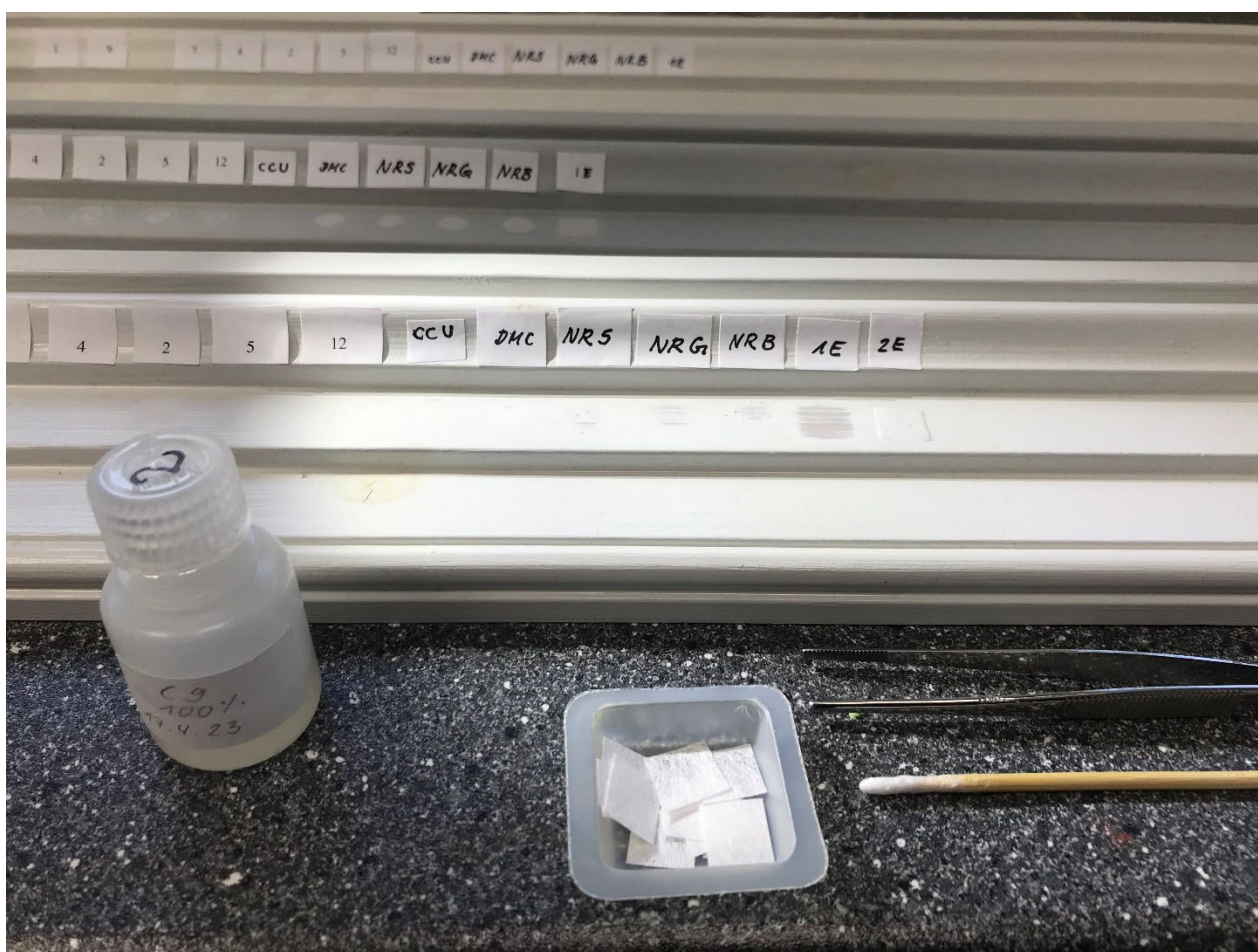


# NASJONALE OPPGAVER 2023 METODEUTVIKLING

Malingsfjernere på overmalt dekor. Delrapport 2 2023

Hulda Blix, Elena Platania og Christina Spaarschuh







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/>

<b>Tittel</b> Nasjonale oppgaver 2023                      Metodeutvikling Malingsfjernere på overmalt dekor. Delrapport 2 2023	<b>Rapporttype/nummer</b> NIKU Rapport 317	<b>Publiseringsdato</b> [Publiseringsdato]
	<b>Prosjektnummer</b> 1022554-07	<b>Sider</b> 22
	<b>Avdeling</b> Konservering	<b>Tilgjengelighet</b> Åpen
<b>Forfatter(e)</b> Hulda Blix, Elena Platania og Christina Spaarschuh	<b>ISSN 2703-7797</b> <b>ISBN 978-82-8101-464-0</b>	<b>Oppdragstidspunkt / periode utført</b> 2023
	<b>Forsidebilde</b> Tester til fjerning av linoljemaling. Foto: NIKU CSp	

<b>Prosjektleder</b> Hulda Blix
<b>Prosjektmedarbeider(e)</b> Elena Platania, Christina Spaarschuh
<b>Kvalitetssikrer</b> Kjersti Marie Ellewsen

<b>Oppdragsgiver / finansiert av</b> Klima- og miljødepartementet (KLD)
--

<b>Sammenheng</b> NIKU viderefører Nasjonale oppgaver: metodeutvikling, på oppdrag av Klima- og miljødepartementet (KLD) og Riksantikvaren. Innenfor fargeundersøkelser er avdekkinger en essensiell del av å undersøke eldre malingslag. Dette er tradisjonelt utført som en kombinasjon av mekaniske og kjemiske metoder, men kommersielle malingsfjernere er så ineffektive at det snart ikke er mulig å bruke dem til dette formålet. Også manglende kontroll på virketid og strenge HMS-hensyn anses som ulemper. Etterspørselen etter miljøvennlige, mindre giftige, biologisk nedbrytbare, naturlige og kostnadseffektive løsemidler innen konserveringsfeltet har økt og krever utvikling av nye alternative løsemidler. Basert på undersøkelser gjort i 2022 ble det i 2023 valgt å se nærmere på en ny klasse av grønne løsemidler kalt dypeutektiske løsemidler (eng. deep eutectic solvents (DES)) og det upolare organiske løsemiddelet dimetylkarbonat. Det ble testet om disse egner seg til bruken innen konservering for avdekking av oljemalingslag. Første tester ble gjort på NIKUs konserveringsatelier på linoljemalt testmateriale, og senere i felt ifm en konkret avdekkingsoppgave. Både kortkjedete fettsyrer og dimetylkarbonat viste seg å løse noen linoljemalingslag. Likevel ga ingen av de utprøvde materialene en allmenn anvendelig malingsfjerner. Det anbefales å teste videre med de mest lovende materialene og optimalisering av deres applikasjon som gel. Samtidig anbefales det også å teste flere grønne løsemidler som brukes innen kjemisk industri, og som kan være til hjelp ved avdekking av oljemalingslag.
<b>Abstract</b> NIKU continues with national tasks: method development, commissioned by the Norwegian Ministry of Climate and the Environment (KLD) and the Norwegian Directorate for Cultural Heritage Research. Within architectural paint research and architectural finishes research uncovering is an essential part of examining older paint layers. This has traditionally been carried out as a combination of mechanical and chemical methods, but commercial paint removers have grown so inefficient they are almost impossible to use them for this purpose. Lack of control over and strict HSE considerations are also considered as disadvantages. The demand for environmentally friendly, less toxic, biodegradable, natural and cost-effective solvents in the conservation field has increased and requires the development of alternative solvents. Based on research carried out in 2022, it was decided to take a closer look at a new class of green solvents called deep eutectic solvents (DES) and the non-polar organic solvent dimethyl carbonate. It was tested whether these are suitable for uncovering oil paint layers. First tests were carried out at NIKU's conservation studio on linseed oil-painted test material, and later in situ in the frames of a project which involves uncovering of oil paints. Both short-chain fatty acids and dimethyl carbonate were found to dissolve some of the oil paint layers. Nevertheless, none of the tested materials provided a generally applicable paint remover. NIKU recommends to test further with the most promising solvent materials and optimize their application as a gel. At the same time, NIKU recommends, in addition, to test other green solvents that are used in the chemical industry.

