

Studio diagnostico-analitico sul dipinto “Gioconda con colonne”

Salvatore Lorusso, Chiara Matteucci, Andrea Natali, Salvatore Andrea Apicella, Flavia Fiorillo

Dipartimento di Beni Culturali Alma Mater Studiorum, Università di Bologna

Parole chiave: Gioconda, Gioconda con colonne, Leonardo, autenticazione

1. Premessa

Il dipinto “Gioconda con colonne” (Figura 1) di collezione privata ripropone una opera che rappresenta un “unicum” nel mondo dell’arte, ovvero “Monna Lisa-Gioconda” di Leonardo da Vinci.



Figura 1. Fotografia nel visibile del dipinto “Gioconda con colonne” San Pietroburgo (Olio su tela – 85,2 x63,2)

La presenza delle colonne rappresenta l’aspetto distintivo più significativo rispetto a “La Gioconda” conservata al Louvre.

Secondo Federico Zeri “l’opera vinciana, considerata fra le più prestigiose di tutti i tempi, fu mutilata, cioè privata delle due colonne che le serravano i lati per farne un pendant di un quadro più piccolo: quindi le fu tolta l’inquadratura laterale” che invece è presente nel dipinto oggetto di studio. Tale tesi è condivisa da Kenneth Clark, Richard Friedenthal e Serge Bramly.

Il ridimensionamento è tuttavia smentito dai conservatori del museo parigino: nel 2004, la versione del Louvre è stata sottoposta a un insieme di esami scientifici e

tecnici, realizzati da un gruppo di 39 esperti internazionali.

Le suddette indagini hanno anche dimostrato che le piccole porzioni delle colonne presenti sul dipinto sono state sovrapposte allo sfondo del cielo e delle montagne.

Altra ipotesi è rappresentata dalla esistenza di una seconda "Monna Lisa-Gioconda" di Leonardo da Vinci: in questa seconda versione sarebbero presenti le colonne. Gli studiosi della "Monna Lisa Foundation" ritengono che la matrice delle copie con le colonne sia la Gioconda di Isleworth.

Sorge di conseguenza la domanda: «Il dipinto "Gioconda con colonne" è da ricondurre al genio Leonardesco o ad un suo seguace, o è da considerare una copia de "La Gioconda" conservata al Louvre o la seconda "Gioconda" o una copia di quest'ultima?»

L'indagine è quindi rivolta alla identificazione dei materiali costituenti e alla caratterizzazione della tecnica pittorica con lo scopo di collocare artisticamente l'esecuzione e contribuire a fornire una risposta affidabile sulla base di una valutazione sia soggettiva che oggettiva.

A tal riguardo lo studio è stato condotto con il concorso dello storico dell'arte, del restauratore oltre che del fisico e del tecnico-diagnosta, in una integrazione di competenze che hanno potuto condurre ad una risultanza finale.

Le indagini diagnostico-analitiche sono state eseguite alcune a San Pietroburgo nel Museo dove il dipinto è collocato e altre, su campioni prelevati dal manufatto, nel Laboratorio Diagnostico per i Beni Culturali dell'Università di Bologna con l'impiego di apparecchiature portatili e non, rispondenti a principi di innovatività e affidabilità.

La sequenza di indagini è riconducibile a:

- analisi macroscopica;
- valutazione dello stato di conservazione;
- caratterizzazione del supporto;
- caratterizzazione del legante;
- caratterizzazione della preparazione e dell'imprimitura del supporto;
- caratterizzazione della tavolozza del pittore;
- definizione della tecnica pittorica;
- definizione dello sfumato.

Per tale studio, sono state applicate le seguenti tecnologie:

- fotografia nel visibile a luce diffusa e radente → macchina fotografica Canon 650 D (18 Mpx), obiettivo Canon 18-35, faretti a luce fredda (5500 °K) Lupo, faretti ad incandescenza (500W), stativi, ombrellini;
- microscopia → microscopio stereoscopico ZEISS Stemis SV11;
- riflettografia in luce UV → videocamera multispettrale Musis MS (multispectral imaging system) (1024x768 px), sorgenti UV Stacker Yale Black Light Blue (365 nm);
- riflettografia in luce IR → videocamera multispettrale Musis MS (multispectral imaging system) (1024x768 px), sorgenti UV Stacker Yale Black Light Blue (365 nm);
- videomicroscopia ad analisi di immagine → videomicroscopio Keyence mod. VH 5901, obiettivo (fino a 175X).;
- colorimetria spettrofotometrica → colorimetro spettrofotometrico Minolta 2600d;
- spettrometria di Raggi X → spettrometro Electronic Industry Support (38 kV, 0,5 mA).

Inoltre sono state condotte le seguenti indagini analitiche:

- microscopia elettronica a scansione con microanalisi della sezione sottile → SEM Inspect S FEI con microsonda Edax Phillips New XL-30;
- analisi FT-IR → diffrattometro FT-IR Tensor 27 Bruker;
- datazione al radiocarbonio del supporto.

Di seguito si riportano le risultanze diagnostico-analitiche che si ritengono significative per il conseguimento degli obiettivi prefissati.

2. Analisi macroscopica

• Supporto

Il dipinto ha un supporto costituito da due tele inchiodate su telaio di legno (Figura 2).

Il telaio, estensibile mediante battitura di biette o zeppe angolari, ha una traversa orizzontale collocata al centro dei due regoli verticali (Figura 3). Esso è in buone condizioni e, in base alle caratteristiche costruttive, la sua fabbricazione si può fare risalire ad un periodo variabile tra il tardo ottocento e i primi anni del novecento [1-2].



Figura 2. Particolare del supporto



Figura 3. Particolare del telaio

Il supporto tessile è costituito da due tele incollate tra loro (foderatura). La prima tela, su cui insiste il dipinto, è priva dei bordi originali (Figura 4). Infatti lungo i margini non si rilevano cimose o fori da chiodo del primo tensionamento dell'opera sul telaio originale.



Figura 4. Particolare dei bordi della tela



Figura 5. Particolare della colla resinosa dietro la tela da rinfodero

I bordi, generalmente sfrangiati o danneggiati dai chiodi, venivano tagliati e asportati quando il dipinto su tela veniva sottoposto all'operazione di foderatura. In questo modo si evitavano fastidiosi problemi al momento del rimontaggio del dipinto foderato sul nuovo telaio [3-4].

La pratica era in uso in varie parti d'Europa presso molti restauratori che operavano tra la fine dell'800 e gli anni cinquanta del '900, ma forse anche dopo[4].

Il dato negativo di tale pratica sta nell'impedire l'accertamento delle esatte misure originali del dipinto.

La tela usata per foderare il dipinto ha le seguenti caratteristiche: fili sottili ed armatura quadrata molto stretta, in tutto simile alle tele industriali preparate per dipingere. Dunque si ritiene che la foderatura sia stata eseguita a cera.

Il colore del tessuto in origine era chiaro, ma si presenta di colore bruno in seguito al trattamento ricevuto durante la foderatura a cera[5].

Infatti l'impasto bruno di cera e colofonia, usato nella foderatura a caldo, ha impregnato le fibre vegetali ed è passato facilmente attraverso la trama, come dimostra la presenza di colla resinosa dietro la tela da rinfodero (Figura 5).

Attualmente le due tele solidali sono lente sul telaio.

• **Superficie pittorica**

Lo strato preparatorio su cui è dipinta l'opera è sottile, di colore tendente al bruno-rosso. Il limitato spessore della preparazione fa sì che sulla superficie del dipinto

sia molto visibile la trama della tela. Sembra mancare completamente uno strato di preparazione bianca, contenente anche bianco di piombo.

La pellicola pittorica risente della sottostante trama della tela. Il dipinto è coperto da più strati di vernici resinose o di altra materia, come colla o albume d'uovo con funzione di vernice finale.

Ciò crea un serio impedimento alla osservazione dello stato di conservazione della pellicola pittorica.

3. Valutazione dello stato di conservazione e individuazione dei precedenti interventi conservativi

Si è proceduto all'osservazione del dipinto con l'ausilio di strumentazioni diagnostiche.

