

Mario Verdelli - Nadia Presenti - Marco Goretti

TECNICHE AVANZATE DI SOTTOVUOTO NEL RESTAURO DEI DIPINTI

~ PARTE IV ~

Ricerche - Sperimentazioni - Applicazioni

a cura di

Mario Verdelli

© 2017

Il seguente testo per il web, tratto dall'omonimo volume pubblicato da Edifir nel 2007 e 2000, è stato completamente riveduto e corretto, ed è dedicato a Michelangelo Verdelli

GLI AUTORI

MARIO VERDELLI - Specializzato nelle nuove tecnologie della conservazione dei dipinti, in particolare nelle tecniche del sottovuoto, svolge attività di ricerca e di consulenza per enti pubblici e privati, inoltre si presta all'attività didattica con conferenze e seminari.

NADIA PRESENTI - Dal 1988 al 1991 frequenta il corso regionale di formazione professionale della Regione Toscana per la conservazione dei Beni Culturali. Negli ultimi due anni del corso, si specializza nella conservazione e nel restauro dei dipinti su tela e su tavola sotto la direzione del Dr. Marco Ciatti e degli insegnanti dell'OPD.

Dal 1991 lavora come professionista per musei, enti ecclesiastici e collezionisti privati. Collabora con incarichi diretti con la Soprintendenza di Siena, Arezzo, Pisa, Modena.

MARCO GORETTI - Laureato in Ingegneria Nucleare presso l'Università di Pisa, ottiene numerosi incarichi dal Centro di Ricerca delle Comunità Europee di Ispra e dall'ENEA; effettua studi sulla sicurezza, affidabilità e compatibilità ambientale di componenti e impianti. Come consulente industriale, si occupa di problematiche inerenti i controlli di qualità dei processi produttivi e le tecniche di controllo statistico.

INDICE

(Parte IV)

3. APPLICAZIONI PRATICHE

- 3. 1 - Aspetti generali
- 5. 2 - Crocifissione di *Francesco Morandini*
- 8. 3 - S. Donato e S. Ilariano di *Giorgio Vasari*
- 13. 4 - Madonna con Bambino e Santi di *Ridolfo del Ghirlandaio*
- 16. 5 - S. Francesco e S. Chiara di *Francesco Morandini*
- 18. 6 - Effetti collaterali

20. APPENDICI

- 20. 1. Un lavoro sperimentale
- 21. 2. Un consolidamento frazionato in sottovuoto

27. TAVOLE FUORI TESTO

50. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

~ PARTE IV ~

APPLICAZIONI PRATICHE

Mario Verdelli e Nadia Presenti

1. Aspetti generali

Il consolidamento del colore nei dipinti su tavola è da sempre un problema di difficile soluzione, in quanto si tratta di far penetrare e diffondere il collante naturale o sintetico per raggiungere gli strati preparatori proprio attraverso la pittura, materiale normalmente privo di porosità¹.

Alcune tecniche prevedono la stesura sulla superficie del dipinto del consolidante e dopo il riscaldamento della zona trattata. Il collante dovrebbe penetrare attraverso le rotture e le mancanze della pellicola pittorica, però non c'è nessuna premessa teorica in questi sistemi che possa garantire un'estesa diffusione in profondità, come si è dimostrato nella prova 9, parte III.

Altri sistemi prevedono iniezioni attraverso il colore di colletta animale, ma anche questa procedura non garantisce una diffusione omogenea e la zona trattata per ogni iniezione può risultare modesta; inoltre viene causato un danno alla pellicola pittorica dal foro d'ingresso dell'ago della siringa (anche se piccolissimo) perché non sempre si può inserire tra le fessure dei sollevamenti o attraverso la craquelure, in quanto le decoesioni all'interno degli strati pittorici e preparatori avvengono spesso anche in zone che non mostrano particolari segni esterni del loro degrado.

È ovvio che questo tipo d'intervento, se molto limitato, può essere anche accettato, mentre, se il degrado è generalizzato, il sistema non è più praticabile per il grandissimo numero di fori da effettuare attraverso il colore. Un altro problema che si può presentare è il consolidamento localizzato di quelle zone interessate dall'iniezione in cui la preparazione resa più solida può interagire con le parti circostanti non consolidate, innescando nuove tensioni.

Esistono inoltre dei dipinti che, per "difetti" già in fase di realizzazione e per la cattiva conservazione, presentano una pellicola pittorica sottile che tende a dar luogo a diffusi sollevamenti di piccole dimensioni, separandosi dalla preparazione, così da rendere molto problematico il risanamento.

Una soluzione a queste difficoltà può venire dal consolidamento in sottovuoto. Con questa tecnica il colore non è perforato dagli aghi delle siringhe², in quanto il

1 - MARCO CIATTI in *Problemi e Risultati*, in *l'Incoronazione della Vergine del Botticelli*, Edifir, Firenze, 1990, pp. 55-57, riferendosi al trasporto del colore dice testualmente: «L'altra strada, quella della fermatura o consolidamento del colore, apparentemente più semplice, è talvolta ugualmente difficile ed in essa sono stati compiuti nel tempo minori progressi da parte di tutto il mondo del restauro».

2 - Questi perforano solo la parte superiore della busta.

consolidante attraverso la craquelure, le mancanze e le microcrettature degli strati pittorici è spinto in profondità dal vuoto parziale, impregnando la preparazione fino a raggiungere la superficie del supporto, mentre la pressione atmosferica, agendo sulla parte superiore della busta, tiene la pellicola pittorica premuta sulla preparazione.

Il consolidamento del colore in sottovuoto risulta efficace proprio dove le tecniche tradizionali sembrano carenti, perché agisce in profondità senza danneggiare il colore e, per quanto lo permetta la permeabilità degli strati preparatori e pittorici, il collante può raggiungere all'interno di questi una diffusione più omogenea, così da evitare le tensioni localizzate tra quelle zone risanate rese più forti rispetto alle altre non trattate e risolvendo bene quei problemi di decoesione della pellicola pittorica sopra menzionati.

Mentre non si possono pretendere dall'applicazione di questa metodica delle soluzioni definitive o tantomeno generalizzate al problema della conservazione, questa tecnica deve essere interpretata come un ulteriore strumento a disposizione del restauratore per prolungare la vita dell'opera d'arte e, nei casi più gravi, per cercare una soluzione alternativa al trasporto del colore, salvaguardando così l'integrità di tutti i materiali costituenti il manufatto.

Riserveremo queste applicazioni ai dipinti che ne possono trarre un indubbio vantaggio, operando secondo le necessità anche con i sistemi tradizionali.

In ogni caso sarà necessario condurre delle accurate indagini preventive, anche con test ben documentati e prove mirate, per motivare in un senso o nell'altro le proprie scelte operative.

Nel presentare alcuni lavori, selezionati tra quelli particolarmente significativi, abbiamo pensato di seguire questa linea espositiva: nel primo lavoro sono state descritte dettagliatamente tutte quelle operazioni pratiche intese a spiegare la tecnica del sottovuoto; nel secondo è stata sottolineata la parte metodologica, senza omettere i passaggi cruciali, ma senza entrare nei dettagli già descritti nel primo; mentre nel terzo è stato presentato il caso di un dipinto particolarmente sensibile all'umidità e trattato con soluzioni alternative; nell'ultimo invece è stata trascurata la descrizione della tecnica, prediligendo la parte progettuale per due dipinti messi contemporaneamente ma separatamente in sottovuoto.

A conclusione di questo capitolo abbiamo voluto descrivere alcuni effetti collaterali che possono verificarsi nei dipinti trattati in sottovuoto con colletta a caldo.

Nelle appendici sono stati presentati un lavoro sperimentale di consolidamento localizzato e un nuovo caso di consolidamento frazionato in sottovuoto.

Prima di proseguire nella lettura delle applicazioni pratiche, vogliamo precisare che spesso abbiamo utilizzato nel testo il termine tecnico "consolidamento del colore", localizzato, generalizzato, in sottovuoto, a pressione atmosferica, ecc. Per "consolidamento del colore" intendiamo sia l'adesione di diverse tipologie di distacchi all'interno degli strati preparatori e pittorici, come tra l'interfaccia colore-preparazione, preparazione-preparazione, preparazione-supporto, ma anche il ristabilire la coesione all'interno della preparazione, che si può ottenere, secondo le tipologie d'intervento, sia con un consolidamento localizzato sia generalizzato.

Quando parliamo di “consolidamento della preparazione o degli strati preparatori”, ci riferiamo esclusivamente al ripristino della coesione e delle qualità meccaniche di questi materiali.

Siamo consapevoli delle differenze concettuali e pratiche che sussistono tra adesione e consolidamento, che però nel nostro particolare caso coincidono, in quanto il collante naturale prescelto (colletta nella concentrazione di colla lapin 1/19 in soluzione acquosa), opportunamente riscaldato, presenta un indice di viscosità tale da essere indicato come consolidante della preparazione; ma ugualmente a questa concentrazione è un efficace adesivo nel saldare i distacchi del colore o le esfoliazioni della preparazione, essendo la capacità adesiva, se commisurata al problema, ancora molto elevata³.

È facilmente intuibile che con questa concentrazione non si può tecnicamente prescindere l'intervento di adesione del colore da quello di consolidamento della sottostante preparazione, anche se la zona che risulterà consolidata sarà molto circoscritta. Così, specularmente, nell'eseguire in sottovuoto il consolidamento generalizzato della preparazione, si andrà a riaderire la tipologia dei distacchi presenti in quel momento negli strati pittorici e preparatori del dipinto (vedi tavola 16).

Per quanto riguarda la metodologia che abbiamo seguito nell'applicazione del collante, sono stati trattati sempre preventivamente i sollevamenti molto pronunciati del colore (per evitare rischi di frantumazione in fase di pressione) e separatamente dal consolidamento generalizzato in sottovuoto, ma ovviamente con metodiche da non pregiudicare quest'ultimo intervento.

In sostanza si vuole sottolineare che, se in taluni casi le operazioni di adesione e di consolidamento sono state condotte separatamente, queste sono state attuate con modalità tali da risultare assolutamente compatibili.

2. *Crocifissione di Francesco Morandini*

Le condizioni⁴ e le indagini diagnostiche. Nei primi mesi del 1994 è stata affrontata l'operazione del consolidamento del colore in una grande pala lignea⁵. I restauratori⁶ non potevano eseguire la fase della pulitura della superficie pittorica

3 - Dal risultato dei nostri test di laboratorio, la colletta con questa concentrazione (1/19-1/20), in condizioni di “presa” ottimale, cioè con le parti levigate, ben pulite, con la giusta quantità di adesivo e tenute unite sotto pressione, può raggiungere valori medi di tenuta per esempio tra preparazione e preparazione pari a circa 4 Kg/cm², con valori minimi e massimi pari a 3 Kg/cm² e 7 Kg/cm².

Si è osservato che queste buone capacità adesive si mantengono anche per diluizioni maggiori; questo non vuole significare che si possa diminuire la concentrazione del collante oltre un certo limite, perché le condizioni non sono mai ottimali all'interno degli strati pittorici e preparatori e soprattutto perché verrebbero introdotti molta umidità e poco collante. Il nostro consiglio è di valutare caso per caso e di mantenersi vicino alle concentrazioni tradizionali cioè tra 1/15 e 1/20.

4 - In questo lavoro e negli altri successivi sono state riportate solo le condizioni conservative strettamente inerenti all'argomento trattato.

5 - Dipinto su tavola, dimensioni 314 cm x 211 cm, proviene dalla chiesa di S. Francesco a Castiglion Fiorentino.

6 - In questo restauro la nostra competenza riguardava esclusivamente le operazioni di consolidamento degli strati pittorici in sottovuoto.

per le gravi condizioni in cui versava il colore⁷ che anche all'indagine visiva mostrava di essere polverulento, sottile e decoeso da una preparazione a gesso e colla povera di legante. Le analisi chimiche e stratigrafiche hanno poi confermato che la causa del distacco del colore dalla preparazione era imputabile in buona parte a "difetti" in fase di costruzione degli strati pittorici.

Il consolidamento localizzata con colletta a caldo, in questo caso, non dava i risultati attesi, inoltre il degrado della superficie pittorica era molto esteso.

