

LE INDAGINI PROPEDEUTICHE AL RESTAURO DEL SAN CRISTOFORO NELLA CHIESA DI SAINT-ETIENNE

Lorenzo Appolonia, Dario Vaudan, Andrea Bertone*

Le analisi della policromia

Lorenzo Appolonia, Dario Vaudan

Lo studio della policromia rappresenta una fase fondamentale per la conoscenza e per la progettazione di un intervento di restauro. Se si può pensare che per alcune tipologie di studio sia possibile usufruire di tecniche non invasive (o meglio non distruttive), in questo genere di studio la necessità del prelievo di un frammento, di circa 1 o 2 mm, risulta indispensabile al fine di avere tutte le informazioni necessarie.¹ In verità vi sono alcune tecniche analitiche che possono fornire informazioni, almeno per quello che concerne la conoscenza dei pigmenti, e che non richiedono l'asportazione di nessun frammento, come per esempio l'analisi con XRF portatile² o la spettrofotometria nel UV-Vis-NIR (ultra violetto - Visibile - vicino infrarosso).³ Tutte queste tecniche, però, presentano limitazioni nell'interpretazione dei dati e, di conseguenza, nell'identificazione sia dei pigmenti e sia della tecnica pittorica. In particolare, per lo studio della tecnica, è fondamentale la lettura delle stratificazioni e della composizione dei singoli strati. Cosa impossibile da effettuare con le tecniche precedentemente citate, in quanto si possono ritenere metodi per la misura di superficie (in realtà la tecnica in XRF ha una penetrazione che si presenta diversificata a seconda della tipologia dei pigmenti presenti sulla superficie e, in particolare, di quelli che sono più capaci di assorbire la radiazione X).

La problematica si complica nel momento in cui si ha a che fare con la presenza di ridipinture, effettuate magari in epoche differenti. In questo caso le tecniche, come l'analisi XRF, rischiano di dare indicazioni erronee dipendenti dalla profondità di penetrazione della radiazione e dalla tipologia dei pigmenti o, al limite e nel caso che vi sia l'impiego dello stesso pigmento, non fornire le informazioni sulla reale successione degli strati di colore. Da quanto detto in precedenza si comprende come lo studio mediante sezione stratigrafica degli strati di colore, per quanto micro distruttiva, risulta essere la più completa ed esauriente per la definizione di un progetto di restauro e per completare il quadro della conoscenza relativamente all'oggetto policromo in studio.

Nel caso del San Cristoforo della chiesa di Saint-Etienne in Aosta è stato trovato, nelle restauratrici private che si sono assunte l'onere dell'intervento, un forte interessamento alla fase di analisi propedeutica all'intervento e, di conseguenza, il Laboratorio Analisi Scientifiche (LAS) del Dipartimento Cultura, ha avuto la possibilità di avviare un dialogo e uno scambio di opinioni di particolare valore, aiutando il restauratore nella definizione delle scelte operative dell'intervento.

Indagini diagnostiche

La fase analitica ha tenuto conto delle necessità di conoscenza, finalizzate al restauro, in particolare di quelle finalizzate all'intervento per il recupero cromatico della scultura del santo. A tale proposito, e in pieno accordo con

le restauratrici che vi hanno operato, si è proceduto ad una fase di campionamento che ha previsto l'asportazione di 17 campioni di colore per lo studio e la verifica delle tecniche pittoriche e della loro coerenza su tutta la superficie del manufatto.

Una seconda fase di analisi è stata predisposta per la verifica di alcune incongruenze e per lo studio della provenienza e della tipologia del legno utilizzato per la scultura. In ultimo, l'arrivo in laboratorio della strumentazione in fluorescenza ai raggi X, ha permesso di effettuare alcune verifiche rispetto a quanto detto in precedenza, andando a valutare la presenza di metalli e cercando di identificare i pigmenti presenti.

Risultati

La lettura delle sezioni stratigrafiche ha presentato una serie di situazioni, legate alla presenza di ridipinture, le quali, in alcuni casi, sono arrivate a mostrare fino a sei strati diversi e distinti.

La situazione descrittiva è, quindi, tutt'altro che semplice, soprattutto se si considera la grande quantità di doratura o di lamina metallica che è stata ritrovata e che doveva fare parte della prima fase costruttiva del monumento.