L'applicazione della tecnica di fotografia a luce radente e diffusa, della spettrometria di fluorescenza ultravioletta e della video microscopia ad analisi d'immagine ha consentito una oggettiva valutazione dello stato di conservazione dell'opera e l'individuazione degli interventi conservativi e di restauro che si sono susseguiti nel tempo [6].

L'osservazione del dipinto mediante le suddette tecnologie diagnostiche ha consentito di formulare le seguenti osservazioni:

- l'opera è stata sottoposta a restauro più volte anche con interventi discontinui;
- il dipinto è coperto da un grande numero di reintegrazioni (ritocchi e ridipinture) di varie misure, eseguite in tempi diversi.

• La superficie pittorica

In particolare la ripresa a luce radente (Figura 6) ha evidenziato il sottile strato pittorico e, conseguentemente, la sottostante trama della tela.

Le più recenti prove di pulitura, successivamente ricoperte con abbondanti vernici e velature e identificabili nella foto UV con colorazione bruna e nera, hanno interessato la parte destra, bassa, pari a un quarto della superficie del dipinto, e piccole zone lungo il perimetro in alto (Figura 7).



A

B

Figura 6. Ripresa in luce radente da sinistra (A) e da destra (B)

Inoltre le immagini evidenziano la presenza di un intervento geometricamente selettivo ben definito dalla presenza in UV di una linea verticale collocata al centro, nella parte più bassa del manufatto. Infatti quest'area presenta una risposta alla fluorescenza UV differente rispetto al resto del manufatto. Sono presenti due

ridipinture recenti, al di sopra dello strato di vernice (in alto a sinistra e sulla fronte della donna in prossimità del bordo del velo) e zone di ritocco precedente – al di sotto dello strato di vernice – nella zona del décolleté, nel cielo e paesaggio alla destra del dipinto. L'impiego della videomicroscopia evidenzia che la tela non risulta ordinata e regolare. Inoltre sembra che, in corrispondenza di alcune screpolature, piccole porzioni di dipinto tendano a distaccarsi (Figura 8).



Figura 7. Ripresa in fluorescenza ultravioletta



Figura 8. Ripresa in videomicroscopia (50x) della pellicola pittorica

- **Lo sfondo**

L'impiego della fotografia a luce diffusa evidenzia la discontinuità del cielo a causa del grande numero di ritocchi e puliture in conseguenza dei vari interventi (Figura 9).



Figura 9. Particolare dello sfondo a luce diffusa



Figura 10. Particolare della colonna di destra a luce diffusa

Numerosissimi ritocchi sono attorno alla testa. Nella parte destra del cielo, dietro la nuca vi è un pesante ritocco alterato di forma quasi circolare e di colore azzurro tendente al giallo scuro, e moltissimi altri ritocchi interessano tutta l'area del cielo che per questo motivo presenta molte varietà di toni. Inoltre sempre in questa zona, in alto a sinistra, la vernice presenta delle anomalie dovute ad un diverso indice di rifrazione della superficie, a seguito probabilmente di una ultima verniciatura che ha creato con la pennellata alternanza di parti lucide e parti opache.

Il paesaggio è ricco di ritocchi. La colonna di destra presenta alcune riprese delle lumeggiature (Figura 10).

- **La figura**

Le riprese, sempre a luce diffusa, rivelano che la linea perimetrale della figura (testa e spalle) è marcata da una segno deciso, scuro e netto (Figura 11). Fra il colore e la tonalità dei due incarnati, infatti, vi è differenza: le mani risultano più rosate e morbide rispetto al resto che ha poche vibrazioni cromatiche. Le mani, inoltre, hanno piccolissimi punti di ritocco e minuti punti scuri (Figura 12).

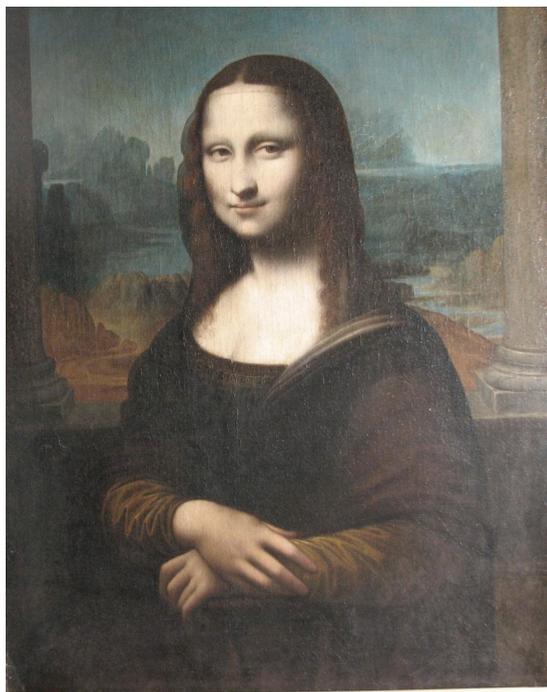


Figura 11. Particolare della figura a luce diffusa

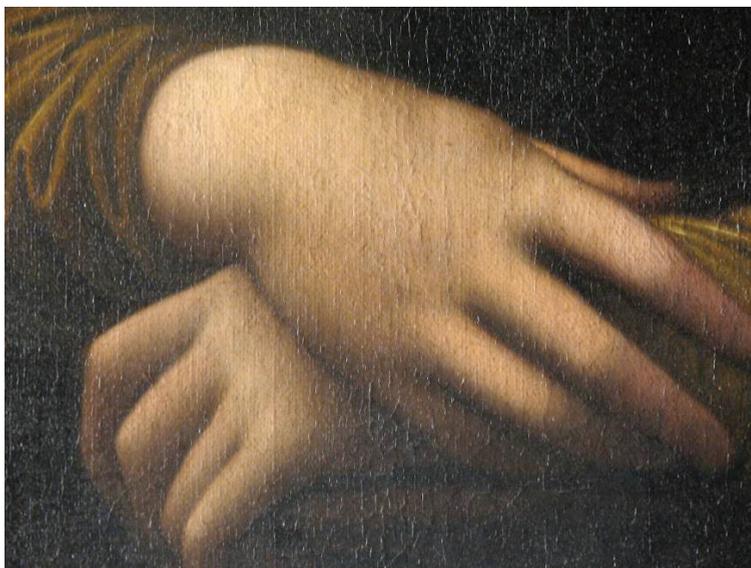


Figura 12. Particolare delle mani a luce diffusa

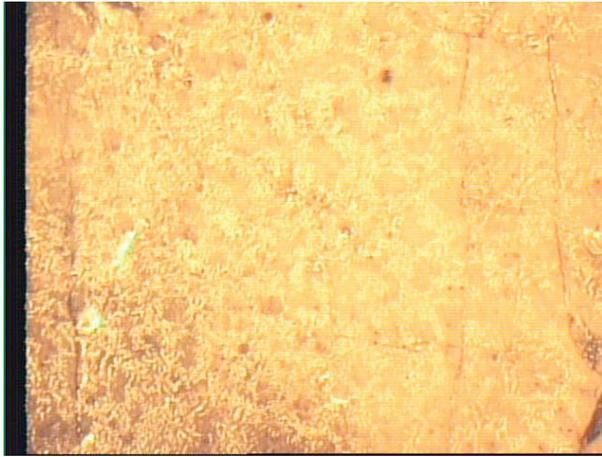


Figura 13. Ripresa in videomicroscopia (50x) dell'incarnato



Figura 14. Particolare della figura in ultravioletto

La tecnologia in videomicroscopia, d'altra parte, evidenzia che la pellicola pittorica dell'incarnato ha leggerissime e finissime screpolature verticali (Figura 13).

Le riprese in ultravioletto (Figura 14) evidenziano come il viso e la scollatura presentino una grande quantità di minutissimi ritocchi. Il volto e la scollatura hanno subito una pulitura che però non è stata estesa anche alle mani. Sul petto i ritocchi seguono un andamento verticale e a destra, anche di forma vagamente quadrata. La capigliatura mostra una sensibile consunzione nella parte destra sopra la fronte, ma il colore bruno nasconde le parti degradate. Ritocchi si notano lungo la capigliatura che scende sulla spalla sinistra della figura.

