

## NASJONALE OPPGAVER. POST 3. METODEUTVIKLING

Malingsfjernere. Bruk av kommersielle malingsfjernere i fargeundersøkelser







**Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)**  
 Storgata 2, Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo  
 Telefon: 23 35 50 00  
[www.niku.no](http://www.niku.no)

<b>Tittel</b> Nasjonale oppgaver. Post 3. Metodeutvikling Malingsfjernere. Bruk av kommersielle malingsfjernere i fargeundersøkelser	<b>Rapporttype/nummer</b> NIKU Rapport 174	<b>Publiseringsdato</b> 01.02.2023
	<b>Prosjektnummer</b> 1022278-08	<b>Sider</b> 9
	<b>Avdeling</b> Konservering	<b>Tilgjengelighet</b> Åpen
<b>Forfatter(e)</b> Hulda Blix	ISSN 2703-7797 ISBN 978-82-8101-321-6	<b>Oppdragstidspunkt / periode utført</b> 2022
<b>Forsidebilde</b> Overmalt dekor på Aas gård, Gjøvik. Foto: NIKU, 2022.		

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

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

<b>Sammendrag</b> Prosjektet omhandler undersøkelse av bruk av kommersielle malingsfjernere innenfor fargeundersøkelser og avdekking av historiske malingslag. Prosjektet har hatt som mål å danne en oversikt over hvilke malingsfjernere som brukes av konservatorer og om de er erstattet av andre metoder. Det ble gjennomført en spørreundersøkelse og en gjennomgang av relevant litteratur. Undersøkelsene viste at kommersielle malingsfjernere fortsatt brukes til fargeundersøkelser, men at dette er på tross av ulemper ved bruken av disse. Gjennomgangen av litteraturen viste at flere nye metoder har dukket opp som alternativ til tradisjonelle malingsfjernere, hvor bruk av geler med løsemidler fremstår som de mest lovende.
<b>Abstract</b> The project deals with the investigation of the use of commercial paint removers within architectural paint research and the exposure of historic paint layers. The project has aimed to form an overview of which paint removers are used by conservators and whether they have been replaced by other methods. A survey and a review of relevant literature was carried out. The project result showed that commercial paint removers are still used for architectural paint research, but that this is despite the disadvantages of using them. The review of the literature showed that several new methods have emerged as alternatives to traditional paint removers, of which the use of gels with solvents appears to be the most promising.

<b>Emneord</b> Fargeundersøkelse, APR, AFR, malingsfjerner, gel
<b>Keywords</b> Architectural paint research, APR, AFR, paint remover, gel

Avdelingsleder  
 Kjersti Marie Ellewsen

---

## Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn og formål .....	5
1.1	Introduksjon til prosjektet .....	5
2	Metode .....	6
2.1	Litteraturundersøkelse .....	6
2.2	Spørreundersøkelse .....	6
3	Resultater .....	7
3.1	Litteraturundersøkelse .....	7
3.2	Spørreundersøkelse .....	8
3.3	Formidling av resultatet .....	9
4	Konklusjon .....	9
4.1	Litteraturundersøkelse .....	9
4.2	Spørreundersøkelse .....	9
4.3	Videre arbeid .....	9

## 1 Bakgrunn og formål

Prosjektet er en del av de nasjonale oppgavene NIKU utfører for Klima- og miljødepartementet 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.

### 1.1 Introduksjon til prosjektet

Innenfor fargeundersøkelser (eng.: architectural paint research (APR) eller architectural finishes research (AFR)) er avdekkinger en essensiell del av å undersøke eldre malingslag. Ved å fjerne maling kontrollert lag for lag, eksponerer man hele malingshistorikken fra underlaget til dagens overflate. En slik lagvis avdekking kalles ofte en *fargetrapp*. Noen ganger er det ønskelig å eksponere spesifikke, eldre malingslag. Dette kan for eksempel være overflatens opprinnelige farge eller en dekorasjonsmaling.

Avdekkinger er tradisjonelt utført som en kombinasjon av mekaniske og kjemiske metoder. Lenge har man kunnet bruke kommersielle malingsfjernere til å kjemisk løse opp hvert enkelt lag. Strengere HMS-hensyn har ført til at malingsfjernere de senere årene har blitt så ineffektive at det snart ikke er mulig å bruke dem til dette formålet.