Per poter rendere meglio leggibili i dati analitici, si è cercato di raccogliere le stesse tipologie di rappresentazione cromatica, come per esempio incarnati (tabella 1) o manto (tabella 2), al fine di rapportarlo in tabelle descrittive che possano mettere in rapida evidenza le similitudini come le diversità.

Strato	Naso santo SR04	Vena della mano		Ginocchio sx SR14	Piede sx TN08
		SR06 a)	SR06 b)		
f				rosa grigio	
e		rosa chiaro		rosa chiaro	
d	rosa scuro	grigio con colla		rosa bruno	
c	rosa chiaro	rosa bianco con colla		rosa chiaro	
b	rosa tenue	rosa tenue	rosa	rosa tenue	rosa bianco
a	preparazione	preparazione	preparazione	preparazione	preparazione

Tabella 1. *Rappresentazione schematica delle policromie riguardanti gli incarnati.*

Dalle tabelle 1 e 2, si può vedere l'evoluzione della cromia nelle differenti parti del manufatto, purtroppo la tipologia dei pigmenti, soprattutto nei rossi impiegati per gli incarnati, non permette un riconoscimento sicuro del pigmento impiegato, con evidente perdita d'informazione. Un approfondimento potrebbe essere effettuato con l'impiego di un microscopio a scansione (SEM), non in possesso fra le strumentazioni del LAS.

La conoscenza dell'origine dei pigmenti, tuttavia, rappresenta una fase di studio che si può completare anche in seguito, ma dalle sezioni si sono ottenute sufficienti informazioni per la comprensione della successione degli strati.

Le analisi in sezione permettono di identificare anche la distribuzione dei vari materiali leganti.⁴

A tale proposito il LAS è attrezzato sia per l'analisi in fluorescenza UV e sia per la determinazione mediante

Manti rossi (a)

Strato	Veste del bimbo bordo in basso SR02	Manto del bimbo colore originale SR03	Risvolto veste del manto del santo SR09	Risvolto parte bassa veste del santo SR10	Manto del bimbo, reto di colore rosso SR17
f					
e			rosso cupo su colla	vernice	rosso (lacca+biacca)
d	rosa	rosa intenso	rosso vivo	rosso	rosso (cinabro?)
c	lamina metallica	cinabro	giallo	rosso oca o bolo	bolo scuro
b	bolo	bolo	bolo (o rosso?)	nuova preparazione	bolo chiaro
a	preparazione	preparazione	preparazione	rosso (cinabro?)	preparazione

Manti verdi (b)

Strato	Manto verde del santo SR05	Verde sopra il manto		Tassello pulitura manto verde, strati sottostanti SR11	Verde del manto (verifica SR07, SR11) SR12
		SR07 (a)	SR07 (b)		
f			verde		verde
e		verde	resina	bianco o nuova prep.	resina o colla
d		viola	viola	colla	rosa bianco
c		bolo più scuro	bolo più rosso	lamina	lamina
b	resinato di Cu + oro	bolo	bolo	bolo	bolo
a	preparazione	preparazione	preparazione	preparazione	

Strato	Manto verde + lamina SR15 a)	Manto verde + lamina SR15 b)			
f	viola	viola			
e	azzurro	azzurro			
d	terra verde	verde (terra verde)			
c	colla	colla			
b	lamina metallica	lamina metallica			
a	bolo				

Parti varie c)

Strato	Doratura barba SR01	Bastone SR08	Parte bassa bastone (confronto SR08) SR13	Lamina grigia ridipittura SR16 a)	Lamina metallica SR16 b)
f		grigio			
e		verde scuro	grigio		
d		resina	verde	azzurro	
c	lamina d'oro	verde chiaro	resina o colla	resinato di rame alt.	lamina
b	bolo	rosso (cinabro?)	verde chiaro	verde a base di rame	bolo
a	preparazione (CO ₂)	preparazione bruna	preparazione	colla (?)	preparazione

Tabella 2. *Comparazione dei risultati relativi ai vari prelievi.*

colorazione con saggi istochimici. L'applicazione di queste due tecniche è complementare e, seppure non può considerarsi esaustiva della problematica sull'identificazione dei leganti, ha permesso di ottenere un apporto di informazioni riguardo gli strati di policromia studiati.

