

Le indagini scientifiche per lo studio dei dipinti murali: il caso dell'*Annunciazione* nella chiesa di San Marco a Tuscania.

Claudia Pelosi* e Maria Perta**

1. Introduzione.

Lo studio dei materiali costitutivi dei dipinti murali, come di altri manufatti di interesse storico, storico-artistico e archeologico si avvale oggi di un ampio ventaglio di metodologie scientifiche alcune oramai ampiamente diffuse e consolidate, altre meno utilizzate¹.

In questo lavoro vengono presentati i risultati delle indagini scientifiche condotte sul dipinto murale raffigurante l'*Annunciazione* collocato nella chiesa di San Marco a Tuscania. L'intenzione è quella di illustrare brevemente le potenzialità e i limiti di alcune tipologie di indagine maggiormente utilizzate nello studio dei dipinti murali applicate al caso di Tuscania, al fine di caratterizzare i materiali costitutivi (pigmenti, leganti, malte) e lo stato di conservazione delle pitture. Le metodologie di indagine sono quelle disponibili presso il Laboratorio di Diagnostica per la Conservazione e il Restauro "Michele Cordaro" della suddetta Facoltà² e presso altre strutture dell'Ateneo della Tuscania.

La scelta della metodologia di indagine dipende principalmente da due fattori, in primo luogo dalle informazioni che si vogliono ottenere e, secondariamente dalle tecniche disponibili. Inoltre, nel settore dei beni culturali è importante anche considerare l'unicità del manufatto e quindi valutare la possibilità di ottenere informazioni tramite tecniche non invasive che non richiedano il prelievo di campioni. Comunque, qualora si proceda con il campionamento di micro quantità di materiali dall'opera d'arte, è sempre preferibile utilizzare tecniche non distruttive che non alterino il campione consentendone altre indagini.

Le metodologie di analisi non invasive possono essere suddivise in tecniche non invasive per immagine, quali

la riflettografia nell'infrarosso³, i vari metodi fotografici⁴, la radiografia⁵, e tecniche spettroscopiche non invasive, quali la fluorescenza dei raggi X⁶, la spettrometria UV, visibile e nel vicino infrarosso⁷, l'FTIR⁸, la micro Raman⁹. Queste tecniche utilizzate singolarmente ma soprattutto combinate permettono di ottenere informazioni dettagliate sui pigmenti e indicative sui leganti delle pitture murali. Sono comunque estremamente utili per indirizzare la scelta di eventuali punti di campionamento per indagini più approfondite in laboratorio. Tra le tecniche di indagine micro invasive si possono inserire tutte quelle che fanno uso di un microscopio, che può essere di tipo ottico o elettronico. I microscopi possono essere poi accoppiati con dispositivi per misure di tipo spettroscopico come la fluorescenza indotta dagli ultravioletti nel caso dei microscopi ottici o la fluorescenza dei raggi X nel caso dei microscopi elettronici. L'indagine microscopica è di fondamentale importanza per studiare in dettaglio la morfologia del campione e caratterizzarne i componenti.

Il microscopio ottico a luce polarizzata (microscopio polarizzatore), in particolare, è uno strumento indispensabile in un laboratorio di diagnostica per la conservazione e il restauro. Consente l'indagine sia di micro campioni tal quali, ovvero dopo il prelievo, sia di vari tipi di preparati. È utile soprattutto per sostanze cristalline che, attraverso l'interazione con la luce polarizzata, mostrano proprietà ottiche peculiari che ne permettono la caratterizzazione. I materiali lapidei e i pigmenti¹⁰ sono particolarmente adatti per l'esame attraverso il microscopio polarizzatore che permette di individuare la tipologia di minerali presenti, la birifrangenza, i colori di interferenza e le eventuali forme di alterazione.

Il microscopio elettronico a scansione (SEM) è uno strumento di altissima sensibilità e consente una visione molto ingrandita ed estremamente realistica del campione; la sua tridimensionalità permette di penetrare nelle microcavità dei materiali osservati e quindi di indagarne la microstruttura.

L'analisi al SEM viene realizzata inserendo il materiale da esaminare all'interno di una camera da vuoto dove viene colpito da un fascio di elettroni. Il campione deve essere reso conduttivo tramite metallizzazione, ovvero un procedimento che porta a ricoprire il materiale da esaminare con una sostanza che conduce (oro, platino o grafite). Nel microscopio utilizzato in questo lavoro è possibile studiare solo la morfologia del campione attraverso la registrazione degli elettroni secondari emessi dalla superficie esaminata. Qualora il SEM sia collegato con una microsonda elettronica (EDS, *Energy Dispersive Spectroscopy*) risulta possibile anche un'analisi degli elementi chimici presenti nel punto selezionato.

Prima di procedere con la descrizione delle analisi condotte e dei principali risultati ottenuti, è necessario descrivere brevemente il dipinto oggetto di studio e il suo stato di conservazione.

2. Il dipinto murale¹¹

Il dipinto raffigurante l'*Annunciazione* è collocato in una nicchia nella parete di controfacciata, a sinistra della porta d'accesso, della chiesa di San Marco a Tuscania. Il dipinto murale venne alla luce in seguito al terremoto che interessò la zona il 6 febbraio del 1971. In seguito al rinvenimento fu staccato dall'Istituto Centrale del Restauro, sottoposto ad un pronto intervento e ricollocato in situ tramite un sistema a sandwich che in quegli anni l'ICR andava sperimentando¹². Il dipin-



Fig. 1 - Tuscania, Chiesa di S. Marco, Scena centrale del dipinto con l'Annunciazione.



Fig. 2 - Montante laterale destro, Vergine col Bambino.