NIKU bør ha oversikt over hvilke løsemidler og kommersielle malingsfjernere som blir brukt av andre aktører, og som kan brukes til fargetrapp og avdekking av historisk malingslag. Denne delen av prosjektet har hatt som mål å skaffe NIKU kunnskap om effektive løsemidler som kan brukes til avdekninger i felt.

## 2 Metode

### 2.1 Litteraturundersøkelse

Det ble gjort en gjennomgang av litteratur og forskningsartikler for å se på alternativer til kommersielle malingsfjernere og hvilke metoder som eventuelt kan erstatte disse.

Søket ble hovedsakelig gjort i Google Scholar, men ResearchGate og Academia har også blitt brukt. Liste over gjennomgått litteratur er vedlagt rapporten i vedlegg 1. Søkeordene som ble brukt var:

- paint-removal methodologies
- painted surfaces
- hydrogels
- emulsions
- eco-compatible chemicals
- eco-compatible nanofluids
- surfactants
- cutting-edge methodologies
- cleaning of painted surfaces


### 2.2 Spørreundersøkelse

Vi ønsket innblikk i om konservatorer fortsatt bruker kommersielle malingsfjernere til fargeundersøkelser, og i så fall hvilke som anvendes.

Fire spørsmål ble sendt via e-post til 40 konservatorer i Norge, Sverige og Danmark. Utvalget ble gjort ut fra kjennskap til institusjoner og privatpraktiserende konservatorer som vi vet har tilbudt eller tilbyr fargeundersøkelser som oppdragstjeneste. Det ble også gjort et søk på «Finn en konservator»-tjenesten på NKF-Ns nettsider. Noen arkitekter og malere tilbyr også fargeundersøkelser, men mottakergruppen ble her avgrenset til å gjelde praktiserende konservatorer.

Følgende e-post ble sendt:

NIKU spør: Hvilke malingsfjernere bruker dere til fargeundersøkelser?



Blix, Hulda  
Til [Redacted]

☺
↩ Svar
↩ Svar til alle
→ Videre send
⋮

man. 26.09.2022 07:44

Hei,

I fargeundersøkelser (APR/AFR) er avdekking en avgjørende del av å undersøke og forstå 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 avdekkinger.

NIKU samler nå inn informasjon om hvilke malingsfjernere som fortsatt brukes av konserveringsfirmaer som tilbyr fargeundersøkelse. Målet er å finne gode metoder og gjøre disse tilgjengelige i fagfeltet. Vi ber dere derfor om å hjelpe oss ved å svare på følgende fire spørsmål:

1. **Hvilke kommersielle produkter bruker du til avdekking når du gjør en fargeundersøkelse?**  
(f.eks. Duxola, Nitromors, Rust Oleum osv.)
2. **Hvilke fordeler har produktet sammenliknet med andre du har testet?**  
(f.eks. effektiv på flere typer bindemidler, tilgjengelighet, lett å kontrollere virketid, effektiv også på kalde overflater)
3. **Hvilke ulemper har produktet sammenliknet med andre du har testet?**  
(f.eks. HMS-hensyn, bløter opp underliggende lag, vanskelig å kontrollere virketid), fungerer dårlig på kalde overflater)
4. **Lager dere egne blandinger? I så fall med hva?**

Korte og lange svar er velkomne. Svarene blir anonymisert. Foreløpig resultat blir presentert på NIKUs konserveringsavdelings frokostwebinar 4. november 2022. Endelig resultat blir formidlet i en rapport og i NKF's medlemsblad(er).

Svar bes sendt innen 15. oktober.  
På forhånd tusen takk for hjelpen!