Nella tabella 3 sono evidenziate le stesure di colore che hanno mostrato fluorescenza alla radiazione UV, corrispondenti, generalmente, a strati a base di oli o resine naturali. I saggi istochimici, invece, non hanno fornito

informazioni aggiuntive di riguardo, come si vede alla fig. 1f, nella quale pare evidente l'assenza di una colorazione netta di uno strato, tipica della presenza di materiale proteico.

Una serie di analisi con la fluorescenza ai raggi X portatile, ha permesso di effettuare delle selezioni per la scelta del campionamento e di provvedere alla verifica della composizione elementare delle superfici emerse nella fase di pulitura e rimozione delle cromie aggiunte. I risultati di questa attività sono riportati in tabella 4.

camp	a	b	c	d	e	f
SR01	dubbia	no	no			
SR02	bianca	no	no			
SR03	no	no	no	leggera	no	
SR04	forte	dubbia	dubbia	no		
SR05	no	no				
SR06	si	forte	no	no	no	
SR07	no	no	forte	dubbia		
SR08	forte	no	no	no	no	dubbia
SR09	si	no	si	no/parziale	no	
SR10	no	gialla	no	forte	forte	
SR11	forte	no	no	no	dubbia	
SR12	no	no	dubbia	dubbia	forte	dubbia
SR13	forte	no	no	dubbia	dubbia	
SR14	forte	forte	forte	no	no	dubbia
SR15	no	no	no	dubbia	no	si
SR16 a)	forte	no	no	no		
SR16 b)	forte	no				
SR17	giallo	no	no	no		

Tabella 3. *Identificazione degli strati con fluorescenza UV.*

Conclusioni

Lo studio delle cromie ha permesso di evidenziare il susseguirsi degli interventi che hanno interessato l'aspetto cromatico del San Cristoforo della chiesa di Saint-Etienne. Dai risultati pare evidente come questo monumento sia stato oggetto di reiterate azioni e che l'aspetto a cui noi eravamo consueti era in realtà assai lontano da quello originario. La grande quantità di preparazioni a bolo, rinvenute soprattutto nelle zone dei manti, è manifesta di una versione originaria che presentava aspetti di luminosità e di preziosità cromatica decisamente superiori a quanto ora visibile. È evidente che l'intervento di restauro dovrà tenere conto delle estensioni residue delle presenze originarie, prima di pensare a quale strato dover puntare come aspetto finale e risolutivo dell'intervento.

La situazione degli incarnati mostra una continuità di intervento e di ripristino del colore con evidenti differenze,

Posizione	Ca	Fe	Pb	Hg	Cu	S	Zn	Sr	Au	Ti
Braccio dx rosso originale	+++	++	++	+	±	±	-	-	-	-
Braccia dx rosso + intenso	±	+	+++	++	-	±	-	-	-	-
Incarnato mano sx + scura	-	±	+++	±	-	±	-	-	-	-
Incarnato mano sx	-	-	+++	-	-	±	-	-	-	-
Lamina braccio sx bimbo	+	++	++	±	+++	-	+	±	-	-
Lamina braccio sx sopra	+	++	++	±	+++	-	+	±	-	-
Lamina grigia	+	+	++	-	+++	±	-	-	-	-
Lamina oro capelli santo	+	++	+	±	+	-	±	+	+++	-
Lamina oro capelli santo	++	+++	±	±	+	-	±	-	++	±
Lamina veste del santo	-	+	±	-	+++	-	+	-	-	-
Lamina	±	±	++	-	+++	-	-	-	-	-
Porporina	±	+	-	-	+++	-	+	±	±	-
Porporina2	±	+	-	-	+++	-	+	-	-	-
Rosso 3° tassello bruno	++	+++	+	±	+++	±	+	±	-	±
Rosso residuo retro	±	+	+++	++	-	-	-	±	-	-
Rosso residuo vicino tela	±	+	±	+++	-	-	-	±	-	-
Ros tas. vest bimbo/bruno2	++	+++	+	±	+++	-	+	±	-	±
Rosso tassello veste bimbo	±	+++	+	+	+	-	±	-	-	±
Rosso veste bimbo	±	++	+++	-	-	-	-	-	-	+
Tassello bruno 4	±	+	+	-	+++	-	+	-	-	-
Tassello bruno verde	+	+++	+	-	+++	-	+	-	-	±
Tassello bruno	++	+++	±	-	+	-	±	±	-	±
Tassello verde	+	+	++	-	+++	-	-	-	-	-