<b>Emneord</b> Fargeundersøkelse, konservering, restaurering, malingsfjerner, konserveringsmidler, konserveringsmetoder, avdekking, Peder Balke, dekor, linoljemaling, maleri på tre, oljemaling (materiale), friser
Architectural paint research, architectural finishes research, conservation, restoration, paint remover, conservation media, conservation methods, uncovering, Décor, Peder Balke, paintings on wood, oil paint, friezes

Avdelingsleder  
 Kjersti Marie Ellewsen



## Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn og formål.....	7
1.1	Introduksjon til prosjektet .....	7
2	Metode.....	8
2.1	Litteraturundersøkelse .....	8
2.2	Tester på laboratoriet.....	8
2.3	Tester i salen i den gamle hovedbygningen på Billerud .....	9
2.3.1	Første løselighetstester .....	9
2.3.2	Avdekkningstester.....	9
3	Resultat.....	10
3.1	Valgte løsemidler.....	10
3.1.1	Dypeutektiske løsemidler (DESS).....	10
3.1.2	DESS i konserveringsfaget.....	10
3.1.3	Upolare DESS for fjerning av upolare, hydrofobe malingstyper .....	10
3.1.4	Fettsyrebaserte upolare DES .....	11
3.1.5	Kolinklorid og urea.....	11
3.1.6	Dimetylkarbonat (DMC) .....	11
3.2	Tester på laboratoriet.....	12
3.2.1	Tester med bomullspinne.....	12
3.2.2	Tester med rensmiddel påført gjennom Evolon® .....	13
3.2.3	Testing av fettsyrer med færre C-atomer .....	13
3.2.4	Tester med rensmiddel påført med Agar Agar gel.....	15
3.3	Tester i felt.....	17
3.3.1	Første løselighetstester .....	17
3.3.2	Avdekkningstester.....	19
3.3.3	Oppsummering av tester i felt.....	20
4	Konklusjon og veien videre .....	20



## 1 Bakgrunn og formål

Prosjektet er en del av de nasjonale oppgavene NIKU utfører for Klima- og miljødepartementet (KLD) og Riksantikvaren. NIKU skal evaluere innarbeidede metoder, holde seg oppdatert på gjeldende forskning om konserveringsmetoder og utvikle nye metoder med spesiell tilpasning til norske forhold.

Dette prosjektet har fokusert på metodeutvikling innenfor konservering og fargeundersøkelser.

Innenfor fargeundersøkelser (eng.: architectural paint research (APR) eller architectural finishes research (AFR)) er avdekking en essensiell del av å undersøke eldre malingslag. Dette er tradisjonelt utført som en kombinasjon av mekaniske og kjemiske metoder, men kommersielle malingsfjernere er så ineffektive at det snart ikke er mulig å bruke dem til dette formålet. Også manglende kontroll på virketid og strenge HMS-hensyn anses som ulemper. Eterspørselen etter miljøvennlige, mindre giftige, biologisk nedbrytbare, naturlige og kostnadseffektive løsemidler innen konserveringsfeltet har økt og krever utvikling av nye alternative løsemidler. Samlet viser dette et behov for utvikling av nye metoder til avdekking av eldre malingslag og dekor.

Også innen maleri- og gjenstandskonservering er det ofte behov for metoder til fjerning av oljebaserte (over-) malingslag. For dette formålet er det forskjellige tilnæringer i bruk, blant annet avdekking ved bruk av organiske løsemidler og løsemiddelgeler, mekanisk avdekking og i sjeldne tilfeller laserrensing.<sup>1</sup> Hvor godt disse metodene virker er avhengig av en rekke faktorer, og i praksis er alle svært begrenset i anvendelsen, da originallagene som ønskes bevart ofte ikke tåler avdekking med noen av de kjente metodene. Formålet med dette metodeutviklingsprosjektet er å forsøke å finne en systematisk fremgangsmåte for skånsom fjerning av linoljemaling som i tillegg tar hensyn til HMS og som er brukbart i felt.

### 1.1 Introduksjon til prosjektet

Som en del av nasjonale oppgaver skaffet NIKU i 2022 en oversikt over hvilke løsemidler og kommersielle malingsfjernere som brukes i dag innen fagfeltet når det lages fargetrappet og ved avdekking av historiske overflater og dekorlag.<sup>2</sup> En spørreundersøkelse viste at det er stort behov for avdekkingsmetoder som er bedre kontrollerbare, og som svarer til tidens krav om helse- og miljø sikkerhet. I tillegg pekte resultatene på at majoriteten i fagfeltet oppfatter bruken av tykkflytende geler og såkalte «rigid gels» (faste geler) som en fordel når den malingsfjernende virkningen vil begrenses til kun de øverste lag i en malingsstruktur. Det ble også gjort en litteraturundersøkelse av NIKUs konservasjonsscientist for å se på hvilke alternative metoder det kan være til kommersielle malingsfjernere. I denne kom det frem at bruken av en ny klasse av grønne løsemidler kalt dypeutektiske løsemidler (eng. deep eutectic solvents (DES)) i kombinasjon med Agar Agar gel kan være relevant å teste til avdekking av malingslag.<sup>3</sup>

I 2023 ble prosjektet videreført. På bakgrunn av funnene i litteraturundersøkelsene ble det valgt å se nærmere på og teste dypeutektiske løsemidler og det upolare organiske løsemiddelet, dimetylkarbonat, for deres egnethet til avdekking av oljemalingslag. Det er tatt utgangspunkt i et allerede pågående prosjekt NIKU har på Billerud, Østre Toten. Oppdragsgiver for dette er Peder Balke-senteret og prosjektet er finansiert gjennom tilskudd fra Innlandet fylkeskommune. I en av salene (rom 15) i den gamle hovedbygningen på Billerud hadde NIKU i 2021 funnet overmalt dekor og malerier, som var antatt malt av maleren Peder Balke. Analyser viser at dekor og maleriene er utført i linoljemaling og senere overmalt

<sup>1</sup> Sanmartín, P., Cappitelli, F., & Mitchell, R. (2014). Current methods of graffiti removal: A review. *Construction and Building Materials*, 71, 363-374.

<sup>2</sup> Hulda Blix. *Nasjonale oppgaver. Post 3. Metodeutvikling. Malingsfjernere. Bruk av kommersielle malingsfjernere i fargeundersøkelser*. NIKU rapport 174. 2023.

<sup>3</sup> Jia et al. 2021.

med flere lag linoljemaling. Det er et ønske å avdekke dekor og malerier, og NIKU er bedt å teste metoder for avdekking.

De utvalgte materialene ble i første omgang testet i laboratoriet på linoljemalt testmateriale og senere utprøvd på den overmalte dekoren i Billerud. Mål med testene var å se om DESs og/ eller dimetylkarbonat (DMC) kan brukes til malingsfjerning for oljebaserte malingslag.

## 2 Metode

### 2.1 Litteraturundersøkelse

Det ble søkt etter forskning og informasjon om DESs og dimetylkarbonat. Søket inkluderte både data fra kjemisk industri og fra konserveringsfaget.

### 2.2 Tester på laboratoriet

Som et første steg ble både upolare og polare DESs og dimetylkarbonat (eng. dimethyl carbonate (DMC)) testet på linoljemalte profillister. Hensikten var å finne ut om disse organiske forbindelsene kan brukes til å løse oljebaserte malingslag. En Design-of-Experiment (DoE)-tilnærming, implementert ved bruk av "mixexp"-pakken tilgjengelig i åpen kildekode-miljøet R/RStudio, ledet utvalget av blandinger for studien.<sup>4</sup>

Profillistene var i 2011-12 blitt malt med en alkydoljegrunding i to ulike grånyanser (Alkyd NCS 2500-N eller Alkyd NCS 1500-N) og linoljebaserte malingstyper av forskjellige leverandører.<sup>5</sup> Siden oppmalingen i 2011-12 hadde profillistene blitt lagret i romtemperatur. Til testing ble det valgt tre profillister som var malt med henholdsvis *Lasol linoljemaling* tilsatt trekullsort (testflate A), *Allbäck linoljemaling* tilsatt trekullsort og oker (testflate B), samt *WIBO gammeldags oljefärg* med NCS fargekode 1920-1002-Y (testflate C). Testflate D var en gammel vindusprofil med flere lag oljemaling av ukjent dato og sammensetning. Vinduet hadde vært utsatt for vær og vind i ukjent tid og blitt oppmalt med oljebasert maling i flere omganger.

