

## NASJONALE OPPGAVER: METODEUTVIKLING

Metylcellulose og andre celluloseetere for konsolidering av limfarge.  
Delrapport 3 2023







Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)

Storgata 2, Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo

Telefon: 23 35 50 00

[www.niku.no](http://www.niku.no)

<http://www.niku.no/>

Tittel Nasjonale oppgaver: Metodeutvikling Metylcellulose og andre celluloseetere for konsolidering av limfarge. Delrapport 3 2023	Rapporttype/nummer NIKU Rapport 293	Publiseringsdato 31.12.2023
	Prosjektnummer 1022554-04	Sider 39
	Avdeling Konservering	Tilgjengelighet Åpen
Forfatter(e) Mengshoel, Karen, Elena Platania	ISSN 2703-7797 ISBN 978-82-8101-440-4	Oppdragstidspunkt / periode utført 2023
	Forsidebilde Testkonsolidering på NIKUs atelier. Foto: NIKU	

Prosjektleder Karen Mengshoel
Prosjektmedarbeider(e) Elena Platania, Barbro Wedvik
Kvalitetssikrer Kjersti Marie Ellewssen

Oppdragsgiver / finansiert av Riksantikvaren, Klima og miljødepartementet
--

<p><b>Sammendrag</b> NIKU viderefører Nasjonale oppgaver: metodeutvikling, på oppdrag fra Klima og Miljødepartementet. Tester og analyser av metylcellulose og nanocellulose for flatekonsolidering av limfarge er videreført på prøveoppstryk på NIKUs atelier. Konsolideringsmidlene i testene ble tilsatt nanosølv som markør for påvisning i elektronmikroskop før påføring. I tillegg ble materialprøver fra tidligere testfelt undersøkt med Raman-mikroskopi. Analysene ble utført på Kulturhistorisk museums laboratorium på Økern. Allerede eksisterende testfelt på original limfarge ble i tillegg fulgt opp. Resultatene viser at metylcellulose løst i kun vann står noe bedre enn metylcellulose løst i vann og etanol, men resultatet er usikkert på grunn av lite testmateriale. Analyser av metylcellulose tilsatt nanosølv har ennå ikke gitt resultater.</p>
<p><b>Abstract</b> NIKU continues <i>Nasjonale oppgaver: metodeutvikling</i>, commissioned by the Ministry of Climate and Environment. Tests and analyses of Methyl Cellulose and Nanocellulose for consolidation of distemper paint were carried out at NIKUs studio. The consolidation materials were synthesized with nano silver as a marker for detection in scanning electron microscope before application. In addition, samples from existing test areas were analyzed using Raman microscopy. Scientific analyses were carried out at The Museum of cultural history's facilities at Økern. Assessment of existing test areas on original distemper surfaces were continued. Test areas with methyl cellulose dissolved in only water age better than methyl cellulose dissolved in a mixture for water and alcohol, but the results are uncertain. Analyses of Methyl Cellulose marked with nano silver have not yet shown results.</p>

Emneord Metylcellulose, nanocellulose, limfarge, flatekonsolidering, Raman, SEM-EDS, kolloidialt sølv
Keywords Methyl cellulose, nano cellulose, distemper paint, Raman, SEM-EDS, colloidal silver

Avdelingsleder  
Kjersti Marie Ellewssen



## Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon .....	6
1.1	Bakgrunn .....	6
1.2	Hovedproblemstillinger 2023 .....	6
2	Metode .....	7
2.1	Litteratursøk .....	7
2.2	Tester i laboratorium: Testkonsolidering på prøveoppstryk .....	7
2.2.1	Prøveoppstryk .....	7
2.2.2	Testkonsolidering .....	7
2.2.3	Markering med kolloidalt sølv .....	10
2.3	Testfelt på original overflate i Tylldalen kirke .....	11
2.4	Sjekk av eksisterende testfelt i Tylldalen kirke .....	12
2.5	Analyser .....	12
2.5.1	Raman .....	12
2.5.2	SEM .....	12
3	Resultater .....	13
3.1	Tester i laboratorium: Testkonsolidering med metylcellulose og nanocellulose på prøveoppstryk .....	13
3.2	Testfelt på original limfarge i Tylldalen kirke .....	21
3.3	Sjekk av eksisterende testfelt fra 2021 i Tylldalen kirke .....	24
3.4	Analyser .....	28
3.4.1	Raman-analyser av tverrsnitt fra Tylldalen .....	28
3.4.2	SEM-analyser av testkonsolidering på oppstryk på atelier .....	30
4	Diskusjon .....	35
4.1	Påvisning av sølv .....	35
4.2	Sølvmarkering og håndteringsegenskaper .....	35
4.3	Tiksotropi og inntrengingsevne .....	35
4.4	Mock-up og representativitet .....	35
4.5	Testfelt på originale overflater .....	36
4.6	Teori vs. praksis .....	36
5	Konklusjon og veien videre .....	36
6	Referanser .....	37
7	Vedlegg .....	38
7.1	Materialliste .....	38

# 1 Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn

NIKU jobber med metodeutvikling på konserveringsfeltet for nasjonale oppgaver tildelt fra Klima- og Miljødepartementet. Formålet med de nasjonale midlene er å sørge for at instituttet har ressurser til å bistå med særskilt nasjonal fagkompetanse på prioriterte områder for miljøforvaltningen og med betydning for allmenheten. NIKU skal være et nasjonale kompetansesenter i konservering og utvikle kompetanse som er nødvendig for å bevare vernede og fredete bygninger og kirker med særlig henblikk på bemalte interiører, herunder inventar, dekor og kunst av nasjonal betydning. Gjennom midlene for 2023 har NIKU videreført prosjektet *Vurdering av metylcellulose og andre celluloseetere til konsolidering av limfarge*.

Prosjektet søker å forbedre dagens metoder for flatekonsolidering og bevaring av limfargedekor i Norge og i norsk klima. Resultatene vil også ha overføringsverdi til konsolidering av andre porøse malingsstrukturer. For introduksjon til limfargens bevaringsproblematikk, se Jernæs, Ørnhøi og Olstads artikler *A complex conservation challenge. Consolidation of Norwegian distemper paint decorations* (Jernæs & Ørnhøi, 2021) og *Consolidating distemper paint – reviewing the suitability of sturgeon glue* (A. A. Ørnhøi, Olstad & Jernæs, 2022). For introduksjon til metylcellulose (MC) som del av Nasjonale oppgaver og litteraturgjennomgang, se rapport del 1 fra 2021 (Mengshoel, 2021) og for detaljer rundt prøveoppstryk og prøveuttak, se rapport del 2 fra 2022. (Mengshoel, 2022)

NIKU vil presisere at dette er et prosjekt under arbeid, og at metodeutvikling tar tid og krever ressurser. Denne rapporten bærer derfor preg av å være et arbeidsdokument for videre arbeid for å finne en egnet konsolideringsmetode, og gi svar på eksisterende og fremtidige bevaringsutfordringer for limfargedekor.

## 1.2 Hovedproblemstillinger 2023

Problemstillingene skissert opp for *Metylcellulose og andre celluloseetere* i 2023 var

- Hvordan kan vi finne igjen limet i strukturen?
- Kan blanding av lange og korte molekyllengder komplettere hverandre i konsolideringen?

For å undersøke disse problemstillingene ble veien videre for 2023 skissert opp i følgende kulepunkter:

- Raman punktanalyser av tverrsnitt, lag for lag nedover i strukturen. Da vil det kanskje være mulig å se hvor dypt metylcellulose har penetrert uten forstyrrelse av kritt i Raman spekteret som man får i FTIR.
- SEM-EDS av tverrsnitt, da kan tverrsnittet mappes<sup>1</sup>. Denne metoden kan kun påvise uorganiske stoffer, men om metylcellulose/nanocellulose tilsettes en markør, f.eks. kolloidalt sølv eller jern, vil den kunne påvises i strukturen. Gjennom SEM-EDS-analyse kan også strukturene i malingen vurderes på mikronivå og det kan være mulig å vurdere om originalt

---

<sup>1</sup> Mapping: Punktanalyser utføres flere steder på prøvens overflate slik at analyseresultatene til slutt danner et kart som viser distribusjon av ulike materialer i prøven.

bindemiddel, eller størlimet brukt som konsolideringsmiddel, er blitt brutt ned gjennom eksponering for metylcellulose tilsatt etanol.

- Forsøk med tilsetning av krystallinsk nanocellulose til metylcellulose.

Oppgaver som er vurdert, men som ikke kunne utføres innenfor budsjettet for 2023:

- Fluorescensmarkering med fluorescein videreføres. Ytterligere tester bør utføres, i ulike konsentrasjoner og på mer standardiserte oppstryk. Prøvene bør undersøkes i Ultrafiolett lys i ulike bølgelengder, for å unngå forstyrrende fluorescens fra de andre materialene i prøvene.
- Forsøk med blanding av størlim og metylcellulose.
- Prøveoppstryk med andre celluloseetere, kanskje i samarbeid med Nasjonalmuseet.

## 2 Metode

### 2.1 Litteratursøk

Det er gjort nye litteratursøk siden prosjektet nå innebefatter både nanocellulose og metylcellulose med svært korte molekyler. Dessuten har det blitt publisert ny forskning på materialet de to siste årene.

### 2.2 Tester i laboratorium: Testkonsolidering på prøveoppstryk

#### 2.2.1 Prøveoppstryk

Hovedproblemstillingen for årets metylcelluloseprosjekt var å undersøke hvor langt inn i en limfargestruktur ulike metylcelluloser penetrerer, både alene og i blanding mellom ulike molekyllengder og med og uten løsemiddeltilsetning.

Det ble utført testkonsolideringer med metylcellulose (MC) med ulik viskositet CP 15, CP 400, CP 4000<sup>2</sup> i tillegg til krystallinsk nanocellulose (CNC) av Karen Mengshoel og Barbro Wedvik. Det var ikke timer på prosjektet til å gjøre nye oppstryk på testplater med kritt, så testkonsolidering ble utført på treplater med et lag kritt bundet i harelim strøket opp i forbindelse med kurs i limfargemaling i 2021. Disse oppstrykene/testplatene har en del ulikheter med originale limfargeoverflater, dette diskuteres i avsnitt 4.4.



