



Lo Stato dell'Arte

8 - 10 ottobre 2009
Castel dell'Ovo, Napoli

IGIIC



GRUPPO ITALIANO
INTERNATIONAL INSTITUTE
FOR CONSERVATION

congresso nazionale IGIIC



VII Congresso Nazionale IGIIC

Lo Stato dell'Arte 7

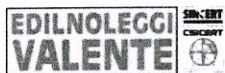
- Volume degli Atti -

Napoli, Castel Dell'Ovo
8 - 10 Ottobre 2009

Realizzato con il sostegno di



COMUNE DI NAPOLI



Montaggio, progettazione, noleggio
ponteggio
NORD EST ITALIA
www.edilnoleggivalente.it



Montaggio, progettazione, noleggio
ponteggio
NORD OVEST ITALIA
www.libelliedilnoleggivalente.it



Montaggio, progettazione, noleggio
ponteggio
CENTRO SUD ITALIA
www.tscagora.com

La collaborazione di



Castel Dell'Ovo



Accademia Delle Belle Arti di Napoli

Il patrocinio di



Seconda Università degli Studi di Napoli

COMITATO SCIENTIFICO

Lorenzo Appolonia, Soprintendenza Beni Culturali, Aosta
Paolo Bensi, Seconda Università degli Studi di Napoli
Carla Bertorello, Cooperativa CBC, Roma
Don Achille Bonazzi, Università degli Studi di Parma
Giorgio Bonsanti, Università degli Studi di Firenze
Giovanna Cassese, Accademia Delle Belle Arti di Napoli
Carla Di Francesco, Soprintendenza Beni Culturali e Paesaggistici Lombardia
Guido Driussi, Chimico professionista, Venezia
Lorella Pellegrino, Restauratrice
Rolando Ramaccini, Coobec
Antonio Rava, Restauratore, Rava & C., Torino
Lidia Laura Rissotto, Centro Conservazione e Restauro La Venezia Reale, Torino
Giorgio Torraca, Arcotech, Roma
Rosalia Varoli Piazza, ICCROM, Roma

Il VII Congresso Nazionale IGIIC
è organizzato in collaborazione con
la Fondazione per le biotecnologie



SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Dott.ssa Daniela Rullo - daniela.rullo@igiic.org
IGIIC - Gruppo Italiano dell'International Institute for Conservation
c/o Fondazione per le Biotecnologie
Villa Gualino - Viale Settimio Severo 63 - 10133 TORINO
tel. + 39 011 6600187, fax. + 39 011 6600708
www.igiic.org / info@igiic.org

SEDE DEL CONGRESSO

Castel Dell'Ovo, Napoli

EDITING e ELABORAZIONE GRAFICA

Daniela Rullo - IGIIC / Fondazione Biotecnologie



NARDINI EDITORE

ISBN 9788840441771

LA PULITURA DI SCULTURE IN GESSO DEL NOVECENTO MEDIANTE APPLICAZIONE DI GEL

Teresa Perusini*, Elisabetta Zendri*, Marta Melchiorre Di Crescenzo*, Daniela Iseppi*

* Dip. Scienze Ambientali, Università Ca' Foscari di Venezia, Via Torino 155/B, 30172 Mestre (VE),
041 2346732, marta.melchiorre@unive.it

Abstract

Le tecniche di restauro della scultura del Novecento sono state fino ad oggi poco studiate, soprattutto se confrontate con quanto pubblicato circa il restauro della coeva pittura. Per questo motivo e grazie all'occasione di un intervento sui gessi della Fondazione Ado Furlan, abbiamo deciso di approfondire il tema della pulitura delle sculture in gesso, pulitura resa particolarmente complessa a causa della porosità, idrofilicità e delicatezza delle superfici.

Abbiamo quindi confrontato due sistemi di pulitura mediante applicazione di gel a base di Agar (appena pubblicato dal Cesmar 7) e a base di Laponite RD (pubblicato dai Conservatori della Hochschule di Dresda alla metà degli anni Novanta, Haller U., Schiessel U. 1998), provando in quest'ultimo caso anche l'impiego di cariche diverse da quelle utilizzate dai colleghi tedeschi (Farina Fossile, Silice e Sepiolite). I due metodi presentano infatti caratteristiche che ne consentono un'applicazione complementare e/o alternata (per es. su gessi patinati e non), in ogni caso entrambi migliorativi rispetto ai sistemi tradizionali a strappo o sfregamento impiegati fino alla metà degli anni Ottanta.

Prima dell'applicazione su opere reali, i due sistemi sono stati testati su di una serie di provini in gesso realizzati in laboratorio. L'efficacia pulente è stata valutata tramite osservazioni condotte con microscopio ottico digitale e indagini spettrofotometriche FT-IR sulle superfici, preventivamente "sporcate" con pigmento nero, prima e dopo l'applicazione dei sistemi di pulitura. L'interazione tra i gel e i supporti (presenza di residui sulla superficie delle tavolette e/o una loro penetrazione all'interno del supporto, asportazione di gesso da parte dei gel, alterazioni fisico-chimiche delle superfici trattate) sono state verificate tramite analisi spettrofotometrica FT-IR e indagini con SEM-EDS.

I sistemi risultati più idonei sono stati quindi impiegati per eseguire ulteriori prove di valutazione del grado di assorbimento di acqua da parte dei supporti in funzione del tempo di applicazione dei gel. Questo parametro è importante per definire l'eventuale interazione del sistema pulente con gli elementi in ferro e/o legno che spesso formano lo scheletro delle sculture in gesso, probabile origine di aloni superficiali spesso riscontrati in seguito all'esecuzione di tasselli di pulitura su opere reali.

I risultati ottenuti dalla fase sperimentale hanno guidato l'intervento di pulitura di alcune sculture del Novecento: cinque bozzetti in gesso realizzati da Antonio Carestiato in occasione del concorso del 1937 per la decorazione della facciata del *Tempio Ossario* di Udine e un modello in gesso dell'*Icaro* di Luigi De Paoli (1890, fusione 1928).

Introduzione

Recentemente siamo stati chiamati più volte a intervenire su opere in gesso della 'Fondazione Ado Furlan'. Ci siamo così avvicinati al tema del restauro della scultura del Novecento (ancora così poco studiato), partendo dalle problematiche connesse alla pulitura di queste opere.

