

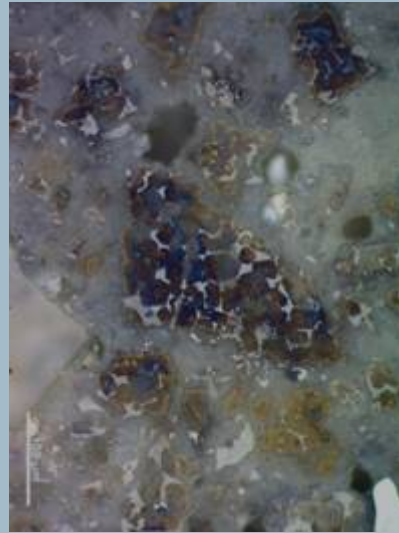
1. ráeső fény

polírozott felületi
csiszolat



1a. nem polarizált
fény, sötét
látótér

1b. polarizált
fény



2. áteső fény

(polírozott)
vékonycsiszolat



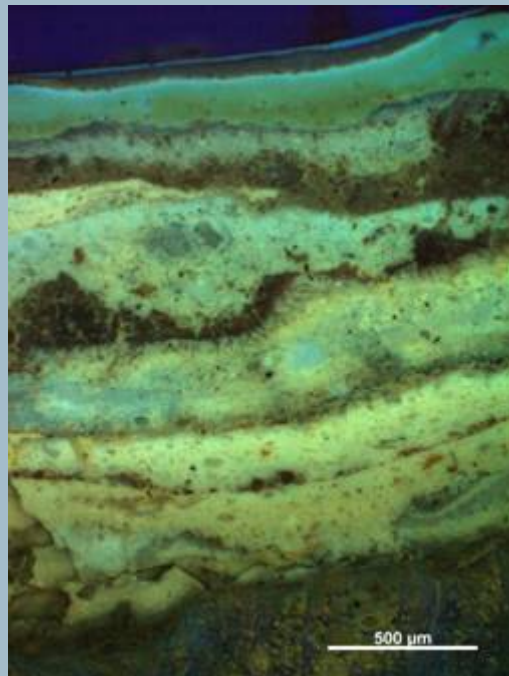
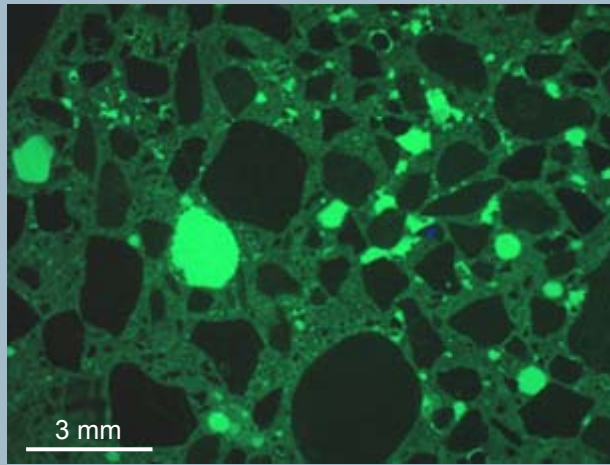
2a. nem polarizált
fény, sötét látótér

2b. polarizált
fény

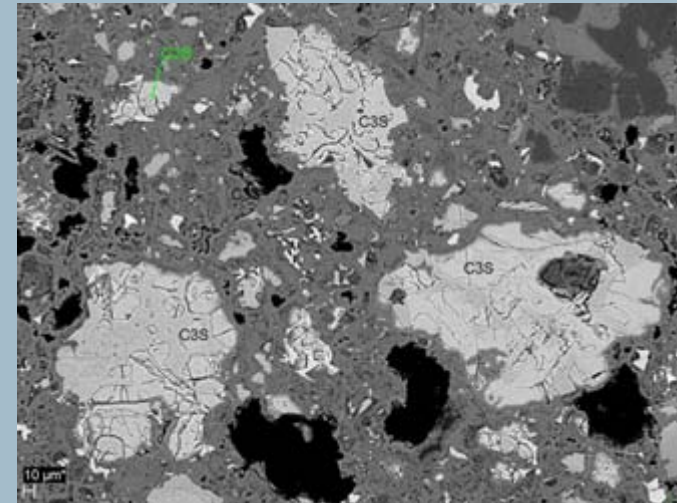


Egyéb mikroszkópos módszerek habarcsok tanulmányozására

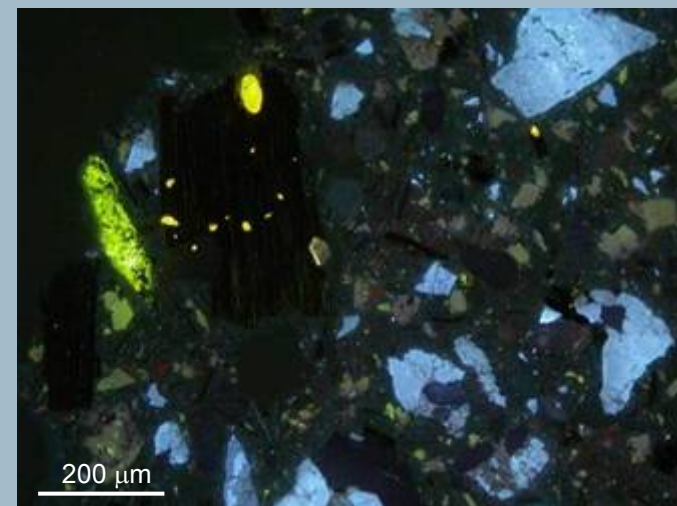
3. POL-UV



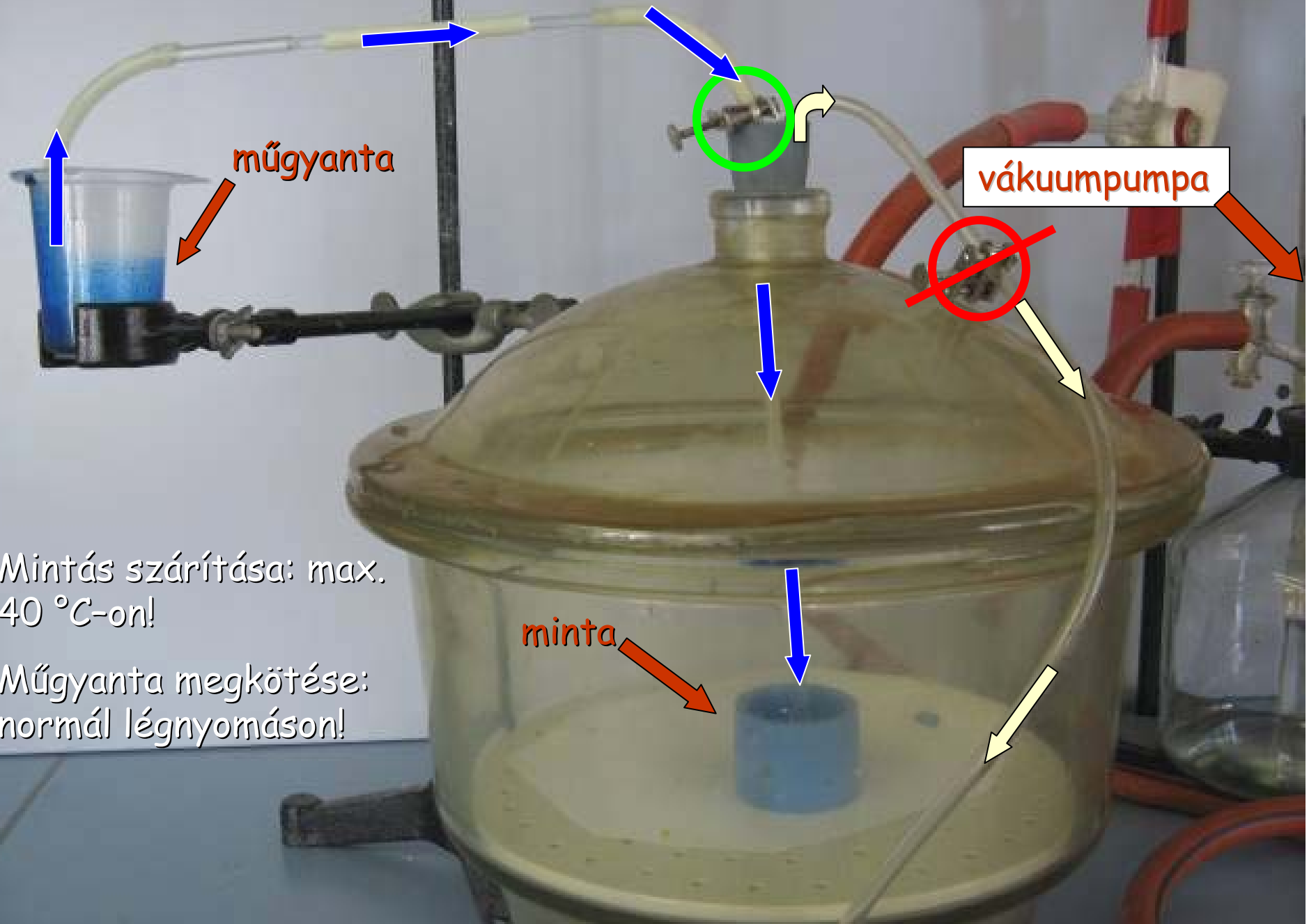
4. SEM-EDS



5. CL



Mintaelőkészítés - vákuumimpregnálás



műgyanta

vákuumpumpa

Mintás szárítása: max.
40 °C-on!

Műgyanta megkötése:
normál légnyomáson!

minta

Vékonycsiszolatok készítése

1. beágyazás (Araldit 2020 kék vagy UV lumineszkáló pigmenttel), vágás, csiszolás



2. (légpórusok utánöntése színezet műgyantával, csiszolás), felragasztás tárgylemezre



3. vágás-csiszolás (H₂O, olaj, etanol, stb.)
végső vastagság: 20–30 μm

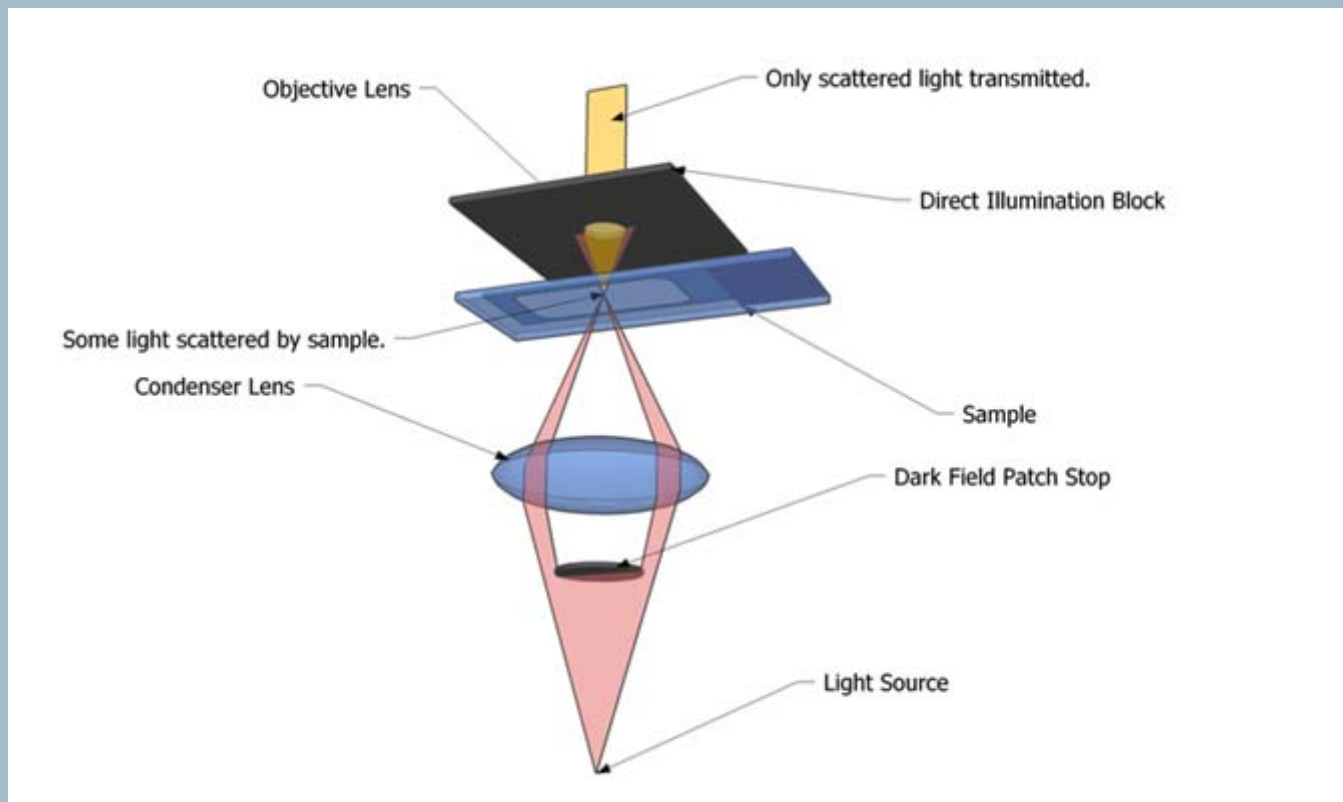


4. polírozás vagy lefedés



1a. Ráeső, nem polarizált fényben és sötét látótérben (DF-dark field) történő megfigyelések