Fig. 3 - Montante laterale sinistro, San Donato.

to è databile tra la fine del XIV e gli inizi del XV secolo ed è attribuito ad un pittore anonimo di cultura toscano-senese¹³.

La scena centrale con l'Annunciazione (fig. 1) seppur molto deteriorata a causa di una vasta lacuna che interessa gran parte della figura della Vergine, mostra sullo sfondo di un porticato l'Arcangelo Gabriele che da l'annuncio alla Madonna assisa in trono. Nel montante

laterale destro è raffigurata la Vergine col Bambino (fig. 2) e in quello laterale sinistro San Donato (fig. 3) che si riconosce per la presenza del piccolo drago rampante ai suoi piedi. Infine, nella chiave dell'intradosso è rappresentato Cristo benediciente, circondato da sei serafini, che tiene in mano un libro aperto su cui compare scritto in caratteri gotici il versetto evangelico: *EGO SUM VIA VERITAS ET VITAE* (fig. 4).

3. La tecnica esecutiva e lo stato di conservazione

Il dipinto dell'Annunciazione è realizzato prevalentemente a fresco ma con ampie finiture a secco. L'osservazione ravvicinata ha permesso di evidenziare alcune caratteristiche della tecnica esecutiva come l'uso dell'incisione diretta ben visibile nelle aureole e negli elementi architettonici (fig.5). La stesura del colore vede alternare l'uso di pennellate dense, come nelle piume dell'ala dell'Arcangelo (fig.6), a sfumature eleganti e rifiniture sottili soprattutto nei volti e nelle mani (fig.7).

L'attento esame condotto in situ tramite indagine visiva ravvicinata, macro fotografia, riprese a luce radente e con video microscopio portatile, ha permesso di evidenziare il pessimo stato di conservazione del dipinto, interessato da abrasioni della pellicola pittorica, sollevamenti dello strato superficiale soprattutto nella scena centrale, alterazioni cromatiche dei pigmenti, cadute di colore, estese fessurazioni, sbiancamenti delle superfici pittoriche ed, infine, depositi superficiali di polvere e ragnatele (figg. 8 e 9). Le cause di questi fenomeni di alterazione del dipinto murale possono essere ricondotte sia a fattori traumatici e ambientali che antropici. Senza dubbio il terremoto del 1971 provocò fessurazioni e cadute con perdita di ampie zone del dipinto, oggi visibili come estese lacune reintegrate durante l'intervento di restauro. L'umidità relativa elevata (mediamente 75%), misurata all'interno della nicchia, ha senza dubbio favorito la migrazione dei sali solubili con formazione di depositi salini superficiali ma anche con stress meccanici per i materiali costitutivi. L'azione antropica è legata all'uso di materiali non idonei, quali gesso, cemento e perni metallici, che hanno causato forti stress meccanici nel dipinto provocando distacchi, sollevamenti e fessurazioni, e pigmenti per le reintegrazioni interessati da alterazioni cromatiche in diverse zone del dipinto. Inoltre, la mancanza di un piano di manutenzione e monitoraggio nel tempo ha peggiorato i fenomeni già descritti aggiungendo anche altre forme di degrado quali depositi superficiali di polvere e ragnatele.



Fig. 4 - Chiave dell'intradosso, *Cristo benedicente*.

4. Le indagini scientifiche

Le tecniche non invasive applicate in questo lavoro per lo studio del dipinto dell'Annunciazione sono state: misura del colore tramite uno spettrofotometro di riflettanza (sigla SR) X-Rite modello CA22 con illuminante D65/10° in base al metodo CIE1976 con step di campionamento 10 nm e spot da 4 mm; studio ravvicinato della morfologia delle superfici dipinte tramite video microscopio digitale Dino-Lite Pro-AM 413T con obiettivo zoom ad ingrandimenti 50x e 200x. Le analisi di laboratorio sono state eseguite tramite microscopio polarizzatore (sigla MP) Zeiss Axioskop con telecamera digitale Zeiss AxioCAM MR su due tipologie di preparati: pigmenti allestiti in balsamo del Canada, osservati in luce trasmessa, riflessa e ultravioletta (UV); sezioni lucide di malte e intonaci dipinti osservati in luce riflessa e UV.

Su alcuni dei campioni scelti in base alle misure e alle indagini già condotte sia in situ che in laboratorio è stata eseguita l'analisi chimica tramite spettrometria FT-IR (Fourier Transform Infrared) tramite uno spettrofotometro Nicolet Avatar 360 con detector DTGS, operando in riflettanza diffusa tramite accessorio DRIFT, e μ -FT-IR con microscopio IR Centaurus con detector MCT. Le misure sono state eseguite con la seguente modalità: 128 scansioni, risoluzione 4 cm⁻¹, riferimento KBr in polvere grado spettrofotometrico.

I pigmenti e i leganti sono stati esa-

minati anche tramite analisi micro chimica al fine di caratterizzare gli elementi e i composti presenti¹⁴.

Infine, su alcuni dei campioni prelevati è stata condotta l'analisi visiva tramite microscopio elettronico a scansione (SEM), presso il CIME (Centro Interdipartimentale di Microscopia Elettronica) dell'Università della Toscana. È stato utilizzando un microscopio Jeol modello JSM-5200.