È noto come la pulitura di opere in gesso sia estremamente delicata e complicata. Questo deriva dalla necessità, nell'esecuzione dell'intervento di pulitura, di confrontarsi sia con tutta una serie di problematiche di tipo 'teorico', che in questa sede tralasciamo (come la corretta individuazione del livello di pulitura da ottenere, nel rispetto di eventuali patine e/o tracce di precedenti interventi antropici, che del resto andrà fatta di volta in volta sulla base delle singole opere considerate), che con aspetti direttamente connessi alla particolare natura chimico-fisica del sistema da trattare.

Le opere in gesso presentano, in funzione delle diverse quantità di acqua impiegate negli impasti di partenza, una porosità più o meno elevata e scarse proprietà di resistenza meccanica. Queste strutture fortemente porose, permeabili e igroscopiche sono quindi soggette ad assorbimenti di umidità ambientale insieme a particolato atmosferico. In alcuni casi ci si trova in presenza di semplice 'deposito', piuttosto incoerente e scarsamente adeso alla superficie dalla quale può essere rimosso abbastanza agevolmente. In altri casi invece polveri e particolato penetrano nelle porosità del gesso stesso, magari in presenza di acqua (ad es. quella apportata durante un intervento di pulitura non controllato), che li può veicolare all'interno del supporto, rendendone la rimozione molto più complessa, tanto più che la limitata durezza del gesso esclude la possibilità di intervenire con metodi basati su forti azioni di tipo meccanico [1].

Da quanto riportato in letteratura sulla pulitura di opere in gesso sono emersi i forti limiti dei metodi impiegati tradizionalmente [2].

Ricordiamo infatti che un metodo di pulitura adeguato al caso dovrebbe:

- apportare umidità alla superficie in maniera graduale e controllata;
- dimostrare una buona capacità di rimuovere lo sporco superficiale, sollevarlo e magari asportarlo rendendo così superflua una post-pulitura;
- garantire la possibilità di asportare il 'mezzo' di pulitura semplicemente, senza azione meccanica e senza lasciare residui sull'opera;
- essere graduale e consentire una reiterazione del metodo fino al raggiungimento del livello di pulitura voluto;
- consentire l'intervento anche su grandi superfici in tempi ragionevoli.

Considerati questi aspetti, sono risultati particolarmente promettenti i metodi basati sull'impiego di materiali in grado di gelificare soluzioni acquose come la Laponite RD (costituita da silicati di sintesi, già sperimentata intorno alla metà degli anni '90 dai conservatori della Hochschule di Dresda) o l'Agar (un polisaccaride in grado di formare dei 'gel rigidi' caratterizzati da una forte ritenzione del mezzo acquoso, oggetto delle recenti ricerche di un composito team di studiosi italiani, pubblicate dal Cesmar7).

Il nostro studio si è posto quindi l'obiettivo di verificare e confrontare l'adeguatezza di queste diverse tipologie di gel per l'esecuzione di interventi di pulitura su opere in gesso del Novecento.

La pulitura mediante gel di Agar e Laponite RD: confronto tra i due sistemi

Una prima serie di prove è stata eseguita considerando nello specifico 'gel rigidi' di Agar [3] e gel di Laponite RD additivati con tre diverse cariche: Farina Fossile, Silice e Sepiolite [4].

Le prove, condotte in laboratorio su delle tavolette in gesso appositamente preparate [5], si sono poste l'obiettivo di valutare l'efficacia pulente dei diversi sistemi e di verificarne un'eventuale interazione con i supporti trattati.

Allo scopo sono state eseguite delle applicazioni dei gel su diverse zone, sufficientemente lontane dai margini delle tavolette e aventi la stessa area (36 cm²), impiegando una quantità di prodotto tale da portare a strati con spessore omogeneo, pari a 4 mm [6]. Le applicazioni sono state realizzate a temperatura e umidità relativa ambientali (25°C e 60%) secondo delle tempistiche necessarie al raggiungimento di un livello di essiccamento dei gel adeguato per la loro successiva rimozione (15 minuti per i gel rigidi di Agar, 4 ore per i gel a base di Laponite RD) [7].

Per quel che riguarda la valutazione dell'efficacia pulente le prove sono state eseguite su tavolette in gesso trattate in maniera tale da simulare la presenza di depositi superficiali (ottenuti applicando con un tampone un pigmento nero).

L'efficacia pulente dei diversi sistemi è stata valutata sia sulla base di osservazioni condotte a livello macroscopico e microscopico, che tramite l'esecuzione di indagini spettrofotometriche FT-IR su campioni prelevati dalle superfici dopo pulitura [8].

Nei casi in cui i sistemi sono risultati in grado di garantire una buona gradualità dell'intervento, le applicazioni sono state reiterate fino al raggiungimento del livello di pulitura desiderato.

L'interazione dei diversi sistemi con il supporto è stata invece valutata eseguendo le prove su tavolette in gesso tal quali, attraverso la verifica della presenza di residui di gel sulle superfici trattate e l'eventuale asportazione di gesso da parte dei sistemi adottati [9].

Sono state quindi condotte: osservazioni a livello macro e microscopico delle superfici poste a contatto durante l'intervento di pulitura (tavolette di gesso e gel); indagini spettrofotometriche FT-IR di campioni prelevati dalle tavolette in gesso dopo pulitura; osservazioni in microscopia elettronica a scansione di campioni prelevati dalle tavolette in gesso dopo pulitura (con riferimento sia alle superfici che alle sezioni trasversali) [10]; analisi spettrofotometriche FT-IR in ATR sulle superfici dei gel poste a contatto del gesso durante il trattamento [11].

PROVE di PULITURA con AGAR

Le prove sperimentali condotte con 'gel rigidi' di Agar hanno dato dei risultati molto buoni per quel che riguarda l'efficacia pulente: in seguito alla prima applicazione si osserva un'asportazione omogenea dei depositi superficiali, il metodo risulta graduale, consentendo di reiterare le applicazioni fino all'ottenimento del grado di pulitura desiderato, corrispondente all'asportazione dalla superficie dei depositi (come confermato dalle indagini FT-IR che hanno evidenziato, a fine trattamento, la presenza esclusiva di solfato di calcio biidrato, gesso).