Un'accurata indagine diagnostica aveva accertato che il supporto in legno di pioppo, nonostante l'attacco degli insetti xilofagi che le radiografie mirate mostravano in alcune zone vicino alla preparazione, poteva tollerare la pressione del vuoto parziale.

Ulteriori esami avevano stabilito che i leganti del colore non erano solubili nella soluzione acquosa del consolidante naturale e la preparazione non aveva mostrato, durante alcuni test preventivi, di avere particolari reazioni al trattamento. Pertanto, di seguito a queste considerazioni, per ristabilire l'adesione del colore e per ripristinare la coesione della preparazione, è stata effettuato il consolidamento in sottovuoto con colletta a caldo.

Preparazione della busta e della tavola. Per costruire la busta si è utilizzato un nylon diviso in due rettangoli di 700 cm x 400 cm e 500 cm x 400 cm, di spessore 0,2 mm.

Il dipinto su tavola si presenta rinforzato da tre traverse di notevoli dimensioni e nelle operazioni preparatorie al sottovuoto ne abbiamo tenuto conto, lasciando delle "pinces" nel lato più lungo del nylon, dove era appoggiata la tavola, in modo che al momento dell'esecuzione del vuoto parziale il nylon si potesse modellare perfettamente alle traverse e al verso del dipinto.

La tavola è stata protetta, sempre dal retro, con una tela di lino, per evitare che eventuali schegge o *steglie* (sollevamenti acuminati della superficie del legno) potessero lacerare durante il sottovuoto la parte inferiore della busta, compromettendo così l'intera operazione; inoltre la tela in questa configurazione contribuisce a modellare il nylon durante la fase di depressione.

I bordi della tavola e gli angoli sono stati protetti con ovatta e carta adesiva per le stesse ragioni di cui sopra.

Sopra la superficie pittorica sono stati appoggiati due strati di carta giapponese, in modo che, eseguita l'impregnazione in sottovuoto, all'apertura della busta, le carte inumidite dalla colletta si possano separare nell'eventualità che uno strato rimanga attaccato al colore.

L'apparecchiatura di aspirazione è stata collegata a due tubi che sono stati posizionati all'estremità del lato più lungo della tavola, in modo da ottenere fra loro la massima distanza possibile.

Il secondo nylon più piccolo è stato adagiato sopra il dipinto, così sono state sigillate le estremità dei due teli con plastilina della 3M e la busta è risultata perfettamente chiusa.

7 - Il Del Vita nel 1959 definì la tavola già «in cattive condizioni». Cfr. ALESSANDRA GIOVANNETTI, *Francesco Morandini detto il Poppi*, Edifir, Firenze, 1995, p. 110, illustrazione in bianco e nero a p. 186.

Tre vacuometri hanno permesso di controllare la pressione in ogni parte del sistema (tavola 1).

Il trattamento. Agendo sulla valvola dosatrice, è stato regolato il vacuometro posto vicino alle manopole di comando, molto lentamente, fino a raggiungere la pressione di -8 kPa. La pressione atmosferica è stata variata in modo fine e così regolare da evitare anche il più piccolo stress alla struttura del dipinto, facilitando il lavoro di spianamento del foglio di nylon effettuato per togliere le pieghe che si formano per una ragione fisica durante la fase di depressione e che sono fonte di alterazioni nel sistema di sottovuoto e di disturbo per le operazioni di diffusione della colletta.

Verificata attraverso la strumentazione la tenuta della busta alla pressione, sono iniziate le operazioni di consolidamento del colore.

Per il consolidante è stata scelta la colletta, una concentrazione di colla lapin 1/19 in soluzione acquosa, addizionata con plastificante e antifermentativo. La colletta è stata riscaldata a una temperatura non eccessivamente elevata⁸, in quanto il nylon della busta con il calore si può temporaneamente ondulare, disturbando le operazioni d'impregnazione.

È stata effettuata una prova nel lato destro in basso per misurare la quantità e la velocità di espansione del liquido in rapporto alla pressione. Il nylon è stato perforato tenendo l'ago parallelo alla superficie pittorica e stando ben attenti a non toccare il colore. Il liquido aiutato dalla pressione del sottovuoto si è espanso formando una grande macchia circolare ben visibile nella carta giapponese, che ha anche la funzione di "tracciare" l'area dell'intervento, oltre a quella di proteggere il colore (tavola 2).

Considerato che tutto procedeva per il meglio, l'operazione di consolidamento è stata estesa a tutta la superficie del dipinto, partendo dal centro della tavola fino al completamento sui quattro lati.

I fori prodotti sono stati chiusi con pezzetti di nastro adesivo precedentemente tagliato. L'espansione del liquido e l'adesione del nylon nella zona bagnata sono state facilitate tamponando molto delicatamente con ovatta (tavola 3).

Sono state effettuate circa duecentocinquanta iniezioni di colletta, in gran parte assorbita dalla carta giapponese (tavola 4).

Terminate le iniezioni, è stata aperta la busta, le carte bagnate si sono separate, uno strato è rimasto aderente al colore, l'altro al telo di nylon (tavola 5).

Le carte aderenti al colore sono state rimosse totalmente, mentre, per le delicate condizioni del colore inumidito, non si è potuta rimuovere la colletta di superficie; quest'operazione è stata rinviata alla fase di pulitura.

La tavola è stata lasciata a contatto dell'aria per breve tempo⁹.

Tra un'operazione e l'altra, è stato eseguito un monitoraggio per verificare lo stato di conservazione di quelle zone attaccate dagli insetti xilofagi evidenziate dalle

8 - Mentre un calore eccessivo può danneggiare gli strati pittorici e lo stesso consolidante, una temperatura troppo bassa ne aumenta la viscosità, impedendo una buona diffusione attraverso i materiali dell'opera.

9 - È molto importante lasciare la tavola sufficientemente a lungo in sottovuoto per tenere leggermente premuta la superficie del colore e permettere una perdita graduale di umidità.

radiografie, e intanto è stata accuratamente ripulita dalla carta giapponese bagnata la parte del nylon che era a contatto della superficie pittorica e sono stati collocati sopra il colore due strati di nuove carte¹⁰.

Arrivati a questa fase delle operazioni, una procedura (oggi superata) consigliava di mettere sopra la carta giapponese un tessuto per assorbire l'umidità in eccesso e un piano di compensato sottile per migliorare con la pressione del sottovuoto l'adesione degli strati pittorici e per evitare sprofondamenti della superficie in presenza di mancanze. Quest'operazione non è stata eseguita¹¹, quindi la tavola è stata lasciata asciugare lentamente in sottovuoto a -8 kPa (tavola 6).

Trascorse sedici ore, sono stati cambiati i fogli di carta giapponese ed è stato sostituito anche il nylon (quello forato dalle siringhe); quindi è stato realizzato un sottovuoto un po' più forte per aumentare anche la pressione meccanica del nylon, -10 kPa per circa venti ore.

Effettuata una breve pausa per sostituire le carte, il dipinto è stato lasciato ancora alla stessa pressione in sottovuoto per altre ventidue ore, dopodiché sono terminate tutte le operazioni di consolidamento del colore.

Risultati e commento. La preparazione e il colore si sono riconsolidati perfettamente, consentendo così la pulitura degli strati pittorici.

Non sono stati rilevati collassamenti (microstress) della preparazione e del supporto ligneo nelle mancanze.

Questi due importanti risultati, che c'eravamo dati come obiettivo, sono stati raggiunti con il nostro sistema di sottovuoto, inoltre è stato anche rilevato un leggero miglioramento della superficie pittorica.

3. S. Donato e S. Ilariano di Giorgio Vasari

Le condizioni. Nell'estate del 1995 siamo stati incaricati dalla Soprintendenza di Arezzo del restauro di un dipinto su tavola del pittore Giorgio Vasari¹².

L'incarico comprendeva uno studio preventivo per stabilire la necessità di un intervento di consolidamento generalizzato in sottovuoto, viste le condizioni molto precarie del colore.

A una prima ricognizione visiva, le due tavole in legno di pioppo costituenti il supporto presentavano un forte imbarcamento ed erano mancanti delle traverse;

10 - La carta giapponese, in assenza di ventilazione dentro la busta, ha anche l'importante funzione di assorbire l'umidità.

11 - Non abbiamo mai introdotto nei nostri sottovuoto dei piani "rigidi", ma in quel periodo, se lo avessimo trovato in un unico pezzo di dimensioni adeguate al dipinto, lo avremmo fatto e sarebbe stato sicuramente un grave rischio per la struttura lignea e per il colore. Considerate le irregolarità del supporto avremmo avuto in alcune zone degli schiacciamenti della superficie pittorica in altre un'assoluta mancanza di pressione. Come conseguenza di queste osservazioni, abbiamo deciso di non utilizzare in casi analoghi piani "rigidi" oppure di utilizzare un piano di gomma dello spessore di circa 5 mm che si adatta bene alle deformazioni strutturali dei dipinti su tavola.

12 - L'opera raffigura i Santi Donato e Ilariano e fa parte della quadreria dell'archicenobio del monastero di Camaldoli. La tavola misura 179 cm x 66 cm.

mentre il degrado del legno, a causa dell'aggressione degli insetti xilofagi, interessava solo piccole zone al centro delle doghe ed in prossimità dei bordi.

Sulla superficie pittorica erano ben visibili: ammaccature, piccole depressioni superficiali, scalfitture e graffi; le fibre del legno erano molto evidenti, specialmente a un'osservazione in luce radente.

Il diverso comportamento dei pezzi assemblati alle variazioni termoigrometriche aveva provocato vari movimenti, causando moltissimi sollevamenti del colore anche molto pronunciati. Gli strati pittorici non avevano mantenuto una buona adesione al supporto e le cadute in corrispondenza delle fibre del legno, dei perni, dei tasselli di risanamento e dei bordi avevano lasciato in visione la preparazione a gesso e colla.

Il dipinto aveva subito agli inizi degli anni Ottanta un intervento di restauro e dallo studio della documentazione fotografica in luce radente di allora, ci siamo resi conto che la gran parte dei sollevamenti attuali erano limitrofi a quelli risanati o addirittura coincidenti (tavole 11 e 12).

È molto probabile che il precedente intervento di fermatura del colore abbia consolidato solo delle piccole aree, rendendole più solide rispetto alle parti circostanti; così, ai movimenti del supporto, le zone adiacenti a quelle risanate hanno dato luogo a nuovi sollevamenti e a nuovi distacchi.

I sollevamenti attuali erano distribuiti lungo le fibre del legno, principalmente nella zona alta e bassa della parte centrale delle doghe; quest'osservazione confermava che la causa andava ricercata nella compressione degli strati pittorici, dovuta alle variazioni microclimatiche delle tavole.

A complicare le cose, i tasselli di risanamento, inseriti al momento della costruzione, creavano, nella struttura lignea e di conseguenza nella superficie pittorica, delle "isole di forza". Non ci siamo stupiti di trovare, esaminando le fotografie del precedente intervento di restauro, dei grandi sollevamenti del colore proprio ai lati dei tasselli, oltre a quelli causati dal rigonfiamento degli stessi (tavola 14).

Il risanamento del precedente intervento aveva risolto per breve tempo i gravi problemi di conservazione, alcuni dei quali andavano sicuramente ricercati in fase di fabbricazione: come la scelta del legno costituente il supporto, l'inserimento di tasselli per sostituire i nodi o le malefatte, la tecnica di costruzione degli strati preparatori e pittorici; mentre le cause recenti andavano ricercate nell'assenza delle traverse e nell'introduzione di moderni riscaldamenti nel luogo in cui l'opera era collocata, che modificavano sfavorevolmente l'equilibrio microclimatico.

Primi interventi localizzati. Successivamente ad un'attenta analisi dello stato conservativo del dipinto e prima della valutazione finale della scelta del tipo d'intervento, sono stati fatti aderire alcuni sollevamenti del colore molto pronunciati, con iniezioni di colletta e con l'utilizzo del termocauterio¹³. Durante quest'operazione il colore non è stato forato, poiché l'ago della siringa trovava spazio sufficiente per essere inserito all'interno delle fessurazioni dei distacchi.

13 - Il termocauterio dall'anno 2000 è utilizzato dal nostro studio a freddo e solamente per esercitare la pressione manuale necessaria per tenere aderenti i distacchi del colore al supporto per il tempo utile a innescare i processi di adesione della colletta.