I riccioli dei capelli che si stagliano sull'incarnato sono stati danneggiati dalla pulitura, malamente e parzialmente ripresi o ritoccati. La decorazione bruna del bustino è dipinta perfettamente e con molta precisione. Poco evidenti le luci e le ombre delle pieghe del manto, salvo il chiaro delle pieghe in alto, che però non sono di buona fattura. Le maniche della veste presentano lumeggiature aggiunte.

4. Analisi

4.1. Supporto tessile

• Campionamento

Il campionamento del supporto originale e la successiva rimozione del consistente strato di resina imputabile alla foderatura hanno permesso di mettere in evidenza le caratteristiche tecnologie della tela.

Non presentando risvolti, il campionamento è stato eseguito su una parte di essa ovvero sul lato sinistro del dipinto in coincidenza della colonna di sinistra.

• Indagine diagnostico-analitica e risultati

Le indagini diagnostico-analitiche sono state condotte mediante l'utilizzo di tecnologie quali la microscopia e la microscopia elettronica a scansione.

Di seguito si riportano le caratteristiche strutturali del tessuto.

La fibra lino è costituita da un fascio di cellule con parete spessa, frequentemente decomposte in singole unità, chiamate *ultimati*. In particolare le caratteristiche sono:

Aspetto longitudinale: fibre diritte con dislocazioni trasversali a forma di X lungo la fibra, chiamate *nodi* (Figura 15).

Sezione trasversale: fascio di cellule a forma di poligono con un piccolo lumen e pareti spesse (Figura 16).

Torsione: senso della Torsione: torsione a "Z".

Armatura: a tela con fili a trama alternati su quelli di ordito (1 trama, 1 ordito).

Densità: 14 fili per cm in ordito e 12 fili per cm in trama.

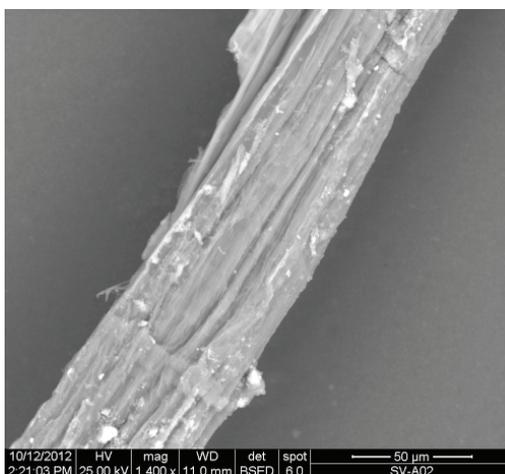


Figura 15. Fibra di lino vista al SEM (1400x)

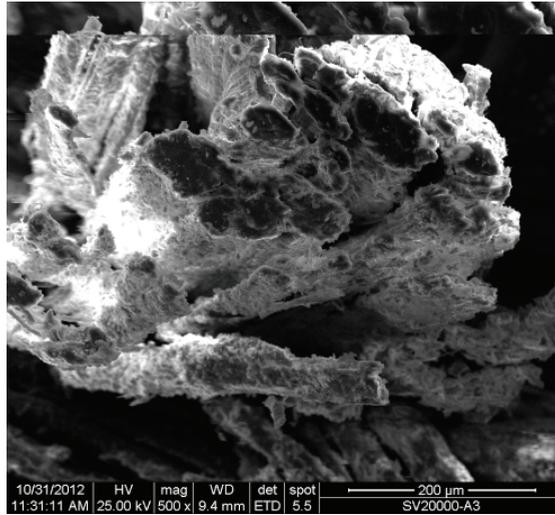


Figura 16. Sezione trasversale delle fibre di lino viste al SEM (500x)

All'esame microscopico la fibra si presenta costituita da lunghi filamenti formati da fasci di fibre aggregate ciascuna di diametro compreso tra i 30 e 40 μm . Queste fibre appaiono raccolte insieme con sostanze incrostanti, residui legnosi, membrane parzialmente lignificate ed impurità varie. Le singole fibre hanno una forma cilindrica con un sottile canale centrale e terminano con una punta acuta. Osservate longitudinalmente, le fibre presentano marcate striature trasversali che si incrociano obliquamente ad x e presentano un lieve rigonfiamento a distanza quasi regolare.

La tela è dunque realizzata in fibra di lino ed ha una densità mediamente elevata (Figura 17) adeguata al formato del dipinto. Infatti la scelta della trama da parte degli artisti era in funzione del formato: più serrata per i piccoli formati, più rada ma robusta per i grandi teleri [7].

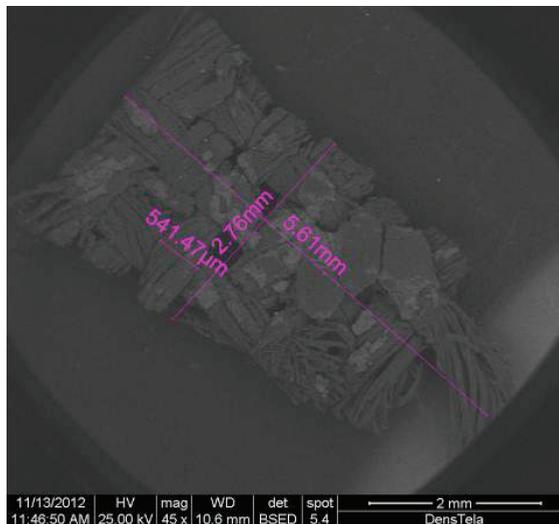


Figura 17. Osservazione al SEM del campione di tela

Il filato presenta nella lavorazione irregolarità di tessitura dovute al riavvicinamento dell'ordito e alla lieve variazione della sezione del filo.

Il tessuto presenta ondulazioni dei fili in prossimità dei lati lunghi, deformazioni conseguenti al tensionamento del dipinto sul telaio.

Lo stato di conservazione della tela è mediocre. A seguito delle complesse vicende conservative, la tela risulta estremamente fragile e consumata con sfibramenti e consunzioni, imputabili soprattutto ai prodotti utilizzati nel processo di foderatura.

• **Datazione al radiocarbonio**

Il campione è stato sottoposto a datazione con il metodo del radiocarbonio mediante la tecnica della spettrometria di massa ad alta risoluzione (AMS).

I macrocontaminanti, presenti nei campioni, sono stati individuati mediante osservazione al microscopio ottico e rimossi meccanicamente.

La datazione convenzionale al radiocarbonio è stata corretta per gli effetti di frazionamento isotopico sia mediante la misura del termine $\delta^{13}\text{C}$ effettuata direttamente con l'acceleratore, sia per il fondo della misura.

La concentrazione di radiocarbonio è stata determinata confrontando i valori misurati delle correnti di ^{12}C e ^{13}C , e i conteggi di ^{14}C con i valori ottenuti da campioni standard di Saccarosio C6 forniti dalla IAEA (Figura 18).

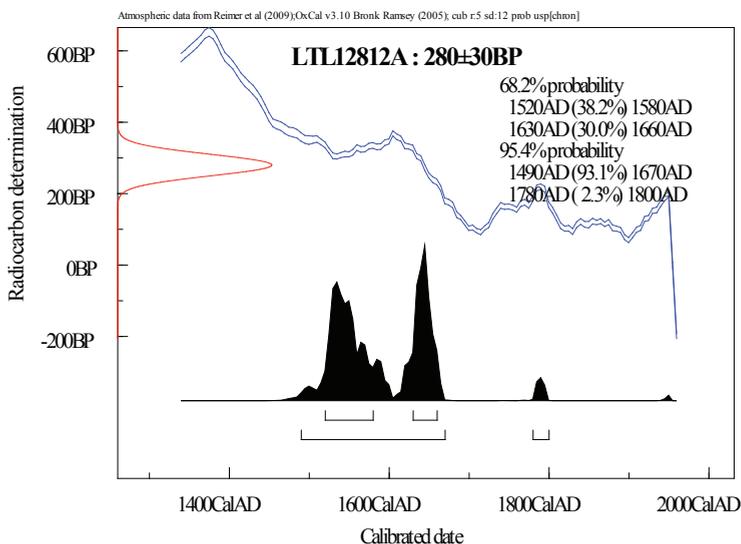


Figura 18. Datazione al radiocarbonio

4.2. Strato preparatorio

• **Campionamento**

Il campionamento ha riguardato un frammento che includesse l'intera stratigrafia: dal supporto alle vernici. Il campionamento è stato eseguito sul lato inferiore sinistro del dipinto in coincidenza della colonna di sinistra.