L'interazione tra il gel e il supporto risulta pressoché nulla, come suggerito innanzitutto dalle osservazioni condotte a livello macroscopico e microscopico. Gli eventuali residui di gel rimasti sui bordi delle aree di applicazione, risultano facilmente asportabili a completa secchezza con un'azione meccanica molto leggera o con una seconda applicazione di prodotto. Quanto osservato è stato confermato anche dalle indagini FT-IR che

hanno evidenziato, sulle superfici dove erano stati applicati i gel, la presenza solamente di gesso. Le indagini condotte al SEM-EDS non hanno evidenziato variazioni morfologiche significative delle superfici pulite, né variazioni nella composizione elementare superficiale.

Gli spettri registrati sulla superficie dei gel posti a contatto dei campioni di gesso hanno inoltre evidenziato esclusivamente le bande caratteristiche dell'Agar o di Agar e pigmento nel caso delle prove condotte sui campioni con deposito. In definitiva si può affermare che questi gel rimuovono efficacemente i depositi superficiali senza però solubilizzare ed asportare il gesso del supporto.

PROVE di PULITURA con LAPONITE RD e FARINA FOSSILE

Le prove condotte con gel di Laponite RD additivata con Farina Fossile hanno dato dei buoni risultati per quel che riguarda l'efficacia pulente: in seguito alla prima applicazione si osserva un'asportazione omogenea del deposito, il metodo risulta graduale anche se meno controllabile rispetto a quanto visto per l'Agar. Le applicazioni possono essere reiterate, con cautela, fino al grado ottimale di pulitura. L'asportazione dei depositi è stata confermata dalle indagini FT-IR che hanno evidenziato, a fine trattamento, la sola presenza di gesso.

Le osservazioni condotte a livello macro e microscopico hanno evidenziato la presenza di alcuni residui di gel in corrispondenza dei bordi della zona di applicazione. Questi, chiaramente evidenziabili in funzione della leggera colorazione bianca impartita dalla presenza della Farina Fossile, risultano rimovibili con una blanda azione meccanica (abbinata eventualmente ad un inumidimento della zona) o reiterando le applicazioni di gel. Le indagini FT-IR non hanno evidenziato tuttavia la presenza di residui di gel sulle superfici trattate (si rilevano esclusivamente le bande del gesso). Le osservazioni condotte al SEM non hanno segnalato variazioni morfologiche significative delle superfici pulite. Le indagini condotte con sonda EDS hanno invece rilevato delle variazioni nella composizione elementare superficiale: si riscontra la presenza di tracce di sodio, elemento caratterizzante la Laponite RD. La variazione di composizione interessa comunque solo la superficie del campione e non viene rilevata nello studio della sezione stratigrafica.

Gli spettri registrati sulla superficie dei gel posti a contatto dei campioni di gesso hanno evidenziato esclusivamente le bande caratteristiche della Laponite RD o della Laponite RD e pigmento nel caso delle prove condotte sui campioni con deposito. Anche in questo caso si può affermare che i gel rimuovono efficacemente i depositi superficiali senza solubilizzare ed asportare il gesso del supporto.

PROVE di PULITURA con LAPONITE RD e SILICE

Per quel che riguarda l'efficacia pulente, le prove condotte con gel di Laponite RD additivata con Silice hanno dato dei risultati confrontabili con quelli ottenuti con i gel di Laponite RD e Farina Fossile: dopo la prima applicazione si osserva un'asportazione omogenea dei depositi, il metodo risulta graduale anche se meno controllabile rispetto a quanto visto per l'Agar. Le applicazioni possono essere reiterate, con cautela, fino al grado ottimale di pulitura. L'asportazione dei depositi è stata anche in questo caso confermata dalle indagini FT-IR che hanno evidenziato, a fine trattamento, la sola presenza di gesso.

Anche l'interazione con il supporto è molto simile a quella riscontrata per il gel studiato in precedenza: le osservazioni condotte a livello macro e microscopico hanno evidenziato la presenza di minimi residui di gel in corrispondenza dei bordi della zona di applicazione. Questi, difficilmente individuabili a causa della quasi totale trasparenza del gel, risultano comunque rimovibili con una blanda azione meccanica (abbinata eventualmente ad un inumidimento della zona) o reiterando le applicazioni di gel. Le indagini FT-IR hanno segnalato esclusivamente la presenza delle bande del gesso, confermando la quasi totale assenza di residui di gel sulle superfici trattate. Anche in questo caso, mentre le osservazioni condotte al SEM non hanno segnalato variazioni morfologiche significative delle superfici dopo pulitura, le indagini con sonda EDS hanno rilevato delle variazioni nella composizione elementare superficiale legate alla presenza di tracce di sodio. La variazione di composizione interessa tuttavia solo la superficie del campione, non viene rilevata nello studio della sezione stratigrafica.

Gli spettri registrati sulla superficie dei gel posti a contatto dei campioni di gesso hanno nuovamente evidenziato la sola presenza delle bande caratteristiche di Laponite RD o Laponite RD e pigmento: i gel rimuovono efficacemente i depositi superficiali senza solubilizzare ed asportare il gesso del supporto.

PROVE di PULITURA con LAPONITE RD e SEPIOLITE

Le prove condotte con Laponite RD additivata con Sepiolite hanno evidenziato come questo tipo di gel, a differenza dei precedenti, asciughi piuttosto rapidamente, con una contrazione di volume così forte da determinarne non solo la cretatura ma anche un netto sollevamento delle 'scaglie' lungo i bordi. Il contatto tra il gel e la superficie in gesso rimane così puntuale portando ad un'asportazione localizzata dei depositi superficiali.

La pulitura ottenuta è estremamente disomogenea, anche nel caso in cui si provi a reiterare l’applicazione. L’efficacia pulente risulta quindi piuttosto insoddisfacente.

Per quel che riguarda l’interazione con il supporto le osservazioni condotte a livello macro e microscopico hanno evidenziato la presenza sia di un alone giallastro, che di residui di gel in corrispondenza dei bordi della zona di applicazione. Questi, facilmente individuabili grazie alla colorazione marrone chiaro impartita dalla carica al gel, risultano rimovibili con un’azione meccanica più spinta rispetto ai casi precedenti.

