

250 μm

Analyse af eternitbølgeplader

Tilstandsvurdering ved tyndslibsanalyse

August 2023



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Analyse af eternitbølgeplader

Tilstandsvurdering ved tyndslibsanalyse

Rekvirent:

DANSK BYGGERI TAGMALERFORENING
H.C. Andersens Boulevard 18
1553 København V

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 4
2630 Taastrup
Byggeri og Anlæg

Claes Christiansen

Sagsansvarlig: Tommy B. Jacobsen, tlf. 7220 2171, tj@teknologisk.dk
Kvalitetssikring: Tommy B. Jacobsen

Opgavenr.: 205253

Versionsnr.: 011

24. august 2023

Resultater af Institutts opgaveløsning beskrevet i denne rapport, herunder fx vurderinger, analyser og udbedringsforslag, må kun anvendes eller gengives i sin helhed, og må alene anvendes i denne sag. Institutts navn eller logo eller medarbejderens navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionssekretariatet.



Indhold

1.	Objekt.....	4
2.	Baggrund.....	4
3.	Formål.....	4
4.	Data og modtagne informationer.....	4
5.	Analyse- og målemetoder.....	4
6.	Sammenfatning af resultater.....	4
7.	Vurdering.....	6
8.	Fotoregistrering af tagplader.....	8
9.	Mikroanalyse.....	11



1. Objekt

Objekt for undersøgelsen er to bølgeeternitplader modtaget den 20. juni 2023 på Teknologisk Institut. De to plader er i henhold til rekvirentens oplysninger nedtaget fra to forskellige tage på adressen Jydekrogen 1, Føns, 5580 Nr. Årby. Det ene tag blev rensset og malet for 19 år siden, mens det andet tag ikke blev afrenset eller malet.

De to plader er nummereret af laboratoriet på Teknologisk Institut:

- Prøve 1: Plade fra tag, der er afrenset og malet.
- Prøve 2: Plade fra tag, der ikke er afrenset og malet.

2. Baggrund

Rekvirenten vil med denne undersøgelse gerne vise forskelle i pladernes tilstand og relatere dette til den beskyttende virkning, som malebehandlingen af det ene tag har modtaget.

3. Formål

Ifølge aftale med rekvirenten havde undersøgelsen følgende formål:

- At vurdere tilstanden af de to tagplader.
- At vurdere restlevetiden af de to tagplader (om muligt).

4. Data og modtagne informationer

Rekvirenten har oplyst følgende:

- De to tagplader er fra samme produktion.

Rekvirenten har udleveret følgende:

- Fotodokumentation af udtagningssteder.

5. Analyse- og målemetoder

Der er fremstillet 4 tyndslib af hver tagplade. Tyndslibet er et ~45 mm langt tværsnit gennem pladen, som er slebet ned til en tykkelse på 0,025 mm. Herved kan pladens mikrostruktur analyseres i detalje på et petrografisk mikroskop (for nærmere detaljer se dokumentationsbilag, afsnit 9).

To tyndslib er placeret henholdsvis på tværs af bølgedal og bølgetop i et område, hvor overfladen har været eksponeret mod vejret, og de to andre tyndslib er til sammenligning fremstillet af den ikke-eksponerede del, hvor der har været overlæg fra en anden tagplade.

6. Sammenfatning af resultater

I det følgende gives en kortfattet sammenfatning af resultater fra de gennemførte undersøgelser. For en mere detaljeret beskrivelse af resultater henvises til dokumentationsafsnittet.

De to tagplader adskiller sig fra hinanden ved at plade 1 oprindeligt er malet med en brun maling, mens plade 2 var malet sort. Den eksponerede del af plade 1 er dækket af en blank sort maling.



Mikroanalysen af pladerne viser at malingslaget på plade 2 er nedbrudt og "slidt", mens den "nye" sorte maling på plade 1 fremstår intakt.

Ved prøveregistreringen blev der ikke observeret revner eller andre tegn på skader på plade 1, mens der kunne ses mange hvide revner på de nedre 10 cm af plade 2.

De 2 plader er udført i en portlandcementbaseret fibercement, hvor fibreene består af asbest. Chrysotil udgør hovedparten af asbestfibreene, men der ses også mindre mængder af farveløs amfibol (formentlig amosit). Cementpastaens kapillærporøsitet er middel til høj i de endnu ikke karbonatiserede områder, hvilket tyder på at fibercementen er fremstillet med et relativt højt vand-cement forhold. Sammensætningen af de 2 fibercementplader er sammenfattet i Tabel 6 1.

Tabel 6-1: Sammensætning af fibercementplader nr. 1 og 2.

Prøve nr.	Cement	Kapillærporøsitet (ikke karbonatiseret)	Asbest	Luftindeslutninger
1 og 2	Portland	Medium-høj	Chrysotil, farveløs amfibol	Høj (u. overlæg) Lav (ved bund)

På trods af at sammensætningen af fibercementen i pladerne er ensartet ses ældningen af de eksponerede dele af pladerne at være forskellig. I tabel 5.2 er sammenfattet udvalgte observationer fra mikroanalyserne, som ligger til grund for tilstandsvurderingen af pladerne.

Tabel 6-2: Sammenfatning af observationer fra mikroanalysen. Medmindre andet er angivet er alle mål angivet som den maksimale dybde i mm.

Prøve	Place-ring	Tykkelse*	Maling på overflade	Malings-tykkelse	Karbonatisering	Omdannet/udludet zone	Revne-dybde	Effektiv godstykkelse
1-bølgedal	Top	9,2	Opr. Lag	0,025-0,1	4	0	0	9,1
	Bund	9,7	Opr. + Nyt lag	0,01-0,03 + 0,15-0,3	1,5	0	0,1	
1-bølgetop	Top	9,7	Opr. Lag	0,035-0,075	9,7	0	0	8,5
	Bund	9	Opr. + Nyt lag	0,025-0,05 + 0,1-0,2	2	0	0,5	
2-bølgedal	Top	7,5	Opr. Lag	0,025-0,05	7,5	0	0	0
	Bund	5	Opr. Lag (slidt)	0	5	5	5	
2-bølgetop	Top	7,5	Opr. Lag	0,025-0,075	7,5	0	0	0
	Bund	7,5	Opr. Lag (slidt)	0-0,075	1	0,4-7,5	7,5	

Karbonatiseringen af cementpastaen er meget fremskreden i de områder af pladerne, som har ligget tørt under overlæg. Karbonatiseringen er typisk noget mere begrænset i de områder, som har været eksponeret mod vejret og dermed har været udsat for store mængder fugt. Karbonatiseringen er en proces, hvor cementpastaen reagerer med luftens CO₂ og ændrer sig kemisk til et karbonat. Processen giver i sig selv ikke nødvendigvis anledning til, at pladens styrke og tæthed nedsættes, men ved disse analyser ses en tendens til at den karbonatiserede cementpasta har en lavere kapillærporøsitet samtidig med at indholdet af porøsiteter (hulrum) er højere.

Udludning af cementpastaen, som opstår gennem langvarig fugtpåvirkning, medfører at den yderste cementpasta i overfladen decalcificeres og bliver herved svag og porøs. Under denne helt omdannede zone findes typisk en udludt zone, som ligeledes fremstår med en høj kapillærporøsitet. Der er ikke observeret tegn på væsentlig udludning i prøverne fra plade 1. I plade 2 ses områdevis en komplet omdannelse af pastaen som er op til 0,4-0,6 mm dybe. Herunder ses gennem det meste af



pladen en udludning af $\text{Ca}(\text{OH})_2$. I forbindelse med denne udludning ses ofte kalcit udfældninger i revner og hulrum.

Revneomfanget i de to plader er markant forskellige. I plade nr. 1 ses nogle mindre, fine overfladeparallele revner langs malingslaget i overfladen. I prøve nr. 2 er pladen gennemsat af revner.

7. Vurdering

På baggrund af den udførte undersøgelse kan følgende vurderes:

Fibercementpladernes initialt relativt høje kapillærporøsitet har medvirket til, at fugt har kunnet trænge ind i fibercementen, dersom pladerne ikke har været beskyttet af et vandtæt malingslag. Fugtindtrængningen kombineret med frost-tø påvirkning vurderes at være den primære årsag til, at plade nr. 2 er gennemrevnet. Derudover har fugtpåvirkningen i sig selv medført kraftig udludning og omdannelser, som yderligere har svækket pladen. Baseret på omfanget af revner og udludning i plade nr. 2 vurderes pladens levetid at være opbrugt.

Tilsvarende fugtbetinget nedbrydning er ikke observeret i plade nr. 1. I denne plade ses kun mindre revnedannelser lige under overfladens malingslag. I den eksponerede del af pladen ses lidt fugtbetingede udfældninger, som indikerer en begrænset fugtpåvirkning. Denne fugtpåvirkning har formentlig fundet sted før det "nye" malingslag blev påført. Pladens restlevetid afhænger således af malingslagets evne til at beskytte mod fugt. Dersom pladens overfladebehandling holdes vedlige, vurderes pladens restlevetid at være minimum 30 år endnu.



Dokumentation



8. Fotoregistrering af tagplader

Udført

De modtagne tagplader er registreret, fotograferet og givet en kortfattet karakteristik ved Claes Christiansen, 12. juli 2023.

