



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA**

**SCUOLA DI SCIENZE UMANISTICHE**

**DIPARTIMENTO DI ITALIANISTICA, ROMANISTICA,  
ANTICHIstica, ARTI E SPETTACOLO,**

Corso di Laurea Magistrale in Storia dell'arte e valorizzazione del patrimonio  
artistico

Tesi di Laurea

L'evoluzione della riflettografia attraverso lo studio dell'opera di Giovanni Bellini  
Le indagini in infrarosso dagli anni Settanta ad oggi

Relatore: Prof.ssa Maria Clelia Galassi

Correlatore: Prof. Paolo Triolo

Candidata: Maria Pastorino

Anno Accademico 2019/2020

**L'EVOLUZIONE DELLA RIFLETTOGRAFIA ATTRAVERSO LO STUDIO  
DELL'OPERA DI GIOVANNI BELLINI.  
LE INDAGINI IN INFRAROSSO DAGLI ANNI SETTANTA AD OGGI**

**INDICE**

<b>Introduzione</b> .....	2
<b>CAPITOLO 1. La storia della riflettografia per l'analisi delle opere</b> .....	4
<b>CAPITOLO 2. L'evoluzione delle indagini in infrarosso negli ultimi quarant'anni e le relative scoperte sul percorso artistico di Giovanni Bellini</b> .....	12
2.1 Anni Settanta.....	13
2.2 Anni Ottanta.....	15
2.3 Anni Novanta.....	19
2.4 Duemila.....	21
<b>CAPITOLO 3. Un approfondimento sulle singole opere</b> .....	25
3.1 Il Sangue del Redentore.....	25
3.2 La Pietà di Brera.....	32
3.3 Le Gallerie dell'Accademia.....	36
3.3.1 La Madonna degli alberetti.....	38
3.3.2 La Pietà di Venezia.....	39
<b>CAPITOLO 4. Le conoscenze acquisite su Giovanni Bellini grazie agli sviluppi della riflettografia infrarossa</b> .....	41
<b>TAVOLE</b> .....	48
<i>Bibliografia</i> .....	109
<i>Sitografia</i> .....	112

## Introduzione

Le indagini scientifiche sui dipinti, inserite nell'ambito artistico nel secolo scorso, hanno l'obiettivo, specialmente in Italia, di verificare lo stato conservativo di un'opera d'arte e di conseguenza quello di guidarne l'eventuale intervento di restauro. La cosiddetta *diagnostica per i Beni Culturali* è dunque nata per la necessità di restituire all'opera il suo aspetto originario, o quello che più vi si avvicina. Negli ultimi anni, tuttavia, la tecnologia relativa a tale ambito è stata soggetta ad un grande sviluppo, il quale ha permesso agli studiosi e agli amatori di conoscere i dipinti in maniera molto più approfondita ed esaustiva.

I *connoisseurs* del XIX secolo avevano già iniziato a conferire una maggior rilevanza agli aspetti materiali degli oggetti d'arte, considerandoli parte fondamentale dell'analisi di un'opera insieme alle classiche indagini iconografiche ed iconologiche. La ricerca "scientifica" non ha e non deve avere lo scopo di sostituire quella storico artistica, bensì di integrarla. Quando i conoscitori d'arte del secolo scorso diedero avvio a questo nuovo approccio di studio, gli strumenti di cui disponevano erano un taccuino, una penna, l'opera fisica dinanzi a loro e la lente d'ingrandimento. La scienza, oggi, ci consente di usufruire di una serie di metodologie e di analisi tecniche, talvolta derivate da altri ambiti di studio, come le indagini a raggi X, a raggi ultravioletti e a raggi infrarossi. Quest'ultima porzione del campo spettrale si è dimostrata particolarmente utile per il rilevamento e lo studio del disegno preparatorio che gli artisti erano soliti tracciare sullo strato di preparazione, prima della stesura del colore.

Nel caso di un artista come Giovanni Bellini - il quale utilizzò il disegno come punto di partenza nella realizzazione di tutti i suoi dipinti - tecniche come la fotografia infrarossa e la riflettografia hanno portato alla luce vere e proprie opere grafiche autonome. Possediamo attualmente un corpus di disegni che, oltre a costituire un punto di riferimento per eventuali attribuzioni incerte, ci permette di ripercorrere tutte le tappe dell'evoluzione artistica del maestro veneziano, pienamente comprensibile soltanto tenendo conto del disegno come elemento funzionale alla tecnica pittorica. Nelle prime opere è stata riscontrata la presenza di un disegno sottostante estremamente dettagliato e definito, derivante dalla sua formazione presso la bottega del padre, Jacopo, e dalla tradizione squarcionesca; con il passare degli anni ed il passaggio dal colore a tempera alla tecnica mista, che comportava l'uso di leganti oleosi, l'elaborato grafico si fece sempre più sommario, caratterizzato da linee di puro contorno e privo del fitto tratteggio, generalmente eseguito da Bellini per creare il contrasto tra zone di luce e zone d'ombra. Tale evidenza può, per esempio, fornire indizi utili per la collocazione cronologica di un'opera, dal momento che il numero di dipinti datati dall'artista è assai esiguo.