Tabella 4. Risultati delle analisi con fluorescenza X portatile.

sia nella composizione sia nella qualità del risultato finale, soprattutto per quello che concerne l'intensità dei colori e la brillantezza dell'incarnato.

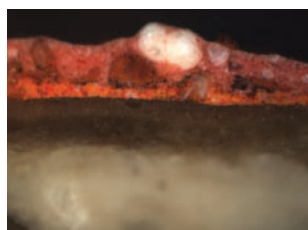
Lo studio della tecnica mostra che le stesure di colore sono fatte per lo più con il supporto legante di olio e di colle.

In alcuni casi sono state rinvenute tracce di colorazioni differenti da quelle attuali, come per esempio nel campione relativo al bastone, attualmente di colore verde, ma alla base del quale sono state riscontrate tracce di un colore rosso oramai quasi completamente rimosso. Il confronto effettuato con il prelievo 13, ha mostrato come

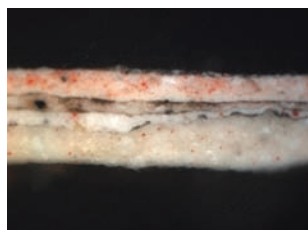
fosse ripetibile la sequenza della policromia, anche se non è più evidente alcuna traccia del rosso.

Le analisi in fluorescenza di raggi X hanno mostrato il variare della composizione dei varistrati di colore.

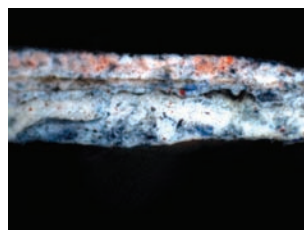
Le sequenze del rosso del braccio, mostrano come il colore più intenso sia attribuibile alla maggiore presenza di pigmento a base di mercurio (cinabro o vermiglione). Questo dato, se messo in relazione con i contenuti di piombo e calcio, indica che la preparazione originale è a base di carbonato di calcio, mentre le stesure successive sono arricchite di biacca (carbonato di piombo).



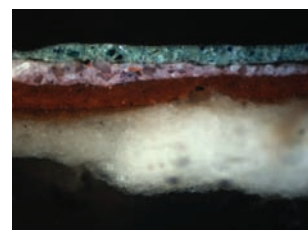
a) SR03, ingr. Mic. 20x



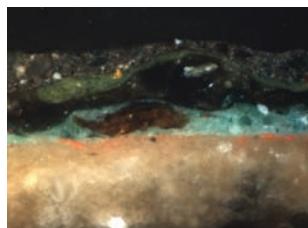
b) SR06, ing. Mic. 20x



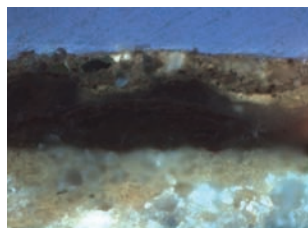
c) SR06 ricerca prot, NA2



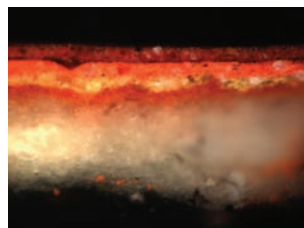
d) SR07, ing. Mic. 20x



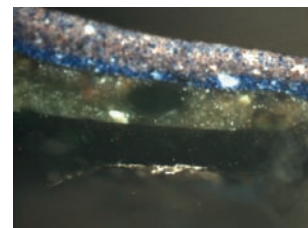
e) SR08, ing. Mic. 20x



f) SR08, lettura UV



g) SR09, ing. Mic. 20x



h) SR15, ing. Mic. 20x

1. Fotografie delle sezioni.
(D. Vaudan)

Negli incarnati si evince la grande presenza di piombo, il che sta ad indicare la presenza di un colore rosso a base di lacca (garanza), mentre la ripetizione degli strati di biacca impedisce la lettura degli strati più interni, limitando quindi la comprensione della stratigrafia, visibile nella figura 1a.