5. Risultati e maggiori evidenze riscontrate

Riprese con video microscopio

Le acquisizioni con video microscopio delle superfici dipinte sono state condotte allo scopo di ottenere immagini ingrandite (a 50 e 200x) che evidenziassero particolari non visibili ad occhio nudo. Lo studio e la lettura delle immagini hanno permesso di ottenere informazioni sulla tecnica esecutiva, sulle caratteristiche microscopiche dello strato pittorico e della preparazione, sulla presenza di alterazioni. Occorre sottolineare che le acquisizioni con video microscopio non forniscono informazioni riguardo la composizione delle superfici esaminate ma, al limite, permettono di formulare ipotesi che andranno poi verificate con altre analisi.

Di seguito vengono descritti alcuni dei punti più interessanti evidenziati dall'analisi con video microscopio.

L'acquisizione A1 (fig. 10), realizzata in corrispondenza dell'incarnato



Fig. 5 - Particolare a luce radente con le incisioni dirette.



Fig. 6 - Particolare delle piume dell'ala dell'Arcangelo.



Fig. 7 - Particolare dei volti della Vergine col Bambino.



Fig. 8 - *Vergine col Bambino* (part.), si notano abrasioni e cadute di colore.



Fig. 9 - *Vergine col Bambino* (part.), si notano fessurazioni e sollevamenti.

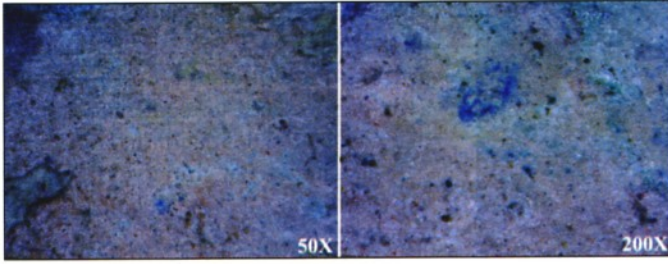


Fig. 10 - Acquisizioni con video microscopio del volto dell'Arcangelo, punto A1.

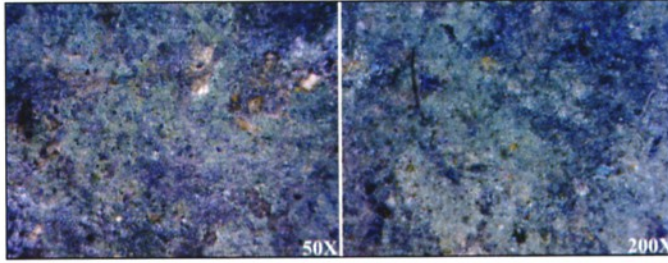


Fig. 11 - Acquisizioni con video microscopio del fondo verde della scena centrale, punto A3.

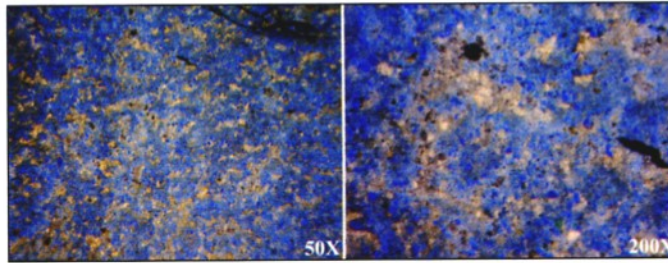


Fig. 12 - Acquisizioni con video microscopio del fondo azzurro dietro la Vergine, punto A7.

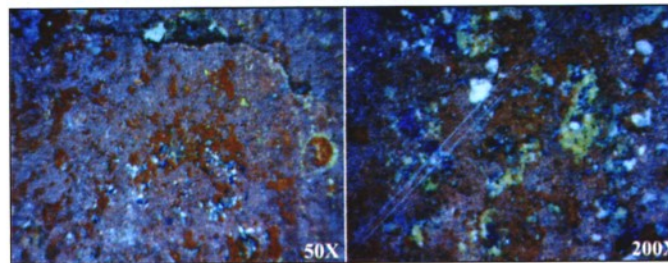


Fig. 13 - Acquisizioni con video microscopio del manto rosso della Vergine, punto A11.

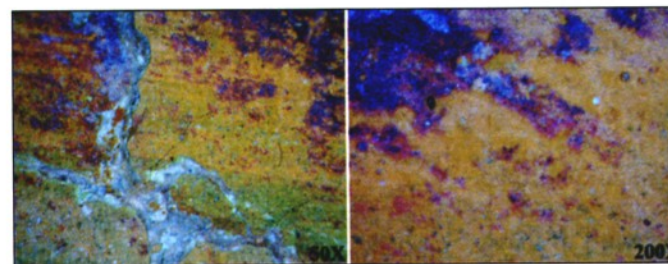


Fig. 14 - Acquisizioni con video microscopio dell'ala rossa di uno dei serafini, punto A14.

del volto dell'Arcangelo, mostra come il colore sia stato ottenuto con una mescolanza di pigmenti (rosso, giallo e bianco). Si osservano anche particelle nere con tonalità azzurra associabili al nero di vite che potrebbe essere stato utilizzato per scurire alcune parti dell'incarnato e come fondo preparatorio. L'acquisizione A3 (fig. 11), realizzata in corrispondenza del fondo verde vicino la veste dell'Arcangelo, mostra una superficie pittorica disomogenea con zone verdi e brune con presenza di particelle gialle e nere. Il verde sembrerebbe applicato su un fondo scuro di ematite e nero di vite.