Le strumentazioni più all'avanguardia, inoltre, hanno permesso la scoperta di *underdrawing* laddove la tecnologia precedente non era riuscita a rilevarli: si pensi alle opere tarde dell'artista, in cui, come si è detto, il disegno era costituito da poche linee sottili, che solo un riflettogramma ad alta risoluzione è in grado di mostrare.

Ma l'itinerario belliniano non fu così lineare: non si può parlare di un progresso diretto dal disegno soggiacente finito al sintetico schizzo. Le analisi scientifiche hanno evidenziato la forte tendenza dell'artista alla sperimentazione: durante la sua lunga carriera, egli mantenne un atteggiamento di apertura nei confronti delle influenze di altri artisti, che provenissero essi dall'Italia, come Antonello da Messina, Donatello, Andrea Mantegna e poi Giorgione, o dalle Fiandre, come Hans Memling e Albrecht Dürer. Questa caratteristica gli permise di sviluppare una notevole versatilità, nonché una straordinaria abilità nel variare le tecniche d'esecuzione, adattandola allo stile che voleva - o doveva - conferire all'opera, tanto da poter essere definito uno degli artisti più creativi e geniali del Rinascimento veneto.

Il valore di un disegnatore eccelso come Giovanni Bellini, dunque, sarebbe stato apprezzato solo parzialmente se non avessimo avuto l'ausilio della riflettografia e della fotografia IR.

Negli ultimi trent'anni si è rivelata sempre più urgente la necessità di accostare alla via della conservazione quella dell'innovazione, sfruttando gli avanzamenti tecnologici e scientifici non solo per lo studio dell'opera per il suo restauro, ma anche per lo studio dell'opera fine a se stesso, anche per avvicinare ulteriormente lo statuto della storia dell'arte a quello delle scienze tradizionali, come la Chimica, la Fisica e la Matematica.

## CAPITOLO 1

### L'EVOLUZIONE DELLA RIFLETTOGRAFIA PER L'ANALISI DELLE OPERE

È ormai assodata l'importanza del ruolo dei metodi scientifici per la tutela e la conservazione dei Beni Culturali, non solo per quanto riguarda il restauro, ma anche per uno scopo puramente conoscitivo. Il fatto che l'ambito storico artistico e quello scientifico debbano integrarsi mutuamente per uno studio approfondito ed integrale dell'opera, tenendo conto anche dei materiali fisici che la caratterizzano e delle loro proprietà fisiche, è una questione attualmente condivisa da tutti.

In special modo negli ultimi quarant'anni, si è fatta sempre più pressante l'esigenza di supportare gli studi storico artistici con analisi scientifiche, facendo confluire i risultati delle differenti metodologie sul campo della diagnostica applicata.

Si tenta oggi di sottolineare l'importanza delle analisi diagnostiche per i Beni Culturali per lo studio dell'opera fine a se stesso, e non soltanto in funzione del restauro. Una tecnica come la riflettografia infrarossa, utilizzata principalmente per svelare il disegno soggiacente agli strati pittorici di un dipinto e gli eventuali pentimenti dell'artista, ovvero le modifiche apportate durante il processo di esecuzione, attiene certamente di più all'ambito della ricerca e della conoscenza dell'oggetto artistico, più che a quello conservativo.

Il disegno preparatorio è sovente un'opera d'arte in sé, e testimonianza insieme dell'autenticità e della gestazione del prodotto del lavoro progettuale e pratico dell'artista. Esso riflette l'ispirazione iniziale ed il suo evolversi e precisarsi nel corso dell'esecuzione risulta evidente dal confronto con la stesura a colori finale; contiene elementi fondamentali di informazione per lo storico dell'arte, ma parla anche al semplice amatore. Si tratta di un messaggio diretto di ciò che la scienza può fare per l'arte.

Prima, e contemporaneamente, all'introduzione dell'utilizzo dei raggi infrarossi nel campo storico artistico, uno dei metodi più utilizzati era la radiografia.

Al momento della Conferenza Internazionale per lo studio dei Metodi Scientifici per l'Analisi e la Conservazione delle Opere d'Arte tenutasi a Roma nel 1930, tale strumento diagnostico, principalmente impiegato in ambito medico, era già un mezzo affermato nel campo dell'arte.

Tra i primi tentativi per esplorarne il potenziale per lo studio dei dipinti veneti troviamo gli scritti degli anni Trenta di Johannes Wilde, curatore della Gemäldegalerie al Kunsthistorisches Museum di Vienna, su due opere facenti parte della collezione del museo: i *Tre filosofi* di Giorgione<sup>1</sup> e la

---

<sup>1</sup> Johannes Wilde, *Die Zigeunermadonna*, in *Katalog der Gemäldegalerie*, Kunsthistorisches Museum, Vienna 1928, p.228.

*Madonna zingara* di Tiziano<sup>2</sup>. Le radiografie delle due immagini hanno rivelato che durante il processo di esecuzione, le composizioni vennero significativamente modificate.