Sötét látótér: a mintát olyan fényel világítjuk meg, amelyet az objektív lencse nem gyűjt be és ezáltal a képképzésben sem vesz részt -> kontraszt fokozása (= világos minták sötét háttérrel - fáziskontraszt-mikroszópia)



forrás: en.wikipedia.org



1a/1: kötőanyagok

mész



gipsz



románcement

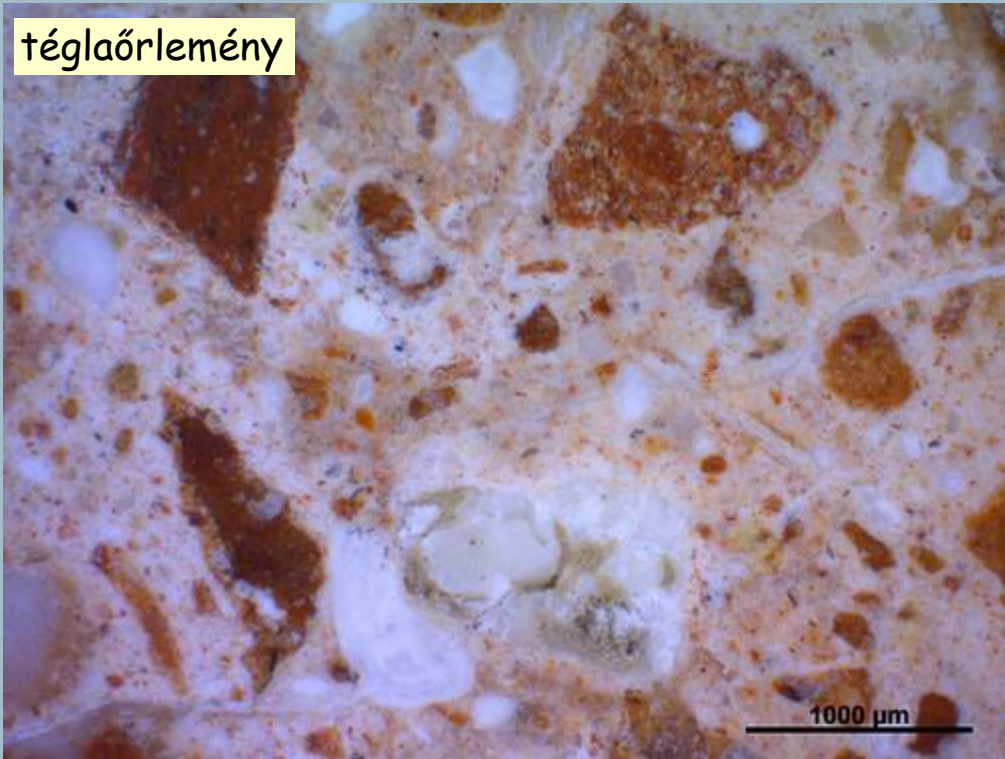


portlandcement



1a/2: adalékok

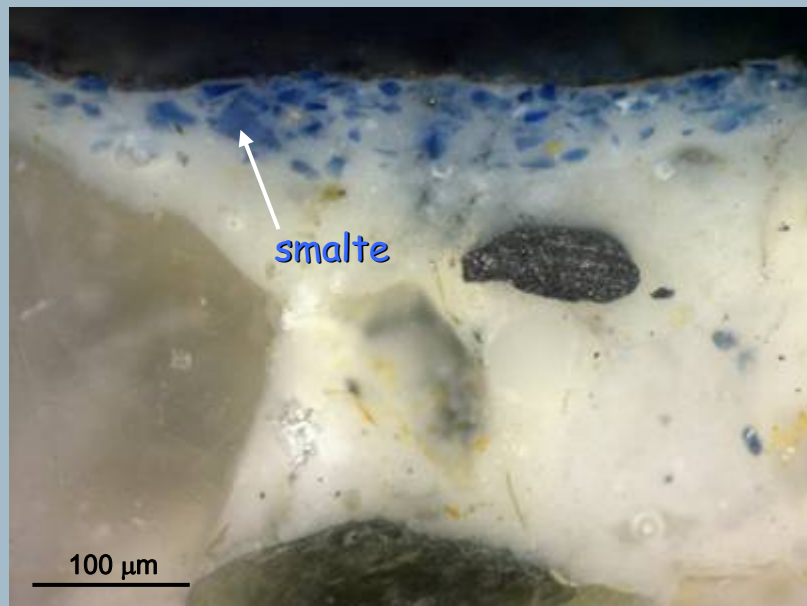
téglaőrlemény



kohósalak (cement)



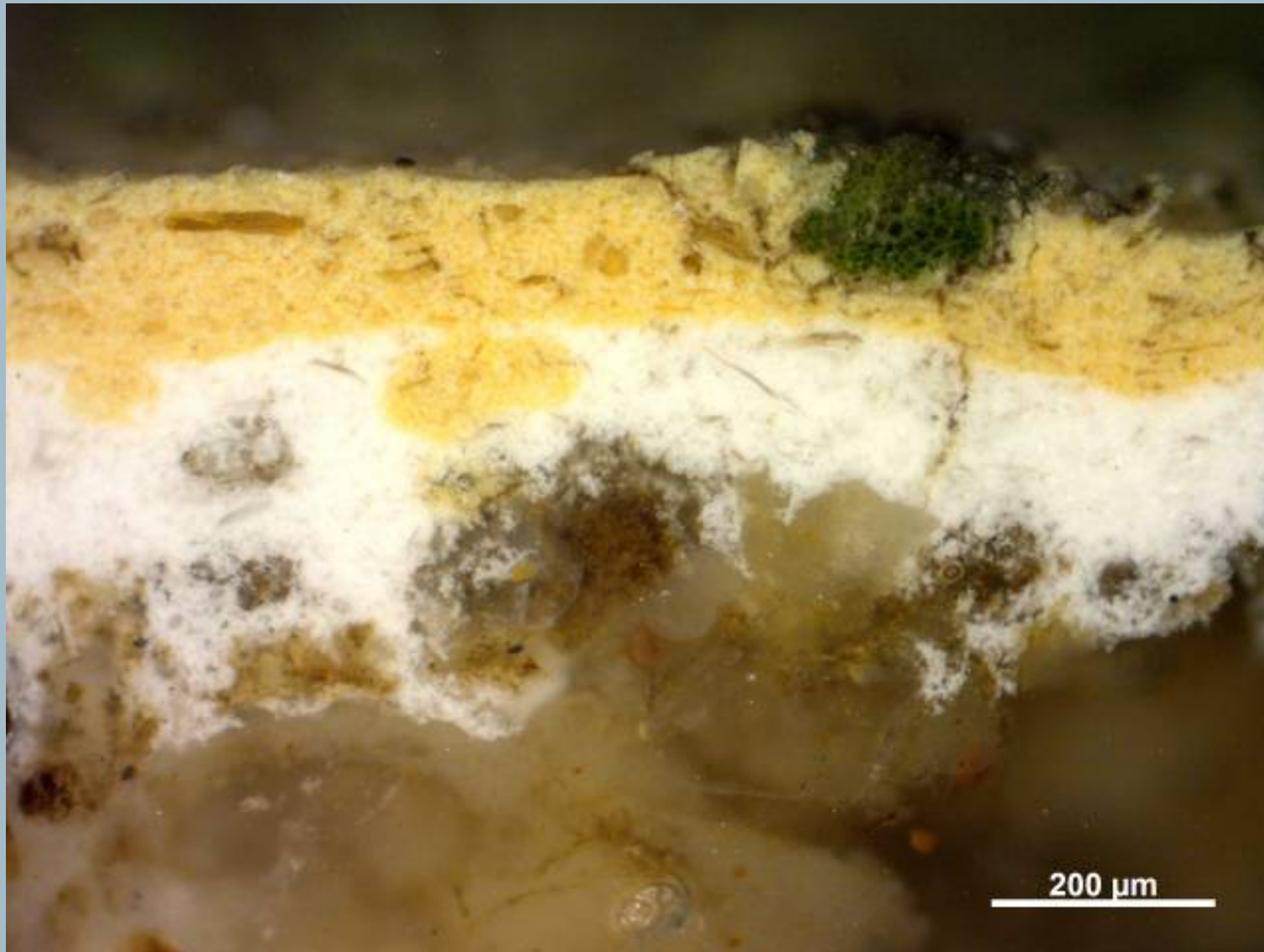
1a/3: festékrétegek, pigmentek



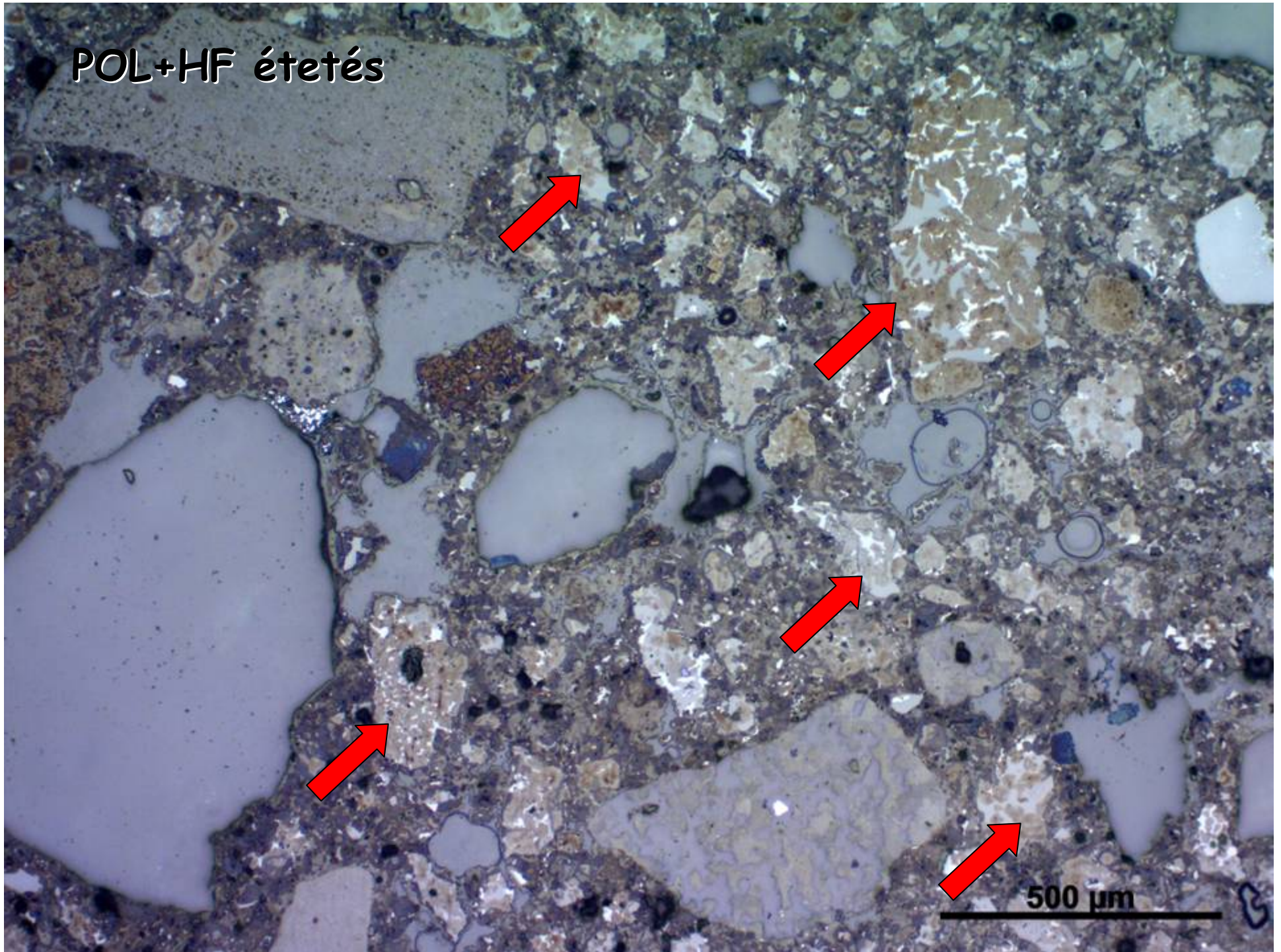
1a/4: proteinek kimutatása fuchsin-teszttel



1a/5: biogén telepek



POL+HF étetés



10 mp HF gőz

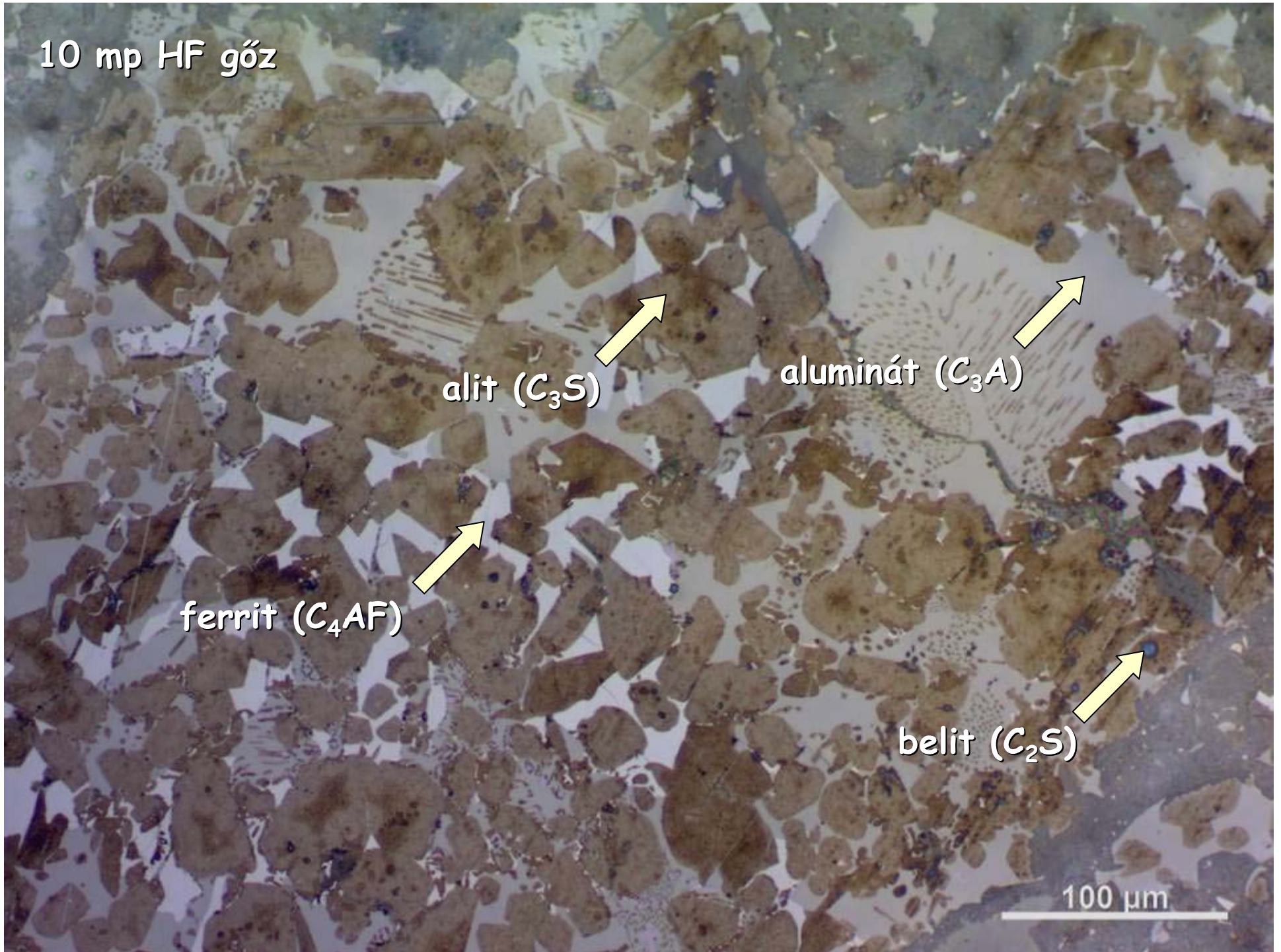
alit (C_3S)

aluminát (C_3A)

ferrit (C_4AF)

belit (C_2S)