Eseguendo questa prima fase di adesione, si è anche verificata la difficoltà di far veicolare bene la colletta attraverso la preparazione che tendeva, essendo decoesa, a polverizzarsi, lasciando trascinare in superficie gran parte del liquido, così la zona interessata dal consolidamento restava molto limitata e variava da circa 2 cm² a 4 cm².

Questo fatto ha ulteriormente confermato la difficoltà di procedere con l'attuale sistema al risanamento; infatti, per raggiungere le decoesioni tra il colore e la preparazione, si sarebbero dovuti praticare un grandissimo numero di fori attraverso la pellicola pittorica danneggiandola. Era evidente che si doveva procedere a un consolidamento sull'intera superficie pittorica con una metodica che possibilmente evitasse di reintrodurre le tensioni localizzate.

Per queste considerazioni si è deciso di effettuare il consolidamento del colore in sottovuoto con colletta ma non prima di aver condotto a buon fine alcuni test mirati.

Prima di eseguire queste operazioni la tavola è stata provvista dal restauratore del supporto delle nuove traverse.

*Test preliminari*¹⁴. Sono stati eseguiti sul dipinto test di solubilità dei leganti del colore alla soluzione acquosa del consolidante, e in sottovuoto di compatibilità della colletta a caldo con gli strati pittorici e preparatori in una zona artisticamente meno rilevante (parte dello sfondo, nel bordo in basso) ma ugualmente indicativa.

Sono stati presi numerosi accorgimenti come l'utilizzo di una complessa attrezzatura tecnologica, al fine di garantire una distribuzione omogenea e controllata della pressione atmosferica (tavola 7).

Nel test decisivo, sono state effettuate, molto lentamente, per evitare traumi alla preparazione, iniezioni in sottovuoto di colletta a caldo sulla carta giapponese, collocata a protezione del colore, simulando i tempi calcolati per l'intera operazione d'impregnazione.

Solo in base al risultato positivo di questi test, cioè al consolidamento delle zone trattate senza effetti collaterali negativi per gli strati pittorici, si è deciso di procedere nelle operazioni di consolidamento in sottovuoto.

Prima di effettuare l'intervento, è stata eseguita una mappatura fotografica in luce radente dell'intera superficie pittorica.

Inoltre, è stato considerato anche l'aspetto microclimatico. Per non creare con l'introduzione della colletta sbalzi di umidità troppo grandi nel supporto, si è atteso il tempo necessario affinché le condizioni ambientali riguardanti l'umidità relativa coincidessero quanto più vicino possibile con quelle delle operazioni di consolidamento in sottovuoto.

Configurazione. Il dipinto è stato collocato in una busta composta da due fogli di nylon, quello sottostante la tavola è stato modellato sulle traverse.

14 - Prima di eseguire qualsiasi procedura di consolidamento del colore, è necessario condurre test preliminari su zone mirate, poiché i risultati delle indagini diagnostiche non possono prevedere con certezza le reazioni degli strati pittorici e preparatori ai consolidanti e alle pressioni, né l'efficacia del trattamento.

Sotto il dipinto, è stata disposta una tela di lino, gli angoli sono stati protetti con ovatta, due strati di fogli di carta giapponese sono stati appoggiati sopra la superficie pittorica.

La busta è stata chiusa con plastilina sigillante, applicata nel foglio superiore del nylon e sigillata partendo dal centro verso i due angoli (tavola 8).

Esecuzione del lavoro. La pressione per veicolare la colletta è stata di -13 kPa ed è stata raggiunta lentamente per dare il tempo agli operatori di togliere le pieghe della parte superiore della busta; è stata poi verificata con apposite misurazioni l'omogeneità di pressione nel sistema¹⁵.

Sono state eseguite circa settantacinque iniezioni di colletta a caldo, tutta l'operazione è durata cinquantacinque minuti, un tempo inferiore a quello previsto. Aperta la busta, le carte bagnate sono state rimosse facilmente (tavola 9) e visto che lo stato del colore lo permetteva, è stata parzialmente pulita dalla colletta la superficie pittorica con ovatta e anche il nylon a contatto della pittura è stato accuratamente asciugato.

Conclusa la prima parte del consolidamento, sono stati collocati a contatto del colore quattro strati di carta giapponese, sopra è stato collocato un foglio di melinex e un piano di gomma perfettamente levigato dello spessore di 5 mm. Il piano, essendo sufficientemente "morbido", ha lo scopo di tenere ben premuto il colore senza creare schiacciamenti delle pennellate e collassamenti della preparazione in presenza di mancanze, inoltre la gomma si adatta perfettamente alle irregolarità del supporto.

La pressione è stata effettuata a -10 kPa, leggermente inferiore a quella precedente, perché logicamente con l'inserimento del piano di gomma l'effetto della pressione sulla superficie pittorica è aumentato rispetto al foglio di nylon meno spesso.

Passate quattro ore sono state verificate le condizioni del colore (tavola 10) e successivamente a questa breve indagine dall'esito positivo, il dipinto è stato rimesso in sottovuoto alla stessa pressione, ma con la carta giapponese sostituita.

Tutte le operazioni di consolidamento sono terminate trascorse circa quaranta ore, con una pausa verso la ventesima ora per sostituire le carte che hanno svolto anche in quest'ultima fase la funzione di assorbire l'umidità all'interno della busta.

Risultati e commento. A distanza di alcuni giorni dall'intervento, è stato effettuato un monitoraggio dello stato del colore, la cui adesione è risultata buona nella totalità del dipinto, e anche in quelle zone decoese che non mostravano particolari segni esterni di degrado.

È stata eseguita una nuova mappatura in luce radente della superficie pittorica (tavole 13 e 16). La comparazione delle foto di prima e dopo il trattamento è stata veramente interessante; le creste dei sollevamenti del colore sono rientrate nella sede originale, le deformazioni superficiali, come graffi, depressioni, innalzamenti di tasselli e perni, pennellate del colore e fibre del legno non hanno subito modificazioni, come non si sono verificati sprofondamenti della preparazione e del

15 - Questa operazione è stata brevemente descritta nella parte II. *Il sottovuoto come scienza e tecnica nel restauro* al paragrafo 5.

colore dovuti alla pressione o all'effetto congiunto del calore e dell'umidità della colletta.

Tenuto conto della buona riuscita della fase di consolidamento, ulteriormente e positivamente verificata durante le operazioni di pulitura degli strati pittorici, pensiamo di avere bene individuato le pressioni minime indispensabili per non creare stress al dipinto e allo stesso tempo per portare a compimento con successo le operazioni di restauro programmate¹⁶.

Alla distanza di venti anni si è potuta constatare la buona adesione degli strati pittorici, nonostante il dipinto sia collocato in un ambiente non climatizzato.

Appendice. Con la progettazione e l'esecuzione di questo lavoro, è stata tracciata una linea metodologica per il consolidamento del colore in sottovuoto nei dipinti su tavola, qui di seguito sinteticamente riassunta in ordine cronologico in 10 punti:

1. indagini diagnostiche sullo stato di conservazione del supporto (in base al risultato si decide se effettuare il sottovuoto);
2. indagini diagnostiche sulla composizione dei leganti del colore e della preparazione (danno indicazioni utili sul consolidante da utilizzare);
3. fermature del colore dei grandi sollevamenti e trattamenti protettivi della superficie pittorica¹⁷ (preparano il dipinto per operare in sicurezza);
4. mappatura fotografica in luce radente prime dell'intervento (indispensabile per la documentazione del lavoro);
5. prova di reazione alla colletta a caldo in sottovuoto (in base al risultato si passa ai successivi punti 6 e 7);
6. simulazione del consolidamento con colletta a caldo in sottovuoto (per valutare se procedere al consolidamento generale);
7. prova con consolidante sintetico (si effettua in base al risultato negativo della prova 5 e in base alle indagini diagnostiche al punto 2);
8. esecuzione del consolidamento in sottovuoto con consolidante naturale o sintetico (in base all'indagine diagnostica al punto 2 e in base alle prove 5, 6 e 7);
9. monitoraggio ed eventuali ulteriori interventi (indagine acustica della superficie pittorica per controllare la presenza di eventuali distacchi, intervento localizzato con collante idoneo nelle eventuali parti che non sono risultate consolidate);
10. mappatura fotografica in luce radente successiva all'intervento e relazione tecnico-scientifica (comparazioni fotografiche e registrazione delle operazioni e dei risultati).

16 - Ancora non erano stati eseguiti studi specifici sulla diffusione del collante alle varie pressioni, queste erano decise in base allo stato conservativo e a considerazioni teoriche oltre all'esperienza pratica, in seguito la ricerca avrebbe confermato le nostre scelte.

17 - Il trattamento per proteggere il colore può essere eseguito con una verniciatura con resina sintetica acrilica (Plexisol) opportunamente concentrata in leggero solvente.

4. *Madonna con il Bambino e Santi di Ridolfo del Ghirlandaio*

Le condizioni. Nell'ottobre del 1996 è stato eseguito un lavoro di consolidamento del colore particolarmente impegnativo e le operazioni si sono protratte per molto tempo.

Il dipinto¹⁸, nell'attesa di un restauro che ne sanasse i problemi conservativi, versava in condizioni critiche ed è arrivato nello studio con problematiche evidenti (tavola 17). I movimenti del legno, determinati dallo scambio di umidità tra l'opera e l'ambiente, innescavano fenomeni di dilatazione e compressione delle fibre, che a loro volta provocavano una situazione d'instabilità del colore che si presentava diffusamente sollevato, con situazioni di estrema fragilità e la possibilità di cadere al minimo trauma (tavole 18 e 19).

La mancanza di aderenza del sistema preparazione-colore era presente un po' ovunque. All'analisi acustica il "suonare a vuoto", in alcuni casi, era dovuto anche al fatto che sotto la preparazione a gesso e colla il supporto ligneo era pervaso dalle gallerie scavate dagli insetti xilofagi; quanto detto, è stato facilmente provato sottoponendo all'esame acustico alcune lacune della preparazione.

Il nostro intervento era stato richiesto per effettuare un consolidamento generalizzato con colletta a caldo in sottovuoto, ma considerate le condizioni in cui si presentava il dipinto, e le informazioni di cui disponevamo di una velinatura condotta con collante naturale (colletta), in un precedente intervento, la cui rimozione aveva creato non pochi problemi al restauratore, avevamo molti dubbi sulla possibilità di successo di questo trattamento.

La preoccupazione maggiore non era dettata dalle condizioni del supporto, che poteva ancora sopportare la pressione del vuoto parziale, anche se attaccato dagli insetti xilofagi (specialmente in prossimità delle congiunzioni delle doghe), quanto dalla reazione degli strati preparatori e pittorici all'umidità e al calore della colletta. Di conseguenza, dopo aver effettuato le indagini preliminari di solubilità del colore alla soluzione acquosa (con esito negativo), sono stati eseguiti test per verificare l'efficacia e gli effetti del consolidante naturale.

Test preliminari. Per studiare il comportamento e le reazioni del colore e della preparazione alla colletta a caldo in sottovuoto, il dipinto è stato inserito dentro una busta costruita con due teli di nylon, ed è stato allestito nello stesso modo dei dipinti descritti in precedenza (vedi paragrafi 2 e 3).

Completate le operazioni preliminari, è stato fatto il vuoto parziale, la pressione è stata programmata a -13 kPa.

La colletta a caldo è stata iniettata vicino al bordo della tavola nell'angolo destro in alto per una zona interessata di circa 20 cm x 30 cm.

Aperta la busta, le carte di protezione non potevano essere rimosse senza danneggiare parte degli strati pittorici interessati, che in diverse zone erano completamente decoesi, in quanto la preparazione a contatto del calore e dell'umidità era gonfiata sollevandosi.

18 - L'opera proveniente da Montemignaio è attribuita a Ridolfo del Ghirlandaio e raffigura la *Madonna in trono con il Bambino e Santi*; la tavola in legno di pioppo misura 178 cm x 160 cm.

L'operazione per salvare il colore è stata lunga e laboriosa, anche se si trattava di una piccola porzione della superficie del dipinto; ci si è subito resi conto che non si sarebbe potuta gestire una situazione di emergenza, se il dipinto, mostratosi così sensibile all'azione congiunta dell'umidità e del calore, fosse stato impregnato interamente con colletta a caldo in sottovuoto, con la possibilità di innescare innumerevoli fenomeni di sollevamenti della preparazione.