Grazie alla scoperta del fatto che i pittori veneti svilupparono la rappresentazione direttamente sulla tela, Wilde ed altri ricercatori speravano di risolvere questioni di attribuzione e di soggetto; egli confrontò le radiografie di queste due opere, insieme a quella della *Nuda allo specchio* di Giovanni Bellini, con quelle effettuate da Alan Burroughs, curatore al Fogg Art Museum di Cambridge, in Massachusetts. *Art Criticism from a Laboratory*<sup>3</sup>, il libro pubblicato dal ricercatore statunitense nel 1938, rappresentò il culmine di dodici anni di studi attraverso radiografie di dipinti americani ed europei. Un capitolo su Giorgione e Tiziano riassumeva l'interpretazione di Burroughs riguardo alla loro pennellata e al metodo di lavoro, basandosi sulle immagini radiografiche. La visione di Burroughs rispetto all'autografia dei *Tre filosofi*, della *Madonna zingara* e del *Festino degli Dei* (figg.1-2-3) di Giovanni Bellini si discostava per certi aspetti da quella di Wilde, dimostrando che i risultati delle analisi tecniche non sono obiettivi, ma richiedono interpretazione e, dunque, lasciano spazio a future revisioni.

I raggi X forniscono ampie informazioni sui passaggi tecnici pre-pittorici; tuttavia, per motivi relativi al limite di sensibilità alla bassa radio opacità dei tratti preparatori a base carboniosa, solitamente si preferisce utilizzare la riflettografia e la fotografia infrarossa.

Dal punto di vista fisico, i raggi infrarossi vengono utilizzati sia in senso termografico, principalmente in ambito architettonico, sia in senso foto-riflettografico, per la capacità del primo infrarosso (NIR 780-2500 nm) di attraversare le vernici offuscate e determinati pigmenti, rendendo visibili gli strati sottostanti; essi possono essere registrati sia fotograficamente, sia con le apparecchiature utilizzate per la riflettografia, che vedremo nello specifico successivamente. Il principio di base di questa tecnica consiste nel proiettare sull'oggetto artistico una radiazione collocata nell'area dello spettro più vicina a quella del visibile, il cosiddetto *near infrared* (NIR), il quale va a colpire lo strato di preparazione, dove si trova tipicamente il disegno preparatorio, attraversando gli strati pittorici. La superficie colpita riflette a sua volta una radiazione che contiene informazioni sugli strati soggiacenti al colore, come appunto il disegno, che quasi sempre è realizzato con materiali che assorbono l'infrarosso, spesso a base carboniosa, ma anche dei pentimenti dell'artista o dei ritocchi posteriori.<sup>4</sup>

Questo genere di indagine può essere considerato imprescindibile, infatti il costituirsi di archivi di riflettogrammi sempre più ampi permette di approfondire studi e avanzare nuove considerazioni

---

<sup>2</sup> Johannes Wilde, *Ein unbeachtetes Werk Giorgiones*, in *Jahrbuch der Preussischen Kunstsammlungen*, n.52, Berlino 1931, pp.91-102

<sup>3</sup> Alan Burroughs, *Art Criticism from a Laboratory*, Boston 1938

<sup>4</sup> Cfr. Giuseppina Perusini, *Il restauro dei dipinti e delle sculture lignee. Storia, teorie e tecniche*, Udine 1989, pp.135-141

sulla tecnica di disegno adottata in diverse epoche da diverse scuole e autori, ma qualche volta anche di rimettere in discussione teorie date fino ad oggi per consolidate. Essi rivelano il travagliato percorso dell'artista per giungere alla forma finale dell'opera, testimoniato dalle modifiche e da eventuali rifacimenti successivi.

Si deve tener presente che i riflettogrammi (ovvero le immagini prodotte attraverso la riflettografia) sono stati generati utilizzando una vasta gamma di strumentazioni. I risultati non sono perciò sempre comparabili e gli sviluppi tecnologici potrebbero dimostrare che i lavori che precedentemente si pensava avessero un disegno sottostante poco evidente, siano invece dettagliatamente disegnati.

Inizialmente, la fotografia infrarossa veniva utilizzata prettamente in campo scientifico: intorno alla metà del secolo scorso, quando ancora si lavorava in analogico, fu realizzata una gelatina in grado di estendere la sensibilità spettrale della pellicola. Il basso costo di tale materiale e la sua facile reperibilità, ne resero possibile l'impiego in vari ambiti, come quello forense, quello medico e quello relativo alle analisi di dipinti e talvolta di antichi manoscritti.