Omfang

2 tagplader er registreret.

Resultat

Resultatet fremgår af efterfølgende sider:



Figur 8-1: Fotos af tagplade med markeret placering af fremstillede tyndslib prøveemner. Overkanten af pladen (med overlæg på) er til venstre.

Registreringer:

- Over- og underside af tagpladen har initialt været brunmalet.
- Den eksponerede overflade er sortmalet, mens de inddækkede dele af overfladen (under overlæg og skruehuller) og undersiden fremstår med den oprindelige brune.
- Der ses hvide udfældninger på overfladen under overlæg.
- Ingen synlige revner.



Figur 8-2: Fotos af tagplade med markeret placering af fremstillede tyndslib prøveemner. Overkanten af pladen (med overlæg på) er til venstre.

Registreringer:

- Over- og underside af tagpladen er sortmalet.
- Der ses nogle hvide udfældninger på overfladen under overlæg.
- Den eksponerede overflade er partielt begroet med alger, lav/svampe, mos etc.
- De nedre ~10 cm af pladerne er gennemsat af revner, som er orienteret parallelt med bølgeryggen. Revnerne ses både på over- og underside. Der ses hvide udfældninger i revnerne.
- På undersiden ses enkelte afskalninger i samme område.



9. Mikroanalyse

Udført

Mikroanalyse af tyndslib er udført den 11-16. august 2023 af Claes Christiansen.

Metode

Pladestykker er udsavet med vandkølet udstyr fra bølgeeternittagpladerne. Alle stykker er udtaget over henholdsvis bølgedale og -toppe; for hver plade er udtaget to stykker fra den beskyttede del i toppen (under overlæg) og to stykker fra den eksponerede del i bunden af pladen.

De udtagne stykker er udtørret og vakuumimpregneret med epoxy tilsat et fluorescerende farvestof. Tyndslib fremstilles af de impregnerede prøver, der nedslibes til en tykkelse på ca. 0,02 mm. Et tyndslib dækker et ca. 35-45 mm langt tværsnit gennem tagpladen. Tyndslib analyseres i polarisations- og fluorescensmikroskop.

Kvalitative mængdevurderinger:

<u>Grad</u>	<u>Mængde</u>
0	Ingen eller lidt
1	Nogle eller noget
2	En del
3	Meget

Revneviddebenævnelser:

<u>Revnevidde</u>	<u>Benævnelse</u>
>0,1 mm	Grove revner
0,01-0,1 mm	Fine revner
<0,01 mm	Mikrorevner

Omfang

Der er foretaget mikroanalyse af 8 stk. tyndslib udtaget fra følgende prøver:

<u>Tyndslib</u>	<u>Prøve</u>	<u>Placering</u>	<u>Objekt</u>
9112-1A	1	På tværs af bølgedal, under overlæg	Bølgeeternitplade
9112-1B	1	På tværs af bølgetop, under overlæg	Bølgeeternitplade
9112-2A	1	På tværs af bølgedal, eksponeret	Bølgeeternitplade
9112-2B	1	På tværs af bølgetop, eksponeret	Bølgeeternitplade
9112-3A	2	På tværs af bølgedal, under overlæg	Bølgeeternitplade
9112-3B	2	På tværs af bølgetop, under overlæg	Bølgeeternitplade
9112-4A	2	På tværs af bølgedal, eksponeret	Bølgeeternitplade
9112-4B	2	På tværs af bølgetop, eksponeret	Bølgeeternitplade

Resultat



Prøvebeskrivelse

Tyndslib 9112-1A er placeret på tværs af bølgedal under overlæg (ikke eksponeret).

Tyndslib 9112-2A er placeret på tværs af bølgedal i eksponeret område.

Sammensætning

Prøven består af en fibercement. Cementpastaen består af en portlandcement. Fibrene består af asbest; chryso-til og i mindre omfang farveløs amfibol (amosit). I mørtlen ses enkelte mindre calcitkorn.

Overflade

1A: Overfladen er dækket af et 0,025-0,1 mm tyndt malingslag, der er påført i 2 omgange. Der er fuld kontakt mellem de to malingslag og fuld kontakt mellem maling og fibercement. Malingen indeholder pigment. Begroning er ikke observeret.

Bagsiden er dækket af 0,0075-0,04 mm maling.

2A: Overfladen er dækket af et 0,15-0,3 mm tykt malingslag, der er påført på den oprindelige maling, som er 0,01-0,03 mm tykt. Der ses fuld kontakt mellem ny og gammel maling. Både den nye og ældre maling er påført i to omgange. Der ses en del luftindeslutninger mellem de to "nye" malingslag. Der er fuld kontakt mellem det øvre "nye" og nedre "ældre" malingslag. Der er fuld kontakt mellem de to ældre malingslag. Mellem fibercement og den ældre maling ses en enkelt luftindeslutning (~1 mm lang).

Bagsiden er dækket af 0,01-0,05 mm maling.

Zoner, porøsiteter og revner

1A: Cementpastaen er karbonatiseret i de øvre **2,8-4** mm af pladen. Herunder følger en **0,5-2** mm bred ikke-karbonatiseret zone. De nederste **1,2-2,4** mm af pladen er karbonatiseret.

Cementpastaen i den ikke-karbonatiserede zone indeholder en del relativ grovkornet, anhedral Ca(OH)_2 . Pastaen har en homogen, medium-høj kapillærporsitet. Der ses ingen udfældninger i hulrum.

Den karbonatiserede del af cementpastaen fremstår med en relativ lav kapillærporsitet. Der ses ingen udfældninger i hulrum.

Omfanget af mindre hulrum og porøsiteter (<2 mm) er forholdsvis højt. Der ses ingen større hulrum.

Der ses ingen revner.

2A: Cementpastaen er karbonatiseret i de øvre **0,05-1,5** mm af pladen. Herunder følger en **7,2-8** mm bred ikke-karbonatiseret zone. De nederste **0,1-1** mm af pladen er karbonatiseret.

Cementpastaen i den ikke-karbonatiserede zone indeholder en del relativ grovkornet, anhedral Ca(OH)_2 . Pastaen har en homogen, medium-høj kapillærporsitet. Sekundære fugtbetingede udfældninger i form af ettringit er observeret.

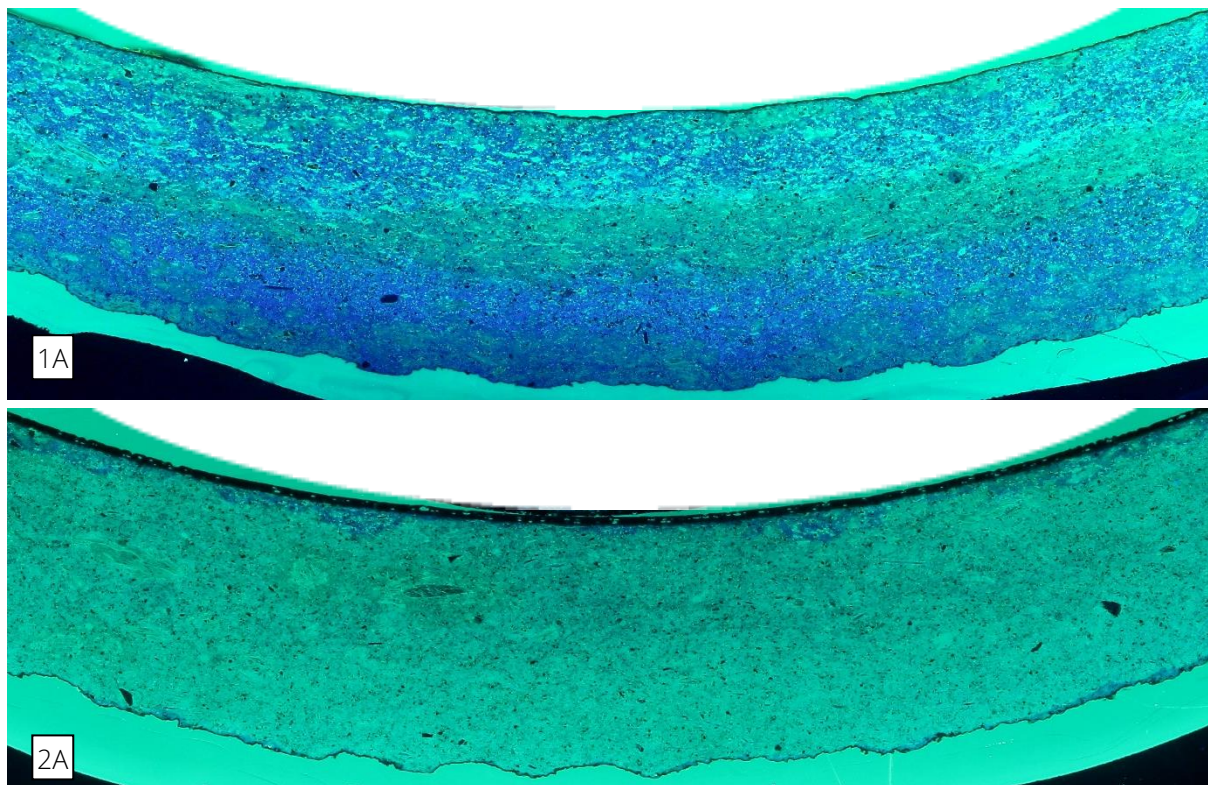
Den karbonatiserede del af cementpastaen fremstår med en lav kapillærporsitet. Der ses ingen udfældninger i hulrum eller på overfladerne.