Non potendo intervenire direttamente con il consolidante naturale, si è pensato di risolvere il problema operando in due fasi distinte.

La prima fase avrebbe compreso un intervento in sottovuoto di consolidamento¹⁹ generalizzato e un'impermeabilizzazione²⁰ della superficie degli strati pittorici con resina sintetica Plexisol P550, rendendo i materiali costituenti l'opera meno sensibili all'umidità.

La seconda fase avrebbe completato l'adesione degli strati pittorici e preparatori ancora decoesi, con iniezioni localizzate di colletta a caldo e l'utilizzo del termocauterio, per ben controllare l'efficacia del consolidante naturale e l'eventuale reazione all'umidità di ogni singola iniezione.

Si è preferito in ogni caso, prima di estendere il trattamento alla totalità della superficie pittorica, effettuare una prova mirata in sottovuoto con il Plexisol e la colletta.

La resina è stata preparata in concentrazione di una parte di resina liquida (in commercio si trova al 40%) e quattro parti di solvente (Benzina rettificata)

L'operazione è stata eseguita con le stesse modalità tecniche e le stesse procedure che descriveremo in dettaglio nel prossimo paragrafo.

I risultati dei test hanno evidenziato che gli strati pittorici interessati si sono sufficientemente riconsolidati, ma il dato più importante è stato quello della mancanza assoluta di distacchi del colore.

La fase successiva è stata quella di verificare la sensibilità al solvente della resina nelle altre principali campiture di colore; per questo motivo sono state praticate iniezioni limitate (del diametro di circa 5 cm) di Plexisol in sottovuoto. Il risultato è stato negativo per tutti i campioni.

Consolidamento del colore con Plexisol P550 in sottovuoto. Abbiamo scelto di distribuire il collante sintetico sulla superficie del dipinto in sottovuoto per aumentarne la penetrazione e la diffusione attraverso le mancanze e le crettature della pellicola pittorica. A tale scopo la tavola è stata preparata e inserita dentro la busta.

La pressione effettuata è stata calcolata in -13 kPa e il collante, leggermente riscaldato per renderlo meno viscoso, è stato iniettato, senza toccare il colore con l'ago della siringa, attraverso fori praticati nel telo di nylon, ed è stato distribuito tramite la carta giapponese sulla superficie pittorica.

19 - Bisogna tenere presente che la capacità di adesione della resina sintetica, può venire compromessa nella fase di pulitura della pellicola pittorica con i solventi che la possono parzialmente rimuovere; quindi potrebbe essere necessario, dopo questa fase, intervenire ulteriormente.

20 - Il prodotto può essere rimosso dalla superficie pittorica utilizzando un leggero solvente.

L'operazione è stata divisa in tre tempi per non esporre il dipinto sigillato nella busta troppo a lungo al solvente ed è stata sempre sostituita tutta la carta giapponese per ogni sottovuoto.

Ogni intervento d'impregnazione con la resina ha interessato un terzo della superficie pittorica ed ha richiesto un tempo di esecuzione di circa 30 minuti, poi è seguito un periodo di diverse ore di esposizione del dipinto all'ambiente per fare evaporare il solvente.

Terminate queste complesse operazioni, prima di attivare il consolidante sintetico tramite il calore e la pressione del sottovuoto, è stato posizionato a contatto del colore il melinex monosiliconato e la parte superiore della busta è stata realizzata con un foglio di melinex; la pressione è stata effettuata a -13 kPa.

La tavola è stata divisa in diciotto settori di circa 90 cm x 20 cm, che sono stati riscaldati per cinque minuti ciascuno da un'apparecchiatura speciale²¹, progettata e costruita per questo tipo di operazioni, collegata ad una strumentazione computerizzata²² per il controllo ed il mantenimento della temperatura.

L'intera superficie pittorica è stata così trattata in modo omogeneo e alla stessa temperatura di 55 °C.

Il dipinto è stato lasciato in sottovuoto per dare il tempo alla resina sintetica di raffreddarsi lentamente sotto pressione.

Come era stato previsto, gli strati pittorici si sono riconsolidati ma con alcune zone ancora decoese. Si è provveduto a consolidare queste parti senza difficoltà con iniezioni di colletta a caldo, praticate attraverso alcune tra le numerosissime rotture e mancanze della pellicola pittorica, e riscaldando con il termocauterio a temperatura controllata.

Risultati e commento. Non si sono verificati collassamenti della preparazione in quelle parti della tavola attaccate dagli insetti xilofagi e nemmeno sono state rilevate deformazioni anche temporanee della superficie del supporto, anzi è stato osservato un modestissimo miglioramento della pellicola pittorica (tavola 20).

Grazie al trattamento con il Plexisol, non c'è stata alcuna difficoltà nel rimuovere con il solvente (white spirits) la carta giapponese delle iniezioni di colletta e non si sono verificati distacchi di colore nelle operazioni eseguite.

Il Plexisol ha impermeabilizzato e protetto la superficie pittorica, e questa soluzione può essere utilizzata con profitto nel consolidamento del colore dei

21 - L'apparecchiatura consiste in una piastra di alluminio riscaldata con otto resistenze indipendenti, dotata di sonde per differenti rilevazioni della temperatura, ed è stata progettata per attivare con il calore le resine sintetiche nei dipinti su tela. Considerato il profilo regolare del supporto, la pressione aggiuntiva del ferro riscaldata a quella del sottovuoto è stata ben ridistribuita sulla superficie pittorica, evitando così concreti pericoli di schiacciamento dei piccoli rilievi del colore. In questo caso si è preferito impiegare questo sistema che ha permesso un controllo costante, preciso e sicuro della temperatura, a quello per irraggiamento di calore (resistenze, lampade, ecc.). Per quanto riguarda i tempi di riscaldamento della resina termoplastica, questa è stata attivata per lo stretto tempo necessario alla fusione.

22 - Questa attrezzatura è stata descritta dagli autori (M. VERDELLI, N. PRESENTI, M. GORETTI, *Il controllo delle temperature nel restauro delle opere d'arte*, Kermes 25, Firenze, gennaio-aprile 1996, pp. 25-32).

dipinti su tavola eseguito con colletta a caldo, permettendo la rimozione della carta giapponese là dove prima non era possibile.

Possiamo aggiungere che di seguito a questa esperienza abbiamo applicato questa procedura successivamente su due dipinti su tavola dello stesso autore, e con gli stessi problemi di decoesione degli strati pittorici e preparatori, però meno estesi e più localizzati del dipinto descritto in precedenza. Su questi dipinti, impermeabilizzata reversibilmente la superficie pittorica con una stesura di Plexisol P550 opportunamente concentrato, abbiamo potuto consolidare il colore con iniezioni localizzate di colletta a caldo. Il risultato è stato molto soddisfacente, la resina sintetica ha dimostrato anche in questo intervento di essere compatibile con il consolidante naturale, in quanto la carta giapponese, interposta tra il colore e il termocauterico dopo l'iniezione, è stata rimossa facilmente (in luogo dell'acqua) con white spirits, quindi senza causare tensioni negli strati pittorici.

5. S. Francesco e S. Chiara di F. Morandini

Le condizioni. Nella primavera del 1997 ci siamo occupati del consolidamento della superficie pittorica di due dipinti su tavola²³.

Il colore era sottile e decoeso dalla preparazione a gesso e colla, mentre i supporti lignei presentavano l'attacco degli insetti xilofagi, localizzati specialmente lungo i bordi delle tavole.

I problemi conservativi erano simili al dipinto su tavola raffigurante la crocifissione dello stesso autore, descritto precedentemente (vedi paragrafo 2)

Preambolo. A causa di vari problemi, come ritardi nell'affidamento dei lavori, scadenze per la presentazione del restauro, scarse risorse a disposizione, e non ultima la necessità d'intervenire prima possibile, è stato deciso (dopo l'accertata compatibilità con questa metodica) di eseguire su entrambi i dipinti il consolidamento della pellicola pittorica con colletta a caldo in sottovuoto.

Cercheremo di non dilungarci con elenchi di operazioni che ormai sono state descritte in abbondanza di particolari nei lavori illustrati in precedenza, qui sottolineeremo l'aspetto organizzativo che in questo caso è stata la fase, secondo noi, più interessante.

Preparazione. Prima di intervenire con il sottovuoto sono state svolte indagini diagnostiche, test preliminari del collante, documentazioni fotografiche in luce diffusa e radente.

I due dipinti sono stati inseriti in buste gemelle come illustrato nella figura 44, ciascuna ricavata da un unico foglio di nylon ripiegato lungo l'altezza.

Per il sistema di aspirazione è stato collocato, in ciascun lato più corto delle tavole, un modulo²⁴ lungo circa 40 cm collegato ad un unico tubo di aspirazione per ogni busta e questi, attraverso la strumentazione di controllo, alla pompa.

23 - I dipinti raffigurano S. Francesco e S. Chiara, provengono dalla Chiesa di S. Chiara a Castiglion Fiorentino. Ogni supporto è in legno di pioppo e misura 180 cm x 46 cm. Cfr. ALESSANDRA GIOVANNETTI, *Francesco Morandini...cit.*, p. 93, illustrazione in bianco e nero a p. 149.

L'inserimento di questi due moduli di aspirazione è stato sufficiente a garantire una buona omogeneità della distribuzione della pressione. (tavola 21)

Come strumento di verifica è stato inserito un vacuometro a circa metà del lato più lungo di ogni tavola, cioè nel punto più lontano dai moduli di aspirazione.

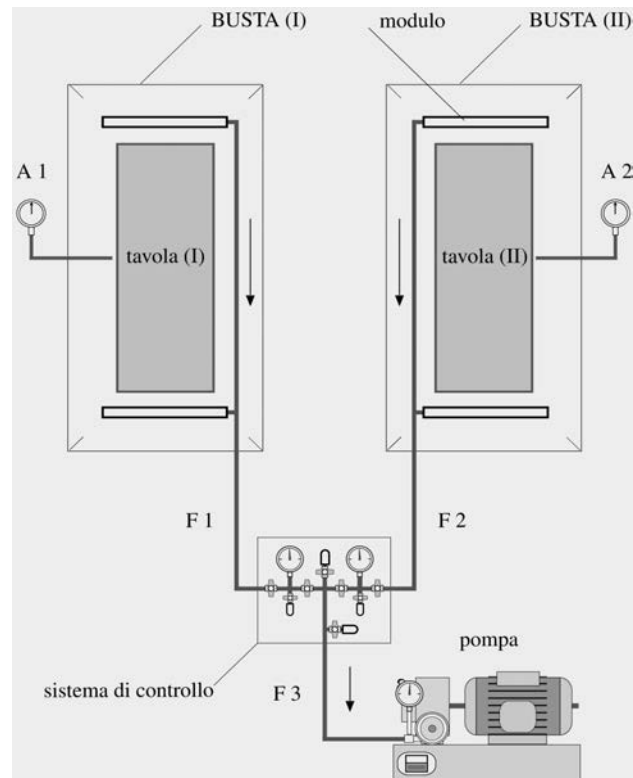


Fig. 44. Schema del duplice sottovuoto

Tavola (I) - S. Chiara, **Tavola (II)** - S. Francesco

A1 e A2 - Vacuometri di verifica

F1 e F2 - Tubi di aspirazione collegati al sistema di controllo

F3 - Tubo di aspirazione collegato alla pompa

Le frecce indicano la direzione del movimento dell'aria

Esecuzione del lavoro. È stato eseguito il sottovuoto in entrambe le buste alla pressione di -13 kPa per ciascun dipinto.

Quando la pressione è risultata stabile e tutti i vacuometri mostravano la stessa misurazione (-13 kPa), sono state effettuate, prima su un dipinto e poi sull'altro, tutte le operazioni necessarie al consolidamento del colore, e solo quando le procedure sul primo dipinto sono terminate regolarmente, siamo passati ad operare sul secondo.

24 - Il funzionamento del modulo è descritto nella parte II, *Il sottovuoto come scienza e tecnica nel restauro*, al paragrafo 4.