Fettsyrer ble testet både i blanding som DESs eller rene og i blanding som vanlige løsninger. Både binære blandinger (løsninger som består av to komponenter), ternære og kvaternære blandinger ble testet. Løsningene ble lagd med varierende molforhold og en Design-of-Experiment (DoE) tilnærming la til grunn for utvalget av blandinger for studien.<sup>6</sup>

Det ble prøvd forskjellige metoder for malingsfjerning og avdekking. I et første steg ble det prøvd å løse malingslagene ved rensing med en drenket bomullspinne. For lengre innvirkningstid ble tekstilet, Evolon® brukt, dyppet i respektive kjemikalie eller en fast gel (eng. «rigid gel») laget av Agar Agar som hadde blitt drenket i de respektive kjemikalierne i 30 min. Evolon® er et mikrofilament-tekstil som kjennetegnes av høy absorpsjonsevne ved minimal utblødning. Evolon inneholder ingen løse- eller bindemidler. Agar Agar består av rødalger, blant annet *Gracilaria conchoides* og brukes som stabilisator, tykningsmiddel og emulgator i matindustrien. Agar Agar er hydrofob, men kan løses i kokende vann. I konserveringsfaget brukes Agar Agar til rensing av overlater. Fast gel laget av Agar Agar evner å holde på væske over lengre tid enn Evolon®.

---

<sup>4</sup> Weissman, S. A., & Anderson, N. G. (2015). Design of experiments (DoE) and process optimization. A review of recent publications. *Organic Process Research & Development*, 19(11), 1605-1633.

<sup>5</sup> Profillistene hadde tjent som prøveoppstrøk for prosjektet *Eidsvoll 2014* der historisk interiør i Eidsvollbygningen skulle rekonstrueres. Testoppstrøkene ble gjennomført i 2011-2012. Alkydoljegrundingen alkydoljegrunding

<sup>6</sup> Weissman, S. A., & Anderson, N. G. (2015). Design of experiments (DoE) and process optimization. A review of recent publications. *Organic Process Research & Development*, 19(11), 1605-1633.



Det ble etterrenset med opptil fem bomullspinner hver etter hvor mye av malingslaget kunne bli løst. Første bomulldott var tørr og ble brukt til å fjerne allerede løst maling, mens påfølgende bomullspinner ble fuktet med testet kjemikalie og brukt for å løse og fjerne mer av malingen.

Til vurdering av resultat ble de enkelte testfeltene vurdert ved bruk av en effektivitetsskala på fem trinn:

Effektivitetsskala	
1	Ingen effekt
2	Liten, kun overfladisk, effekt på malingslaget
3	Større effekt på malingslaget, malingslaget løsnes lokalt
4	Fjerner malingslaget ujevnt
5	Fjerner malingslaget jevnt og helhetlig

Tabell 1 Effektivitetsskala til vurdering av virkningen på en kjemisk forbindelse ved fjerning av malingslag

Under testene ble det brukt avsug, vernehansker og vernebrille.

## 2.3 Tester i salen i den gamle hovedbygningen på Billerud

### 2.3.1 Første løselighetstester

Det ble utført tester med de kjemikaliene som i laboratorietestene hadde gitt best resultat. Kjemikaliene ble i første steg testet i et felt på 50 x 25 cm som hadde blitt avdekket for tre av de ytterste malingslagene. Løseligheten ble testet på de fire gjenværende innerste malingslag som ligger på dekoren som ønskes avdekket. Hver enkelt kjemikalie ble prøvd ut på felt på cirka 10 x 10mm og påført overflaten på to forskjellige måter. I et første steg ble det prøvd å løse malingslagene ved påføring av DESs og DMC ved å rense overflaten med en drenket bomullspinne. For lengre innvirkningstid ble det brukt Evolon®, dyppet i respektive kjemikalie eller en fast gel laget av Agar Agar som hadde blitt drenket i de respektive kjemikaliene i 30 min. Innvirkningstiden ved første tester var 3 min, men ble gradvis økt opp til 30 min der det virket hensiktsmessig. Etter innvirkningstiden ble mykgjort maling og overskudd av rensemiddel fjernet med bomullspinner. Til vurdering av resultat ble de enkelte testfeltene vurdert ved bruk av samme skala som brukt for labortestene.

I feltsituasjon var det ikke tilgjengelig avsug for løsemiddeldamp. Av den grunn ble testene utført ved bruk av vernebrille, gassmaske og nitrilhansker som ble hyppig byttet.

### 2.3.2 Avdekkningstester

Det ble utført tester med DESs og organiske løsemidler. Kjemikaliene ble testet i avdekkete felter på (50 x 25 cm) og (25 x 25 cm) som tidligere hadde blitt avdekket for tre lag ved bruk av skalpell. Hver enkel kjemikalie eller blanding av kjemikalier ble enten prøvd i små områder på 10 x 10 mm eller 30 x 30 cm. Kjemikaliene ble påført overflaten enten ved å legge på Evolon®, dyppet i respektive kjemikalie eller en fast gel laget av Agar Agar som hadde blitt drenket i de respektive kjemikaliene i 30 min. Etter innvirkningstiden ble mykgjort maling og overskudd av rensemiddel fjernet med bomullspinner. Deretter ble det etterarbeidet og ytterste malingslaget forsøkt fjernet med skalpell.

Utprøvde materialer, metoder og resultat etter testene er dokumentert i tabell.

I feltsituasjon var det ikke tilgjengelig avsug for løsemiddeldamp. Av den grunn ble testene utført ved bruk av vernebrille, gassmaske og nitrilhansker som ble hyppig byttet.

## 3 Resultat

### 3.1 Valgte løsemidler

#### 3.1.1 Dypeutektiske løsemidler (DESs)

DESs er allment anerkjent som en ny klasse av ioniske væsker (IL), fordi de deler mange egenskaper med IL.<sup>7</sup> DESs er systemer dannet av en eutektisk blanding av Lewis eller Brønsted syrer og -baser som kan inneholde en rekke arter av anioner og/eller kationer; i motsetning dannes IL fra systemer som hovedsakelig består av én type diskrete anioner og kationer. DES-løsninger oppnås vanligvis ved kompleksdannelse av et kvaternært ammoniumsalt med et metallsalt eller en hydrogenbindingsdonor (HBD).<sup>8</sup> In en dyp-eutektisk blanding står minst to kjemiske forbindelser i et forhold til hverandre som gjør at blandingen har lavere smeltepunkt enn hver av de rene forbindelsene. DESs har stort potensiale til å fungere som løsemidler, og kan tilpasses til forskjellige kjemiske forhold. DESs har dessuten lavt damptrykk, holder seg flytende over et relativt bredt temperaturområde og spekter av komposisjoner. Dessuten er de ikke-brennbare, enkelt tilgjengelige og relativt billige i anskaffelsen. De enkelte komponentene er lite helsefarlige/ ikke toksiske.<sup>9</sup>

#### 3.1.2 DESs i konserveringsfaget

På grunn av DESs miljømessig gode egenskaper har de nylig blitt introdusert for første gang i konserveringsfaget. DESs har fått anvendelse til fjerning av polare hydrofile malingstyper,<sup>10</sup> og til fjerning av nedbrutt gelatin fra kinematografiske filmer av cellulosenitrat.<sup>11</sup>

#### 3.1.3 Upolare DESs for fjerning av upolare, hydrofobe malingstyper

Flertallet av DESs er polare, men for å fjerne oljebaserte upolare malinger vil det være nødvendig å bruke upolare DESs. En interessant vitenskapelig studie fra Florindo et al.<sup>12</sup> har presentert nye sammensetninger av upolare DESs basert på fettsyrer. Utfordringer med hydrofile DESs basert på hydrofile ammoniumsalter og deres kjemiske stabilitet i kontakt med vann førte til utviklingen av hydrofobe DESs som grønne erstatninger for konvensjonelle organiske løsemidler.<sup>13</sup> Ulike utgangsforbindelser har blitt brukt i hydrofobe DESs-systemer, alt fra langkjedete kvaternære ammoniumhalogenider til hydrofobe naturlige forbindelser, slik som mentol og langkjedede fettsyrer.<sup>14</sup> Deres betydning er hovedsakelig knyttet til deres gode kjemiske stabilitet, liten tendens til volumendring ved faseovergang og høy latent fusions- og smeltevarme temperatur i ønsket driftsområde.<sup>15</sup> Faseendringstemperaturen av fettsyrer kan lett bli justert ved å blande fettsyrer med forskjellige alkylkjedelengder i passende proporsjoner. Samtidig

<sup>7</sup> Smith, E. L., Abbott, A. P., & Ryder, K. S. (2014). Deep eutectic solvents (DESs) and their applications. *Chemical reviews*, 114(21), 11060-11082.