Lo strato preparatorio è uno strato nascosto a cui di norma si riserva poca attenzione e su cui anche i trattati di tecnologie pittoriche risultano vaghi. Tuttavia esso ha una grandissima importanza soprattutto per la conservazione dell'opera. Infatti costituisce quella parte del dipinto che è maggiormente sollecitata da stress meccanici, in quanto risulta interposta tra due strati con caratteristiche fisiche totalmente diverse: lo strato flessibile del tessuto e quello rigido di olio e pigmenti.

Anche la bibliografia specialistica risulta vaga sull'argomento ed è difficile trovare qualcos'altro oltre le generiche indicazioni sulle tipologie composizionali, fatte salve le rare specialistiche indagini scientifiche.

Le scarse informazioni aggiuntive sono per lo più contrastanti e, quindi, denotano una certa approssimazione su di un argomento che probabilmente doveva essere custodito con gelosa riservatezza in botteghe esterne allo stesso atelier dell'artista.

• **Indagine diagnostico-analitica e risultati**

Si riportano, in particolare, le indagini eseguite su cross-sections di campioni inglobate in resina (per l'analisi in microscopia elettronica a scansione) e in bromuro di potassio (per le analisi in spettroscopia infrarossa).

Le analisi elementari eseguite mediante il microscopio elettronico a scansione con microanalisi (Figure 19-20) hanno individuato la presenza dei seguenti elementi: carbonio (C), ossigeno (O), alluminio (Al), silicio (Si), piombo (Pb), calcio (Ca), ferro (Fe).

Sono stati riscontrati inoltre inclusi di: zolfo (S) e bario (Ba).

La presenza simultanea di zolfo e bario nei grani permette di intuire la presenza del solfato di bario. Questo si presenta sotto la forma di inclusi disseminati nella preparazione; le dimensioni, che variano da qualche micrometro a dozzine di micrometri, dimostrano che si tratta di baritina naturale piuttosto che di un pigmento artificiale, poiché se così fosse i grani avrebbero una morfologia più regolare.

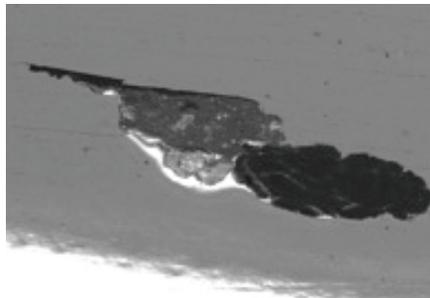


Figure 19. Photograph using electronic microscopy (250x)

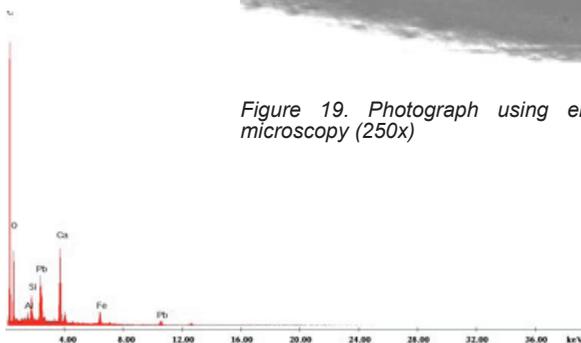


Figure 20. EDX spectrum of the preparatory red layer (Energy Dispersive X-ray spectroscopy)

Le analisi in spettroscopia in infrarosso a trasformata di Fourier hanno rivelato la presenza di carbonato di calcio, allumosilicati e olio (Figura 21).

In particolare il legante risulta essere un olio invecchiato in quanto, mediante la spettroscopia IR, è stata rivelata la presenza di gruppi acidi liberi (-COO-), la cui formazione è imputabile all'idrolisi dei legami esterei dei trigliceridi contenuti negli oli siccativi.

Non è stata rivelata la presenza di leganti proteici.

Prima dell'applicazione dello strato preparatorio sulla tela, al fine di isolare le fibre dal diretto contatto con la preparazione e colmare il divario dimensionale tra i fili, era abituale procedere a trattare il tessuto con colla sciolta in acqua [8-10].

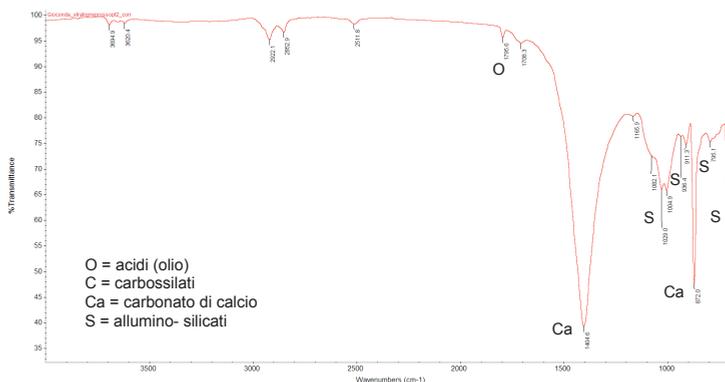


Figura 21. Spettro FTIR dello strato preparatorio

In questo caso, non essendo stata rivelata la presenza di leganti proteici, si esclude l'applicazione della suddetta tecnica.

Lo strato preparatorio, dunque, risulta essere composto da un legante organico costituito da olio siccativo, da una componente bianca a base di carbonato di calcio tipo creta bianca o tipo bianco di Spagna, da una componente rosso/bruna a base di allumosilicati idrati di ferro tipo terre bolari e da una componente a base di piombo sotto forma di ossido (o minio Pb_3O_4 – rosso - o litargirio PbO giallo-arancio), poiché è da escludere la presenza di cerussa ($PbCO_3$) o idrocerussite ($Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$). Inoltre è stata riscontrata la presenza di solfato di bario ($BaSO_4$) sotto forma di inclusi.

4.3. Imprimitura

• Indagine diagnostico-analitica e risultati

L'imprimitura si presenta di colorazione giallo-bruna, contenente inclusi neri, bianchi, rossi, incolore. Presenta uno spessore di circa 40 micron.

Le indagini analitiche sullo strato preparatorio sono state condotte mediante l'utilizzo delle tecnologie di microscopia elettronica a scansione e spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier. Si riportano di seguito le indagini eseguite su cross-sections di campioni inglobate in resina (per l'analisi in microscopia elettronica a scansione) e in bromuro di potassio (per le analisi in spettroscopia infrarossa).

Le analisi elementari eseguite mediante il microscopio elettronico a scansione con microanalisi ha individuato la presenza dei seguenti elementi (Figura 22): carbonio (C), ossigeno (O), ferro (Fe), magnesio (Mg), alluminio (Al), silicio (Si), fosforo (P), piombo (Pb), potassio (K), calcio (Ca).

Le analisi in spettroscopia in infrarosso a trasformata di Fourier hanno rivelato la presenza di carbonato di calcio, allumosilicati idrati e olio (Figura 23).

In particolare la presenza del legante oleoso è stata individuata grazie al riconoscimento della componente esterea dei trigliceridi contenuti negli olii siccativi.

Inoltre è stata rivelata la presenza di carbossilati di piombo formati dalla reazione di un pigmento a base di piombo (Pb_3O_4 o PbO) con il medium oleoso.

L'imprimitura, dunque, risulta essere costituita da un legante organico composto da olio siccativo, da una componente bianca a base di carbonato di calcio tipo creta bianca o tipo bianco di Spagna, da una componente bruna a base di allumosilicati idrati di ferro e da nero carbone.

Ai fini della collocazione spazio-temporale del dipinto oggetto di studio risulta interessante soffermarsi sulla presenza del piombo in relazione alla formulazione specifica dell'olio siccativo utilizzato.

Poiché la colorazione dello strato di imprimitura risulta giallo-bruna si potrebbe escludere l'applicazione del piombo sotto forma di minio come pigmento (rosso – Pb_3O_4) a favore dell'ipotesi che si tratti di litargirio (giallo-arancio – PbO) come siccativo dell'olio.