Anche se le indagini FT-IR hanno evidenziato l’esclusiva presenza delle bande del gesso, le osservazioni condotte al SEM hanno segnalato la presenza sulla superficie del supporto di estese porzioni di gel. Anche in questo caso le indagini eseguite con sonda EDS hanno rilevato, in corrispondenza della superficie in gesso, delle variazioni nella composizione elementare dovute alla presenza di tracce di sodio. Come nei casi precedenti, la variazione di composizione interessa esclusivamente la superficie del campione e non viene rilevata nello studio della sezione stratigrafica.

Gli spettri registrati sulla superficie dei gel posti a contatto dei campioni di gesso hanno inoltre riscontrato la presenza delle bande caratteristiche del gesso: oltre ad asportare i depositi superficiali i gel interagiscono con il supporto.

VALUTAZIONI RIASSUNTIVE dei METODI di PULITURA

Nella **Tabella 1** vengono riportati sinteticamente i dati emersi dalle prove oggettive eseguite in laboratorio, sulla base dei quali si possono valutare i diversi sistemi di pulitura gel messi a confronto. I parametri da considerare sono l’efficacia pulente e l’interazione tra i gel e il supporto.

Il primo parametro (efficacia pulente) viene valutato sulla base dell’effettiva possibilità di asportare, tramite i gel impiegati, i depositi presenti sulla superficie in gesso; dell’omogeneità del livello di pulitura ottenuto; della gradualità del metodo e della possibilità di reiterare le applicazioni fino al raggiungimento del livello di pulitura ritenuto ottimale.

Il secondo parametro (interazione con il supporto) viene invece valutato sulla base della presenza o meno di residui di gel sulla superficie del supporto, sulla possibilità di distinguerli dal supporto a livello macroscopico e su una loro eventuale rimozione dal supporto stesso; della presenza di residui di gesso sulle superfici di gel poste a contatto delle superfici da pulire; di eventuali alterazioni fisiche (morfologiche) e/o chimiche del supporto in seguito all’applicazione dei gel.

La valutazione risulta dai vari ‘punteggi’ assegnati ai diversi sistemi relativamente ai singoli aspetti considerati, espressi in termini di : - - (molto negativo); - (negativo); +/- (per alcuni aspetti positivo per altri negativo); + (positivo); ++ (molto positivo).

TIPO di GEL	EFFICACIA PULENTE			INTERAZIONE con SUPPORTO			VALUTAZIONE FINALE
	Rimozione depositi	Omogeneità	Gradualità/ Reiterabilità	Residui di gel su supporto	Presenza di gesso nel gel	Alterazione del supporto	
AGAR	SÌ (++)	SÌ (++)	SÌ (++)	Molto limitati e asportabili (++)	NO (++)	Né fisica né chimica (++)	MOLTO BUONA
LAP. RD + FARINA FOSSILE	SÌ (++)	SÌ (++)	SÌ (+)	Limitati e asportabili (+)	NO (++)	No fisica, si chimica (+/-)	BUONA
LAP. RD + SILICE	SÌ (++)	SÌ (++)	SÌ (+)	Limitati e asportabili ma difficilmente distinguibili (+/-)	NO (++)	No fisica, si chimica (+/-)	DISCRETA
LAP. RD + SEPIOLITE	SÌ (+)	NO (- -)	Limitate (-)	SÌ (-)	SÌ (- -)	No fisica, si chimica (+/-)	INSUFFICIENTE

Tabella 1: Valutazione riassuntiva dei metodi di pulitura a base di gel

I dati confermano l’adeguatezza dei ‘gel rigidi’ di Agar per l’esecuzione di interventi di pulitura su opere in gesso. Tra i gel a base di Laponite RD, quello additivato con Farina Fossile è risultato essere in grado di dare i risultati migliori. Del tutto inadeguato risulta invece il sistema di pulitura mediante applicazione di gel additivato con Sepiolite.

Valutazione del grado di assorbimento di acqua

Alla luce della prima serie di prove eseguite in laboratorio si è deciso di continuare la sperimentazione limitando il confronto tra gel di Agar e Laponite RD additivata con Farina Fossile. Questa seconda serie di prove si è posta come obiettivo quello di valutare la diffusione dell'acqua rilasciata dai gel verso l'interno dei supporti in gesso[12].

Sono state utilizzate delle tavolette preparate con le stesse modalità operative impiegate in precedenza (con riferimento a proporzioni acqua/gesso, dimensioni, temperatura e umidità ambientale, condizionamento e rifinitura superficiale). Le applicazioni sono state realizzate su zone aventi la stessa area (6.3 cm^2) impiegando dei gel di Agar e Laponite RD preparati utilizzando dell'acqua tinta con un apposito colorante arancione [13]. Strati di gel con spessore costante (4 mm) sono stati lasciati sulle superfici in gesso per tempi variabili compresi tra 5 minuti e completo essiccamento (5 ore circa).

Nel caso della Laponite RD sono state simulate anche delle particolari condizioni operative: 15 minuti di applicazione del gel ed essiccamento accelerato tramite l'uso di phon. Queste condizioni sono ritenute ottimali per l'esecuzione di un intervento di pulitura con tempistiche più brevi rispetto a quelle normalmente necessarie per il raggiungimento di un livello di essiccamento adeguato alla rimozione del gel.

La diffusione dell'acqua è stata valutata misurando con un calibro l'alone sviluppato, in relazione sia alla superficie che allo spessore del materiale trattato, subito dopo la rimozione dei gel (vedi **Tablelle 2 e 3**). Nel primo caso le dimensioni vengono espresse in termini di raggio misurato a partire dai limiti della zona di applicazione dei gel (media di 8 misure). Nel secondo caso invece viene misurato il punto di massima diffusione (in profondità), in seguito alla rottura delle tavolette in corrispondenza di una linea passante per il centro della zona di applicazione.

Si nota come la diffusione dell'acqua all'interno del supporto, in alcuni casi, continui anche dopo l'asportazione dei gel, per cui si riporta anche il valore massimo di profondità raggiunta.