Più complessa risulta la comprensione dei dati relativi alla lamina del braccio del bimbo in cui la grande quantità di rame può indicare che quanto visto a occhio e interpretato come lamina sia già invece parte di una ridoratura a base di porporina. D'altro canto le analisi dei capelli del santo mostrano, invece, la presenza di oro in foglia.

Dai dati espressi si può comprendere come sia complicato risalire alla corretta definizione delle composizioni.

In considerazione delle necessità dell'intervento, il LAS, si è preoccupato di fornire ai restauratori, le informazioni relative alle necessità di identificazione delle varie fasi di ridipintura, mentre la parte conoscitiva dovrà essere integrata da analisi con strumentazioni più idonee, come per esempio il microscopio a scansione (SEM) con sistema di misura EDS.

Indagine spettroscopica infrarossa del legno

Lorenzo Appolonia, Andrea Bertone*

Il legno della statua di san Cristoforo è stato oggetto di analisi spettroscopica infrarossa al fine di caratterizzarne le essenze e di definirne il livello di degrado. La tecnica analitica è distruttiva, per cui i prelievi sono stati effettuati in zone non visibili in modo da non danneggiare la lettura dell'opera, sfruttando le aree esposte durante le fasi di smontaggio e montaggio. Alcuni campioni appartengono al tronco principale, mentre altri alle aggiunte successive, ossia i due piedi e la zeppa del bastone. Questa indagine è stata sviluppata in accordo con il Servizio Beni Storico-Artistici, che ha diretto l'intervento di restauro.

Prelievo

Il primo campionamento è stato eseguito sulla statua durante l'intervento di restauro, quando l'opera era stata separata dai piedi e posizionata supina. Si sono eseguiti alcuni prelievi, sui monconi delle gambe e dei piedi e sulla zeppa del bastone. La profondità del prelievo è stata incrementata, rispetto alla norma, per evitare interferenze di superficie. Un ulteriore campionamento è stato effettuato successivamente, recuperando trucioli delle



2. Base della statua, durante le fasi di restauro. (A. Bertone)

trapanazioni effettuate per il riposizionamento verticale della statua, ancora una volta sostenuto dal gentile contributo delle persone addette al restauro. Quelli provenienti dal piede destro sono stati attribuiti ad una conifera, probabilmente a pino cembro, in funzione del loro intenso e caratteristico profumo.

I campioni sono stati siglati dal LAS con la sigla TN.

Caratterizzazione del legno della statua

I risultati analitici descrivono una situazione positiva della qualità del legno, con la presenza di tutti i picchi dei componenti principali, nelle condizioni standard di buona conservazione. Con una valutazione complessiva si può affermare che la presenza di cellulosa, emicellulosa e lignina nelle proporzioni medie [Bertone 2001] è un indizio della tenuta delle strutture cellulari e della cementificazione tra di esse.

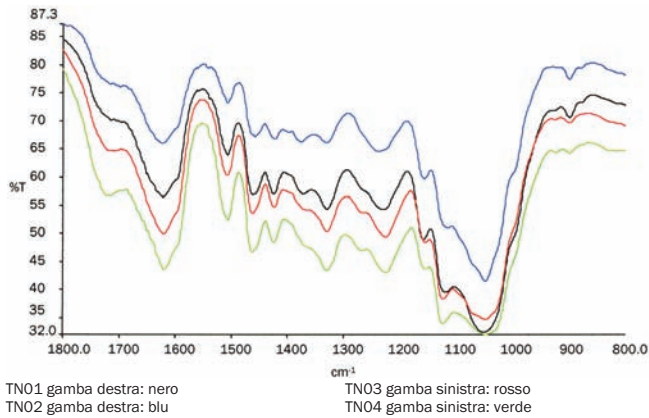
I risultati analitici risentono delle caratteristiche della metodica impiegata, la spettroscopia infrarossa, che fornisce risultati qualitativi di grande interesse, ma non altrettanto dal punto di vista quantitativo. L'analisi degli spettri è stata effettuata senza intervenire via software per diminuire il rumore di fondo. Si è deciso di non eseguire alcun intervento di elaborazione giacché la procedura messa a punto ha permesso di ottenere spettri soddisfacenti, nonché per mantenere inalterata l'efficacia delle informazioni spettroscopiche.

