

La Pala di Pesaro di Giovanni Bellini

Vicende storiche e conservative

Maria Rosaria Valazzi

KERMES
DOSSIER

La grande Pala raffigurante *L'Incoronazione della Vergine*, conservata nei Musei Civici di Pesaro, è stata esposta a Roma alle Scuderie del Quirinale dal 28 settembre 2008 all'11 gennaio 2009, in occasione della mostra dedicata a Giovanni Bellini.

Il prestito della Pala ha posto in primo piano, ancora una volta, i vari e complessi aspetti legati alla movimentazione e all'esposizione temporanea di opere di eccezionali dimensioni, in particolare delle opere su tavola le quali, come è noto, presentano particolari problematiche conservative.

In realtà la *Pala di Pesaro* si collocava entro le coordinate di una situazione assai specifica, la cui valutazione ha permesso, in primo luogo, di esaminare senza schemi preordinati la possibilità del trasferimento e, successivamente, di mettere in atto l'operazione, di straordinaria complessità, del trasferimento stesso e dell'esposizione in mostra. Operazione alla quale, in condizioni di "normalità", sarebbe stato ben difficile accedere.

L'opzione della possibile adesione alla richiesta del prestito è stata prospettata primariamente in relazione a due fatti di assoluta contingenza: l'uno, consistente nella necessità improrogabile di procedere alla revisione del restauro compiuto nel 1988, a causa di "anomalie" rilevate e monitorate già dal

2003; l'altro, consistente nella presenza di lavori per l'ampliamento e l'adeguamento della sede museale (i lavori sono ultimati per la Sala Bellini e tutt'ora in corso nelle altre Sale).

Per quanto concerne l'intervento di manutenzione – si è preferito il termine di *manutenzione* a quello di *restauro*, non soltanto per la natura dell'intervento, ma anche per la logica connessa all'osservazione periodica e "programmata" che esso presuppone –, si rimanda a quanto presentato nello scritto di Carla Bertorello e Roberto Saccumani¹.

Per quanto concerne invece i lavori in corso ai Musei Civici di Pesaro, essi comprendono l'apertura di nuove sale nell'ala nord, soltanto recentemente ricostruita dopo le devastazioni belliche, e la climatizzazione della Sala Bellini. La necessità di giungere ad una corretta "calibrazione" dei valori microclimatici si era nettamente presentata già dal 2003, quando il mutamento repentino di una situazione che nel tempo aveva raggiunto un punto di equilibrio aveva causato una serie di alterazioni nell'adesione degli strati pittorici in numerose tavole, tra cui erano da collocarsi anche alcune parti della "mac-

Maria Rosaria Valazzi
Storico dell'Arte, Direttore Coordinatore presso la Soprintendenza per il Patrimonio Storico, Artistico ed Etnoantropologico delle Marche, Urbino.



Fig. 1 - Pesaro, Musei Civici, *L'incoronazione della Vergine* di Giovanni Bellini, la Pala ricomposta nel 1988.

china” belliniana: ma per l’analisi dei fenomeni di degrado e del monitoraggio ambientale si rimanda al saggio di E. Giani, L. Gordini, A. Giovagnoli, M.P. Nugari².

Ambedue le operazioni – manutenzione e lavori – implicavano lo smontaggio dell’opera.

A questo punto è dunque necessario introdurre il dato essenziale che ha reso possibile l’avviarsi dell’intera operazione, permettendo di procedere, sulla base di una non usuale, ricchissima, “banca-dati”, alle diverse fasi di attuazione.

Mi riferisco al restauro che era stato eseguito nel 1988, condotto con estremo rigore come atto conservativo, ma anche come grande atto di conoscenza: esso era stato formulato secondo il metodo canonico brandiano – la logica del “gruppo creativo”³ dell’Istituto Centrale del Restauro – entro i poli convergenti della ricerca scientifica e della ricerca storica⁴.

La Pala era stata oggetto di indagini estremamente accurate che avevano portato all’acquisizione di informazioni assai precise sui materiali costitutivi e sulle tecniche esecutive, sia delle superfici figurate che delle parti decorative, ma anche sulla storia conservativa pregressa.

A quest’ultimo riguardo per esempio può essere interessante ricordare che la ricostruzione del “percorso” degli spostamenti dell’opera aveva portato all’identificazione di alcuni nodi cruciali e delle ragioni del differente stato di conservazione delle sue parti (con conseguente trattamento conservativo differenziato).

Né si può dimenticare che alcuni dati analitici venivano a confrontarsi con testi e acquisizioni di ordine metodologico emblematici per la storia del restauro. I gradini nella tavoletta del San Terenzio (nella predella), o meglio le linee divisorie tra i conci dei gradini stessi, avevano costituito uno dei punti di riferimento più forti nell’elaborazione della teoria brandiana della “patina”. La riflessione compiuta da Michele Cordaro, con la distinzione da lui operata tra “patina” – “la sordina che il tempo pone alla materia” – e “patinatura” – materiali sovrapposti con atto volontaristico –, costituisce a tutt’oggi un passo fondamentale, anche nella definizione di quel “lessico” del restauro che era tema assai importante nella ricerca di Michele Cordaro⁵.

Ma, tornando verso ambiti più operativi, è necessario infine sottolineare l’estrema com-

plexità della macchina in sé. Menzionando un ultimo contributo legato al restauro del 1988, Eugenio Battisti volle intitolare il suo testo *Ricostruendo la complessità*, per mettere in luce la varietà e la diversità delle “intersezioni” possibili tra i vari piani di lettura, a cominciare da quelle fisiche⁶. Battisti suggeriva che, dopo il restauro, che egli considerava un nuovo capitolo importante nella storia dell’opera, questa rimanesse disaggregata, proprio per mostrare la complessità dei nessi e dei meccanismi, visuali e tecnici, intendendo la tecnica stessa quale ganglio linguistico vitale di conoscenza.

E la mappatura puntuale dei nessi e dei meccanismi di incastro, la conoscenza analitica dei sistemi di montaggio e di ancoraggio delle parti hanno costituito la chiave di volta dalla quale si è sviluppata l’intera operazione⁷, che ha permesso di vedere, in tutta la sua trionfante bellezza, la *Pala di Pesaro* esposta alle Scuderie del Quirinale.

Occorre infine sottolineare che l’operazione è stata possibile per l’instaurarsi ancora una volta di una proficua collaborazione tra la Soprintendenza per i Beni Storici Artistici ed Etnoantropologici delle Marche, il Comune di Pesaro e l’Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro di Roma, in uno sforzo multidisciplinare, sostenuto con generosa convinzione dalle Scuderie del Quirinale.

Note

¹ C. Bertorello, R. Saccuman, *L’intervento di manutenzione straordinaria, sulle superfici dipinte e sulla carpenteria*, in questo stesso Dossier.

² E. Giani, L. Gordini, A. Giovagnoli, M.P. Nugari, *I controlli ambientali*, in questo stesso Dossier.

³ La citazione è ripresa da C. Bon Valsassina, *Restauro Made in Italy*, Milano 2006, pag. 39.

⁴ *La Pala ricostituita. L’Incoronazione della Vergine e la cimasa vaticana di Giovanni Bellini. Indagini e restauri*, a cura di M.R. Valazzi, catalogo della mostra (Pesaro 1988), Venezia 1988. In occasione della mostra era stata riunita alla Pala pesarese la cimasa con *Il compianto sul Cristo morto*, conservata dal 1815 presso la Pinacoteca Vaticana.

⁵ M. Cordaro, *La patinatura perduta e alcuni problemi di pentimenti e di varianti*, in *La Pala ricostituita*, cit., pp. 77-84.

⁶ E. Battisti, *Ricostruendo la complessità*, in *La Pala ricostituita*, cit., pp. 6-14.

⁷ Anche la fase del trasporto ha costituito l’occasione per importanti studi preliminari, in un campo ancora poco frequentato: A. Andresen, M. Corsetti, E. Giani, *Il monitoraggio della movimentazione e del trasporto*, in questo stesso Dossier.

Premessa

La necessità di un controllo delle condizioni espositive e conservative della Pala era stata avvertita già nel 2003 dalla direzione dei Musei Civici di Pesaro e dalla Soprintendenza PSAE delle Marche, quando venne chiesto all'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro di effettuare la Scheda Ambientale del museo¹. A seguito di quello studio vennero messi a fuoco gli interventi necessari, sia sugli impianti che sulle strutture, per migliorare le condizioni ambientali delle sale, che vennero attuati solo in parte. È stato poi nel 2008 che, approfittando dell'assenza dell'opera, concessa in prestito per la mostra alle Scuderie del Quirinale, è stato possibile rimettere in agenda gli interventi non ancora realizzati per una definitiva climatizzazione della sala.

Naturalmente la prospettiva di un trasferimento della Pala da Pesaro a Roma, data la complessità dell'operazione dovuta sia alla dimensione che alla natura dell'opera, ha reso necessario attivare nuovi controlli ambientali che consentissero di svolgere tutte le diverse operazioni in condizioni di sicurezza. Sulla base di un progetto di monitoraggio dell'ambiente, movimentazione e trasporto della Pala proposto dall'ISCR, sostenuto e condiviso dalle Scuderie del Quirinale, si è dato avvio allo svolgimento di una serie di controlli ambientali seguendo la metodologia messa a punto nella Scheda Ambientale². Questa prevede il controllo del microclima e di alcuni fattori di rischio legati all'inquinamento chimico e biologico dell'aria e alla diffusione di insetti. Con questo protocollo di monitoraggi condotti presso la pinacoteca dei Musei Civici di Pesaro

(aprile-settembre 2008) e, successivamente, presso le Scuderie del Quirinale (settembre 2008-gennaio 2009), si sono potute controllare le condizioni ambientali nelle diverse fasi di attività: durante gli interventi di risanamento, manutenzione straordinaria, disinfestazione, trasporto e esposizione in mostra.

Il controllo microclimatico

METODOLOGIA

Sia a Pesaro che a Roma le misure delle grandezze microclimatiche sono state eseguite con strumenti Tinytag Plus³, in continuo, con una frequenza di 30 minuti per tutte le 24 ore. Sono state monitorate la temperatura dell'aria (T), l'umidità relativa (UR) e la temperatura a contatto dell'opera (Tc) (tab. 1).

Presso i Musei Civici di Pesaro sono stati monitorati la sala 2, dove è normalmente

Elisabetta Giani
???????

Annamaria Giovagnoli
???????

Livia Gordini
???????

Maria Pia Nugari
???????

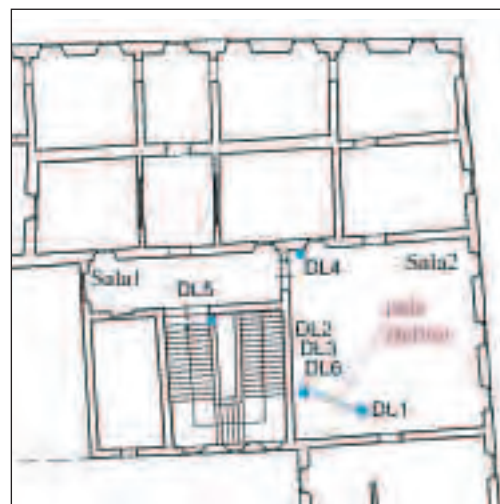


Fig. 1 - Pianta dei Musei Civici di Pesaro con evidenziate le collocazioni dei datalogger.

Tab. 1 - Posizioni degli strumenti e periodi di monitoraggio.

Fig. 2 - Musei Civici. Valori di UR tra l'1 maggio e il 30 giugno in sala 2 (DL1 e DL4) e nello scalone di accesso al museo (DL5). Nei riquadri rossi i periodi in cui le variazioni di UR dell'esterno si mantengono per più giorni determinando fluttuazioni ampie all'interno del museo.

Fig. 3 - Musei Civici. Percentuale dei valori di UR rilevati in sala 2 (DL4) che ricadono all'interno di specifici intervalli.

Fig. 4 - Musei Civici. Medie mensili delle escursioni termiche e igrometriche giornaliere di aprile, maggio, giugno e luglio 2008, relative alla postazione prossima alla Pala (DL1).

Fig. 5 - Musei Civici. Percentuale dei valori di T rilevati in sala 2 (DL4) che ricadono all'interno di specifici intervalli.

Fig. 6 - Musei Civici. Differenza tra la T dell'aria misurata in prossimità del fronte della Pala (DL1) e la T misurata sul retro (DL2) tra l'1 e il 7 maggio 2008.

MUSEI CIVICI DI PESARO			
Datalogger	Posizione	h (m)	Periodo
DL1(T, UR)	sala 2, cornice Pala	1,50	1/4-14/7/2008
DL2 (T, UR)	sala 2, retro pilastro destro	2,70	1/4-14/7/2008
DL3 (T, UR)	sala 2, retro pilastro destro	3,80	7/6-14/7/2008
DL4 (T, UR)	sala 2	2,00	1/4-15/9/2008
DL5 (T, UR)	scalone accesso	2,00	1/4-15/9/2008
DL6 (Tc)	sala 2, pannello laterale pilastro destro	2,70	1/4-14/7/2008
DL7 (T, UR)	sala 2, interno sacco disinfestazione della tavola centrale		15/7-19/8/2008
DL8 (T, UR)	sala 2, interno sacco disinfestazione della predella		15/7-19/8/2008
SCUDERIE DEL QUIRINALE			
Datalogger	Posizione	h (m)	Periodo
DL1 (T, UR)	sala 1, lato destro Pala	1,00	1/10/2008-11/1/2009
DL2 (T, UR)	sala 1, lato destro Pala	2,50	1/10/2008-11/1/2009

Tab. 1

esposta la Pala, e lo scalone di accesso, ambiente che si trova in diretta comunicazione con l'esterno (fig. 1).

Presso le Scuderie del Quirinale a Roma gli strumenti sono stati posizionati nella sala 1 sulla destra della Pala; i dati relativi all'ambiente esterno sono stati, invece, gentilmente forniti dall'UCEA⁴.

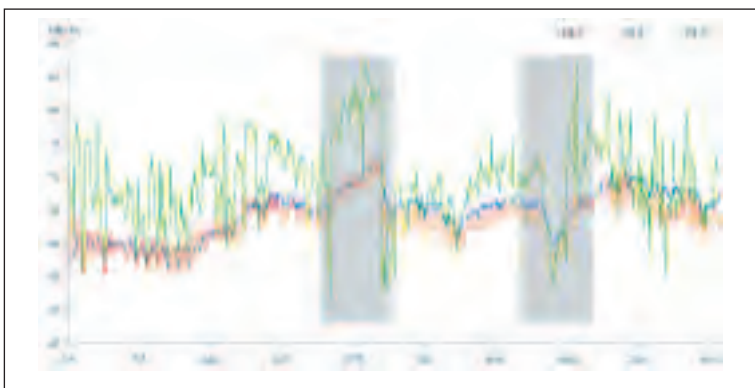
In entrambe le sedi il controllo microclimatico ha avuto una durata maggiore rispetto a quella prevista nella Scheda Ambientale. In particolare a Pesaro il monitoraggio è stato prolungato poiché si è determinata la necessità di effettuare la disinfestazione dell'opera, compiuta nei mesi di luglio-agosto 2008. Il prolungamento del monitoraggio ha quindi consentito di individuare i valori di UR da mantenere all'interno dei sacchi per la disinfestazione, sulla base del valore medio dell'UR misurata nel periodo precedente al trattamento. L'estensione del monitoraggio fino al

momento del trasferimento della Pala a Roma ha permesso anche di stabilire il valore di UR per il preconditionamento del materiale tampone da inserire nelle casse per il trasporto.

IL MICROCLIMA NEI MUSEI CIVICI DI PESARO

Il controllo microclimatico ha, in primo luogo, evidenziato l'influenza dell'ambiente esterno sul microclima del museo, sia nella stagione primaverile, sia in quella estiva. L'edificio, che dovrebbe costituire una prima barriera rispetto alle variazioni meteo-climatiche esterne, non in tutte le condizioni riesce ad assolvere tale compito. La struttura risulta efficace nell'attenuare variazioni giornaliere di UR, anche ampie, che si verificano all'esterno: un esempio è fornito dalla situazione rilevata nei mesi di maggio e giugno durante i quali le fluttuazioni giornaliere dell'UR esterna si ripercuotono su quella interna con ampiezza molto inferiore. La struttura non riesce, invece, ad attenuare le variazioni che permangono per più giorni, quando il microclima all'interno, progressivamente, si allinea con l'andamento dell'esterno: un esempio è fornito dalla situazione che si verifica tra il 25 maggio e il 4 giugno o dal 12 al 22 giugno (fig. 2).