DIFFUSIONE ACQUA RILASCIATA da GEL RIGIDI di AGAR			
Tempi di applicazione (minuti)	Raggio alone superficiale (cm)	Profondità (cm)	Profondità max raggiunta (cm)
5	0.2 ± 0.1 (da 0.1 a 0.3)	0.5	0.5
30	0.2 ± 0.1 (da 0 a 0.4)	0.7	0.9
Essiccamento	0.6 ± 0.1 (da 0.5 a 0.8)	1.7	1.7

Tabella 2: Diffusione dell'acqua rilasciata da 'gel rigidi' di Agar

DIFFUSIONE ACQUA RILASCIATA da GEL di LAPONITE RD + FARINA FOSSILE			
Tempi di applicazione (minuti)	Raggio alone superficiale (cm)	Profondità (cm)	Profondità max raggiunta (cm)
5	0.6 ± 0.1 (da 0.5 a 0.7)	0.9	1.4
30	0.8 ± 0.1 (da 0.6 a 0.9)	1.4	1.6
60	0.9 ± 0.1 (da 0.7 a 1.0)	1.6	1.8
90	1.0 ± 0.1 (da 0.8 a 1.1)	1.6	1.8
Essiccamento	1.0 ± 0.1 (da 0.9 a 1.1)	1.8	1.8
15 + phon	0.6 ± 0.1 (da 0.5 a 0.7)	1.3	1.3

Tabella 3: Diffusione dell'acqua rilasciata da gel di Laponite RD e Farina Fossile

In termini generali i 'gel rigidi' di Agar garantiscono un rilascio molto più graduale dell'acqua. Si nota infatti che a parità di tempi di applicazione sia le dimensioni degli aloni superficiali che la profondità raggiunta dall'acqua all'interno del supporto sono molto più elevati nel caso della Laponite RD (più del triplo per quel che riguarda la superficie, il doppio per la profondità).

A completo essiccamento si registrano dei valori del tutto analoghi per i due tipi di gel (si nota in questo caso anche un parziale assorbimento del colorante all'interno degli strati stessi).

Se si considerano le tempistiche ritenute più adeguate per operare con i due prodotti (5 minuti per Agar, 15 minuti + phon per Laponite RD) sono evidenti i vantaggi connessi all'utilizzo dei 'gel rigidi' di Agar.

È comunque interessante notare come, nel caso della Laponite RD, l'uso del phon non riduca solamente i tempi di applicazione ma consenta anche di bloccare la diffusione dell'acqua all'interno del supporto (la profondità massima è in questo caso la stessa raggiunta subito dopo la rimozione del gel).

Simulazione di pulitura di gessi caratterizzati dalla presenza di perni metallici o in legno

È noto come le opere in gesso siano spesso caratterizzate dalla presenza di perni interni in ferro e/o legno. Non va quindi sottovalutata una possibile interazione tra l'acqua apportata dai metodi di pulitura e i prodotti di corrosione che potrebbero interessare perni in ferro degradati e/o i tannini dei perni in legno.

Prove di pulitura eseguite su opere reali (con perni in legno) hanno del resto evidenziato il manifestarsi, in seguito ai trattamenti con i gel, di aloni giallastri verosimilmente legati ad un affioramento superficiale di tannini.

Una terza e ultima serie di prove è stata quindi impostata alla luce di queste osservazioni in vista anche dell'individuazione di un metodo di pulitura adatto alla rimozione degli aloni osservati su opere reali.

Allo scopo sono state utilizzate delle tavolette preparate con le stesse modalità operative descritte in precedenza, utilizzando però degli stampi con diverse dimensioni (4 cm x 17.8 cm x 8.9 cm). A una profondità di 1.5 cm dalla superficie sono stati realizzati dei fori equidistanti, paralleli tra loro e passanti l'intera larghezza delle tavolette (lato corto). All'interno dei fori sono stati quindi inseriti dei chiodi arrugginiti e dei bastoncini in legno di rovere [14]. In corrispondenza di questi elementi sono state quindi selezionate, sulla superficie delle tavolette, delle zone di area nota (24 cm²) dove eseguire le applicazioni di Agar e di Laponite RD addizionata con Farina Fossile.

I prodotti sono stati applicati sia secondo quelle che dovrebbero essere le modalità operative più adeguate (5 minuti per Agar, 15 minuti per la Laponite RD con successivo essiccamento accelerato grazie all'utilizzo di un phon), che lasciando i gel a contatto con la superficie fino a completo essiccamento.

I diversi metodi di pulitura sono stati questa volta valutati in termini di variazioni di colore, definite attraverso i parametri di tristimolo, delle aree trattate (vedi le **Tabelle 4 e 5**) [15].

SIMULAZIONE PULITURA GESSI CONTENENTI PERNI METALLICI					
Condizioni Operative		Prima	Dopo	ΔE^*ab	Δb^*
Agar	L*	91.32	90.48	0.98	0.51
	a*	1.23	1.14		
	b*	5.22	5.73		
Laponite RD Farina Fossile	L*	90.80	90.33	0.49	-0.03
	a*	1.29	1.14		
	b*	5.78	5.75		
Essiccamento		Prima	Dopo	ΔE^*ab	Δb^*
Agar	L*	90.87	90.91	0.3	0.3
	a*	1.07	1.08		
	b*	4.99	5.29		
Laponite RD Farina Fossile	L*	91.12	90.88	0.42	0.34
	a*	1.04	1.10		
	b*	5.00	5.34		

Tabella 4: Misure di colore eseguite su tavolette contenenti perni metallici prima e dopo pulitura con sistemi gel

SIMULAZIONE PULITURA GESSI CONTENENTI PERNI in LEGNO					
Condizioni Operative		Prima	Dopo	ΔE^*ab	Δb^*
Agar	L*	91.17	90.77	1.02	0.93
	a*	1.08	1.09		
	b*	4.58	5.51		
Laponite RD Farina Fossile	L*	90.73	90.36	0.98	0.90
	a*	1.09	1.13		
	b*	5.15	6.05		
Essiccamento		Prima	Dopo	ΔE^*ab	Δb^*
Agar	L*	91.40	90.83	1.73	1.63
	a*	0.99	1.07		
	b*	3.84	5.54		
Laponite RD Farina Fossile	L*	91.61	90.63	2.15	1.91
	a*	0.99	1.15		
	b*	3.84	5.75		

Tabella 5: Misure di colore eseguite su tavolette contenenti perni in legno prima e dopo pulitura con sistemi gel

In termini generali si può notare come i valori calcolati di ΔE^*ab siano in tutti i casi molto bassi.