<sup>8</sup> Smith et al. 2014.

<sup>9</sup> Smith et al. 2014

<sup>10</sup> Jia, Y., Scitutto, G., Botteon, A., Conti, C., Focarete, M. L., Gualandi, C., ... & Mazzeo, R. (2021). Deep eutectic solvent and agar: a new green gel to remove proteinaceous-based varnishes from paintings. *Journal of Cultural Heritage*, 51, 138-144.

<sup>11</sup> Lozano, M. V. C., Scitutto, G., Prati, S., & Mazzeo, R. (2022). Deep eutectic solvents: green solvents for the removal of degraded gelatin on cellulose nitrate cinematographic films. *Heritage Science*, 10(1), 1-15.

<sup>12</sup> Florindo, C., Romero, L., Rintoul, I., Branco, L. C., & Marrucho, I. M. (2018). From phase change materials to green solvents: hydrophobic low viscous fatty acid-based deep eutectic solvents. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6 (3), 3888-3895.

<sup>13</sup> van Osch, D. J., Zubeir, L. F., van den Bruinhorst, A., Rocha, M. A., & Kroon, M. C. (2015). Hydrophobic deep eutectic solvents as water-immiscible extractants. *Green Chemistry*, 17(9), 4518-4521.

<sup>14</sup> Florindo, C., Branco, L. C., & Marrucho, I. M. (2017). Development of hydrophobic deep eutectic solvents for extraction of pesticides from aqueous environments. *Fluid Phase Equilibria*, 448, 135-142.

<sup>15</sup> Florindo et al. 2018.

er det flere fordeler til fettsyrer blant annet at de er ikke-reaktive, resirkulerbare, ikke-korrosive, og billige.<sup>16</sup>

### 3.1.4 Fettsyrebaserete upolare DES

Vegetabiliske oljer som brukes i oljebasert maling, er naturlige produkter av vegetabilisk opprinnelse som består av esterblandinger avledet fra glyserol med fettsyrekjeder som inneholder ca. 14–20 karbonatomer med ulik grad av umettethet.<sup>17</sup> Oljer består av triglyseridmolekyler som er blandinger av både mettede og umettede fettsyrer og glyserol. Fettsyrer er alifatiske karboksylsyrer som finnes i alle organismer og utfører en rekke funksjoner. Fettsyrer består av en lang hydrokarbonkjede ( $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ ) med en karboksylgruppe ( $\text{COOH}$ ), som typisk befinner seg ved enden av molekylet. Hydrokarbonkjeden kan være mettet eller umettet (inneholdende dobbeltbindinger) avhengig av opprinnelsen til fettsyrer.

Basert på arbeidet til Florindo et al.<sup>18</sup> lagde vi blandinger av mettede fettsyrer med forskjellig molekyl-lengde, dvs antall hydrokarbongrupper. Eksperimentene inkluderte følgende fettsyrer:

- Pentan- eller Valeriansyre ( $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ ),
- Heksan- eller Kapronsyre ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ ),
- Heptan- eller Enantinsyre ( $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$ ),
- Oktan- eller Kaprylsyre ( $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$ ),
- Nonan- eller Pelargonsyre ( $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}_2$ ),
- Dekan- eller Kaprinsyre ( $\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$ ) og
- Dodekan- eller Laurinsyre ( $\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$ )

### 3.1.5 Kolinklorid og urea

Kolinklorid ( $\text{HOH}_2\text{CCH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Cl}$ ) og urea ( $\text{CH}_2\text{N}_2\text{CO}$ , 1:2 molforhold) danner sammen et polart dypt eutektisk løsemiddel kalt reline ( $\text{CHCl}$ ). I denne blandingen fungerer som hydrogenbindingsakseptor (HBA) og er et biologisk nedbrytbart og ikke-giftig kvartært ammoniumsalt som enten kan utvinnes fra biomasse eller lett syntetisert fra fossile reserver. Derimot fungerer urea som giver av hydrogenbindinger (HBD). Denne DES er hydrofil og har nylig blitt brukt med suksess innen konserveringsfaget for fjerning av proteinbaserte hydrofile malingslag<sup>19</sup> og til fjerning av nedbrutt gelatin fra kinematografiske filmer av cellulosenitrat<sup>20</sup>. Det var interessant å ha med kolinklorid og urea med i testrekken for å kunne tilsette en polar komponent til de upolare fettsyrebaserete DESs om hensiktsmessig.

### 3.1.6 Dimetylkarbonat (DMC)

Dimetylkarbonat ( $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO}$ ) (eng.: dimethyl carbonate (DMC)) er et upolart organisk løsemiddel som får mye oppmerksomhet på grunn av sin allsidige bruk, lave toksisitet og raske biologiske nedbrytning.<sup>21</sup> Innenfor prosjektet var det et mål å teste DMCs evne til å løse upolare oljebaserte malingslag, samtidig som det var interessant å sammenligne virkning og anvendeligheten med løsninger basert på fettsyrer.

<sup>16</sup> Sharma, A., Tyagi, V. V., Chen, C. R., & Buddhi, D. (2009). Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable energy reviews*, 13 (2), 318-345.

<sup>17</sup> Dubois, V., Breton, S., Linder, M., Fanni, J., & Parmentier, M. (2007). Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 (7), 710-732.

<sup>18</sup> Florindo et al. 2018.

<sup>19</sup> Jia et al. 2021.

<sup>20</sup> Lozano et al. 2022.

<sup>21</sup> Tundo, P., & Selva, M. (2002). The chemistry of dimethyl carbonate. *Accounts of chemical research*, 35(9), 706-716. Pyo, S. H., Park, J. H., Chang, T. S., & Hatti-Kaul, R. (2017). Dimethyl carbonate as a green chemical. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 61-66.

## 3.2 Tester på laboratoriet

Som et første steg ble fire fettsyrer testet på linoljemalte profillister. Hensikten var å finne ut om fettsyrene kunne brukes til å løse oljebaserte malingslag. Utprøvde materialer, metoder og resultat etter testene er dokumentert i tabell. Se vedlegg 1.

Den første testrekken ble utført på testflate A-C og besto av blandinger av fettsyrene Oktansyre (C8), Nonansyre (C9), Dekansyre (C10) og Dodekansyre (C12). Løsningene ble lagd med varierende molforhold og en Design-of-Experiment (DoE) tilnærming la til grunn for utvalget av blandinger for studien (Tabell 2). I tillegg ble de polare DESs kolinklorid (CC) og urea (U), samt dimetylkarbonat (DMC) testet.

mass ratio	C8		C9		C10		C12	
run								
10		0 %		0 %		46 %		54 %
1		100 %		0 %		0 %		0 %
12		29 %		31 %		0 %		40 %
15		21 %		23 %		26 %		30 %
5		48 %		52 %		0 %		0 %
6		46 %		0 %		54 %		0 %
2		0 %		100 %		0 %		0 %
13		28 %		0 %		33 %		39 %
7		42 %		0 %		0 %		58 %
3		0 %		0 %		100 %		0 %
14		0 %		30 %		32 %		38 %
8		0 %		48 %		52 %		0 %
4		0 %		0 %		0 %		100 %
9		0 %		44 %		0 %		56 %
11		30 %		33 %		36 %		0 %

Tabell 2 Tabell over randomiserte blandingsforhold av maksimum tre fettsyrer som brukt i testrekke på laboratoriet.