Fu il fisico olandese Johan Rudolph Justus van Asperen de Boer, già a partire dagli anni Sessanta, a trasferire la riflettografia dal campo fotografico a quello dell'immagine elettronica. Egli può essere considerato il fondatore e uno dei massimi esperti della riflettografia infrarossa per l'analisi dei dipinti. Il suo merito è stato quello di avere applicato la teoria dovuta a Kubelka e Munk, la quale descrive le proprietà ottiche degli strati di colore nel caso di radiazione visibile, alla radiazione infrarossa vicina.<sup>5</sup> Nel linguaggio corrente, le immagini così registrate vengono dette *riflettogrammi* per distinguerle da quelle fotografiche chiamate *riflettografie*. Nel suo lavoro di tesi l'autore presentava per la prima volta un prototipo realizzato modificando una Barnes Infrared Camera, inizialmente progettata per rilievi termografici; in questo modo si superavano gli inconvenienti legati alle difficoltà d'uso della pellicola ed alla sua limitata sensibilità spettrale, riuscendo ad operare fino a circa duemila nanometri.<sup>6</sup> A queste lunghezze d'onda diventano trasparenti anche pigmenti come certi blu e verdi, con conseguente ampliamento delle possibilità d'impiego della tecnica, nonostante la lentezza e la risoluzione spaziale del dispositivo ancora limitata. La fotografia infrarossa, infatti, riusciva a penetrare pigmenti sui toni del rosso, del marrone e del bianco, ma raramente quelli più freddi, che di consueto risultano visibili come macchie scure. I costi della strumentazione potevano essere però proibitivi per i laboratori dei musei più piccoli, compromettendo la diffusione del nuovo metodo. Lo strumento era inoltre poco maneggevole e molto pesante. Nei primi anni Settanta venne così introdotta una telecamera con un tubo Vidicon

---

<sup>5</sup> Paul Kubelka, Franz Munk, *Ein Beitrag zur Optik der Farbanstriche*, in *Zeitschrift für Technische Physik*, vol.12, Berlino 1931

<sup>6</sup> Cfr. Johan Rudolph Justus van Asperen de Boer, *Reflectography of Paintings Using an Infrared Vidicon Television System*, in *Studies in Conservation*, vol.14, n.3, Londra 1969, pp.96-118

PbS<sup>7</sup>, con sensibilità spettrale estesa fino ad oltre due micron, prodotta ancora oggi, che decretò il definitivo abbandono della pellicola fotografica. Tale sistema portò significativi vantaggi, a partire dalla diminuzione dei tempi dell'operazione, alla possibilità di vedere immediatamente il riflettogramma sul monitor collegato alla camera, permettendo inoltre l'analisi dei dettagli, così come di aree più ampie. I costi furono abbattuti rispetto a quelli del sistema meccanico-ottico precedente.

Tuttavia, la capacità di penetrazione degli strati pittorici era leggermente inferiore rispetto a quella della Barnes Infrared Camera, la quale però richiedeva lunghi tempi di illuminazione per eseguire la riflettografia, precludendo le analisi di opere di grandi dimensioni, soprattutto se l'obiettivo era quello di ottenere un risultato dettagliato.

Con il sistema televisivo Vidicon, i riflettogrammi erano immediatamente visibili sullo schermo; il risultato veniva poi fotografato ed utilizzato come un normale negativo, procedendo solo successivamente alla ricomposizione del foto-mosaico. Se da un lato le telecamere Vidicon offrivano innegabili agevolazioni derivanti dalla facilità d'uso e di trasportabilità e alla capacità di visualizzare immediatamente il risultato, dall'altro presentavano limitazioni insuperabili legate alla scarsa risoluzione spaziale ed alla limitata gamma di toni di grigio che possono rendere<sup>8</sup>.

Alla fine degli anni Ottanta uscirono i primi dispositivi allo stato solido, in grado di accrescere notevolmente la sensibilità strumentale e la risoluzione spaziale dell'immagine, limitando altresì il problema della distorsione.

---

<sup>7</sup> Il vidicon è un sensore il cui funzionamento si basa sulla variazione della resistenza elettrica in funzione della radiazione luminosa ed è costituito da una serie di elettrodi, contenuti in un tubo di vetro, nel quale è praticato un vuoto spinto. L'elettrodo dove avviene la conversione tra l'informazione luminosa ed elettrica si chiama catodo e su di esso deve essere focalizzata otticamente l'immagine. Sul catodo è depositato uno strato sottile fotoconduttivo (ossido e solfuro di piombo, sensibili alle radiazioni nel visibile e nel vicino infrarosso) la cui resistenza è in funzione del numero di fotoni che lo colpiscono. La lettura della superficie illuminata è fatta tramite "un pennello di elettroni" che, deflesso, effettua una esplorazione raster (per linee orizzontali) dell'immagine per cui l'apporto di carica sul catodo e, quindi, la corrente del pennello elettronico, dipende dall'irradiazione.

Questo tipo di telecamere presenta, però, una serie di problemi direttamente connessi al tubo vidicon, tra cui:

- problemi di instabilità termica del sensore;
- mancanza di uniformità di risposta fotometrica del sensore che è variabile per ciascun tubo;
- forte instabilità ad alti livelli di irradiazione (se un'intensa radiazione luminosa colpisce il sensore l'immagine può rimanere fissata permanentemente sul tubo danneggiandolo irrimediabilmente);
- tempi di acquisizione dell'immagine lunghi in condizioni di bassa luminosità con conseguente persistenza dell'immagine sul tubo una volta cessata l'acquisizione;
- distorsioni geometriche in alcuni casi non trascurabili;
- bassa risoluzione spaziale.