Omfanget af mindre hulrum og porøsiteter (<2 mm) er lavt. Der ses ingen større hulrum.

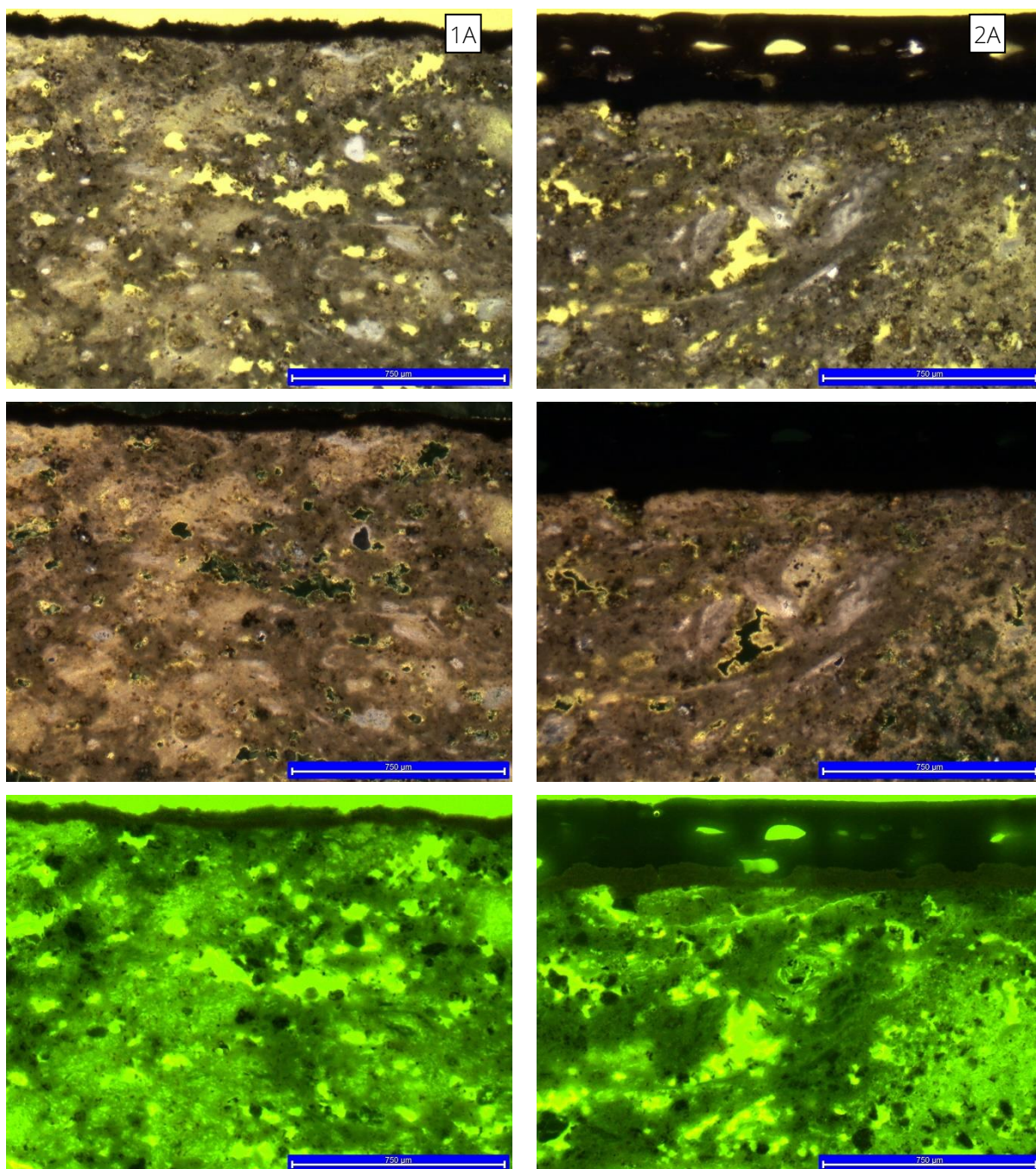
Der ses nogle fine overfladeparallele revner i de øvre 0,1 mm af pladen.

Prøve	Tykkelse*	Malingslag	Revner	Revne- dybde	Omdannet/ udludt zone	Porøs udl. zone	Karbonati- sering	Ud- fældn.
1A	9,2	0,025-0,1	Ingen	0	0	0	2,8-4	Ingen
2A	9,75	0,15-0,3 0,01-0,03	Nogle ved overflade	0,1	0	0	0,05-1,5	Nogen ettringit

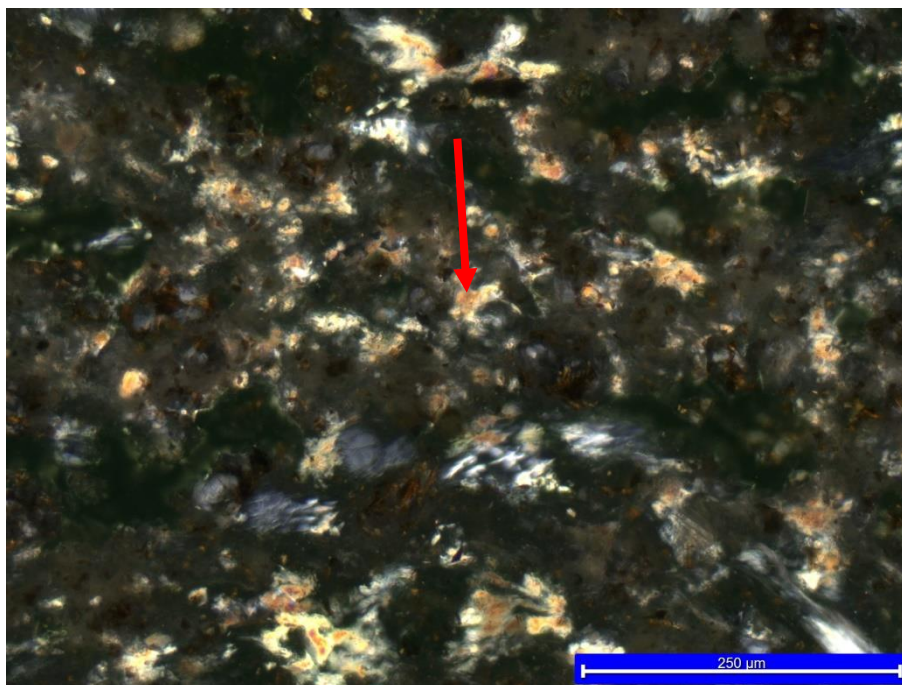
Tabel: Observerede dybdemål [mm]. *Tykkelse af tværsnit er målt i bunden af bølgedal.



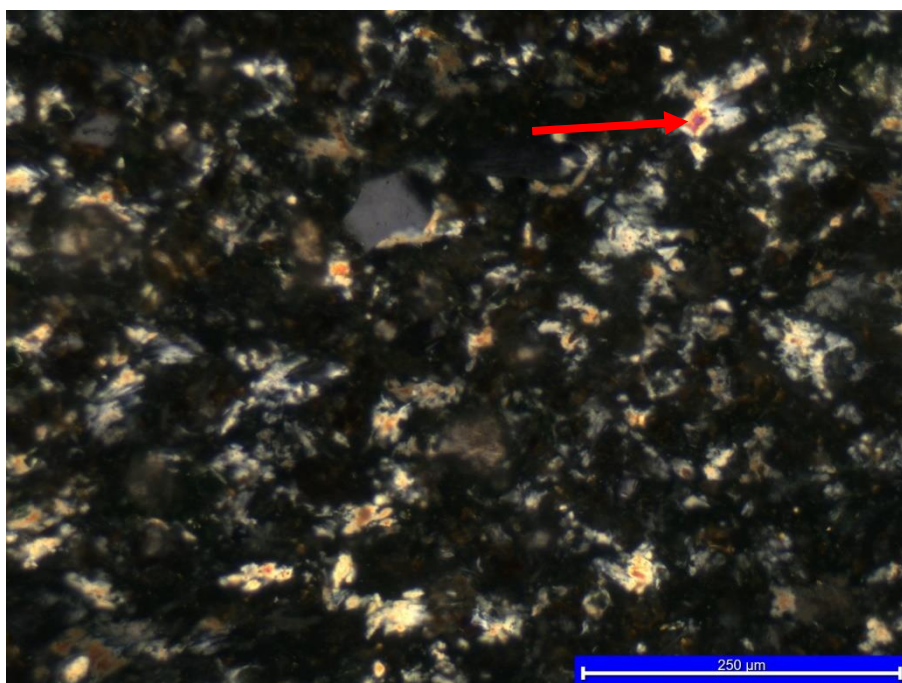
Figur 9-1: Fotos af tyndslib nr. 9112-1A (øverst) og 9112-2A (nederst) fra tagplade nr. 1 set i UV-lys. Oversiden af pladen er vendt op. Bredden af billedet svarer til 35 mm.