L'acquisizione A7 (fig. 12), realizzata in corrispondenza del fondo azzurro vicino l'aureola della Vergine nel montante laterale destro, mostra che il pigmento è stato applicato su un fondo chiaro e in parte è caduto. Si osservano anche filamenti di ragnatele e alcune particelle nere associabili a depositi superficiali. Il punto di acquisizione A11 (fig. 13), realizzato in corrispondenza dell'interno del manto rosso della Vergine nel montante laterale destro, mostra la presenza di particelle di diversi colori. Il rosso, di tonalità vivace, è applicato su una stesura gialla, che emerge in alcune zone dove il rosso è caduto. Si osservano anche particelle nere e bianche, quest'ultime associabili a depositi salini superficiali. I grani neri potrebbero essere dovuti ad alterazione del pigmento rosso. Lo strato superficiale traslucido, osservabile soprattutto ad ingrandimento 50x, è dovuto ai residui del materiale di restauro (probabilmente una resina acrilica) impiegata per fissare la pellicola pittorica prima dello stacco.

Il punto di acquisizione A14 (fig. 14), realizzato in corrispondenza del rosso dell'ala dei serafini nella chiave dell'intradosso, mostra una superficie interessata da fessurazioni della pellicola pittorica, cadute di colore e depositi di ragnatele. Il pigmento rosso, in parte caduto e alterato, è applicato su fondo giallo. Le acquisizioni con video microscopio hanno messo in evidenza anche la presenza della garza presente nella struttura a sandwich con la quale i dipinti furono ricollocati in situ (fig.15).

Misure di colore

La colorimetria è una tecnica di indagine non invasiva che fornisce utili informazioni circa le caratteristiche cromatiche di una superficie in termini di purezza, saturazione, lunghezza d'onda dominante permettendo anche di ipotizzare, dal confronto con standard di letteratura, il tipo di pigmento presente nella stesura pittorica. Le misure di colore, inoltre, sono molto utili per monitorare le variazioni cromatiche che una superficie può subire nel tempo. I dati ottenuti sperimentalmente possono essere riportati come valori numerici ($L^*a^*b^*$, secondo il metodo CIE1976) o come spettri di riflettanza, ovvero grafici della percentuale di luce riflessa dalla superficie in funzione della lunghezza d'onda nel visibile da 400 a 700 nm¹⁵.

I punti di misura del colore sono stati indicati con la lettera C seguita da un numero progressivo. In tabella 1 si riportano i dati $L^*a^*b^*$ per i punti misurati.

Il valore della coordinata L^* indica la luminosità della superficie misurata mentre a^* e b^* rappresentano le coordinate cromatiche ($+a^*$ è la componente rossa, $-a^*$ quella verde;



Fig. 15 - Acquisizioni con video microscopio della garza di restauro, montante laterale destro, punto A15.

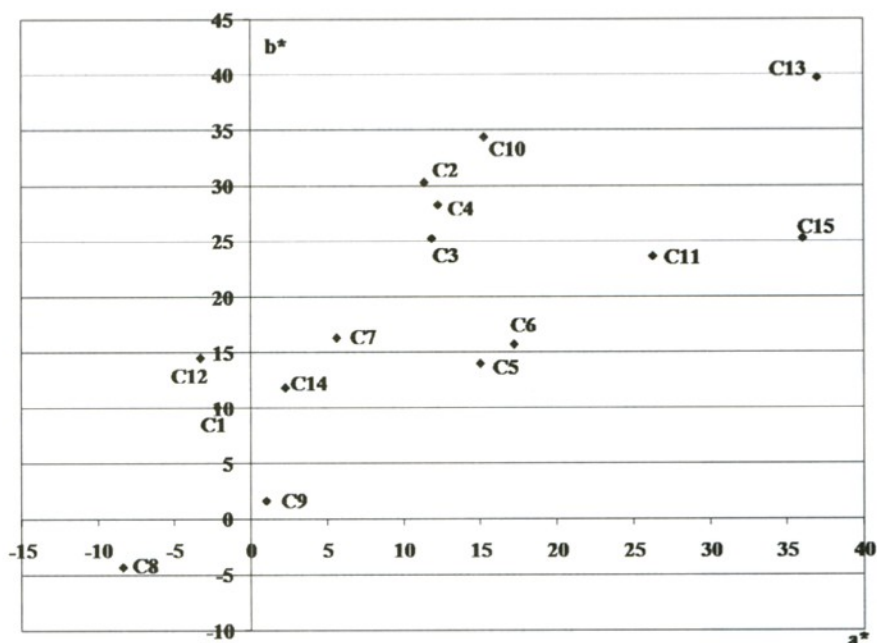


Fig. 6 - Diagramma delle coordinate cromatiche a*b*.

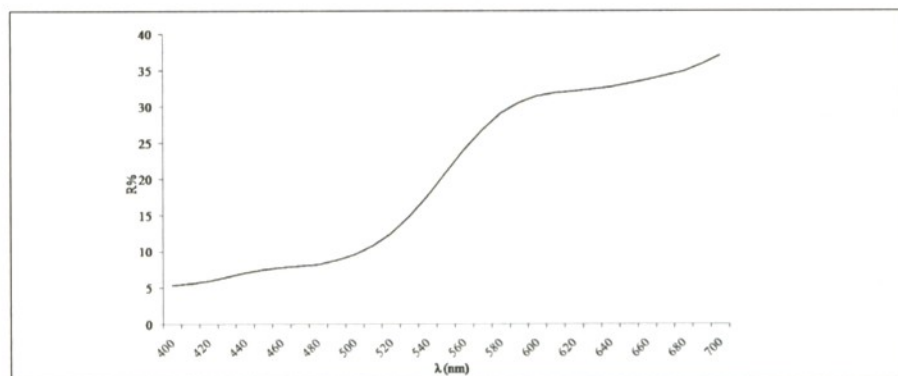


Fig. 17 - Spettro di riflettanza del punto C10.

+b* è la componente gialla, -b* quella blu). Nella figura 16 viene riportato il grafico delle coordinate cromatiche a*b* che fornisce un confronto immediato del colore dei punti misurati.