<sup>8</sup>Cfr. A. Burmester, F. Bayerer, *Towards improved infrared reflectograms*, in *Studies in Conservation*, vol.38, Londra 1993, pp.145-154



Nel 1990 fu presentato il primo sistema a scansione per la riflettografia infrarossa; esso impiegava fotodiodi InGaAs (*Indium gallium arsenide*)<sup>9</sup>, sensibili fino a circa 1.7 micron, caratterizzati da basso rumore e alta velocità di risposta.

Il dispositivo che fu messo a punto comprendeva essenzialmente una testa ottica, un sistema meccanico motorizzato per la sua movimentazione, ed un Personal Computer per la gestione automatica del movimento e per l'acquisizione dei dati. Il sensore era costituito da un singolo fotodiodo, perciò la testa esaminava la superficie punto per punto, mossa dal sistema meccanico a due assi ortogonali. La testa era composta da una lente, da un fotodiodo posto nel piano immagine lungo l'asse ottico, da un filtro per infrarosso e da due faretto dotati di lampade alogene come sistema di illuminazione. Le caratteristiche del rivelatore permettevano di registrare immagini sotto forma di segnale, quindi dotati di una risoluzione sensibilmente superiore rispetto a quella dei sistemi televisivi tradizionali. I faretto seguivano il movimento della testa, illuminandone solo una piccola zona attorno al punto campionato. Ciò assicurava che ogni punto del dipinto venisse esaminato nelle stesse condizioni di illuminazione. Sono state impiegate componenti di particolare robustezza perché il sistema fosse auto sostenente, non risentisse di vibrazioni e consentisse un movimento rettilineo della testa. Era la bontà di questo movimento, infatti, ad assicurare che i riflettogrammi fossero nitidi ed esenti da distorsioni geometriche. Questo, però, rendeva l'attrezzatura poco pratica, seppur trasportabile. Tuttavia, l'eccellenza dei risultati ne giustificava l'impiego nel caso di opere di particolare importanza o nell'ambito di progetti di ricerca molto estesi, mentre per i sopralluoghi preliminari o impieghi di routine venivano generalmente adottati i sistemi a fotocamera.

Il singolo fotodiodo fu successivamente sostituito da un vettore composto da 256 elementi InGaAs, così da migliorare la qualità e la leggibilità dell'immagine<sup>10</sup>.

L'acquisizione dei dati avveniva attraverso un *software* appositamente progettato per tale scopo. Ogni linea acquisita doveva però essere corretta, dal momento che, a parità di condizioni luminose, il segnale in uscita era diverso per ogni elemento del cosiddetto *array*. Tale inconveniente non ha comunque compromesso la rapidità del processo, che si affermò, a questa data, come uno tra i più funzionali, tenendo conto del rapporto tra la qualità dell'immagine acquisita e i tempi necessari per l'operazione.

---

<sup>9</sup> Arseniuro di indio gallio. Si tratta di una lega ternaria, ossia di un composto chimico di arseniuro di indio (InAs) e arseniuro di gallio che, a temperatura ambiente, funziona da semiconduttore, con applicazioni in elettronica e fotonica. L'importanza principale di InGaAs è la sua applicazione come fotorilevatore ad alta velocità e alta sensibilità per le telecomunicazioni in fibra ottica.

<sup>10</sup> Cfr. Gianluca Poldi, Giovanni Carlo Federico Villa, *Dalla conservazione alla storia dell'arte. Riflettografia e analisi non invasive per lo studio dei dipinti*, Pisa 2007, pp.48-50.

Negli stessi anni venne anche introdotto il sensore al silicio di platino (PtSi), dotato di una sensibilità spettrale tra i 1200 e i 5000 nanometri. Recenti studi hanno dimostrato quale sia l'intervallo spettrale ottimale per le analisi riflettografiche, che si aggira tra i mille ed i duemilacinquecento nanometri, e presentano i sistemi della camera Platinum Silicide (PtSi) come uno strumento eccellente per visualizzare l'*underdrawing*.

Il suddetto strumento implica numerosi vantaggi grazie all'unità di elaborazione e di digitalizzazione video interne che lo caratterizzano: innanzitutto, non si tratta più di un'immagine analogica che deve essere digitalizzata, perché il segnale viene registrato direttamente dal sensore PtSi, dunque non è necessario alcun *hardware* esterno per l'acquisizione dell'immagine, che può essere visualizzata già sullo schermo del dispositivo.

In secondo luogo, la vicinanza del digitalizzatore e del rilevatore interni riduce sensibilmente il disturbo elettronico, garantendo così un'apprezzabile qualità dell'immagine.

I dispositivi a base di silicio hanno il pregio di garantire un'alta risoluzione, mentre i sensori InGaAs, i quali hanno progressivamente sostituito i citati tubi Vidicon originariamente impiegati, sono più limitati in tal senso. Questo riduce fortemente la dimensione dell'area di un dipinto che possa essere acquisita con soddisfacente risoluzione spaziale mediante una singola esposizione. Di conseguenza, per effettuare una ripresa in infrarosso di una superficie estesa, occorre far ricorso ad una sequenza di riprese differenti che devono poi essere ricomposte a mosaico. Il processo di scansione può essere effettuato mediante un complesso apparato basato su un sistema di movimentazione bidimensionale montato davanti al dipinto da esaminare. L'apparato è controllato da un computer che, spostando la fotocamera davanti al dipinto lungo un reticolo spaziale predeterminato, acquisisce un'immagine infrarossa in ciascun nodo del reticolo, quindi provvede a fondere le immagini in un unico mosaico apportando, attraverso un apposito *software*, le dovute correzioni prospettiche.