Figur 9-2: Udsnit af mikrostruktur ved overflade set i planpolariseret (øverst), krydsede nikoller (midt) og UV-lys (nederst). Udsnit fra tyndslib 1A er vist til venstre og 2A til højre.



Figur 9-3: Tyndslib 1A. Udsnit af den ikke-karbonatiserede del midt i fibercementpladen, set med krydsede polarisatorer. Der ses en del anhydral $\text{Ca}(\text{OH})_2$ i fordelt cementpastaen (eksempel ved pil).



Figur 9-4: Tyndslib 2A. Udsnit af den ikke-karbonatiserede del midt i fibercementpladen, set med krydsede polarisatorer. Der ses en del anhydral $\text{Ca}(\text{OH})_2$ i fordelt cementpastaen (eksempel ved pil).



Prøvebeskrivelse

Tyndslib 9112-1B er placeret på tværs af bølgetop under overlæg (ikke eksponeret).

Tyndslib 9112-2B er placeret på tværs af bølgetop i eksponeret område.

Sammensætning

Prøven består af en fibercement. Cementpastaen består af en portlandcement. Fibrene består af asbest; chryso-til og i mindre omfang farveløs amfibol (amosit). I mørtlen ses enkelte mindre calcitkorn.

Overflade

1B: Overfladen er dækket af et 0,035-0,075 mm tyndt malingslag, der er påført i 2 omgange. Der er fuld kontakt mellem de to malingslag og fuld kontakt mellem maling og fibercement. Malingen indeholder pigment. Begroning er ikke observeret.

Bagsiden er dækket af 0,015-0,05 mm maling.

2B: Overfladen er dækket af et 0,1-0,2 mm tykt malingslag, der er påført på den oprindelige maling, som er 0,025-0,05 mm tykt. Der ses en del luftindeslutninger mellem ny og gammel maling. Både den nye og ældre maling er påført i to omgange. Der ses en del luftindeslutninger mellem de to "nye" malingslag. Der er fuld kontakt mellem det øvre "nye" og nedre "ældre" malingslag. Der ses enkelte huller i det ældre malingslag, som efterfølgende er dækket af det nye malingslag.

Bagsiden er dækket af 0,01-0,1 mm maling.

Zoneringer, porøsiteter og revner

1B: Bortset fra nogle mindre ikke-karbonatiserede områder er cementpastaen **gennemkarbonatiseret**.

Cementpastaen i de mindre ikke-karbonatiserede områder har en medium kapillærporøsitet. Der ses ingen udfældninger i hulrum.

Den karbonatiserede cementpasta fremstår med en lav kapillærporøsitet. Der ses ingen udfældninger i hulrum.

Omfanget af mindre hulrum og porøsiteter (<2 mm) er relativt højt. Der ses ingen større hulrum.

Der ses ingen revner.

2B: Cementpastaen er karboniseret i de øvre **0,075-2** mm af pladen. Herunder følger en **5,2-8** mm bred ikke-karboniseret zone. De nederste **0,125-1** mm af pladen er karboniseret.

Cementpastaen i den ikke-karbonatiserede zone indeholder en del relativ grovkornet, anhedral $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Pastaen har en homogen, medium-høj kapillærporøsitet. Sekundære fugtbetingede udfældninger i form af ettringit er observeret.

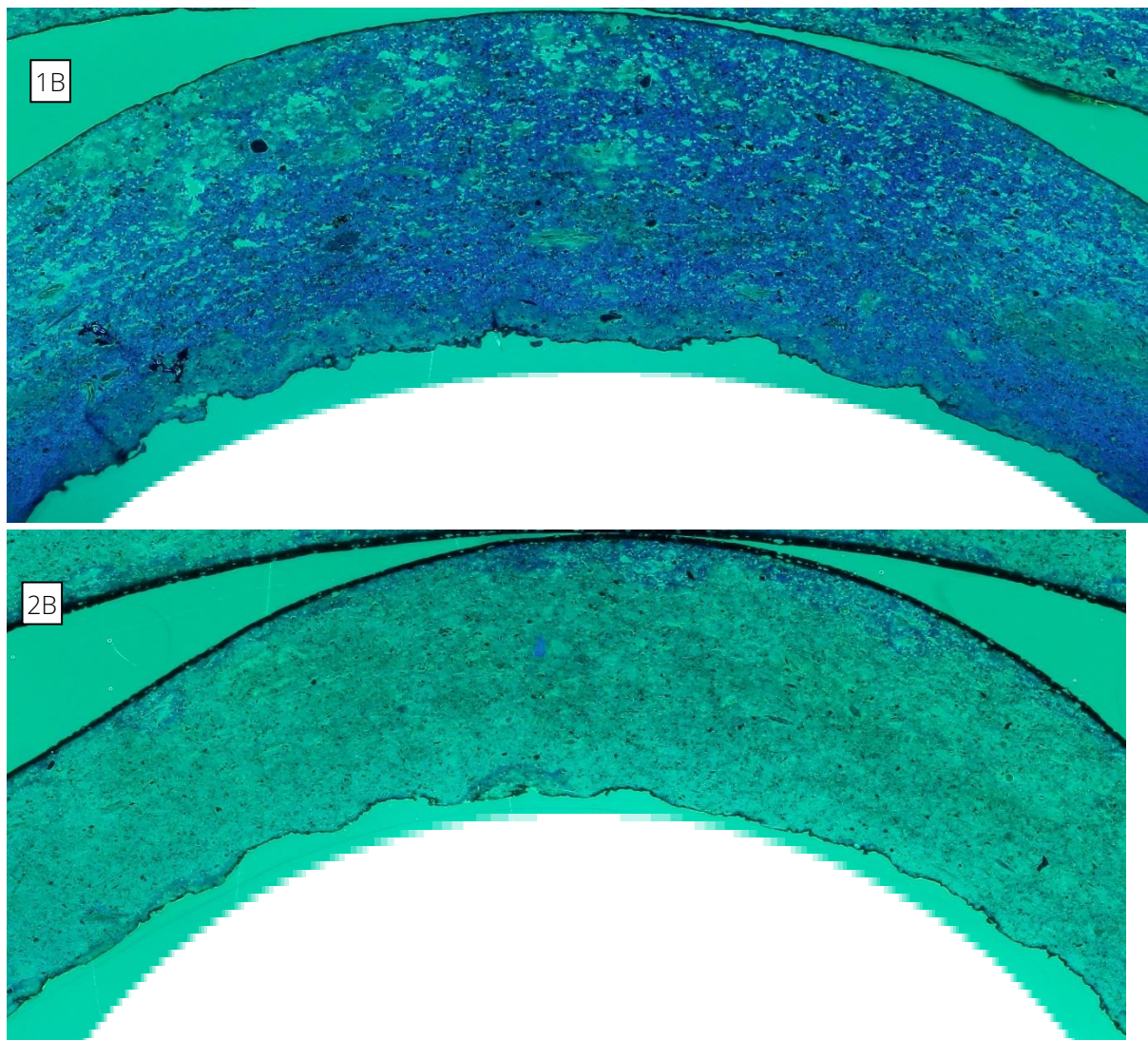
Den karbonatiserede del af cementpastaen fremstår med en relativ lav kapillærporøsitet. Der ses ingen udfældninger i hulrum eller på overfladerne.

Omfanget af mindre hulrum og porøsiteter (<2 mm) er lavt. Der ses ingen større hulrum.