Dalla lettura del grafico di figura 16 si osserva come le zone di colore giallo (punti C2, C3, C4 e C10) si collocano molto vicini tra loro indicando una probabile composizione simile. I valori delle coordinate L*a*b* dei punti gialli e l'andamento degli spettri, confrontati con i dati di letteratura, permettono di ipotizzare la presenza di ocre gialla del tipo terra di Siena naturale¹⁶. Lo spettro di riflettanza dell'ocra gialla è caratterizzato dalla presenza di un flesso nella zona dei 470-480 nm (fig. 17).

I punti C1 e C12 indicano due superfici di colore verde, anche in questo caso di composizione analoga data la vicinanza tra i punti nel grafico a*b*.

Il confronto con i dati di letteratura sembra indicare analogie con la terra verde, un pigmento largamente utilizzato nei dipinti murali soprattutto per la sua grande stabilità ad affresco.

Relativamente ai rossi la situazione è certamente più articolata. A parte i punti C5 e C6 che si collocano molto vicini tra loro, gli altri punti (C11, C13 e C15) sono distanti sia tra loro che con C5 e C6.

I valori delle coordinate cromatiche per i punti C5 e C6, seppur non mostrando una esatta corrispondenza con i dati di letteratura, trovano una discreta analogia con quelli della terra d'ombra naturale, quindi un pigmento a base di ossidi di ferro ma con presenza anche di composti di manganese. I valori delle coordinate cromatiche e l'andamento dello spettro di riflettanza del punto C11, corrispondente alla veste della Vergine nel montante laterale destro, presentano analogie con quelli del cinabro (il confronto è stato fatto con un provino realizzato in laboratorio). Il punto C13, corrispondente all'ala dei serafini nella chiave dell'intradosso, presenta valori e andamento dello spettro di riflettanza analoghi a quelli del minio (tetrossido di piombo) mentre il punto C15, corrispondente alla veste di San Donato, sembrerebbe collocarsi in una situazione intermedia con una maggiore analogia con il punto C13: in questo caso è probabile l'uso del cina-

Descrizione del punto di misura	L*	a*	b*
C1 verde del fondo scena centrale	38,37	-2,197	10,07
C2 giallo capelli dell'Arcangelo	59,90	11,35	30,34
C3 giallo aureola della Vergine scena centrale	46,86	11,84	25,27
C4 giallo della cornice in basso, scena centrale	50,06	12,24	28,31
C5 rosso della cornice in basso, scena centrale	36,18	15,00	14,01
C6 rosso dell'ala dell'Arcangelo	35,32	17,21	15,73
C7 bianco dell'ala dell'Arcangelo	69,79	5,617	16,32
C8 azzurro del fondo, montante laterale destro	37,88	-8,373	-4,323
C9 nero degli elementi decorativi, montante laterale destro	25,09	1,010	1,647
C10 giallo della veste del Bambino	52,85	15,25	34,41
C11 rosso del manto della Vergine	40,80	26,26	23,66
C12 verde della tunica della Vergine	47,15	-3,297	14,54
C13 rosso dei serafini	55,06	36,99	39,75
C14 bianco del pastorale di S. Donato	74,48	2,257	11,84
C15 rosso della veste di S. Donato	43,94	36,03	25,27

Tabella 1 – Valori delle coordinate cromatiche CIELab.

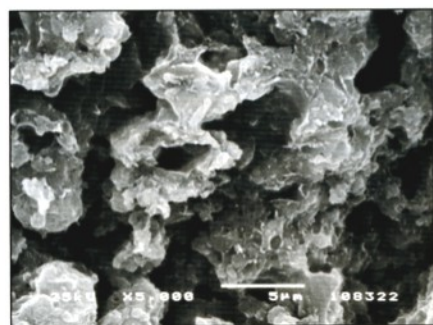


Fig. 18 - Immagine al SEM di alcuni grani del campione P3, terra verde.



Fig. 19 - Immagine al SEM di alcuni grani del campione P8, nero vegetale.

bro ma forse con presenza anche di minio.

I punti bianchi, C7 e C14, si collocano molto vicini tra loro nel diagramma a^*b^* indicando una composizione analoga e probabilmente a base di bianco di calce (bianco San Giovanni, CaCO_3).

Il punto nero, C9, presenta valori delle coordinate cromatiche e andamento dello spettro di riflettenza che lo assimilano ad un nero fumo piuttosto

che ad un nero di vite. Quest'ultimo, infatti, presenta quasi sempre una tonalità bluastro con valore negativo della coordinata b^* .

Il punto blu C8, infine, presenta valori delle coordinate cromatiche e andamento dello spettro di riflettenza che permettono di ipotizzare la presenza di azzurrite con una tonalità verde, probabilmente a causa dei naturali processi di trasformazione del pigmento in carbonati e/o cloruri di rame di colore verde.

Analisi di laboratorio

Le analisi di laboratorio sono state condotte su 15 micro campioni prelevati dai dipinti murali, ciascun punto di prelievo è stato contrassegnato con la lettera P seguita da un numero progressivo. Al fine di presentare i dati in maniera sintetica, i risultati delle analisi di laboratorio vengono riportati complessivamente in tabella 2.

In tutti i campioni esaminati si riscontra la presenza di gesso e di una resina acrilica. Il gesso, insieme alla colla animale, costituisce la nuova preparazione per i dipinti in seguito alle operazioni di stacco e ricollocamento in situ. La presenza di una garza, evidenziata dalle riprese con video microscopio, conferma questo dato. La resina acrilica è probabilmente il Paraloid impiegato per consolidare la superficie pittorica prima dello stacco.