Una variante del sistema di acquisizione dell'immagine a mosaico consiste nel collocare il sistema di movimentazione del sensore all'interno della fotocamera, in particolare in corrispondenza del piano focale della stessa; una simile soluzione presenta molteplici vantaggi, tra i quali la compattezza del sistema di acquisizione e la sua maggiore stabilità spaziale, dal momento che per acquisire l'immagine infrarossa di una superficie anche di grandi dimensioni è sufficiente muovere il sensore entro un'area assai circoscritta situata sul piano focale della camera.

Sul suddetto schema operativo è basata la camera Osiris, introdotta recentemente, la quale consente di ottenere la risoluzione di 16 Megapixel mediante la movimentazione su una matrice spaziale  $8 \times 8$  di un sensore InGaAs avente risoluzione  $512 \times 512$  pixel, creata in collaborazione con la National

Gallery di Londra. Si tratta del primo sistema di *imaging* a infrarossi a fornire immagini ad alta risoluzione con un'alta velocità d'acquisizione in una fotocamera portatile.

Sulle basi di Osiris è stata sviluppata la telecamera Apollo, un nuovo standard nella riflettografia a infrarossi, che utilizza un meccanismo di scansione interno per produrre riflettogrammi di grande qualità ed ottima risoluzione, con un livello di chiarezza e dettaglio senza precedenti. Rispetto ad Osiris, Apollo è in grado di registrare immagini più definite. È stato sviluppato anche un *software* dedicato, ed il processo di mosaicatura è automatizzato ed avanzato.

Infine, ricerche recenti hanno mostrato come i rilevatori MCT<sup>11</sup>, adoperati in termografia e sensibili fino a 2,5 micron, siano del tutto adatti all'impiego riflettografico. La videocamera MCT (*Motion Capture Technologies*) è risultata utile per le analisi riflettografiche estese a lunghezze d'onda superiori a quelle normalmente impiegate. Infatti, le evidenze mostrano la sua efficacia nella penetrazione di strati spessi. La termocamera JADE SWIR, distribuita da Cedip Infrared Systems (oggi Flir), beneficia di un'avanzata gamma di rivelatori MCT raffreddati, offrendo una risposta spettrale da 0,8 a 2,5 micron, dunque più ampia rispetto alle telecamere basate su InGaAs.

Operando fino a duecento fotogrammi al secondo, il JADE SWIR è in grado di risolvere anche il minimo difetto di distorsione o disomogeneità dell'immagine. Accoppiato con il *software* dedicato, il sistema costituisce uno strumento investigativo efficiente.

Tutti gli strumenti citati vengono spesso utilizzati in maniera complementare anziché esclusiva, portando ad un arricchimento costante delle informazioni acquisite sulle opere d'arte.

Negli ultimi tre decenni, la tecnologia in quest'ambito ha compiuto grandi passi avanti: le potenzialità della strumentazione hanno permesso di ottenere immagini sempre più leggibili e definite: tale progresso è efficacemente documentato da due riflettogrammi della medesima immagine, ossia la *Madonna con il bambino* del Bramantino, realizzati rispettivamente con la telecamera Vidicon nel 1980 e con il dispositivo a scansioni (figg.4-5).

Infine, è opportuno ricordare lo sviluppo parallelo dei sensori fotografici a base di silicio CCD (*charged coupled device*) e CMOS (*complementary metal-oxide semiconductor*) e FOVEON che operano con la massima resa in termini di capacità e di corretta restituzione dell'aspetto cromatico nell'ambito della luce visibile, pur offrendo sensibilità spettrale anche in ambito del primo UV (300-400 nm) e del primo NIR (780-980 nm), qualora modificati. La procedura consiste nella rimozione del filtro Anti Aliasing, che integra la funzione di un passa-banda sulla luce visibile, escludendo l'IR e l'UV, e nella sostituzione con un filtro al quarzo ad ampia banda passante come lo Schott WG 280 (280-1500 nm). Strumenti di questa tipologia offrono la versatilità della

---

<sup>11</sup> Cfr. M. Gargano, N. Ludwig, G. Poldi, *A new methodology for comparing IR reflectographic systems*, "ScienceDirect", 3 Novembre 2006, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350449506000855>, (data di ultima consultazione: 9 Giugno 2021).

fotocamera, associata ad un'alta risoluzione. Tuttavia, l'estensione nella banda IR è più limitata e sono necessarie accurate postproduzioni successive alle calibrazioni convenzionali al fine di estrarre tracce soggiacenti.