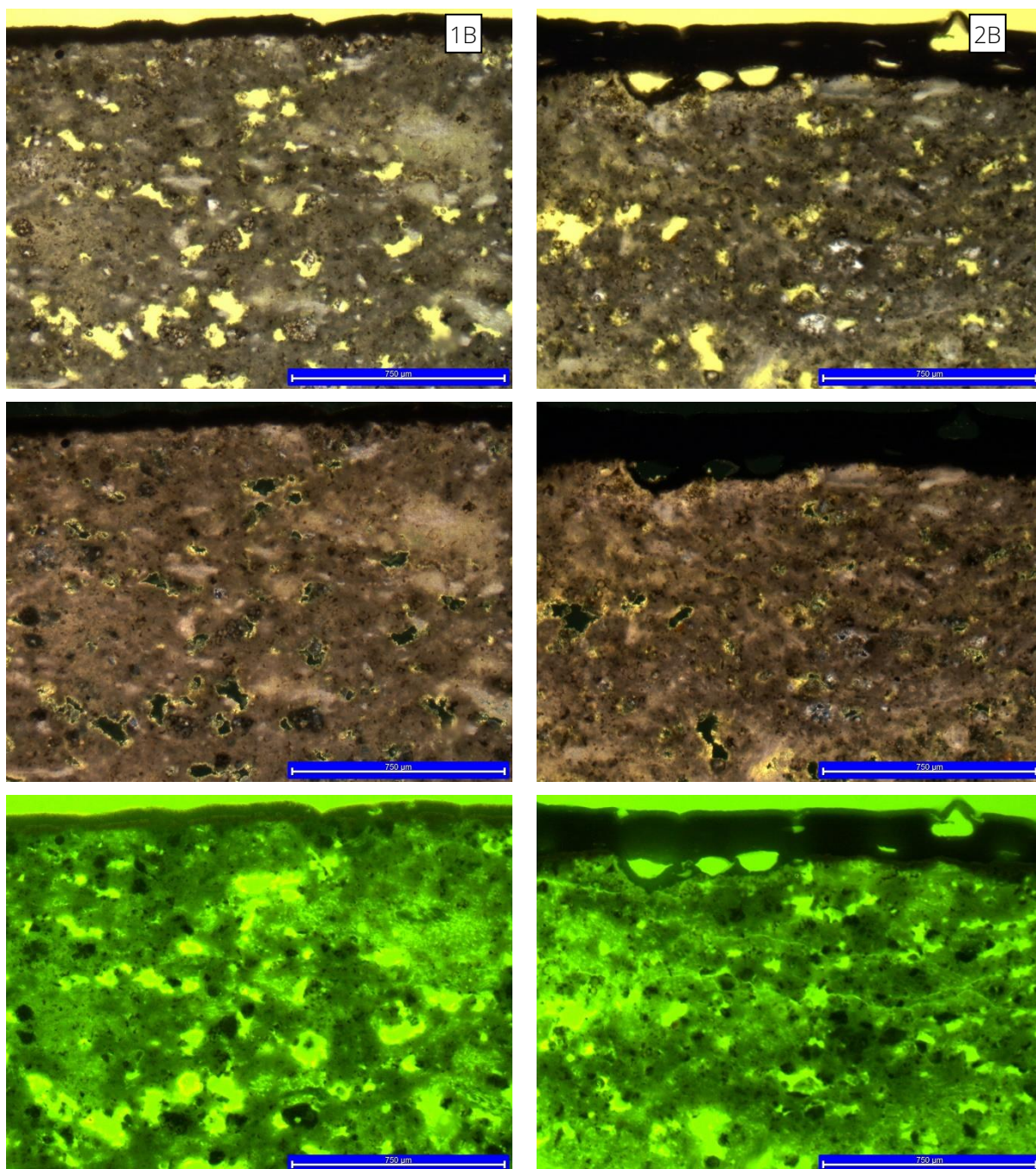
Der ses nogle fine overflade parallelle revner i de øvre 0,5 mm af pladen. Nogle af revnerne er udfyldt af gips-lignende materiale.

Prøve	Tykkelse*	Malingslag	Revner	Revne- dybde	Omdannet/ udludt zone	Porøs udl. zone	Karbonati- sering	Ud- fældn.
1B	9,75	0,035-0,075	Ingen	-	ingen	ingen	Gennem- karb.	Ingen
2B	9	0,1-0,2 0,025-0,05	Nogle ved overflade	0,5	ingen	ingen	0,075-2	Nogen ettringit

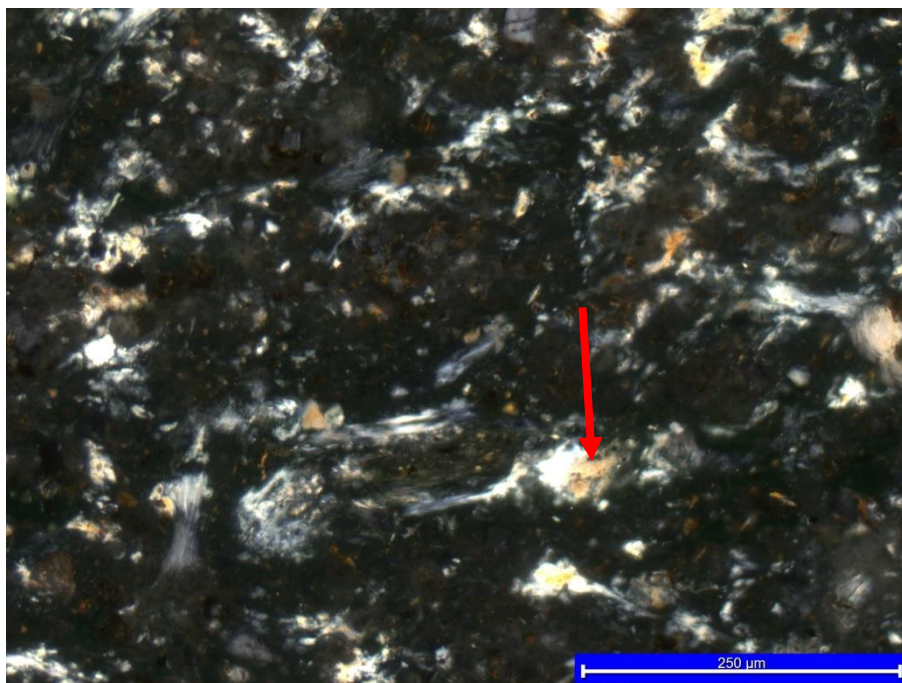
Tabel: Observerede dybdemål [mm]. *Tykkelse af tværsnit er målt i toppen af bølgetop.



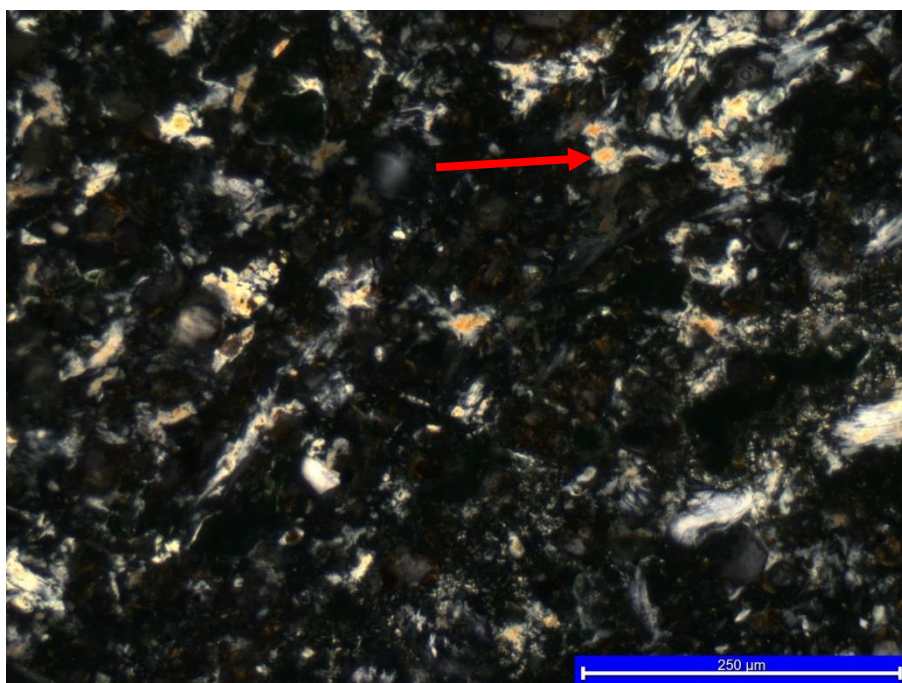
Figur 9-5: Fotos af tyndslib nr. 9112-1B (øverst) og 9112-2B (nederst) fra tagplade nr. 1 set i UV-lys. Oversiden af pladen er vendt op. Bredden af billedet svarer til 35 mm.



Figur 9-6: Udsnit af mikrostruktur ved overflade set i planpolariseret (øverst), krydsede nikoller (midt) og UV-lys (nederst). Udsnit fra Tyndslib 1B er vist til venstre og 2B til højre.



Figur 9-7: Tyndslib 1B. Udsnit af den ikke-karbonatiserede del midt i fibercementpladen, set med krydsede polarisatorer. Der ses en del anhydral Ca(OH)_2 i fordelt cementpastaen (eksempel ved pil).



Figur 9-8: Tyndslib 2B. Udsnit af den ikke-karbonatiserede del midt i fibercementpladen, set med krydsede polarisatorer. Der ses en del anhydral Ca(OH)_2 i fordelt cementpastaen (eksempel ved pil).



Prøvebeskrivelse

Tyndslib 9112-3A er placeret på tværs af bølgedal under overlæg (ikke eksponeret).

Tyndslib 9112-4A er placeret på tværs af bølgedal i eksponeret område.

Sammensætning

Prøven består af en fibercement. Cementpastaen består af en portlandcement. Fibrene består af asbest; chryso-til og i mindre omfang farveløs amfibol (amosit). I mørtlen ses enkelte mindre calcitkorn.

Overflade

3A: Overfladen er dækket af et 0,025-0,05 mm tyndt malingslag. Der er fuld kontakt mellem maling og fibercement. Malingen fremstår noget nedbrudt og forvitret.

Bagsiden er dækket af 0,01-0,03 mm maling.

4A: Størstedelen af malingen er skallet af sammen med en del af den øverste fibercement. Der ses enkelte rester af maling på oversiden. Afskalningerne i overfladen er op til 0,6 mm dybe

Store dele af bagsiden er skallet af ifm. prøvepræparationen. Der ses enkelte rester af maling.

Zoneringer, porøsiteter og revner

3A: Cementpastaen er gennemkarbonatiseret.

Den karbonatiserede del af cementpastaen fremstår med en inhomogen medium-lav kapillærporøsitet. Der ses ingen udfældninger i hulrum.

Omfanget af mindre hulrum og porøsiteter (<2 mm) er medium. Der ses ingen større hulrum.

Der ses ingen revner.