Vennlig hilsen  
**Hulda Blix**  
Konservator – fargeundersøkelser  
NIKU Norsk institutt for kulturminneforskning/  
The Norwegian Institute for Cultural Heritage Research  
Mobile: 46 76 01 22

**NIKU**  
[www.niku.no](http://www.niku.no)  
[www.instagram.com/niku\\_conservation](https://www.instagram.com/niku_conservation)

## 3 Resultater

### 3.1 Litteraturundersøkelse

Litteraturundersøkelsen viste at det er utført mye forskning de siste årene for å evaluere nye og sikre metoder for fjerning av maling på malte overflater. Fjerning av maling påvirkes av flere faktorer som løselighet av bindemiddel, malingslag med ulik sammensetning og tilstand på de malte overflatene. Av denne grunn bør skreddersydde metoder utvikles i henhold til det spesifikke studieobjektet. I tillegg er det en økt bekymring angående giftige kjemikalier som brukes som malingsfjerning. Derfor bør økokompatibilitet og lav toksisitet vurderes ved valg av metoder for malingsfjerning.

Tradisjonelle kjemiske metoder, som bruker organiske løsemidler, har ulempen med begrenset kontroll over fjerningsvirkningen.<sup>1</sup> Mekaniske renseteknikker kan føre til slitasje på de originale overflatelagene og over rengjøring. Laserrengjøring har et stort potensial, men kan føre til misfarging av pigmenter.<sup>2</sup>

Blant de mest lovende metodene for fjerning av maling er hydrogeler med nanostrukturerte væsker. Nanostrukturerte væsker (eng. nanostructured fluids) er laget av en blanding av organiske løsningsmidler og overflateaktive stoffer.<sup>3</sup> Ulike formuleringer av geler og nanovæsker har blitt utviklet. For eksempel har polyvinylpirrolidon(PVP)-baserte geler blitt lastet med de «grønne» løsningsmidlene propylenkarbonat/etylacetat for fjerning av akrylmaling.<sup>4</sup> Man har også sett at polyvinylalkohol (PVA) er en grønn, bærekraftig og biokompatibel polymer med stort potensiale for malingsfjerning.<sup>5</sup> Sawicki et al. har brukt PVA i kombinasjon med borax og aceton for fjerning av messingbasert overmaling på forgylte flater.<sup>6</sup>

Tester med dypeutektiske løsningsmidler (eng. deep eutectic solvents (DES)) i kombinasjon med agar gel var vellykket for fjerning av proteinholdige lag påført på både hydrofobe (linolje som bindemiddel) og hydrofile (eggtemperaer som bindemiddel) overflater.<sup>7</sup>

En annen type av nanostrukturerte væsker utgjøres av halloysite. Halloysite er et billig og ikke-giftig nanomateriale (naturlig forekommende aluminosilikat) på grunn av dets rikelige tilgjengelighet over hele verden.<sup>8</sup> Bruken av Halloysite-baserte micellære systemer har en rekke fordeler som redusert mengde organisk overflateaktivt middel, langt under den kritiske micellære konsentrasjonen, og nesten null konsentrasjon av frie overflateaktive molekyler.

En annen lovende malingsfjerningsmetode bruker silicageler med det «grønne» løsningsmidlet dimetylkarbonat (DMC). Denne metoden har så langt blitt brukt for fjerning av graffiti og veggmalier, murverk og steinkunstverk.<sup>9</sup>

Biorensing (eng. biocleaning) er en metode hvor aktiv gjær, bakterier, enzymer, mikrober er brukt for malingsfjerning og renseformål. Dessverre krever denne metoden en høy grad av spesialisering innen mikrobiologi. I tillegg må mikroorganismer fjernes fullstendig fra overflaten for å unngå fremtidige endringer.<sup>10</sup>

---

<sup>1</sup> Giorgi et al. 2017

<sup>2</sup> Kisova et al. 2021, Bordalo et al. 2006

<sup>3</sup> Baglioni et al. 2022; Baglioni et al. 2022

<sup>4</sup> Giorgi et al. 2017

<sup>5</sup> Bartoletti et al. 2020, Baglioni et al. 2018, Bonelli et al. 2018

<sup>6</sup> Sawicki et al. 2019

<sup>7</sup> Jia et al. 2021.

<sup>8</sup> Cavallaro et al. 2020

<sup>9</sup> Musolino et al. 2019

<sup>10</sup> Kisova et al. 2021

### 3.2 Spørreundersøkelse

Vi fikk svar fra 25% (10) av de spurte. Noen av svarene ble gitt på vegne av flere aktører innenfor samme virksomhet. I gjennomgangen av svarene er disse nummerert (1-10), ut fra rekkefølgen de ble mottatt i.