Successivamente alle operazioni d'impregnazione della pellicola pittorica, nella fase di perdita di umidità degli strati pittorici in sottovuoto, sono stati inseriti dentro la busta, adagiati sulla superficie pittorica, cinque strati di fogli di carta giapponese, un foglio di melinex e un piano di gomma spesso 5 mm.

Per tutto il trattamento, la pressione è stata -10 kPa, un valore di vuoto inferiore a quello delle operazioni d'impregnazione (tavola 22).

Risultati e commento. I risultati sono stati veramente soddisfacenti, le problematiche di consolidamento della pellicola pittorica in questo tipo di struttura stratigrafica molto deteriorata e comune ad altre opere dello stesso autore sono state risolte sicuramente per un tempo ragionevolmente lungo (sempre che le tavole siano correttamente conservate).

Il colore ha aderito alla preparazione che è risultata consolidata, inoltre non si sono verificati collassamenti in quelle zone attaccate dagli insetti xilofagi o schiacciamenti della pellicola pittorica.

6. Effetti collaterali

Le rapide fluttuazioni microclimatiche, nelle operazioni di consolidamento per impregnazione del colore, possono produrre, a causa dell'apporto di umidità agli strati preparatori e da questi al supporto, effetti superficiali e transitori nel tavolato, che tendono lentamente ad annullarsi man mano che l'umidità del legno si uniforma.

Tali effetti possono essere causati dalle iniezioni di colletta in sottovuoto. Il liquido si trova nella zona iniettata momentaneamente più concentrato e abbondante, quindi potrebbe raggiungere, passando attraverso gli strati pittorici, il supporto e penetrare nelle fibre del legno che scorrono parallele alla lunghezza della tavola. La pressione del sottovuoto potrebbe aiutare la diffusione per capillarità del liquido, evidenziando sulla superficie pittorica il tipico rigonfiamento stretto e molto allungato.

Le modificazioni elastiche della superficie del supporto non dovrebbero creare in questa fase tensioni negli strati pittorici, in quanto la preparazione e il colore sono resi flessibili dagli effetti dell'umidità della soluzione acquosa del consolidante naturale.

Se si pensasse di riscaldare e di premere questi rigonfiamenti, nella convinzione di eliminarli, per l'effetto del calore i rigonfiamenti potrebbero passare rapidamente da un'umidità maggiore a un'umidità minore, insieme alla compressione delle fibre si potrebbe avere così un ritiro che, com'è noto, si può trasformare in una depressione permanente, quando l'umidità all'interno del supporto si riequilibra²⁵.

25 - Un importante contributo alla spiegazione di questi interessanti fenomeni di modificazioni strutturali nei supporti lignei è stato dato da LUCA UZIELLI, *Danni causati ai dipinti su tavola da variazioni termoigrometriche, e loro prevenzione*, in *Conservazione dei dipinti su tavola*. Seminario organizzato nell'ambito della Seconda Settimana della Cultura Scientifica (Firenze, 7 maggio 1992), a cura di L. UZIELLI - O. CASAZZA, Nardini Editore, Firenze, 1994, pp. 111-127.

Per prevenire questi fenomeni, anche se sono transitori e non lasciano effetti permanenti, si dovrebbe cercare di frazionare la distribuzione del consolidante, praticando numerose iniezioni con dosi limitate, riducendo così le concentrazioni superficiali del liquido.

Un altro effetto collaterale, nelle tecniche che prevedono l'utilizzo della colletta, è il cedimento della preparazione su depressioni del supporto, sia negli interventi di "fermata" con l'ausilio del calore e della pressione del termocauterio, sia nel consolidamento in sottovuoto.

Infatti, può avvenire che la superficie del supporto, per complessi fattori come quelli causati da differenti gradienti d'umidità o da cedimenti strutturali, possa ritirarsi formando distacchi lenticolari con la preparazione, la cui ampiezza può variare anche di alcuni centimetri in larghezza e in lunghezza.

Questo particolare fenomeno di decoesione tra il supporto e la preparazione non è evidente sulla superficie pittorica. L'individuazione è possibile attraverso l'esame acustico. Inoltre, iniettando il consolidante attraverso una crettatura nella zona decoesa, se il collante è completamente assorbito senza dar luogo all'adesione, è un importante segnale della presenza di questo tipo di "distacchi inapparenti"²⁶.

Intervenire al risanamento di questa situazione è molto difficile senza danneggiare il colore. Si dovrebbe iniettare, possibilmente attraverso una rottura degli strati pittorici, un materiale riempitivo inerte e compatibile con i materiali costituenti l'opera, come gesso e colla animale allo stato liquido, che poi, all'interno della frattura riempiendo la cavità, si consolidi, impedendo così il collassamento degli strati pittorici.

Al contrario non intervenire significa esporre il dipinto nel tempo al distacco del colore, in quanto la preparazione si potrebbe rompere alle più piccole variazioni strutturali del supporto.

Infine, l'umidità e il calore della colletta, quest'ultimo indispensabile per facilitare la penetrabilità nei materiali costituenti l'opera, possono superficialmente opacizzare la vernice della pellicola pittorica (effetto *bloom*), rendendone necessaria la parziale o totale rimozione.

Per proteggere la vernice a contatto del colore e il pigmento stesso, si può stendere, qualora ve ne fosse bisogno, un film protettivo a base di resina sintetica acrilica a bassa concentrazione in un leggero solvente. Il film non ostacola la penetrazione della colletta²⁷, concluse le operazioni di consolidamento del colore, potrà essere facilmente rimosso, permettendo così nella fase di pulitura l'assottigliamento graduale delle vernici a contatto degli strati pittorici.

26 - Così sono stati definiti da T. CIANFANELLI, F. C. PASSERI e C. R. SCARZANELLA, *Consolidamento dei dipinti su tavola*, in *Problemi di restauro, Riflessioni e ricerche*, a cura di M. CIATTI, Edifir, Firenze 2002, pp. 89-108.

27 - Per esempio, il film a base di resina sintetica acrilica è più poroso di quello a base di resina naturale.

APPENDICI

1. Un lavoro sperimentale

L'elaborazione critica dei dati della sperimentazione effettuata sui campioni o modelli (vedi parte III) ha fornito indicazioni utili nell'applicazione del sottovuoto anche nel consolidamento localizzato con la colletta a caldo.

I vantaggi di questa tecnica sono molto interessanti e consistono in una migliore diffusione del consolidante attraverso la preparazione e il colore, minimizzando il pericolo di addensamenti del collante e diminuendo così i rischi di innescare tensioni localizzate.

Inoltre non ci sono danni causati alla pellicola pittorica dal foro delle iniezioni, in quanto operando con il sottovuoto per consolidare una vasta zona può bastare anche una sola iniezione, praticata inserendo l'ago della siringa tra la fessura di un sollevamento di colore o le rotture della craquelure.

La quantità del liquido iniettato, a parità di superficie interessata, può risultare anche dieci volte inferiore a quello utilizzato con la tipica tecnica di consolidamento in sottovuoto per impregnazione; quindi l'umidità apportata dal trattamento tra gli strati preparatori e il supporto è minore, così nel tavolato il riequilibrio dell'umidità avviene senza pericoli di causare effetti collaterali.

Oltretutto non è più necessario l'uso del calore del termocauterio e nemmeno della carta giapponese per proteggere il colore, in quanto, per effetto della pressione del sottovuoto che agevola la penetrazione del collante, la tracimazione dell'iniezione scompare o rimane nel peggiore dei casi molto limitata.

In sostanza, la superficie del dipinto non è interessata dal trattamento ed è sempre ben visibile attraverso il melinex monosiliconato di protezione del colore e il nylon della busta.

Con queste interessanti configurazioni e l'utilizzo di pressioni moderate, si possono consolidare le decoesioni e i sollevamenti del colore che si propongono anche in dipinti già restaurati, senza danneggiare la vernice finale protettiva e quindi senza dover rimuovere i ritocchi.

Abbiamo voluto utilizzare questa metodica in un dipinto su tavola del sec. XVI di Santi di Tito²⁸ (tavola 23).

Il dipinto, in buone condizioni conservative, presentava, nella parte in basso a sinistra in prossimità del bordo, una zona della superficie pittorica distaccata. Si trattava di una grande "placca" di colore, molto rigida, con i bordi rialzati rispetto al profilo del dipinto, di forma rotondeggiante e del diametro di circa 4 cm (tavola 27).

La superficie pittorica era protetta da una vernice finale in buone condizioni conservative.

28 - Il supporto è ricavato da un'unica tavola in legno di pioppo di 58,0 cm x 46,5 cm e di spessore 3,5 cm. Il dipinto proviene dal monastero di Camaldoli, Poppi (Arezzo) ed è opera di SANTI DI TITO (l'autore è stato identificato recentemente dal nostro Studio dopo una ricerca presso la Fondazione Zeri).

Si è scelto d'impiegare questa tecnica poiché compatibile con i leganti del colore, adatta al risanamento del tipo di degrado e perché non si voleva correre il rischio di opacizzare la vernice protettiva con l'umidità e il calore della colletta (effetto *bloom*).

Il dipinto è stato inserito in una busta di nylon, a contatto del colore è stato collocato un foglio di melinex monosiliconato ed è stato effettuato il sottovuoto alla pressione di -10 kPa (tavola 24).

Per diffondere il collante è stata praticata una sola iniezione di 1 ml di colletta a caldo con una siringa da insulina, forando insieme il nylon della busta e il melinex (tavola 25). L'ago è stato inserito all'interno di una crettatura e il liquido è stato iniettato molto lentamente. Non c'è stata trascinazione, in quanto il collante spinto dalla pressione del sottovuoto si è disperso interamente tra gli strati pittorici e preparatori.

Interrotto il sottovuoto, è stato inserito nella busta, per coprire l'intera superficie del dipinto, un piano di gomma dello spessore di 5 mm e la tavola è stata lasciata così allestita in sottovuoto il tempo necessario per l'adesione (tavola 26).

Terminate le operazioni, abbiamo constatato che la zona trattata era nuovamente coesa. All'indagine in luce radente si è potuto verificare, con soddisfazione, che i bordi della placca di colore si erano abbassati ed erano tornati nella sede originale (tavola 28).

La soluzione acquosa del collante naturale con il passare del tempo ha reso più elastici gli strati pittorici interessati, permettendo con la pressione del vuoto parziale la loro unione e adesione al supporto.

La raffinata esecuzione pratica di questo lavoro è stata possibile grazie agli studi illustrati nella parte III. *La ricerca di nuove metodologie*.

Nel caso descritto l'intervento è stato minimo, ma questa metodica può applicarsi con successo a casi più complessi che non richiedono il consolidamento generalizzato in sottovuoto.

Dopo questa esperienza è stata progettata un'apparecchiatura in grado di creare il sottovuoto su porzioni limitate di superficie pittorica, senza la necessità di mettere l'intero dipinto dentro la busta, come nel caso descritto. Ciò ha permesso di operare in sito e senza smontare il dipinto, semplificando così l'intervento.

2. Un consolidamento frazionato in sottovuoto

Preambolo. Prima di descrivere questo nuovo intervento vogliamo ricordare che nelle parti III e IV abbiamo verificato su modelli di dipinti e poi nelle esperienze pratiche la capacità della carta giapponese di proteggere la superficie pittorica dagli effetti dell'umidità nel consolidamento generalizzato con colletta a caldo in sottovuoto.

In queste ricerche abbiamo dimostrato che, tra una parte limitata di superficie pittorica bagnata dalla colletta in sottovuoto, anche per molti minuti, e una limitrofa parte non bagnata, ma entrambe protette dalla carta giapponese, non si riscontrano modificazioni strutturali del profilo della superficie pittorica: pennellate, rilievi del colore, raggrinzamenti, ecc. se non il positivo abbassamento e successiva adesione al supporto dei sollevamenti della preparazione e del colore

decoesi, ovviamente nella parte trattata con il consolidante. Mentre è da notare che i test preventivi eseguiti sui dipinti sono dei veri trattamenti localizzati d'impregnazione in sottovuoto, non solo, ma consolidando poi l'intera superficie con il trattamento generale si andranno a impregnare di colletta ancora una volta queste zone.

Inoltre, si è dimostrato che stesure di resina sintetica Plexisol proteggono la superficie pittorica senza pregiudicare l'uso della colletta nel consolidamento in sottovuoto, e per sostenere queste argomentazioni sono stati eseguiti numerosi studi e prodotti risultati che sono stati poi ampiamente descritti e discussi.