Si può dunque ipotizzare che l'olio siccativo sia stato reso tale mediante l'aggiunta di litargirio, pratica indicata in una vasta gamma di ricette [11].

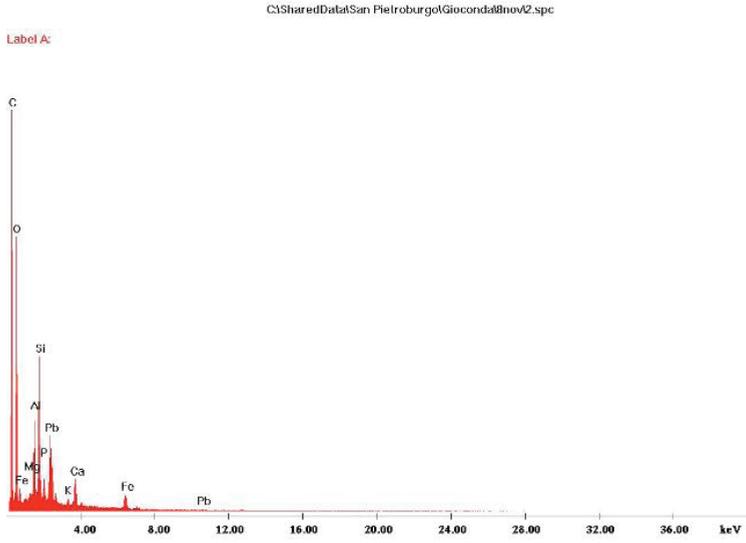


Figura 22. Spettro EDX dell'imprimitura

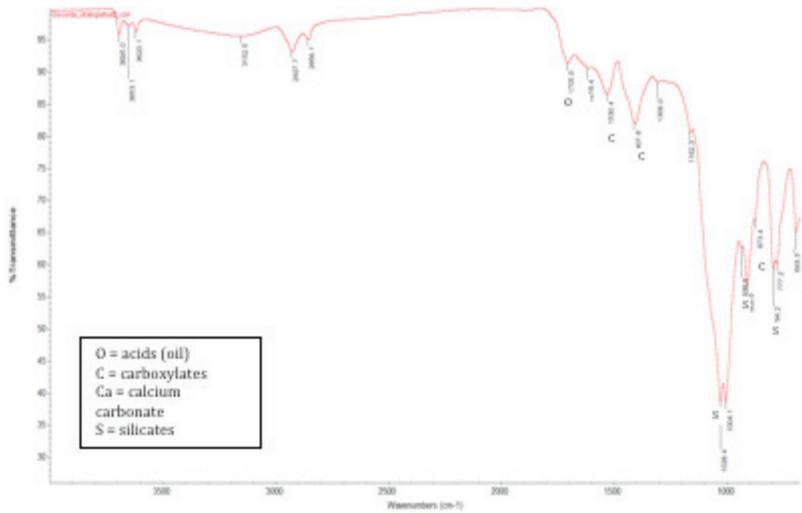


Figura 23. Spettro FTIR dell'imprimitura

4.4. Pellicola pittorica

• Indagine diagnostico-analitica

Il riconoscimento dei pigmenti utilizzati dall'autore per realizzare lo strato pittorico è stato eseguito mediante la spettrometria di fluorescenza a Raggi X.

La tecnica di spettroscopia di fluorescenza a Raggi X permette di individuare gli elementi, presenti anche in tracce, costituenti il bene [12].

Essendo la tecnica non distruttiva, si è potuto operare senza rischi per l'incolumità dell'opera, indagandola in più punti: ovviamente, poiché nel dipinto sono presenti vari pigmenti, è necessario ripetere le misure in varie zone per raccogliere dati significativi. Va comunque precisato che la metodologia pone alcuni problemi dovuti alla sovrapposizione di righe spettrali e al fatto che il segnale acquisito si riferisce a più strati pittorici a partire dalla superficie. L'individuazione dei pigmenti è avvenuta attraverso la lettura delle righe spettrali cui corrispondono gli elementi caratterizzanti.

Nella figura 24 si riportano i punti presi in considerazione.

Gli spettri che si ottengono mostrano una serie di picchi corrispondentemente a ciascun elemento presente. Tale tecnica strumentale permette di indagare gli elementi della tavola periodica da numero atomico 14 fino a 92 [12]. Occorre anche "depurare" i grafici dai picchi degli elementi sempre presenti, in tracce, o che sono dovuti ad interferenze esterne [12].

Ci si riferisce all'Ar (argon), presente nell'aria, e al W (tungsteno o wolframio) che risulta in maniera consistente: ciò è dovuto al fatto che di esso è costituito parte dello strumento stesso, mentre è assolutamente estraneo al dipinto, se non in quantità infinitesimali. Per di più anche il calcio (Ca), il ferro (Fe) e il piombo (Pb) sono sempre presenti, perché componenti fondamentali sia della preparazione che dell'imprimatura della tela. Inoltre è necessario evidenziare che in quasi tutti i punti analizzati si sono riscontrati quantitativi variabili di rame (Cu): spesso piccole quantità di pigmenti a base di rame (classe di pigmenti che danno una colorazione dall'azzurro al verde) si trovano nelle tonalità scure di quasi tutti i colori, evidenziando l'impiego di questi pigmenti per scurire la tonalità del colore. Inoltre, per quanto concerne gli incarnati, si presume che l'aggiunta di piccole quantità di pigmenti a base di rame siano stati utilizzati dall'autore per raffreddare la tinta [13-15].

Si ritiene opportuno e significativo riportare in figura 25 lo spettro XRF relativo al punto 5 (collo in ombra).

• Risultati

Di seguito vengono discussi i risultati corrispondentemente alle diverse zone scelte del dipinto.

► L'incarnato in luce

L'incarnato in luce deve essere preso in esame in due aree: l'incarnato del viso e quello del decoltè. Infatti gran parte dell'incarnato del decoltè ha subito un forte intervento di restauro, tanto da renderlo apprezzabilmente più chiaro dell'incarnato del viso. Inoltre le ombre al centro sono scomparse, fino a rendere la parte ritoccata priva di profondità. L'analisi XRF ha rivelato, proprio nella parte ampiamente ritoccata, la presenza di cromo (Cr) ed una consistente concentrazione di piombo (Pb).

La presenza di Cr è sicuramente correlata all'utilizzo di giallo di cromo (cromato di piombo) in uso dall'inizio dell'800 [12,16-18].

Per quanto riguarda le indagini condotte sull'incarnato in luce del viso queste sono compatibili con i risultati delle analisi eseguite sull'incarnato del decoltè non ritoccato: il colore è reso con bianco e rosso. Il bianco è un pigmento a base di piombo (Pb), mentre il rosso è sicuramente imputabile al ferro (Fe). Si deduce che i pigmenti utilizzati per la realizzazione dell'incarnato in luce sono costituiti da terra rossa stemperata con biacca ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$).

► L'incarnato in ombra

Stando alle analisi XRF, gli incarnati in ombra sono ottenuti con un pigmento a base di ferro (Fe) con percentuali di manganese (Mn). Non potendo stimare quantitativamente l'apporto del manganese, si può ipotizzare o l'utilizzo di terra di Siena o di terra d'ombra stemperate con biacca.

Nella composizione degli incarnati sono state rivelate sempre tracce di rame (Cu). Le letture delle analisi XRF indicano che il rame (Cu) aumenta negli incarnati in ombra. Si deduce che è stata utilizzato il rame (Cu) per creare pigmenti bruni anche come base degli incarnati in luce, e che allo scurirsi dell'incarnato corrisponde anche un aumento dell'apporto del rame (Cu).