Le minime variazioni di colore sono legate soprattutto a un incremento del parametro b^* (e quindi a un leggero spostamento nel campo del giallo).

Osservando a livello macroscopico le zone prima e dopo l'applicazione dei gel non si rilevano di fatto variazioni cromatiche particolari. Si segnala tuttavia, nel caso delle tavolette con perni in legno, l'affioramento sulla superficie del gesso di puntini di colore marrone.

Questo fenomeno sembra essere più evidente quando i tempi di applicazione sono prolungati (l'acqua diffonde a profondità maggiori interagendo con i perni).

Stando a questi primi dati sperimentali sembrerebbe che le condizioni operative individuate per l'impiego di gel di Agar e Laponite RD consentano di lavorare in sicurezza anche su opere con perni interni.

Si ritiene comunque di dover approfondire queste prove, cercando di simulare un degrado più spinto dei perni in ferro e favorendo la naturale circolazione dei tannini che caratterizzano i perni in legno conservando le tavolette in particolari condizioni di temperatura e umidità relativa.

Conclusioni

Le prove eseguite suggeriscono la necessità di approfondire lo studio relativo all'utilizzo di gel a base di Laponite RD per l'esecuzione di interventi di pulitura su opere in gesso. Infatti, pur avendo riscontrato mediamente dei buoni risultati relativamente all'efficacia pulente, sono emersi degli aspetti problematici per quel che riguarda l'interazione tra gel e supporto. In seguito alle applicazioni le superfici trattate presentano infatti una composizione chimica leggermente diversa da quella originaria. Rimane da chiarire se la presenza di tracce di sodio, elemento caratterizzante la Laponite RD, sia dovuta al permanere sulla superficie di residui di gel o se vada piuttosto imputata a un'azione di scambio ionico tra gel e supporto (fenomeno per altro riscontrato, relativamente al litio però, nel caso di puliture di ceramiche, LEE, et al., 1997) e quanto questo aspetto possa di fatto risultare problematico dal punto di vista conservativo delle opere trattate.

Ulteriori aspetti che consiglierebbero un impiego limitato dei gel a base di Laponite RD sono la diffusione dell'acqua all'interno del supporto, compresa tra 1 e 2 cm, e tempistiche di lavoro piuttosto lunghe. Alcune prove sono state quindi condotte per valutare la possibilità di migliorare questi aspetti modificando le modalità di utilizzo dei gel. Risultati promettenti sono stati ottenuti limitando i tempi di applicazione a 15 minuti e velocizzando la fase di essiccamento con l'impiego di un phon. Di fondamentale importanza è il tipo di carica scelta per additivare i gel: i risultati migliori sono stati ottenuti nel caso della Farina Fossile, del tutto inadeguata invece la Sepiolite.

Si segnalano comunque i risultati soddisfacenti ottenuti eseguendo dei tasselli di pulitura con gel di Laponite RD e Farina Fossile, applicati secondo le modalità operative definite, su alcuni dei bozzetti che Antonio Carestati aveva realizzato in occasione del concorso del 1937 per la decorazione della facciata del *Tempio Ossario* di Udine.

Del tutto confermata invece l'adeguatezza dei 'gel rigidi' di Agar che rimangono al momento il sistema più promettente per l'esecuzione di interventi di pulitura su opere in gesso. Sono stati infatti riscontrati dei risultati molto positivi relativamente sia all'efficacia pulente che all'interazione tra gel e supporto. Limitate inoltre sono la diffusione di acqua (intorno a 0.5 cm) e le tempistiche di lavoro (5 minuti circa).

L'esecuzione dei primi tasselli di pulitura con gel di Agar su alcuni dei bozzetti di Carestati hanno comunque evidenziato la necessità per l'operatore di conoscere con sicurezza le caratteristiche del sistema pulente e del metodo di utilizzo: di fondamentale importanza sono risultati le fasi di preparazione dei gel e le condizioni operative per la loro applicazione (molto utili quindi gli incontri tecnici come quello organizzato dal CTS nel maggio 2009).

Ulteriori prove condotte su opere reali (un modello in gesso dell'*Icaro* di Luigi De Paoli, 1890, fusione 1928) hanno inoltre posto in evidenza il problema legato alla possibilità di mettere in movimento i tannini dei perni in legno, spesso presenti con funzione strutturale nelle opere in gesso, come manifestato dalla comparsa di aloni superficiali in seguito alle applicazioni dei sistemi gel.

Uno degli obiettivi che ci poniamo è proprio quello di approfondire quest'aspetto, affrontato in via preliminare nello studio presentato in queste pagine.

Ulteriori sviluppi della ricerca saranno inoltre la valutazione di sistemi acquosi addensati a base di derivati della cellulosa (tipo Glutofix 600, Tylose MH 2000 K, Tylose MH 300, ecc...) per l'esecuzione di interventi di pulitura-consolidamento in presenza di patine decoese.

NOTE

[1] Come ben descritto in D’ALESSANDRO L. e PERSEGATI F., 1987, le problematiche conservative di opere in gesso sono connesse a: qualità e tipo di materiale impiegato; tecnica di esecuzione e accuratezza delle metodologie operative adottate; condizioni ambientali e vicissitudini storiche cui l’opera è stata soggetta.

Oltre alle problematiche relative alla presenza di depositi più o meno superficiali, oggetto nel dettaglio del nostro studio, segnaliamo: un possibile sviluppo di macchie superficiali causate da rinforzi in stoffa, perni ed armature in legno e/o ferro presenti all’interno della struttura in gesso; problematiche derivanti dall’uso improprio ed eccessivo di sostanze modificanti la presa del gesso (ritardanti/acceleranti) quali ad esempio sali solubili (nitrati, cloruri, solfati, ecc...) e sostanze organiche (colla, caseina, gomma arabica, glicerina, ecc...suscettibili ad attacchi di tipo biologico).