Il legno della statua è di una latifoglia, infatti gli spettri sono caratterizzati da segnali tipici delle latifoglie: intorno a 1638 cm^{-1} esiste più di un picco, intorno a 1610 cm^{-1} un picco, un picco intorno a 1505 cm^{-1} , un picco intorno a 1463 cm^{-1} , manca il picco intorno a 1318 cm^{-1} , una "spalla" intorno a 1268 cm^{-1} , un picco intenso intorno a 1244 cm^{-1} , tra 1120 e 1114 cm^{-1} anche due segnali, un massimo isolato intorno a 1049 cm^{-1} , un picco intorno a 830 cm^{-1} [Marchessault 1962, Kato 1973, Bajic 1998, Garside 2003].

Dal punto di vista spettroscopico l'attribuzione dell'essenza è invece meno sicura. Alcuni segnali indicherebbero il castagno, per la presenza di un picco intorno a 1620 cm^{-1} , nonché per l'impiego tradizionale di questo legno per la realizzazione di grosse statue e per la possibilità di ottenere un albero di quel diametro. Altre indicazioni lasciano supporre si tratti di noce. Innanzitutto l'attribuzione di esperti falegnami, nonché quella della tecnica di impiego del noce che può essere scolpito subito e conservare così una elevata percentuale di tannini,⁵ composti a cui si assegna il segnale spettroscopico a 1620 cm^{-1} , sufficiente ad avvicinarsi a quella del castagno, il legno più conosciuto come ricco di tannini. Al noce dovrebbero essere attribuiti i segnali dello *stretching* asimmetrico dell'ossigeno a ponte in C-O-C intorno a 1157 cm^{-1} , e che nel castagno si trovano normalmente a numeri d'onda maggiori.

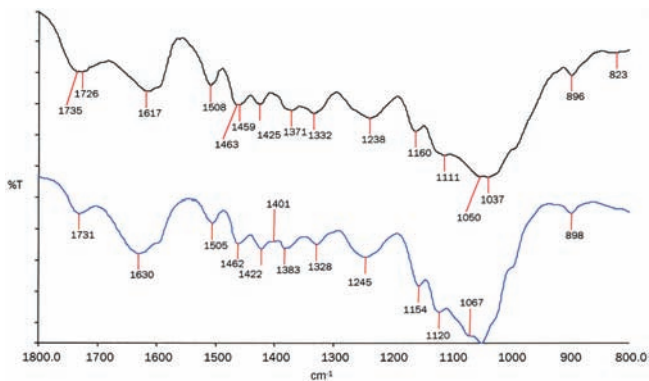
Nelle figure che seguono si presentano gli spettri nell'intervallo più significativo del medio infrarosso, tra 1800 e 800 cm^{-1} , ma le analisi sono state eseguite tra 4000 e 370 cm^{-1} . La grandezza dell'asse delle ordinate è la trasmittanza percentuale.

Un ulteriore campionamento è stato effettuato in seguito alla trapanazione della schiena per il riposizionamento eretto della scultura. Il campione prelevato in profondità, quindi appartenente al durame, non ha fornito informazioni discriminanti rispetto a quelle precedenti. Su



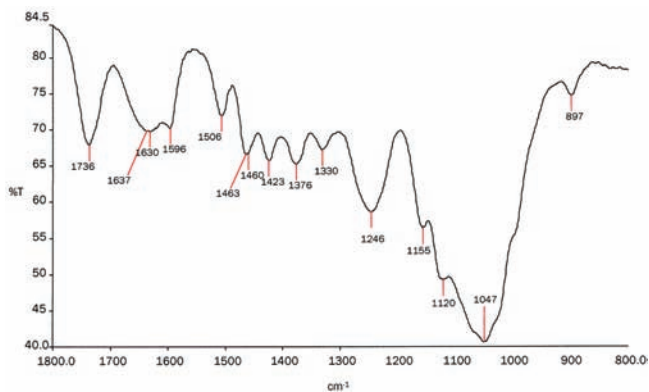
3. Spettri infrarossi.

di esso è stato simulato un processo di invecchiamento con un trattamento termico a 60 °C per un mese. Il risultato analitico conferma il possibile spostamento del segnale intorno a 1620 cm⁻¹ verso valori inferiori.