L'analisi dei valori igrometrici e delle loro variazioni mostra che durante il mese di aprile i valori di UR si mantengono quasi sempre entro l'intervallo consigliato per la conservazione di dipinti su tavola⁵, mentre a partire da maggio e per tutto giugno l'UR della sala 2 aumenta, dando luogo sovente a situazioni critiche⁶ (fig. 3).



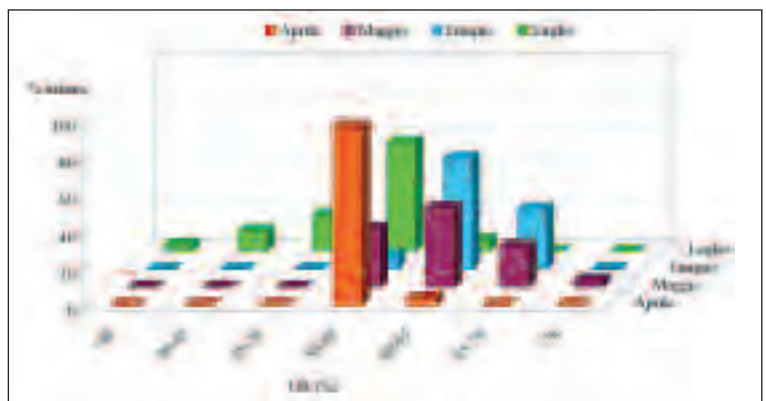
Le escursioni igrometriche giornaliere nella sala 2 superano di rado il 5%⁷, mentre le medie mensili delle fluttuazioni giornaliere risultano inferiori al 3% (fig. 4). Tale instabilità è da mettere in relazione alle variazioni del parametro in esterno ed alla non buona tenuta degli infissi.

L'analisi dei valori termici e delle variazioni in sala 2 mostra che, a partire dalla metà del mese di giugno, i valori di temperatura diventano decisamente elevati, raggiungendo i 30 °C negli ultimi giorni di giugno e nei primi di luglio⁸ (fig. 5). Le variazioni giornaliere sono abbastanza contenute: le escursioni giornaliere medie⁹ non superano, infatti, 1,2 °C e gli episodi in cui la temperatura presenta una maggiore variabilità giornaliera sono rari (fig. 4).

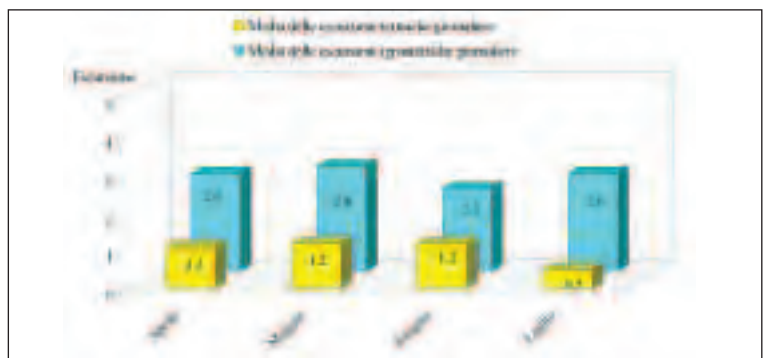
Lo studio del microclima nelle immediate vicinanze della Pala ha evidenziato che la temperatura misurata sul retro risulta di qualche decimo di grado inferiore rispetto a quella misurata sul fronte; corrispondentemente, l'UR dell'aria in prossimità del lato dipinto è di circa il 5% più bassa rispetto a quella misurata in prossimità del retro (fig. 6). Questa situazione, determinata dalla posizione angolare di esposizione dell'opera in sala, ha messo in evidenza che per i mesi di aprile, maggio e parte di giugno, le pareti perimetrali della sala si comportano come sorgenti fredde.

IL CONTROLLO MICROCLIMATICO NELLE CASSE DURANTE IL TRASPORTO DA PESARO A ROMA

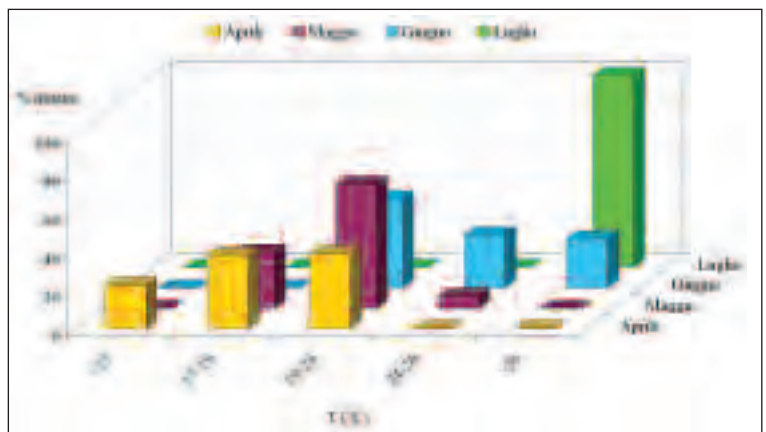
Il monitoraggio di T e UR nella sala 2 è stato protratto fino al trasferimento della Pala, avvenuto il 15 settembre 2008, per permettere il corretto preconditionamento del materiale tampone (Art-Sorb) da inserire in cassa. I valori di UR misurati in sala, durante la settimana che ha preceduto il trasferimento, sono risultati compresi tra il 45% ed il 55%. Durante il trasporto i valori di UR si sono attestati fra il 48-50%. L'opera è stata, quindi, fatta viaggiare in condizioni molto simili rispetto a quelle in cui si trovava nella sua sede espositiva. In figura 7 si presentano i dati del trasporto, della permanenza della Pala nella cassa presso le Scuderie del Quirinale, del momento dell'apertura della cassa e collocazione della Pala in mostra. Dal grafico si vede che dal momento dell'apertura della cassa all'installazione dell'opera in sala si ha



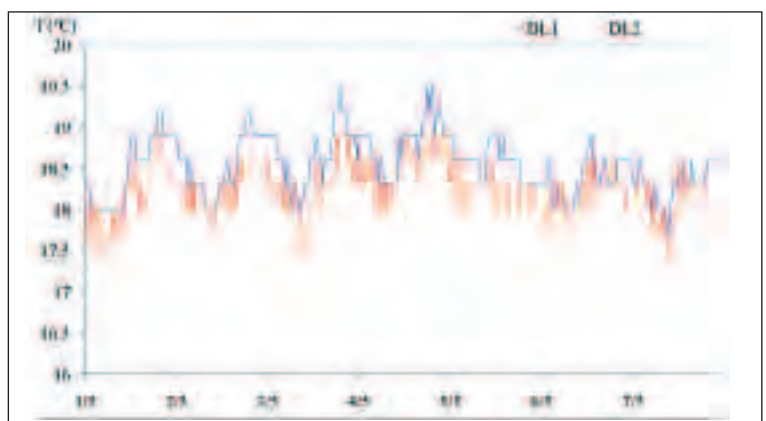
3



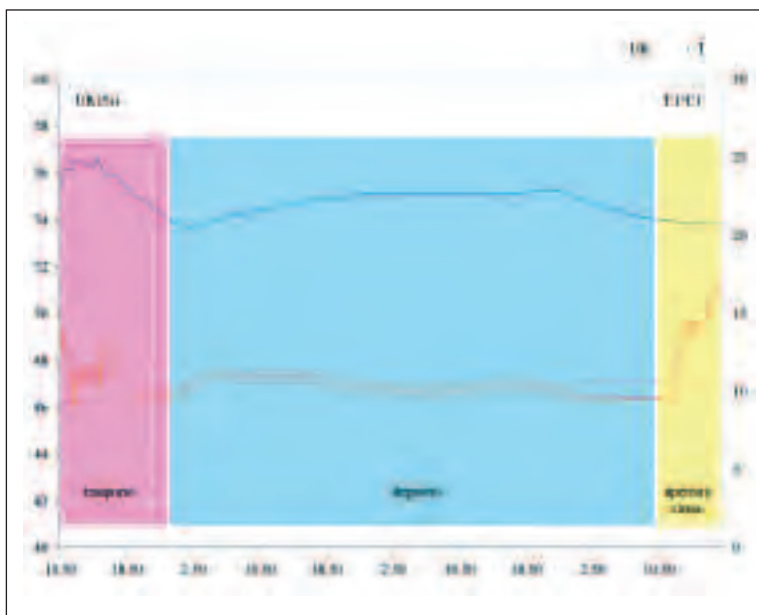
4



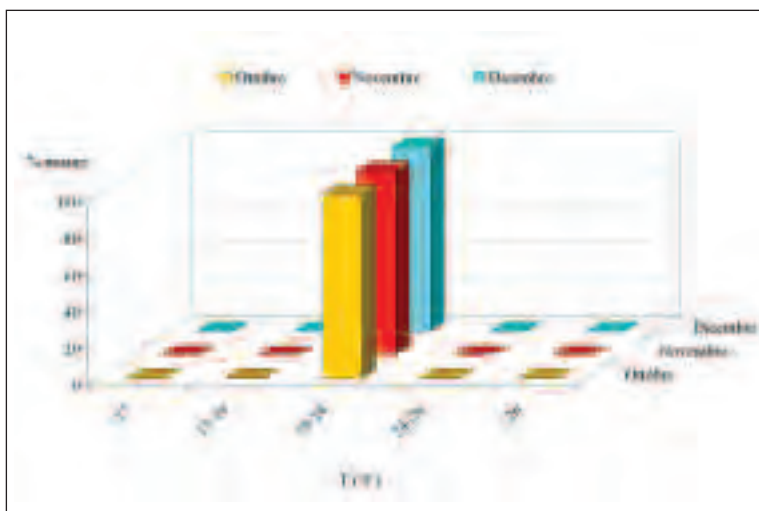
5



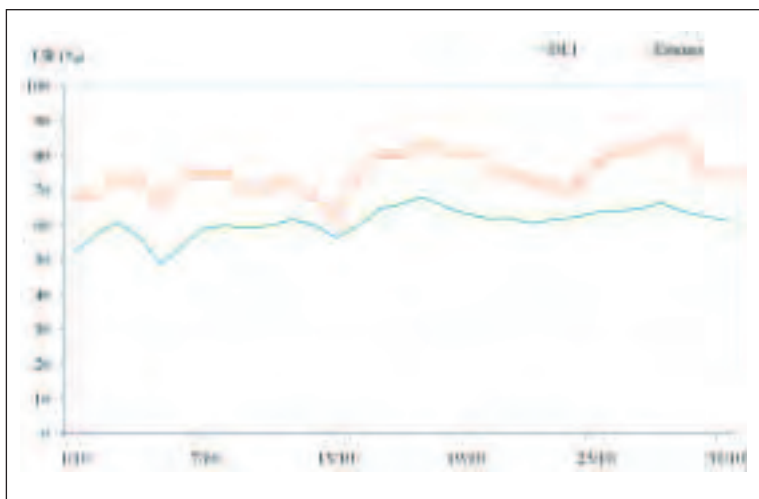
6



7



8



9

una variazione di UR di circa il 4% nel corso di 8 ore; queste piccole variazioni legate all'apertura degli imballaggi sono un problema ricorrente, nonostante gli accorgimenti¹⁰.

IL MICROCLIMA PRESSO LE SCUDERIE DEL QUIRINALE DURANTE LA MOSTRA

Il controllo delle condizioni microclimatiche di esposizione della Pala è continuato anche nel corso della mostra. I valori di T si sono mantenuti nell'intervallo 21-23 °C per tutta la durata dell'esposizione¹¹, con escursioni giornaliere¹² sempre inferiori a 1,5 °C (fig. 8).

Per quanto concerne i valori di UR, il confronto tra le medie giornaliere rilevate in sala 1 e le medie giornaliere rilevate nell'ambiente esterno mostra l'influenza di quest'ultimo su quello interno (fig. 9).

Il sistema di trattamento e ventilazione forzata dell'aria garantisce nella sala omogeneità di T e UR alle diverse altezze. La differenza di T tra le due postazioni di rilevamento (DL1-1,00 m e DL2-2,50 m) è in media inferiore a 0,2 °C, mentre la differenza di UR si mantiene intorno all'1,5% (figg. 10 e 11).

Il controllo degli aspetti biologici

METODOLOGIA

Presso i Musei Civici è stato effettuato un controllo della Pala per valutare se fossero in atto attacchi entomologici e per definire, prima del trasporto, l'opportunità e le modalità di un trattamento di disinfestazione. Tale operazione è stata considerata anche al fine di evitare un possibile rischio di diffusione di infestazioni dalla Pala ad altre opere. La Pala è stata quindi attentamente ispezionata per individuare eventuali segni di infestazioni da insetti xilofagi; sono state esaminate tutte le superfici del fronte e del retro della tavola durante il periodo considerato a massima frequenza di sfarfallamento degli individui adulti di coleotteri Anobidi e, di conseguenza, quello in cui si sarebbero potuti riscontrare nuovi fori di sfarfallamento. Parallelamente è stato condotto un monitoraggio entomologico secondo la metodologia definita dalla Scheda Ambientale ISCR¹³ (tab. 2). Sono state utilizzate trappole adesive di tipo passivo BIO-TRAP-Bio Control s.r.l. Per la cattura degli insetti striscianti fotofobici le trappole sono state collo-

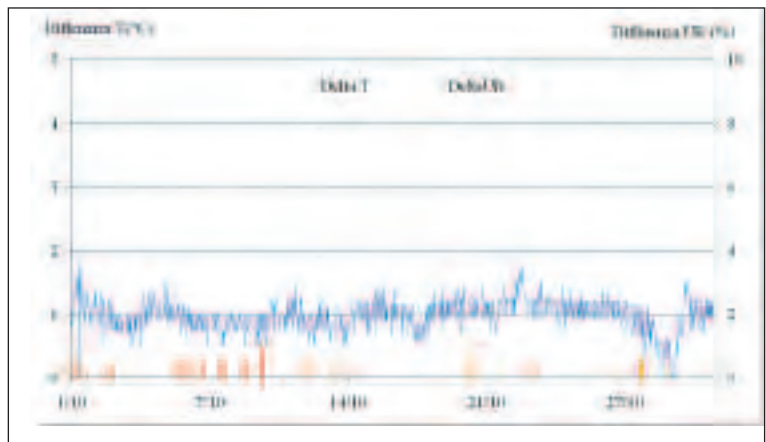


10

cate in luoghi riparati dalla luce, lungo il perimetro della sala, in prossimità di possibili vie di accesso alla sala stessa e sul retro della Pala, mentre, per la cattura degli insetti volanti, sono state collocate in prossimità delle luci delle finestre (fig. 12). Gli insetti catturati sono stati identificati a livello di Famiglia¹⁴.

Presso le Scuderie del Quirinale sono stati controllati, invece, i livelli di contaminazione microbica a cui l'opera è stata esposta; gli andamenti della carica microbica dell'aria sono stati analizzati nell'arco di una giornata tipo mediante analisi aerobiologiche¹⁵. È stato adottato il metodo di campionamento attivo di Andersen che permette di riferire il numero di cellule vitali campionate ad un volume noto d'aria: i dati sono espressi in unità formanti colonia per metro cubo d'aria (UFC/m³). I terreni colturali adoperati sono stati quelli generalmente utilizzati per l'isolamento di microrganismi biodeteriogeni: Mycological Agar (DIFCO-DID) per i funghi e Nutriente Agar (DIFCO-DID) per i batteri eterotrofi.

Le indagini sono state condotte in sala 1 e,



11

per confronto, nell'ambiente immediatamente adiacente che costituisce l'ingresso alle sale espositive (fig. 13). Per verificare l'effetto dei visitatori sui livelli di contaminazione microbica sono stati considerati tre momenti nell'arco della giornata: prima dell'apertura al pubblico (9.30), durante l'apertura nell'orario di massimo affollamento (12.30), e subito dopo la chiusura della mostra (19.00) (tab. 2).

RISULTATI DELLE INDAGINI ENTOMOLOGICHE NEI MUSEI CIVICI DI PESARO

Durante l'ispezione del fronte e del retro della Pala sono stati ritrovati alcuni corpi di insetti appartenenti all'ordine dei Coleotteri, in particolare alla famiglia degli Anobidi¹⁶ (fig. 14).

È stata inoltre rinvenuta, in diversi punti, della polvere di rosume¹⁷ di colorazione chiara e, quindi, di recente produzione; sulla cornice il rosume è stato individuato anche dopo una spolveratura delle superfici ispezionate, ciò a conferma che lo sfarfallamento di insetti era in corso durante il periodo di monitoraggio (fig. 15).

Durante il monitoraggio entomologico con trappole passive sono stati catturati prevalentemente Coleotteri Anobidi come quelli già individuati nel corso dell'ispezione visiva, confermando la presenza di un'infestazione attiva.