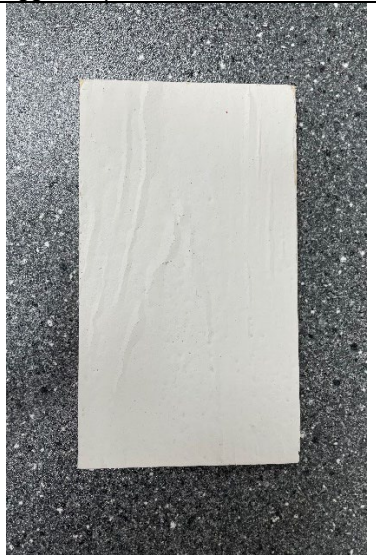


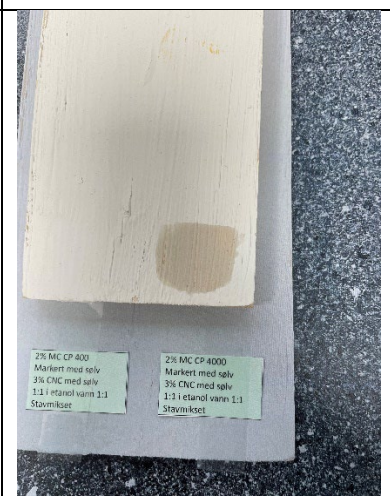
Formålet med testkonsolideringene var å undersøke effekten av korte versus lange molekyler i metylcellulosen, effekten av tilsetning av nanocellulose og etanolens effekt på inntrenging i malingsstrukturen. Siden NIKU ofte behandler limfargedekor i himlinger, og da utfører arbeidet på flater vendt oppover, ble to testplater konsolidert, en liggende på benken og en limt fast oppunder benkeplaten. På denne måten ville vi undersøke om limet faktisk «klatrer» oppover i strukturen ved hjelp av kapillærkrefter slik vi ønsker. Metode for påvisning av metylcellulose og nanocellulose i strukturen beskrives i 2.5.

#### 2.2.2 Testkonsolidering

Konsolideringstestene ble utført så likt en reell flatekonsolidering som mulig: Limet ble påført overflaten gjennom japanpapir med svinebustpensel og dabbet av først med absorberende tørkepapir, så med nytt japanpapir. Limet ble imidlertid lagt på i relativt små områder, ca. 2x3 cm, for å få mest mulig sammenlignbare prøver på et begrenset antall tilgjengelige testplater.

---

<sup>2</sup> For detaljer rundt MC, viskositet og ulike molekyllengder, se de foregående rapportene. (Mengshoel, 2021, 2022)

		
<p>Prøveoppstryk i kritt og harelim liggende på benk</p>	<p>Testkonsolidering på oppstryk liggende på benk</p>	<p>Lim til testing</p>
		
<p>Prøveoppstryk i kritt for testkonsolidering vendt opp/ned</p>	<p>Testkonsolidering på undersiden av benken</p>	<p>Testoppsett vendt opp/ned</p>
		
<p>Prøveoppstryk i kritt for testkonsolidering liggende</p>	<p>Stavmiksing av nanocellulose og metylcellulose</p>	<p>Testoppsett for stavmikset blanding. Fellet til høyre er fremdeles vått</p>



De valgte blandingene med metylcellulose og nanocellulose til testing er presentert i tabellen nedenfor. Materialprøver til tverrsnitt ble tatt ut fra utvalgte felter for å undersøke inntrenging ved

- lav/høy molekylengde
- med og uten tilsetning av etanol
- vendt opp og ned

Lim	Testoverflate	Problemstilling	Tverrsnitt
2% MC CP 400 Markert med sølv	Kritt i harelím Liggende og opp-ned	Inntrenging Høy/ <b>lav</b> molekylengde	Tverrsnitt 1
2% MC CP 4000 Markert med sølv	Kritt i harelím Liggende og opp-ned	Inntrenging <b>Høy</b> /lav molekylengde	Tverrsnitt 2
2% MC CP 400 Markert med sølv 3% CNC med sølv 1:1	Kritt i harelím Liggende og opp-ned	Fungerer sølvmarkering for påvisning av MC i SEM? Fungerer CNC? Holder MC og CNC følge gjennom strukturen?	
2% MC CP 4000 Markert med sølv 3% CNC med sølv 1:1	Kritt i harelím Liggende og opp-ned	Fungerer sølvmarkering? Fungerer nanopartikler? Holder de følge gjennom strukturen?	Tverrsnitt 3
1% MC 400 Marker med sølv Vann/etanol 1:1	Kritt i harelím Liggende og opp-ned	Inntrenging Høy og <b>lav</b> molekylengde <b>Med</b> og uten etanol	Tverrsnitt 4 vendt opp 6 vendt ned
1% MC 4000 Markert med sølv Vann/etanol 1:1	Kritt i harelím Liggende og opp-ned	Inntrenging <b>Høy</b> og lav molekylengde <b>Med</b> og uten etanol	
1% MC 400 Marker med sølv Vann	Kritt i harelím Liggende og opp-ned	Inntrenging Høy og <b>lav</b> molekylengde Med og <b>uten</b> etanol	
1% MC 4000 Markert med sølv Vann	Kritt i harelím Liggende og opp-ned	inntrenging <b>Høy</b> og lav molekylengde Med og <b>uten</b> etanol	Tverrsnitt 5
4% MC CP 15 Markert med sølv 2% MC CP 4000 markert med sølv	Kritt i harelím Liggende og opp-ned	Bedre inntrenging enn de med høyere molekylengde?	
2% MC CP 400 Markert med sølv 3% CNC med sølv 1:1 i etanol vann 1:1 Stavmikset	Kritt i harelím Liggende	Lar CNC og MC seg bedre blandes med etanol med stavmikser?	
2% MC CP 4000 Markert med sølv 3% CNC med sølv 1:1 i etanol vann 1:1 Stavmikset	Kritt i harelím Liggende	Lar CNC og MC seg bedre blandes med etanol med stavmikser?	

I tillegg ble det utført en testkonsolidering med rødalger (Dobak) i 2% løsning i vann som del av Kristin Kauslands pågående forskningsprosjekt på materialet for konsolidering på limfarge. (Kausland, 2023)


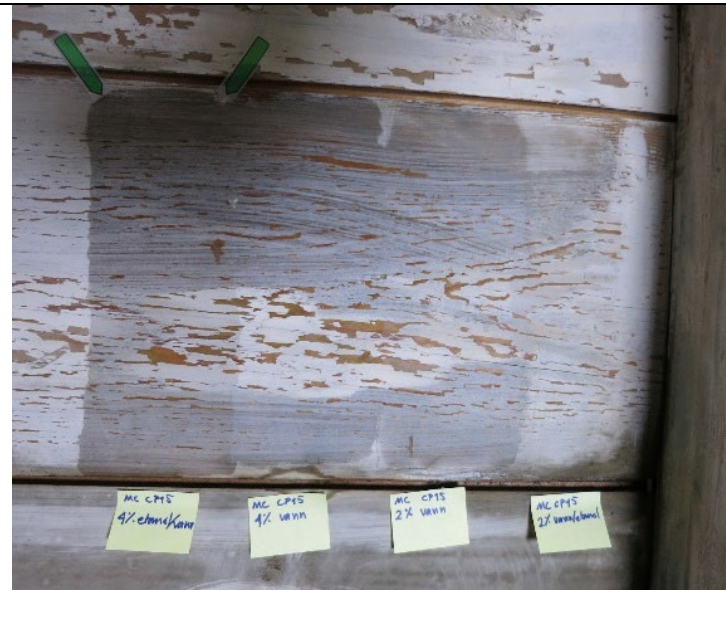

### **2.2.3 Markering med kolloidalt sølv**

Påvisning av MC i en limfargestruktur med FTIR i 2022 førte ikke fram fordi signalene fra kritt «skygget for» signalene fra cellulosen (Mengshoel, 2022). For å kunne påvise hvor i strukturen limet havner må limet markeres med et materiale som gjør det synlig.

Tester med fluorescensmarkering av MC i 2022 førte heller ikke fram, og en forbedring av denne metoden ble ikke prioritert inn i prosjektet i 2023 på grunn av begrensede midler. En ny strategi med markering av MC og CNC med nanopartikler av sølvnitrat (AgNp) ble i stedet utprøvd. Tanken var at cellulosemolekylene skulle syntetiseres med sølv, et element som er tungt nok til å la seg påvise med elektronmikroskop (SEM-EDS) (se 2.5.2). Sølvmarkeringen ble utført av Elena Platania, *conservation scientist* ved NIKU. Metode med sølvmarkering av MC og CNC er hentet fra (Kolarova et al., 2017; Maity et al., 2012; Zhang et al., 2021).

### 2.3 Testfelt på original overflate i Tyllidalen kirke

Det ble satt opp nye testfelt i himlingen i Tyllidalen kirke i 2023 med MC CP 15 for å teste limstyrken til MC med svært korte molekyler. For dokumentasjon og resultater, se 3.2.

	<p>Testfelt i himling over koret, foran orgelet. Før testkonsolidering</p>
	<p>Rett etter testkonsolidering</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MC CP 15 4% i vann/etanol 1:1</li> <li>• MC CP 15 4% i vann</li> <li>• MC CP 15 2% i vann</li> <li>• MC CP 15 2% i vann/etanol</li> </ul>
	<p>Fire dager etter testkonsolidering. Retusjert med pastellblyant.</p>

## 2.4 Sjekk av eksisterende testfelt i Tyllaldalen kirke

Testfelt fra 2021, med konsolidering med MC CP 400 i 1 og 2%, i vann og vann/etanol ble i september 2023 undersøkt med lommelykt, beskrevet og dokumentert. For resultat, se 3.3

I tillegg ble testfelt fra 2019, MC CP 4000 i 1 og 2%, i vann og vann/etanol satt opp i forbindelse med forprosjekt til behandlingen av himlingen 2020-2023, ettersjekket og dokumentert. For resultater, se (Wedvik, 2024).

## 2.5 Analyser

### 2.5.1 Raman

Raman ble i 2023 utført på tverrsnitt av materialprøver (testkonsolidering og prøveuttak 2022) fra testfeltene i himlingen i Tyllaldalen kirke for om mulig å kunne påvise metylcellulose i eller mellom lagene. Raman er en optisk teknikk for strukturell og molekylær analyse for påvisning av uorganiske, organiske, krystallinske og amorfe materialer. Materialet belyses med laser og reflektert lys, spesifikt for hvert materiale registreres av et spektrometer. (Pinna, Galeotti & Rocco, 2009) Punktanalyser ble utført for hvert lag nedover i et tverrsnitt for å påvise hvor i strukturen metylcellulosen havnet.