4. Spettri infrarossi.

Il legno del piede sinistro è di una latifoglia e il confronto spettroscopico indica che non appartiene allo stesso legno con cui è fatta la statua. Non si può attribuire ad alcuna essenza, ma alcune comparazioni fanno pensare al pioppo.



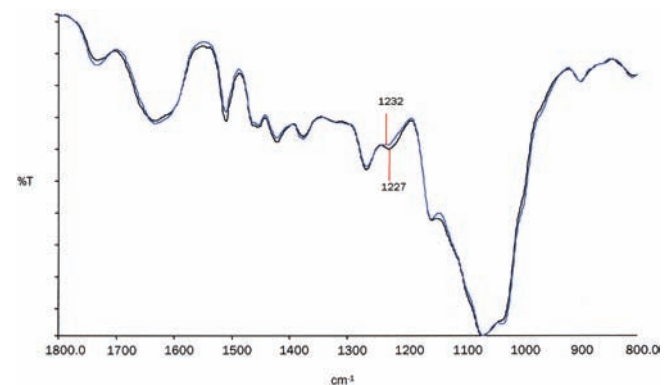
5. Spettri infrarossi.

Sicuramente i segnali dei legni dei campioni TN05, TN07 e TN14 appartengono all'ordine delle conifere: intorno a 1638 cm⁻¹ esiste un solo picco, intorno a 1610 cm⁻¹ una "spalla", un picco intorno a 1510 cm⁻¹, un picco intorno a 1453 cm⁻¹, un picco intorno a 1318 cm⁻¹, un picco intorno a 1268 cm⁻¹, una "spalla" o un debole picco intorno a 1233

cm⁻¹, tra 1120 e 1114 cm⁻¹ non emerge nessun segnale, il massimo assoluto è intorno a 1061 cm⁻¹ seguito da un picco intorno a 1032 cm⁻¹ ed esiste un altro picco intorno a 809 cm⁻¹.

Il legno impiegato per il piede destro e per la zeppa del bastone forniscono risultati spettroscopici altamente congruenti, ma con due differenze sottili: la prima riguarda un picco a 1048 cm⁻¹ del campione TN07 che è presente con minore intensità nel campione TN05 diventando una spalla, la seconda verrà discussa in seguito. Per quanto riguarda l'essenza, purtroppo i due campioni forniscono informazioni non confermate da un terzo campione, prelevato dal piede durante la trapanazione del piede per il fissaggio del nuovo perno. Nei primi due casi l'essenza individuata come più probabile è il pino cembro, ma l'ultimo si differenzia da questi e non esprime caratteristiche proprie di una particolare essenza.

Rimane da discutere il segnale che viene impiegato per la determinazione del processo di invecchiamento [Matthaes 1998], quello intorno a 1230 cm⁻¹ per le conifere. Nei due campioni è diverso e sembrerebbe smentire la notevole congruenza delle due linee spettrali. Inoltre indicherebbe che il legno usato nel piede è più vecchio, o ha subito un maggiore processo di invecchiamento. In questo caso ci si può appoggiare al campione TN14 per discriminare la questione, visto che proviene da un foro profondo del piede destro. Il valore che si misura è 1233 cm⁻¹, quindi simile a quello di TN07, così come ci si aspetterebbe dalla sovrapposibilità degli spettri nell'intervallo studiato. La differenza potrebbe essere attribuibile ad un fattore locale di alterazione e quindi assumere un'importanza comunque inferiore.