Alle oppga at de avdekker mekanisk. Noen jobber utelukkende med skalpell. To av svarene inneholdt ikke informasjon om bruk av malingsfjernere til fargeundersøkelser (nr. 3 og 9)

#### 1. Hvilke kommersielle produkter bruker du til avdekking når du gjør en fargeundersøkelse?

Nr.	Produktnavn	Merknad gitt om aktivt virkestoff
1	Ikke oppgitt	Malingsfjerner som inneholder n-metylpyrolidon (NMP).
4	Duxola malingsfjerner	
6	Nitromors	
8	SPCS 202	
10	Duxola malingsfjerner	Forsterket med metylenklorid.
10	Duxola malingsfjerner (eldre, utgått)	
10	Jotun Reprin Normal (utgått)	
10	Jotun Reprin Spesial (utgått)	

I tillegg ble kommersielle malingsfjernere nevnt, uten at de brukes til formålet i dag:

- Nitromors. Brukes ikke lenger pga. arbeidsmiljøkrav (Nr 2).
- Nitromors. Brukes ikke lenger fordi produktet oppfører seg annerledes enn tidligere (Nr. 5)
- Flügger malingsfjerner. Brukes ikke lenger fordi den er utgått. (Nr 6)

#### 2. Hvilke fordeler har produktet sammenliknet med andre du har testet?

Nr.	Produktnavn	Merknad gitt om fordeler
8	SPCS 202	Effektiv på flere typer bindemidler, lett tilgjengelig, lett å kontrollere virketid, effektiv også på kalde overflater.
10	Duxola malingsfjerner (eldre, utgått)	Virker bra i alle temperaturer, men best i lave.
10	Jotun Reprin Normal (utgått)	Virker bra i alle temperaturer, men best i lave.
10	Jotun Reprin Spesial (utgått)	Virker bra i alle temperaturer, men best i lave.

#### 3. Hvilke ulemper har produktet sammenliknet med andre du har testet?

Nr.	Produktnavn	Merknad gitt om ulemper
6	Nitromors (nyere)	Bløter ikke opp malingslag godt og vanskelig å kontrollere virketid.
8	SPCS 202	Myker opp lagene, og kan påvirke underliggende lag. Må noen ganger nøytralisere og stoppe prosessen.
10	Duxola malingsfjerner	Langsom virkningstid.

I tillegg ble det nevnt overordnede ulemper ved bruk av kommersielle malingsfjernere:

- Vanskelige å styre virkningen (Nr. 2, 7)
- Middelet er opakt, og det er derfor vanskelig å kontrollere plassering og effekt (Nr. 2)
- Strenge HMS-hensyn (Nr. 2, 7)

#### 4. Lager dere egne blandinger? I så fall med hva?



Halvparten av de spurte oppga at de bruker løsemidler til avdekkinger.

Nr.	Løsemiddel	Merknad gitt om hva det løser opp
2, 5	Aceton	
5,6,8	Ammoniakk	Linoljemaling
2	Ammoniakk (25%)	
2	Eddiksyre (80%)	
4, 5	Etanol	
8	Etylacetat	«Plastmaling»
5	Iseddik (konsentrert eddiksyre)	
5	Isopropanol	
6	Krystallsæbe (ren grønnsåpe)	Linoljemaling
8	Natriumhydroksid (NaOH)	Linoljemaling
5	Terpentin	
8	Triammoniumcitrat	
4, 5	Vann	

### 3.3 Formidling av resultatet

Resultatet ble formidlet på frokostwebinar via Teams, 4. november 2022.

## 4 Konklusjon

### 4.1 Litteraturundersøkelse

Bruk av geler utgjør så langt den mest lovende applikasjonen for fjerning av overmaling. Bruken av geler har fordelen av å begrense virkningen til de øverste lagene. I tillegg reduserer bruk av geler risikoen for vanninntrengning under behandlingen. Stive løsemiddelgeler tilbyr et godt alternativ til fri løsningsmiddelpåføring, forutsatt at de lett kan fjernes fra overflaten (unngå å etterlate rester) med minimale krav til rensing.