L'osservazione tramite MP, dei preparati in Balsamo del Canada, e SEM dei campioni di pigmenti in polvere ha quasi sempre confermato le ipotesi

avanzate sulla base della lettura dei dati colorimetrici. Predomina l'uso di ocre e terre (fig. 18) insieme a carbonato di calcio e nero di vite (fig. 19), pigmenti ampiamente utilizzati in pittura murale, ma si riscontra anche la presenza di azzurrite (fig. 20), malachite (fig. 21), cinabro e minio. L'azzurrite risulta applicata a secco su base preparatoria di nero di vite, come evidenziato dall'analisi della stratigrafia (fig. 22) che individua anche la presenza di parti di malta originaria rimaste in seguito allo stacco. Le stratigrafie, realizzate anche in altri punti del dipinto murale, evidenziano spesso l'uso di più stesure pittoriche per la realizzazione dei vari elementi decorativi. Il bianco dell'ala dell'Arcangelo, ad esempio, è applicato su uno strato giallo con particelle di nero vegetale (fig. 23). Il giallo, oltre alla goethite, sembrerebbe contenere anche un altro materiale, forse un giallo di piombo, stagno e/o antimonio. La forte fluorescenza azzurra che si osserva agli UV indica la presenza di un materiale proteico, probabilmente la colla animale presente nella malta di restauro applicata in seguito allo stacco. In questo campione non risultano tracce di malta originale. La stratigrafia realizzata sul campione P14 corrispondente al rosso dell'ala di uno dei serafini, mostra la presenza di due stesure pittoriche rosse separate da uno strato sottile di malta (fig. 24). In questo caso si tratta quasi certamente di due fasi pittoriche distinte. Il rosso dello strato superficiale, a base di minio, è applicato su una preparazione gialla molto uniforme.

6. Conclusioni

Le analisi non invasive condotte in situ, insieme con l'osservazione ravvicinata e le foto macro e a luce radente, hanno permesso di valutare particolari della tecnica esecutiva del dipinto murale, quali le incisioni dirette e le punzonature delle aureole, e lo stato di conservazione che, come si è visto, risulta piuttosto compromesso. Accanto ad estesi fenomeni di abrasione superficiale delle pitture, si evidenziano sollevamenti e fessurazioni che stanno provocando una lenta ma continua caduta di parti del dipinto. A questi fenomeni si aggiunge la presenza di polvere

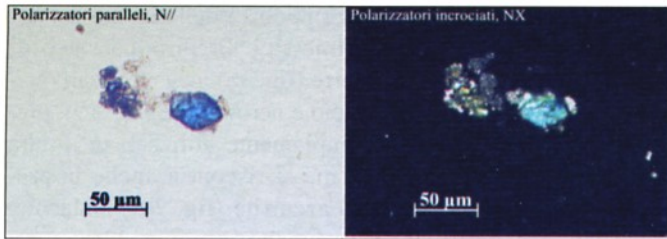


Fig. 20 - Immagini al microscopio polarizzatore del campione P7, azzurrite.

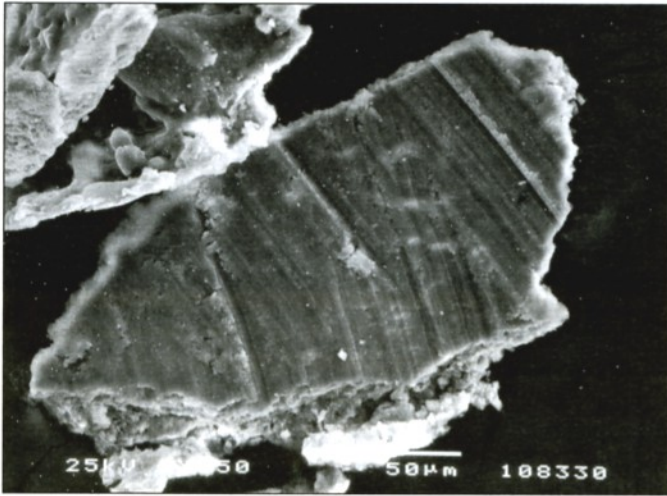


Fig. 21 - Immagine al SEM di alcuni grani del campione P9, malachite.

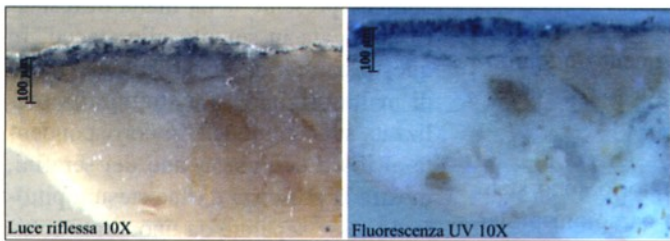


Fig. 22 - Immagini al microscopio polarizzatore della sezione lucida del campione P7, si distingue lo strato di nero vegetale di preparazione per l'azzurrite.

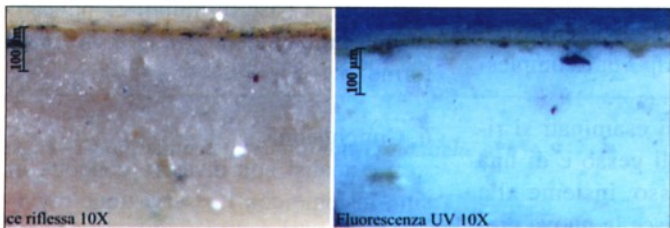


Fig. 23 - Immagini al microscopio polarizzatore della sezione lucida del campione P12, si distingue uno strato giallo al di sotto della stesura bianca.