6. Spettri infrarossi.

Tutti i campioni sono stati confrontati in maniera automatica, mediante un programma di elaborazione spettrale, con il catalogo di essenze di riferimento del Laboratorio di Analisi Scientifiche. I confronti sono stati effettuati in diversi intervalli di frequenza ottenendo in alcuni casi indicazioni univoche. Per esempio tra 1800 e 800 cm⁻¹ il campione TN04 ha fattori di correlazione molto elevati con una serie di riferimenti di castagno.⁶ Nello stesso intervallo non si trovano, invece, indicazioni di un'eventuale attribuzione automatica dei campioni di latifoglie al noce, nonostante l'ampio numero e qualità⁷ di riferimenti per il noce. Nel caso dei campioni di conifere, questo intervallo non discrimina nettamente una specie, ma propone una migliore comparazione con alcuni spettri di pino cembro e di larice.

Abstract

The analyses are the first help for a preservation project. In this restoration work, the restorer needed correct information about the different polychromic layers in order to distinguish the original colours on the surfaces.

To know the number of paintings was the first purpose of the Scientific Analysis Laboratory (LAS). The presence of different layers made it difficult to understand the composition of each of them, but this work, useful for the complete study of art craft history, is in progress with instruments that do not belong to the laboratory.

The tree from which the Christopher with Christ was created must have been huge-sized. The information given by the spectroscopic infrared study inform us that it must have been a walnut-tree, and only in the second place a chestnut tree. The present lower parts were realized, on the contrary, with other species. The left foot is an unidentified broad-leaved, but obviously different from the rest of the statue. The right foot and the wedge under the stick were made with the same wood, a conifer that could be stone pine.

- 1) L. Appolonia, S. Volpin, *Le analisi di laboratorio applicate ai beni artistici policromi*, ed. Il Prato, Padova 1999.
- 2) C. Seccaroni, P. Moiola, *Fluorescenza X. Prontuario per l'analisi XRF portatile applicata a superfici policrome*, ed. Nardini, Firenze 2002.
- 3) M. Fabbri, M. Picollo, S. Porcinal, M. Bacci, *Mid-infrared fibre-optics reflectance spectroscopy: a noninvasive technique for remote analysis of painted layers. Part II: statistical analysis of spectra*, Applied spectroscopy, 2001 (55), pp. 428-433.
- 4) L. Appolonia, S. Volpin, *Le analisi di laboratorio applicate ai beni artistici policromi*, ed. Il Prato, Padova 1999.
- 5) Comunicazione personale di Alberto Bortone, Laboratorio falegnameria della Soprintendenza BB CC AA Valle d'Aosta.
- 6) *Castanea sativa* Mill.
- 7) *Juglans regia* L. e *Juglans nigra* L.

Bibliografia

- S.J. Bajic, R.W. Jones, J.F. McClelland, B.R. Hames, R.R. Meglen, *Rapid Analysis of Wood Using Transient Infrared Spectroscopy and Photoacoustic Spectroscopy with PLS Regression*, in *Fourier Transform Spectroscopy*, 11th International Conference, edited by J.A. de Haseth, 1998.
- A. Bertone, L. Appolonia, *Indagine spettroscopica FTIR dei legni del Museo Regionale di Scienze Naturali della Valle d'Aosta*, Rev. Valdôtaine Hist. Nat., 55, 2001, pp. 175-192.
- P. Garside, P. Wyeth, *Identification of Cellulosic Fibres by FTIR Spectroscopy - Thread and Single Fibre Analysis by Attenuated Total Reflectance*, Studies in Conservation, 48, 2003, pp. 269-275.
- K. Kato, M. Nitta, T. Mizuno, *Infrared Spectroscopy of Some Mannans*, Agric. Biol. Chem., 37, 1973, pp. 433-435.
- M. Likon, A. Perdih, *Fractionation of Spruce Trichloroacetic Lignin*, Acta Chim. Slov., 46, 1999, pp. 87-97.
- R.H. Marchessault, *Application of Infrared Spectroscopy to Cellulose and Wood Polysaccharides in Wood Chemistry*, Proceedings of the Wood Chemistry Symposium held in Montreal, Canada 9-11 august 1961, International Union of Pure and Applied Chemistry: Applied Chemistry Section Pulp, Paper and Board Division, Butterworths, London 1962.
- G. Matthaes, *La datazione scientifica di oggetti d'arte in legno*, "Le Scienze", 359, luglio 1998.

*Chimico, collaboratore esterno.