Fig. 7 - Andamento dell'UR e della T nella cassa: trasporto Pesaro-Roma, deposito presso le Scuderie del Quirinale, fase dell'apertura.

Fig. 8 - Scuderie del Quirinale. Percentuale dei valori di T rilevati in sala 1 (DL1) che ricadono in specifici intervalli.

Fig. 9 - Scuderie del Quirinale. Valori medi giornalieri di UR misurati in sala 1 (DL1) e in ambiente esterno durante il mese di ottobre 2008.

Fig. 10 - Scuderie del Quirinale. Sala 1 con evidenziate le posizioni dei datalogger (DL1 e DL2).

Fig. 11 - Scuderie del Quirinale. Differenza tra valori termici e igrometrici misurati dal DL1 e quelli misurati dal DL2 in sala 1 nel mese di ottobre 2008.

Tab. 2 - Indagini biologiche condotte e periodi di monitoraggio

MUSEI CIVICI DI PESARO		
Attività	Posizione	Periodo
ispezione visiva	Pala	31/5 e 7/6/2008
monitoraggio entomologico	sala 1 e sala 2	31/5-19/8/2008
SCUDERIE DEL QUIRINALE		
Attività	Posizione	Periodo
indagine aerobiologica	sala 1 e scalone ingresso	2/10/2008 alle ore 9.30, 12.30 e 19.00

Tab. 2

Fig. 12 - Pianta dei Musei Civici con evidenziate in verde le postazioni delle 17 trappole per gli insetti striscianti e in rosso quelle delle 12 trappole per gli insetti volanti.

Fig. 13 - Immagine dello strumento Andersen durante il campionamento dell'aria.

Fig. 14 - Corpi di Coleotteri Anobidi rinvenuti alla base del pilastro destro della Pala (Foto Laboratori di Biologia, Opificio delle Pietre Dure, Firenze).

Fig. 15 - Polvere di rosame sulla cornice della tavola fuoriuscita da un foro di sfarfallamento.

Fig. 16 - Datalogger all'interno della busta di disinfestazione della predella.

Fig. 17 - Musei Civici. Confronto tra i valori di UR misurati nelle buste anossiche e quelli misurati in sala 2 (DL4).

Fig. 18 - Scuderie del Quirinale. Carica microbica totale aerodispersa rilevata in tre momenti della giornata del 2 ottobre 2008.

Fig. 19 - Scuderie del Quirinale. Andamenti percentuali della carica batterica e di quella fungina il giorno 2 ottobre 2008.



12



13

LA DISINFESTAZIONE

Sulla base dei risultati delle indagini entomologiche si è ritenuto necessario un intervento di disinfestazione prima del trasferimento dell'opera in mostra. In relazione alle dimensioni, complessità e delicatezza del manufatto si è scelto di effettuare il trattamento di disinfestazione in anossia mediante atmosfere modificate con immissione di azoto in involucri stagni. Tale trattamento garantisce, oltre all'efficacia, la piena sicurezza per gli operatori, l'opera e l'ambiente.

In considerazione del necessario smontaggio della Pala nei suoi diversi elementi costitutivi per il trasporto in mostra, la disinfestazione è stata eseguita presso i locali dei Musei Civici operando separatamente sui diversi elementi: tavolato centrale, cornice della tavola centrale, pilastri laterali, predella, architrave, cornice della cimasa. Questo ha reso più facile l'operazione di realizzazione delle buste in film plastico trasparente a barriera di gas per il trattamento.

Le condizioni di anossia (concentrazione di

ossigeno inferiore allo 0,3%) sono state mantenute per un tempo superiore a 28 giorni, dal 15 luglio al 19 agosto. Per l'intero periodo all'interno delle buste sono stati monitorati la concentrazione dell'ossigeno, l'UR e la T dell'aria (fig. 16): l'UR si è mantenuta stabile tra il 50-55% mentre la temperatura ha seguito l'andamento di quella della sala nella quale è stata eseguita la disinfestazione (fig. 17).

Dopo la disinfestazione, a scopo precauzionale, il supporto è stato trattato a pennello con una soluzione pronta all'uso di Permetar concentrato in petrolio (Phase), un prodotto a base di permetrina al 20%, insetticida e repellente per gli insetti¹⁸.

IL CONTROLLO DELLA CARICA MICROBICA DELL'ARIA ALLE SCUDERIE DEL QUIRINALE

I risultati delle indagini aerobiologiche condotte hanno messo in evidenza una carica microbica totale generalmente inferiore alle 300 UFC/m³, da considerarsi molto bassa se comparata con quanto riportato in altri studi condotti in ambienti museali e definito sicuro



14



15



16

per la salute umana¹⁹ (fig. 18).

Nell'ambito di questo dato rassicurante, si è osservato che la massima concentrazione di microrganismi aerodiffusi è stata registrata all'inizio della giornata, prima dell'apertura al pubblico. Tale risultato è da porre in relazione con le attività di pulizie mattutine che comportano un sollevamento di polveri e la loro diffusione nell'aria. Nella sala d'ingresso è stata misurata, in tutti i campionamenti, una carica microbica più elevata rispetto alla sala 1, probabilmente per i maggiori scambi d'aria con l'esterno e/o per una minore efficienza dei sistemi di filtrazione dell'aria in questa zona.

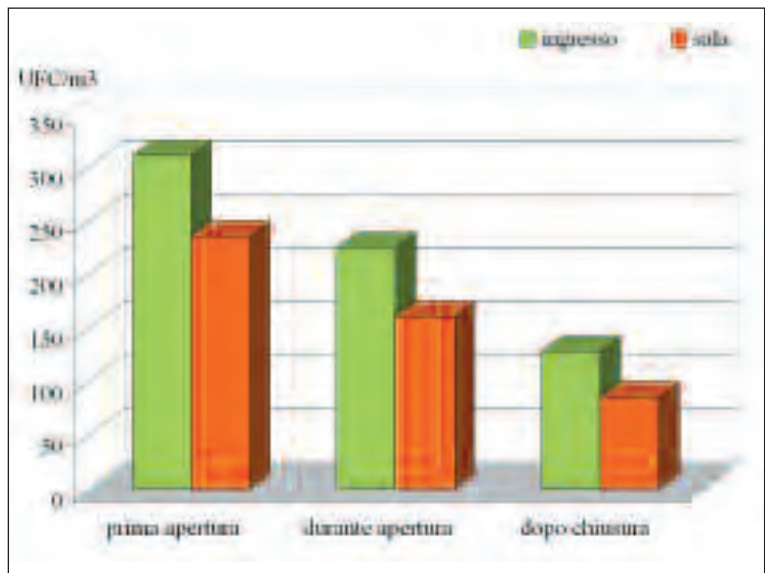
A livello qualitativo, confrontando gli andamenti percentuali della carica batterica e di quella fungina, si è osservato che, nella maggior parte dei casi, i batteri prevalgono sui funghi con una concentrazione massima durante l'orario di visita (fig. 19). La fonte prevalente dei contaminanti batterici sono quindi, come previsto, i visitatori.

Prima dell'orario di apertura si registra nella sala d'ingresso un'inversione di tendenza con una maggiore percentuale di funghi; ciò rafforza l'ipotesi dei maggiori scambi d'aria di questo ambiente con l'esterno durante le operazioni di pulizia; i contaminanti fungini aerodiffusi sono infatti normalmente prevalenti nell'ambiente esterno e la principale fonte delle spore è il suolo²⁰. Nell'orario di chiusura, infine, la riduzione degli scambi con l'esterno porta l'ambiente d'ingresso in una condizione di parità nella percentuale di funghi e batteri, mentre nella sala 1 la percentuale batterica decresce fino a raggiungere valori simili a quelli dell'orario di apertura.

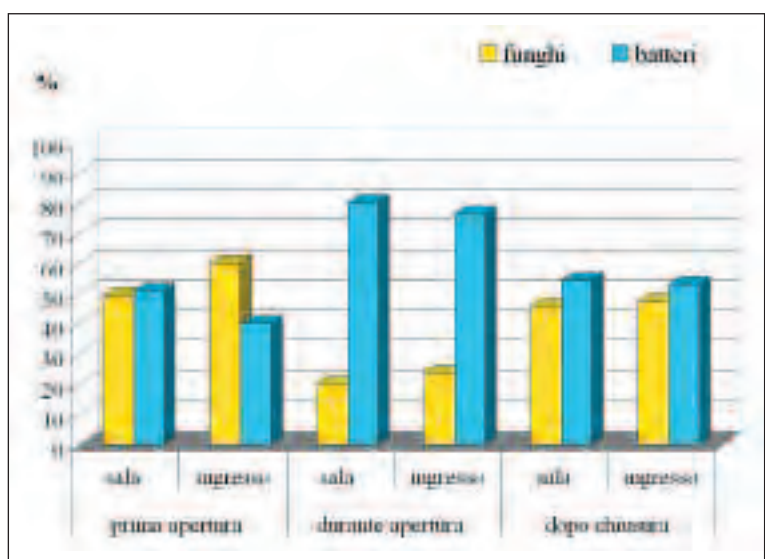
Ai fini conservativi, poiché in genere, nelle condizioni microclimatiche di un museo, i fun-



17



18



19

Tab. 3 - Monitoraggi qualità dell'aria.

Tab. 4 - Musei Civici. Concentrazione di CO₂ (ppm), rilevata il 26 marzo 2008.

Tab. 5 - Numero di visitatori giornalieri dei Musei Civici e delle Scuderie del Quirinale.

MUSEI CIVICI DI PESARO			
Attività	Posizione	h (m)	Periodo
monitoraggio CO ₂	esterno, scala, ingresso, sala 2-sala 2 prossimità, Pala	0 e 2,00	26/3/2008 alle ore 9.00, 10.30, 13.00
monitoraggio PM10	sala 2 in prossimità Pala	2,00	26/3-11/4/2008
SCUDERIE DEL QUIRINALE			
Attività	Posizione	h (m)	Periodo
monitoraggio CO ₂	esterno, sala, ingresso, Pala	0 e 2,00	1, 2 e 3/10/2008 alle ore 9.00, 12.30, 19.00
monitoraggio PM10	esterno, sala, ingresso, Pala	2,00	1, 2 e 3/10/2008 alle ore 9.00, 12.30, 19.00

Tab. 3

Fig. 20 - Pianta dei Musei Civici con indicazione delle postazioni per misure a spot della concentrazione di CO₂.

ORA	POSTAZIONE 1 ESTERNO		POSTAZIONE 2 SCALA		POSTAZIONE 3 INGRESSO		POSTAZIONE 4 SALA 2		POSTAZIONE 5 PALA	
	al suolo	2 metri	al suolo	2 metri	al suolo	2 metri	al suolo	2 metri	al suolo	2 metri
9.00	469	450	482	515	496	505	485	495	461	552
10.30	438	436	472	506	495	568	484	493	480	502
13.00	439	438	484	464	562	565	547	561	552	558

Tab. 4

ghi posseggono potenzialità biodeteriogene maggiori rispetto ai batteri, la percentuale permanentemente bassa di questi microrganismi in prossimità della Pala rappresenta un ulteriore elemento confortante.

Il monitoraggio della qualità dell'aria

METODOLOGIA

La metodologia messa a punto dall'ISCR, e oggi prevista dalla Scheda Ambientale, è articolata in misure della concentrazione di CO₂ (ppm)²¹ e del particolato sospeso ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)²².

All'interno dei locali dei Musei Civici e delle Scuderie del Quirinale, la concentrazione di CO₂ è stata rilevata con strumentazione portatile Indoor Air Quality Meter (AirflowTM modello IAQ910), tramite misure a spot, realizzate durante alcune giornate campione, tre volte nell'arco della giornata, in più punti delle due sedi espositive, a due altezze. Una misura è stata eseguita anche all'esterno (tab. 3 e figg. 20 e 21).

SEDE ESPOSITIVA	GIORNI	N. VISITATORI
Musei Civici di Pesaro	26/3/2008	26
Scuderia del Quirinale	1/10/2008	940
	2/10/2008	937
	3/10/2008	1250

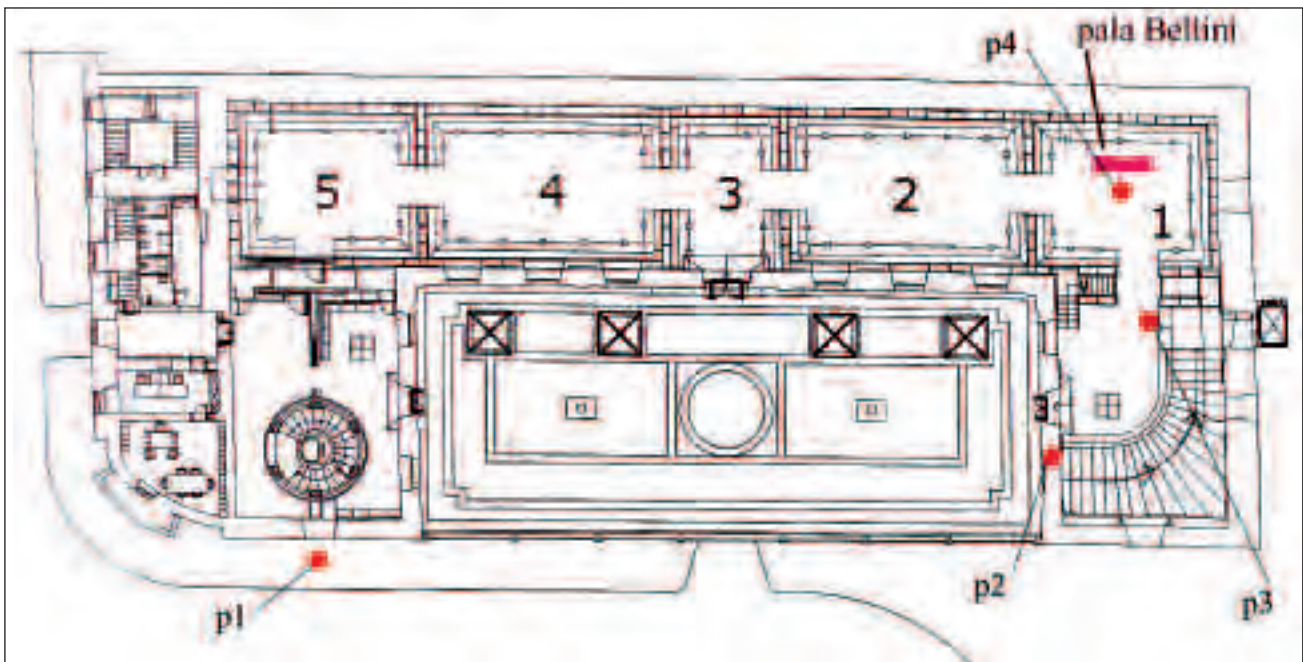
Tab. 5

Le misure della concentrazione del particolato sospeso (frazione PM10) sono state eseguite con lo strumento Microdust ProTM-Aerosol Photometer. Nei Musei Civici lo strumento è stato collocato in sala 2, in prossimità della Pala, dove sono state eseguite le misure in continuo con frequenza di rilevamento di 10 minuti (fig. 22).

Nella sede delle Scuderie del Quirinale sono state invece realizzate misure a spot secondo le postazioni di misura e gli orari già individuati per le misure di concentrazione di biossido di carbonio (tab. 3).



20



21

CONCENTRAZIONE DI BIOSSIDO DI CARBONIO

Negli ambienti dei Musei Civici la concentrazione di CO₂ nell'aria si mantiene intorno al valore di 500 ppm; questo valore è di poco superiore alla concentrazione naturale del gas che è di circa 460 ppm (tab. 4). Non è stata rilevata una particolare differenza tra le tre misure eseguite nell'arco della giornata (fig. 23). In generale si osserva che la concentrazione di CO₂ alla quota di 2 metri è lievemente maggiore rispetto a quelle registrate al suolo.



22

In sala 1 delle Scuderie del Quirinale è stato rilevato, invece, un effetto di arricchimento del gas nell'arco della giornata, dovuto all'affluenza dei visitatori. Prima dell'apertura della mostra la concentrazione di CO₂ non supera 500 ppm, durante la giornata cresce, fino a raggiungere il valore massimo a fine giornata²³ (fig. 23). Durante la notte i valori scendono e ritornano a valori confrontabili con quelli naturali, a causa della diluizione dovuta ai ricambi d'aria previsti dal sistema di trattamento dell'aria e, chiaramente, alla diminuzione dell'apporto del gas da parte dei molti visitatori (tab. 5).