### 4.2 Spørreundersøkelse

Resultatet viste at flere fortsatt bruker kommersielle malingsfjernere, på tross av at nærmest alle påpeker negative sider ved bruk av disse. Dette var et overraskende resultat. Manglende kontroll på virketid og strenge HMS-hensyn ble trukket fram som ulemper. Dette viser til et behov for bedre metoder for avdekking av eldre malingslag og dekor.

### 4.3 Videre arbeid

Prosjektet er planlagt videreført i 2023, med mål om å finne en systematisk fremgangsmåte for valg av malingsfjernermetode med hensyn til fjerning og bevaring av lag av linoljemaling, samt hensyn til HMS og brukbarhet i feltarbeid.

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 174

**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

## **Bibliography**

- Alemam, E., 2021. Alemam, Ehab. Cleaning of Wall Paintings by Polyvinyl alcohol–Borax/Agarose (PVA–B/AG) Double Network Hydrogels: Characterization, Assessment, and Applications (Doctoral dissertation). University of Antwerp, Antwerp.
- Baglioni, M., Alterini, M., Chelazzi, D., Giorgi, R., Baglioni, P., 2019. Removing Polymeric Coatings With Nanostructured Fluids: Influence of Substrate, Nature of the Film, and Application Methodology. *Front. Mater.* 6, 311. <https://doi.org/10.3389/fmats.2019.00311>
- Baglioni, M., Poggi, G., Chelazzi, D., Baglioni, P., 2021a. Advanced Materials in Cultural Heritage Conservation. *Molecules* 26, 3967. <https://doi.org/10.3390/molecules26133967>
- Baglioni, M., Poggi, G., Giorgi, R., Rivella, P., Ogura, T., Baglioni, P., 2021b. Selective removal of over-paintings from “Street Art” using an environmentally friendly nanostructured fluid loaded in highly retentive hydrogels. *J. Colloid Interface Sci.* 595, 187–201. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2021.03.054>
- Baglioni, M., Sekine, F.H., Ogura, T., Chen, S.-H., Baglioni, P., 2022. Nanostructured fluids for polymeric coatings removal: Surfactants affect the polymer glass transition temperature. *J. Colloid Interface Sci.* 606, 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2021.07.078>
- Baglioni, P., Bonelli, N., Chelazzi, D., Chevalier, A., Dei, L., Domingues, J., Fratini, E., Giorgi, R., Martin, M., 2015. Organogel formulations for the cleaning of easel paintings. *Appl. Phys. A* 121, 857–868. <https://doi.org/10.1007/s00339-015-9364-0>
- Baij, L., Astefanei, A., Hermans, J., Brinkhuis, F., Groenewegen, H., Chassouant, L., Johansson, S., Corthals, G., Tokarski, C., Iedema, P., Keune, K., 2019. Solvent-mediated extraction of fatty acids in bilayer oil paint models: a comparative analysis of solvent application methods. *Herit. Sci.* 7, 31. <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0273-y>
- Baij, L., Hermans, J., Ormsby, B., Noble, P., Iedema, P., Keune, K., 2020. A review of solvent action on oil paint. *Herit. Sci.* 8, 43. <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00388-x>
- Barbabetola, N., Tasso, F., Alisi, C., Marconi, P., Perito, B., Pasquariello, G., Sprocati, A.R., 2016. A safe microbe-based procedure for a gentle removal of aged animal glues from ancient paper. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 109, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.12.019>
- Bartoletti, A., Maor, T., Chelazzi, D., Bonelli, N., Baglioni, P., Angelova, L.V., Ormsby, B.A., 2020. Facilitating the conservation treatment of Eva Hesse’s Addendum through practice-based research, including a comparative evaluation of novel cleaning systems. *Herit. Sci.* 8, 35. <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00378-z>
- Berg, K.J. van den (Ed.), 2019. Conservation of modern oil paintings. Springer, Cham.
- Cardaba, I., Poggi, G., Baglioni, M., Chelazzi, D., Maguregui, I., Giorgi, R., 2020. Assessment of aqueous cleaning of acrylic paints using innovative cryogels. *Microchem. J.* 152, 104311. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104311>
- Cárdaba, I., Porcarelli, L., Gallastegui, A., Mecerreyes, D., Maguregui, M.I., 2021. Easy-to-Make Polymer Hydrogels by UV-Curing for the Cleaning of Acrylic Emulsion Paint Films. *Polymers* 13, 2108. <https://doi.org/10.3390/polym13132108>
- Cavallaro, G., Grillo, I., Gradzielski, M., Lazzara, G., 2016. Structure of Hybrid Materials Based on Halloysite Nanotubes Filled with Anionic Surfactants. *J. Phys. Chem. C* 120, 13492–13502. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.6b01282>
- Cavallaro, G., Lazzara, G., Milioto, S., Parisi, F., 2018. Halloysite Nanotubes for Cleaning, Consolidation and Protection. *Chem. Rec.* 18, 940–949. <https://doi.org/10.1002/tcr.201700099>
- Cavallaro, G., Milioto, S., Lazzara, G., 2020. Halloysite Nanotubes: Interfacial Properties and Applications in Cultural Heritage. *Langmuir* 36, 3677–3689. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.0c00573>
- Chelazzi, D., Fratini, E., Giorgi, R., Mastrangelo, R., Rossi, M., Baglioni, P., 2018. Gels for the Cleaning of Works of Art, in: Horkay, F., Douglas, J.F., Del Gado, E. (Eds.), ACS Symposium Series.