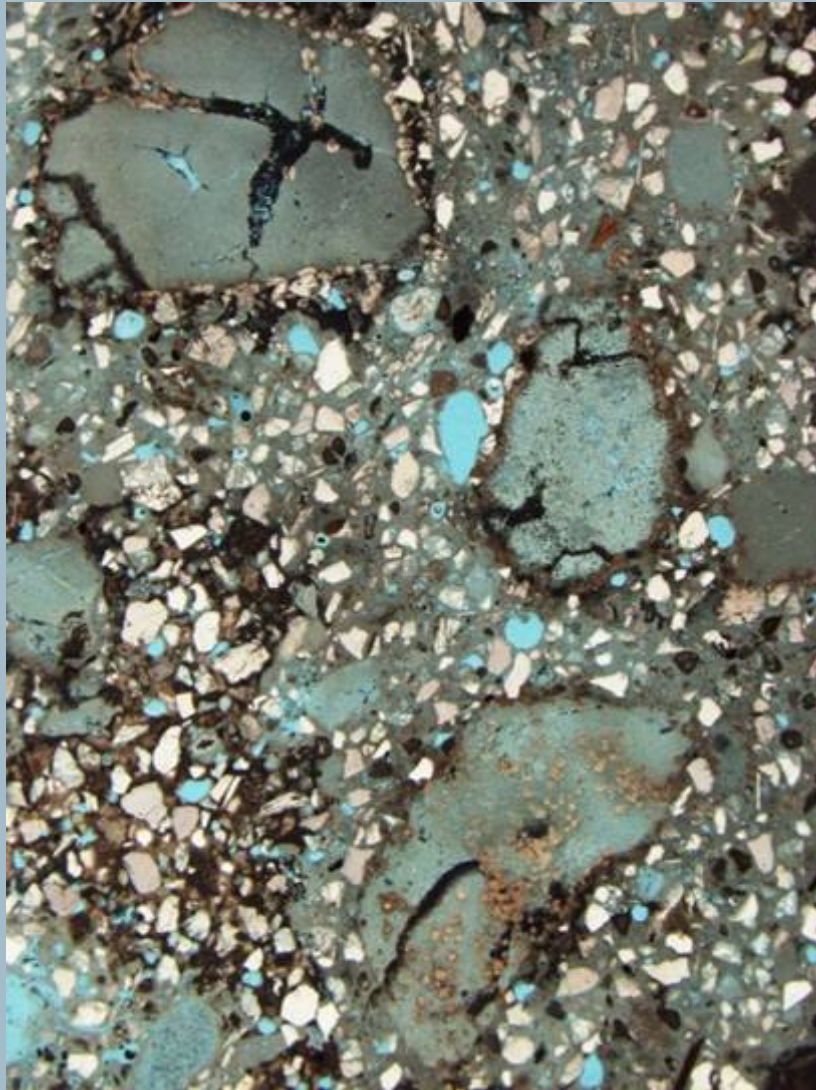
100 μm



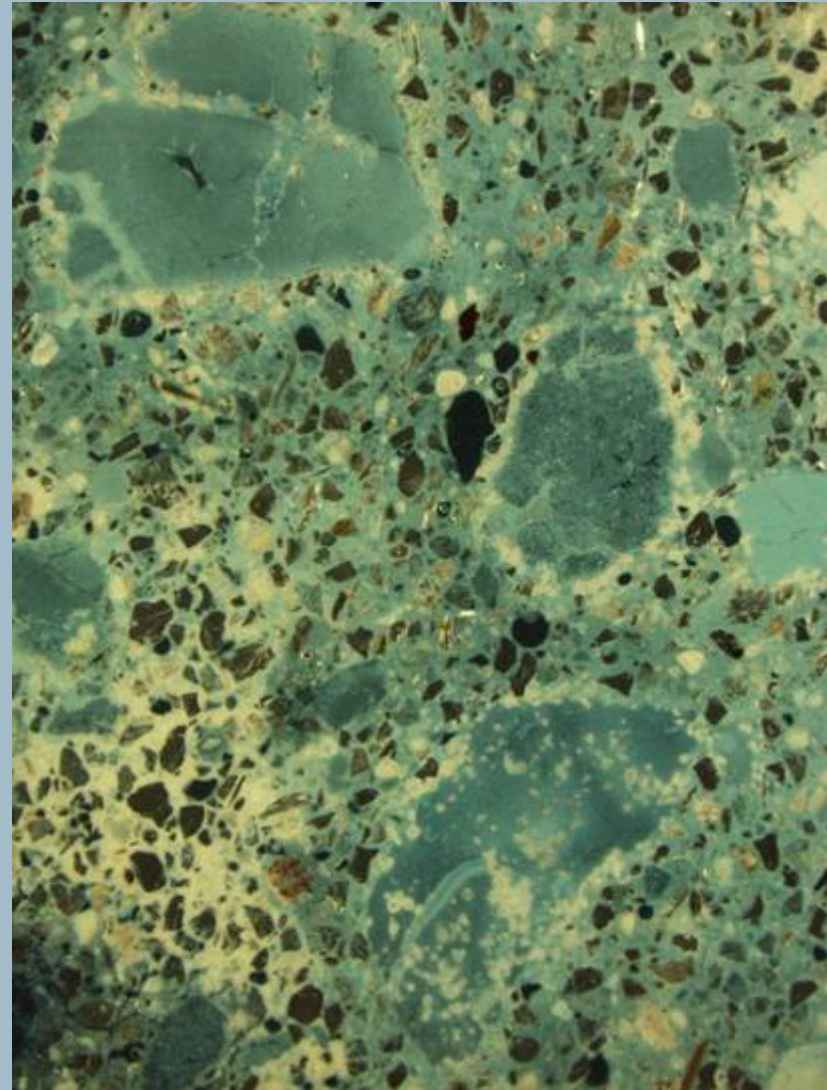
2a. Áteső, nem polarizált fényben és sötét látótérben (DF) történő megfigyelések vékonycsiszolaton

- szöveti jellegek változásának detektálása -> porózus-kevésbé porózus zónák (karbonátosodás, hidraulikus reakciószegélyek, gipszesedés, stb.)
- képanalízis(?)

2a. Áteső, nem polarizált fényben és sötét látótérben (DF)
történő megfigyelések vékonycsiszolaton



1N

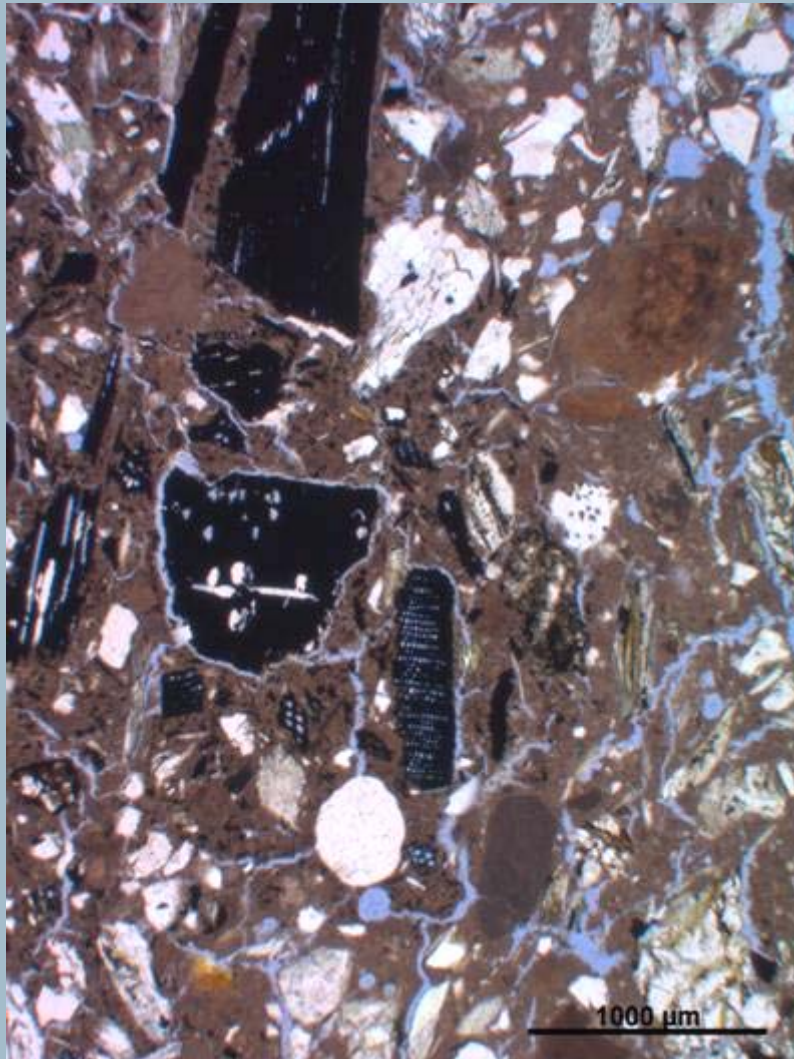


DF

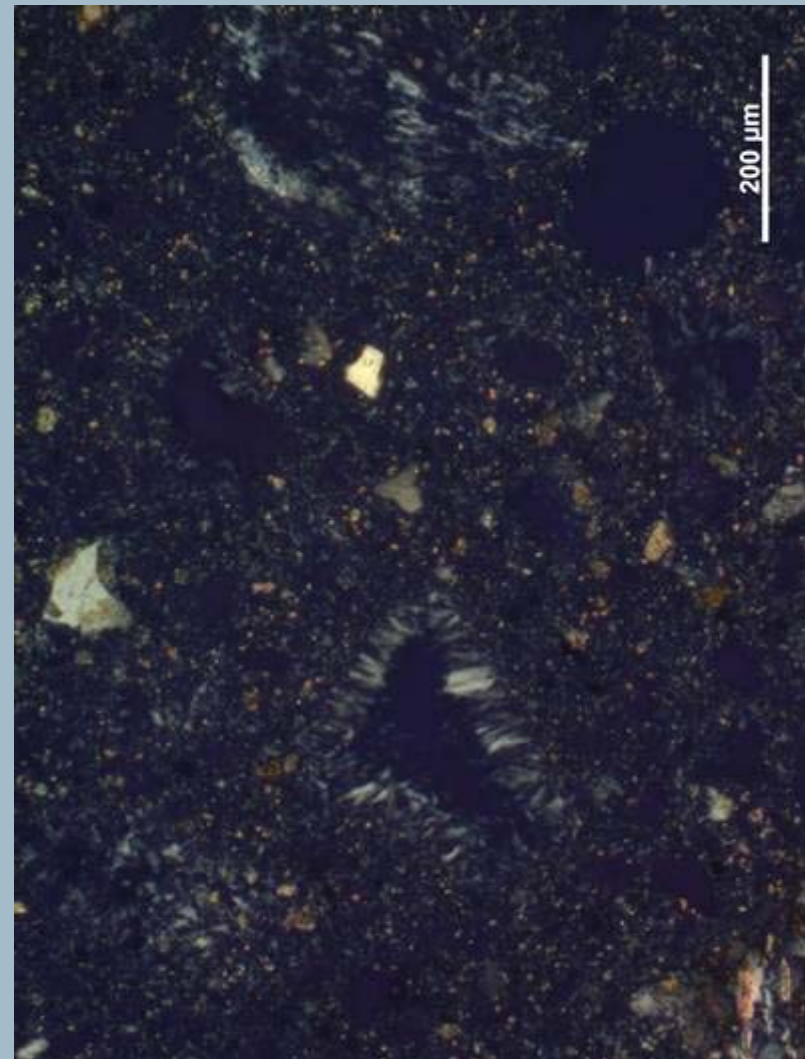
2b. Áteső, polarizált fényben történő megfigyelések vékonycsiszolaton