Come già osservato per i Musei Civici di Pesaro, anche presso le sale espositive delle Scuderie del Quirinale si registra una tendenza del gas a stratificarsi nel volume d'aria della stanza. In particolare la CO₂ tende a presentare valori di concentrazione maggiori alla quota di 2 metri a sottolineare la stretta relazione tra il gas e la presenza di pubblico (tab. 6).

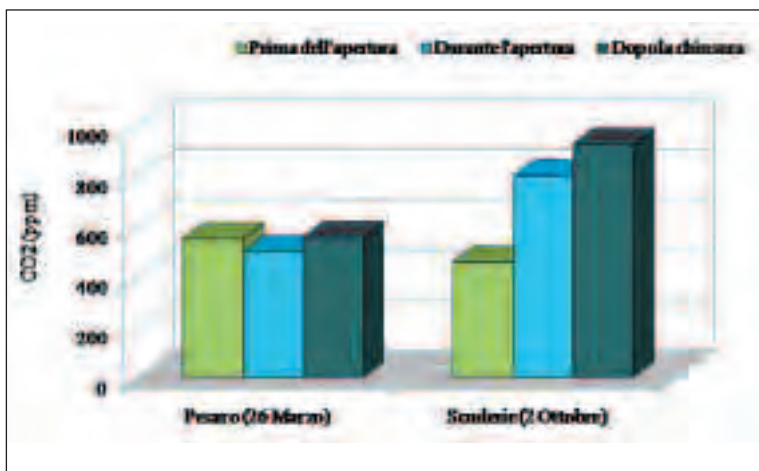
Fig. 21 - Pianta del primo piano delle Scuderie del Quirinale. Il punto di misura P1 si trova al livello della strada, il punto P2 si trova al piano terra, alla base dello scalone di accesso alle sale espositive del primo piano.

Fig. 22 - Immagine dello strumento Microdust ProTM-Aerosol Photometer durante il campionamento dell'aria.

Tab. 6 - Scuderie del Quirinale. Concentrazione di CO₂ (ppm), rilevata il 3 ottobre 2008.

ORA	POSTAZIONE 1 ESTERNO		POSTAZIONE 2 SCALA		POSTAZIONE 3 INGRESSO		POSTAZIONE 4 PALA	
	al suolo	2 metri	al suolo	2 metri	al suolo	2 metri	al suolo	2 metri
9.00	426	459	505	477	469	456	461	
12.30	424	608	626	772	810	801	803	
19.00	483	722	764	935	1022	902	929	

Tab. 6



23

Fig. 23 - Confronto tra le concentrazioni di CO₂ misurate nei Musei Civici (postazione 5 a 2 m di quota) e quelle misurate alle Scuderie (postazione 4 a 2 m di quota) in tre momenti della giornata.

Fig. 24 - La pala esposta nel Museo Civico di Pesaro

CONCENTRAZIONE DEL PARTICOLATO SOSPESO

Negli ambienti dei Musei Civici la misura della concentrazione del particolato sospeso, rilevato in modalità in continuo, ha fatto registrare valori sempre superiori a 30 µg/m³, livello che viene individuato nell'Atto di Indirizzo, come valore di riferimento²⁴.

Alle Scuderie del Quirinale è stato possibile mettere in luce che le maggiori concentrazioni di particolato sospeso si rilevano a fine giornata, nella postazione più prossima all'ingres-

so, mentre la concentrazione media nell'arco della giornata si mantiene sempre intorno al valore suggerito. Risulta evidente comunque che, in considerazione delle dimensioni molto ridotte del particolato monitorato, la sua permanenza in aria, così come la sua concentrazione, sono strettamente legate ai movimenti d'aria che possono essere determinati dalle persone che transitano negli ambienti.

Nonostante la difficoltà di comparare i dati raccolti con diversa modalità (in continuo a Pesaro, a spot a Roma), dal monitoraggio emerge che nei due ambienti i valori medi di PM₁₀ risultano simili. Questo dato, se rapportato al numero giornaliero di persone che in media hanno visitato la mostra alle Scuderie del Quirinale (circa 1000) e quelli che visitano i Musei Civici (circa 30), evidenzia come il sistema di filtraggio e trattamento dell'aria abbia una forte incidenza sulle concentrazioni di particolato di natura chimica, ma anche di natura biologica, come messo in luce dalle indagini aerobiologiche.

Conclusioni

Lo studio condotto presso i Musei Civici di Pesaro e presso le Scuderie del Quirinale, ha permesso di valutare gli aspetti più critici legati all'esposizione ed alla movimentazione di un'opera tanto complessa e vulnerabile e, in virtù di una pianificazione tempestiva, di mettere in atto misure di conservazione preventiva per limitare i rischi.

Sulla base dei dati raccolti tramite la Scheda Ambientale è stato possibile constatare un attacco entomologico in corso e realizzare un intervento di disinfestazione della Pala prima dell'esposizione in mostra. Grazie al monitoraggio microclimatico, è stato possibile definire i valori di UR da mantenere durante l'intervento di disinfestazione ponendo la Pala in condizioni di stabilità, compatibili con quelle di esposizione; successivamente il monitoraggio ha permesso di pianificare le condizioni microclimatiche di trasporto dell'opera.

Inoltre, il controllo effettuato presso i Musei Civici ha consentito di riesaminare le condizioni ambientali di esposizione della Pala confermando il perdurare di situazioni di rischio microclimatico, già emerse a seguito del monitoraggio condotto nel 2003. Sulla base di que-



24

sto risultato sono stati pianificati gli interventi di adeguamento ambientale consistenti in una climatizzazione della sala, necessari per la ricollocazione della Pala nella sua sede originale a fine mostra.

Il controllo ambientale effettuato ha costituito anche un'occasione per fare un bilancio dei rischi a cui la Pala è stata esposta nel corso della mostra su Giovanni Bellini. I risultati ottenuti hanno rivelato che, nonostante il grande afflusso di pubblico che la mostra ha ottenuto, i provvedimenti adottati hanno contenuto le diverse situazioni di pericolosità.

La realizzazione del Progetto per il monitoraggio dell'ambiente, della movimentazione e del trasporto della Pala dimostra che grazie a diverse istituzioni preposte alla tutela e ad una pianificazione concordata fra l'ISCR, la Soprintendenza PSAE delle Marche e il Comune di Pesaro e all'attenzione che l'Azienda Speciale Palaexpo rivolge agli aspetti conservativi, anche operazioni di grande complessità e delicatezza possano essere condotte con successo se affrontate con tempestività e sulla base di un corretto coordinamento delle diverse competenze coinvolte.

Note

¹ E. Giani, A. Giovagnoli, L. Gordini, M.P. Nugari, E. Ruschioni, *The use of an environmental data sheet: the case of Musei Civici of Pesaro (Italy)*, proceedings del convegno internazionale "Heritage, Weathering and Conservation, HWC-2006" (Madrid 21-24 giugno 2006), Londra 2006, pp. 463-467.

² E. Giani, A. Giovagnoli, L. Gordini, M.P. Nugari, *La Scheda Ambientale - uno strumento propedeutico al trasporto delle opere d'arte*, "Kermes", 67-68 (2007), pp. 72-76.

³ Gemini Data Loggers; Campo di misura: -30 °C/+50 °C (+/- 0.1) e 0-100% (+/-3%).

⁴ L'UCEA (Ufficio Centrale di Ecologia Agraria) ha una centralina di rilevamento poco distante in linea d'aria rispetto alle Scuderie del Quirinale.

⁵ *Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei (D.lgs.n.112/98 art.150 comma 6)*, Ministero per i beni e le attività culturali, 2001, pp. 148-149. Valori igrometrici consigliati per assicurare le condizioni ottimali di conservazione chimico-fisica del legno dipinto: 45-65%; per la prevenzione di attacchi microbiologici: 50-60%.

⁶ In particolare le postazioni di monitoraggio sul retro della Pala (DL2 e DL3) superano frequentemente il valore del 70%.

⁷ *UNI 10829, Beni di interesse storico e artistico. Condizioni ambientali di conservazione. Misurazioni ed analisi*, a cura del Comitato Termotecnico Italiano, Milano, 1999, p. 10. Escursione igrometrica giornaliera massima idonea alla conservazione di dipinti su tavola: 4 punti percentuali.

⁸ *Atto di indirizzo ... (D.lgs. n.112/98 art. 150 comma 6)*, cit., pp. 148-149. Valori termici consigliati per assicurare le condizioni ottimali di conservazione chimico-fisica del legno dipinto e per la prevenzione di attacchi microbiologici: 19-24 °C.

⁹ *UNI 10829*, cit. Escursione termica giornaliera massima idonea alla conservazione di dipinti su tavola: 1,5 °C.

¹⁰ M. Corsetti, E. Giani, *Il controllo delle condizioni espositive e di trasporto dell'icona San Nicola e scene agiografiche appartenente al Museo Bizantino della Fondazione Arcivescovo Makario di Nico-*

sia, preprint del congresso annuale IGIC "Stato dell'Arte 5" (Cremona, 11-13 ottobre 2007), Firenze 2007, pp. 25-31; D. Cauzzi, P.P. Monfardini, *Diario di viaggio di due tavole di Lorenzo Veneziano*, "Kermes", 67/68 (2007), pp. 65-71.

¹¹ Cfr. nota 9.

¹² Cfr. nota 10.

¹³ Cfr. note 1 e 2.

¹⁴ Il riconoscimento dell'ordine e della famiglia di appartenenza degli insetti catturati è stato compiuto grazie alla collaborazione con la dottoressa Elena Ruschioni dell'Istituto Centrale per il Restauro e la Conservazione del Patrimonio Archivistico e Librario di Roma.

¹⁵ In questa sede non si è ritenuto significativo eseguire il monitoraggio entomologico perché questo aspetto non è stato valutato un problema concreto; infatti gli spazi delle Scuderie del Quirinale sono molto controllati in termini di apertura infissi, frequenza delle pulizie, ecc.

¹⁶ Le larve di questi insetti si nutrono di materiale ligneo all'interno del quale vivono scavando gallerie. Dopo uno stadio pupale l'insetto si trasforma in adulto che lascia il materiale attraverso piccoli fori (fori di sfarfallamento). Si tratta di insetti molto pericolosi per il materiale ligneo.

¹⁷ Il rosario è il materiale di scarto prodotto dalla larva durante l'attività di scavo all'interno del legno; questa polvere esce dal legno attraverso il foro di sfarfallamento.

¹⁸ Cfr. Interventi di manutenzione straordinaria, in questo stesso Dossier.

¹⁹ G. Caneva, M.P. Nugari, G. Pasquariello, *L'aerobiologia applicata alla conservazione dei beni culturali*, "Bollettino ICR", n.s., 14 (2007), pp. 4-89; *Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei*, Suppl. G.U., n. 244 del 19 ottobre 2001.

²⁰ P. Mandrioli, G. Caneva, C. Sabbioni, *Cultural Heritage and Aerobiology*, Dordrecht 2003.

²¹ L'aumento della concentrazione del biossido di carbonio, che normalmente si registra all'interno delle sale espositive, è strettamente legato, in assenza di specifiche sorgenti emmissive, al numero di visitatori; nella respirazione normale, a riposo, la percentuale di biossido di carbonio espirata è circa cento volte quella dell'aria atmosferica. Il gas, per-

cio, sebbene non possa considerarsi un inquinante dell'aria, può rappresentare un buon indicatore legato alla presenza di pubblico.

²² Le polveri presenti nell'aria sono una miscela di particelle sia solide che liquide. Le loro dimensioni e la loro composizione chimica dipendono dalle fonti e dalle principali caratteristiche fisico-chimiche dell'ambiente in cui si formano, come ad esempio la temperatura, l'umidità, la pressione. Le polveri, soprattutto quelle di dimensioni minori, possono rimanere sospese nell'aria per un lungo periodo di tempo e, negli ambienti chiusi, possono anche raggiungere concentrazioni superiori a quelle esterne in assenza di sufficienti ricambi d'aria o in particolari condizioni termoisometriche. La loro pericolosità dipende dalla dimensione delle particelle di cui esse sono composte. Fino a pochi anni fa non si dava importanza a questo aspetto e si usava la sigla PTS per definire le polveri totali sospese. Attualmente molti studi scientifici hanno messo in evidenza che in effetti la pericolosità per la salute delle persone e delle opere d'arte dipende dalla dimensione dei granuli di cui esse sono costituite. Infatti quanto più le particelle sono piccole, tanto più stazionano in aria e, quali nuclei di condensazione, possono giocare il ruolo di substrato per numerose reazioni chimiche dannose. È per questa ragione che oggi i monitoraggi delle polveri aerodisperse riguardano sia il PTS che due grandi gruppi di polveri molto piccole: il PM₁₀ e il PM_{2,5} (PM₁₀ - diametro uguale o inferiore a 10 millesimi di millimetro e PM_{2,5} - diametro uguale o inferiore a 2,5 millesimi di millimetro). Le particelle più fini sono solitamente formate da metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, radicali liberi e molte molecole a carattere acido, fortemente aggressive per le superfici dei materiali.

²³ Il valore massimo misurato nella sala 1 (p 4, quota 2 m) è stato 929 ppm; il valore massimo rilevato alle Scuderie del Quirinale, durante il periodo del monitoraggio, è stato 1022 ppm presso lo Scalone di accesso alle sale (p 3, quota 2 m).

²⁴ *Atto di indirizzo ... (D.lgs.n.112/98 art.150 comma 6)*, cit., p. 127. Valori per il PM₁₀: 20-30µm³.

La *Pala di Pesaro* di Giovanni Bellini L'intervento di manutenzione straordinaria sulle superfici dipinte e sulla carpenteria

Carla Bertorello, Roberto Saccuman

Carla Bertorello

Laureata in Architettura presso il Politecnico di Torino nel 1976; nel 1980 ha conseguito il diploma di Restauratore presso l'ICR nel settore dipinti. Dal 1982 è socio della Cooperativa CBC-Conservazione Beni Culturali, Roma.

Roberto Saccuman

???????

L'esposizione a Roma del complesso della *Pala di Pesaro* si è rivelata una occasione eccezionale per rivisitare il restauro realizzato circa vent'anni fa¹ (fig. 1). Solo lo smontaggio dei sette elementi che compongono l'ancona (cornice della cimasa, architrave, pilastri, cornice e tavola dell'*Incoronazione della Vergine*, predella) ha infatti consentito una ricognizione puntuale delle condizioni conservative e la messa a punto di interventi mirati al miglioramento dell'assetto statico, nonché alla prevenzione di possibili incidenti nel corso delle movimentazioni previste.

Il restauro del 1988 aveva affrontato tutti gli aspetti conservativi dei diversi elementi, con un'attenzione particolare alla pulitura delle tavole figurate, dato che l'intervento diretto da Cesare Brandi nel 1946-47, per l'Istituto Centrale

del Restauro, era divenuto caso esemplare nella polemica sulla pulitura². Un intervento sistematico di consolidamento e fissaggio era stato dedicato alle parti intagliate e dorate delle cornici, riconosciute come punto di massima fragilità. In quel restauro si era modificato solo parzialmente il sistema di assemblaggio dei vari elementi, e si era giudicata ancora in efficienza, benché evidentemente sovradi-

mensionata, la parchettatura applicata nel 1946 sul retro dell'*Incoronazione*; il dipinto infatti si presentava privo di danni a carico delle superfici. Questa scelta si è rivelata credibile fin quando non sono mutate le condizioni termoigrometriche dell'ambiente di conservazione: la messa in funzione di un impianto di riscaldamento a termoconvettori, nell'inverno del 2002, ha causato microfessurazioni e sollevamenti del siste-



Fig. 1 - Roma, Scuderie del Quirinale, *Incoronazione della Vergine* e la sua cimasa, nuovamente ricomposte nel 2008.