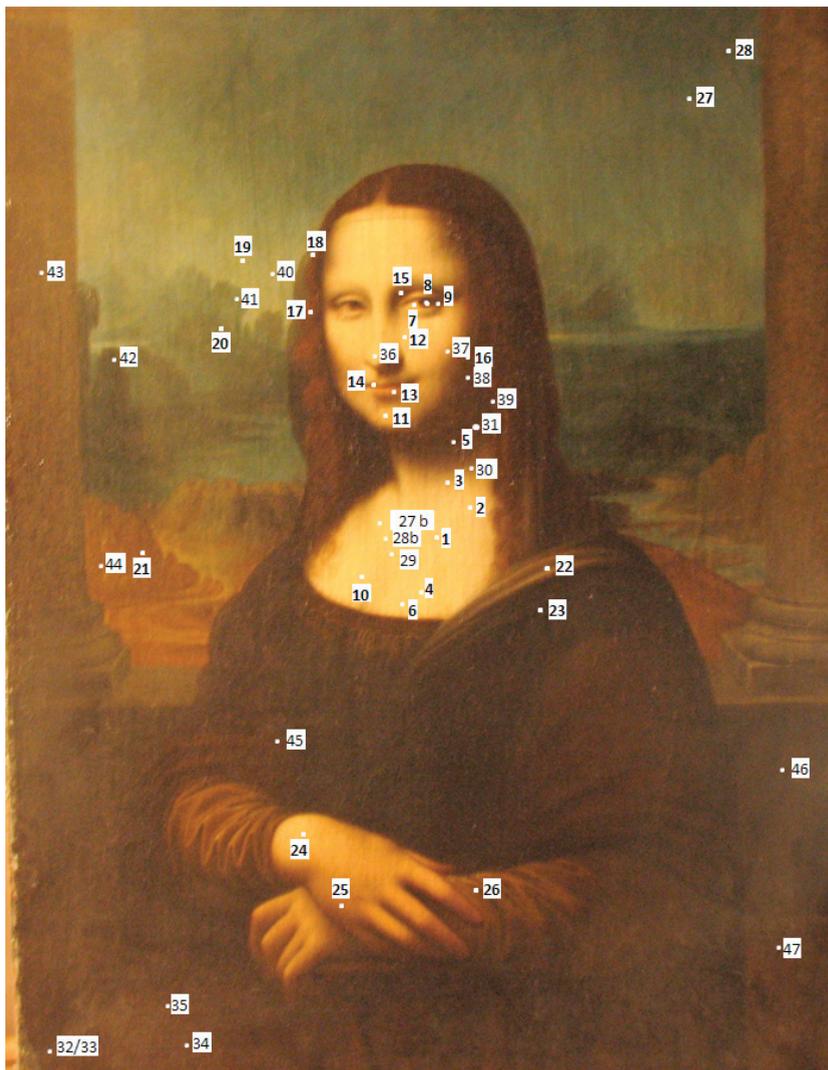


Figura 24. Punti presi in esame con lo spettrometro di fluorescenza a raggi x

► **Le labbra**

Il rosso delle labbra è ottenuto con un pigmento a base di ferro (Fe), presumibilmente una terra rossa (ocra) stemperata con biacca.

► **L'iride**

Il bruno dell'iride è ottenuto con una terra a base di ferro (Fe) con minime percentuali di manganese (Mn) stemperato con biacca. Quindi dall'analisi XRF si evidenziano alte quantità di ferro (Fe) e di piombo (Pb) e tracce di manganese (Mn).

Anche in questo caso si riscontra una piccola quantità di Cu utilizzata probabilmente per brunire i pigmenti.

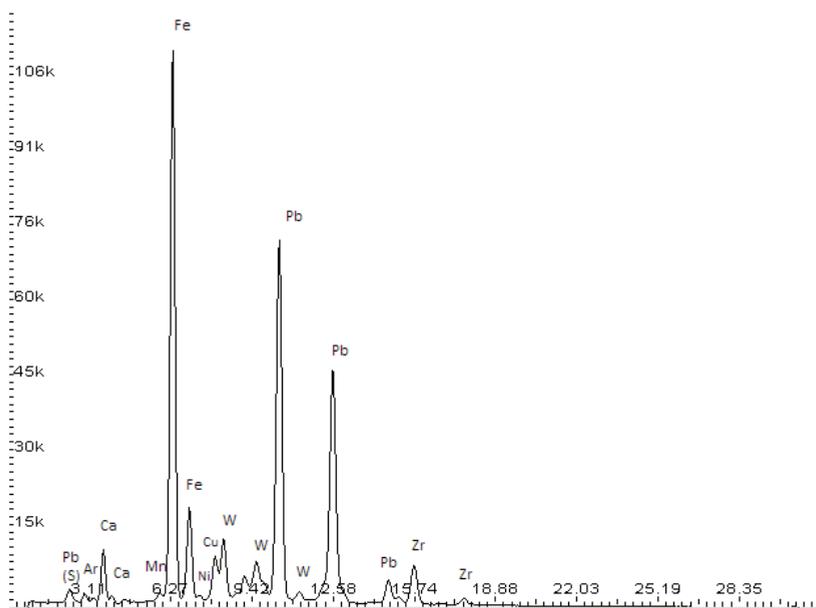


Figura 25. Campione n°5 collo in ombra (incarnato in ombra)

► La pupilla

La pupilla eseguita sopra l'iride risulta presumibilmente realizzata con un nero a base di carbonio non rivelabile con la tecnica XRF.

► Il cielo

Dalle analisi XRF si evidenzia la presenza di un pigmento a base di rame (Cu) in riferimento alla realizzazione del cielo. Sulla base dei soli dati XRF, si dovrà genericamente parlare di pigmenti verdi a base di rame, essendo questo l'unico elemento pesante nell'ambito della serie di pigmenti verdi ed azzurri antichi e moderni.

Dalle analisi è emerso che il rame non è presente al di sotto delle colonne ma, viceversa, in tracce anche consistenti nella porzione dove sono rappresentate le montagne (rossicce, ottenute anche con Fe e tracce di Mn) sullo sfondo. Si potrebbe dedurre che le colonne ed il cielo sono stati dipinti in fasi separate, mentre le montagne sono state realizzate direttamente sullo strato pittorico del cielo dopo averlo steso.

Probabilmente anche la figura di donna è stata dipinta in un altro momento, quindi separatamente dal cielo e dalle colonne.

► I capelli

Il colore dei capelli, che ad occhio nudo risultano di un bruno rossiccio, è ottenuto con una terra a base di ferro (Fe) con minime percentuali di manganese (Mn) stemperato con biacca.

Quindi le analisi XRF rivelano alte quantità di ferro (Fe) e di piombo (Pb) e tracce di manganese (Mn).

Anche in questo caso si riscontra una piccola quantità di Cu utilizzata probabilmente per brunire i pigmenti.

► La veste

Anche la veste è ottenuta tramite una terra a base di ferro (Fe) con minime percentuali di manganese (Mn) stemperato con biacca. Quindi dall'analisi XRF si rivelano alte quantità di ferro (Fe) e di piombo (Pb) e tracce di manganese (Mn).

Pure in questo caso si riscontra una piccola quantità di Cu utilizzata probabilmente per brunire i pigmenti.

► La manica

La colorazione gialla della manica è resa grazie all'utilizzo di un pigmento a base di ferro (Fe), presumibilmente ocre, stemperato con biacca. Si ritiene che la

rivelazione di quantità apprezzabili di calcio (Ca) siano imputabili alle lumeggiature eseguite con bianco di san Giovanni (carbonato di calcio).

► Il muretto e il pavimento

Anche in questo caso i bruni sono ottenuti tramite una terra a base di ferro (Fe) con minime percentuali di manganese (Mn) stemperato con biacca.

Quindi dall'analisi XRF si rivelano alte quantità di ferro (Fe) e di piombo (Pb) e tracce di manganese (Mn).

Si riscontra una piccola quantità di Cu utilizzata probabilmente per brunire i pigmenti.

Inoltre è evidente come il pigmento del muretto, più scuro rispetto a quello del pavimento, presenti un contenuto di manganese (Mn) superiore al marrone del pavimento e della veste.

• La tecnica pittorica

Per quanto riguarda la tecnica pittorica, l'indagine è stata condotta mediante riflettografia in infrarosso, tecnica che permette di osservare e analizzare il dipinto al di sotto del primo strato pittorico. In riferimento allo sfumato, con l'impiego del colorimetro spettrofotometrico si è cercato di descrivere la tecnica pittorica utilizzata dall'artista per costruire gli effetti cromatici [19-20].