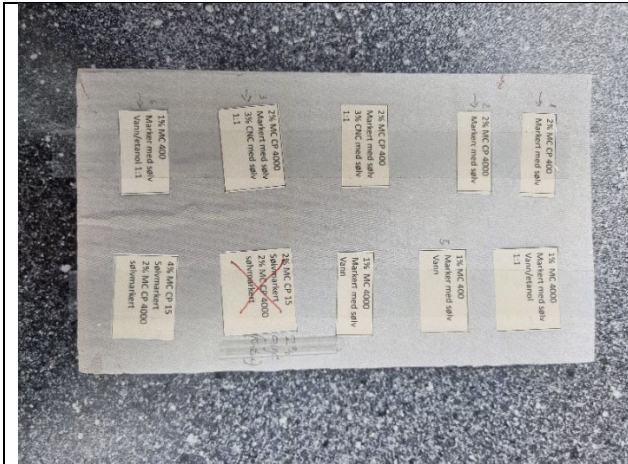
### 2.5.2 SEM

Scanning electron microscopy (SEM-EDS) er en analysemetode som gir bilder med svært stor forstørrelse, og kan påvise tyngre grunnstoffer og deres distribusjon i en materialprøve (Artioli, 2010).

SEM-EDS ble utført på tverrsnitt fra testkonsolideringene markert med sølv etter metode fra (Kolarova et al., 2017) og (Zhang et al., 2021). Løsningene av metylcellulose og kolloidalt sølv ble også analysert med SEM-EDS for å vurdere hvorvidt sølvnanopartikler var til stede i det polymere metylcellulosenettverket.

### 3 Resultater

#### 3.1 Tester i laboratorium: Testkonsolidering med metylcellulose og nanocellulose på prøveoppstryk



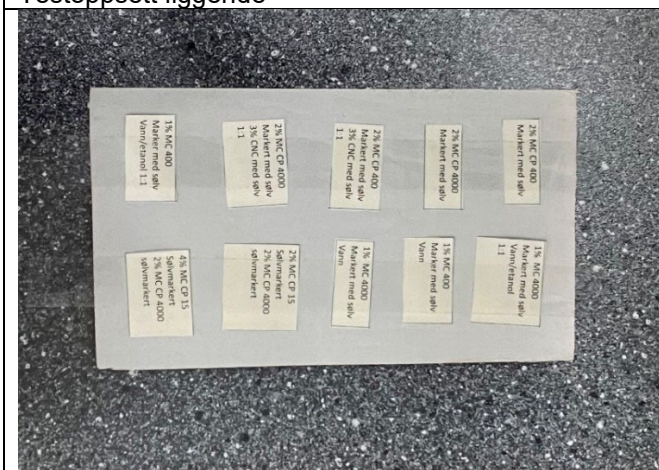
Testoppsett liggende



Testkonsolidering liggende etter tørking



Testkonsolidering liggende




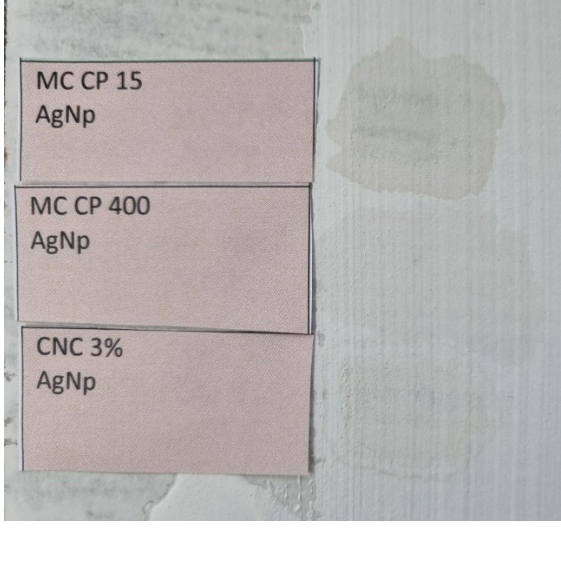
Testoppsett opp/ned









Testkonsolidering etter tørking






Testkonsolidering opp/ned

 <p>2% MC CP 400 Markert med sølv 3% CNC med sølv 1:1 i etanol vann 1:1 Stavnisset</p> <p>2% MC CP 4000 Markert med sølv 3% CNC med sølv 1:1 i etanol vann 1:1 Stavnisset</p>		 <p>MC CP 15 AgNp</p> <p>MC CP 400 AgNp</p> <p>CNC 3% AgNp</p>
<p>Blandinger med etanol, stavnisset. Påført liggende på benk</p>	<p>Stavnissing av MC/CNC-blandinger med etanol</p>	<p>Rene celluloseløsninger markert med sølv. Påført liggende på benk.</p>

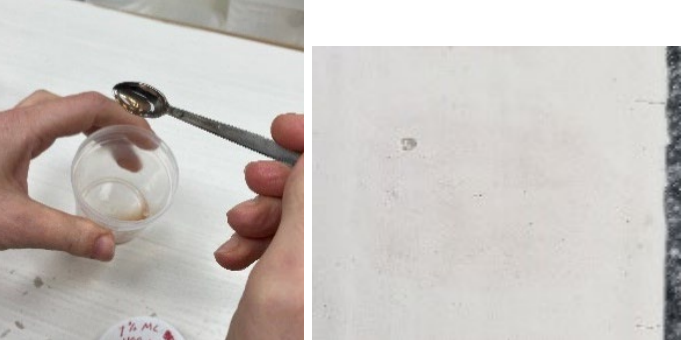


Test-konsolidering <sup>3</sup>	Testoverflate	Problemstilling	Prøve-uttak	Kommentar påføring liggende <sup>4</sup>	Kommentar påføring opp/ned	Foto Viskositet til venstre, Testkonsolidering liggende til høyre	
2% MC CP 400 Markert med sølv (AgNp)	Kritt i harelím Liggende og opp ned	inntrenging Høy/lav molekylengde	Snitt 1	Flyter fint. Japanpapir sitter fint.	Flyter fint. Henger fint på penselen.		
2% MC CP 4000 Markert med sølv (AgNp)	Kritt i harelím Liggende og opp ned	inntrenging Høy/lav molekylengde	Snitt 2	Seigt. Japanpapir drar med seg maling av. Fungerer ikke.	Samme som for liggende. Japanpapir henger seg fast i limet. Drar av maling. Fungerer ikke		
2% MC CP 400 Markert med sølv: 3% CNC Markert med sølv (AgNp)  1:1	Kritt i harelím Liggende og opp ned	Fungerer sølvmarkering? Fungerer nanopartikler? Holder de følge gjennom strukturen?		Mer klissete enn kun 400 CP. Japanpapiret kleber seg til overflaten. Fungerer ikke.	Virker ikke som at limet trenger inn. Legger seg i japanpapiret/overflaten		



<sup>3</sup> De ulike omgangene med tester er gitt ulike farger i tabellen for å skille ulike testfaser og ulike batcher metylcellulose, og har ingen betydning utover det.

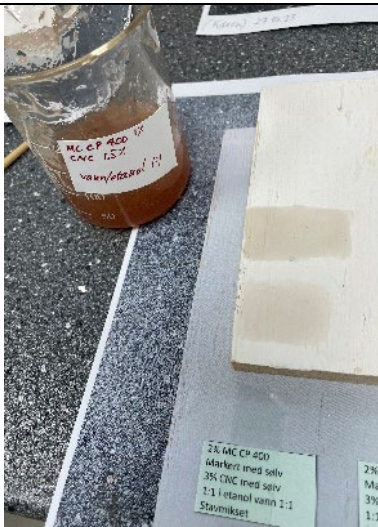

<sup>4</sup> Alle testfeltene har en rød farge. Dette er fargen fra sølvmarkeringen, og er ikke relevant for vurderingen av limets egnethet. I en faktisk konsolidering vil ikke limet være markert med sølv.

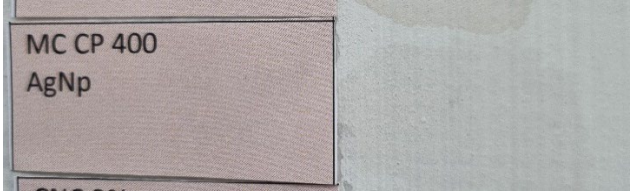

<p>2% MC CP 4000 Markert med sølv (AgNp) : 3% CNC med sølv (AgNp)  1:1</p>	<p>Kritt i harelim Liggende og opp ned</p>	<p>Fungerer sølvmarkering? Fungerer nanopartikler? Holder de følge gjennom strukturen?</p>	<p>Snitt 3</p>	<p>Viskøs, svært. Japanpapiret limer til malingen, malingen rives av. Fungerer ikke</p>	<p>Som for liggende, men mer drar malingen av underlaget.</p>	
<p>1% MC 400 Markert med sølv (AgNp)  Vann/etanol 1:1</p>	<p>Kritt i harelim Liggende og opp ned</p>	<p>Inntrenging Høy og <b>lav</b> molekyllengde <b>Med</b> og uten etanol</p>	<p>Snitt 4 + snitt 6 fra oppstryk opp ned</p>	<p>Flyter fint, god å jobbe med</p>	<p>Renner for mye opp ned. Kjennes tynn. Japanpapiret lar seg fjerne uten å dra av maling</p>	
<p>1% MC 4000 Markert med sølv (AgNp)  Vann/etanol 1:1</p>	<p>Kritt i harelim Liggende og opp ned</p>	<p>Inntrenging <b>Høy</b> og lav molekyllengde <b>Med</b> og uten etanol</p>		<p>Flyter fint, god å jobbe med</p>	<p>Flyter fint, god å jobbe med. Drar ikke malingen av underlaget.</p>	



<p>1% MC 400 Markert med sølv (AgNp)</p> <p>Vann</p>	<p>Kritt i harelim Liggende og opp ned</p>	<p>Inntrenging Høy og <b>lav</b> molekyllelengde Med og <b>uten</b> etanol</p>	<p>Snitt 5</p>	<p>Flyter fint. Tynn. Limer den i det hele tatt?</p>	<p>Flyter fint. Tynn. Limer den i det hele tatt?</p>	
<p>1% MC 4000 Markert med sølv (AgNp)</p> <p>Vann</p>	<p>Kritt i harelim Liggende og opp ned</p>	<p>Inntrenging <b>Høy</b> og lav molekyllelengde Med og <b>uten</b> etanol</p>		<p>Flyter fint. God å jobbe med. Limer. Japanpapiret slipper fint, men med litt motstand</p>	<p>Samme som for liggende</p>	
<p>Dobak 2%</p>	<p>Kritt i harelim Liggende og opp ned</p>	<p>Kjenne på håndterings- egenskapene. OK å jobbe med?</p>		<p>Flyter fint. Ligner størlim. Litt limsvakt?</p>	<p>Samme som for liggende</p>	