### 3.2.1 Tester med bomullspinne

#### 3.2.1.1 Fettsyrebaserte upolare DES

Testene viste at det er mulig å løse linoljemaling med fettsyrer. Samtidig ga fettsyrene ganske ulikt resultat på de tre forskjellige testflatene. Det viste seg at linoljemalingen på testflate 2 var gjennomgående lettest løselig og den på testflate 3 tyngst løselig, mens virkningen på testflate 1 lå et sted imellom disse ytterpoler. Av de utprøvde fettsyrene var blandinger med høy prosentandel av C8 og C9 som løste linoljemalingene best, nærmere sagt ren C8, oktansyre (nr. 1), ren C9, nonansyre (nr. 2), og begge syrene blandet med tilnærmet lik prosentandel (nr. 5). Blanding nr. 1 og nr. 2 skåret lavt på effektivitetsskalaen på testfelt 1 og 3 med verdier mellom henholdsvis 2-3 og 1-2, mens de ga bedre effekt på testflate 2 med verdier mellom 4-5. Resultatene tydet på at fettsyrer med færre C-atomer, og følgelig mindre molekyler, er mest virksomme. Fettsyrer har en fettete, parafinaktig konsistens, og rester på overflaten måtte tørkes bort med tørre bomullspinner fulgt av flere hydrokarbon-fuktete bomullspinner for å unngå at fettsyren tørket opp som en voksaktig skorpe. Se tabell 3.

#### 3.2.1.2 Dimetylkarbonat (DMC)

Dimetylkarbonat hadde effekt på alle testflater ved bruk av bomullsdott i 60 sek. DMC løste oljemalingen på testflate 2 jevn og helhetlig (5), mens Lasol linoljemaling og WIBO var mer tungløselige med løselighetsgrad 3 og 2-3 henholdsvis. DMC fordampet uten å etterlate synlige rester på overflaten. Se tabell 3.

#### 3.2.1.3 Kolinklorid og urea

Kolinklorid og urea hadde ingen effekt på noen av testflatene som forventet. Med bakgrunn i det ble det ikke gjort flere tester med dem eller andre polare DESs.

### 3.2.2 Tester med rensmiddel påført gjennom Evolon®

Siden ingen av rensmidlene hadde gitt godt nok resultat ved bruk av bomullspinner, ble de mest lovende løsningene testet for bedre effekt ved lengre innvirkningstid. Biter med tekstilet, Evolon®, ble dyppet i rensmiddel, lagt på testoverflaten og dekket til med plastfolie. Etter 3 minutters virkningstid ble tekstilet fjernet og overflaten rensert med bomulldotter. Denne metoden ga bedre effekt på testflate A og B enn rensing med bomulldott, mens oljemalingen på testflate C forble uløselig. I tabell 3 er de mest virksomme fettsyrene og deres vurdering på effektivitetsskalaen på testflate A-C stillt opp.

### 3.2.3 Testing av fettsyrer med færre C-atomer

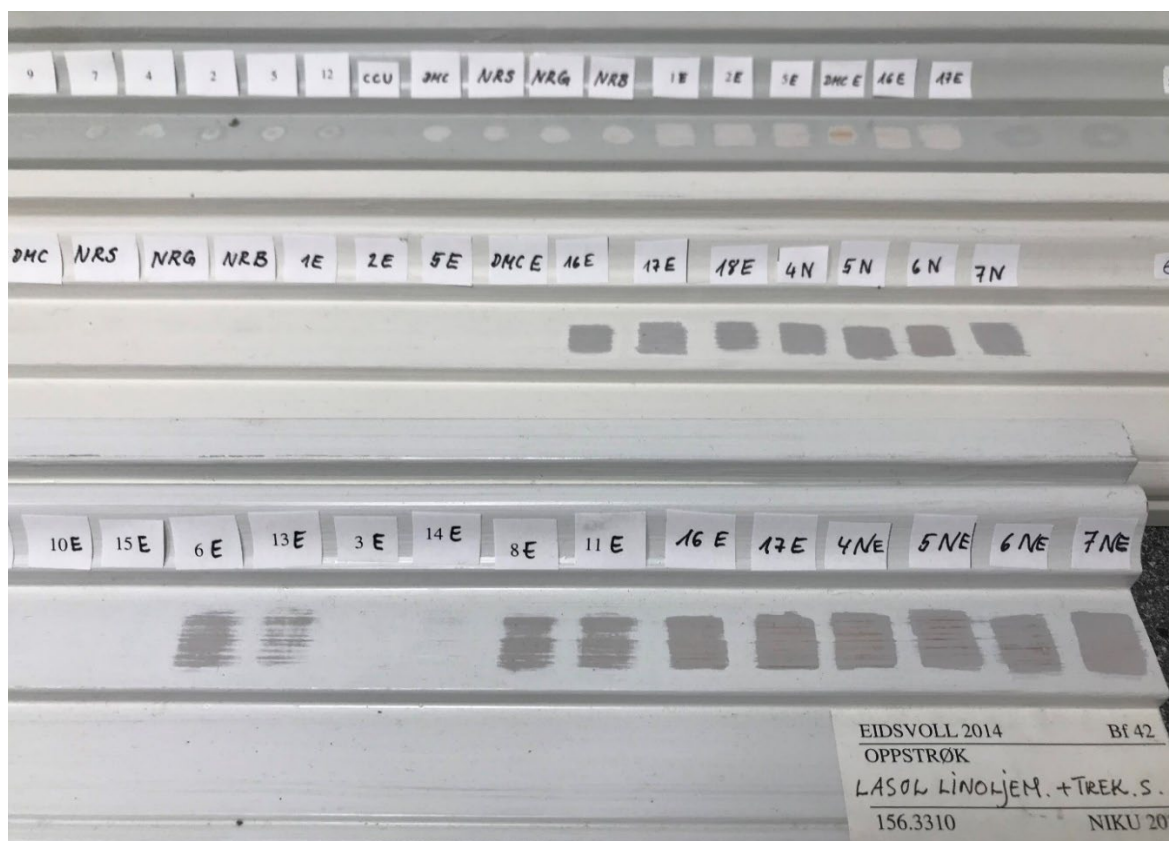
Siden fettsyrene med færrest C-atomer hadde størst effekt på linoljemalingene, var det interessant å teste fettsyrer med enda mindre molekyler. En ny testrekke inneholdt heptansyre (C7), heksansyre (C6) og pentansyre (C5), samt blandinger av disse. Resultatet bekreftet tendensen fra de første testrunden. C5, fettsyren med m færrest C-atomer, viste seg å ha størst løsende effekt av alle testede fettsyrer på testflatene A-C. Se tabell 3.

Nr./kode	Rensmiddel	Påføringsmåte	Testflate A	Testflate B	Testflate C
1	(100%C8)	Bomullspinne	2-3	4-5	2
2	(100%C9)	Bomullspinne	2	4	1
5	(48%C8+52%C9)	Bomullspinne	2	4-5	1-2
DMC	Dimetylkarbonat 100%	Bomullspinne	3	5	2-3
1	(100%C8)	Evolon®	4	5	1
2	(100%C9)	Evolon®	4	5	1
5	(48%C8+52%C9)	Evolon®	4-5	5	1
DMC	Dimetylkarbonat 100%	Evolon®	1-2	5	1
16	(100%C6)	Evolon®	5	5+	4-5
17	(100%C5)	Evolon®	5	5+	5
18	(100%C7)	Evolon®	4-5	-	-
4N	(50%C5:50%C6)	Evolon®	5	-	5

Tabell 3 Liste over de mest virksomme fettsyrene, samt dimetylkarbonat (DMC) og deres vurdering på effektivitetsskalaen på testflate A-C.



Figur 1 Foto av testflater A-C, oppstrøksprøver i linoljemaling fra 2011. Overflaten ble under testing observert gjennom stereomikroskop.