1. Kötőanyag:

mész

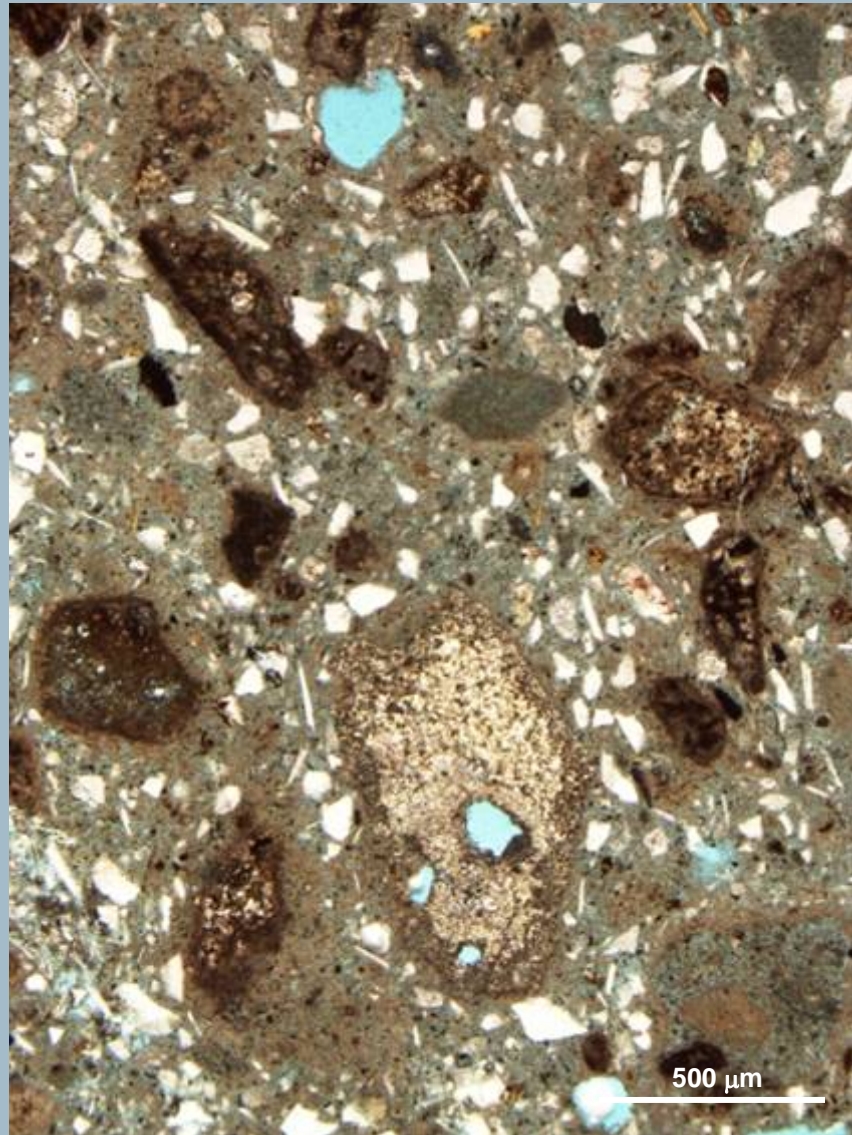


gipsz

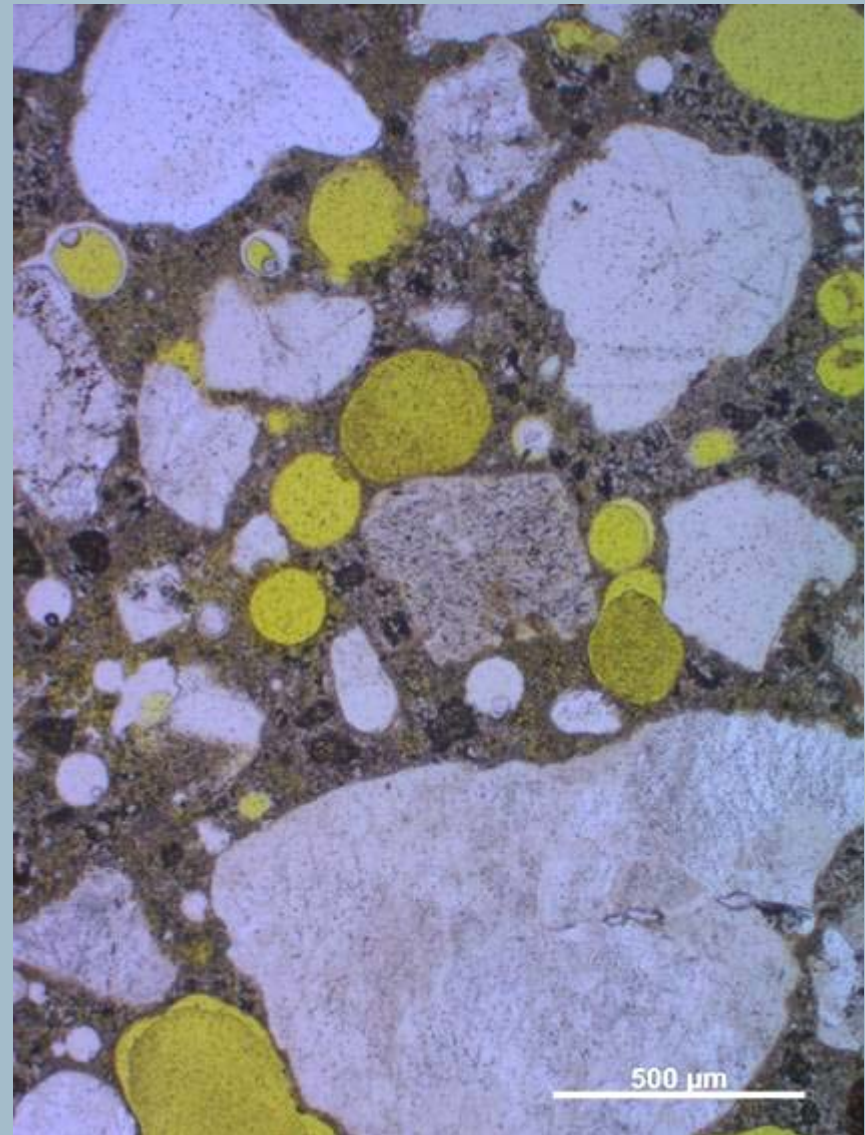


1. Kötőanyag:

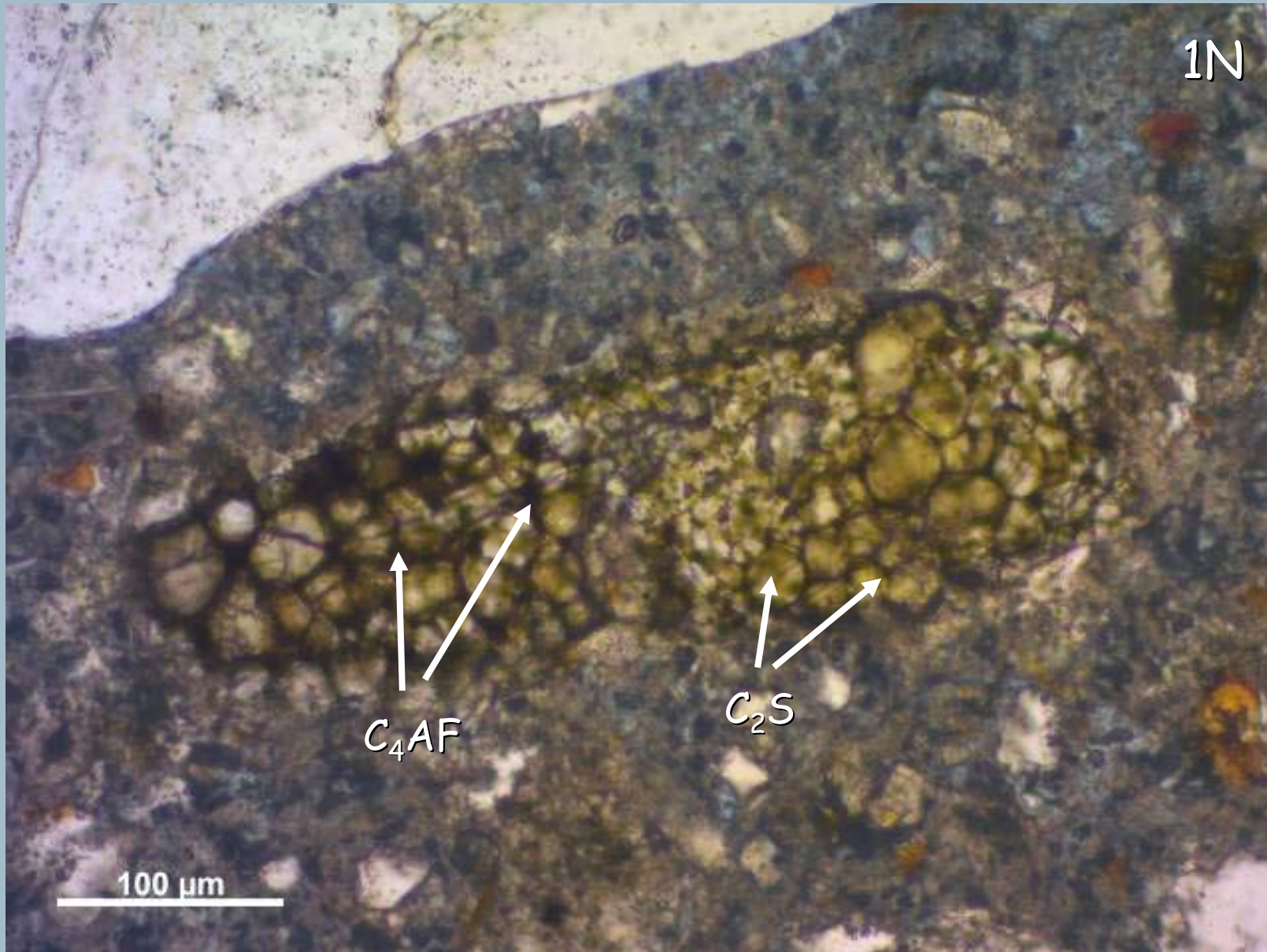
románcement



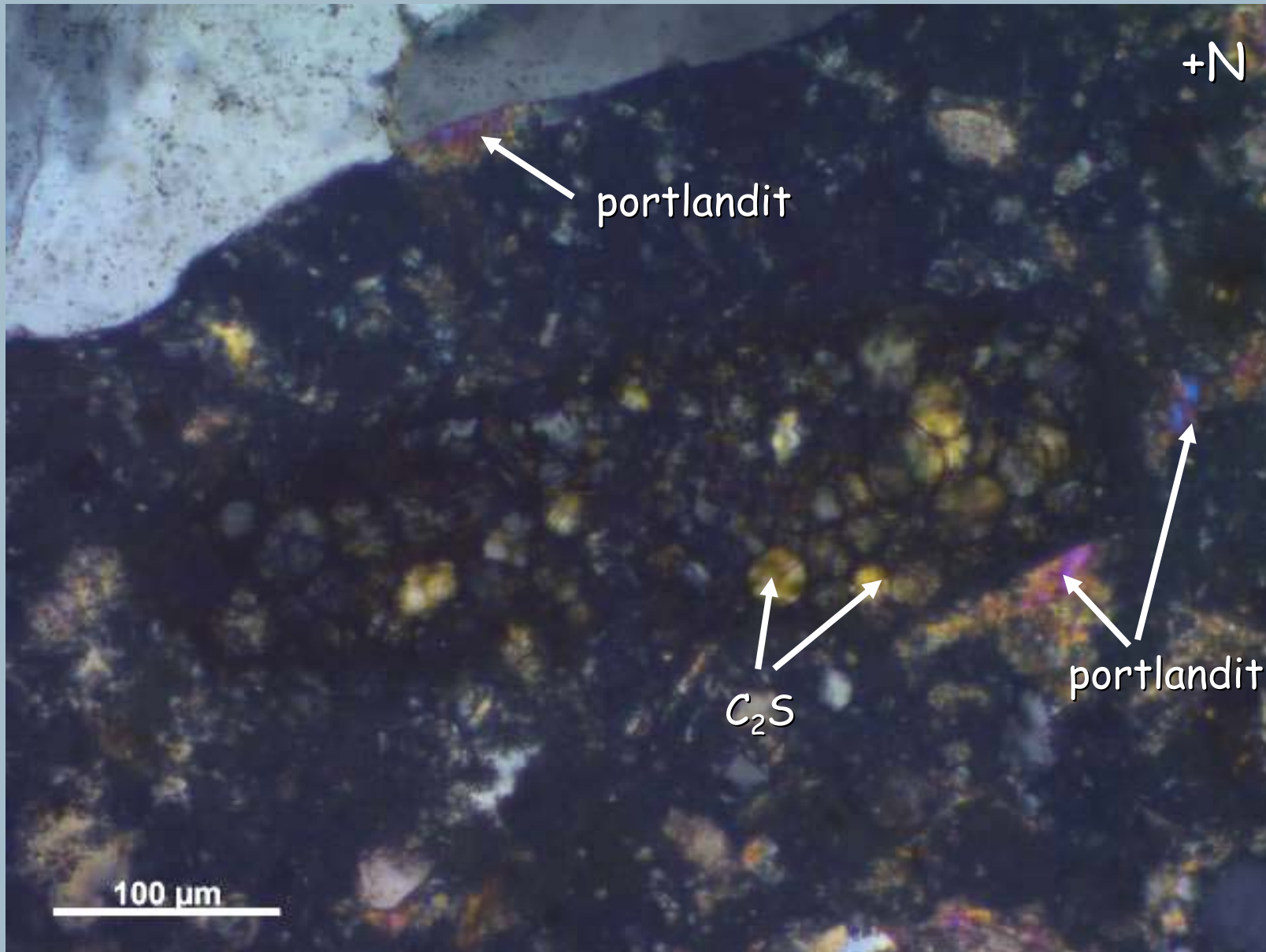
portlandcement