[2] Tra i metodi tradizionali impiegati per la pulitura dei gessi ricordiamo: quelli ‘umidi’ che sfruttano l’azione solvente dell’acqua, da sola o in miscela con altri solventi o detergenti, applicata con svariati sistemi; quelli ‘a strappo’ che comportano l’applicazione sulla superficie in gesso di una sostanza filmogena capace di ‘catturare’ lo sporco che viene poi delicatamente rimossa (Vinavil NPC, colla d’amido, ecc.); quelli laser, piuttosto specifici e costosi, possibile origine, nel caso di uno scorretto utilizzo, di alterazioni cromatiche superficiali (esempi di buoni risultati ottenuti con questo metodo sono in BRUNETTO A., “*Ablazione laser sulle superfici in gesso*”, in “*Problemi Conservativi dei Manufatti dell’Ottocento. I Dipinti, la Carta, i Gessi*”, il prato, Saonara (PD), 2008, pp. 89-98). Si ricorda inoltre come alcune prove siano state eseguite anche con degli addensanti sintetici organici come eteri di cellulosa e acido poliacrilico, scartati vista l’impossibilità di rimuovere i gel dalle superfici trattate senza ricorrere a umidità e una considerevole azione meccanica (HALLER U., SCHIESSL U., 1998).

[3] I gel sono stati preparati a partire da Agar 05040 FLUKA (Sigma-Aldrich s.r.l., www.sigma-aldrich.com) secondo quanto riportato nelle due pubblicazioni del Cesmar7 (CAMPANI E., et al., 2007; ANZANI M., et al., 2008). Una quantità nota di acqua è stata scaldata a bagnomaria in un becher fino a 80°C. È stata quindi aggiunta gradualmente una quantità di Agar pari al 4% in peso, continuando a scaldare ed agitare fino a completa dissoluzione del materiale. Si è lasciato quindi raffreddare il tutto a temperatura ambiente fino a gelificazione. Dopo questa prima solidificazione il gel è stato nuovamente scaldato al di sopra della sua temperatura di fusione in maniera tale da ottenere un prodotto più omogeneo e con migliori capacità di ritenzione d’acqua. Il tutto è stato quindi lasciato parzialmente raffreddare fino al raggiungimento delle condizioni ottimali per l’applicazione (circa 45°C, sistema semi-solido che può essere applicato a pennello o spatola sulla superficie da trattare, dove la gelificazione si completa poi velocemente). Il pH del gel, valutato in termini indicativi tramite cartina tornasole, è risultato leggermente acido (pH = 6).

[4] Per la preparazione dei gel a base di Laponite RD sono stati impiegati sia i prodotti della Bresciani s.r.l., (Laponite RD, Silice Pirogenica Micronizzata, Sepiolite) che della Phase (Farina Fossile). Per tutto quel che riguarda le informazioni tecniche si rimanda quindi ai rispettivi siti: www.brescianisrl.it e www.phaseitalia.it

Il gel di base è stato preparato aggiungendo a dell’acqua, sotto agitazione, una quantità di Laponite RD pari al 4% in peso. Essendo nota, da quanto riportato in letteratura (HALLER U., SCHIESSL U., 1998), la straordinaria contrazione cui sono soggetti questi gel durante l’essiccamento, con conseguente forte adesione ai supporti trattati ed estrema difficoltà nella successiva rimozione, si è deciso di additivare il gel puro con diverse cariche inorganiche. Queste dovrebbero sia ridurre l’adesione del gel alla superficie che indurre una contrazione in volume durante l’essiccamento così da consentirne la rimozione dal supporto. Si suppone pure, nel caso di alcune di queste cariche (es. Sepiolite), un effetto coadiuvante l’azione di pulitura esplicata dal gel. A diverse porzioni del gel puro di Laponite RD, ormai completamente rigonfiato in acqua, sono state quindi aggiunte sotto forte agitazione le diverse cariche (Farina Fossile, Silice e Sepiolite) in quantità pari al 4% in peso. Il pH dei vari gel, valutato in termini indicativi tramite cartina tornasole, è risultato in tutti i casi neutro (pH =7).

Per quel che riguarda le modalità di preparazione di gel e le scelte operative si fa riferimento a : HALLER U., SCHIESSL U., 1998

[5] Allo scopo sono state utilizzate delle tavolette in gesso preparate cercando di operare in condizioni che garantissero una buona riproducibilità, utilizzando quindi degli stampi con dimensioni fisse (18 cm x 18 cm x 2.5 cm) e miscelando precise quantità di gesso e acqua. È stato utilizzato del gesso scagliola Lages (Lavorazioni Gessi Speciali spa) e acqua di rete in quantità pari al 65% in peso del gesso stesso. Le tavolette sono state preparate e condizionate per un mese a temperatura e umidità ambientali (25 ± 2°C; 60% ± 4). Le prove sono state eseguite previa un’accurata rimozione dello strato superficiale di gesso, evidentemente caratterizzato da porosità e compattezza diverse rispetto quelle della parte massiva. L’operazione, che ha interessato grosso modo il primo millimetro di spessore delle tavolette, è stata realizzata con carta vetrata e successiva rimozione della parte abrasa utilizzando un leggero getto di aria compressa.

In alcuni casi si è cercato di simulare la presenza di depositi da asportare con le operazioni di pulitura dalle superfici in gesso tamponando ripetutamente le aree di prova con cotone e un pigmento nero previa leggera umidificazione delle aree stesse. È stato impiegato il Nero Roma della Dolci (TR/0268), pigmento scelto poiché

la caratterizzazione tramite spettrofotometria FT-IR aveva confermato la possibilità di distinguerlo dal solfato di calcio biidrato, presente invece come carica in altri pigmenti testati.