4A: Mod oversiden ses relativt store områder med helt udludet og omdannet, gennemsigtig cementpasta, som er op til 0,6 mm dybe. Herunder ses cementpastaen at være gennemkarbonatiseret (bortset fra et mindre område).

Generelt ses pladen at være gennemsat af hovedsageligt overfladeparallelle revner. I en del af revnerne ses kraftige karbonatiserede udfældninger.

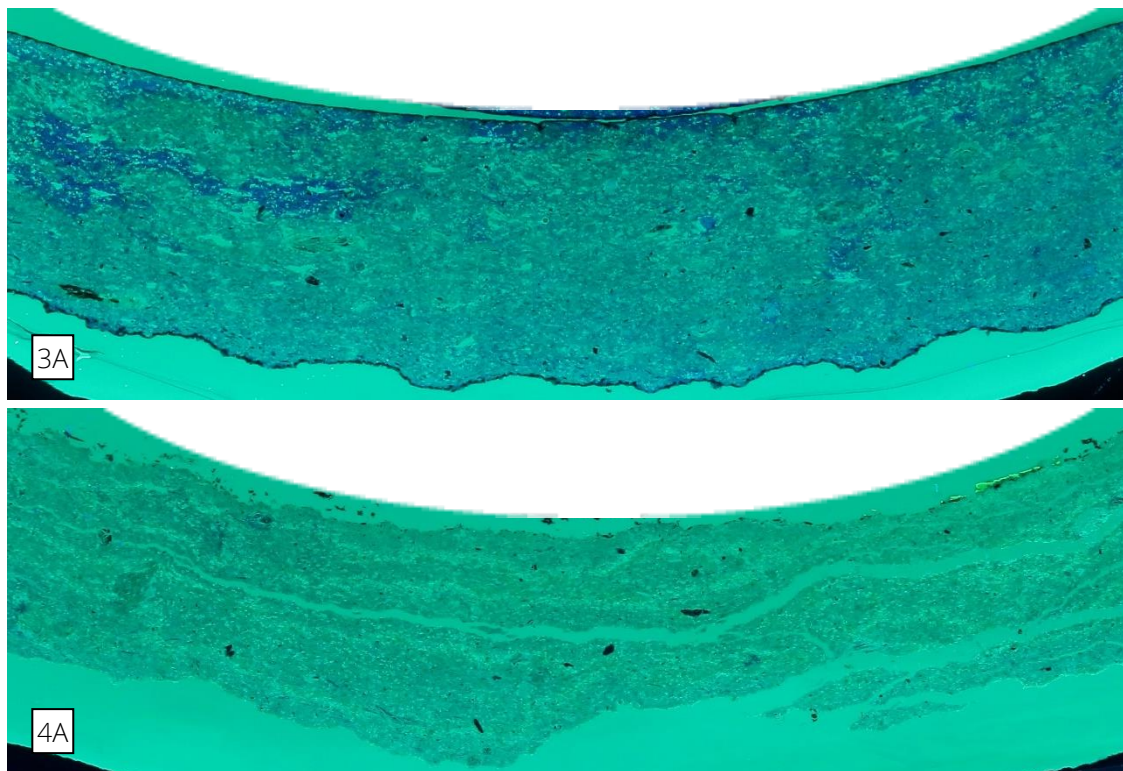
Cementpastaen i det mindre ikke-karbonatiserede område har en høj kapillærporøsitet, og der ses kraftige udfældninger af ettringit i hulrum.

Den karbonatiserede del af cementpastaen fremstår med en høj kapillærporøsitet. Der ses kraftige karbonatiserede udfældninger og nogle ettringit-lignende udfældninger i hulrum.

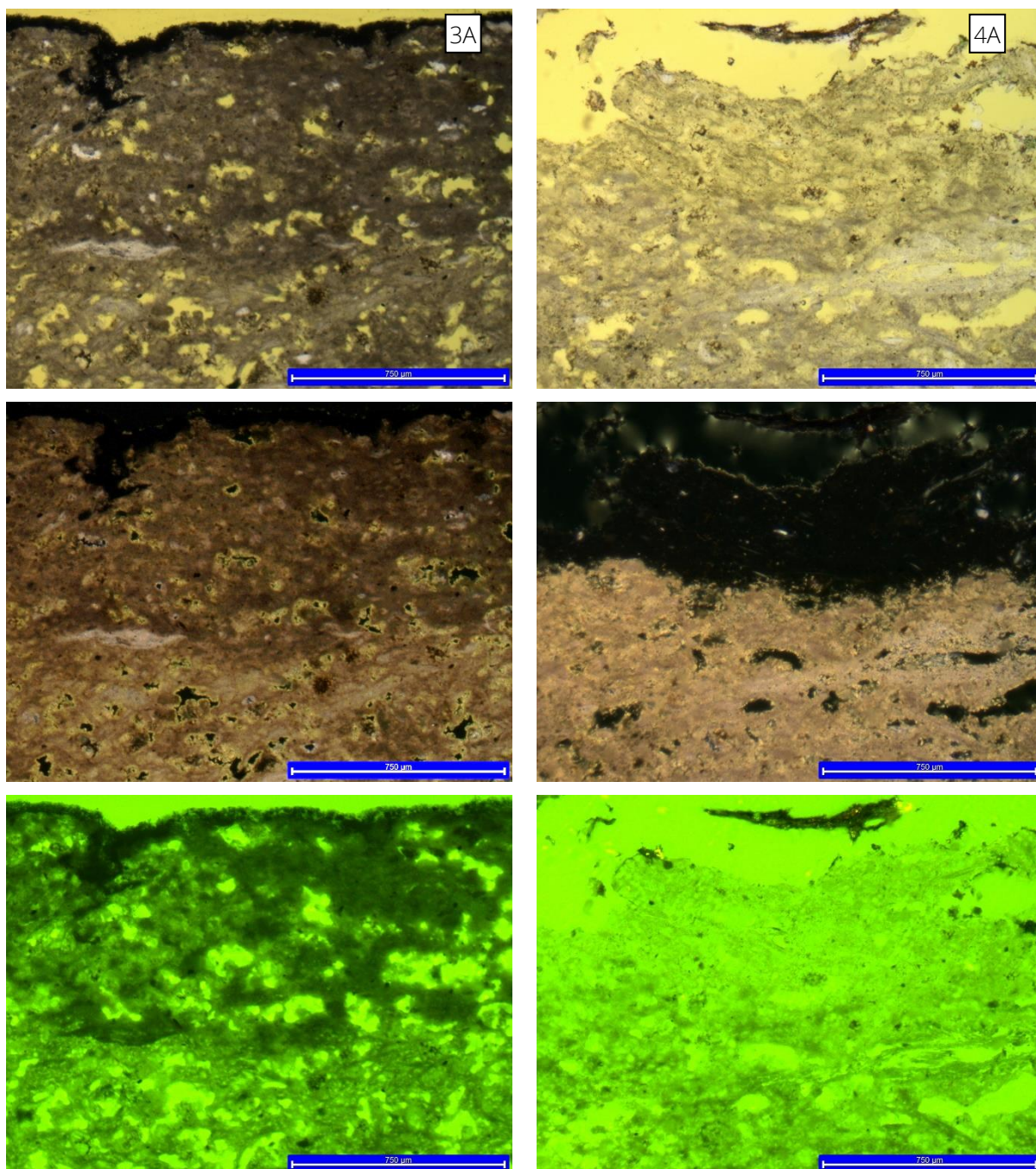
Omfanget af mindre hulrum og porøsiteter (<2 mm) er lavt. Der ses ingen større hulrum.

Prøve	Tykkelse*	Malingslag	Revner	Revne- dybde	Omdannet/ udludet zone	Porøs udl. zone	Karbonati- sering	Udfældn.
3A	7,5	0,025-0,05	Ingen	0	0	0	Gennem- karb.	Ingen
4A	5	Ikke målt	gennem- revnet	>5	0,6	>5	Gennem- karb.	Mange, ettrin- git og calcit

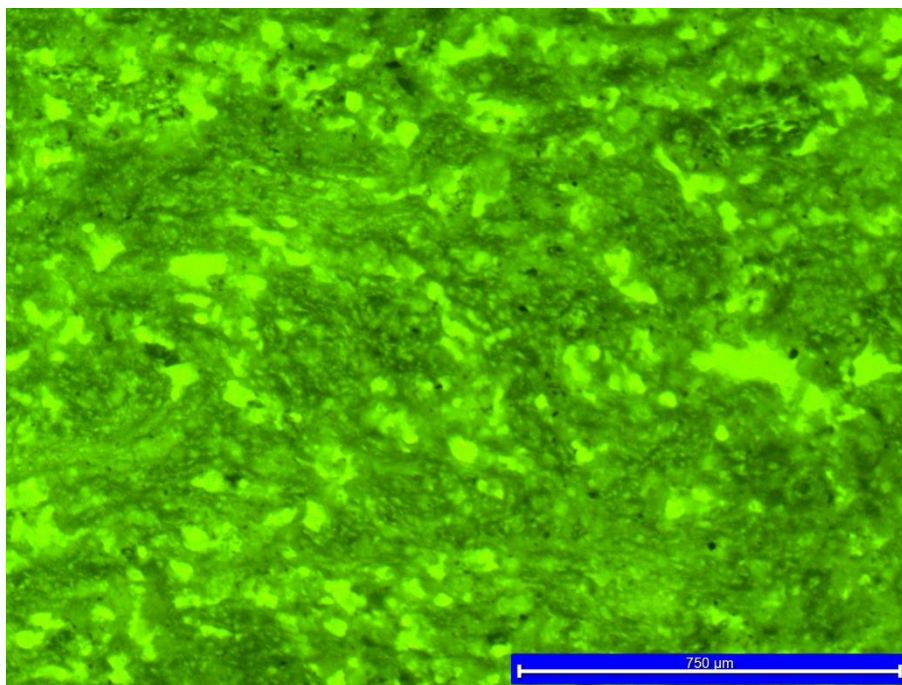
Tabel: Observerede dybdemål [mm]. *Tykkelse af tværsnit er målt i bunden af bølgedal.