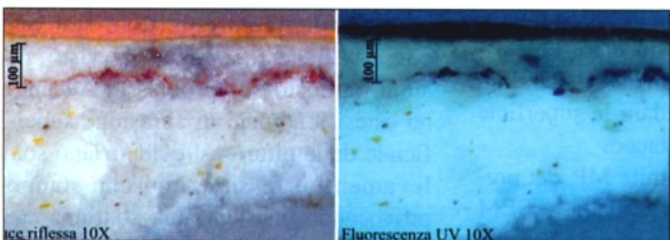


Fig. 24 - Immagini al microscopio polarizzatore della sezione lucida del campione P14, si distinguono due fasi pittoriche distinte.

e ragnatele diffuse su tutta la nicchia.

Le misure non invasive di colore hanno fornito utili indicazioni per ipotizzare la composizione dei pigmenti, confermata poi dalle analisi chimiche e morfologiche.

Le analisi di laboratorio hanno permesso di caratterizzare i pigmenti e solo parzialmente i leganti e la malta di preparazione a causa dell'operazione di stacco che ha introdotto materiali nuovi ma di simile composizione agli originali (quali sostanze proteiche e carbonato di calcio) creando quindi difficoltà analitiche nel distinguerli, e ha rimosso quasi completamente la malta originale. L'osservazione di alcune micro sezioni stratigrafiche ha messo in evidenza l'uso di una sorta di imprimitura a base di terre, nero di vite o giallo su quasi tutto il dipinto, applicata a fresco. I pigmenti quali ematite, goethite, nero di vite, carbonato di calcio, terra verde, sono stati utilizzati a fresco mentre l'azzurrite, il cinabro e il minio sono applicati a secco.

Un particolare e sentito ringraziamento va al dott. Fulvio Ricci, per aver proposto questo interessante lavoro e per la disponibilità sempre mostrata durante l'elaborazione delle ricerche, e al parroco don Fedoro per aver concesso l'ingresso alla chiesa necessario per le indagini diagnostiche.

Descrizione del punto di prelievo	Analisi effettuate	Risultati ottenuti
P1 incarnato dell'Arcangelo	MP, FTIR	goethite, ematite, carbonato di calcio, tracce di nero di vite, gesso, sostanze organiche di tipo proteico, resina acrilica
P2 capelli dell'Arcangelo	MP, FTIR, micro analisi per il ferro	goethite, carbonato di calcio, nero di vite, sostanze organiche di tipo proteico, resina acrilica, gesso
P3 fondo verde dietro l'Arcangelo	MP, FTIR, micro analisi per il ferro, SEM	terra verde, goethite, ematite, carbonato di calcio
P4 giallo dell'auroola della Vergine	MP, FTIR	goethite, ematite, nero di vite, carbonato di calcio, gesso, resina acrilica
P5 rosso dell'ala dell'Arcangelo	MP	ematite, carbonato di calcio, goethite, gesso, resina acrilica
P6 nero dell'auroola della Vergine	MP, SEM, micro analisi	nero di vite, ematite, carbonato di calcio
P7 fondo azzurro dietro la Vergine	MP, FTIR, micro analisi per il rame, SEM	azzurrite, nero di vite, carbonato di calcio, sostanze organiche di tipo proteico, resina acrilica
P8 nero della decorazione a finte tarsie marmoree	MP, SEM, micro analisi	nero vegetale, ematite, goethite, carbonato di calcio, resina acrilica
P9 tunica verde della Vergine	MP, SEM, micro analisi	malachite, tracce di nero di vite, goethite, carbonato di calcio, sostanze proteiche, resina acrilica
P10 veste gialla del bambino	MP, FTIR, micro analisi per il ferro	goethite, ematite, carbonato di calcio, gesso, sostanze proteiche, resina acrilica
P11 manto rosso della Vergine	MP, FTIR	cinabro, carbonato di calcio, sostanze proteiche, resina acrilica, tracce di nero di vite
P12 bianco dell'ala dell'Arcangelo	MP, FTIR	carbonato di calcio, resina acrilica, sostanze proteiche, gesso
P13 manto rosso di San Donato	MP, micro analisi, FTIR	cinabro, nero di vite, carbonato di calcio, sostanze proteiche, resina acrilica, gesso
P14 rosso dell'ala dei serafini	MP, micro analisi per ferro e piombo, FTIR	minio, ematite, carbonato di calcio, sostanze proteiche, resina acrilica, gesso
P15 fondo verde dietro la Vergine	MP	azzurrite, malachite, carbonato di calcio, gesso, sostanze proteiche tracce di malta originale

Tabella 2 - Risultati complessivi delle analisi di laboratorio.

NOTE

* Claudia Pelosi, Ricercatore di Chimica analitica (CHIM/01) presso la Facoltà di Conservazione dei Beni Culturali, Università degli Studi della Tuscia

** Maria Perta, laureata in Tecnologie per la Conservazione dei Beni Culturali, Università degli Studi della Tuscia

¹ M. MATTEINI, A. MOLES, *Scienza e Restauro. Metodi di indagine*, Firenze, 1984. S. PALAZZI, *Analisi chimica per l'arte e il restauro. Principi, tecniche, applicazioni*, Firenze, 1997. A. ALDOVRANDI, M. PICOLLO, *Metodi di documentazione e indagini non invasive sui dipinti*, Collana I Talenti, Padova, 1999. GIOLJ F. GUIDI, *Interventi di restauro. Analisi e costi delle indagini diagnostiche*, Roma, 1999. S. VOLPIN, L. APOLONIA, *Le analisi di laboratorio applicate ai beni artistici policromi*, Collana i Talenti, Padova, 1999.