Sia il gesso che il Nero Roma sono stati preliminarmente caratterizzati tramite indagini di spettrofotometria FT-IR. Campioni prelevati dalle tavolette in gesso, tal quali e 'sporcate', sono stati inoltre osservati al SEM e sottoposti ad indagini con sonda EDS sia sulla superficie che sulla sezione trasversale. Le analisi elementari hanno rilevato sulla superficie di tutte le tavolette la presenza di: calcio (Ca), zolfo (S), ossigeno (O), magnesio (Mg), silicio (Si), alluminio (Al) e ferro (Fe). I primi sei elementi sono da ritenere caratteristici componenti del gesso stesso, come confermato anche dalle analisi eseguite in sezione. Alluminio e ferro, non rilevati in sezione, sono forse dovuti invece alla presenza di depositi e/o residui legati alle operazioni di scartavetratura delle tavolette. Nel caso delle tavolette 'sporcate' con Nero Roma le analisi elementari hanno confermato quanto rilevato nel caso del gesso privo di depositi, morfologicamente non sono state riscontrate delle variazioni particolarmente evidenti.

[6] Cercando di lavorare in maniera riproducibile, le quantità di gel applicate sono state verificate anche per via ponderale. Strati dello spessore voluto sono stati ottenuti con 13 g di Agar e 16 g di Laponite RD.

[7] Le tempistiche considerate sono leggermente superiori a quelle di utilizzo nel caso di interventi su opere reali (5 minuti sono in genere sufficienti per le applicazioni di Agar). Si nota comunque come le tempistiche di intervento siano notevolmente influenzate dalle condizioni ambientali in cui si opera. In occasione delle successive sperimentazioni condotte in laboratorio di restauro in condizioni di bassa temperatura ed elevati valori di umidità relativa si è osservato un dilatarsi delle tempistiche necessarie all'esecuzione dell'intervento, in riferimento soprattutto ai gel di Laponite RD.

[8] Le osservazioni a livello microscopico sono state condotte con un microscopio ottico digitale Dino-lite AM 313 *plus* (lavorando a 65x e 225x). Le indagini di spettrofotometria sono state invece realizzate lavorando in trasmissione, su pastiglie ottenute mescolando parte dei campioni con KBr, impiegando uno spettrofotometro FT-IR Nexus della Nicolet (numero d'onda variabile tra 400 cm^{-1} e 4000 cm^{-1} , 32 scansioni, risoluzione 4 cm^{-1}).

[9] Per quel che riguarda la ricerca di residui organici tramite GC-MS, si fa riferimento ai risultati ottenuti nei precedenti studi sui gel rigidi di Agar (ANZANI M, et al., 2008; CAMPANI et al, 2007).

[10] Le indagini sono state realizzate con un microscopio elettronico a scansione JEOL JSM 5600 LV abbinato a una microsonda elettronica in dispersione di energia, operando sui campioni tal quali in modalità BSE in condizioni di basso vuoto (pressioni di 20 Pa).

[11] Le indagini sono state realizzate sempre con lo spettrofotometro FT-IR Nexus della Nicolet, utilizzando però un accessorio che consente di lavorare in modalità ATR (MIRacle, single bounce, cristallo in Seleniuro di Zinco). Gli spettri, con numero d'onda tra 1300 cm^{-1} e 4000 cm^{-1} e sono stati registrati con 64 scansioni e una risoluzione di 4 cm^{-1} .

[12] Gli esiti delle prove vanno chiaramente incrociati con quelli già pubblicati dal Cesmar7: ANZANI M., et al., 2008.

[13] Il colorante 9960 arancio luce acqua (di Fabbrica Italiana Coloranti Industriali S.p.A.) è stato impiegato, in quantità pari al 2% in peso, per la preparazione di una soluzione acquosa colorata che è stata poi utilizzata nella preparazione dei gel di Agar e Laponite RD (4% in peso).

[14] I chiodi utilizzati hanno diametro pari a circa 3 mm, i bastoncini 6 mm. Pur avendo scelto il rovere in quanto legno ricco di tannini, si è cercato di 'esasperarne' le caratteristiche e velocizzare le tempistiche di un'eventuale migrazione dei tannini all'interno del supporto immergendo i bastoncini per 12 ore in una soluzione acquosa al 10% in peso di tannini di rovere (gentilmente forniti dal Laboratorio Enochimico Polo di Oderzo - TV-). Il contatto tra gli elementi, inseriti per l'intera larghezza delle tavolette, e il gesso è stato garantito colando all'interno del foro, contestualmente all'inserimento degli elementi stessi, gesso preparato al momento.

[15] È stato utilizzato uno Spettrofotometro Konica Minolta (Spectrophotometer CM-2600d, illuminante D65, osservatore 10°, apertura MAV con diametro 8 mm). Sono state eseguite tre misure in corrispondenza di ognuna delle zone trattate, prima e dopo l'applicazione e rimozione dei gel, aspettando che gran parte dell'acqua diffusa nel supporto evaporasse. Il collocamento preciso dello strumento è stato garantito dall'utilizzo di un'apposita mascherina.

BIBLIOGRAFIA

1. AA.VV., "Problemi Conservativi dei Manufatti dell'Ottocento. I Dipinti, la Carta, i Gessi", il prato, Saonara (PD), 2008
2. Anzani Marilena, Berzioli Michela, Cagna Marco, Campani Elisa, Casoli Antonella, Cremonesi Paolo, Fratelli Maria, Rabbolini Alfiero, Riggiardi Davide, "Gel rigidi di agar per il trattamento di pulitura di manufatti in gesso", il prato, Saonara (PD), 2008
3. Campani Elisa, Casoli Antonella, Cremonesi Paolo, Saccani Ilaria, Signorini Erminio, "L'Uso di Agarosio e Agar per la Preparazione di 'Gel Rigidi'", il prato, Saonara (PD), 2007

4. D'Alessandro L., Persegati F., *"Scultura e calchi in gesso. Storia, tecnica e conservazione"*, (l'Erma) di Bretschneider, 1987
5. Da Silveira Luciana, *"A note on the poultice cleaning of feathers using Laponite RD gel"*, in *"Studies in Conservation"*, vol.42, n.1, 1997, pp.11-16
6. Haller Ursula, Schiessl Ulrich, *"Reinigung ungefasster Gipsoberflächen- eine neue Methode"*, in *"Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung"*, Jahrgang, 12, 2/1998, pp.274-282
7. Lee Lai-Mei et al., *"Investigations into the Use of Laponite as a Poulticing Material in Ceramics Conservation"*, in *"V&A Conservation Journal"*, n.22, 1997, pp.9-11