Portlandcementklinker

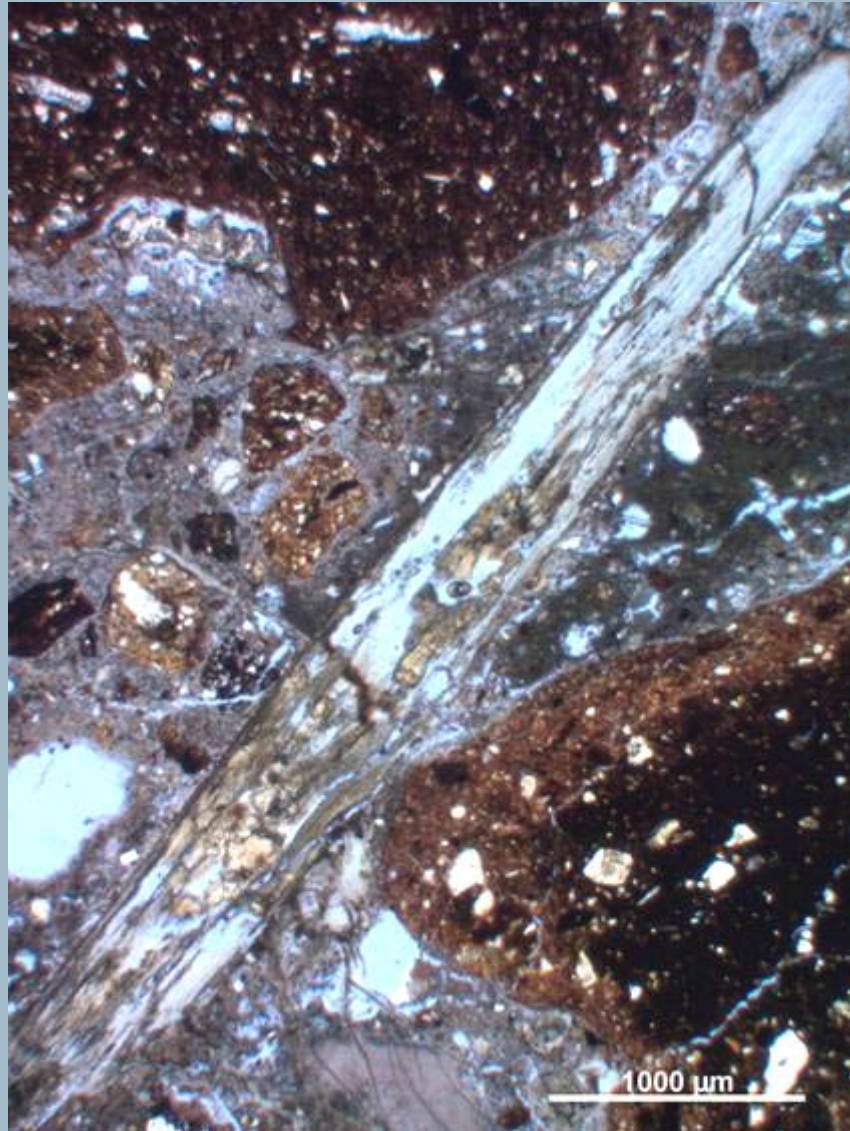


Portlandcementklinker

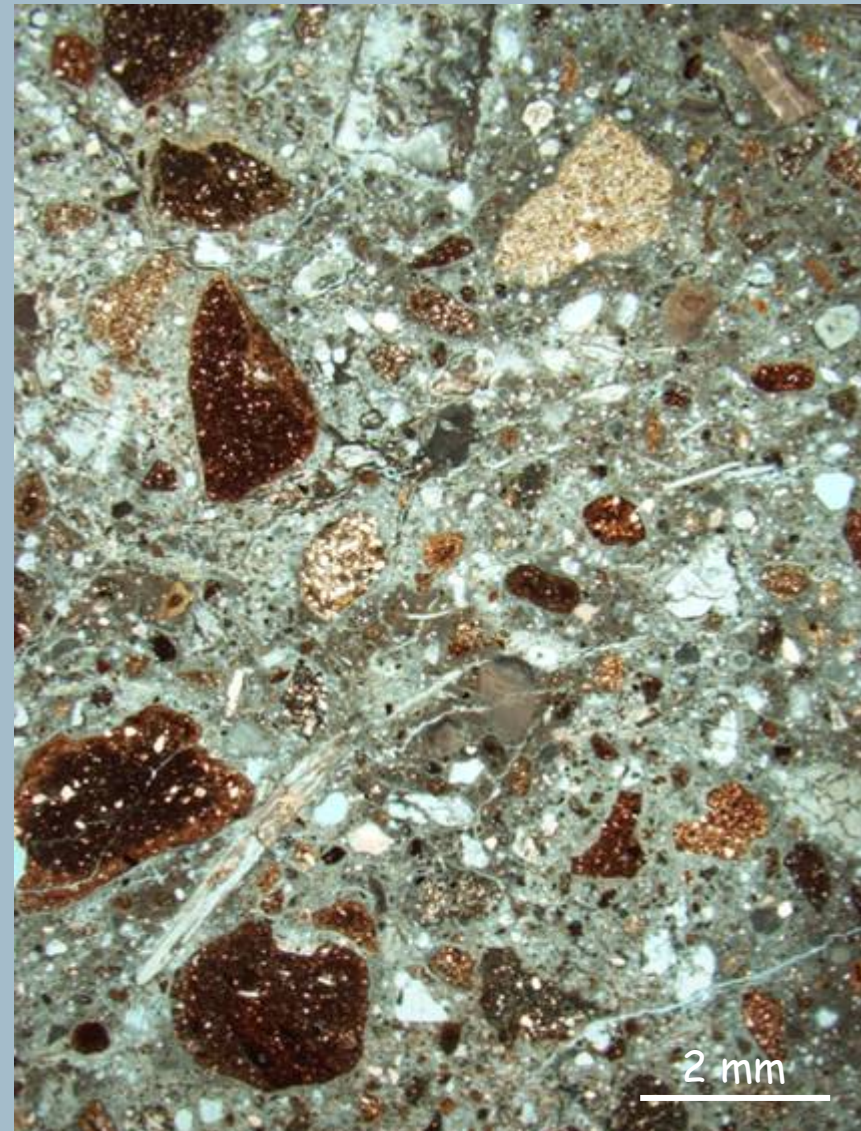


2. Adalékok, adalékszerek:

növényi rostok, pelyva

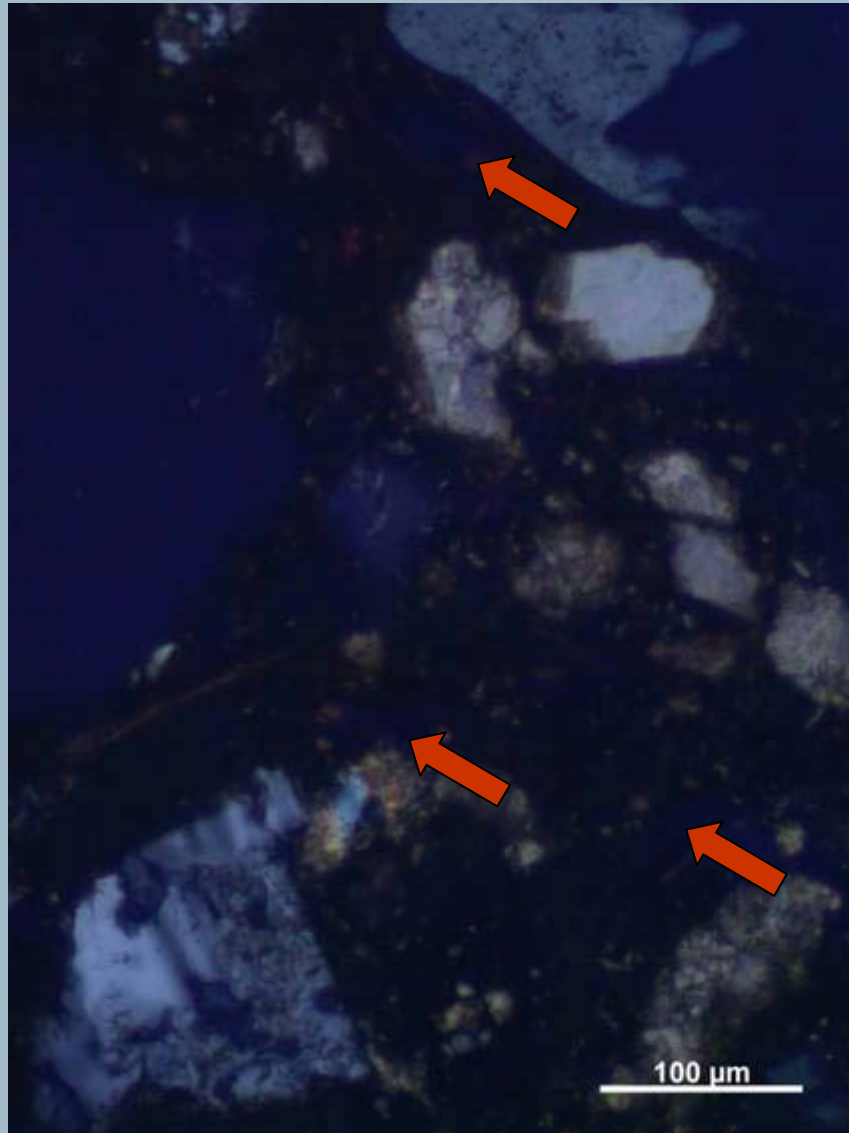


téglaőrlemény