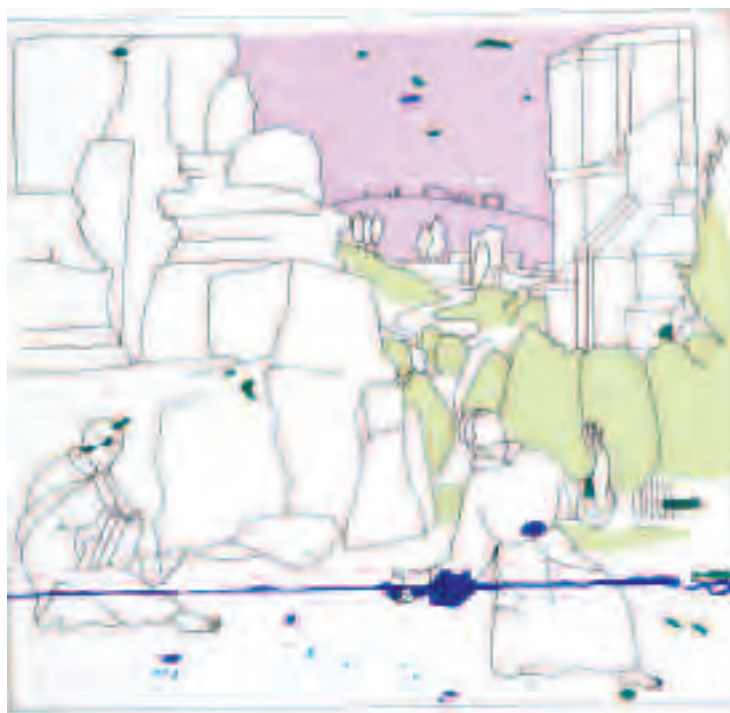
Fig. 2 - Nel dettaglio del piede del Cristo si vede l'integrazione della fenditura che attraversa la tavola, condotta in parte a tratteggio in parte ad abbassamento di tono (2008).



2

ma preparazione-pellicola pittorica/doratura, anche se di modesta entità. L'intervento di manutenzione disposto dalla direzione dei Musei Civici di Pesaro, eseguito nel giugno 2003 con una struttura di servizio mobile, è consistito principalmente in operazioni di fissaggio della pellicola pittorica e della doratura, condotte in modo da non rendere necessaria una nuova verniciatura del complesso. In quella occasione l'esame della parchettatura dell'*Incoronazione* rilevava alcuni segnali di cedimento e si prospettava la necessità di intervenire, quantomeno per liberare la tavola da un listello perimetrale che esercitava un eccessivo contenimento degli elementi mobili della parchettatura e quindi dei naturali movimenti del supporto.

Il recente intervento di manutenzione sulle superfici e sulla carpenteria, in vista del trasferimento dell'opera a Roma, programmato dopo lo smontaggio e la disinfestazione dei singoli elementi, si è svolto tra la fine di agosto e l'inizio di settembre del 2008 presso i Musei Civici³: si è posto rimedio a limitati nuovi fenomeni di degrado e si sono invece messi in atto significativi interventi di stabilizzazione della carpenteria⁴.



3



4

Le superfici decorate

Ogni elemento della Pala è stato sottoposto a spolveratura, sul fronte e sul retro, con pennellesse e se possibile, come per gli elementi lignei della carpenteria, con l'ausilio di aspiratori elettrici. I depositi più coerenti di polveri sedimentate nelle parti lignee sono stati rimossi con spugne a micropori imbevute d'acqua. Negli elementi delle cornici più esposti al deposito di particolato atmosferico, come i listelli alla base dei pilastri o i sottosquadri degli intagli, si è preferito procedere

Figg. 3, 4 - Predella, *San Francesco riceve le stimmate*; nel grafico è documentata la stuccatura delle lacune (restauro del 1988); la fotografia (2008) documenta le scelte allora operate nella reintegrazione.

Fig. 5 - Nell'esploso assometrico è evidente il sistema di collegamento e appoggio tra le parti della grande ancona.

ad una parziale sverniciatura della doratura, per rimuovere gli strati di polveri sedimentate e compattate.

Si è poi eseguito un consolidamento sistematico del legno, per imbibizione con resina acrilica, a pennello, insistendo fino a saturazione nelle parti più degradate dall'azione dei tarli⁵. Su tutte le parti della carpenteria, dopo il trattamento in anossia, è stato applicato un tarlicida a scopo preventivo⁶. Si sono rilevati estesi distacchi del sistema preparazione-doratura dalle parti intagliate delle cornici, riconducibili a due distinti fenomeni: i pregressi attacchi di insetti xilofagi, particolarmente devastanti nelle parti intagliate in legno di tiglio, hanno formato fitte gallerie subito sotto la preparazione, che dunque aderisce agli intagli in modo spesso puntiforme; la naturale contrazione del legno ha inoltre creato altri vuoti tra intaglio e gessatura. Si è quindi reso necessa-

rio un fissaggio sistematico delle dorature, ripetendo l'operazione per garantire la migliore penetrazione dell'adesivo⁷.

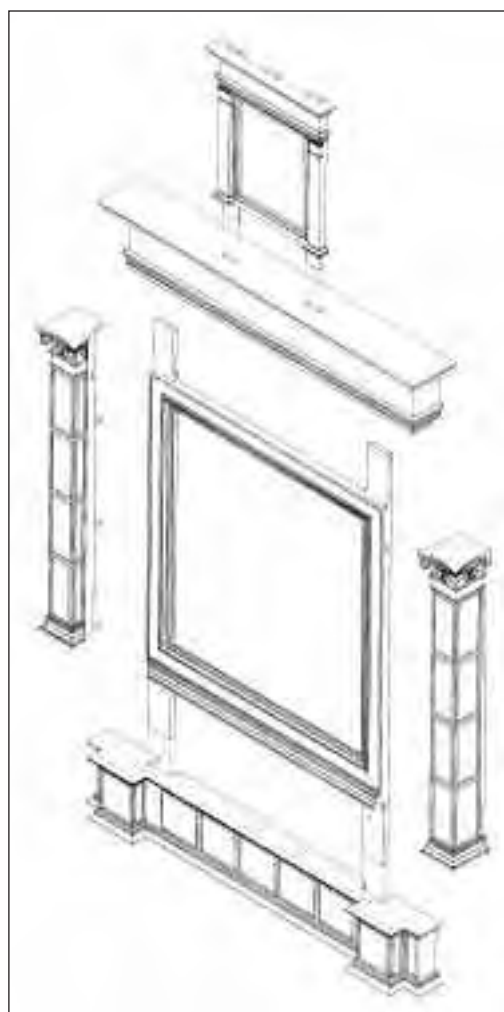
L'osservazione attenta delle superfici dipinte ha confermato una situazione decisamente soddisfacente negli scomparti della predella, dove non si sono registrati sollevamenti né della preparazione originale, né dei piccoli risarcimenti in stucco dovuti al restauro del 1988. Qualche sollevamento di modesta entità si è invece rilevato negli stessi punti già consolidati nel 2003, in corrispondenza di microfessurazioni del supporto, sui pilastri e sulla tavola centrale; in alcuni casi si sono create cadute submillimetriche del colore nella tavola dell'*Incoronazione* e sui pilastri⁸.

Un intervento di stuccatura e riequilibratura estetica si è reso necessario in tutte le parti interessate da intervento statico ed in particolare sul grande architrave, parzialmente smontato e ricomposto in questo intervento⁹.

Su tutte le parti dipinte si è controllato lo stato dei ritocchi e delle vernici del precedente restauro; con una certa soddisfazione si è constatato che le integrazioni, eseguite ad acquarello, non presentavano fenomeni di sbiadimento, né di alterazione cromatica (fig. 2); i tratteggi risultavano ancora del tutto mimetici, osservati ad una certa distanza, e anche i limitatissimi interventi con colori a vernice, eseguiti per trasparenza a velatura, non presentavano alterazioni. In accordo con Maria Rosaria Valazzi, che ha diretto i lavori, si è ritenuto di non modificare in nulla le scelte molto prudenti di quella reintegrazione; di non intervenire dunque con ricostruzioni in quelle lacune trattate allora ad abbassamento di tono (figg. 3, 4). Si è invece ritenuto opportuno procedere alla stesura di un nuovo strato protettivo su tutte le superfici decorate; gli scomparti dipinti dei pilastri e della predella sono stati verniciati a pennello, con vernice per ritocco; con la stessa vernice, applicata per nebulizzazione, è stata protetta la grande tavola centrale.

L'intervento sulla carpenteria

La struttura della Pala è molto articolata e i singoli elementi sono composti con apparente semplicità ed estrema maestria; il montaggio delle diverse parti è ottenuto con incastri



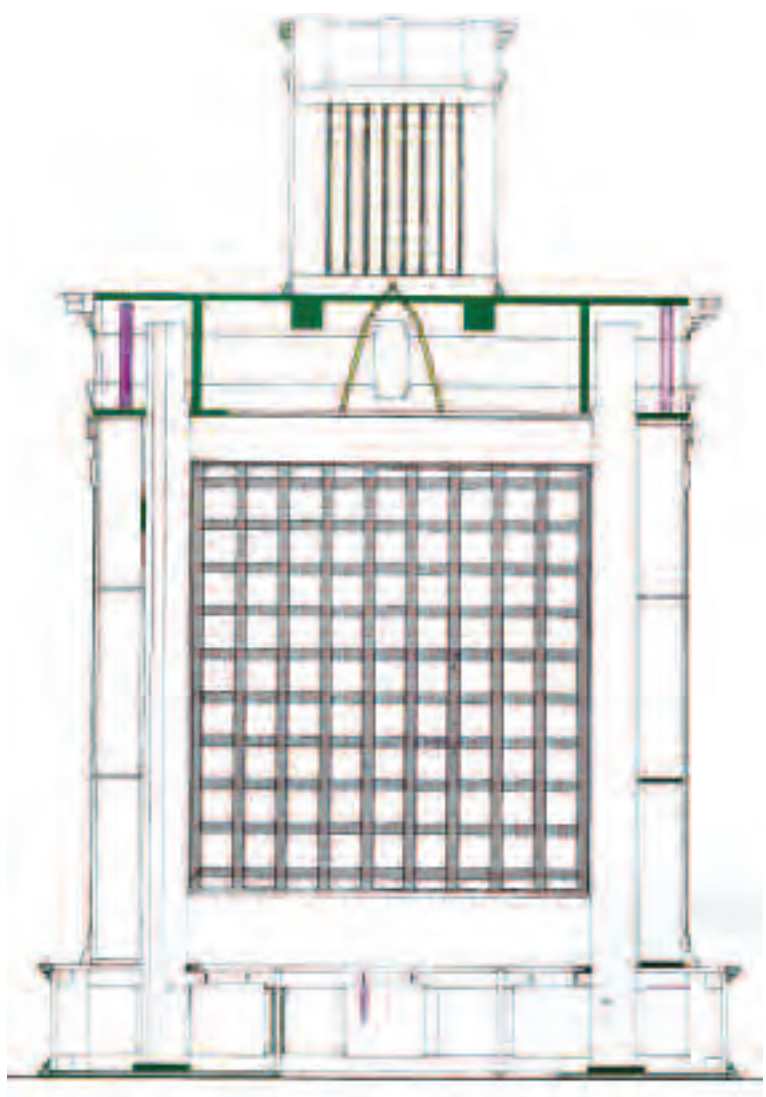
5

e appoggi, concepiti e realizzati affinché tutta la struttura sia autoportante (fig. 5). Questa proprietà è stata in qualche modo alterata dalle numerose manomissioni subite nel corso del tempo. Qui si individuano le criticità più evidenti e si indicano gli interventi più significativi attuati per migliorare la statica complessiva dell'ancona. Si è operato principalmente sui vincoli che uniscono i vari elementi, ormai quasi tutti di restauro, sugli appoggi dell'architrave, sui listelli perimetrali e sulla parchettatura della grande tavola dell'*Incoronazione* (fig. 6).

Per dare una esatta idea della complessità dell'intervento si riportano le dimensioni dei vari elementi: la cornice della cimasa ha un ingombro massimo di cm 168x144x12,5; l'architrave di cm 74x399x53; la cornice centrale di cm 454x298x15; la tavola centrale di cm 262x242; i due pilastri di cm 328x45x44; infine la predella di cm 66x325x47. Il complesso montato ha un ingombro massimo di circa m 6,30x4,00x 0,60.

La trabeazione

L'elemento che costituisce di fatto la chiusura della grande macchina, è quello che nel corso dei secoli ha subito i più vistosi attacchi biologici. Nel corso dello smontaggio i collegamenti tra le parti intagliate, fortemente degradate, e la struttura della carpenteria hanno dato segni di cedimento, rendendo necessario, oltre al consolidamento del legno, operare integrazioni della struttura portante. Questa è costituita da una scatola aperta sul retro, realizzata con due assi di abete rosso tra due piani, superiore e base, in pioppo; sulle due assi frontali, poste in alto ed in basso di taglio, è presente un incastro a mezzo spessore, in cui è inserita la piattabanda con gli intagli dorati su fondo blu. Tutti i listelli sagomati e intagliati che costituiscono la cornice di base e il notevole oggetto del cornicione, sono realizzati **probabilmente** in legno di tiglio e poi ancorati alla struttura di abete con colla e chiodi in ferro ribattuti (fig. 7). La struttura scatolare è rinforzata da due setti verticali, di restauro, posti a sostituire elementi presenti nella struttura originale ma ormai perduti. La trabeazione, essendo perduta la parte posteriore del piano di base,



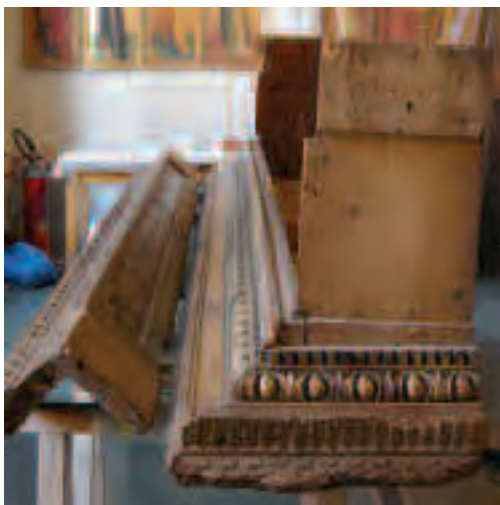
appoggiava solo sulla metà anteriore del piano superiore dei pilastri, e il suo peso gravava pertanto principalmente sul capitello intagliato; inoltre era perduto il sistema di asole per i tenoni della cornice centrale.

Il ripristino è stato condotto cercando di recuperare una migliore distribuzione dei carichi secondo un criterio più aderente al sistema originale di montaggio, in modo da restituire parte della capacità autoportante all'intera macchina. La labilità dei collegamenti tra le parti, dovuta alla depolimerizzazione delle colle e all'ossidazione dei chiodi, ha consigliato lo smontaggio della parte frontale del cornicione, per poter riassemble perfettamente i listelli dissestati e far riaderire tra loro le parti della carpenteria, a vantaggio di una maggiore solidità. Sul retro della struttura lignea in

Fig. 6 - Nel grafico (1988) sono evidenziati gli interventi di ripristino di elementi originali della carpenteria e le parchettature delle due tavole principali.

Fig. 7 - La trabeazione durante lo smontaggio parziale.

Fig. 8 - Quadrelli in legno di quercia posti a rinforzo della giunzione angolare della trabeazione.



7

abete le giunzioni angolari sono state rinforzate con l'inserimento di quadrelli in legno di rovere, rivestiti in sughero (fig. 8). Per migliorare l'appoggio sui capitelli e realizzare l'asola di invito per i tenoni verticali della cornice centrale si è ripristinata la parte mancante della base del cornicione (fig. 9). Il setto in corrispondenza dei tenoni è stato modificato; si sono posizionati due regoli affiancati a creare un incastro, una sorta di guida a C per il corretto inserimento del tenone (fig. 10).

Tutte le parti aggiunte sono realizzate in legno, nel rispetto delle specie originali presenti, rispettivamente: pioppo per le tavole d'appoggio, tiglio per le parti intagliate e abete per quelle strutturali. Le ricostruzioni sono state trattate con mordente per ridurre il contrasto cromatico con le parti originali.

La cornice centrale

È l'elemento portante di tutta la macchina, costituito da una struttura di base realizzata con quattro assi di abete rosso, giuntate con incastri a mortasa e tenone, bloccati da perni in legno. Su questa struttura sono montati i raffinati intagli e i listelli sagomati che li incorniciano. Lungo i profili verticali si rileva una doppia serie di incastri con sezione a coda di rondine, in origine funzionali al collegamento con i pilastri ed ora non più in uso. Sul retro dei montanti verticali sono inoltre leggibili le tracce della presenza di altri due elementi molto importanti sotto il profilo statico, ora perduti: si trattava di rinforzi collegati alle assi



8

mediante chiodatura; probabilmente elementi quadrangolari che davano luogo ad un vero e proprio pilastro con sezione a T, aumentando capacità portanti e resistenza. In origine la tavola dell'*Incoronazione* doveva essere inserita nella cornice dal fronte: nel telaio in legno di abete era infatti presente una controbattuta, dello spessore di circa cm 1,8 che è stata rimossa nel passato¹⁰.

Su questo elemento non sono stati necessari interventi strutturali; ci si è limitati a compensare, per ragioni estetiche, le fessurazioni conseguenti al naturale ritiro del legno, in corrispondenza delle giunzioni angolari. Le mancanze, in precedenza stuccate, sono state integrate con listelli in legno di tiglio, montati in vena con una delle due parti, e poi intagliati.