Abbiamo anche accennato alla possibilità d'impermeabilizzare preventivamente quei dipinti che non tollerano l'impregnazione con colletta a caldo. Ma nella pratica di restauro, dopo una impermeabilizzazione con il Plexisol, si erano eseguite solo delle iniezioni localizzate con colletta. In nessun caso avevamo sottoposto un dipinto con problematiche inerenti all'umidità, anche se protetto, a un'impregnazione in sottovuoto. Invece, recentemente, è stato necessario farlo e quello che andremo a descrivere è la storia di questo caso.

Le condizioni. La Pala detta Camaiani di Giorgio Vasari è un grande dipinto su tavola di 264 cm x 191 cm. Rappresenta la Madonna in Gloria con il Bambino e (da sinistra) i Santi: Filippo, Iacopo, Ivo di Bretagna, Girolamo, Caterina d'Alessandria e Onofrio (tavola 29).

Il supporto è composto da cinque tavole in legno di pioppo, di taglio tangenziale e di spessore 3,5 cm, che sono disposte, come di consueto, con la faccia interna verso la pittura.

Le tavole sono rinforzate da tre traverse: in legno d'abete quelle in alto e in basso, quella centrale invece è in legno di pioppo. Sono molto robuste, sporgono circa 7 cm dal piano delle tavole.

La preparazione è a gesso e colla ed è spessa mediamente circa 1 mm. La pittura è a olio. Le campiture di colore del fondo sono sottili, mentre sono più spesse nelle figure e corpose nelle luci.

L'opera fu eseguita nel 1568 (Vasari stesso lo precisa) insieme con altri quattro dipinti per l'importante Cappella dei Camaiani nella Pieve di Arezzo. Nella seconda metà dell'Ottocento durante la ristrutturazione della Pieve era stata rimossa e successivamente trasferita presso il Museo Statale d'Arte Medioevale e Moderna. Da molti anni non era più visibile al pubblico per le pessime condizioni conservative.

Queste condizioni sono note da qualche tempo agli specialisti: una pulitura, eseguita nei primi anni del Novecento, ha danneggiato gran parte della superficie pittorica, lasciando vedere la preparazione nelle campiture del fondo, dei panneggi e dei carnati (tavola 34).

Per mascherare questi difetti la preparazione in visione era stata in parte occultata da una vernice colorata, mentre le numerose mancanze della preparazione e del colore erano state stuccate a gesso e colla, ma anche a cera, poi dipinte con colori sia a tempera sia a olio.

Questi interventi erano il risultato non di un unico restauro ma di almeno tre differenti momenti operativi, e questo già dimostra la natura particolarmente

delicata del dipinto, la cui pellicola pittorica tende nel tempo a presentare nuovi sollevamenti e continue decoesioni, tanto che nelle documentazioni (tavola 33) delle precedenti perizie si parla della possibilità di realizzare il trasporto del colore. Il problema conservativo più importante, infatti, consisteva proprio nei numerosissimi distacchi (di tipo preparazione-preparazione) degli strati pittorici, i relativi sollevamenti e le rotture del colore con sollevamenti del bordo delle scodelline. Tali difetti interessavano la quasi totalità dell'opera (tavole 30, 31, 41 e 43). Alcuni sollevamenti erano stati trattati in un precedente intervento - senza successo - con iniezioni di consolidante, e in certe zone abbiamo contato numerosi fori d'ago di siringa per ogni singolo distacco (tavola 32).

L'intervento. L'opera è stata ricoverata nel nostro studio nell'anno 2005 e dopo aver condotto le prime indagini diagnostiche non invasive, abbiamo deciso che gli strati preparatori e pittorici potevano essere consolidati in sottovuoto. Il supporto ligneo, infatti, è ancora in buone condizioni, si presenta planare e scarsamente attaccato dagli insetti xilofagi.

Preparare un dipinto su tavola per il sottovuoto di grandi dimensioni è impegnativo a causa degli spessori del legno e delle traverse, soprattutto se si sceglie di lavorare in piedi e nelle migliori condizioni possibili. Abbiamo quindi costruito dei sostegni di legno ben dimensionati e robusti, sopra abbiamo collocato l'opera (tavola 35). Per neutralizzare lo spessore notevole delle traverse (7 cm), abbiamo applicato sotto il dipinto, ancorati con biadesivo, dei fogli di polistirolo per ingrossare lo spessore del tavolato fino a inglobare le traverse; inoltre il polistirolo contribuisce a proteggere il nylon e facilita per la sua porosità l'evacuazione dell'aria nella fase di sottovuoto (tavola 36). Per l'aspirazione dell'aria sono stati montati nei lati più corti della tavola dei moduli²⁹, collegati a due tubi di aspirazione. La busta è stata realizzata con due fogli di nylon sigillati con plastilina (tavola 37).

I test di consolidamento in sottovuoto hanno evidenziato subito un problema che non interessava il colore originale quanto le estese ridipinture a tempera che si rimuovevano indiscriminatamente quando cercavamo di togliere le veline di carta giapponese, messe a protezione della superficie pittorica, e di eliminare la colletta in eccesso.

Qui ci siamo trovati davanti a una vera difficoltà, perché le ridipinture erano molto estese (vedi tavola 34), e la loro rimozione è un'operazione che non volevamo delegare al consolidamento, ma che indubbiamente doveva essere oggetto di un'attenta valutazione nella successiva fase di pulitura; e nemmeno si poteva eseguire questa operazione prima del consolidamento per il delicatissimo stato del colore che poteva cadere al minimo trauma.

In questa fase di studio abbiamo addirittura verificato la possibilità di eseguire iniezioni manuali di colletta nei distacchi. Abbiamo tuttavia riscontrato i limiti e le difficoltà di questo intervento, in quanto le creste del colore erano rigide e dure da abbassare e la preparazione non aderiva facilmente al supporto, in pratica tendeva a sollevarsi di nuovo; inoltre, i distacchi e i sollevamenti da trattare (calcolati con metodo statistico) erano oltre settemila!

29- La descrizione del funzionamento dei moduli si trova nella parte II. *Il sottovuoto come scienza e tecnica*, paragrafo 4.

Dopo queste considerazioni abbiamo pensato di proteggere la superficie pittorica con una sottile verniciatura impermeabilizzante, rimovibile nella fase successiva di pulitura, di Plexisol P550 concentrato: una parte (in volume) di prodotto preparato e sei parti (in volume) di solvente white spirits.

Abbiamo eseguito il test di consolidamento con colletta in sottovuoto in zone particolarmente delicate della superficie pittorica. I risultati sono stati molto positivi, non si sono registrati danni alla pellicola pittorica originale, ma nemmeno a quella ridipinta. Nello stesso tempo il consolidamento dei distacchi è stato completo, dimostrando in pratica la giusta scelta di concentrazione della resina sintetica e l'appropriata metodologia d'applicazione. Ancora una volta il test ha dimostrato la buona integrazione tra questi due prodotti naturali e di sintesi.

Un ulteriore importante accorgimento è stato quello di non eseguire contemporaneamente l'impregnazione in sottovuoto su tutta la superficie pittorica, che misura oltre cinque metri quadrati, ma di frazionarla virtualmente in quattro parti uguali e di eseguire quattro trattamenti di consolidamento separati.

Il vantaggio di questa procedura è molteplice: consiste nel poter controllare una porzione minore di superficie e nell'assicurare un tempo d'impregnazione più breve tra la prima iniezione di consolidante e l'ultima, in modo da garantire per le differenti zone trattate all'incirca gli stessi tempi d'impregnazione. Un altro vantaggio consiste in una porzione minore di superficie da gestire nella delicata operazione di rimozione della colletta in eccesso dalla pellicola pittorica. In sostanza, con questa metodologia, che utilizza le più avanzate tecniche di sottovuoto, si riesce a ottenere un maggior controllo in tutte le operazioni di consolidamento, che si traduce senza dubbio in un risultato migliore, ma anche in una maggiore garanzia di sicurezza per gli strati pittorici.

Nella pratica la superficie del dipinto è stata divisa virtualmente in quattro rettangoli uguali di 132 cm x 96 cm ciascuno. Sulla superficie del primo rettangolo virtuale, sono stati posizionati tre strati di carta giapponese; sopra la carta è stato collocato un telo di nylon, poi sigillato con quello sottostante la tavola con plastilina. Con la busta così predisposta abbiamo realizzato il vuoto parziale alla pressione di -15 kPa (circa il 15% del vuoto totale). La pressione del sottovuoto è stata realizzata in modo graduale, molto lentamente ed è risultata sull'intera superficie della tavola, attraverso il controllo dell'apposita strumentazione descritta nella parte II al paragrafo 5, perfettamente omogenea.

Prima d'iniziare il consolidamento abbiamo segnato il telo superiore della busta con strisce di nastro adesivo a formare quattro rettangoli uguali, in questo modo ci siamo dati dei punti di riferimento visivi per mantenere l'introduzione della colletta all'interno dei confini della parte di superficie pittorica prescelta da consolidare. In realtà, i fogli di carta giapponese, posti sotto il nylon segnato e sopra il dipinto, riproducevano un rettangolo più grande del rettangolo di riferimento prescelto, in modo che non ci fossero pericoli di andare a bagnare con la colletta le zone di superficie pittorica non protette (tavola 38).

Abbiamo eseguito nel primo rettangolo circa settantacinque iniezioni forando il telo di nylon della busta e iniettando il consolidante sopra la carta giapponese di protezione. Dopo ogni introduzione i fori nella busta sono stati sigillati con pezzetti

di nastro adesivo non trasparente per evidenziare meglio i punti d'intervento (tavola 39). Per questa operazione, abbiamo adoperato siringhe della capacità di 10 ml, utilizzando invece per ogni iniezione circa 6 ml di colletta per un consumo totale di circa 450 ml. La durata della fase d'iniezione, impiegando due operatori e un assistente, è stata piuttosto contenuta: venticinque minuti. La tavola è rimasta in sottovuoto imbibita dal consolidante per successivi ottanta minuti.

Vogliamo evidenziare che all'interno della busta l'assenza di ventilazione d'aria e l'abbondanza del liquido iniettato sono tutti fattori che contribuiscono a mantenere ben fluida la colletta per il tempo necessario al completamento delle operazioni di diffusione. È chiaro che il calcolo del fattore tempo è importante: tempi brevi rischiano di esporre la tavola a un trattamento pressoché inutile, interrompendo troppo presto il processo d'imbibizione degli strati preparatori; invece tempi troppo lunghi potrebbero ammorbidire eccessivamente questi strati e lo strato di legno del supporto a contatto della preparazione.

Terminata la fase d'impregnazione, la busta è stata aperta, sono state rimosse le veline di carta giapponese bagnate ed è stata rimossa dalla superficie pittorica la colletta in eccesso. Queste operazioni sono state svolte senza problemi.

Sono stati poi collocati sul colore quattro strati di veline di carta giapponese, sia per proteggere il dipinto, sia per assorbire l'umidità all'interno della busta.

Sopra le carte è stato posto un piano di gomma dello spessore di 3 mm per comprimere delicatamente sul supporto e per mantenerne ferma l'adesione dei sollevamenti, delle crestine di colore e della preparazione, resi elastici dalla componente acquosa e dal calore del consolidante (tavola 40). Il dipinto è stato lasciato in sottovuoto alla stessa pressione di -15 kPa per sei ore; dopodiché è stata aperta la busta e sostituita la carta giapponese inumidita con altrettanta nuova. Ricollocato il piano e sigillata la busta, la tavola è rimasta in sottovuoto alla stessa pressione per altre dodici ore.

La superficie pittorica consolidata è stata poi lasciata asciugare per qualche giorno prima di ripetere il trattamento in un altro quarto di dipinto e nel medesimo modo che abbiamo appena descritto, fino al completamento delle lavorazioni su tutta la superficie pittorica.

Risultati. La prima cosa che abbiamo esaminato, terminato il consolidamento, sono state le condizioni generali dell'adesione dei distacchi e dei sollevamenti, che sono risultate superiori alle nostre attese. In pratica, i sollevamenti e le crestine del colore erano rientrati nella superficie pittorica (tavole 42, 44 e 46), ma lasciando intatti tutti i rilievi, sia grandi che piccolissimi, delle pennellate e anche dei minuscoli grumi di colore.