M. CARDINALI, M.B. DE RUGGERI, C. FALCUCCHI, *Diagnostica artistica*, Roma, 2002. A. CASTELLANO, M. MARTINI, E. SIBILIA (a cura di), *Elementi di Archeometria. Metodi fisici per i beni culturali*, Milano, 2002. G. POLDI, G.C.F. VILLA, *Dalla conservazione alla storia dell'arte. Riflettografia e analisi non invasive per lo studio dei dipinti*, Pisa, 2006. L. CAMPANELLA ET AL., *Chimica per*

l'arte, Bologna, 2007. M. POLLARD, C. BATT, B. STERN, S. M. M. YOUNG, *Analytical Chemistry in Archaeology*, Cambridge, 2007.

² C. PELOSI, *L'indagine scientifica nello studio dei Beni Culturali: l'esperienza del Laboratorio di Diagnostica per la Conservazione e il Restauro dell'Università della Tuscia (Viterbo)*, Atti del V Colloquio Internazionale su *Formazione, occupazione e Beni Culturali e Ambientali*, Salerno 10-14 dicembre 2000, Roma, 2001.

³ M. BELLARIA, D. BERTANI, *La riflettografia infrarossa*, in CASTELLANO, MARTINI, SIBILIA, cit., pp. 227-250.

⁴ ALDOVRANDI, PICOLLO, cit., pp. 67-104.

⁵ D. GRAHAM, T. EDDIE, *X-Ray Techniques in Art*, Boston, 1985. A. CASTELLANO, S. QUARTA, *Tecniche radiografiche per l'archeometria*, in CASTELLANO, MARTINI, SIBILIA, cit., pp. 165-184. P. MOIOLI, C. SECCARONI, *Tecniche radiografiche applicate ai beni culturali*, Roma, 2004.

⁶ P. MOIOLI, C. SECCARONI, *Fluorescenza X. Prontuario per l'analisi XRF portatile applicata a superfici policrome*, Firenze, 2002.

⁷ A. FROVA (a cura di), *Il colore*, in «Le Scienze Quaderni», 78 (1994). S. PALAZZI, *Colorimetria. La scienza del colore nell'arte e nella tecnica*, Firenze, 1995.

C. OLEARI, *Misurare il colore*, Milano, 1998. S. OMARINI, *La diagnostica con i colori*, Roma, 2003. M. BACCI (a cura di), *Colore e Arte: Storia e tecnologia del colore*

nei secoli, Atti del V Congresso Nazionale di Archeometria, Firenze 28 febbraio - 2 marzo 2007, Bologna, 2008.

⁸ M. R. DERRICK, S. STULIK, J. M. LANDRY, *Infrared Spectroscopy in Conservation Science*, Los Angeles, 1999. I. ADROVER GRACIA, *Applicazioni della spettrofotometria IR allo studio dei beni culturali*, Padova, 2001. P. GRIFFITHS, J. A. HASETH, *Fourier Transform Infrared Spectrometry*, Hoboken, 2007.

⁹ M. J. PELLETIER (ed.), *Analytical Applications of Raman Spectroscopy*, Oxford, 1999.

I. R. LEWIS, H. G. EDWARDS (eds.), *Handbook of Raman Spectroscopy*, New York, 2001.

J. CHALMERS, P. GRIFFITHS (eds.), *Handbook of Vibrational Spectroscopy*, New York, 2001. E. SMITH, G. DENT, *Modern Raman Spectroscopy. A Practical Approach*, Chichester, West Sussex, 2005.

¹⁰ R. L. FELLER (ed.), *Artists' pigments: A handbook of their history and characteristics*, vol. 1, Washington, D.C.: National Gallery of Art; *Artists' pigments: A handbook of their history and characteristics*, vol. 2, Washington, D.C.: National Gallery of Art, 1993; E. WEST FITZHUGH (ed.), cit., Vol. 3, 1997. N. EASTAUGH, V. WALSH, R. SIDDALL, T. CHAPLIN, *Pigment Compendium - Optical Microscopy of Historical Pigments*, Amsterdam, 2004.

B. H. BERRIE (ed.), *Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics*, Volume 4, Washington, 2007.

¹¹ M. PERTA, *L'Annunciazione della Chiesa di San Marco in Toscana: analisi dello stato di conservazione e dei materiali costitutivi*, Tesi di Laurea in Tecnologie per la Conservazione e il Restauro, Università degli Studi della Tuscia, Viterbo, 2009.

¹² In base ai materiali riscontrati in situ e alle analisi di laboratorio, che hanno evidenziato la presenza di garza, gesso e colla animale, è stato ipotizzato l'impiego di un comune pannello di restauro contenente un'anima a nido d'ape a base di materie plastiche espanse. Tale supporto, grazie alla sua caratteristica leggerezza, risulta particolarmente adatto per le superfici curve, cfr. P. MORA, L. MORA, P. PHILIPPOT, *La Conservazione delle pitture murali*, Bologna, 2001, pp. 265-308.

¹³ F. RICCI, *Una Annunciazione nella chiesa di S. Marco di Toscana*, in «Biblioteca e Società», 10 (1991), pp. 23-27.

¹⁴ F. FEIGL, *Spot tests in inorganic analysis*, Amsterdam, 1966. F. FEIGL, *Spot tests in organic analysis*, Amsterdam, 1972.

¹⁵ Normal 43/93, *Misure colorimetriche di superfici opache*, CNR-ICR, Roma, 1993.

¹⁶ B. H. BERRIE (ed.), *Artists' Pigments*, cit., p. 55.