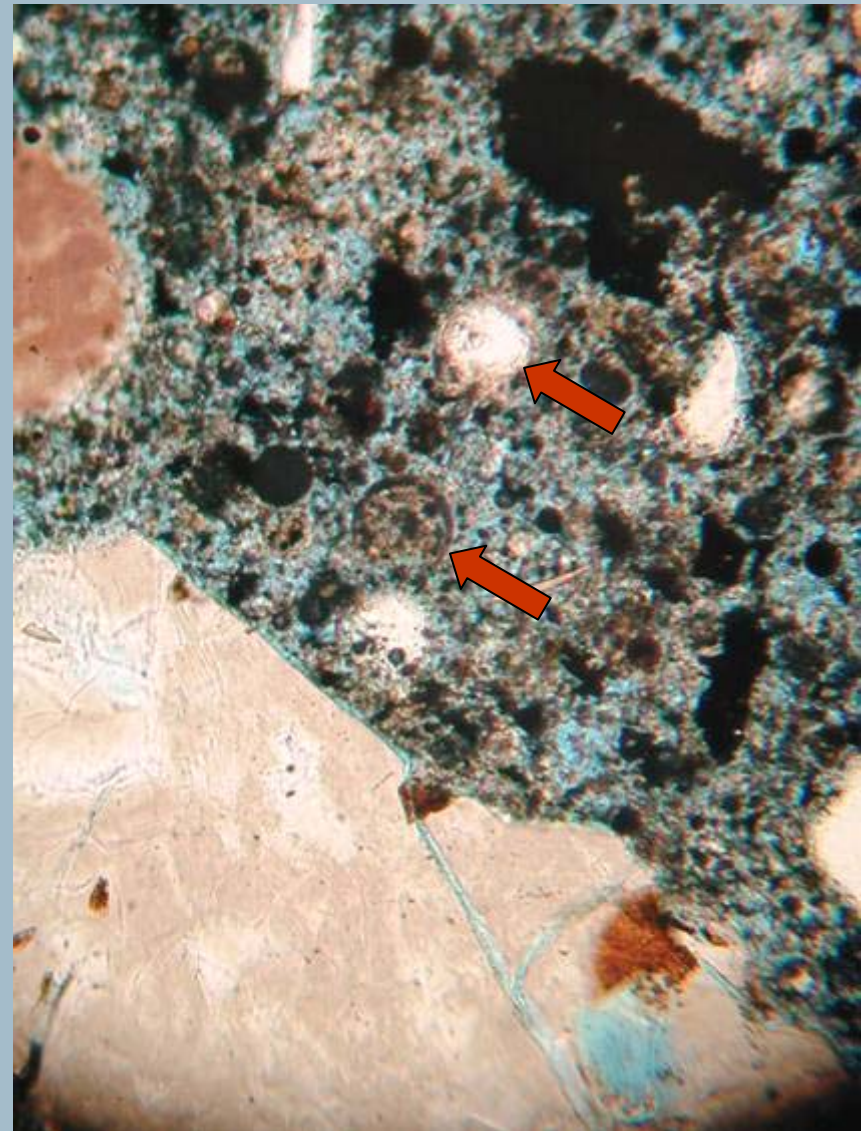


2. Adalékok, adalékszerek:

kohósalak

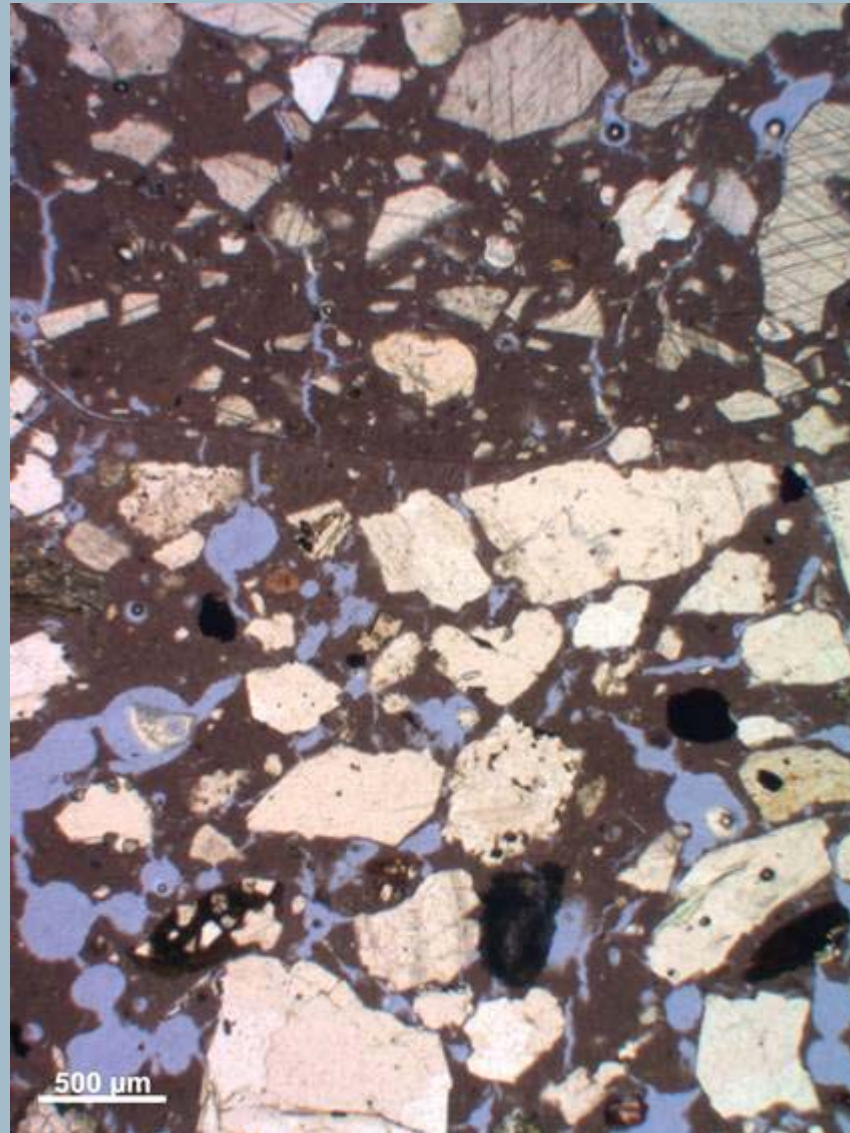


pernye

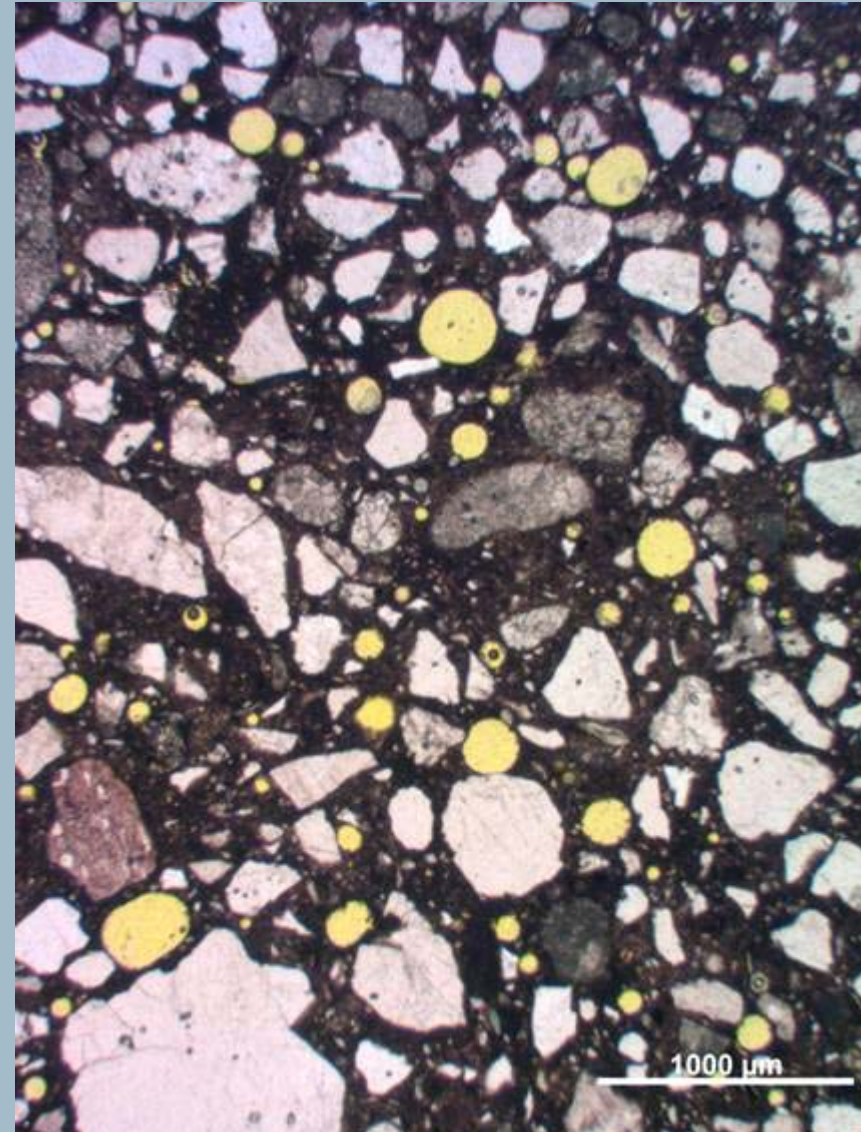


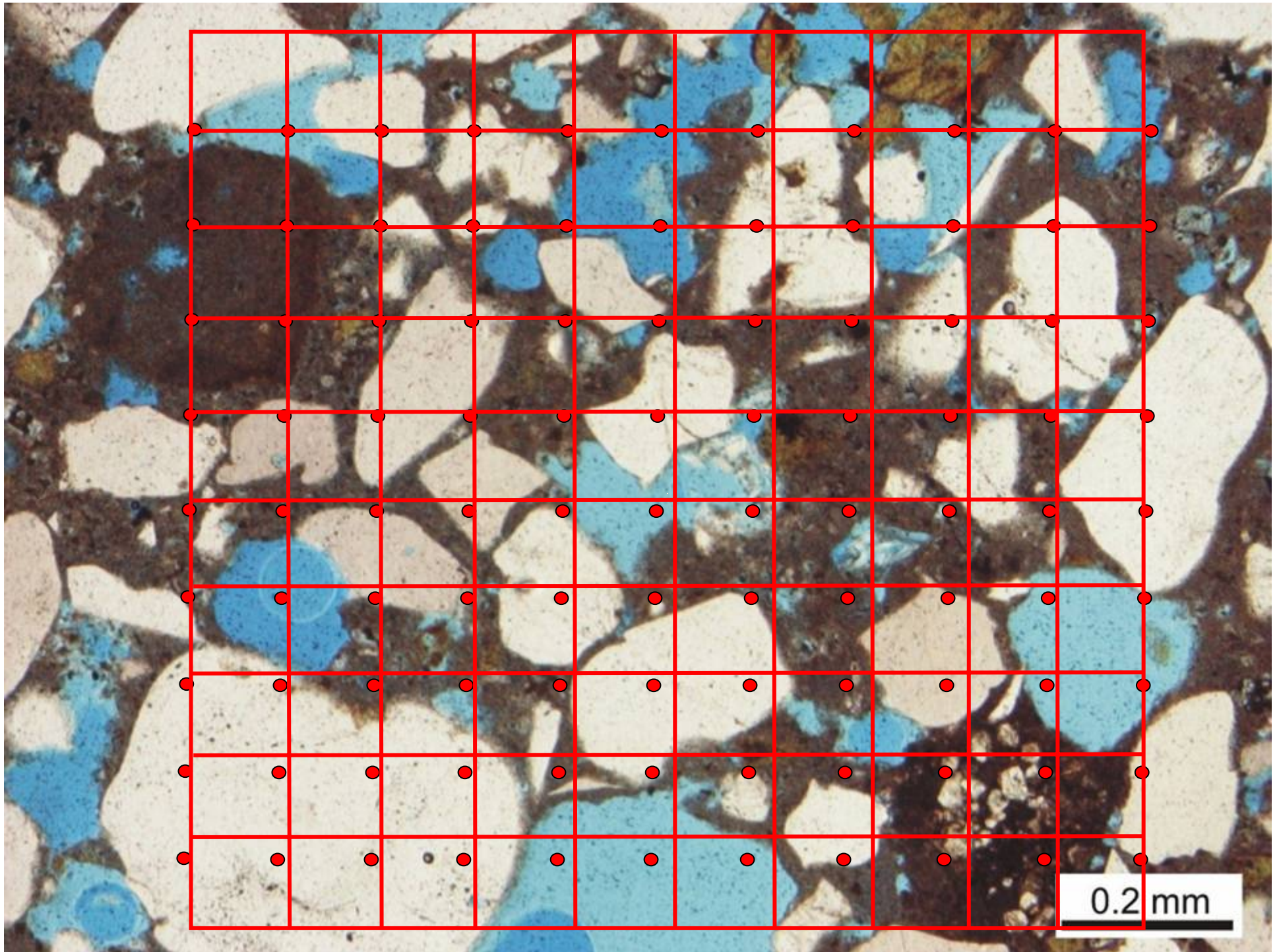
3. Porozitás, repedések:

zsugorodási repedések



légpórusképző



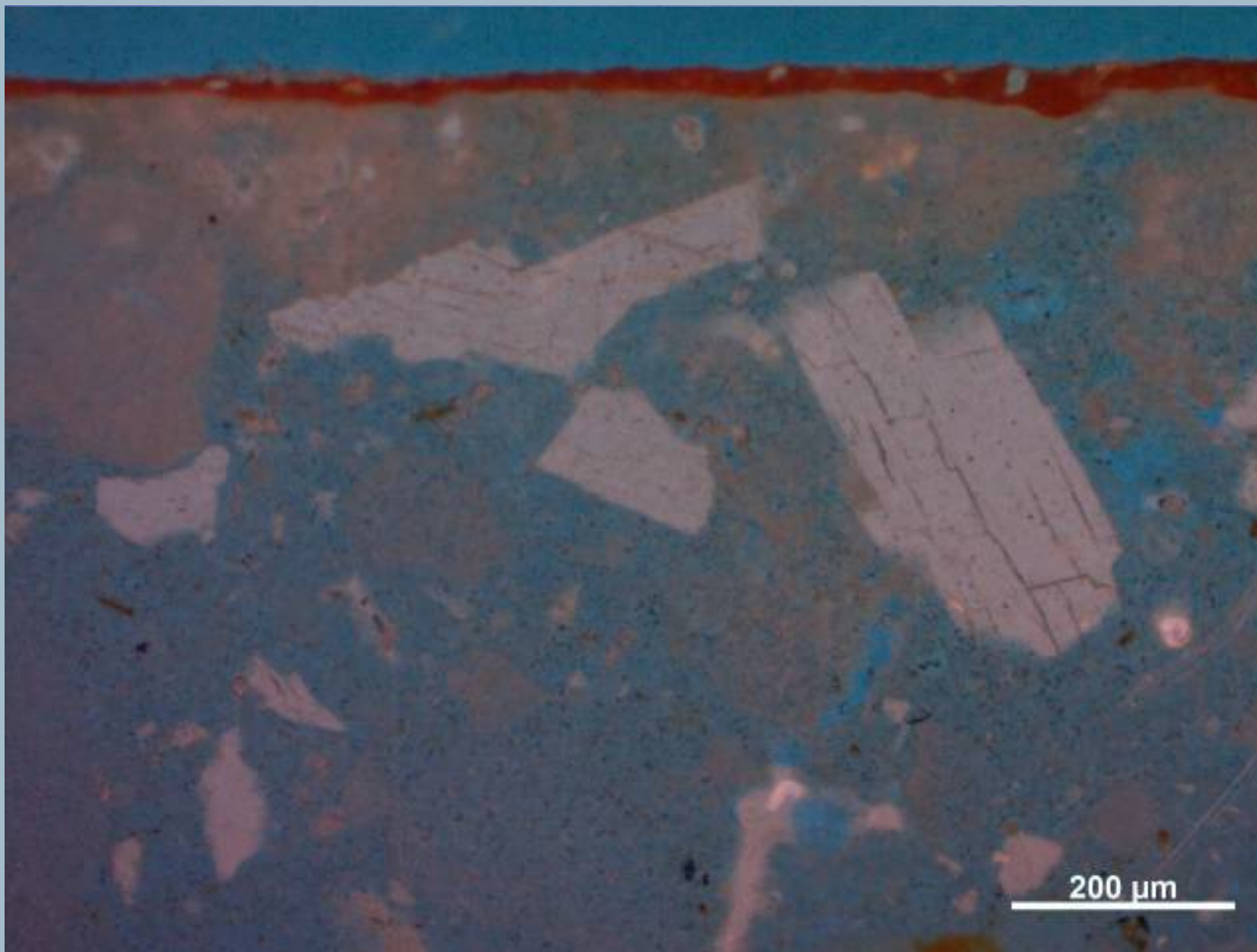


4. b/a arány meghatározása szekennelt felületen képanalízissel

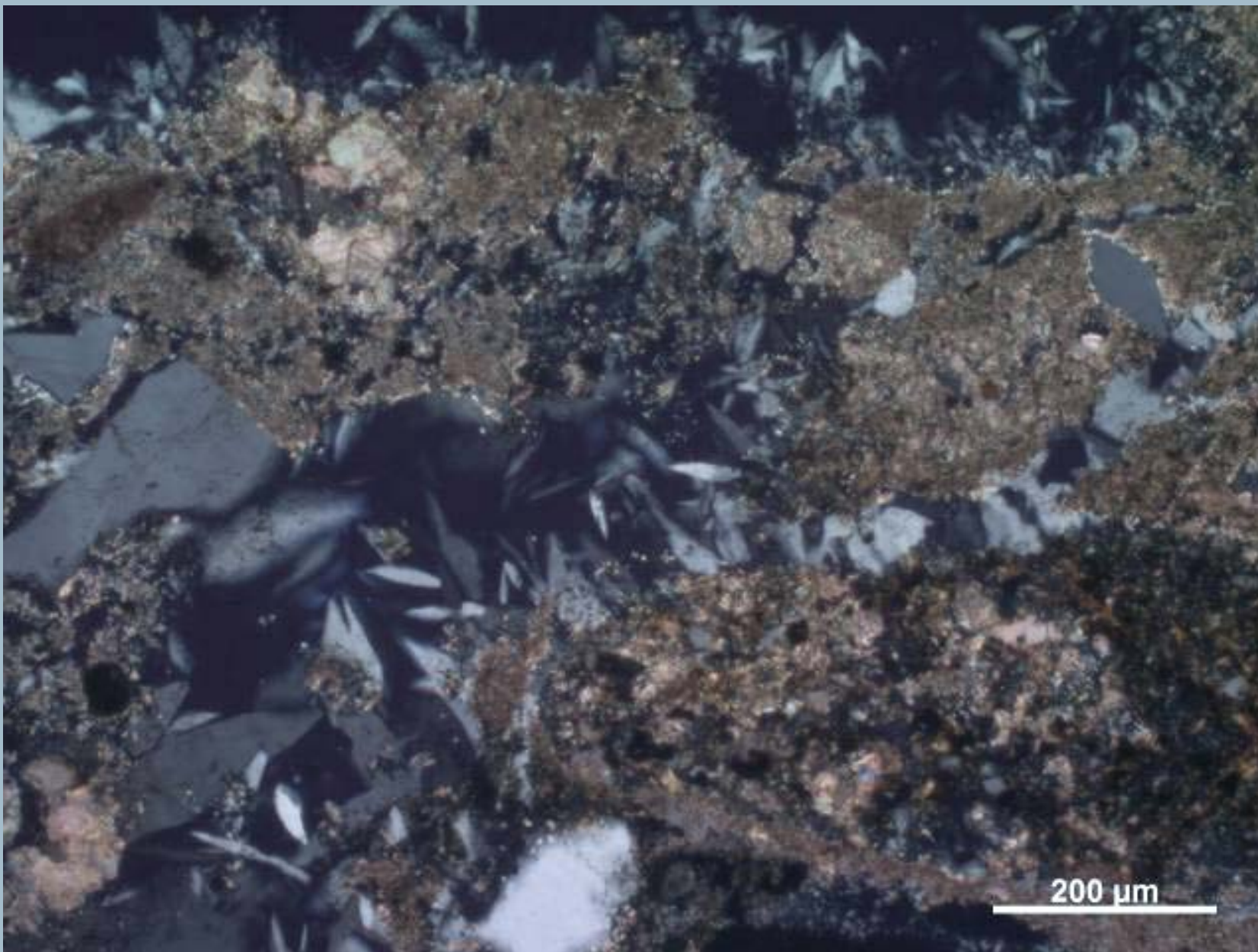


adalékanyag kötőanyag légpórus

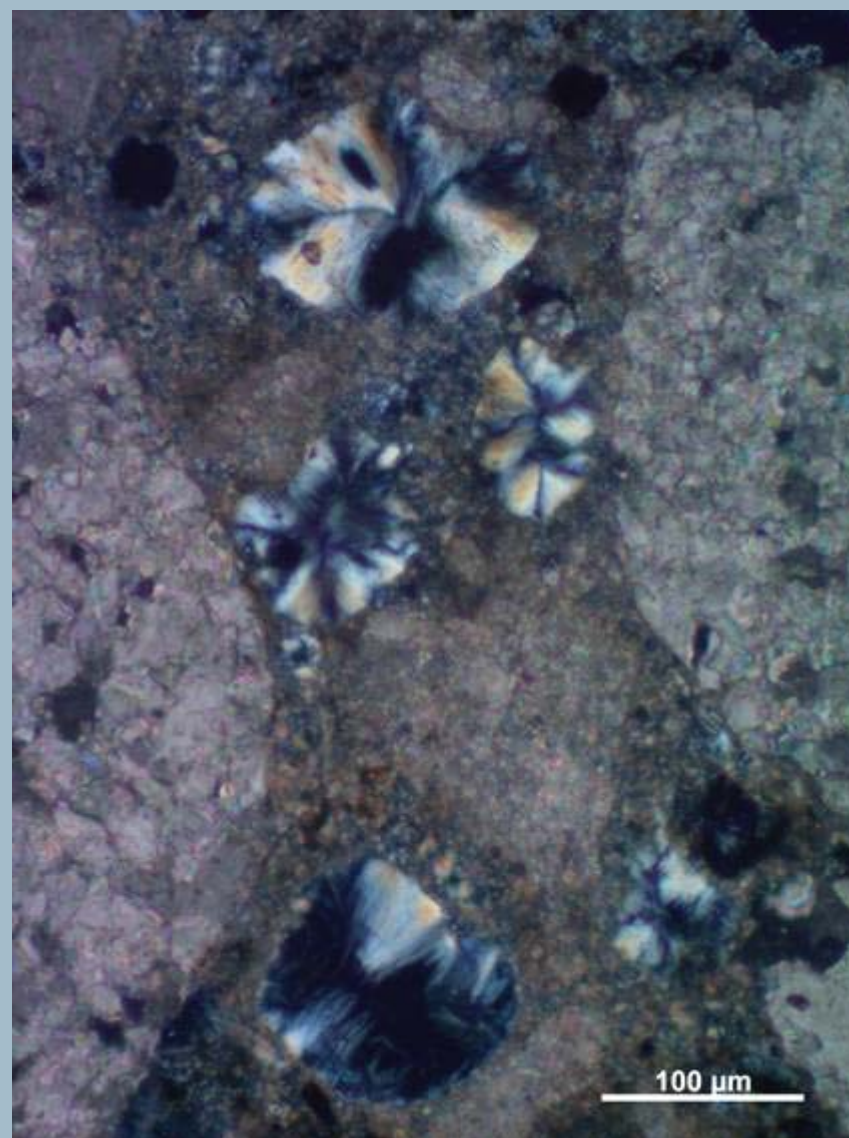
5. Rétegréteg, festékrétegek



6. Gipszesedés

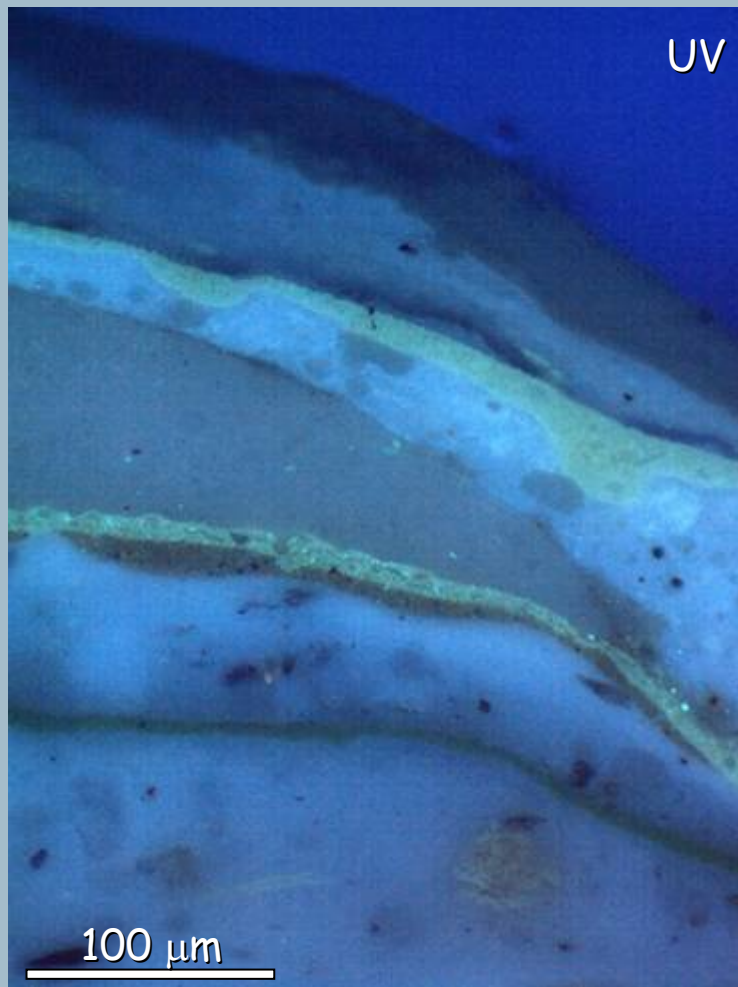


7. Karbonátosodás, póruskitöltő taumazit



3. UV-fényben történő megfigyelések felületi- és vékonycsiszolaton

3.1 Olajfesték-rétegek, Schellack, ZnO-pigment

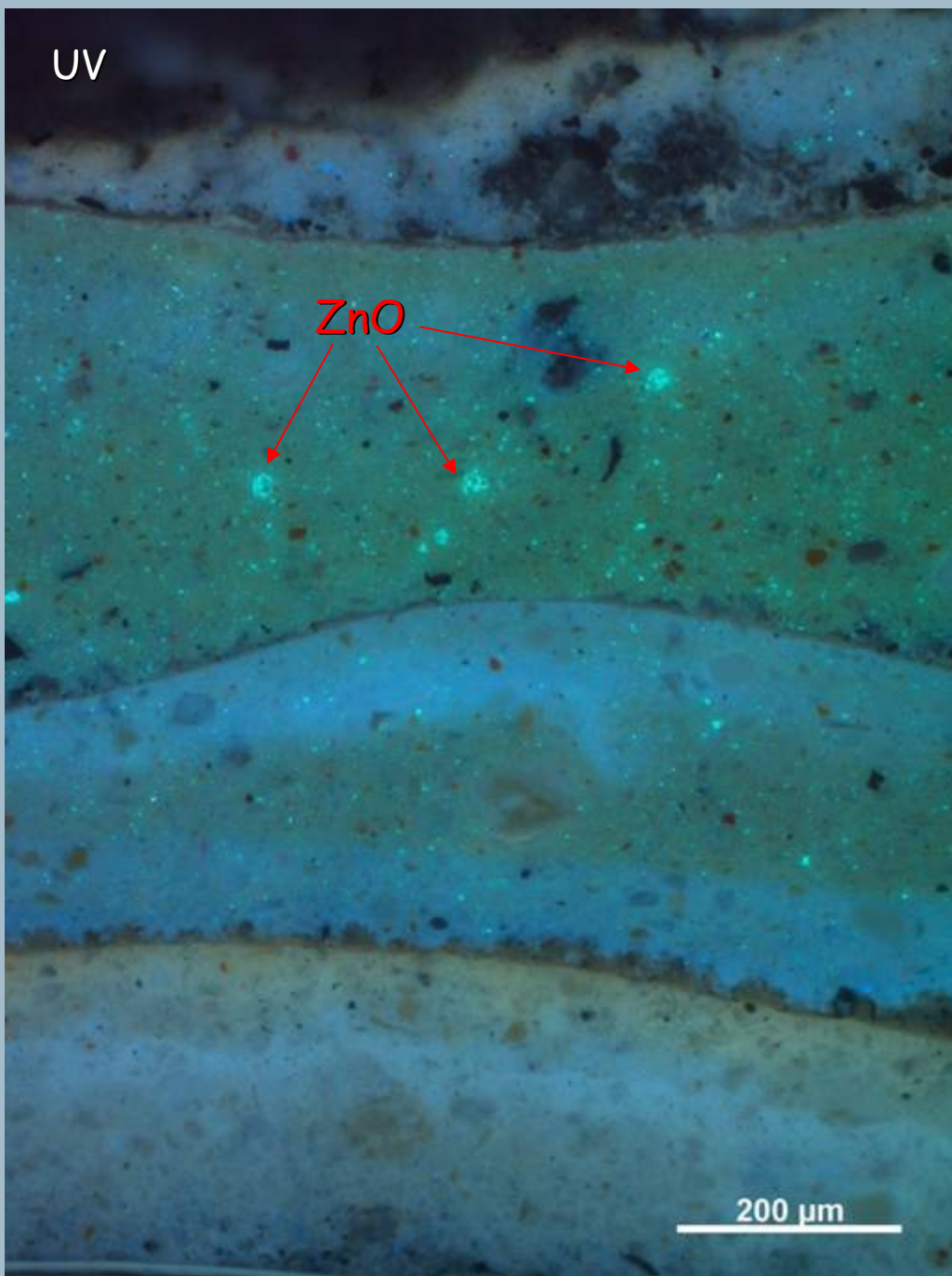


UV

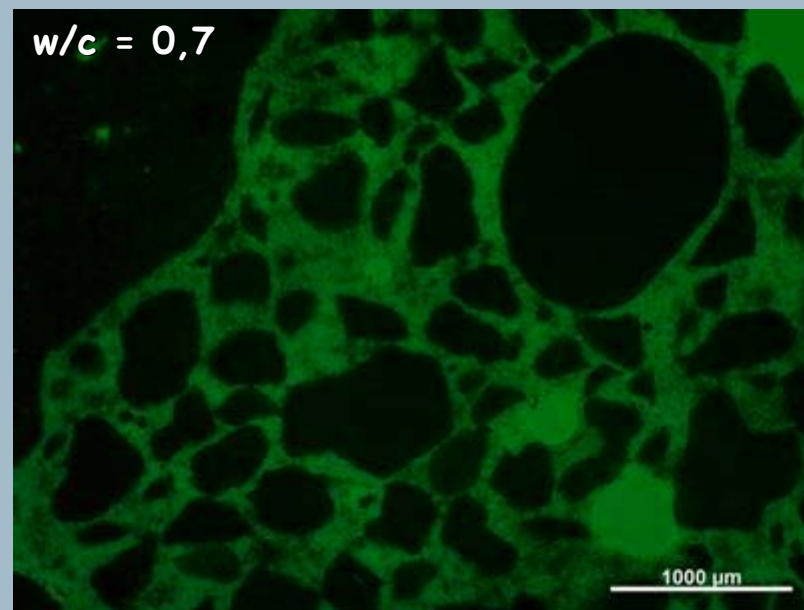
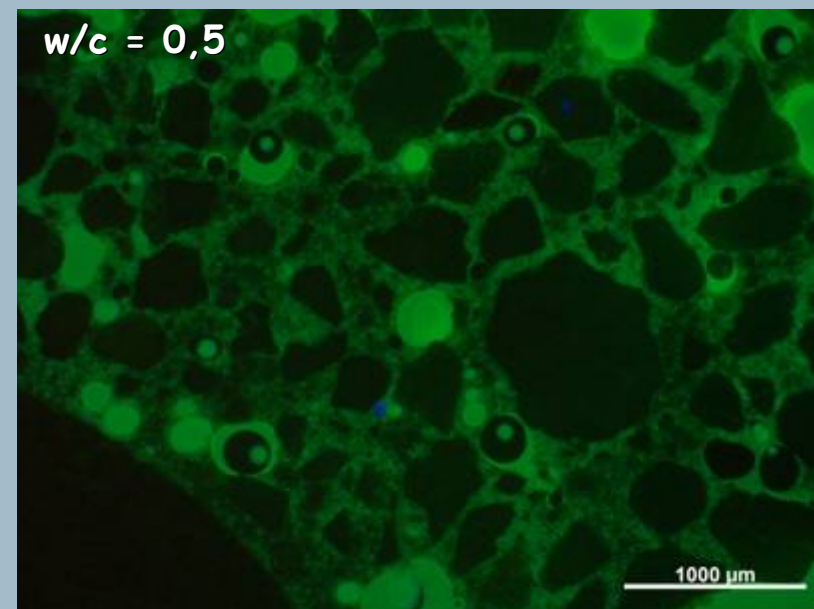
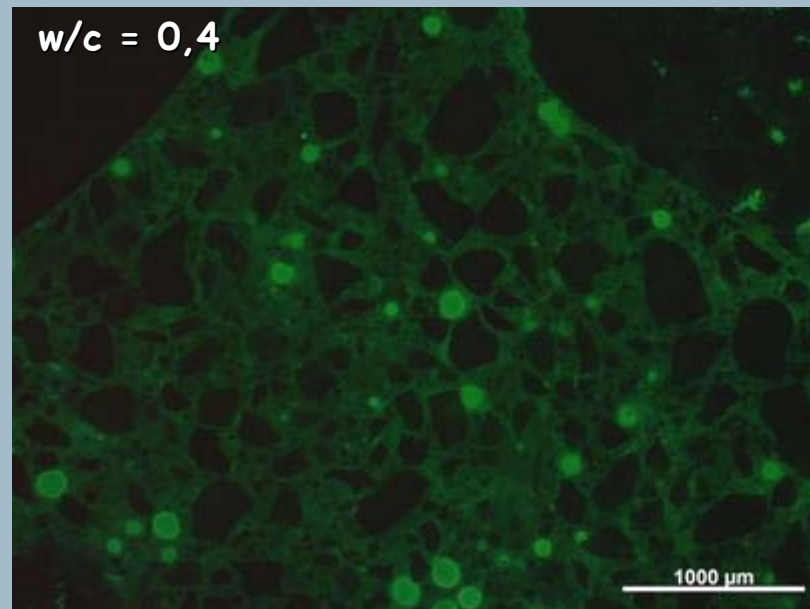
ZnO



200 μm

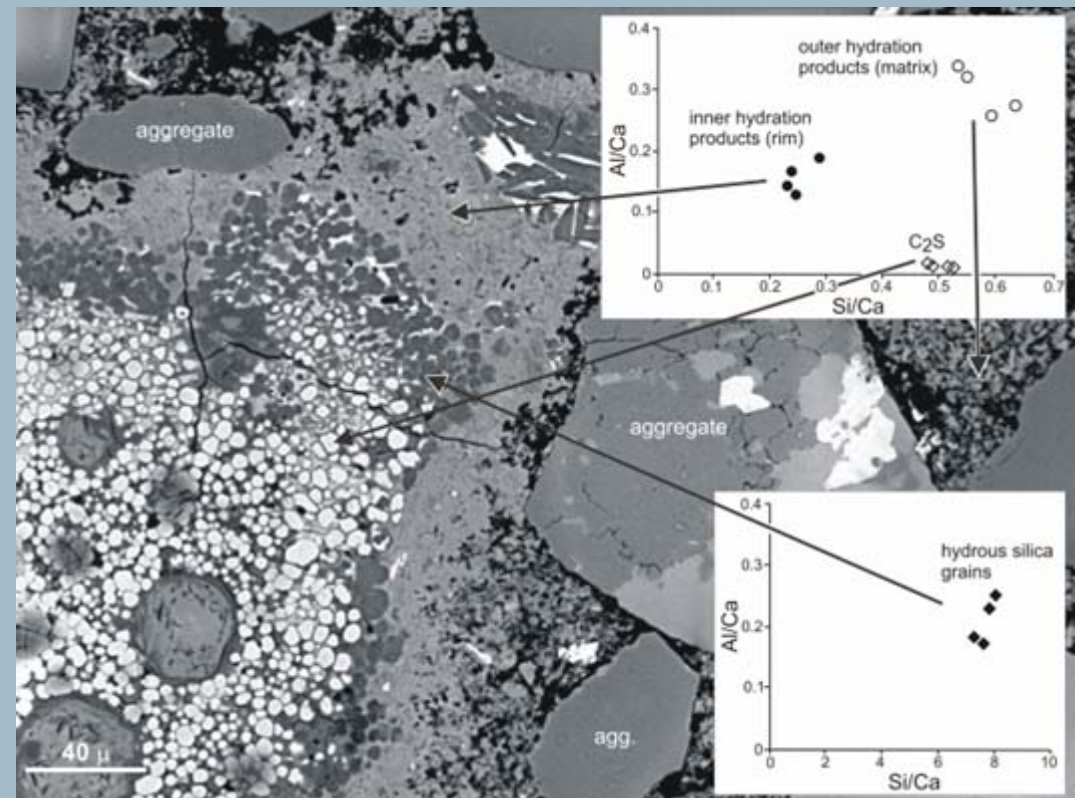
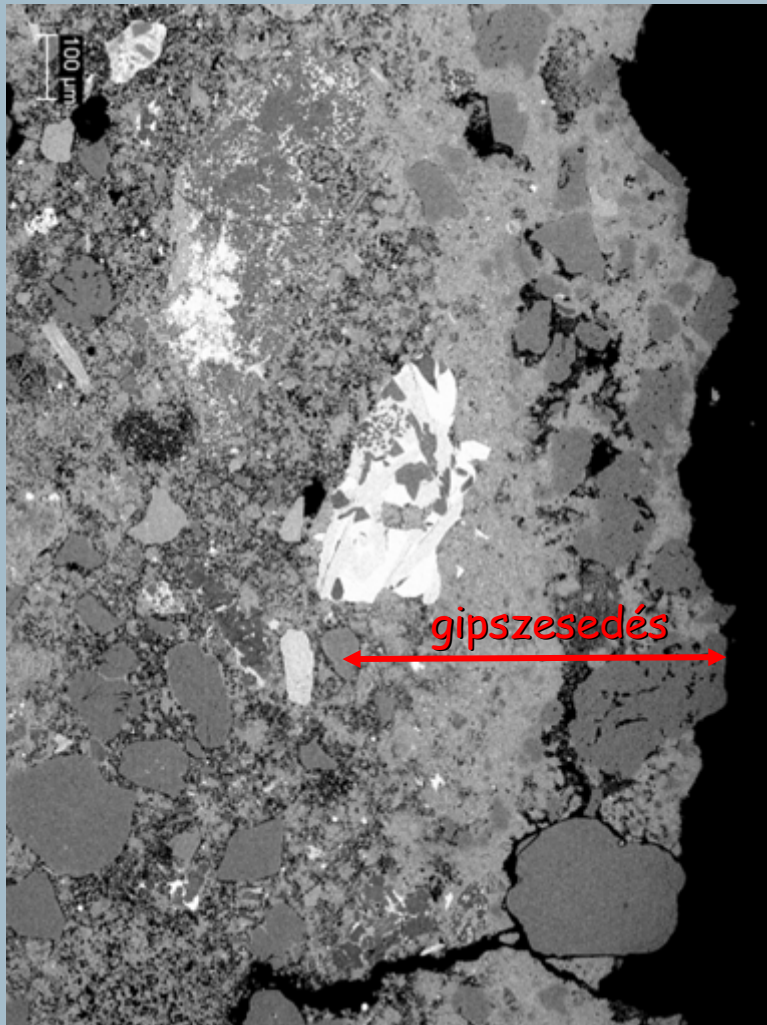


3.2 Porozitás vizsgálatok, w/c-tényező betonoknál

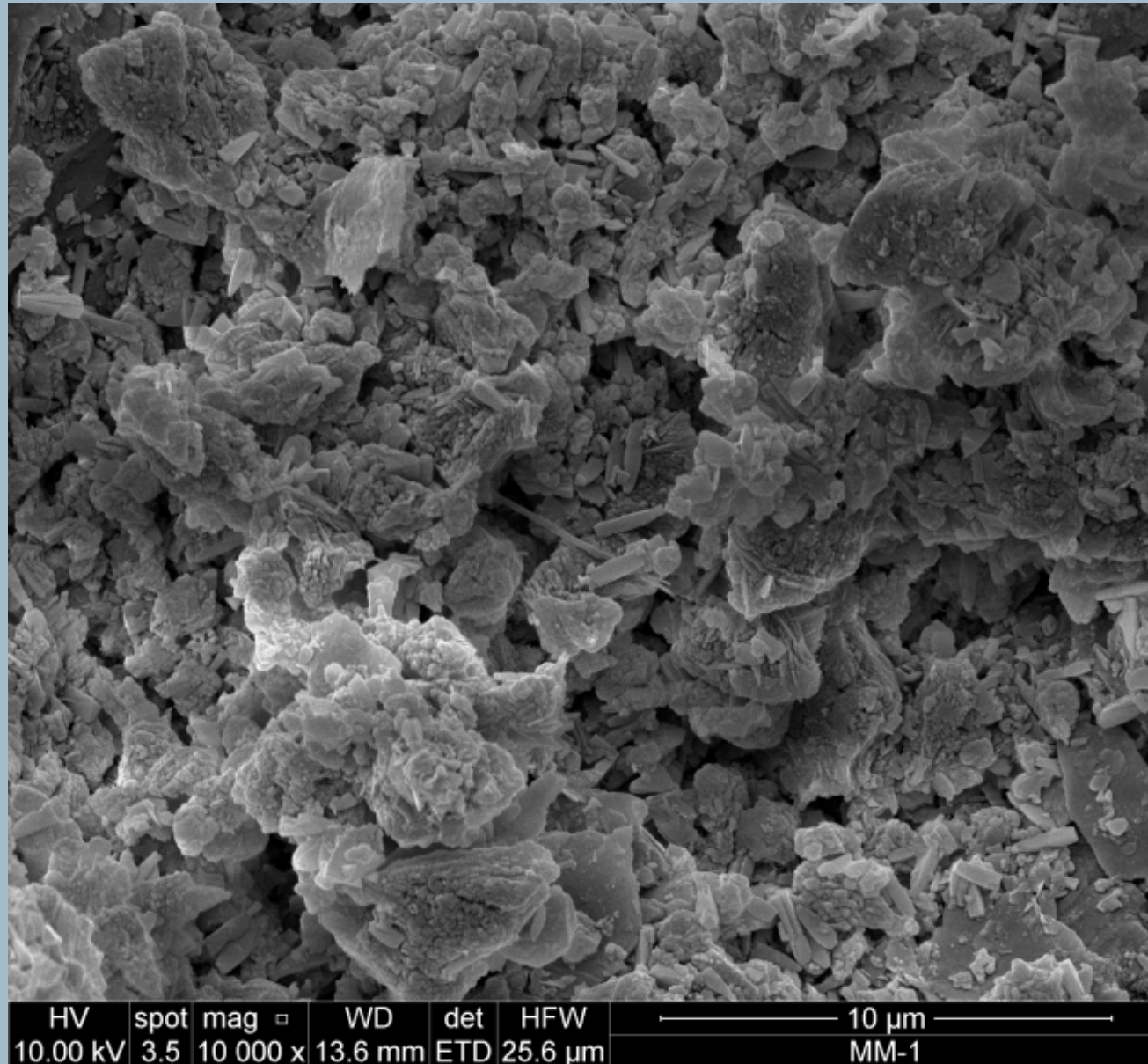


4. Pásztázó-elektronmikroszkópos vizsgálatok (SEM-EDS) felületi-, vékonycsiszolaton és törött mintafelületen