Vogliamo porre l'accento che questi risultati sono in gran parte derivati dall'applicazione del piano di gomma, che mantiene premuti gli strati pittorici al supporto durante la fase in sottovuoto di desorbimento della componente acquosa del consolidante naturale. Il piano di gomma essendo sufficientemente elastico non determina schiacciamenti del profilo dei rilievi della pellicola pittorica, allo stesso tempo è abbastanza rigido da non permettere deformazioni strutturali del supporto: avvallamenti, cedimenti della pellicola del legno anche in prossimità di

assottigliamenti dovuti all'attacco degli insetti xilofagi, come è stato dimostrato dalla specifica sperimentazione descritta nella parte III, paragrafo 3, prova 5.

Per meglio documentare questi risultati abbiamo eseguito delle riprese macrofotografiche in luce radente in zone mirate di prima e dopo il trattamento in sottovuoto, proprio per accertare le eventuali modificazioni strutturali della pellicola pittorica alla pressione, all'umidità e al calore (tavole 47 e 48).

Un'altra verifica positiva per ogni sottovuoto realizzato è stata l'indifferenziazione di ogni porzione di superficie trattata con impregnazione e la limitrofa non trattata (tavola 45), naturalmente a eccezione dei difetti di degrado degli strati preparatori e pittorici, come i distacchi, i sollevamenti e alcuni effetti collaterali, ma vediamoli in dettaglio.

Dopo ogni impregnazione in sottovuoto si presentano sulla superficie del dipinto dei rigonfiamenti delle fibre del legno in prossimità degli strati preparatori, sono sicuramente originati dall'assorbimento della componente acquosa del consolidante, corrono lungo le fibre del legno e sono di forma lenticolare, mediamente circa sei-otto centimetri d'altezza per un centimetro di larghezza (abbiamo introdotto l'argomento nella parte IV al paragrafo 6).

Per la cura di questi sollevamenti non si deve intervenire ma bisogna aspettare il loro completo riassorbimento. Ci vogliono circa una decina di giorni (dipende dalle condizioni ambientali), che è il tempo necessario per un primo riequilibrio dei gradienti di umidità tra le parti del dipinto, nel frattempo è bene documentare per le indagini scientifiche la loro risoluzione.

Se per questi fenomeni fino ad ora non c'era nulla da aggiungere a quello che già si sapeva, il fatto di avere eseguito sulla stessa tavola delle impregnazioni in sottovuoto a zone, ha fatto osservare sulla Madonna, al termine di una impregnazione con colletta, un sollevamento delle fibre del legno sulla parte sinistra del volto; questa area era limitrofa a un'altra zona che per il momento non era stata ancora trattata (tavola 45). Passati alcuni giorni, il sollevamento è stato riassorbito dal legno del supporto, come del resto tutti gli altri (ricordiamo che questi fenomeni sono reversibili e non danneggiano in alcun modo gli strati pittorici). Successivamente è stata eseguita l'operazione d'imbibizione con la colletta nella zona vicina al volto della Madonna. Non riuscendo a controllare proprio al centimetro i confini dell'espansione del consolidante, questo è andato nuovamente a impregnare metà del volto e precisamente in quella parte dove si era manifestato il sollevamento del legno, tuttavia, terminate le operazioni d'imbibizione in sottovuoto, sul volto della Madonna il sollevamento non è riapparso (tavola 46).

Per spiegare questo fenomeno possiamo ipotizzare un consolidamento in profondità, e ciò ne costituirebbe una verifica indiretta, degli strati preparatori a contatto del supporto che compattati di nuovo consentirebbero un minore assorbimento di umidità. Comunque sia, la risoluzione di questo fenomeno è stata positiva e interessante, ed è indicativa nello studio del comportamento reologico del legno e dei molteplici aspetti del consolidamento per impregnazione in sottovuoto.

TAVOLE FUORI TESTO



Tavola 1 – F. Morandini, crocifissione, sec. XVI, intero della tavola in sottovuoto, inserita dentro la busta di nylon con la superficie pittorica coperta dalla carta giapponese



Tavola 2 - Idem, iniezione di colletta in sottovuoto nell'angolo in basso a sinistra della tavola, impregnandosi la carta giapponese "traccia" dove viene realizzato l'intervento



Tavola 3 - Idem, di seguito all'iniezione in sottovuoto, l'espansione del liquido e l'adesione del nylon nella zona bagnata sono facilitati tamponando molto delicatamente con ovatta



Tavola 4 - Idem, completata la prima fase del consolidamento del colore in sottovuoto, le veline di carta giapponese sono interamente impregnate



Tavola 5 - Idem, eseguita l'impregnazione del colore, aperta la busta, i due strati di carta giapponese si sono separati: rimanendo uno strato sulla superficie pittorica della tavola, l'altro aderente al telo di nylon



Tavola 6 - Idem, la carta giapponese evidenzia i pezzetti del nastro adesivo che chiudono i fori delle iniezioni praticate attraverso il telo di nylon della busta



Tavola 7 - Operazione di regolazione e controllo della pressione attraverso una complessa attrezzatura



Tavola 8 - G. Vasari, Santi Donato e Ilariano, la tavola dentro la busta durante il sottovuoto



Tavola 9 - Idem, “svelinatura” della tavola di seguito all’impregnazione del colore in sottovuoto, l’operazione è particolarmente delicata e l’immagine qui presentata non rappresenta l’effettiva procedura operativa, in quanto la velina di carta giapponese, in precedenza rimossa, è stata solo sollevata



Tavola 10 - Idem, il dipinto, dopo il consolidamento in sottovuoto e la rimozione della carta giapponese, si può “toccare” senza pericolo di danneggiare il colore



Tavola 11 – G. Vasari, particolare dei volti raffiguranti i Santi Donato e Ilariano in luce radente (illuminazione da destra), che attesta lo stato conservativo antecedente al precedente intervento di restauro. La documentazione fotografica evidenzia i sollevamenti del colore particolarmente pronunciati



Tavola 12 - Idem, particolare in luce radente (illuminazione da sinistra), che attesta lo stato conservativo prima del consolidamento del colore in sottovuoto. La documentazione fotografica evidenzia i sollevamenti del colore e le mancanze, quasi nella stessa identica posizione di quelle illustrate nella tavola 11



Tavola 13 - Idem, particolare in luce radente (illuminazione da sinistra), dopo l'intervento del consolidamento in sottovuoto, i sollevamenti del colore sono rientrati nella loro sede. Nell'immagine sono più visibili le fibre del legno rispetto alla tavola 12 per la polvere che non era stata ancora rimossa



Tavola 14 – G. Vasari, particolare della veste del S. Donato in luce radente (illuminazione da destra), che attesta lo stato conservativo antecedente al precedente intervento di restauro. La documentazione fotografica evidenzia due sollevamenti del colore particolarmente pronunciati ai lati di un tassello di risanamento



Tavola 15 - Idem, particolare in luce radente (illuminazione da sinistra), che attesta lo stato conservativo prima del consolidamento del colore in sottovuoto. La documentazione fotografica evidenzia i sollevamenti del colore e le mancanze in prossimità del tassello



Tavola 16 - Idem, particolare in luce radente (illuminazione da sinistra) di seguito all'intervento del consolidamento in sottovuoto, i sollevamenti del colore sono rientrati nella loro sede



Tavola 17 - R. del Ghirlandaio, Madonna in trono con Bambino e Santi, sec. XVI, intero prima del consolidamento



Tavola 18 - Idem, particolare in luce radente della zona segnata nella tavola 17 prima del consolidamento



Tavola 19 - Idem, particolare della Madonna e del Bambino in luce radente prima del consolidamento del colore



Tavola 20 - Idem, particolare della Madonna e del Bambino in luce radente dopo il consolidamento in sottovuoto



Tavola 21 - F. Morandini, S. Francesco, S. Chiara, sec. XVI, intero delle tavole in sottovuoto durante le operazioni di preparazione della busta



Tavola 22 - Idem, le tavole in sottovuoto con un piano di gomma sopra la superficie pittorica, che evidenzia il nastro adesivo bianco utilizzato per chiudere i fori delle iniezioni



Tavola 23 - Intero, Santi di Tito, Madonna con Bambino, sec. XVI, durante la preparazione della busta. In parte sono visibili i moduli di aspirazione, il tessuto che li ricopre ha la funzione di proteggere da possibili lacerazioni durante il sottovuoto i materiali costituenti la busta



Tavola 24 - Idem, durante la fase di sottovuoto, si può intravedere il sistema di aspirazione che circonda il dipinto



Tavola 25 – Idem, fase di iniezione in sottovuoto sotto la pellicola pittorica di 1 ml di colletta a caldo. L'ago, attraverso la busta, è inserito in una rottura degli strati pittorici



Tavola 26 – Idem, intero, durante la fase di consolidamento in sottovuoto. Per aumentare la pressione meccanica sulla superficie pittorica e nello stesso tempo per evitare collassamenti localizzati della preparazione, è stato inserito, dentro la busta e appoggiato sulla tavola, un piano semirigido di gomma



Tavola 27 – Idem, particolare in luce radente della zona della tavola interessata dal trattamento prima dell'intervento in sottovuoto. La documentazione fotografica evidenzia una placca di preparazione e colore, di forma circolare, con i bordi rialzati



Tavola 28 - Idem, in luce radente, dopo l'intervento in sottovuoto. La documentazione fotografica evidenzia l'adesione dei bordi della placca al supporto



Tavola 29. GIORGIO VASARI, Madonna con il Bambino e Santi, 1568. Intero, prima del consolidamento del colore in sottovuoto



Tavola 30. Idem, particolare in luce radente prima del consolidamento del colore in sottovuoto. La documentazione fotografica evidenzia i numerosi sollevamenti della superficie pittorica



Tavola 31. Idem, particolare in luce radente del piede della Madonna, prima del consolidamento del colore in sottovuoto. La documentazione evidenzia lo stato di degrado della superficie pittorica



Tavola 32. Particolare in luce radente della zona tratteggiata (A) della tavola 31. La documentazione evidenzia un sollevamento del colore che presenta diversi fori di ago di siringa, eseguiti senza successo in un passato intervento di restauro



Tavola 33. L'immagine fotografica d'archivio, risalente agli inizi del Novecento, mostra numerosissimi sollevamenti del colore allineati lungo le fibre del legno



Tavola 34. L'immagine fotografica d'archivio, precedente all'ultimo intervento di restauro del 1973, mostra la vastità delle lacune degli strati pittorici



Tavola 35. Allestimento della busta e della tavola



Tavola 36. Particolare del rivestimento del verso della tavola con lastre di polistirolo che inglobano le traverse "neutralizzandole" in fase di sottovuoto



Tavola 37. La tavola inserita dentro la busta e sigillata con plastilina è stata sottoposta lentamente e gradualmente alla pressione del sottovuoto



Tavola 38. La busta è stata divisa e segnata con nastro adesivo in quattro rettangoli uguali, la carta giapponese è stata collocata oltre i limiti segnati che sono stati invece rispettati nella fase di imbibizione del consolidante. La colletta bagnando la carta giapponese evidenzia la zona trattata



Tavola 39. Particolare della zona imbibita in sottovuoto con colletta. L'immagine mostra i pezzetti di nastro adesivo utilizzati per otturare i fori delle siringhe, praticati attraverso il nylon di copertura della busta