- American Chemical Society, Washington, DC, pp. 291–314. <https://doi.org/10.1021/bk-2018-1296.ch015>
- Chelazzi, David, Giorgi, R., Baglioni, P., 2018. Microemulsions, Micelles, and Functional Gels: How Colloids and Soft Matter Preserve Works of Art. *Angew. Chem. Int. Ed.* 57, 7296–7303. <https://doi.org/10.1002/anie.201710711>
- Cremonesi, P., Casoli, A., 2021. Enzymes as tools for conservation of works of art. *J. Cult. Herit.* 50, 73–87. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.06.005>
- Duncan, T.T., Chan, E.P., Beers, K.L., 2021. Quantifying the ‘press and peel’ removal of particulates using elastomers and gels. *J. Cult. Herit.* 48, 236–243. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.11.004>
- Fuesers, O., 2008. The influence of organic solvents on the mechanical properties of alkyd and oil paint. Presented at the Art2008: 9th International Conference on NDT of Art, Jerusalem, pp. 25–30.
- Giordano, A., Barresi, G., Rotolo, V., Schiavone, S., Palla, F., 2019. The Conservation of Contemporary Paintings, in: *Nanotechnologies and Nanomaterials for Diagnostic, Conservation and Restoration of Cultural Heritage*. Elsevier, pp. 277–298. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813910-3.00012-4>
- Giorgi, R., Baglioni, M., Baglioni, P., 2017. Nanofluids and chemical highly retentive hydrogels for controlled and selective removal of overpaintings and undesired graffiti from street art. *Anal. Bioanal. Chem.* 409, 3707–3712. <https://doi.org/10.1007/s00216-017-0357-z>
- Giusti, C., Colombini, M.P., Lluveras-Tenorio, A., La Nasa, J., Striova, J., Salvadori, B., 2020. Graphic vandalism: Multi-analytical evaluation of laser and chemical methods for the removal of spray paints. *J. Cult. Herit.* 44, 260–274. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.01.007>
- Kisová, Z., Pavlović, J., Šeřčiková, L., Bučková, M., Puškárová, A., Kraková, L., Šišková, A.O., Kleinová, A., Machatová, Z., Pangallo, D., 2021. Removal of overpainting from an historical painting of the XVIII Century: A yeast enzymatic approach. *J. Biotechnol.* 335, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.06.008>
- Lazidou, D., Teknetzi, I., Karapanagiotis, I., Ritzoulis, C., Panayiotou, C., 2019. Poly(vinyl alcohol)-borax films as cleaning agents for icons. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 11, 6259–6271. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00917-1>
- Macchia, A., Rivaroli, L., Gianfreda, B., 2021. The GREEN RESCUE: a ‘green’ experimentation to clean old varnishes on oil paintings. *Nat. Prod. Res.* 35, 2335–2345. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1675061>
- Mecklenburg, M.F., Charola, A.E., Koestler, R.J., 2013. New Insights into the Cleaning of Paintings: Proceedings from the Cleaning 2010 International Conference, Universidad Politécnic de Valencia and Museum Conservation Institute. *Smithson. Contrib. Mus. Conserv.* 3, 1–243. <https://doi.org/10.5479/si.19492359.3.1>
- Moretti, P., Iwanicka, M., Melessanaki, K., Dimitroulaki, E., Kokkinaki, O., Daugherty, M., Sylwestrzak, M., Pouli, P., Targowski, P., van den Berg, K.J., Cartechini, L., Miliani, C., 2019. Laser cleaning of paintings: in situ optimization of operative parameters through non-invasive assessment by optical coherence tomography (OCT), reflection FT-IR spectroscopy and laser induced fluorescence spectroscopy (LIF). *Herit. Sci.* 7, 44. <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0284-8>
- Murray, A., Berenfeld, C.C. de, Chang, S.Y.S., Jablonski, E., Klein, T., Riggs, M.C., Robertson, E.C., Tse, W.M.A., 2002. The Condition and Cleaning of Acrylic Emulsion Paintings. *MRS Proc.* 712, II1.4. <https://doi.org/10.1557/PROC-712-II1.4>
- Musolino, M., Aricò, F., Tundo, P., 2019. An innovative and sustainable approach to spray paint graffiti removal from Istrian stone through the silica sol-gel chemistry: A preliminary assessment. *J. Cult. Herit.* 36, 268–274. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.08.003>