Figur 2 Foto av testflater A-C. Testene i laboratoriet viste at forskjellige linoljemalinger også viser forskjellig løselighet

### 3.2.4 Tester med rensemiddel påført med Agar Agar gel

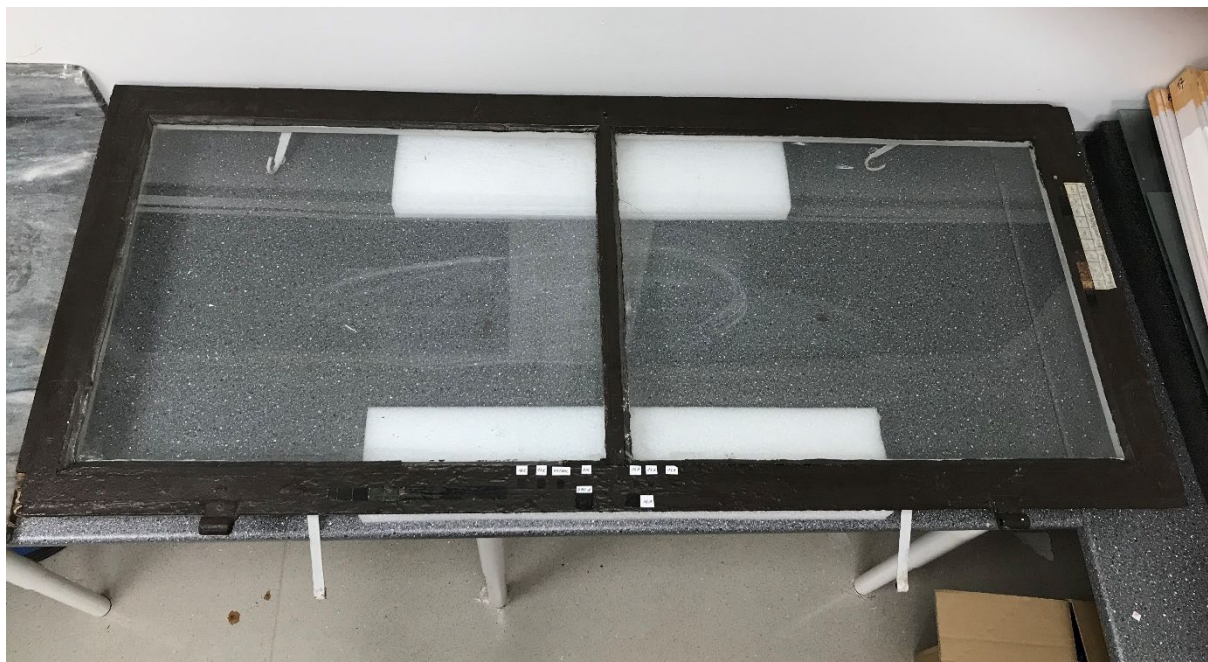
Testflate D var yttersiden av et gammelt vindu av ukjent dato og proveniens, som var malt med flere strøk eldre oljebasert maling (Figur 3 og 4). Tilstedeværelse av flere lag med eldre oljemaling gjorde vindusprofilen egnet til å teste lengre innvirkningstider. Overflaten på vindusrammen var værslitt og ruglete. Fordypninger i malingen tydet på at underliggende malingslag var skadet før siste strøk med maling ble påført.

Testene viste at topplaget på vindusrammen var mulig å løse med ren C5 og C6 og ren dimetylkarbonat (DMC). Det var imidlertid nødvendig med lange innvirkningstider, 20 min for fettsyrene og 35 min for DMC. For å oppnå dette ble det gjort forsøk med en fast gel laget av Agar Agar, som kan drenkes i forskjellige løsemidler og evner å holde på væske over lengre tid.

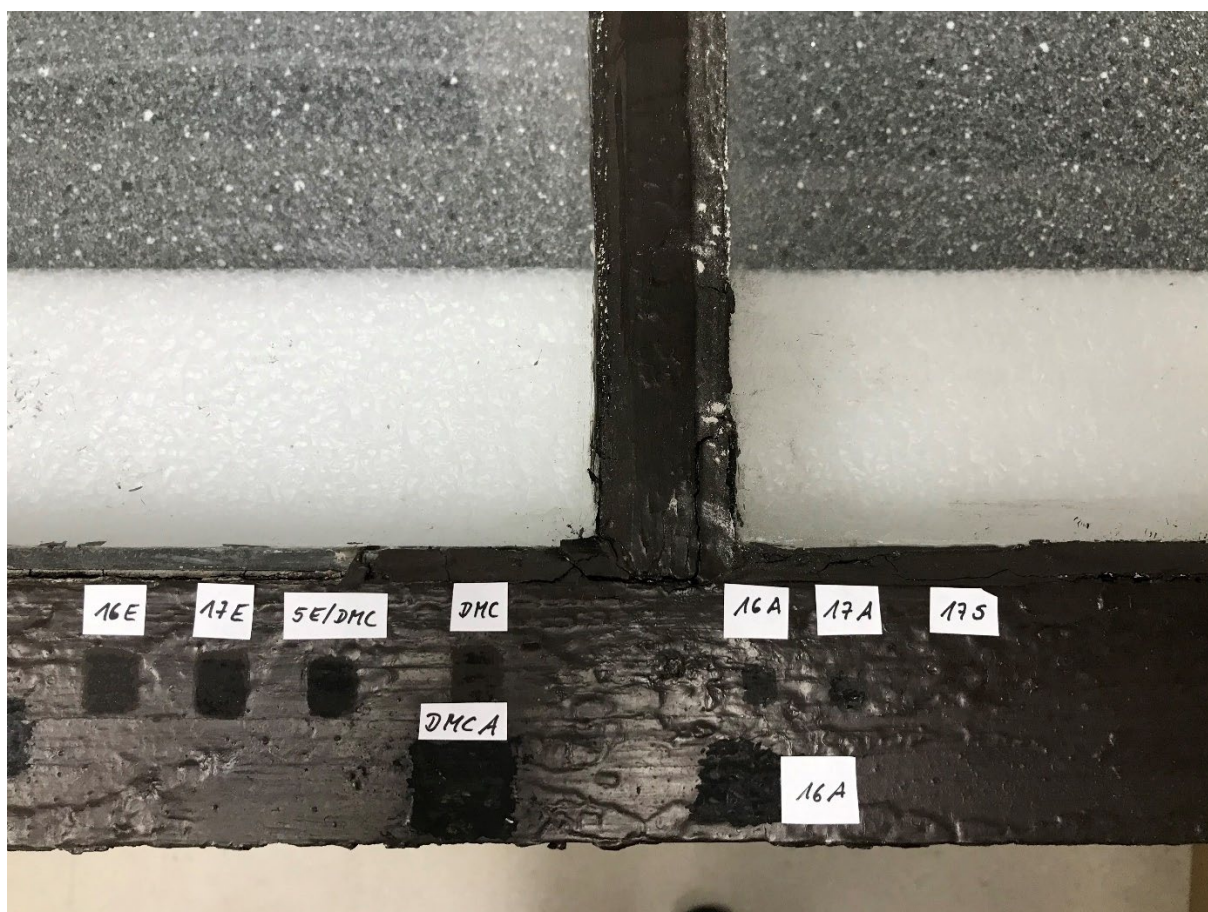
Siden det var mulig å fjerne det øverste malingslaget på testflate D, fikk C5 høyest karakter på effektivitetsskalaen. I karakteren er imidlertid ikke tidsaspektet tatt hensyn til. Fjerning av øverste malingslaget på testflaten krevde i dette tilfellet en innvirkningstid på 20 min (17 A), på et område på 10x10mm.

Nr./kode	Rensemiddel	Påføringsmåte	Vurdering	Karakter
16 E	C6 100%	Evolon® 3min	Ikke mye av malingen er mykgjort, men etterrens med opptil 5 fuktete bomullspinner løser øverste malingen sakte. Lengre virkningstid?	3-4
17 E	C5 100%	Evolon® 3min	Ikke mye av malingen er mykgjort, men etterrens med opptil 5 fuktete bomullspinner løser øverste malingen og underliggende maling eksponert stedvis. Lengre virkningstid?	4
5 E	C8/C9 48%:52%	Evolon® 3min	Ikke mye av malingen er mykgjort, mindre enn 16E og 17E. Etterrens med opptil 5 fuktete bomullspinner løser øverste malingen meget sakte. Lengre virkningstid?	3
DMC E	Dimetylkarbonat 100%	Evolon®	Topplaget myknes og løses stedvis, ujevnt resultat	4
DMC A	Dimetylkarbonat 100%	Agar Agar, 25min	Topplaget lar seg skrelle av. Underliggende lag kan tynnes, men lar seg ikke fjerne helhetlig	4-5
16 A	C6 100%	Agar Agar, 20min	Topplaget lar seg fjerne med hjelp av fuktige bomullspinner og trepinne. Laget under er noe mykgjort og lett å skade, men kan ikke fjernes.	5
17 A	C5 100%	Agar Agar, 20min	Topplaget delaminerer og kan pelles av. Virker noe bedre enn 16A. Laget under er noe mykgjort og lett å skade, men kan ikke fjernes.	5
17 S	C5 blandet i silikongel 1:8 (w/w)	Gel påført med pensel 20 min	Topplaget er noe mykgjort, men kan ikke bli fjernet fra overflaten. Andel C5 er trolig for liten til å løse malingslaget.	2

Tabell 4 Rensetester med DMK og fettsyrer på testflate D med flere værslitte oljemalingslag av ukjent dato.