Le immagini in riflettografia in infrarosso, in confronto con quelle nel visibile, ottenute a diverse lunghezze d'onda (NIR1 – NIR2 – NIR3), non hanno evidenziato la presenza del disegno preparatorio. Dalle immagini si evince, tuttavia, la definizione di un impianto progettuale, che colloca le principali forme nello spazio figurativo (come nel caso del dipinto "La Gioconda"): è evidente come emerga l'esigenza da parte dell'autore di definire figure individuali e gruppi di figure in monocromo, pensando prima di tutto in termini di contorno e tono, e poi di colore.

Di seguito viene riportato nella figura 26 il particolare del dipinto relativo alle mani con l'impiego del riflettoscopio in infrarosso.



Figura 26. Particolare delle mani NIR4

Dal punto di vista colorimetrico, sono stati presi in considerazione i punti 1,2,3,4,5, di cui 1 è l'incarnato in piena luce, 2, 3 e 4 sono gli incarnati in sfumato e 5 l'incarnato in ombra (Figura 27). Di questi punti è stata valutata la Luminosità L, il valore lungo l'asse a+ (rosso), il valore lungo l'asse b+ (giallo) e la Saturazione C (figura 28). Il colore dello sfumato, che ha origine dal bianco, viene reso mediante una miscela di pigmenti di colorazione verde e rossa. La luminosità diminuisce in maniera proporzionale dalle parti più chiare a quelle più scure mediante continue e numerose velature di pigmento poco coprente, tecnica che va a realizzare un effetto di sfumato.

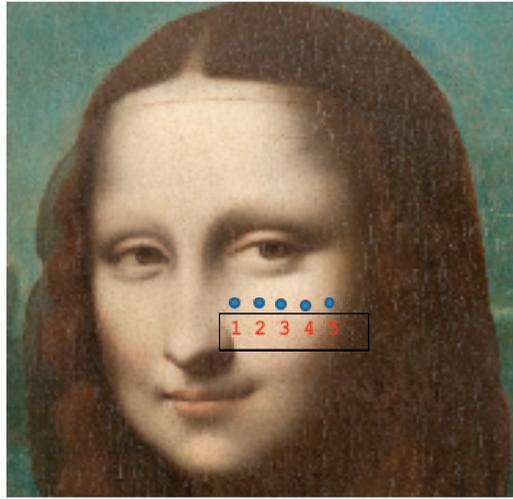


Figura 27. Punti di analisi in colorimetria spettrofotometrica

	L	a^*	B
1	54,3	7,96	22,11
2	53,15	7,60	21,17
3	50,44	7,63	17,58
4	45,77	7,02	16,8
5	30,80	3,16	7,06

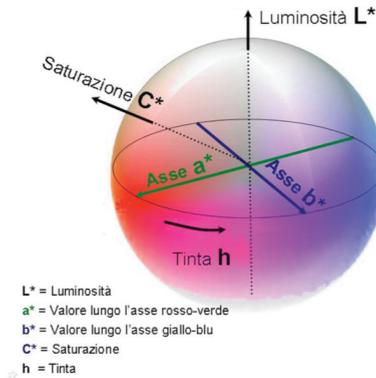


Figura 28. Valori colorimetrici degli incarnati e diagramma colorimetrico CIE-LAB

5. Conclusione

Sulla base dei risultati relativi alle indagini diagnostico-analitiche effettuate su: supporto tessile, strato preparatorio, imprimitura, pellicola pittorica, olio siccativo, e dell'analisi di datazione al radiocarbonio del supporto, si riassumono le seguenti considerazioni e risultanze anche in riferimento ai diversi periodi storici:

1) Per quanto riguarda il supporto tessile, nel nostro caso si tratta di una tela di lino con tessitura la cui trama si presenta in maniera irregolare e grossolana.

Le dimensioni del supporto sono compatibili con quelle "standard" diffuse a partire dalla prima metà del 1600 nell'area fiamminga [21-22].

D'altra parte, facendo riferimento alle fonti storiche relative alla tessitura nel corso dei secoli, si fa presente che la tessitura era effettuata con tela di lino in maniera serrata, ordinata e regolare e con filato leggero e sottile sin dal 1450 in tutta Europa. Verso la metà del '500 si diffuse l'uso delle tessiture diagonali e a spina di pesce. Nel '600 l'esigenza di avere una superficie scabra e più adatta ad una pittura veloce e corposa, determinò la realizzazione di tele più economiche e meno accurate nella lavorazione, caratterizzate da una grana grossa e da una trama larga [22-23].

Ne consegue che, se è vero che l'impiego della tela ha avuto inizio già dal 1450 [7, 17] in tutta Europa, è altrettanto certo che al tempo di Leonardo – che visse fra il 1452 e il 1519 [19] – era poco diffuso in Italia. Tale non compatibilità di periodi storici è ancor più netta in riferimento al tipo di tessitura che, nel nostro caso, in quanto grossolana, conduce ad un periodo ben più distante ovvero dalla metà del '500 in poi [19].

Ma a ciò si aggiunge quanto le fonti storiche riportano unanimemente sull'utilizzo da parte di Leonardo della tavola come supporto pittorico [24].

2) Anche la tecnica ad olio, riscontrata nel nostro dipinto, era poco diffusa al tempo di Leonardo, mentre era più frequente la tecnica a tempera.

3) L'utilizzo di carbonato di calcio nello strato preparatorio fu molto raro in Italia fino al 1520-'30 e poco impiegato anche nel periodo successivo, mentre era impiegato abitualmente nel Nord Europa dalla seconda metà del '400 [25-26].

4) L'uso dello strato preparatorio colorato, presente nell'opera, ebbe inizio dalla metà del 1500 [25-26].

5) Secondo uno studio svolto da Alain Duval su 155 preparazioni colorate di Scuola Francese del XVII e XVIII secolo, la baritina non viene considerata come una impurezza associata ad un composto, ma si ipotizza che sia stata invece aggiunta volontariamente ai pigmenti. La baritina si riscontra spesso insieme a pigmenti a base di ossidi di ferro. Dunque si ritiene che questo prodotto sia stato introdotto da un fornitore di pigmenti. Poiché l'olio siccativo e il solfato di bario hanno un indice di rifrazione molto simile, quest'ultimo ha un basso potere coprente e risulta quasi invisibile. Dunque, Duval ne deduce che un fornitore parigino mise presumibilmente a punto un prodotto destinato specificamente alle preparazioni. L'aggiunta di baritina permetteva al mercante di ridurre la parte di pigmento costoso mantenendo la quantità ed il colore desiderato per la realizzazione delle preparazioni. Secondo lo studio di Duval, nell'arco di tempo tra il 1620-1680 circa il 50 % delle preparazioni considerate contengono baritina, mentre dopo questo periodo il suo utilizzo è abbastanza occasionale [17, 21].

6) L'imprimatura colorata al di sopra della preparazione a bolo fu impiegata a partire dalla seconda metà del 1500 [27].

7) La presenza di litargirio nell'olio siccativo si diffuse nel Nord Europa a partire dalla fine del 1500 e in Italia successivamente [28].

8) In riferimento poi alla datazione al radiocarbonio del supporto tessile, essa ha permesso di ricondurre l'opera ad un periodo compreso fra il 1490 e il 1670 con una probabilità del 93,1%: tale datazione comprende il periodo di vita e di lavoro di Leonardo, mentre il risultato della datazione fra il 1520 e il 1660 con una probabilità del 68,2% esclude, invece, il periodo di vita e di lavoro di Leonardo.

Quanto fatto presente è raffigurato in Figura 29, confrontando gli intervalli temporali riscontrati con il periodo di vita di Leonardo.

Si può conseguentemente evidenziare che tale periodo fondamentalmente e significativamente non è riconducibile ai suddetti intervalli temporali anche perché Leonardo, alla morte del protettore Giuliano de' Medici avvenuta nel 1516, lasciò definitivamente l'Italia. Infatti nel maggio del 1517 fu ospite di Francesco I re di Francia, nel castello di Clos-Luc, vicino ad Amboise, e onorato del titolo di *premier peintre, architecte, et mécanicien* d'oro, con una pensione di 5000 scudi: ciò esclude, quindi, la sua attività in Italia [19, 29].

D'altra parte in Francia la sua attività artistica fu scarsa, indebolito com'era dalla vecchiaia e da una probabile trombosi cerebrale che gli paralizzò la mano destra, mentre poté continuare con passione e dedizione i propri studi e le ricerche scientifiche [19].