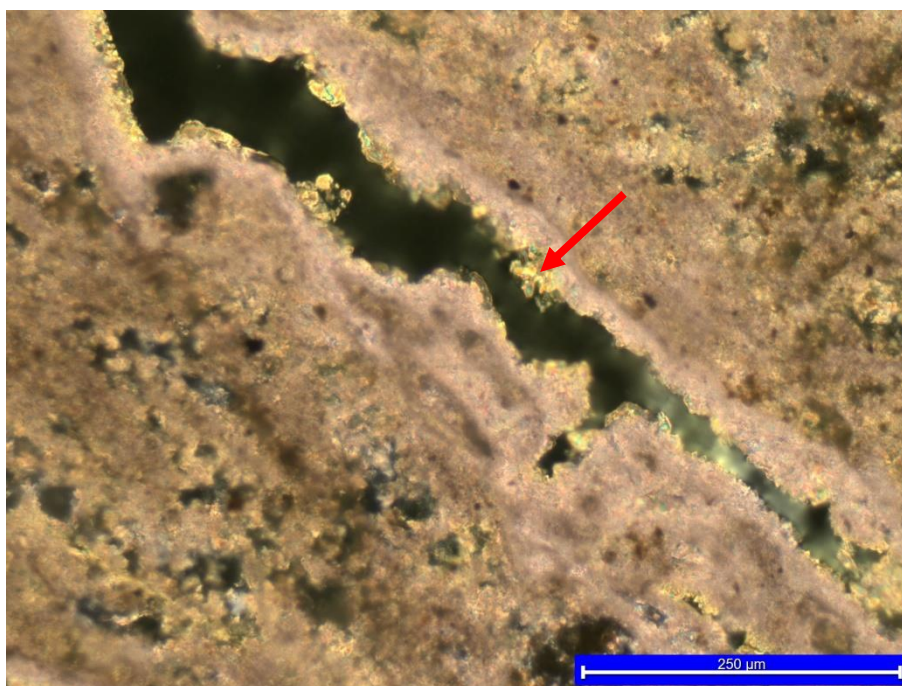
Figur 9-9: Fotos af tyndslib nr. 9112-3A (øverst) og 9112-4A (nederst) fra tagplade nr. 2 set i UV-lys. Oversiden af pladen er vendt op. Bredden af billedet svarer til 35 mm.



Figur 9-10: Udsnit af mikrostruktur ved overflade set i planpolariseret (øverst), krydsede nikoller (midt) og UV-lys (nederst). Udsnit fra tyndslib 3A er vist til venstre og 4A til højre.



Figur 9-11: Tyndslib 3A. Medium-lav kapillærporøsitet af cementpastaen midt i fibercementpladen. Set i UV-lys.



Figur 9-12: Tyndslib 4A. Karboniserede udfældninger (pil) i revne midt i pladen. Krydsede nikoller.



Prøvebeskrivelse

Tyndslib 9112-3B er placeret på tværs af bølgetop under overlæg (ikke eksponeret).

Tyndslib 9112-4B er placeret på tværs af bølgetop i eksponeret område.

Sammensætning

Prøven består af en fibercement. Cementpastaen består af en portlandcement. Fibrene består af asbest; chryso-til og i mindre omfang farveløs amfibol (amosit). I mørtlen ses enkelte mindre calcitkorn.

Overflade

3B: Overfladen er dækket af et 0,025-0,075 mm tyndt malingslag. Der er fuld kontakt mellem maling og fibercement, men malingen fremstår nedbrudt og forvitret.

Bagsiden er dækket af 0-0,075 mm maling.

4B: Overfladen er dækket af et 0-0,075 mm tyndt malingslag. Malingen fremstår nedbrudt og forvitret og er slidt helt væk over større områder. Der ses afskalningerne i overfladen, som er op til 0,4 mm dybe

Der ses afskalninger i bagsiden. I de ikke-afskallede områder ses 0,03-0,1 mm maling på overfladen.

Zoneringer, porøsiteter og revner

3B: Cementpastaen er gennemkarboniseret. Pastaen fremstår noget inhomogen med en lav til medium kapillærporøsitet.

Der ses ingen udfældninger.

Omfanget af mindre hulrum og porøsiteter (<2 mm) er højt. Der ses ingen større hulrum.

Der ses ingen revner.

4B: Mod oversiden ses relativt store områder med helt udludet og omdannet, gennemsigtig cementpasta, som er op til 0,4 mm dybe. Herunder ses en 0-1 mm fortættet, karboniseret zone, 2,5-6,5 mm ikke-karboniseret zone, 0,11-0,5 mm fortættet karboniseret zone og mod undersiden en mere porøs karboniseret zone som er 0-1,5 mm tyk.

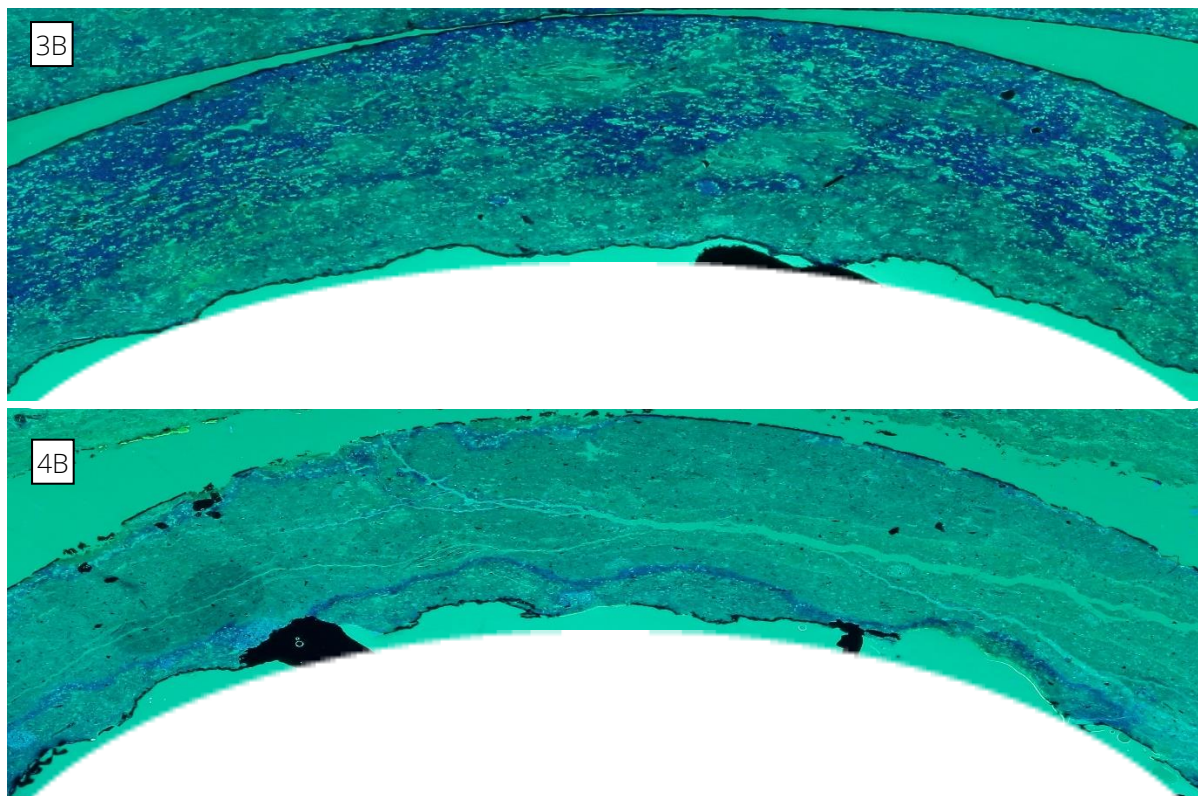
Generelt ses pladen at være gennemsat af hovedsageligt overfladeparallele revner. I en del af revnerne ses kraftige karboniserede udfældninger.