Figur 3 Testflate D, yttersiden av et gammelt vindu av ukjent dato og proveniens.



Figur 4 Detalj av testflate D, yttersiden av et gammelt vindu av ukjent dato og proveniens.



### 3.3 Tester i felt

Tester for fjerning av maling ble utført i testområdene på nord- og vestvegg på Billerud der de tre ytterste malingslag var tidligere blitt fjernet med skalpell.

Tester på testflate D hadde tydet på at det vil være nødvendig med en lengre virkningstid enn 3 minutter. Av den grunn ble det i tillegg til Evolon® også brukt Agar Agar til å påføre løsningene overflaten.

#### 3.3.1 Første løselighetstester

I august 2023 ble de første løselighetstester utført på Billerud. Virkningstiden ved innledende tester var 3 min, men den ble raskt økt ettersom dette ikke ga tilstrekkelig resultat. Siden det var tre lag med overmaling som skulle fjernes fra originalen, ble det forsøkt å legge på kjemikalier i flere omganger. Vurderingen etter testene må anses som en samlet vurdering av effekten på alle tre malingslag som skulle fjernes. Testene viste at fettsyren med kortest molekyler, C5 (pentansyre), og dimetylkarbonat (DMC) har en løsende effekt på malingslagene som ligger på dekoren (Tabell 5, Figur 18- 19). Imidlertid løsnet lagene ujevnt, som førte til at det var mulig å komme ned på originalen i noen områder, mens det andre steder lå igjen rester av malingslag. Det synes at effekten på malingslagene stagnerte etter hvert, og spesielt den nederste lysegrønne maling som ligger rett på originalen var vanskelig å løse. På effektivitetsskalaen beskrives denne løseligheten med 3-4. I tillegg var det flere utfordringer som ikke beskrives gjennom effektivitetsskalaen anvendt til vurdering: For det første var det nødvendig med en virkningstid på minst 30 min for å løse malingslagene så godt det lot seg gjøre. Etter det var det nødvendig å arbeide i svært små områder på maks 30 x 30 mm, fordi etterarbeidet med bomullspinner og skalpell også var tidkrevende. Utover dette, mykgjorde kjemikalierne også de originale malingslagene og gjorde det svært vanskelig å ikke skade dem under avdekkingen. I sum var de utprøvde metodene både skadelige for originalmalingen og for lite effektive. De respektive fettsyrene er ikke vurdert å være helse-skadelige, men er etsende og kan gi øyeskader ved sprut. Derfor bør det brukes vernehansker og vernebrille.<sup>22</sup> Den sterke lukten på fettsyrene C5 og C6 opplevdes som ubehagelig og derfor et ekstra hinder med tanke på HMS. I praksis forårsaket lukten kvalme, slik at det også ble nødvendig med ånderettsvern.

Selv om fettsyrene C5 og C6 ga best resultat, var effekten likevel ikke god nok. Også med hensyn til den sterke lukten, ble det valgt å ikke foreta flere tester med rene fettsyrer i feltsituasjon, men heller prøve å blande fettsyrer med andre relevante kjemikalier. DMC ble derimot vurdert som en mulig bestanddel ved utvikling av en gangbar avdekkingsmetode.

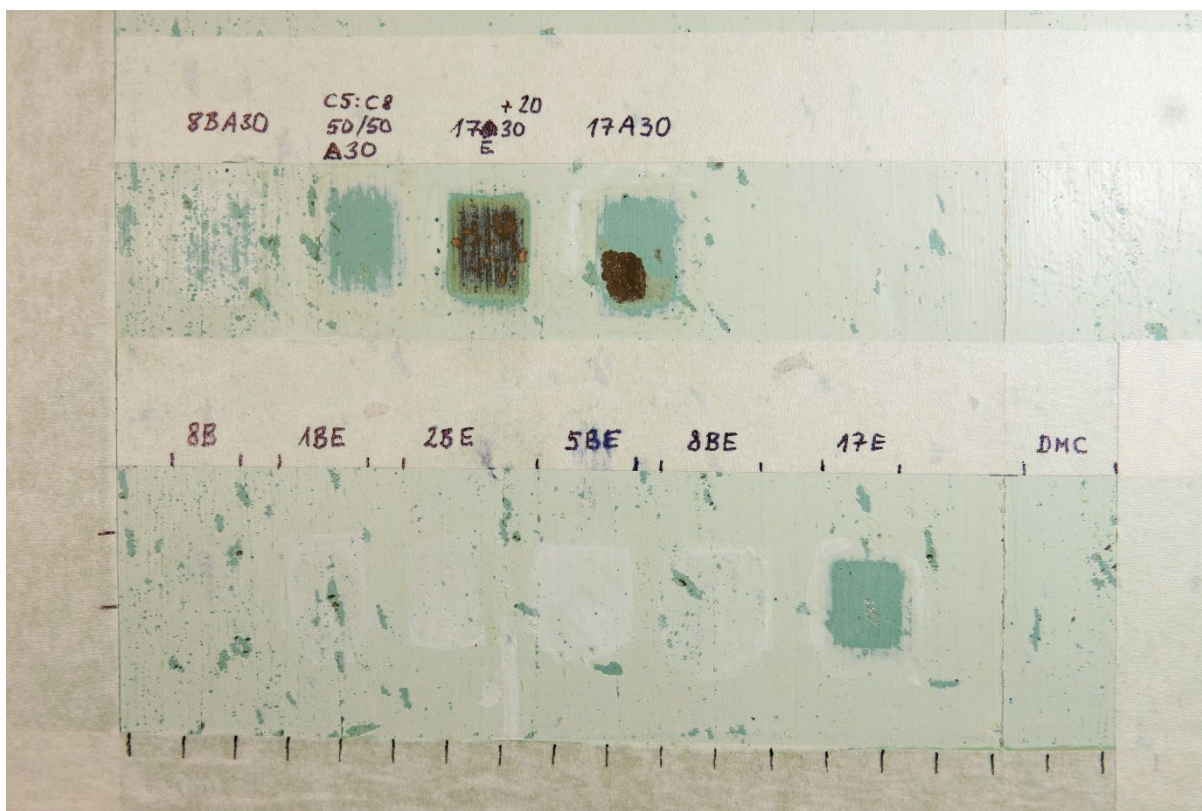
Materiale	Påføring	Vurdering
DMC	Lagt på Agar Agar drenket i C5 i 30min	4
C5, 100% (17)	Lagt på Agar Agar drenket i C5 i 30 min	3-4
C5, 100% (17)	Lagt på Evolon® dyppet i C5	3
C5/C8 50%:50%	Lagt på Agar Agar drenket i C5/C8 50:50i 30 min eller Lagt på Evolon® dyppet i C5/C8 50:50	3
8B (C5 30%/C8 70%)	Lagt på Agar Agar drenket i C5/C8 30:70 i 30 min eller Lagt på Evolon® dyppet i C5/C8 30:70	2-3

Tabell 5 Oversikt og vurdering av utprøvde kjemikalier som hadde mest effekt på malingslagene ved første løselighetstester i felt

<sup>22</sup> Sikkerhetsdatablad for *pentansyre* Utgave 8.5 Revisjonsdato 25.08.2022, [www.sigmaaldrich.com](http://www.sigmaaldrich.com). Sikkerhetsdatablad for *heksansyre*, Utgave 8.9 Revisjonsdato 29.10.2023 [www.sigmaaldrich.com](http://www.sigmaaldrich.com)



Figur 15 Arbeidssituasjon under løselighetstester på nordveggen (det brune laget er det opprinnelige vi ønsker å avdekke)



Figur 16 Løselighetstester på nordveggen

### 3.3.2 Avdekkingstester

Løselighetstestene ble fulgt opp ved avdekkingstester i noe større områder på cirka 30 x 30 mm. Under løselighetstestene virket det som om dimetylkarbonat(DMC)muligens kunne brukes til å utvikle en gangbar metode til avdekking. Samtidig var det et ønske å teste videre med fettsyren C5, men kun som en liten andel i et avdekkingsmiddel. Siden effekten med ren DMC alene ikke var god nok for å kunne avdekke dekoren, ble det prøvd å forbedre effekten av DMC med forskjellige metoder.