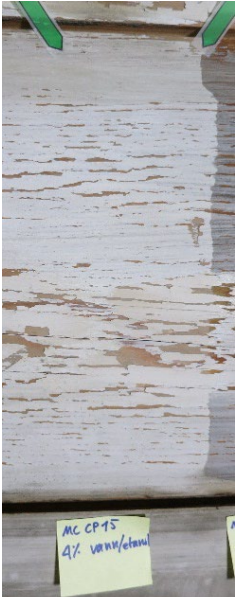


<p>4% MC CP 15 Sølvmarkert (AgNp): 2% MC CP 4000 Sølvmarkert (AgNp)</p>	<p>Kritt i harelím Liggende og opp ned</p>	<p>Bedre inntrenging enn de med høyere molekylengde?</p>		<p>Flyter fint. God å jobbe med, men stort flak maling løstnet. Dette kan være tilfeldig pga tykt løst flak på oppstryket. Gjøre flere tester?</p>	<p>Flyter fint, god å jobbe med.</p>	
<p>2% MC CP 400 (AgNp): 3% CNC (AgNp) 1:1  i etanol/vann 1:1 Stavmikset</p>	<p>Kritt i harelím Liggende</p>	<p>Lar CNC og MC seg bedre blande med stavmikser og gi lavere viskositet?</p>		<p>Veldig glatt. Blir ekstra viskos ved stavmiksing. Løser den seg egentlig eller ligger etanolen rundt cellulosen? Føles veldig sleip å jobbe med. Drar ikke av maling.</p>	<p>ikke utført</p>	


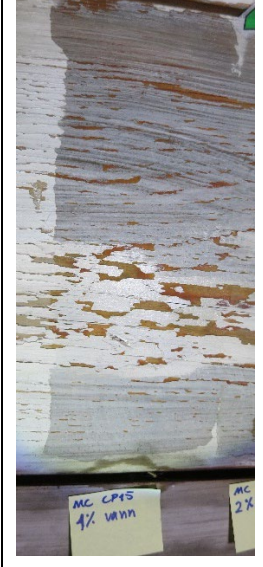

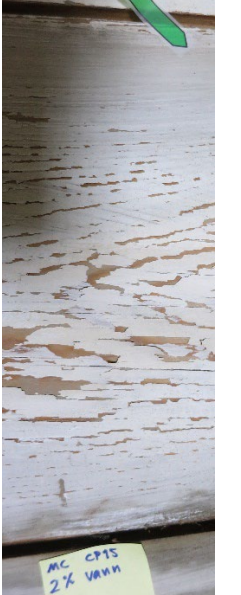

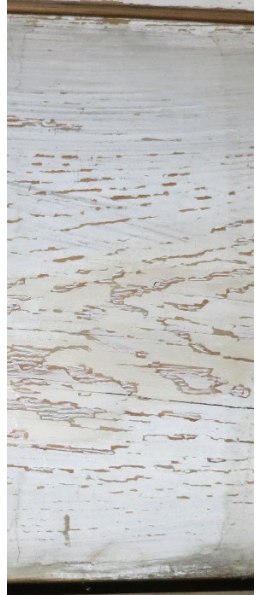
<p>2% MC CP 4000 (AgNp): 3% CNC (AgNp) 1:1 i etanol/vann 1:1 Stavmikset</p>	<p>Kritt i harelim Liggende</p>	<p>Lar CNC og MC seg bedre blande med stavmikser og gi lavere viskositet?</p>		<p>Glatt og løs. Veldig flytende før stavmiksing, som en løs gel etter. Løser den seg egentlig eller ligger etanolen bare rundt cellulosen? Føltes som den glapp av penselen. Drar ikke av maling. Limer den i det hele tatt? (ubehagelig konsistens som best kan beskrives som den til kjølnende fåriskålkraft)</p>	<p>ikke utført</p> 
<p>MC CP 15 AgNp</p>	<p>Tolagsstruktur - kritt i vann uten bindemiddel - kritt i harelim  Liggende</p>	<p>Har sølvmarkeringen fungert som den skal?</p>	<p>Snitt 7</p>	<p>Fin konsistens. Tok ikke med seg maling.  Pigment smitter av etter tørking</p>	<p>ikke utført</p> 



MC CP 400 AgNp	Tolags- struktur - kritt i vann uten bindemiddel - kritt i harelím  Liggende	Har sølvmarkeringen fungert som den skal?	Snitt 8	Fin konsistens. Tok ikke med seg maling.  Pigment smitter <b>ikke</b> av etter tørking	ikke utført	
CNC 3% AgNp	Tolags- struktur - kritt i vann uten bindemiddel - kritt i harelím  Liggende	Har sølvmarkeringen fungert som den skal?	Snitt 9	Fin konsistens. Tok ikke med seg maling. Gulere i fargen enn de to foregående. Svært fast helt til den ble ristet på, da løsnet den. Svært tikotrop <sup>5</sup>  Pigment smitter av etter tørking	ikke utført	

<sup>5</sup> Tikotropi er en type pseudoplastisitet i væske, hvor den blir mer tyntflytende dersom den utsettes for skjærspenninger. Dette kan skje for eksempel ved omrøring eller rysting. Væsken tykner igjen dersom den får stå i ro. En tikotropisk væske er derfor en type ikke-newtonsk væske, og kan også kalles skjærtynnende (Store norske leksikon).



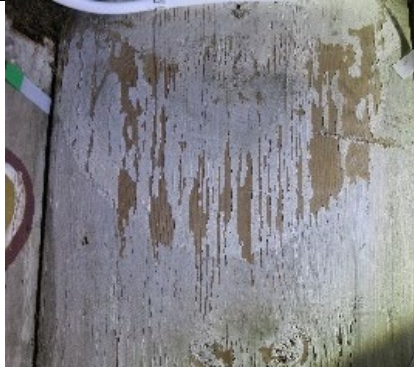



### 3.2 Testfelt på original limfarge i Tyllaldalen kirke

Testfelt fra vest til øst (fra bakerst til fremst mot kor)	Område	Kommentar under påføring	Foto før påføring	Foto rett etter påføring	Observasjon etter fire dager	Foto etter fire dager, Etter retusjering
MC CP 15 4% etanol/vann 1:1	Tynn limfarge hvit. Rosaaktig retusj langs midten av bordet.	Løs, men OK konsistens. Ser ut til å feste fint. Litt mørkning. Fuktskjold			En liten takformet oppskalling ca. 1 mm bred, 1 cm lang	

<p>MC CP 15 4% vann</p>	<p>Tynn limfarge hvit. Rosaaktig retusj langs midten av bordet.</p>	<p>Løs, men OK konsistens. Ser ut til å feste fint. Litt fuktskjold.</p>			<p>Alt sitter</p>	
<p>MC CP 15 2% vann</p>	<p>Tynn limfarge hvit. Rosaaktig retusj langs midten av bordet.</p>	<p>Veldig rennende. Ser ut til å feste fint. Noe renseeffekt. Litt fuktskjold</p>			<p>Litt løst, et lite flak som henger i et spindellev</p>	

<p>MC CP 15 2% vann/etanol 1:1</p>	<p>Tynn limfarge hvit. Rosaaktig retusj langs midten av bordet. Retusjen forble opak når området var vætet av limet.</p>	<p>Veldig rennende, men ser ut til å feste fint</p>			<p>Litt løst. Et flak ca. 0,5x1 cm</p>	
--	--	---	--	---	--	---

### 3.3 Sjekk av eksisterende testfelt fra 2021 i Tyllidalen kirke

	Utseende etter påføring	Utseende etter én dag	Kommentar	Foto før konsolidering 2021	Foto rett etter konsolidering 2021	Foto august 2022	Observasjoner 2022	Observasjoner 2023
1% MC CP 400 Vann/ etanol 1:1	Ser mettet ut Ser ut til å feste	Fukt-skjold Malingslaget ligger fremdeles fint ned	Flyter godt				To løse flak, takformede, ca 2 x 5 mm, i to-lagsstruktur, men relativt tynt.	Noen små takformede oppskallinger.
2% MC CP 400 Vann/ etanol 1:1	Seigere enn forrige Ser mettet ut Ser ut til å feste	Malingslaget ligger fremdeles fint ned	Seigere enn forrige. Må jobbes utover				<b>Sitter fint<sup>6</sup></b>	Noe små takformede oppskallinger, men litt mindre enn for 1 %.

<sup>6</sup> Dette testfeltet var det som sto seg best i 2022. I 2023 har det oppstått noen små takformede oppskallinger



<p>1% MC CP 1500 Vann/ etanol 1:1</p>	<p>Ser ut til å mette. Tror det fester</p>	<p>Maling sitter fint</p>	<p>Seig</p>				<p>En del løst. Tre- lags- struktur og stor retusj. Kan se ut til at mest løst ligger i retusjen, men også noe i originalen.</p>	<p>Grønn markeringspil fra uttak. Snitt tok med seg et flak. Maling har løsnet i løpet av det siste året.</p>
<p>2% MC CP 1500 Vann/ etanol 1:1</p>	<p>Ser ut til å mette. Tror det fester</p>	<p>Rense- effekt Fukt- skjold Maling sitter fint</p>	<p>Veldig seig</p>				<p>Sitter fint. En ørliten opp- skalling helt i ytterkant av testfeltet</p>	<p>Ser ut til at retusjen har mørknet mens originalen har beholdt fargen. Noe fukskjold.</p>

<p>1% MC CP 400 Vann</p>	<p>Ren- nende og vann- ete. Flater fint ut</p>	<p>Maling ligger fint ned</p>	<p>Sølete. Usikker på om den egentlig gjør noe?</p>				<p>Sitter fint. Tynn to- lags- struktur. Tynn skjold, tilsvarende de i etanol- vann. (vanskelig ere å se en evt rense- effekt pga store skader)</p>	<p>Sitter fint. Vanskelig å vurdere renseeffekt pga mye bart treverk.</p>
<p>2% MC CP 400 Vann</p>	<p>Ser fint ut Tror det fester. Flater ut.</p>	<p>Fukt- skjold? Maling ligger fint ned.</p>	<p>Seigere enn forrige. Føles OK å jobbe med</p>				<p>Sitter fint, to-lags- struktur, men ganske tynn. Tynn skjold, tilsvarende de i etanol- vann. Litt rense- effekt. (vanskelig ere å se en evt rense- effekt pga store skader)</p>	<p>Sitter ganske fint, men det falt av en bit ved pinking med pinne. Renseeffekt.</p>