Alcune fotocamere digitali furono sviluppate per non dover sostenere queste modifiche: la Sony 717, ad esempio, integra la funzione *Night shot*, permettendo l'acquisizione in IR; la Fuji ISPRO II è stata una delle prime macchine fotografiche prodotte in serie per l'acquisizione di immagini tecniche multispettrali, principalmente a scopo criminologico. Oggi, qualora non si voglia operare modifiche fototecniche abbastanza onerose su sensori full frame (Nikon D800 e successive), è possibile reperire fotocamere Samsung NX3300 Full spectrum Madatec, dove la minore sensibilità agli estremi dell'infrarosso è compensata dal posizionamento *back thinned* del sensore, che permette di ottenere immagini più chiare anche nella banda prossima ai 980 nanometri<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Cfr. Paolo A. M. Triolo, *Manuale pratico di documentazione e diagnostica per immagine per i BB.CC.*, Padova 2019, p. 83.

## CAPITOLO 2

### L'EVOLUZIONE DELLE INDAGINI IN INFRAROSSO NEGLI ULTIMI QUARANT'ANNI E LE RELATIVE SCOPERTE SUL PERCORSO ARTISTICO DI GIOVANNI BELLINI

Nel caso specifico di Bellini, la riflettografia ha consentito di rilevare quanto sia stata profonda e incessante la ricerca e l'evoluzione della sua pittura e, soprattutto, quanto dipenda dal celato disegno, specialmente durante il passaggio dalla tempera alla tecnica mista, con l'introduzione dell'olio come legante. Per questa ragione, il disegno sottostante di Giovanni Bellini è stato forse l'aspetto della sua tecnica più ampiamente studiato e pubblicato.

Oggi possediamo una quantità sufficiente di immagini infrarosse da rendere possibile l'osservazione del cambiamento nel suo approccio al disegno preparatorio nel corso della sua lunga carriera. Queste hanno assunto un ruolo importante nello stabilire una cronologia delle opere, dal momento che solo una piccola parte di esse hanno una datazione certa.<sup>13</sup>

Specialmente in un caso come quello di Giovanni Bellini, se non avessimo avuto la possibilità di effettuare delle analisi nel campo spettrale dell'infrarosso, quindi di osservare il disegno soggiacente, avremmo potuto apprezzare e comprendere la sua poetica solo in parte.

Alla luce di quanto detto, si può chiaramente evincere la rilevanza di un metodo d'indagine come la riflettografia per lo studio della vasta produzione del maestro veneto, e ad ogni tappa della sua evoluzione corrisponde un passo in avanti nella conoscenza della tecnica da lui adottata, fondamentale per cogliere a pieno la sua intenzione artistica. È pertanto utile fare un breve *excursus* della storia dell'indagine all'infrarosso nel corso degli anni, anche per dimostrare quanto siano sostanziali le ripercussioni che l'avanzamento tecnologico in questo ambito ha avuto e continua ad avere sullo studio dei dipinti, in particolar modo nel lasso temporale considerato, ovvero dagli anni Settanta ad oggi.

Da qui emerge la necessità di ripercorrere parallelamente l'evoluzione della tecnica dell'artista, prendendo come riferimento principale il suo disegno, e quella della tecnologia per la diagnostica. In questa sede mi concentrerò quasi esclusivamente sull'indagine infrarossa, essendo la principale tecnica utilizzata per lo studio del disegno preparatorio, che costituisce l'elemento chiave per comprendere a fondo la crescita artistica del pittore veneziano.

---

<sup>13</sup> Cfr. Maria Clelia Galassi, *La Produzione 'seriale' nella bottega di Giovanni Bellini: indagini sulle Madonne del Museo di Castelvecchio*, "Verona illustrata", n.11, 1998.

## 2.1 Anni Settanta

Tra il 1975 e il 1976 furono catalogati trentanove dipinti collocati nei Paesi Bassi, di origini cinquecentesche e venete<sup>14</sup>. Ognuna di queste opere è stata sottoposta ad analisi scientifiche, supportate dalla *Netherlands Organization for the Advancement of Pure Research (ZWO)*, dall'Università di Groningen e condotte da J.R.J. van Asperen de Boer. Tale operazione ha condotto anche a scoperte significative, come il fatto che molti dipinti italiani, fino a quel momento poco studiati, possiedono il disegno sottostante. Un'altra scoperta tecnica importante è stata quella del legante oleoso rilevato in molte di queste opere, tra le quali, sicuramente, quelle di Bellini.

Nel caso del catalogo qui menzionato, per la riflettografia è stata utilizzata una Hamamatsu N214 Infrared Vidicon montata su una camera Grundig FA 70. I riflettogrammi sono stati fotografati dal monitor con una camera Canon Ftb QL utilizzando pellicola Ilford FP4.<sup>15</sup>

Da tali analisi emerge come il disegno di Bellini sia particolarmente interessante sotto più aspetti: provenendo dalla realtà della bottega, molte opere, specialmente la serie delle Madonne, venivano riprodotte utilizzando cartoni. Ciò è rilevabile osservando i punti che a volte appaiono con estrema chiarezza lungo i contorni delle figure, che sono generalmente delineate attraverso dei segni di puro contorno (fig.6).