Cementpastaen i den ikke-karboniserede zone har en medium-høj kapillærporøsitet. Pastaen omkring revnerne ses at være udludet for $\text{Ca}(\text{OH})_2$ og fremstår isotrop. I nogle af revnerne ses kraftige karboniserede udfældninger; omkring disse revner er cementpastaen udludet for $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

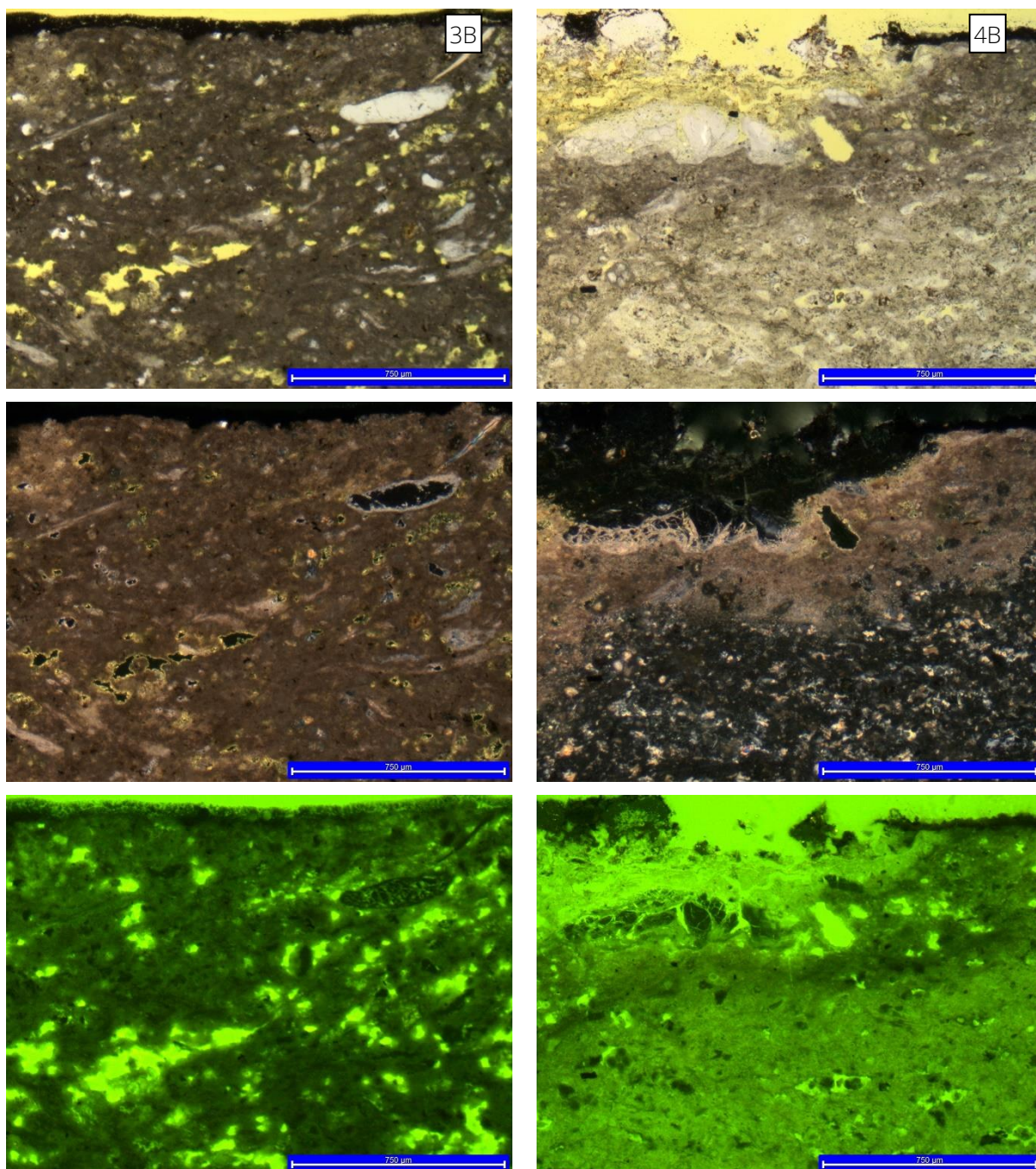
Omfanget af mindre hulrum og porøsiteter (<2 mm) er lavt. Der ses ingen større hulrum.

Prøve	Tykkelse*	Malingslag	Revner	Revne- dybde	Omdannet/ udludet zone	Porøs udl. zone	Karbonati- sering	Ud- fældn.
3B	7,5	0,025-0,1	Ingen	-	ingen	ingen	Gennem- karb.	Ingen
4B	7,5	0-0,075	gennem- revnet	>7,5	0,4	Omkring nogle rev- ner	0-1	Mange, calcit, et- tringit

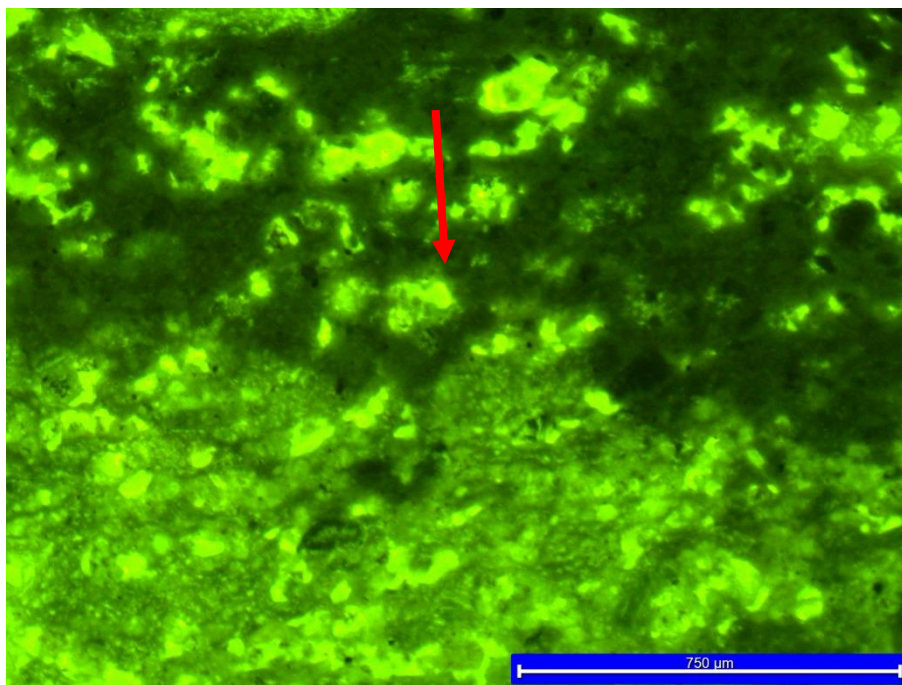
Tabel: Observerede dybdemål [mm]. *Tykkelse af tværsnit er målt i toppen af bølgetop.



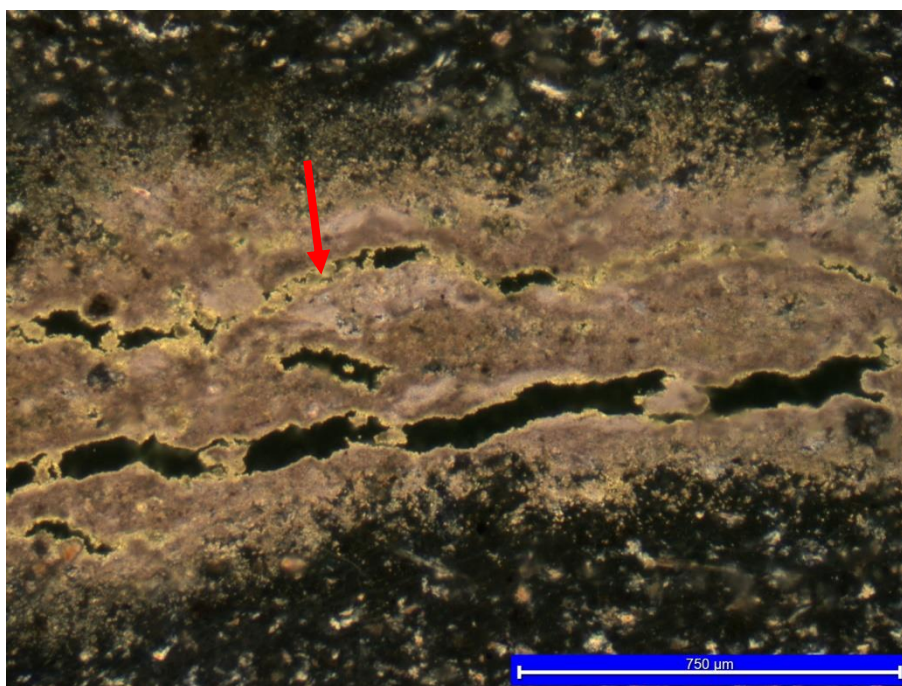
Figur 9-13: Fotos af tyndslib nr. 9112-3B (øverst) og 9112-4B (nederst) fra tagplade nr. 2 set i UV-lys. Oversiden af pladen er vendt op. Bredden af billedet svarer til 35 mm.



Figur 9-14: Udsnit af mikrostruktur ved overflade set i planpolariseret (øverst), krydsede nikoller (midt) og UV-lys (nederst). Udsnit fra tyndslib 3B er vist til venstre og 4B til højre.



Figur 9-15: Tyndslib 3B. Variation i kapillærporøsitet af cementpastaen midt i fibercementpladen. Set i UV-lys.



Figur 9-16: Prøve 4B. Karbonatiserede udfældninger (pil) i revne midt i pladen. Krydsede nikoller.