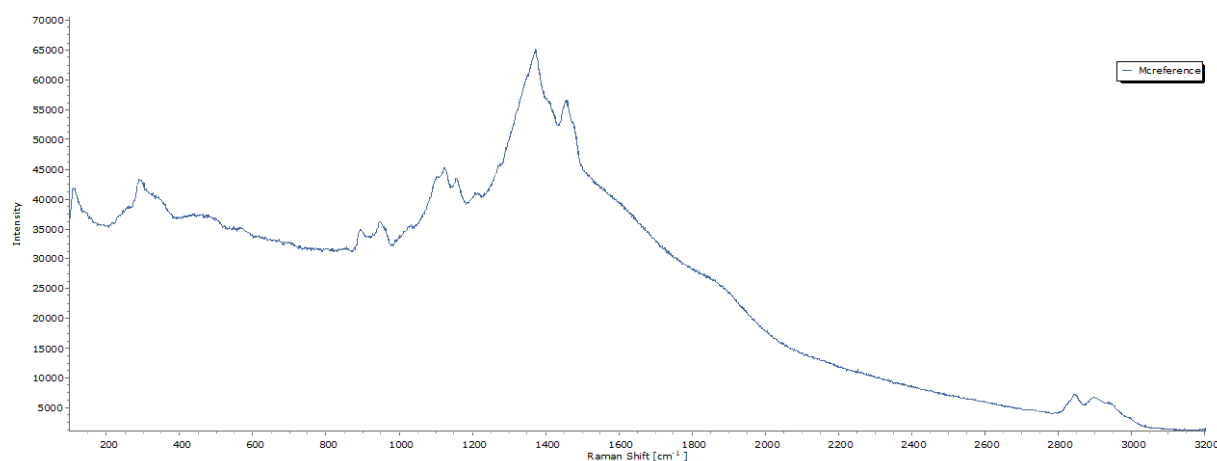
<p>1% MC CP 1500 Vann</p>	<p>Ser fint ut Flater ut Tror det fester</p>	<p>Fukt-skjold Rense-effekt Maling ligger fint ned</p>	<p>Kjennes tråere å få utover. Passe viskositet</p>				<p>Stor rens-effekt. Fukt-skjolder. Sitter fint. En- eller to-lags-struktur i original-malingen (ikke dekor). Retusj.</p>	<p>Heftig rens-effekt, fukt-skjold. Sitter ganske fint, men noen små takformede oppskallinger i gammel retusj.</p>
<p>2% MC CP 1500 Vann</p>	<p>Litt tap mot hjørnet av papiret Flater ut Tror det fester</p>	<p>Fukt-skjold Rense-effekt Maling ligger fint ned</p>	<p>Seig Ikke så smidig</p>				<p>Tynt. Sitter fint. Stor rens-effekt. Fukt-skjolder. Retusj.</p>	<p>Stor rens-effekt. Fukt-skjold. Sitter fint.</p>

Etter vurdering av disse testfeltene er det ikke egentlig mulig å se noe system i om 1 eller 2% sitter best etter to år. Men det ser ut til at MC påført med bare vann sitter bedre enn MC med både vann og etanol. Utvalget er lite, men det gir en indikasjon. De mest alvorlige oppskallingene har kommet i områder med retusj som ikke er utført i limfarge.

## 3.4 Analyser

### 3.4.1 Raman-analyser av tverrsnitt fra Tyllaldalen

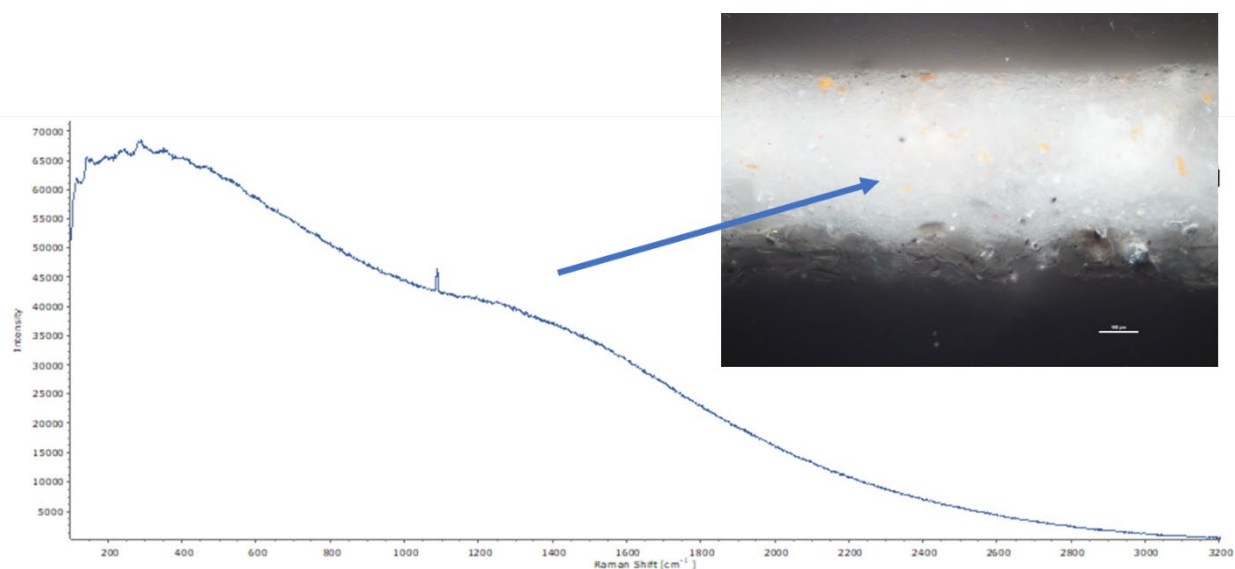
Forut for analyse av malingstverrsnittene ble det analysert et referansespektrum av metylcellulose i pulverform for å ha en blank referanse som en sammenligning med spektrene til de behandlede malingsprøvene med metylcellulose. Ramanspekteret av referanse for metylcellulose i pulver er rapportert nedenfor.



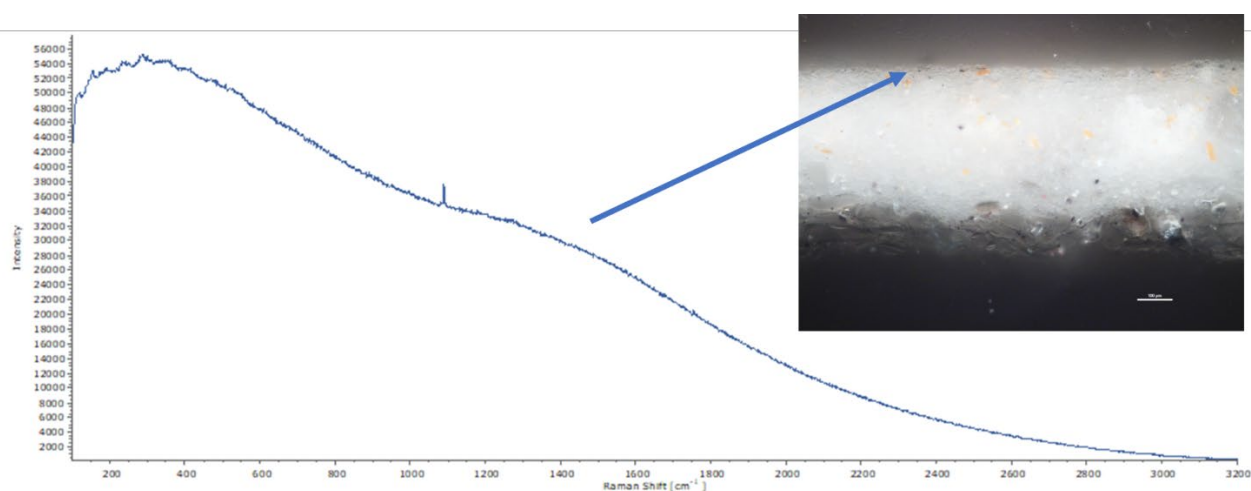
Raman-spektrum av referanse metylcellulose

Raman-analysen utført på malingstverrsnittene, tatt fra områder konsolidert med metylcellulose, viste de karakteristiske toppene av kalsitt ( $\text{CaCO}_3$ ) som er hovedkomponenten i kritt, men ikke metylcellulose.

Bånd av kalsitt finnes på 282, 712 og 1087  $\text{cm}^{-1}$  og er det mest karakteristiske for kalsitt. (Cosano, Esquivel, Costa, Jiménez-Sanchidrián & Ruiz, 2019, s. 139-145)



Raman-spektrum registrert i et internt punkt av malingsversnitt hvor maling har blitt konsolidert med metylcellulose. Spekteret viser bare de typiske Raman-toppene for kritt (CaCO<sub>3</sub>)



Raman-spektrum registrert på overflate av malingsversnitt hvor maling har blitt konsolidert med metylcellulose. Spekteret viser bare de typiske Raman-toppene for kritt (CaCO<sub>3</sub>)

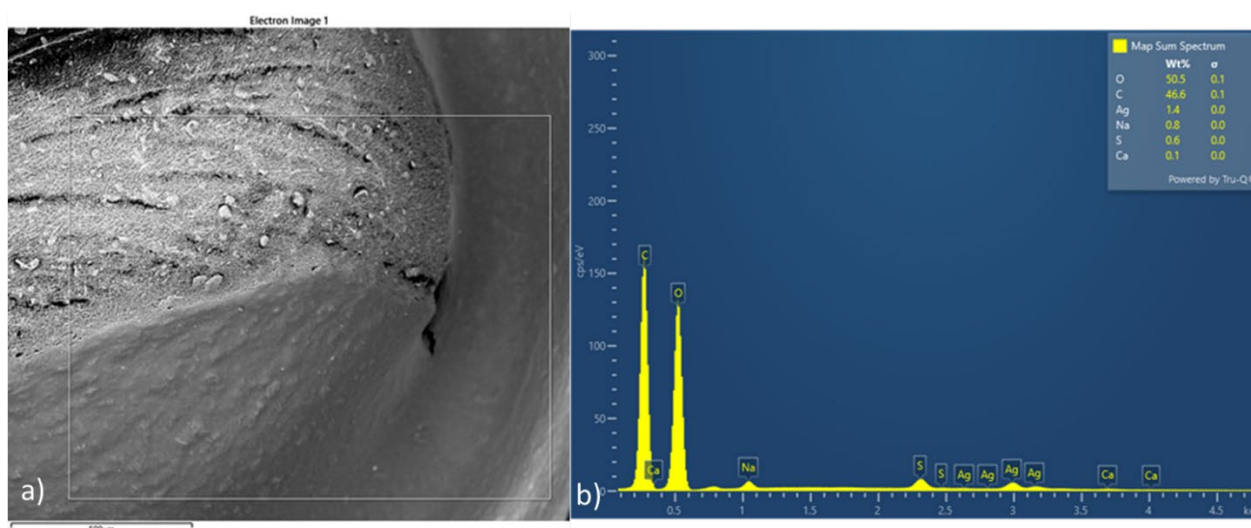
At metylcellulose ikke ble påvist i spektrene betyr ikke at polymeren ikke trengte inn i malingsstrukturen, men det er mest sannsynlig at den høye fluorescensen til kritt skjuler metylcellulosebåndene i spekteret. Den samme ble også observert med FTIR i 2022 (Mengshoel, 2022), også en vibrasjonsspektroskopi som Raman, der båndene av kalsitt skjulte metylcellulosebåndene som ikke var detekterbare i FTIR-spektrene.