Qualora fosse presente il tratteggio, inoltre, un attento sguardo dell'*underdrawing* permette di distinguere i punti generati dalle gocce prodotte dal pennello alla fine della linea e quelli isolati, che dunque costituiscono un'ulteriore prova dell'impiego di un cartone per il trasferimento della composizione sul supporto.

Già negli anni Sessanta e Settanta del Novecento, dunque, appariva chiaro che Bellini fosse un grande sperimentatore, dotato di immensa abilità ed anche imprevedibile nelle sue manifestazioni espressive, sia per quanto concerne il disegno che per la tecnica pittorica; caratteristiche pienamente confermate dai risultati emersi dalle analisi eseguite con l'ausilio delle nuove strumentazioni, che sono state fondamentali, in questa fase, soprattutto per la spinta verso un approfondimento degli studi relativi all'artista e a coloro che lo affiancavano.

Diventa sempre più chiara l'importanza della collaborazione fra storici dell'arte e scienziati, e non solamente per perfezionare i metodi storico artistici, ma anche perché essa contribuisce a far emergere nuove questioni e a mettere in discussione assunti passati. Lo stesso van Asperen de Boer

---

<sup>14</sup> Cfr. Hendrik Willem van Os, Johan Rudolph Justus van Asperen de Boer, C.E. de Jong-Jansen, Christoph Wiethoff, *The early Venetian paintings in Holland*, Maarssen 1978, pp.9-24

<sup>15</sup> La Canon FTb, sorella minore della professionale F1, esce contemporaneamente a questa nel marzo del 1971 come aggiornamento della precedente Canon FT. A differenza di quest'ultima monta i nuovi obiettivi FD, che, pur mantenendo la medesima baionetta, introducono il simulatore del diaframma per consentire la misurazione a tutta apertura. La macchina è molto solida, tempi da 1" a 1/1000, totalmente meccanica, dotata del caricamento pellicola Quick Loader, da cui deriva la sigla FTb QL.

sottolinea la rilevanza di una comunione dei saperi, affermando che sia lo scienziato che lo storico dell'arte debbano acquisire alcune competenze nel campo disciplinare dell'altro per poter scandagliare il *modus operandi* dell'artista, il suo stile, la sua personalità. "Scientific examination of paintings could thus bring the art historian into more intimate contact with the painting rather than remove him from it".<sup>16</sup> È poi essenziale conoscere il contesto geo-storico in cui un dato artista si forma e sviluppa il suo operato. Basti pensare, come si è detto, al bagaglio di Bellini derivante dall'esperienza della bottega, sia come allievo che come maestro, e al fatto che Padova, nel Quattrocento, rappresentasse un crocevia di culture. In lui si ritrovano infatti influenze antonelliane, mantegnesche, ma anche quelle note bizantineggianti provenienti dalla scuola del padre Jacopo, formatosi con Gentile da Fabriano, e quelle fiamminghe, grazie al grande flusso di artisti nordeuropei di quegli anni in Italia e, ovviamente, alla diffusione delle stampe.

Nel caso specifico di Bellini, perciò, si rivelano fondamentali le indagini scientifiche, in particolare quelle che impiegano il campo spettrale dell'infrarosso, in quanto la sua evoluzione artistica è pienamente comprensibile solo studiando l'evoluzione del suo disegno. Talvolta questo tipo di analisi risulta utile anche per altri scopi, come per esempio il rilevamento di interventi non originali ed eventuale presenza di lacune sottostanti.

Proprio negli anni Settanta dello scorso secolo fu eseguito un restauro sul *Sangue del redentore*, opera risalente agli anni fra il 1460 e il 1465, collocata alla National Gallery di Londra (fig.7).

In occasione dell'operazione di pulitura inaugurata nel 1977, furono effettuate delle analisi preliminari della superficie, grazie alle quali si è potuta osservare la presenza di vari interventi nella zona del cielo e dell'orizzonte, così come in quella del pavimento. Per approfondire l'indagine, furono eseguite radiografie e fotografie infrarosse, che confermarono la presenza di ridipinture anche se, nella maggior parte dei casi, impenetrabili, a causa della composizione dei pigmenti. Non è raro che vecchi interventi coprano un'area molto più ampia rispetto alla lacuna - quelli nella parte superiore del cielo mostrati dall'infrarosso costituiscono un buon esempio.

Ulteriori analisi dettagliate hanno suggerito la presenza di danneggiamento negli angoli bassi dei rilievi. La fotografia infrarossa mostra una macchia più chiara nell'angolo della parte sinistra del rilievo, che termina in una linea curva tra il viso dell'angelo e il calice: si tratta della traccia di una delle nuvole che attorniavano le gambe di Gesù Cristo, che furono coperte nel 1877, dopo l'acquisto del dipinto da parte della National Gallery, per ricreare la trama del pavimento piastrellato (fig.8). L'aspetto interessante di questo caso è che le indagini preliminari hanno svelato la presenza di uno strato pittorico sottostante, quello originale, prima della pulitura.

---

<sup>16</sup> Van Asperen de Boer, *An introduction to the scientific examination of paintings*, in *Nederlands Kunsthistorisch Jaarboek (NKJ)/Netherlands Yearbook for History of Art*, vol.26, Leida 1975, p.3