#### 3.3.2.1 Blanding av upolart og polart

Oljemalingslag kan bli mindre hydrofobe og upolare med tiden.<sup>23</sup> Derfor var det et spørsmål om man kan bedre effekten av DMC og C5, som begge er upolare, ved å tilsette polare stoffer. DMC og C5 ble forsøkt blandet med det polare,organiske løsemiddelet etanol og kolinklorid/ urea 50%:50% for å oppnå et avdekkingsmiddel som inneholder både upolare og polare molekylgrupper. Det viste seg å være mulig å blande DMC og etanol, og blandinger av disse ble deretter utprøvd til avdekking på Billerud. Derimot ble blandinger av DMK og kolinklorid/ urea 50%:50% og blandinger av C5 og kolinklorid/ urea 50%:50% tilnærmet fast i romtemperatur, og derfor ikke mulig å teste i felt.

#### 3.3.2.2 Fremstilling av løsemiddelgeler

Løsemiddelgeler består av et løsemiddel eller en løsemiddelblanding og et tykningsmiddel som sveller i løsemiddelet til geléaktig konsistens. Fordelene med løsemiddelgeler framfor en stiv gel som drenkes i løsemiddelet, slik som Agar Agar, er at gelen ikke vil inneholde vannmolekyler. Kun molekylene i løsemiddelet/løsemiddelblandingen som man ønsker å teste med, vil være virksomme på overflaten. Tester med tykningsmidler ble utført i laboratoriet. Der ble det gjort tester med Agar Agar og metylcellulose (4000 cp, Sigma Aldrich). Det viste seg at Agar Agar ikke svellet som ønsket i DMC, og ikke ga en brukbar gel. Det ble også forsøkt å lage en gel av DMC og metylcellulose. Også her var det nødvendig å blande metylcellulose først med vann for så å blande inn litt etter litt DMC eller en blanding av DMC og C5. Denne typen geler ble utprøvd i felt på Billerud, men ga ikke nevneverdig effekt. Dette kan skyldes at det fortsatt var vann til stede i gelen. Det gjenstår å finne et tykningsmiddel som sveller i upolare løsemidler som DMC.

#### 3.3.2.3 Blanding av C5 og DMC

For å forbedre resultatet ble det også forsøkt å blande DMC og C5. Litteratursøk og testing viste at dette var mulig. Blandinger av de to stoffene ble prøvd ut på Billerud, men ga ikke bedre effekt enn DMK/etanol 50%:50%.

#### 3.3.2.4 Mekanisk avdekking

Siden det var nødvendig med lange innvirkningstider på kjemikaliene, ble det parallelt avdekket manuelt uten støtte av kjemikalier, kun ved bruk av skalpell. Formålet med dette var å teste denne metoden, og avdekke et testområde til vurdering av tilstanden på den opprinnelige dekoren. Denne metoden er meget tidkrevende, og det er svært vanskelig å unngå skader i dekorens malingslag.

---

<sup>23</sup> Phenix, A. (2002). Building models: comparative swelling powers of organic solvents on oil paint and the cleaning of paintings. *V & A conservation journal*, (40), 18-21. Baij, L., Buijs, J., Hermans, J. J., Raven, L., Iedema, P. D., Keune, K., & Sprakel, J. (2020). Quantifying solvent action in oil paint using portable laser speckle imaging. *Scientific Reports*, 10(1), 10574.

Materiale	Påføring	Vurdering	Karakter
DMK A	Agar Agar drenket i løsningen i 30 min, innvirkningstid 20 min, fjernet løsnet materiale, latt tørke i 60 min, deretter fjerning med skalpell	Hvitt lag løses med bomullsdotter. Lokalt kunne malingslagslagene løftes bort i en mykgjort med fast pakke, men dessverre ujevnt.	3-4
DMK/etanol 50:50	Agar Agar drenket i løsningen i 30 min, innvirkningstid 20 min, fjernet løsnet materiale, latt tørke i 60 min, deretter fjerning med skalpell	God effekt noen steder, men ikke noe effekt andre – virker som det avhenger av tykkelsen eller stabiliteten til malingslaget under.	4
Mekanisk avdekking med skalpell	Løfte/skrape malingslag fra original dekor med hjelp av et skalpell		4

Tabell 6 Oversikt og vurdering av utprøvde avdekkingsmetoder som hadde best effekt på malingslagene

### 3.3.3 Oppsummering av tester i felt

Den originale dekoren er bygd opp av meget tynne malingsstrøk, mens de monokrome veggmalingsene over er mye tykkere påført. Dette gir et uheldig utgangspunkt for avdekking av dekoren både med mekanisk og løsemiddelstøttet metode. Det er lett å skade den opprinnelige malingen med skalpell ved bruk av begge metoder. Løsemidlene må trenge gjennom tykke malingslag for å mykgjøre overmalingslagene en etter en. Dette krever lang virkningstid per lag og gjentatte påføringer av løsemiddel. Metoden medfører at også underliggende originalmaling mykgjøres. Der den opprinnelige dekoren foreligger tynnest og er bygd opp av færrest malingslag, er den spesielt utsatt for skader. Dette gjør seg gjeldende for både den brune bakgrunnsfargen og den sorte strekrammen. I draperiet er malingen utblandet med hvit og tykkere, og er av den grunn noe mer stabilt.

## 4 Konklusjon og veien videre

Ingen av de utprøvde materialene ga tilfredsstillende resultat for de konserveringsfaglige problemstillingene på Billerud. Avdekking med løsemidler var utfordrende, både fordi dekoren og de tidlige overmalingslagene er oljebaserte og løses med de samme løsemidlene. Selv om det var mulig å løse overmalingslagene med noen av de utprøvde løsningene, var avdekkingstestene gjennomgående preget av langsom fremdrift, og det faktum at det var vanskelig å unngå skader på opprinnelige malingslag. Ingen av de utprøvde metodene har vist seg å gi et godt resultat, slik at NIKU ikke anbefaler videre avdekking med metodene som hittil er prøvd.

Likevel har det vist seg at både noen av fettsyrene og dimetylklorid (DMC) kan løse linoljemalingslag. Det burde testes videre om noen av disse kan brukes under andre forhold, f.eks. ved fargeundersøkelser utendørs, der lukten på de mest kortkjedete fettsyrene ikke trenger å være like forstyrrende. Virkningen av løsemidler kan bedre kontrolleres ved bruk av et bærende medium, som f.eks. en gel. Det burde gjøres forsøk på å finne et egnet tykningsmiddel for upolare løsemidler og fettsyrer.

Samtidig er det viktig at det jobbes videre med å skreddersy avdekkingsmidler for konkrete forhold, så vel som at det fortsettes med å se etter miljø- og helsevennlige erstatningsmaterialer for kommersielle malingsfjernere. Litteratur på ekstrahering av olje ved bruk av grønne løsemidler inneholder flere DES som man bør se på om kan brukes til å løse og fjerne oljemalingslag. Blant annet bør det testes med f.eks. limonen, etyl laktat,  $\gamma$ -Valerolacton (GVL), og choline-chloride-glycerol og choline chloride ethylene glycol.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Usman et al. "Evaluating Green Solvents for Bio-Oil Extraction: Advancements, Challenges, and Future Perspectives". I *Energies*, 16, 5852, 2023.



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 317

**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