### 3.4.2 SEM-analyser av testkonsolidering på oppstryk på atelier

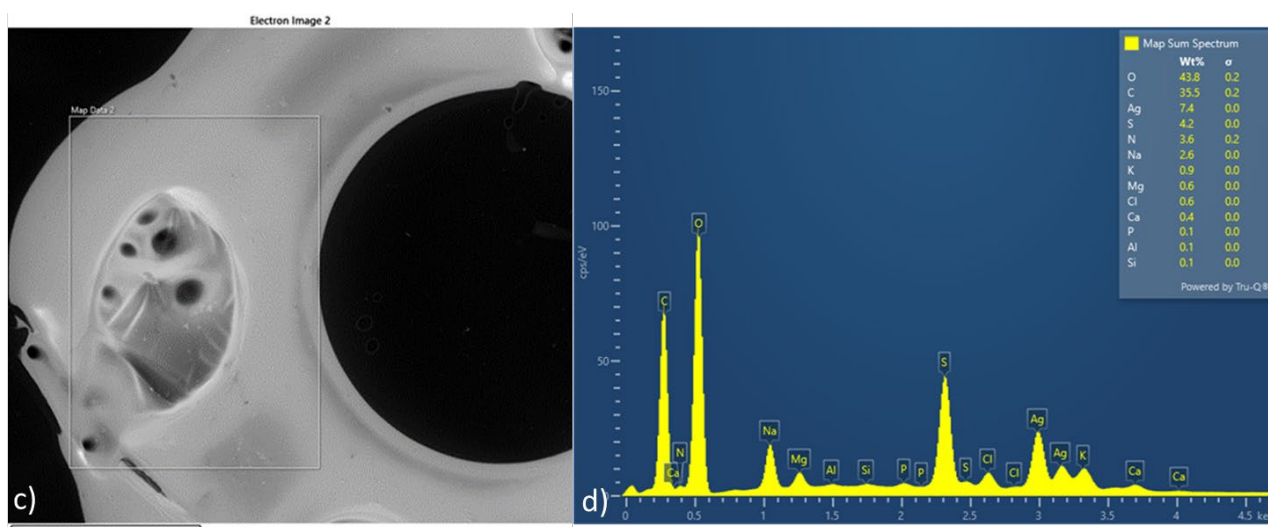
SEM-EDS ble utført på nye tverrsnitt fra testkonsolidering med MC markert med sølv. Referanseløsningene av metylcellulose og kolloidalt sølv ble også analysert med SEM-EDS for å vurdere om sølvnanopartikler er tilstede i det polymere metylcellulosenettverket.

SEM-EDS er en godt utprøvd teknikk for påvisning av fordelingen av kjemiske elementer i malings-tverrsnitt. Uorganiske forbindelser, i motsetning til organiske forbindelser, kan lett oppdages med denne teknikken.

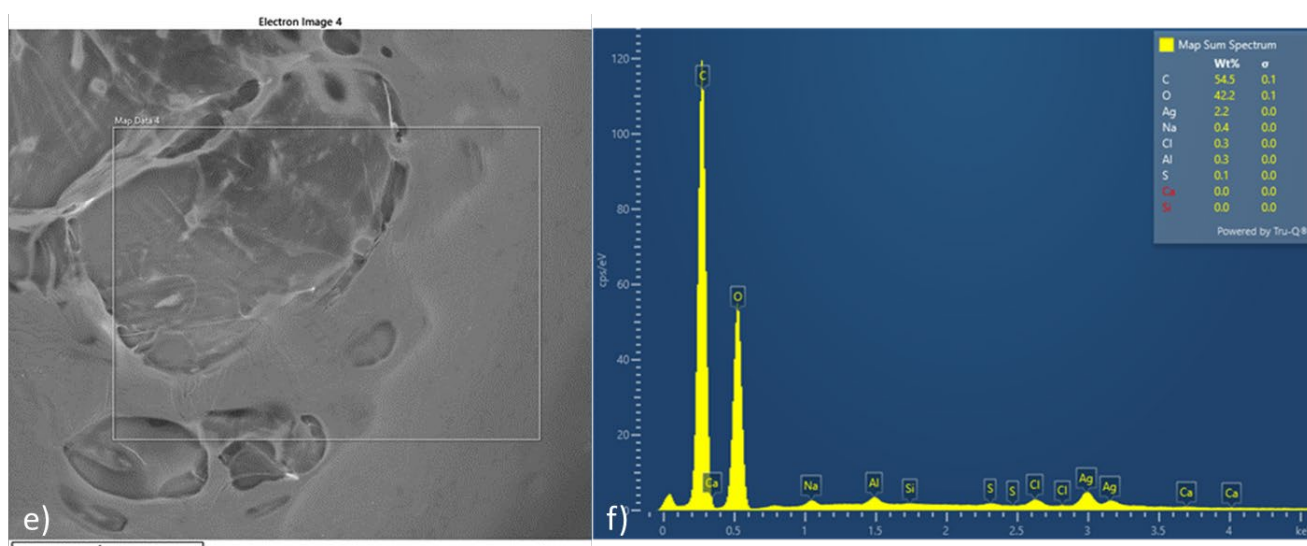
Bildene nedenfor viser SEM-EDS resultater fra referanseløsninger for 4000 cp, 400 cp metylcellulose og nanocellulose markert med nanopartikler av sølv.



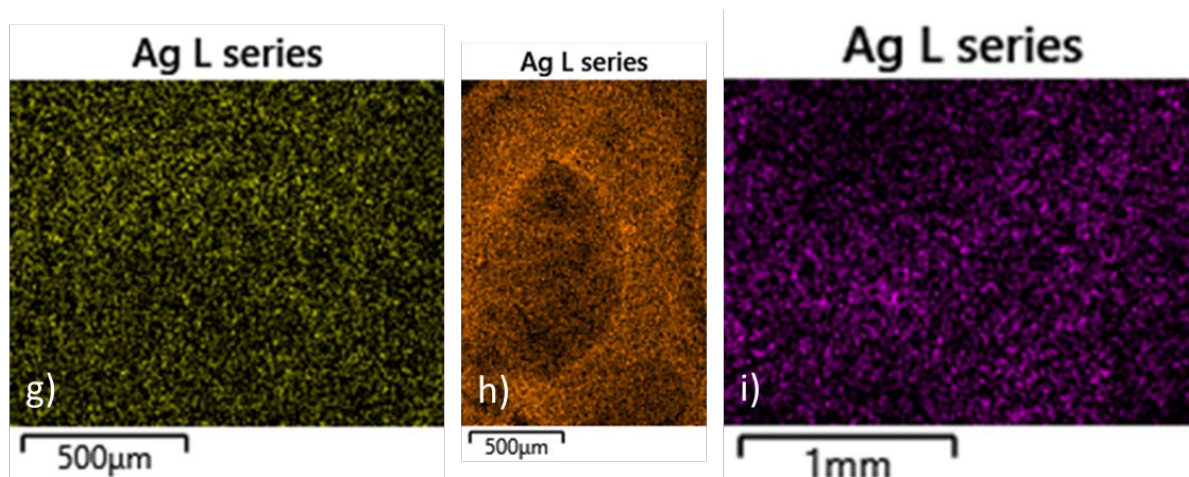
Figur a) viser et «backscattered» SEM-bilde av referanse for 4000cp metylcelluloseløsning markert ved sølv-nanopartikler; b) EDS-spekteret til referanseløsningen viser topper for elementet Ag.



Figur c) viser et «backscattered» SEM-bilde av referanse for 400cp metylcelluloseløsning markert ved sølv nanopartikler; d) EDS-spekteret til referanseløsningen viser topper for elementet Ag.



Figur e) viser et «backscattered» SEM-bilde av referanse for nanocelluloseløsning markert ved sølv nanopartikler; f) EDS-spekteret til referanseløsningen viser topper for elementet Ag.



EDS kart av

- g) 4000cp referanseløsning av metylcellulose markert med sølv nanopartikler;
- h) 400cp referanseløsning av metylcellulose markert med sølv nanopartikler;
- i) nanocellulose referanseløsning markert med sølv nanopartikler.

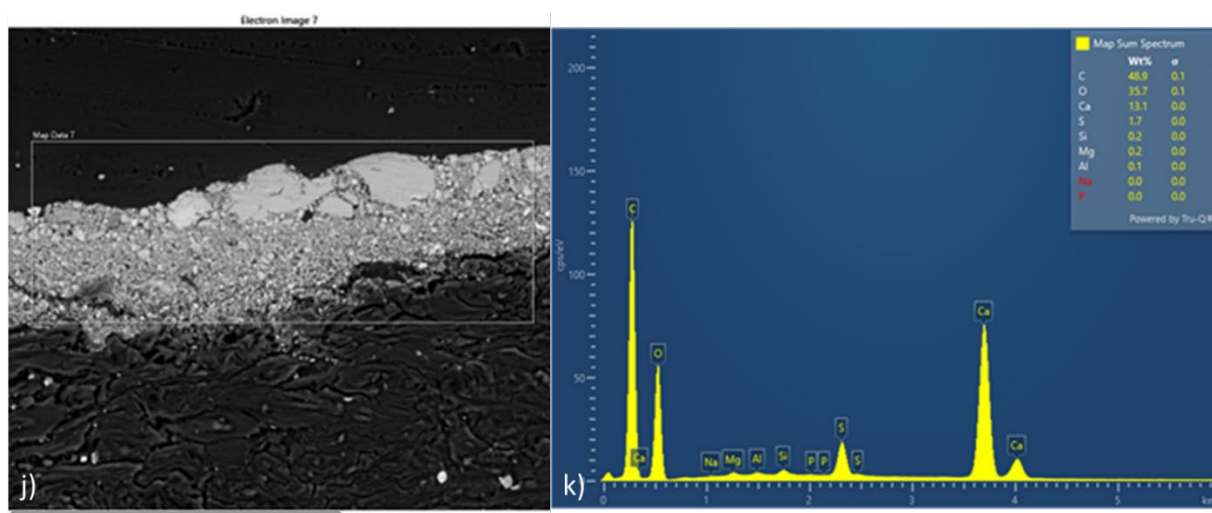
EDS-kartene indikerer en ganske homogen fordeling av grunnstoffet sølv i (den polymere) strukturen.