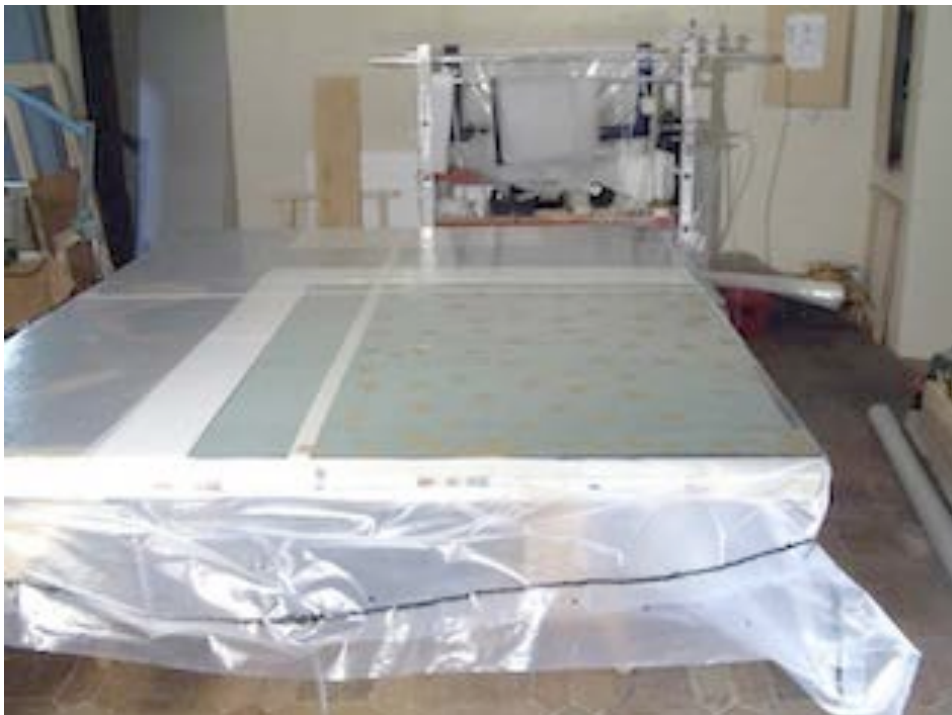


Tavola 40. L'immagine mostra un piano di gomma, che inserito per tempi molto lunghi nella busta dopo la fase d'imbibizione, contribuisce con la pressione del sottovuoto a saldare le decoesioni e i distacchi degli strati preparatori e pittorici resi elastici dall'umidità del consolidante



Tavola 41. Particolare in luce radente (la luce proviene da destra per motivi tecnici) dell'angolo destro in basso del dipinto prima del consolidamento della superficie pittorica, l'immagine mostra i numerosi sollevamenti del colore distribuiti lungo le fibre del legno



Tavola 42. Idem, particolare in luce radente (la luce proviene da destra per motivi tecnici) dopo il consolidamento del colore in sottovuoto, i sollevamenti sono scomparsi, la sola cosa ben evidente è una fessura nel punto di congiunzione delle doghe



Tavola 43. Particolare in luce radente del volto del Bambino prima del consolidamento in sottovuoto



Tavola 44. Idem, dopo il consolidamento in sottovuoto

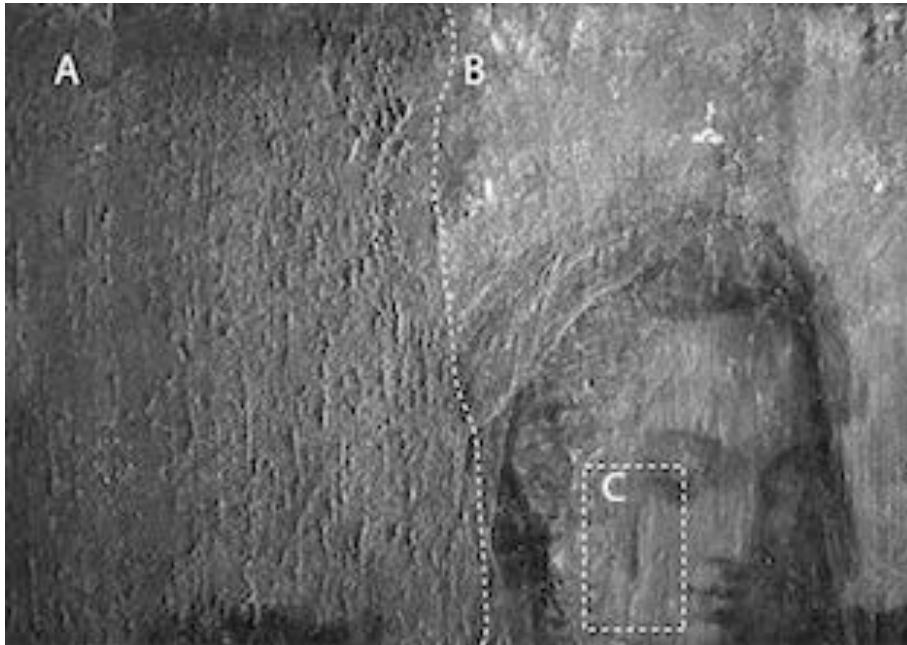


Tavola 45. Particolare in luce radente (la luce proviene da destra) del volto della Madonna. La zona (A) che non è stata ancora consolidata mostra numerosissimi sollevamenti di colore. La zona (B) è stata consolidata in sottovuoto, la linea tratteggiata indica il confine tra le due parti, lo sbiancamento in questa zona (B) è causato dai residui (peluria) della carta giapponese evidenziati dalla luce radente, naturalmente questi sono stati rimossi nella fase di pulitura. La zona (C) mostra un rigonfiamento delle fibre del legno verificatosi durante la fase d'impregnazione.



Tavola 46. Particolare in luce radente (la luce proviene da destra) del volto della Madonna dopo che tutta la superficie pittorica è stata consolidata. L'immagine è stata scattata alla distanza di alcuni giorni dal completamento delle fasi di sottovuoto, i sollevamenti sono scomparsi, compreso quello del legno di supporto localizzato nella tavola 45 con la lettera (C)

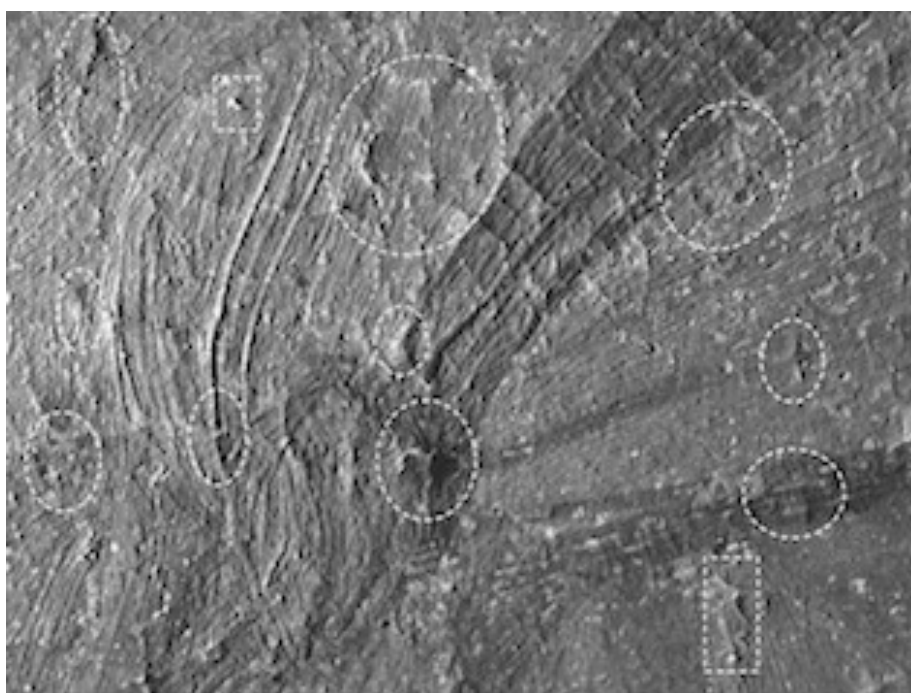


Tavola 47. Macrofotografia in luce radente del pannello dell'angelo, alla sinistra della Madonna, prima del consolidamento in sottovuoto. Le zone tratteggiate con i cerchi sono dei sollevamenti e dei distacchi della pellicola pittorica, mentre le zone tratteggiate con i rettangoli sono dei piccoli grumi di colore



Tavola 48. Idem, dopo il consolidamento in sottovuoto. Le zone tratteggiate con i cerchi mostrano l'adesione dei sollevamenti e dei distacchi della pellicola pittorica. Le zone tratteggiate con i rettangoli evidenziano dei piccoli grumi di colore, tra i tanti presi ad esempio, che non hanno subito deformazioni a causa della pressione del sottovuoto

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- A. ALDROVANDI - M. PICOLLO, *Metodi di documentazione e indagini non invasive sui dipinti*, Il Prato, Padova, 1999.
- A. ALDROVANDI - N. PRESENTI - M. VERDELLI, *Indagini termografiche e sottovuoti localizzati nella conservazione dei dipinti su tavola. Nuove ricerche e risultati*, Rivista dell'Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro di Firenze, OPD Restauro 18, Centro Di, Firenze, 2006, pp. 108-123.
- G. A. BERGER, *La foderatura*, Nardini Editore, Firenze, 1992.
- A. M. BONFATTI - E. ROSSI - A. SARDELLA - G. C. SCICOLONE - A. SEVES - G. TESTA, *Indagini sugli effetti del consolidamento di supporti cellulosici tessili a diversi stadi di degradazione*, Kermes, 22, Firenze, gennaio-aprile, 1995, pp. 11-17.
- T. CIANFANELLI - F. C. PASSERI - C. R. SCARZANELLA, *Consolidamento dei dipinti su tavola, Problemi di restauro*, Edifir, Firenze, 2002, pp. 89-108.
- M. CIATTI, *Problemi e risultati*, in *L'Incoronazione della Vergine del Botticelli. Restauro e ricerche*, a cura di M. CIATTI, Edifir, Firenze, 1990, pp. 55-57.
- J. CUMMINGS - G. A. HEDLEY, *Surfaces texture changes in vacuum linings: experiments with raw canvas*, relazione orale presso "Conference on Comparative linig techniques", Grenwich, aprile, 1974.
- B. FAZI - B. VITTORINI, *Nuove tecniche di foderatura. Le tele vaticane di Pietro da Cortona ad Urbino*, Nardini Editore, Firenze, 1995.
- A. GIOVANNETTI, *Francesco Morandini detto il Poppi*, Edifir, Firenze, 1995.
- B. HACKE, *Bassa pressione, calore, umidità, trazione. Note su ulteriori miglioramenti*, in *6th Triennial meeting* (Ottawa, 21-25 settembre 1981), ICOM Committee for conservartion, Paris, 1981, (trascrizione e traduzione in italiano conservata nella biblioteca dell'Opificio delle Pietre Dure).
- M. MATTEINI - A. MOLES, *La chimica nel restauro. I materiali nell'arte pittorica*, Nardini Editore, Firenze, 1989.
- M. MATTEINI - A. MOLES, *Indagini chimiche e stratigrafiche di supporto al consolidamento degli strati pittorici*, in *L'Incoronazione della Vergine del Botticelli. Restauro e ricerche*, a cura di M. CIATTI, Edifir, Firenze, 1990, pp. 79-90.
- V. R. MEHRA, *Foderatura a freddo, I testi fondamentali per la metodologia e la pratica*, Nardini Editore, Firenze, 1995.
- L. E. PLANTER, *Osservazioni sulla rintelatura con cera e resina sotto vuoto*, Relazione orale presso il "Congresso Nazionale di Restauro", Oslo, 6-10 maggio

1974, (trascrizione e traduzione in italiano conservata nella biblioteca dell'Opificio delle Pietre Dure).

A. RAMAT – C. CASTELLI – M. PARRI – A. SANTACESARIA, “*Sacra conversazione*” (*matrimonio mistico di Santa Caterina*) detta “*Pala Pitti*”, Rivista dell'Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro di Firenze, OPD Restauro 8, Centro Di, Firenze, 1996, pp. 228-235.

P. TORRESI, *I dipinti dell'Ottocento e del Novecento. Note sulla tecnica e sul restauro*, Liberty house, Ferrara, 1990.

L. UZIELLI, *Danni causati ai dipinti su tavola da variazioni termoigrometriche e loro prevenzione*, in *Conservazione dei dipinti su tavola*. Seminario organizzato nell'ambito della Seconda Settimana della Cultura Scientifica (Firenze, 7 maggio 1992), a cura di L. UZIELLI – O. CASAZZA, Nardini Editore, Firenze, 1994, pp.111-127.

M. VERDELLI - N. PRESENTI - M. GORETTI, *Il controllo delle temperature nel restauro delle opere d'arte*, Kermes 25, Firenze, gennaio-aprile 1996, pp. 25-32.

E. WEDDIGEN, Relazione orale presso la conferenza *Tecniche della conservazione dei supporti dei dipinti su tela: il problema della non foderatura*, Botticino, 31 maggio 1985.