I pilastri

Sono realizzati con un sistema scatolare aperto sul retro, analogamente al cornicione e alla predella; in questo caso però struttura portante ed elementi decorati coincidono.

Sono infatti dipinti tutti e tre i lati dei pilastri, realizzati tutti su assi in legno di pioppo, piuttosto sottili. Sulla base è montata una cornice intagliata, lavorata a parte; anche i capitelli intagliati a foglie sono realizzati su elementi applicati. La struttura scatolare è irrigidita da quattro tavolette, due delle quali costituiscono rispettivamente la base di appoggio per l'architrave in alto e per il pilastro stesso in basso. Nel montaggio originario, il collegamento tra la cornice centrale e i pilastri era garantito da una coppia di assicelle sagomate, inserite negli incastri a coda di rondine, presenti lungo il profilo del telaio della grande cornice. Nella sistemazione attuale, la posizione dei pilastri è assicurata alla cornice da una coppia di staffe in metallo, assicurate mediante viti.

Nella revisione, tesa a migliorare tutti gli appoggi della struttura, si sono sostituiti due setti del pilastro sinistro, già di restauro¹¹, disposti contro-vena e semplicemente incollati alle pareti dei pilastri; l'incollaggio aveva infatti ceduto rendendo poco sicuro l'assemblaggio delle parti. Le nuove tavolette, disposte nel verso di quelle originali, sono inserite in un listello fissato all'interno dello scatolare e dotato di un incastro per alloggiare il setto di rinforzo, così da evitare l'impiego di vincoli metallici.

La tavola con l'Incoronazione

Si compone di 6 assi disposte in verticale, unite tramite incollaggio e ulteriormente assicurate da cambre (grappe) a farfalla, in gran parte di restauro. Le assi in legno di pioppo risultano assottigliate, fino allo spessore medio di circa mm 19. Osservando le tavole dal retro, si nota che la seconda e la quarta sono ricavate con taglio tangenziale, mentre le altre rivelano un taglio sub-tangenziale, con eliminazione delle zone centrali. Questa scelta rende il supporto meno sensibile alle deformazioni conseguenti alle variazioni termigometriche e al naturale invecchiamento e dimostra una particolare attenzione alla stabilità del supporto; le assi presentano fibre dritte e regolari e non sono presenti nodi di dimensioni apprezzabili.

Nel 1946-47 presso l'ICR si operò sul supporto una scelta drastica, peraltro in linea con



le metodologie del tempo; la tavola fu assottigliata, interamente *sverzata* e vi fu applicata una pesante parchettatura, costituita da 10 regoli in legno di larice, incollati lungo vena, e 10 traverse scorrevoli, in legno di faggio. L'intervento era stato effettuato con una certa riserva, visto che la tavola presentava ancora la carpenteria originale, nella convinzione di poter condizionare le deformazioni e le disgiunzioni delle assi¹². I tagli di raddrizzamento, che interessano circa i 2/3 dello spessore della tavola, si concentrano in particolare nelle assi nn. 4-5-6, più limitatamente nelle assi 2-3; i tagli e il successivo inserimento delle *sverzine* a cuneo, per forzare il raddrizzamento del legno, sono ad intervalli regolari di 2-3 cm. Le giunzioni tra le assi sono state risanate con l'inserimento di cunei, di sezione molto larga (angolo al vertice superiore ai 90°)

Fig. 9 - Celetto dell'architrave: ricostruzione dell'asola di invito per i tenoni della cornice e parte posteriore della base che poggia sul capitello sinistro.

Fig. 10 - Nel dettaglio di scorcio si vede la guida di scorrimento per i tenoni della cornice



11

per circa $\frac{1}{3}$ dello spessore del supporto. Le cambre a farfalla che potrebbero essere originali sono in pioppo, mentre quelle sostituite o inserite nei restauri sono in legno di noce. I listelli perimetrali in faggio, messi per compensare il disavanzo tra la tavola e la cornice, erano avvitati alle assi del dipinto, a chiudere i fori di scorrimento delle traversine, praticati nei regoli di faggio.

Le operazioni condotte sul supporto del dipinto si sono indirizzate al recupero della scorrevolezza delle traverse della parchettatura, che risultavano bloccate in corrispondenza degli incastri nei regoli fissi, per la cristallizzazione delle sostanze minerali, usate come lubrificanti. Va notato che le traverse per un certo tempo hanno assolto la loro funzione, prima di bloccarsi: lo dimostrano i movimenti delle stesse, in particolare nella parte bassa a destra, avvenuti in modo disomogeneo (fig. 11). Alcune traversine si sono appoggiate ai listelli di compensazione perimetrali, sui quali esercitavano una pressione che ha interagito sulle fessure e le giunzioni delle assi. Tali movimenti sono sicuramente la causa dei sollevamenti del sistema preparazione-pellicola pittorica, prodottisi negli ultimi anni, in condizioni termoigrometriche particolarmente avverse.

L'intervento è consistito nella rimozione temporanea dei listelli, nei quali si sono realizzati una serie di scassi, coincidenti con le traversine scorrevoli; si è così aumentato lo spazio utile per lo scorrimento, portandolo complessivamente a sei centimetri. Le traversine, rimosse una alla volta, messe a registro e ripulite dai depositi, sono state lubrificate con polveri antigrippaggio per renderle nuovamente scorrevoli. I listelli perimetrali sono stati avvitati sui longheroni in larice e non più sulle assi della tavola, come in precedenza.

La predella

La struttura scatolare, aperta sul retro, è composta di due assi orizzontali che fungono da piani d'appoggio, unite tra loro da due setti centrali e, alle estremità, dai pannelli verticali che costituiscono i plinti dei pilastri. Sul fronte è applicato un telaio, in legno di abete rosso, nel quale sono alloggiate le scene dipinte con le storie dei santi; cinque nella parte centrale della predella e due nei pilastri. La manomissione più significativa riguarda le scene dipinte al centro, in origine realizzate su due assi continue, contenenti rispettivamente tre e due delle scene. Le assi furono resecate per rendere apribili tre scomparti della predella, da sinistra: la *Conversione di San Paolo*, la *Natività* e *San Francesco che riceve le stimmate*; l'apertura a ribalta era garantita da una



12

Fig. 11 - L'immagine testimonia i movimenti delle traverse della parchettatura.

Fig. 12 - Sistemi di vincolo per l'inserimento degli scomparti delle predelle.

coppia di cerniere applicate sul retro.

L'intervento attuale è consistito nella sostituzione dei vincoli utilizzati per la sistemazione delle tre tavolette all'interno della predella. Le lamelle in alluminio avvitate al telaio interno sono state sostituite da fermi in legno dotati di *pressori*, posti in corrispondenza dei precedenti agganci. Gli elementi in legno di rovere sono fissati alla cornice con viti, mentre il pressore che agisce sulle tavole è costituito da un piattello in ottone rivestito di sughero, spinto da una molla in acciaio la cui pressione è regolata da una vite, in modo che l'azione sulle tavole sia la più lieve possibile e non interferisca eccessivamente con le dilatazioni naturali del legno. Inoltre, per evitare che nelle movimentazioni le superfici dipinte possano essere abrase dai listelli interni delle cornici, si sono rivestite le battute con lamelle di sughero (fig. 12).

Note conclusive, indicazioni per le movimentazioni, proposte per la manutenzione futura

Nell'intervento di manutenzione si sono confrontati i dati rilevati nel restauro del 1988, sia grafici che analitici, per fornire utili prescrizioni per la futura manutenzione. Alla luce del comportamento in fase di movimentazione, oltre che dell'osservazione diretta in fase di intervento, possiamo dire che le parti più fragili e meno stabili dell'intero complesso sono gli elementi intagliati delle cornici. Se la carpenteria in legno di abete si presenta piuttosto solida, fatta eccezione per i tenoni della grande cornice e i setti laterali della predella (incorporati nei pilastri di ripristino), le parti intagliate dei rilievi e dei listelli che li incorniciano, realizzate in legno di tiglio, sono le più aggredite dagli insetti xilofagi. Le profonde gallerie hanno provocato una sensibile riduzione della compattezza del legno, modificandone le proprietà meccaniche. Il consolidamento eseguito in più riprese, anche nell'attuale intervento, può contrastare solo parzialmente tale fragilità, che è da ritenersi ormai permanente anche se stabilizzata. Data la difficoltà di operare con gli elementi montati, non va sottovalutata l'opportunità di poter movimentare i pezzi e lavorarli a terra, in future manutenzioni.

Dopo la ricollocazione dell'opera nei Musei Civici pesaresi, per garantire la sua migliore conservazione, si consiglia di effettuare un monitoraggio continuo e di mettere in atto un piano di intervento programmato che non trascuri nessun elemento, con particolare attenzione alle zone di maggiore criticità.

Si ricorda che è bene praticare la spolveratura periodica della Pala e della sua carpenteria, da effettuare con cadenza al massimo mensile, da personale appositamente addestrato e sotto il controllo di un restauratore. In coincidenza e prima della spolveratura, aiutandosi con luci orientate, radenti alle superfici, si verificherà che non siano presenti sollevamenti o distacchi del sistema preparazione-colore o preparazione-doratura. La verifica dovrà essere fatta tenendo conto del quadro fessurativo e delle lacune stuccate, mappate negli ultimi interventi del 1988 e del 2003, che coincidono tutte con i nuovi piccoli danni cui si è posto rimedio nell'estate del 2008. Nel caso si verifichino situazioni di instabilità, nuove o coincidenti con le zone citate, dovranno essere predisposti gli opportuni interventi di manutenzione.

Nel controllo periodico, si dovrà segnalare anche l'eventuale presenza di rosome, prodotto da attacchi di insetti xilofagi. La climatizzazione della sala renderà meno facili aggressioni di questa natura; ciò non toglie che sarebbe auspicabile un trattamento periodico preventivo con prodotto idoneo, da applicare sul retro della carpenteria con cadenza biennale.

I Musei Civici conservano, presso i loro archivi, tutta la documentazione fotografica e grafica del restauro del 1988, particolarmente esaustiva per le parti dipinte ed utile per poter effettuare i controlli suggeriti con maggiore consapevolezza; sarebbe auspicabile, per gestire più agevolmente tale documentazione, che il materiale fosse riversato su supporto informatico. Risulta più complesso il controllo nelle parti intagliate dell'architrave, nelle cornici della cimasa e della tavola centrale e nei pilastri, per le quali non si dispone di grafici con i dettagli dello stato di conservazione, data l'estensione e la frammentarietà delle lacune e dei danni che interessano i fitti intagli.

Vista l'esperienza maturata in occasione dell'eccezionale trasferimento, si suggeriscono alcune prescrizioni da adottare in future movimentazioni e accorgimenti per il montaggio.

Nel nuovo allestimento previsto all'interno del museo a Pesaro, la struttura portante alla quale addossare la Pala dovrà essere sufficientemente rigida e pesante, in modo da garantire un adeguato sostegno agli elementi, in particolare l'architrave e la cornice centrale. La funzione portante di questo elemento, attorno al quale sono posizionate le altre parti, risulta parzialmente compromessa per le manomissioni subite. Pertanto si deve considerare la possibilità di creare dei nuovi vincoli, almeno 3 per lato, da disporre sui montanti verticali della cornice che dovranno essere rinforzati, a loro volta, con strutture di irrigidimento (elementi a *traliccio*) in grado di sostenere il peso anche della trabeazione e della cimasa, ripartendo meglio i carichi. La finalità è quella di riproporre la struttura originale dei montanti con sezione a T, aumentando così la rigidità della struttura. Per operare in sicurezza può risultare estremamente utile il posizionamento di un argano meccanico per il sollevamento delle parti, esso può trovare collocazione su una struttura provvisoria, o su una struttura fissa, se come previsto si vorrà posizionare la tavola su una struttura prefabbricata, non a parete. Il nuovo sostegno dovrà consentire sia il montaggio della tavola centrale dal retro, che della trabeazione e consentire l'ispezione dell'intera macchina, in ogni momento e in ogni suo punto. Si consiglia inoltre di preve-

dere uno spazio, dietro alla grande ancona, sufficiente ad effettuare tutte le operazioni nella posizione definitiva. È infatti poco opportuno spostare l'intero complesso montato, ad esempio su una struttura dotata di ruote, in quanto l'operazione sottopone gli incastri e le parti più deboli a sollecitazioni che possono essere pericolose. Per la movimentazione, in particolare della trabeazione, si deve prevedere sempre una doppia imbragatura, per consentire di sollevarla in equilibrio e per non arrecare danno alle cornici, previa un'opportuna protezione delle stesse. La medesima attenzione sarà adottata per la movimentazione della tavola centrale, che va spostata sempre con una protezione che favorisca l'irrigidimento temporaneo dei margini superiore ed inferiore; allo scopo sono stati realizzati dei profilati ad U, di legno, foderati in neoprene, che sono serviti in tutte le operazioni di imballaggio e movimentazione. Per quanto riguarda la tavola dell'*Incoronazione*, una volta verificate le mutate condizioni climatiche nello spazio espositivo allestito presso i Musei Civici di Pesaro, si potrà valutare l'opportunità di un nuovo intervento sul retro del dipinto, che sostituisca l'attuale parchettatura con una struttura di contenimento più idonea.

Note

¹ IL restauro fu realizzato presso i Musei Civici di Pesaro, nella sala dove la Pala è esposta al pubblico. Curato dalla CBC, Conservazione beni culturali di Roma, fu diretto da Michele Cordaro per l'Istituto Centrale del Restauro e da Maria Rosaria Valazzi, per la Soprintendenza per il Patrimonio Storico Artistico ed Etnoantropologico delle Marche. Contemporaneamente si interveniva, presso i Musei Vaticani, sulla tavola già nella cimasa della *Pala di Pesaro*, raffigurante il *Compianto su Cristo morto con i Santi Giuseppe d'Arimatea, Nicodemo e Maria Maddalena*. Il restauro fu diretto, per la Pinacoteca Vaticana, da Fabrizio Mancinelli. Di entrambi gli interventi si dà ampia documentazione in *La Pala ricostituita* a cura di Maria Rosaria Valazzi, Venezia 1988.

² Per le notizie storiche riferite ai restauri di fine '800 e del '900 fino a quella dell'ICR, cfr. F. Tesini, *La Pala di Pesaro. Vicende, trasferimenti e restauri dal 1862 al 1954*, pp. 40-50; C. Bertorello, G. Martellotti, *Lo stato di conservazione in rapporto alle vicende storiche*, pp. 98-105 in *La Pala ricostituita*, cit.

³ L'intervento ha fatto seguito ad una fase di monitoraggio ambientale finalizzata anche all'adeguamento climatico della sala; si veda in questo stesso numero E. Giani, L. Gordini, A. Giovagnoli, M. P. Nugari, *I controlli ambientali*, in questo stesso Dossier.

⁴ L'intervento, diretto da M. Rosaria Valazzi per la Soprintendenza per il Patrimonio Storico Artistico ed Etnoantropologico delle Marche, è stato curato, per le superfici decorate e dipinte dalla CBC-Conservazione Beni Culturali di Roma; hanno partecipato: Carla Bertorello, Elena Mercanti, Paola Mancini, Lucia Tito, con la collaborazione di Chiara Munzi. Gli interventi sulla carpenteria, comprese le modifiche dei sistemi di ancoraggio e di vincolo degli elementi tra loro, sono stati curati dalla Roberto Saccuman snc di Perugia, nelle persone di Roberto Saccuman e Renato Fraccaro.

⁵ Paraloid B72 in acetone in rapporto variabile dal 5:100 al 10:100, secondo necessità.

⁶ Permetar in petrolio, Phase.

⁷ La riadesione è stata effettuata con infiltrazioni di resina acrilica in emulsione. Primal B60A in acqua e alcol, in rapporto variabile dal 5:100 al 10:100, secondo necessità.

⁸ Tutti i distacchi sono stati riadesi con resina acrilica in emulsione, per infiltrazione, secondo le modalità indicate alla nota precedente.

⁹ La stuccatura è stata effettuata in modo estensivo nelle zone più degradate del legno, per migliorarne la coesione, dopo aver effettuato il consolidamento. Si sono stuccate le cavità più profonde con pasta di legno; nelle parti dorate i fori di sfarfallamento più evidenti sono stati risarciti con gesso di Bologna e colla di coniglio. Analogo impasto è stato utilizzato per le piccole cadute, sugli scomparti dipinti.

¹⁰ In merito ai dati costruttivi della complessa carpenteria si veda anche: C. Bertorello, G. Martellotti, *Per una lettura critica dei dati tecnici*, pp.85-88 in *La pala ricostituita*, cit.