Etter testkonsolidering med sølvmarkert metyl- og nanocellulose på mock-ups med kritt på treplate, ble materialprøver tatt ut fra de behandlede områdene. SEM-EDS analyser ble utført på materialprøvene for om mulig å påvise fordelingen av sølvnanopartikler i strukturen. I henhold til prosedyren som ble brukt for syntesen av sølvnanopartiklene i metylcellulose- og nanocellulosepolymerene, vokser sølvnanopartikler på det polymere nettverket. Dette betyr at sølvnanopartiklene binder seg til polymeren. I teorien vil sølvnanopartiklene følge cellulosepolymeren inn i limfargestrukturen ved en testkonsolidering.

Dessverre viste SEM-EDS-resultatene ingen tilstedeværelse av sølv i malingsstrukturen etter behandling. Det er flere mulige årsaker til at metoden ikke førte frem, som nanopartikelstørrelse, elektrostatiske krefter mellom det polymere nettverket og de metalliske nanopartiklene eller påføringsmetode. Ytterligere analytiske forsøk bør utføres for å optimalisere prosedyren.

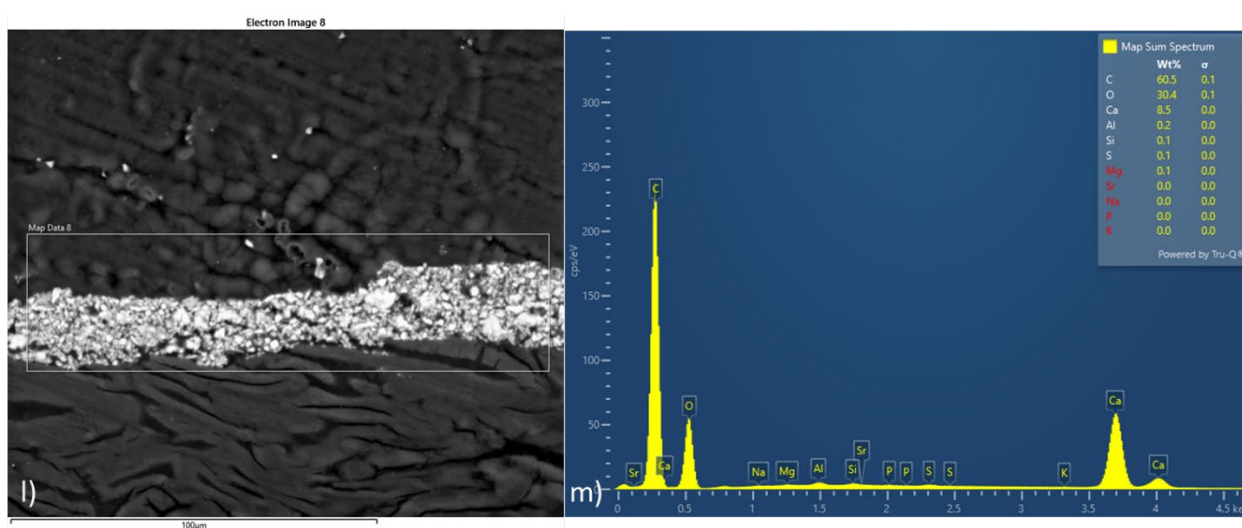
Nedenfor rapporteres bildene av materialprøvene etter behandling med metylcellulose (4000cp, 400cp) og nanocellulose markert med sølv.





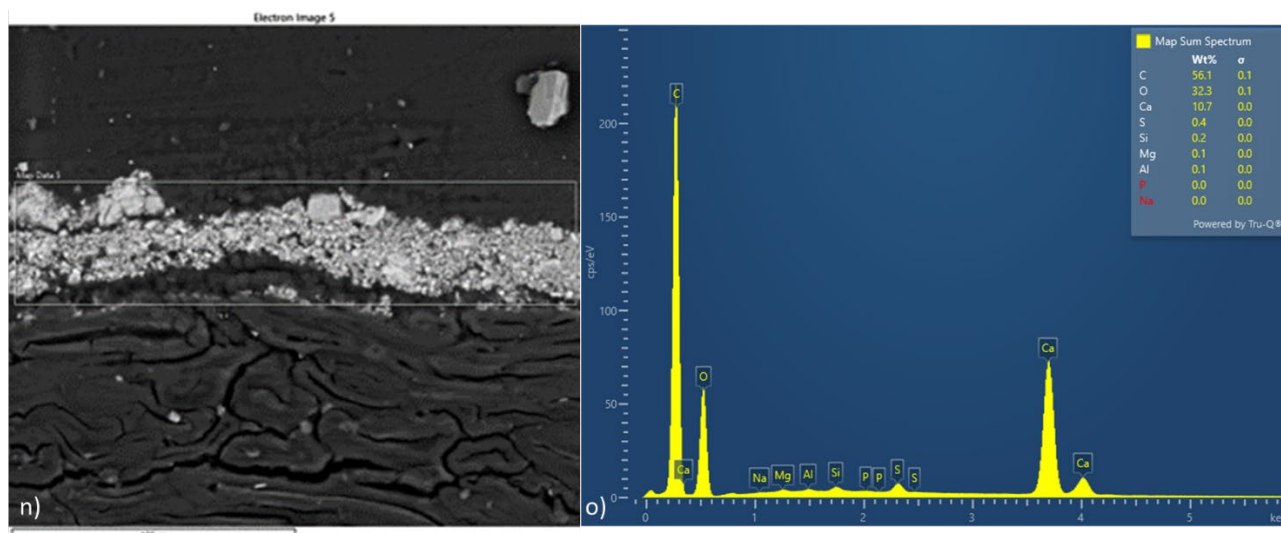
Figur j) viser et «backscattered» SEM-bilde av materialprøven tatt fra limfarge-mockupen behandlet med 4000cp metylcellulose markert med sølv.

k) EDS-spekteret til referanseløsningen viser ikke tilstedeværelse av elementet Ag.



Figur l) viser et «backscattered» SEM-bilde av tverrsnittet tatt fra limfarge-mockupen behandlet med 400cp metylcellulose markert med sølv

m) EDS-spekteret til referanseløsningen viser ikke tilstedeværelse av elementet Ag.



Figur n) viser et «backscattered» SEM-bilde av materialprøven tatt fra limfarge-mockupen behandlet med nanocellulose markert med sølv

o) EDS-spekteret til referanseløsningen viser ikke tilstedeværelsen av elementet Ag.

Til tross for at behandlingen ikke var vellykket på prøvene fra testkonsolidering, viste referanseløsningene en vellykket syntese av sølvnanopartiklene. Dette er en indikasjon på at metodikken kan forbedres og optimaliseres.

## 4 Diskusjon

### 4.1 Påvisning av sølv

Mål for årets prosjekt var å finne en metode for å påvise hvor langt inn i strukturen cellulosen penetrerer. Som med fluorescensmarkering i 2022 har sølvmarkering vist seg å være komplisert. Årsaken til at sølvet ikke lot seg påvise i SEM kan skyldes ulike forhold som nanopartikkelstørrelse, elektrostatiske krefter mellom det polymere nettverket og de metalliske nanopartiklene eller påføringsmetode.

Syntetiseringen av sølv og cellulose fungerte, det viste både SEM og XRF<sup>7</sup>, men det var ikke mulig å påvise sølvet inne i malingsstrukturen. Om det skyldes prøvetakingsmetoden, analysemetoden eller at limet faktisk ikke trenger inn i malingsstrukturen er uvisst, og må undersøkes videre. En mulig forklaring er at metylcellulosen var for viskøs til å trenge inn i filmen eller at prøvematerialet ikke tok imot limet. Hvorfor SEM-EDS ikke registrerte sølv på overflaten er vanskelig å si, og bør undersøkes videre.

### 4.2 Sølvmarkering og håndteringsegenskaper

Selv om sølvmarkeringen ifølge litteraturen ikke skal påvirke cellulosenes håndteringsegenskaper, kan det se ut som de gjør nettopp det. Den sølvmerkerte cellulosen var påfallende viskøs og fungerte dårlig i testkonsolideringene. Referanseløsninger uten sølvmarkering ble ikke prioritert inn i de knappe timene til prosjektet, så vi vet ikke hvordan løsningene hadde vært uten sølvmarkering. Sølvnanopartiklene er så små at de ikke skal påvirke limets viskositet, men det vi ser er svært viskøse løsninger som ikke ligner de som brukes i flatekonsolidering. Hvis sølvet påvirker de mekaniske egenskapene til cellulosen er ikke sølvmarkering en egnet metode for å avgjøre limets penetrasjonsevne.

### 4.3 Tikotropi og inntrengingsevne

I teorien skal en lavviskøs løsning trenge lenger inn i et porøst materiale enn en høyviskøs løsning. Korte molekyler trenger lengre inn, men de har ikke samme limstyrke som lengre molekyler (Kleivane, 2020). En blanding av korte og lange molekyler ble derfor prøvd ut for å undersøke om man kunne oppnå både inntrenging og limstyrke i en og samme flatekonsolidering. Viskositet og inntrenging kompliseres av at metylcellulose med lengre molekyler er mer tiksotropisk, det vil si at den krever omrøring eller rystelse for å flyte og trenge inn i matrisen, ikke bare i blandingen men også umiddelbart før påføring. En høyere konsentrasjon vil også øke pseudoplastisiteten<sup>8</sup> (Herráez-Domínguez, León, Díez-Sales & Herráez-Domínguez, 2005), En større konsolideringsoppgave med et lim som krever konstant bevegelse vil være en utfordring å gjennomføre. En svært tiksotropisk løsning vil i praksis være uegnet til et større limfargeprosjekt i for eksempel en kirkehimling. Tilsetning av nanocellulose, med svært korte molekyler, skal i teorien gi økt stabilitet og bedre inntrenging, men de mest tiksotropiske løsningene har vært de med blanding av nanocellulose og metylcellulose. I dette stemmer prosjektets observasjoner overens med de til Karolina Soppas forskningsmiljø i Bern, som har undersøkt metylcellulose til konsolidering, både alene og med tilsetninger av nanocellulose (Soppa, Kohler, Carl, Demilio & Geiger, 2020, s. 4).

### 4.4 Mock-up og representativitet

Testkonsolideringene inne på atelier ble utført på limsterke, nye, friske overflater. En slik ny, sunn malingsfilm har ikke de samme egenskapene som en naturlig aldret malingsfilm der bindemidlet er nedbrutt. Nye prøver, med kun kritt, uten bindemiddel, ble strøket opp til siste del av eksperimentfasen, da disse faktisk ligner mer på noen av de originale overflatene vi møter rundt i

<sup>7</sup> XRF (røntgenfluorescens) er en ikke-destruktiv analytisk teknikk. Ved å bestråle et materiale med røntgenstråler og måle energien som reflekteres fra overflaten kan grunnstoffsammensetningen bestemmes. (Bezur, Lee, Loubser & Trentelman, 2020, s. 17)

<sup>8</sup> Ikke-Newtoniske egenskaper

kirkene. Hvis testene skal videreføres vil det være ønskelig å stryke opp en svært limsvak limfarge basert på kalvelim, et lim vi faktisk har historiske kilder på at har vært brukt i limfarge i Norge (A. Ørnhøi, 2022, s. 11). Dette vil gi nærmere representative mock-uper uten et større, ressurskrevende mock-up-prosjekt.