- Ormsby, B., Keefe, M., Phenix, A., von Aderkas, E., Learner, T., Tucker, C., Kozak, C., 2016. Mineral Spirits-Based Microemulsions: A Novel Cleaning System for Painted Surfaces. *J. Am. Inst. Conserv.* 55, 12–31. <https://doi.org/10.1080/01971360.2015.1120406>
- Ormsby, B., Learner, T., 2020. Cleaning concerns for acrylic emulsion paints, in: *Conservation of Easel Paintings*. Routledge, London, pp. 583–589.
- Ormsby, B., Lee, J., Bonaduce, I., Lluveras-Tenorio, A., 2019. Evaluating Cleaning Systems for Use on Water Sensitive Modern Oil Paints: A Comparative Study, in: van den Berg, K.J., Bonaduce, I., Burnstock, A., Ormsby, Bronwyn, Scharff, M., Carlyle, L., Heydenreich, G., Keune, K. (Eds.), *Conservation of Modern Oil Paintings*. Springer International Publishing, Cham, pp. 11–35. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-19254-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19254-9_2)
- Pereira-Pardo, L., Korenberg, C., 2018. The use of erbium lasers for the conservation of cultural heritage. A review. *J. Cult. Herit.* 31, 236–247. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.10.007>
- Phenix, A., 2013. “Effects of Organic Solvents on Artists Oil Paint Films: Swelling.” *New Insights into the Cleaning of Paintings: Presented at the Proceedings from the Cleaning 2010 International Conference*, Smithsonian Institution, Universidad Politecnica de Valencia and Museum Conservation Institute.
- Phenix, A., Townsend, J., Zumbühl, S., Bartoletti, A., Lee, J., Ormsby, B., Wolbers, C.R., 2020. Removal of varnish: organic solvents as cleaning agents, in: *Conservation of Easel Paintings*. Routledge, London, pp. 549–573.
- Pino, Carmen. “The use of gel systems for cleaning water-and solvent-sensitive paintings.” 2017. . *GELS in the Conservation of Art* 356–359.
- Pyzik, A., Ciuchcinski, K., Dziurzynski, M., Dziewit, L., 2021. The Bad and the Good—Microorganisms in Cultural Heritage Environments—An Update on Biodeterioration and Biotreatment Approaches. *Materials* 14, 177. <https://doi.org/10.3390/ma14010177>
- Ranalli, G., Bosch-Roig, P., Crudele, S., Rampazzi, L., Corti, C., Zanardini, E., 2021. Dry biocleaning of artwork: an innovative methodology for Cultural Heritage recovery? *Microb. Cell* 8, 91–105. <https://doi.org/10.15698/mic2021.05.748>
- Ranalli, G., Zanardini, E., 2021. Biocleaning on Cultural Heritage: new frontiers of microbial biotechnologies. *J. Appl. Microbiol.* 131, 583–603. <https://doi.org/10.1111/jam.14993>
- Riedo, C., Rollo, G., Chiantore, O., Scalarone, D., 2021. Detection and Identification of Possible Gel Residues on the Surface of Paintings after Cleaning Treatments. *Heritage* 4, 304–315. <https://doi.org/10.3390/heritage4010019>
- Roviello, V., Bifulco, A., Colella, A., Iucolano, F., Caputo, D., Aronne, A., Liguori, B., 2022. Suitability and Sustainability of Anti-Graffiti Treatments on Natural Stone Materials. *Sustainability* 14, 575. <https://doi.org/10.3390/su14010575>
- Sawicki, M., Rouse, E., Bianco, S.L., Kautto, S., 2019a. An Investigation of the Feasibility of the Use of Gels and Emulsions in Cleaning of Gilded Wooden Surfaces. Part A: Removal of Brass-Based Overpainting, in: Nevin, A., Sawicki, M. (Eds.), *Heritage Wood, Cultural Heritage Science*. Springer International Publishing, Cham, pp. 1–36. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11054-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11054-3_1)
- Sawicki, M., Rouse, E., Bianco, S.L., Kautto, S., 2019b. An Investigation of the Feasibility of the Use of Gels and Emulsions in Cleaning of Gilded Wooden Surfaces. Part B: Cleaning of Soiled Oil-Gilding, in: Nevin, A., Sawicki, M. (Eds.), *Heritage Wood, Cultural Heritage Science*. Springer International Publishing, Cham, pp. 37–64. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11054-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11054-3_2)
- Serafini, I., Ciccola, A., 2019. Nanotechnologies and Nanomaterials, in: *Nanotechnologies and Nanomaterials for Diagnostic, Conservation and Restoration of Cultural Heritage*. Elsevier, pp. 325–380. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813910-3.00014-8>
- Stoner, J.H., Rushfield, R.A. (Eds.), 2021. *Conservation of easel paintings*, 2nd edition. ed, Routledge series in conservation and museology. Routledge, New York.