Alle precedenti considerazioni sulla tecnica di esecuzione dell'opera in esame fanno seguito alcune notazioni di carattere estetico-stilistico:

il volto manca dei grafismi della pittura di Leonardo e dei primi leonardeschi [30-31];

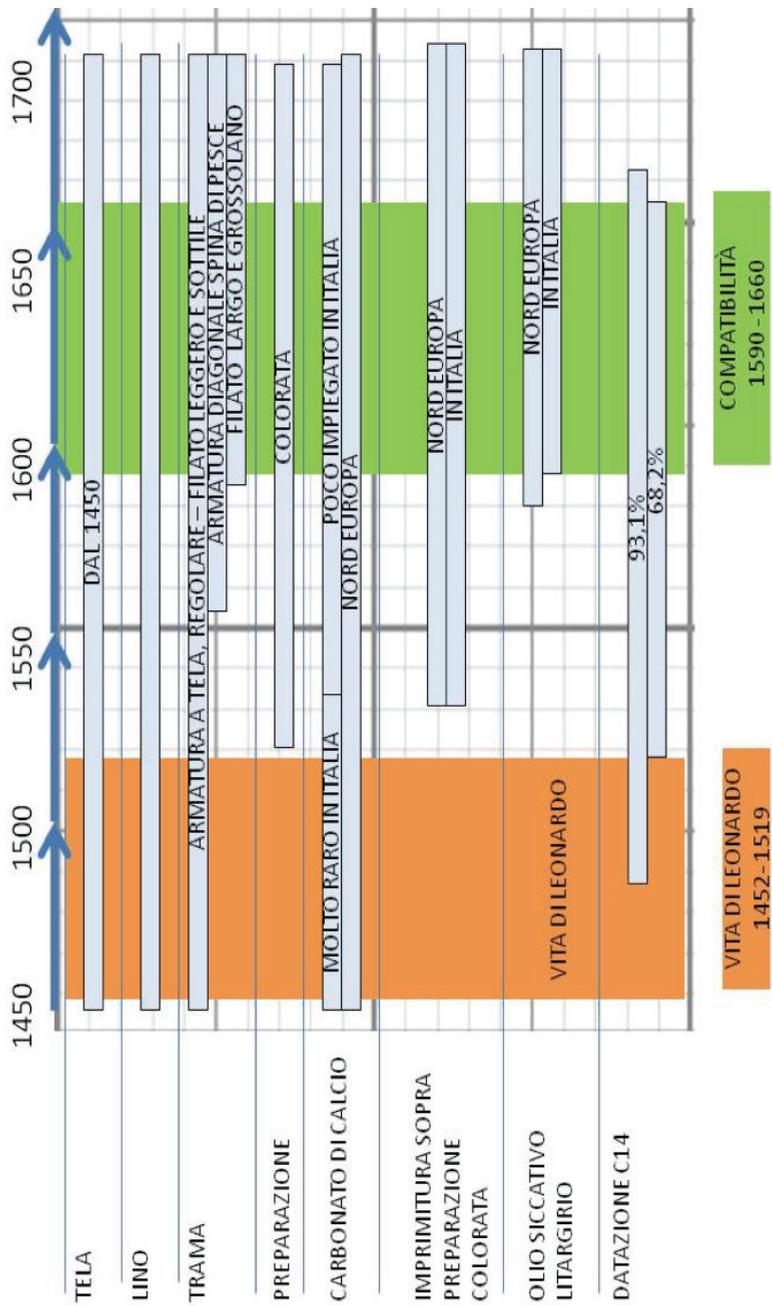


Figura 29. Collocazione temporale dell'opera in rapporto al periodo di vita di Leonardo (in rosso) e alla possibile compatibilità con le risultanze temporali relative alle analisi effettuate (in verde)

la pittura è molto, troppo "morbida" anche per essere anteriore al 1500 [32]; il disegno del pur velato e brumoso paesaggio di fondo risulta modesto [33]; le pennellate sono poco corpose e prive di quelle grossezze di colore, spesso ottenute stendendo i colori con i polpastrelli delle dita, che caratterizzano i paesaggi leonardeschi.

In particolare, per quel che riguarda la resa del paesaggio, quanto mai significativo appare il confronto fra il nostro dipinto e la Gioconda del Louvre [34].

Nel primo lo sfondo risulta confuso e senza profondità, con un chiaroscuro poco vibrante di riflessi luminosi e, perciò, privo di quel gioco di luci e ombre, di quel chiarore soffuso – luce velata, atmosfera avvolgente, quasi di sogno, dalla quale le figure sembrano emergere – tipico di tanti capolavori leonardeschi [29].

Nel secondo, invece, la fluidità delle tinte, unita alla mutabilità delle ombre e al chiaroscuro morbido e ombroso, disperde la linea producendo, con lo sgranare dei contorni, l'atmosfera stessa: quella tenebra azzurrognola di acqua e di cielo, in cui ogni rilievo svanisce inghiottito dall'ombra [35].

Allo stesso modo, nell'opera presa in esame, gli incarnati risultano meno ricchi di quelle sottili vibrazioni di luce e colore che, fondendosi impercettibilmente, danno profondità alle ombre e allo sfumato, rendendo massima la capacità espressiva e la potenza evocatrice della pittura leonardesca [36].

In conclusione, sulla base di quanto la ricerca ha oggettivamente dimostrato dal punto di vista storico-artistico, tecnico-materico e diagnostico-analitico, è possibile affermare che il dipinto a olio "Gioconda con colonne" rappresenta una copia dell'opera "Monna Lisa (Gioconda)" di Leonardo, riconducibile ad un periodo compreso fra il 1590 e il 1660.

In completezza è da far presente, d'altra parte, la buona fattura, la leggibilità e l'espressività promananti dall'opera, la cui esecuzione è presumibilmente di derivazione nordica, in particolare tedesco-fiamminga [20, 37-41], che risente della scuola francese per la presenza di baritina come additivo nella preparazione [17].

Ringraziamenti

Desideriamo ringraziare Lucio Calcagnile, CEDAD (Centro di Datazione e Diagnostica), Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione, Università del Salento, Gianluigi Colalucci, Capo restauratore del Laboratorio per il restauro dei dipinti dei monumenti papali, Città del Vaticano, e Irene Bonacini, M2ADL (Microchemistry and Microscopy Art Diagnostic Laboratory), Università di Bologna, sede di Ravenna.

Note biografiche

Salvatore Lorusso è ordinario di "Chimica dell'ambiente e dei beni culturali" presso la Scuola di Lettere e Beni Culturali dell'Università di Bologna. È Direttore del Master in "Progettazione e promozione degli eventi artistici e culturali". È Direttore della Collana "I beni culturali e l'ambiente" e del Journal storico-tecnico "Conservation Science in Cultural Heritage". È autore di oltre 370 pubblicazioni su riviste nazionali e internazionali e di 22 volumi e monografie di carattere merceologico, tecnologico e ambientale con particolare riferimento al settore dei beni culturali ed ambientali.

Chiara Matteucci è tecnico laureato presso il Dipartimento di Beni Culturali dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna. Svolge intensa attività in campo diagnostico-analitico su manufatti di interesse storico-artistico, archeologico, archivistico-librario e musicale presso il Laboratorio Diagnostico per i Beni Culturali del Dipartimento di Beni Culturali dell'Università di Bologna.

Andrea Natali è docente presso la Scuola di Lettere e Beni Culturali e Assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Beni Culturali dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna. Le attività didattiche e scientifiche sono svolte nell'ambito della conservazione e valorizzazione dei Beni Culturali e del Paesaggio, dell'autenticazione delle opere d'arte, della diagnostica artistica, del monitoraggio dell'ambiente di conservazione.

Salvatore Andrea Apicella si è laureato in "Diagnostica e restauro" presso l'Università "Suor Orsola Benincasa" di Napoli. È "Collaboratore coordinato continuativo" presso il Dipartimento di Beni Culturali dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna.

Flavia Fiorillo si è laureata in "Scienze e tecnologie per la conservazione e il restauro" presso l'Università di Bologna, sede di Ravenna.