¹¹ I due elementi risultavano controvena, ed in un caso la tavola di irrigidimento ripristinava solo parzialmente il setto originale.

¹² Nella scheda di restauro si legge: *A questo proposito si dovette rimuovere l'antica intelaiatura fissa a tergo della tavola, che risultò essere ancora quella originaria del Bellini, ma ormai causa prima dei danni*, C. Brandi in *V Mostra di Restauri*, Roma, 1948, pp. 23-24.

Il monitoraggio della movimentazione e del trasporto

Alexandra Andresen, Massimo Corsetti, Elisabetta Giani

Premessa

Con l'obiettivo di disporre di una sempre maggiore quantità di dati oggettivi su cui basare la scelta dei materiali e le modalità di movimentazione di opere d'arte, in occasione della pianificazione del trasporto della Pala di Giovanni Bellini dei Musei Civici di Pesaro, l'Azienda Speciale Palaexpo, in collaborazione con l'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro e la ditta di trasporto Arteria, ha avviato un progetto di studio sulle diverse tipologie di casse e imballaggi.

In conseguenza dell'eccellenza dell'opera – per importanza, dimensioni e complessità – il programma di approfondimenti e controlli ha, in primo luogo, preso in esame la tipologia delle casse più frequentemente utilizzate, individuate sulla base di dati statistici relativi a diverse mostre organizzate presso le Scuderie del Quirinale¹.

Successivamente, sulla base delle informazioni raccolte mediante questo studio statistico e a seguito di prove sperimentali svolte direttamente su casse di prova si è infine arrivati alla progettazione della cassa e dell'imballaggio per il trasferimento della Pala.

Analisi statistica di casse e imballaggi

Lo studio svolto si è articolato in quattro fasi:

fase 1:

schedatura analitica, corredata da fotografie di casse e imballaggi utilizzati per il trasporto delle opere d'arte alle Scuderie del Quirinale²;

fase 2:

realizzazione di quattro casse test e uso di datalogger³, per la verifica delle prestazioni dei materiali antiurto e coibentanti utilizzati principalmente in Italia per la foderatura delle casse;

fase 3:

sperimentazione mediante strumentazione ad alta tecnologia per la messa a punto delle modalità di monitoraggio delle condizioni di trasporto;

fase 4:

studio dell'imballaggio della grande pala lignea e monitoraggio del trasporto.

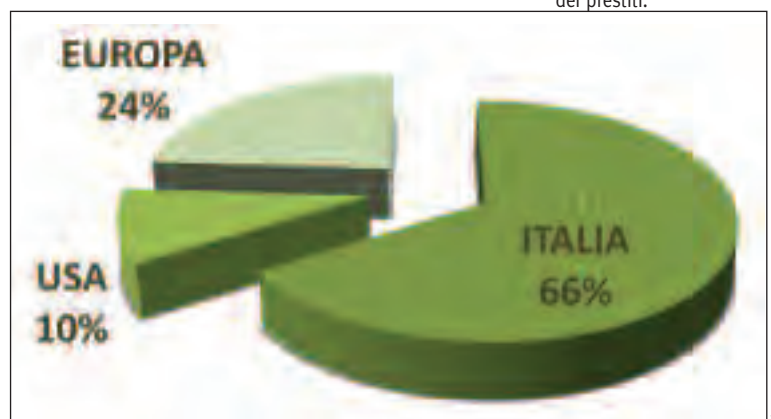
La prima fase del progetto, avviata nell'autunno del 2007, è consistita nella schedatura di tutti gli imballaggi, rigidi o morbidi, utilizzati per il trasporto delle opere d'arte alle Scuderie del Quirinale in occasione di tre diversi eventi espositivi, e nella successiva organizzazione delle informazioni in una banca dati che consentisse di studiare, su base statistica e comparativa, le diverse tipologie fisiche di imballaggio e i materiali utilizzati.

Alexandra Andresen
?????????

Massimo Corsetti
?????????

Elisabetta Giani
?????????

Fig. 1 - Paesi di provenienza dei prestiti.



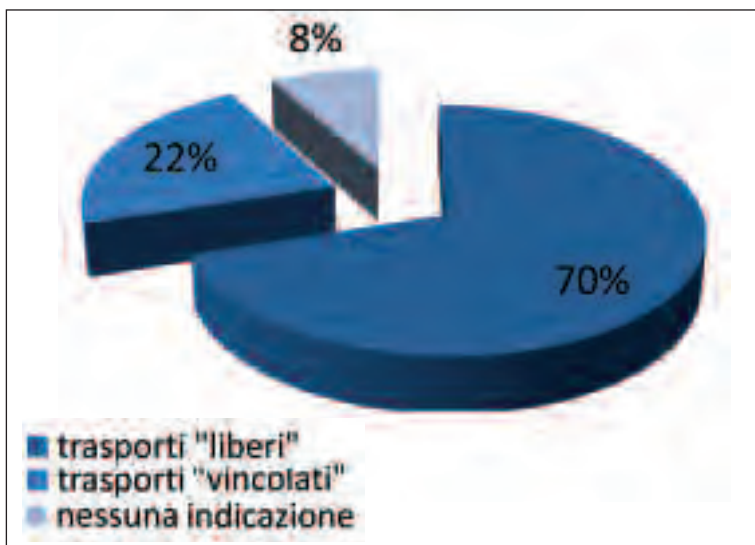


Fig. 2 - Percentuali delle modalità richieste dai prestatori.

Tab. 1 - Caratteristiche delle casse per i test.

I primi risultati ottenuti si basano su un periodo di schedatura di tredici mesi durante i quali le Scuderie del Quirinale hanno ospitato 296 opere – dipinti su tela e su tavola, sculture, opere su carta, collage, installazioni – concesse da 173 prestatori, provenienti da 20 diversi paesi – europei e statunitensi – per un totale di 278 casse (fig. 1).

Per raccogliere i dati e organizzarli in modo omogeneo è stata messa a punto una Scheda Imballaggio corredata da fotografie. I dati contenuti in ciascuna scheda sono in sintesi i seguenti: elementi identificativi della cassa; presenza di datalogger all'interno della cassa; cassa singola o doppia e, ancora, se la cassa è stata realizzata su misura oppure no. Segue la

descrizione dei materiali utilizzati per l'imballaggio dell'opera e per la foderatura della cassa, quando non si tratta di imballaggi morbidi, e le note relative all'installazione dell'opera.

Tra i primi dati è emerso che il 22% dei prestatori prescrive o vincola una ditta di trasporto o indica precise modalità di imballaggio, il 70% chiede che il trasporto sia affidato ad una ditta specializzata nella movimentazione di opere d'arte, mentre l'8% degli enti prestatori non dà indicazioni di alcun tipo (fig. 2).

La scelta e la predisposizione di imballaggi idonei è tuttavia uno degli strumenti fondamentali per minimizzare i rischi legati alla movimentazione delle opere d'arte. A tale proposito, laddove non vengano indicate dai prestatori specifiche modalità di imballaggio e di trasporto, l'Azienda Speciale Palaexpo-Scuderie del Quirinale fornisce alcune indicazioni di massima elaborate in collaborazione con personale specializzato preposto alla tutela e alla gestione dei beni culturali.

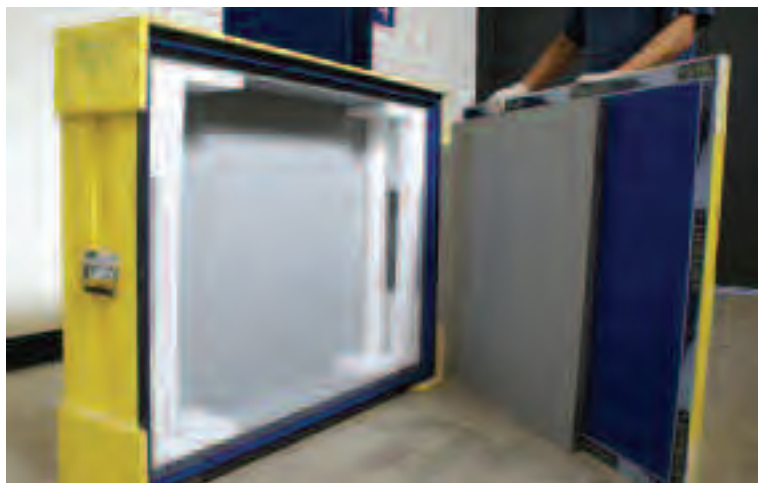
La ricerca ha confermato una certa omogeneità delle caratteristiche fisiche delle casse, prevalentemente in legno multistrato, verniciato, di spessore variabile tra gli 8 e i 18 mm, dotate di maniglie per la movimentazione e strisce in legno di rinforzo, mentre ha evidenziato le molte differenti modalità di foderatura interna e di imballaggio delle opere d'arte. In sintesi alcuni dei dati statistici emersi:

- nel 92% dei casi si trattava di casse singole, nell'8% dei casi di casse doppie;
- il 63% delle casse non erano state costruite

	FODERATURA INTERNA	COIBENTAZIONE TERMICA	PROTEZIONE ANTIURTO
Cassa 1	impermeabile con Accoppiato Barriera (Alluminio/Polietilene)	poliuretano espanso spessore 30 mm, densità 20 kg/m ³	poliuretano espanso spessore 30 mm, densità 20 kg/m ³
Cassa 2	impermeabile con polietilene HD	poliuretano espanso spessore 30 mm, densità 20 kg/m ³	poliuretano espanso spessore 30 mm, densità 20 kg/m ³
Cassa 3	impermeabile con polietilene HD	polistirolo espanso spessore 30 mm, densità 25 kg/m ³ , foderato con TNT	polietilene espanso spessore 30 mm, densità 25 kg/m ³
Cassa 4	impermeabile con Accoppiato Barriera (Alluminio/Polietilene)	polistirolo espanso spessore 30 mm, densità 25 kg/m ³ , foderato con TNT	polietilene espanso spessore 30 mm, densità 20 kg/m ³

Esterno in legno compensato da 10 mm con strisce di rinforzo da 80x20 mm
 Verniciatura impermeabilizzante e ritardante contro il fuoco
 Guarnizione di protezione in neoprene sul coperchio per prevenire infiltrazioni di aria o acqua
 Maniglie

Tab. 1



- su misura;
- la quasi totalità delle casse era in legno, che nell'85% dei casi era trattato con vernice impermeabilizzante e ralltante il fuoco;
- il 30% delle casse presentava una quantità esigua di materiale di coibentazione;
- il 63% delle opere non era avvolto in materiale protettivo (TNT, fogli di polietilene, carta velina, ecc.);
- il 7% delle casse era, all'interno, climatizzato passivamente mediante materiale tampone preventivamente condizionato (panetti di silice gel o fogli di ArtSorb);
- il 4% delle casse era dotato di datalogger per la registrazione di T ed UR;
- il 3% delle opere ha viaggiato in climabox.

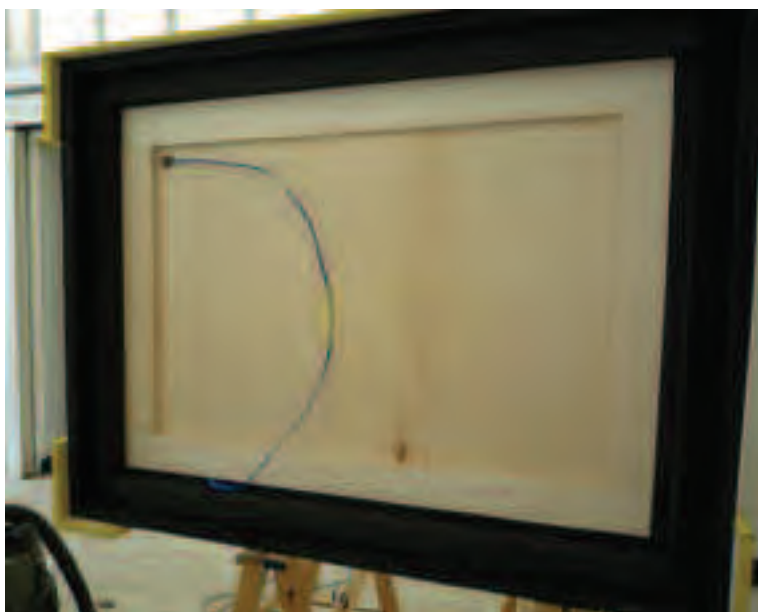
La seconda fase del progetto ha previsto la

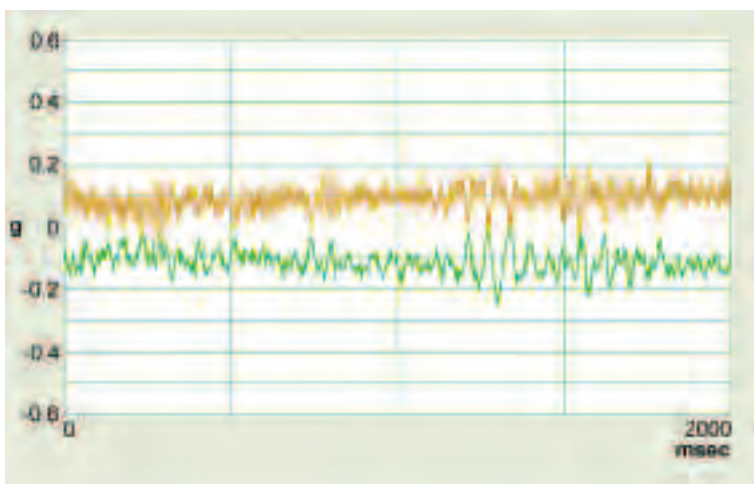
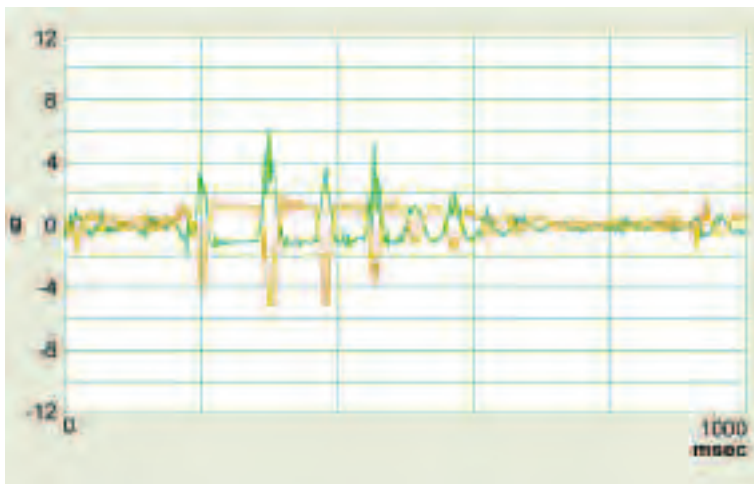
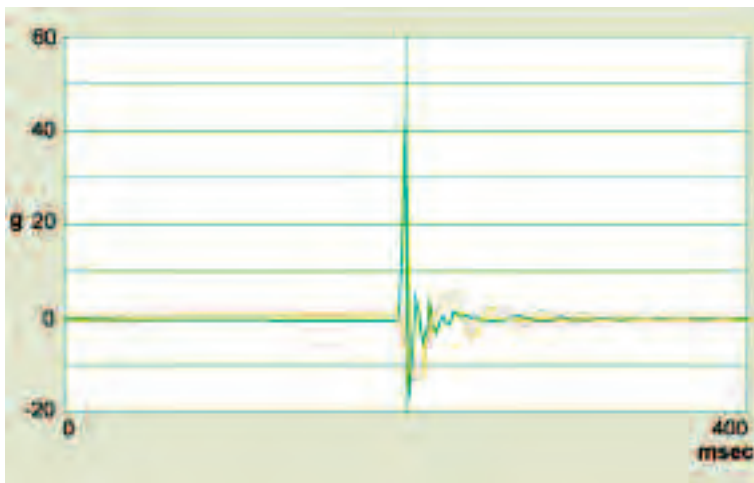
costruzione e il monitoraggio di 4 casse test, strutturalmente identiche, ma dotate di diversa foderatura interna (tab. 1). Le casse, delle dimensioni di 135x30x105 cm, sono state realizzate in legno compensato, dello spessore di 10 mm, trattato con vernice ritardante il fuoco e impermeabilizzante, dotate di maniglie in acciaio per la movimentazione e strisce in legno di rinforzo di 80x20 mm e distanziatori alla base per il *transpallet*, il coperchio rifinito con strisce di neoprene – gomma ad azione isolante e sigillante – e chiusura con viti e boccole filettate in acciaio (figg. 3, 4).