#### 4.5 Testfelt på originale overflater

Vanskene med testkonsolidering på prøveoppstryk viser viktigheten av testfelt på originale, naturlig aldrede overflater. Eittersjekk i 2023 av prosjektets testfelt i himlingen i Tyllaldalen kirke viser at noen av feltene, som ble vurdert til å stå godt umiddelbart etter påføring, har områder med løs maling etter to år. Det er viktig å gi testfeltene nok tid til at de ulike limene får tid til å reagere og vise seg egnet eller uegnet. Originale overflater er uensartede, de har også ulik behandlingshistorie og historisk klima, noe mock-uper aldri vil kunne gjenspeile.

Limfargededekorer er imidlertid svært uensartede, ikke minst med tanke på deres ulike behandlingshistorikk. Resultatene fra konsolideringstestene i Tyllaldalen kirke kan allikevel ikke umiddelbart overføres til andre limfargededekorete flater. Årsaken til dette er at himlingen i Tyllaldalen har omfattende retusjer og mange steder ikke oppfører seg som en ren limfarge. Omfattende retusjering er å finne mange steder, det er ikke noe unntak, men retusjene kan være utført i ulike materialer til ulike tider og dermed inneha ulike egenskaper.

#### 4.6 Teori vs. praksis

På større limfargeprosjekter er det uhyre viktig at limet har gode håndteringsegenskaper. I dette prosjektet har vi erfart at løsninger som ut fra litteraturen skulle ha gode håndteringsegenskaper viser seg ikke å ha det eller av en eller annen grunn oppfører seg annerledes enn forventet. Påføringsmetode og håndlag kan være avgjørende for om en metode fungerer eller ikke. Selv om ikke konsolideringstestene på atelieret ga de ønskede resultatene gjennom analyser har de gitt verdifull informasjon om håndteringsegenskaper og egnethet.

## 5 Konklusjon og veien videre

Det er flere usikkerheter ved cellulosenes håndteringsegenskaper, metode for uttesting og metode for analyse som bør undersøkes nærmere. Avhengig av finansiering i 2024 foreslås følgende undersøkelser videreført:

Nye prøveoppstryk som ligner mer på en nedbrutt limfargefilm for testkonsolidering: Kritt i vann, helt uten bindemiddel og kritt med en svak limløsning av kalvelim.

Videre eksperimenter med markering av metylcellulose med nanosølv for påvisning i SEM. Forbedre metode for syntetisering av nanosølv og cellulose, testkonsolidering, prøvetaking og analyse.

Videre eksperimenter med markering med fluorescein for påvisning av metylcellulose i ultrafiolett lys. Dette vil være en mer kostnadseffektiv metode for påvisning av metylcellulose i strukturen enn sølvmarkering om den viser seg å fungere.

Videre tester med testkonsolidering med metylcellulose med lav molekyllengde og nanocellulose også uten sølvmarkering for sammenligning av håndteringsegenskaper med og uten sølvmarkering.

## 6 Referanser

- Artioli, G. (2010). *Scientific Methods and Cultural Heritage: An introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science* Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199548262.001.0001>
- Bezur, A., Lee, L., Loubser, M. & Trentelman, K. (2020). *Handheld XRF In Cultural Heritage: A Practical Workbook for Conservators*.
- Cosano, D., Esquivel, D., Costa, C. M., Jiménez-Sanchidrián, C. & Ruiz, J. R. (2019). Identification of pigments in the Annunciation sculptural group (Cordoba, Spain) by micro-Raman spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 214, 139-145. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.02.019>
- Herráez-Domínguez, J. V., León, F. G. G. d., Díez-Sales, O. & Herráez-Domínguez, M. (2005). Rheological characterization of two viscosity grades of methylcellulose: an approach to the modeling of the thixotropic behaviour. *Colloid and Polymer Science*, 284(1), 86-91. <https://doi.org/10.1007/s00396-005-1332-3>
- Jernæs, N. K. & Ørnhei, A. A. (2021). *A complex conservation challenge. Consolidation of Norwegian distemper paint decorations*.
- Kausland, K. (2023). Røde alger i det grønne skiftet. Rapport 2023. [uplisert forskningsrapport]. Norsk institutt for kulturminneforskning, Oslo.
- Kleivane, M. (2020). Konservatorens guide til celluloseeternes galakse. *Norske konserver*, 1/2020.
- Kolarova, K., Samec, D., Kvittek, O., Reznickova, A., Rimpelova, S. & Svorcik, V. (2017). Preparation and characterization of silver nanoparticles in methyl cellulose matrix and their antibacterial activity. *Japanese Journal of Applied Physics*, 56(6S1), 06GG09. <https://doi.org/10.7567/JJAP.56.06GG09>
- Maity, D., Mollick, M. M. R., Mondal, D., Bhowmick, B., Bain, M. K., Bankura, K., ... Chattopadhyay, D. (2012). Synthesis of methylcellulose–silver nanocomposite and investigation of mechanical and antimicrobial properties. *Carbohydrate Polymers*, 90(4), 1818-1825. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.07.082>
- Mengshoel, K. (2021). *Nasjonale oppgaver: Metodeutvikling. Vurdering av metylcellulose og andre organiske lim for konsolidering av limfarge og andre porøse overflater. Delrapport 1 NIKU Rapport 110*. Oslo: NIKU.
- Mengshoel, K. (2022). *Nasjonale oppgaver: Metodeutvikling. Vurdering av metylcellulose og andre celluloseetere for konsolidering av limfarge. NIKU Rapport 167 Delrapport 2* Oslo, Norge: Norsk institutt for kulturminneforskning.
- Pinna, D., Galeotti, M. & Rocco, M. (2009). *Scientific Examination for the Investigation of Paintings: A Handbook for Conservators-restorers*.
- Soppa, K., Kohler, K., Carl, E., Demilio, E. M. L. & Geiger, T. (2020). Strengthen Methyl Cellulose with Nanocellulose for High Relative Humidity. I(s. 9-17).
- Wedvik, B. (2024). *Behandling av limfargedekor 2020 - 2023 A 117 Tyllidalen kirke, Tynset kommune, Innlandet. NIKU Rapport 292*. Oslo: Norsk institutt for kulturminneforskning.
- Zhang, Q., Xu, G., Guo, N., Wang, T., Song, P. & Xia, L. (2021). In-Situ Synthesis of Methyl Cellulose Film Decorated with Silver Nanoparticles as a Flexible Surface-Enhanced Raman Substrate for the Rapid Detection of Pesticide Residues in Fruits and Vegetables. *Materials (Basel)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/ma14195750>
- Ørnhei, A. (2022). *Nasjonale oppgaver: Metodeutvikling. Vurdering av størlim som konsolideringsmiddel for limfargedekor NIKU Oppdragsrapport 1/2022*
- Ørnhei, A. A., Olstad, T. M. & Jernæs, N. K. (2022). Consolidating distemper paint - reviewing the suitability of sturgeon glue. *Meddelelser om konservering*.

Nettsider:

[https://norgeskirker.no/wiki/Jostedal\\_kyrkje](https://norgeskirker.no/wiki/Jostedal_kyrkje)

<https://snl.no/tiksotropi>

<https://celluloseether.com/rheological-property-methyl-cellulose-solution/>

[https://snl.no/newtonsk\\_væske](https://snl.no/newtonsk_væske)

## 7 Vedlegg

### 7.1 Materialliste

Trivialnavn	Produktnavn	Leverandør	Kjemisk sammensetning	Anvendelse
Metylcellulose CP 400	MO262 Methyl Cellulose 400cP	Merch/Sigma Aldrich	Celluloseeter med kortere molekyllengde og lavere viskositet	Testkonsolidering
Metylcellulose CP 4000	MO512 Methyl cellulose 4000cP	Merch/Sigma Aldrich	Celluloseeter med lengre molekyllengde og høyere viskositet	Testkonsolidering
Metylcellulose CP15	M7027 Methyl cellulose 15cP	Merch/Sigma Aldrich	Celluloseeter med svært kort molekyllengde og svært lav viskositet	Testkonsolidering
Nanocellulose, krystallinsk CNC	NG01NC0101 Cellulose nano chrystals	Nanografi Nano Technology Nanografi.com	CNC med hydroxyl (OH)-grupper og sulfat (SO)-grupper.	Tilsetning til MC for konsolideringstester
Sprit	Etanol Absolutt alkohol prima	Antibak	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	Tilsetning til MC for testkonsolidering
Harelim	Harelim	Kremer pigmente		Grundering/maling på oppstryk til testplater
Kritt	58100 Kreide von Bologna	Kremer pigmente	CaCO <sub>3</sub>	Grundering/maling på oppstryk til testplater
MDF-plater				
Sølv nanopartikler	209139 Silver nitrate	Merch/Sigma Aldrich	Sølvnitrat i nanopartikler AgNp	Markering av cellulosepartikler
Japanpapir	Bib Tenguio 11	John Purcell paper	Cellulose	Testkonsolidering



Norsk institutt for kulturminneforskning er et uavhengig forsknings- og kompetansemiljø med kunnskap om norske og internasjonale kulturminner.

Instituttet driver forskning og oppdragsvirksomhet for offentlig forvaltning og private aktører på felter som by- og landskapsplanlegging, arkeologi, konservering og bygningsvern.

Våre ansatte er konservatorer, arkeologer, arkitekter, ingeniører, geografer, etnologer, samfunnsvitere, kunsthistorikere, forskere og rådgivere med spesiell kompetanse på kulturarv og kulturminner.

[www.niku.no](http://www.niku.no)

## NIKU Rapport 293

**NIKU hovedkontor**  
Storgata 2  
Postboks 736, Sentrum  
0105 OSLO  
Telefon: 23 35 50 00

**NIKU Tønsberg**  
Farmannsveien 30  
3111 TØNSBERG  
Telefon: 23 35 50 00

**NIKU Bergen**  
Dreggsallmenningen 3  
Postboks 4112, Sandviken  
5835 BERGEN  
Telefon: 23 35 50 00

**NIKU Trondheim**  
Kjøpmannsgata 1b  
7013 TRONDHEIM  
Telefon: 23 35 50 00

**NIKU Tromsø**  
Framsenteret  
Hjalmar Johansens gt. 14  
9296 TROMSØ  
Telefon: 77 75 04 00