- Troiano, F., Vicini, S., Gioventù, E., Lorenzi, P.F., Improta, C.M., Cappitelli, F., 2014. A methodology to select bacteria able to remove synthetic polymers. *Polym. Degrad. Stab.* 107, 321–327. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2013.12.029>
- Volpi, F., 2017. GREEN STRATEGIES FOR THE CLEANING OF WORKS OF ART SETTING UP OF AN ANALYTICAL PROTOCOL FOR THE EVALUATION OF CLEANING (Doctoral dissertation). Università di Bologna, Bologna.
- Wolbers, C.R., Stavroudis, C., Cushman, M., 2020. Aqueous methods for the cleaning of paintings.", in: *Conservation of Easel Paintings*. Routledge, London, pp. 526–548.
- Zanini, A., Trafeli, V., Bartoli, L., 2018. The laser as a tool for the cleaning of Cultural Heritage. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 364, 012078. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/364/1/012078>
- Zumbühl, S., 2019. The Rate of Solvent Action on Modern Oil Paint, in: van den Berg, K.J., Bonaduce, I., Burnstock, A., Ormsby, B., Scharff, M., Carlyle, L., Heydenreich, G., Keune, K. (Eds.), *Conservation of Modern Oil Paintings*. Springer International Publishing, Cham, pp. 465–474. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-19254-9\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19254-9_36)
- Zumbühl, S., 2014. Parametrization of the solvent action on modern artists' paint systems. *Stud. Conserv.* 59, 24–37. <https://doi.org/10.1179/2047058413Y.0000000099>
- Zumbühl, S., 2013. The nonideal action of binary solvent mixtures on oil and alkyd paint: influence of selective solvation and cavitation energy., in: *New Insights into the Cleaning of Paintings*. Presented at the Cleaning 2010 International Conference, Smithsonian Institution, Universidad Politecnica de Valencia and Museum Conservation Institute.