Le schiume con funzione antiurto e di coibentazione termica, utilizzate in diversi spessori e densità a seconda delle caratteristiche fisiche dell'oggetto da trasportare (dimensio-

Figg. 3, 4 - Esterno e interno di una cassa test.

Figg. 5, 6 - Accelerometro principale e accelerometro secondario.





ni, peso, ecc.), sono: il poliuretano espanso, ad azione sia coibentante che antiurto; il polistirolo espanso, ad azione prevalentemente coibentante; il polietilene espanso, che svolge azione coibentante ed antiurto.

Messa a punto della strumentazione e prove preliminari

La terza fase del progetto è consistita, come detto, nell'effettuare una serie di prove sperimentali su casse tipo, costruttivamente identiche ma differenti per i materiali utilizzati internamente.

Sulle casse è stata montata di volta in volta la strumentazione necessaria, individuata a seguito di precedenti esperienze⁴, atta a misurare e registrare le sollecitazioni meccaniche derivanti dalla movimentazione e dal trasporto.

All'interno di ciascuna cassa è stata posta una tavola a simulare l'opera.

Nonostante le casse fossero di dimensioni significativamente più piccole rispetto alla cassa successivamente realizzata per il trasporto della Pala, e che le prove siano state condotte in viaggi successivi, disponendo di una coppia di accelerometri, i dati raccolti hanno contribuito ad accrescere le informazioni relativamente alle condizioni di trasporto ed alle modalità di movimentazione dell'opera, nonché alla messa a punto della strumentazione utilizzata per la prima volta in questa occasione.

Le misure sono state effettuate con un datalogger Lansmont in grado di misurare l'accelerazione su tre assi, la temperatura e l'umidità relativa; ad esso è stato collegato, mediante cavi, un secondo accelerometro triassiale del peso di alcuni grammi.

L'assetto di misura è consistito nel datalogger Lansmont, posizionato di volta in volta sull'esterno della cassa su un apposito supporto fissato mediante bulloni, a cui è stato collegato l'accelerometro secondario mediante cavi fatti passare attraverso un foro (successivamente siliconato) praticato sul retro della cassa. L'accelerometro secondario, avendo dimensioni così ridotte, ha poi consentito un fissaggio poco invasivo e facilmente reversibile sul retro della Pala, ed in particolare sulla parchettatura, utilizzando anche in questo caso un apposito supporto fissato mediante Loctite (figg. 5, 6).

Tutti i dati sono stati registrati nella memoria dello strumento principale per la successiva elaborazione. In questo modo è stato possibile comparare i dati accelerometrici delle sollecitazioni subite dalla cassa con quelle trasmesse alla tavola in essa contenuta⁵.



10



11

Per gli eventi significativi (eventi *signal*) si è scelta una soglia pari a 3 g (tre volte l'accelerazione di gravità) e una frequenza di campionamento di 500 Hz.

Lo strumento registra comunque dati ad intervalli di tempo regolari (eventi *timer*), anche quando la soglia non è superata. In questo modo si ha un quadro complessivo delle condizioni normali di trasporto (anche di quando “non succede nulla”), oltre ad una registrazione dettagliata degli eventi significativi (quelli con sollecitazioni maggiori di 3 g).

Nel grafico di figura 7 è riportato l'andamento tipico di uno shock caratterizzato da un evento di tipo impulsivo che si smorza rapidamente nel tempo, relativo alla cassa 1. Questo evento si è verificato nel corso di una movimentazione a mano. Si evidenzia per la cassa un picco di circa 40 g e per la tavola un picco di circa 13 g. L'andamento smorzato nel tempo è dovuto all'effetto dell'imballaggio. Si sottolinea che a fronte di un'elevata intensità dello shock, la durata dell'intero fenomeno è di circa 100 millisecondi (la pericolosità di un evento dipende anche dalla sua durata)⁶.

Nel grafico di figura 8 è invece riportato l'andamento tipico di una vibrazione, caratterizzata da un evento di tipo periodico che si smorza

nel tempo. Anche questo evento si è verificato nel corso di una movimentazione a mano, durante il trasporto della cassa su carrello. L'andamento periodico della sollecitazione, di intensità pari a 6 g, è legato alla tipologia di pavimentazione del piazzale dove sono state movimentate le casse. Le curve mostrano che l'imballaggio non sembra, in questo caso, produrre alcun effetto significativo nell'attenuazione della sollecitazione della tavola di prova.

Infine, a titolo di esempio si riporta in figura 9 la registrazione di un evento di tipo *timer*, relativo alla cassa 4. Come si vede il livello del segnale è molto basso (0,1 g), vicino al fondo scala dello strumento. Questo tipo di sollecitazione deriva dal viaggio su gomma, in assenza di eventi traumatici quali brusche frenate, buche, ecc.

Dall'esame dei dati delle prove preliminari è stato messo in luce che:

- 1 – gli shock più significativi si sono sempre verificati durante le fasi di movimentazione a mano, con durata dell'evento dell'ordine delle decine di millisecondi;
- 2 – le vibrazioni più significative si sono verificate durante il trasporto delle casse mediante carrelli su fondo stradale sconnesso e il periodo delle vibrazioni dipende

Fig. 7 - Cassa 1. Shock - canali 2 e 5 corrispondenti all'asse verticale rispettivamente della cassa (linea verde), e della tavola (linea gialla).

Fig. 8 - Cassa 3. Vibrazione - canali 2 e 5 corrispondenti all'asse verticale rispettivamente della cassa (linea verde), e della tavola (linea gialla).

Fig. 9 - Cassa 4. Andamento delle condizioni di trasporto in assenza di eventi traumatici.

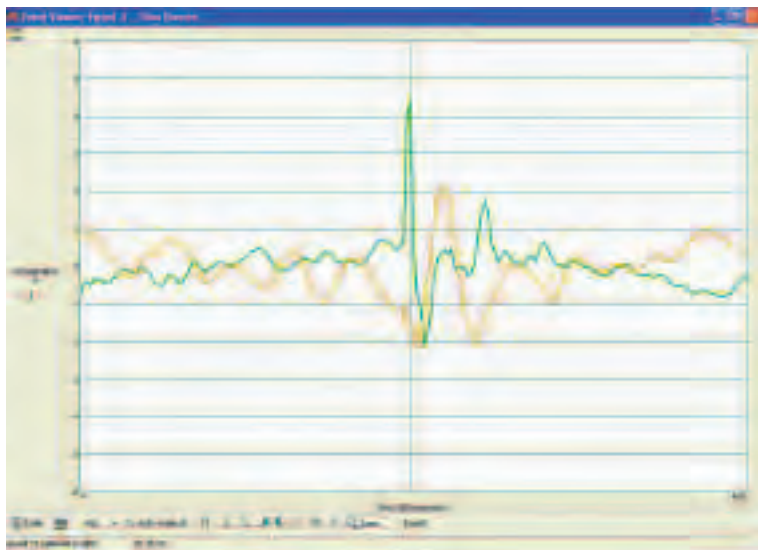
Fig. 10 - Accelerometro principale applicato sulla cassa della Pala.

Fig. 11 - Accelerometro secondario applicato sulla Pala.

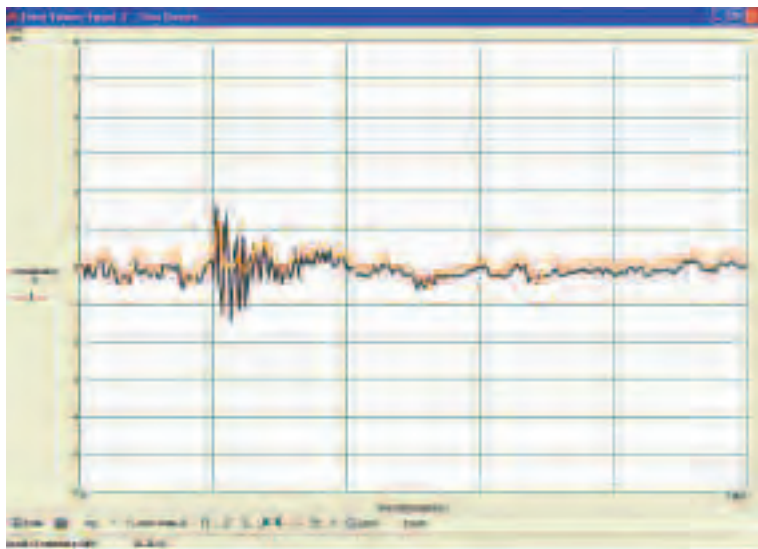
Fig. 12 - Quadro di insieme del monitoraggio della Pala: nella parte superiore della figura in evidenza le prime 11 ore del trasporto.



12



13



14

Fig. 13 - Canali 2 e 5 corrispondenti all'asse verticale rispettivamente della cassa (linea verde), e della Pala (linea gialla).

Fig. 14 - Canali 3 e 4 relativi alla cassa (linea grigia) e alla Pala (linea gialla).

dalla rugosità del terreno⁷;
3 – l'ordine di grandezza delle sollecitazioni nel corso di un trasporto su gomma, in assenza di eventi particolari, frenate brusche, fondo sconnesso, urti, considerando una velocità del mezzo di 70 km/h su strada normale e 90 km/h in autostrada, si mantiene nell'ordine dei decimi di g.

Il trasporto

L'ultima fase – la 4 – della sperimentazione è infine consistita nella messa a punto dell'imballaggio e delle modalità di movimentazione della Pala.

Sulla base delle sollecitazioni misurate nel corso delle prove è stato deciso di utilizzare un tipo di schiuma le cui prestazioni fossero certificate in funzione del peso dell'oggetto e delle sollecitazioni attese. Non essendo noto il peso della Pala, ne è stata effettuata una stima sulla base dei dati acquisiti nel corso degli interventi sulla struttura lignea e delle operazioni di montaggio e smontaggio⁸. Tenuto conto di un peso stimato pari a 140 kg, della superficie di appoggio della tavola (considerando che la Pala avrebbe viaggiato con la cassa in verticale, poggiando sulla testa del legno delle assi), si è valutato che il livello di shock massimo su cui dimensionare l'imballaggio potesse essere dell'ordine dei 20 g.

Il datalogger è stato montato esternamente sul lato destro della cassa e l'accelerometro ausiliario su uno dei longheroni della parquette, come mostrato nelle figure 10 e 11.

In figura 12 è presentato un quadro d'insieme di tutti i dati raccolti durante le fasi di movimentazione e trasporto.

Lo strumento è stato fatto partire alle ore 14.39 del 15 settembre ed è stato arrestato e smontato poco prima dell'inizio delle fasi di rimontaggio della Pala, alle ore 12.45 del 18 settembre. Nell'arco temporale monitorato vi sono stati solo tre eventi di tipo vibratorio che hanno superato la soglia di 3 g.

Come si vede, nel quadro di insieme, le prime undici ore sono quelle più significative, ovvero da quando è iniziata la movimentazione dell'opera a quando questa è giunta a destinazione nelle sale espositive delle Scuderie del Quirinale, intorno all'una di notte del 16 settembre, dove è rimasta ferma in attesa di essere rimontata nella tarda mattinata del 18.

La scala delle ordinate, espressa sempre in multipli di g, si riferisce, in questo caso, al valore quadratico medio dell'accelerazione (RMS)⁹.

Per avere un'idea quantitativa, si può affermare che, mentre nel caso del trasporto della Pala, per l'evento più significativo è stato registrato un valore quadratico medio dell'accelerazione pari a 0,4 g, l'evento più significativo registrato con le casse di prova è stato pari a 2,7 g.

Per mostrare un esempio di grafico relativo a sollecitazioni che hanno superato la soglia dei 3 g (che come detto sono state solamente tre) si mostrano le due coppie di canali 2 e 5,

3 e 4 (figg. 13 e 14).

Per quanto riguarda il canale 2 (asse verticale della cassa) è stato registrato un picco di 4,5 g a cui corrisponde un picco di poco superiore a 2 g per il canale 5 (asse verticale della Pala).

Per i canali 3 e 4 (direzione delle traverse della parchettatura) si nota, oltre all'attenuazione operata dall'imballaggio, anche un filtraggio delle vibrazioni in alta frequenza. Dal momento che è stato tenuto anche un diario di bordo del viaggio, si è potuto ricollegare questo evento ad un forte sobbalzo avuto dal camion.

Conclusioni

Dallo studio svolto in occasione di questo eccezionale trasporto si possono trarre utili indicazioni sia dal punto di vista operativo, sia sul metodo da seguire per approfondire le conoscenze relative alla movimentazione di opere d'arte.

Tra le indicazioni operative emergono:

- l'utilizzo di casse foderate con materiale impermeabilizzante;
- l'impiego di datalogger per registrare sia le variazioni termoigrometriche, sia le sollecitazioni meccaniche;
- l'inserimento, all'interno dell'imballo dell'opera, di materiale tampone (ad esempio Art-Sorb, ecc.) per sopperire a fluttuazioni di umidità relativa in caso di ampie escursioni termiche;
- il condizionamento della cassa, mantenendola aperta in un ambiente con temperatura e

umidità relativa idonee per 24 o 48 ore, prima che vi venga inserita l'opera.

Riguardo alla movimentazione si è potuto constatare che una delle maggiori difficoltà che si incontrano nel cercare di standardizzare procedure, casse e imballaggi, risiede nell'impossibilità di definire un modello fisico e matematico per l'opera rappresentativo ed estrapolabile a più casi.

È d'altra parte evidente che non si possono effettuare prove distruttive, come avviene per i manufatti industriali; in aggiunta, in molti casi non si hanno informazioni, se non per via indiretta, sulle caratteristiche fisiche dell'oggetto, quali il peso o la struttura. Inoltre, non avendo ogni volta che si deve movimentare un'opera la disponibilità e il tempo per realizzare un modello fisico su cui simulare le condizioni reali di trasporto, l'alternativa più facilmente percorribile è quella di raccogliere e archiviare le informazioni nella prospettiva di creare una banca dati. Per far ciò è necessario effettuare serie di misure e sperimentazioni che, grazie all'impiego di tecnologie innovative e strumentazioni sofisticate, consentano di analizzare, comprendere e confrontare i risultati relativi ai fenomeni fisici che sono alla base delle sollecitazioni meccaniche legate alle movimentazioni di oggetti.

L'esperienza fatta in occasione del trasporto della Pala di Giovanni Bellini ha costituito un'opportunità di eccezionale interesse e può essere considerata un utile tassello nello sviluppo di strategie e provvedimenti per minimizzare i rischi che, inevitabilmente, si possono presentare ogni qualvolta un'opera viene spostata dalla sua sede originale.

Note

¹ L'Azienda Speciale Palaexpo, l'ISCR e l'OPD fanno parte del gruppo di lavoro CEN/TC 346 WG5 "Conservation of Cultural Property. Transport and Packing Methods" per la messa a punto di normative europee nel settore del trasporto di beni culturali e dell'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI).

² Elaborazione dei dati a cura di Federica Nobili.

³ Termine generico con cui indichiamo dispositivi elettronici, generalmente a batteria, in grado di registrare dati di varia natura: temperatura, umidità relativa, accelerazione, ecc.

⁴ M. Corsetti, E. Giani, *Il controllo delle condizioni espositive e di trasporto dell'icona San Nicola*

e scene agiografiche appartenente al Museo Bizantino della Fondazione Arcivescovo Makario di Nicosia, preprint del congresso annuale IGILC "Stato dell'Arte"-5 (Cremona, 11-13 ottobre 2007), Firenze 2007, pp. 25-31; D. Saunders, *The effect of painting orientation during air transportation*, proceedings del 14h Triennial Meeting ICOM (l'Aia, 12-16 settembre 2005), Londra 2005, pp. 701-707.

⁵ Lo strumento registra due tipi di eventi: *signal*, quando viene superata la soglia di attenzione, in questo caso fissata a 3 g, e *timer* con una cadenza in questo caso fissata a cinque minuti indipendentemente dal livello di accelerazione. L'intensità delle accelerazioni viene espressa in multipli di g – accelerazione di gravità – pari a 9,81 m/sec² e la frequenza delle accelerazioni in cicli al secondo (Hz).

⁶ In questo e nei grafici successivi si deve considerare solo il valore assoluto (ampiezza) dei segnali.

⁷ Nel caso del pavé, supponendo di trasportare la cassa su un carrello a mano, si verificherebbero dei sobbalzi con un periodo dell'ordine dei decimi di secondo.

⁸ Per il calcolo del peso si è tenuto conto della densità media, dell'età dei materiali costitutivi della Pala, della parchettatura e della struttura di irrigidimento a C, appositamente realizzata per questo trasporto.

⁹ Valore quadratico medio (Root Mean Square-RMS) è indicativo dell'energia totale associata all'evento misurato, indipendentemente dal segno delle accelerazioni.