4.1 Polírozott felületű (vékony)csiszolatok - szöveti kép & elemanalitika



4.2 Mikroszerkezeti megfigyelések törött felületen (elemanalitika csak tájékoztató jellegű!)



Az egyes módszerek alkalmazhatósága

	kötőanyag	klinker, cementfázisok, adalékok	porozitás, repedések	adalékanyag (+ b/a-arány)	festékrétegek, pigmentek	szövet, mikroszerkezet	másodlagos fázisok, károsító sók
Ráeső fény, DF	++(+)	++(+)	-	-	++(+)	-	-
Ráeső fény, POL	-	+++	-	-	-	-	-
Áteső fény, DF	-	0	-	-	0	++(+)	-
Áteső fény, POL	+++	+++	+++	+++	++(+)	+++	++(+)
UV	-	-	+++	-	0	++(+)	-
SEM-EDX	+++	+++	++(+)	++(+)	++(+)	+++	+++

+++ = jól alkalmazható, 0 = korlátozottan alkalmazható, - = nem vagy rosszul alkalmazható

Ajánlott irodalom

Tudományos folyóiratok: Journal of Cultural Heritage
Construction and Building Materials
Materials Characterization
Cement and Concrete Research
Archaeometry
Archeometriai Műhely ☺

Könyvek: Geomaterials under the Microscope
Concrete Petrography
Pigment Compendium

Web: www.pigmentum.hu
www.understanding-cement.com
www.rocare.eu