



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DOTTORATO DI RICERCA IN

Storia delle Arti e dello Spettacolo

Settore Scientifico Disciplinare L-Art/01

CICLO XXXV

COORDINATORE Prof.ssa Cristina Jandelli

**L'edizione digitale di: E.S. Skaug, "Punch Marks from Giotto
to Fra Angelico", 2 voll. Oslo, 1994**

**Un database semantico per lo studio dei punzoni nella
pittura medievale**

Dottorando

Dott. Vanja Macovaz

Tutore

Prof.ssa Stella Sonia Chiodo

Coordinatrice

Prof.ssa Cristina Jandelli

Anni 2019/2023

SOMMARIO

Introduzione.....	3
1 L'uso dei punzoni nella pittura tardomedioevale	5
1.1 Prospettiva storico-artistica.....	7
1.2 Decorazione punzonata e pratiche di bottega.....	8
1.3 Distinzioni metodologiche	15
1.4 Una discussione sull'utilità del metodo	16
2 L'archivio di Erling S. Skaug e la sua digitalizzazione.....	22
2.1 Analisi generale dei materiali	22
2.2 Ripresa macrofotografica a pellicola	25
2.3 Stato di conservazione.....	28
2.4 Riproduzione digitale.....	29
2.5 Caratteristiche della ripresa e postproduzione.....	41
2.5.1 Collegamento analogico-digitale	44
2.5.2 Postproduzione.....	45
2.6 Selezione ed impiego dei file	52
3 Riproduzioni digitali.....	54
3.1 La riproduzione in alta risoluzione dei dipinti su tavola.....	55
3.2 Le operazioni di ripresa	69
3.2.1 Fotogrammetria.....	73
3.3 Postproduzione	79
4 Il database "Punch Marks from Giotto to Fra Angelico"	87
4.1 L'ideazione di un archivio digitale.....	88
4.1.1 Esperienze di archivi digitali ed analisi dati nel campo delle digital humanities	89
4.1.2 La struttura logica	91
4.2 Omeka S e la sua preparazione.....	94
4.3 Digitalizzazione e verifica dei dati cartacei	95
4.3.1 La struttura dei volumi di E. S. Skaug.....	96
4.4 La struttura del database.....	106
4.4.1 Punzoni	106
4.4.2 Autori.....	114
4.4.3 Opere.....	122
4.4.4 Inversioni	124
4.5 Media	129
4.5.1 Autori.....	129
4.5.2 Punzoni	134

4.5.3	Negativi.....	136
4.6	Interfaccia.....	141
4.7	Da Capta a Data.....	151
4.7.1	Catalogazione dei negativi.....	151
4.7.2	Dal disegno alla misura.....	152
4.7.3	Dai nuovi dati alle nuove schede Omeka.....	159
4.7.4	IIIF Standard e visualizzazione delle immagini.....	160
4.7.5	Nodegoat.....	163
4.8	Prospettive future.....	165
4.8.1	Nuovi autori.....	165
4.8.2	Nuove opere.....	166
5	Conclusioni.....	168
5.1	Errori di identificazione.....	168
5.2	Limiti e nuovi sviluppi.....	169
5.3	Computer Vision e Digital Humanities.....	170
5.3.1	Le prime ricerche.....	172
5.3.2	Software preesistenti.....	175
5.3.3	Sviluppo specifici.....	176
	Bibliografia.....	186

INTRODUZIONE

L'idea di trasporre in un ambiente digitale almeno una parte del lungo lavoro di ricerca compiuto sulla decorazione punzonata nella pittura medievale è il frutto di un interesse nato più di dieci anni addietro, quando chi scrive ha iniziato a muovere i primi passi nel mondo della riproduzione dei beni culturali. Nonostante il mondo della fotografia fosse ancora in parte analogico, era ormai chiaro come gli archivi digitali sarebbero diventati un riferimento imprescindibile per studiosi e studiose e che queste "nuove" forme di fruizione dei materiali avrebbero generato possibilità tutte da investigare.

L'opportunità di rendere liberamente e comodamente accessibili gli studi sulla decorazione punzonata garantita dal proliferare di piattaforme digitali atte allo scopo, unita alla disponibilità incontrata in Erling Skaug nel rendere pubblici i suoi materiali fotografici per ulteriori ricerche, ha portato alla fortunata esperienza di questo lavoro di tesi. Una parte importante della ricerca si è concentrata sulla definizione di alcune prassi che rendessero possibile la visualizzazione delle informazioni presenti nei volumi indagati, cercando di sondare i limiti oggi esistenti nell'accessibilità delle banche dati, in particolare quando gestite all'interno di progetti accademici. Due affondi specifici nel campo della digitalizzazione delle fonti visive hanno indagato i limiti degli attuali sistemi di visualizzazione accessibili in rete e similmente hanno permesso di valutare le distanze tra una riproduzione digitale e il suo originale, sia esso un'opera d'arte o un negativo fotografico. Le ricerche qui proposte hanno evidenziato come molti sistemi ormai da lungo tempo applicati nel mondo delle *Digital Humanities* siano ancora caratterizzati da limiti sensibili, risolvibili unicamente con scelte di compromesso e come tali scelte siano di competenza specifica della figura dello storico dell'arte. I dati presi in esame in questo lavoro provengono in larga parte dai due volumi "Punch Marks from Giotto to Fra Angelico", pubblicati ad Oslo nel 1994 e tradotti, una volta digitalizzati, in poche migliaia di elementi di un database, suddivisi tra autori, opere, punzoni e fotografie. Osservando i dati dal punto di vista di un database invece, il numero di collegamenti tra le entità esistenti ha raggiunto velocemente le decine di migliaia di unità (per intuire gli ordini di grandezza basti notare come i campi, compilati o meno, per generare i collegamenti tra i punzoni e le opere d'arte ammontino a 31466 mentre 10360 sono quelli riguardanti il collegamento tra le opere d'arte ed i negativi ad oggi digitalizzati). Questi numeri hanno permesso di sondare le potenzialità di una piattaforma come *Omeka S* e allo stesso tempo mostrarne i limiti e le condizioni necessarie ad un suo valido utilizzo.

Il lavoro qui presentato in forma scritta cerca di riassumere i dubbi e le problematiche che si sono presentate durante la creazione del database "I punzoni di Erling Skaug", assieme alle pratiche collaudate e messe in atto per produrre i materiali necessari, nel tentativo di creare uno strumento utile alla comunità scientifica. Questo lavoro si è avvalso della preziosa collaborazione di Simone Falteri, senza il quale non sarebbe stato possibile ottimizzare la veste grafica e gestire gli accessi ai server del Corpus della Pittura Fiorentina dove le informazioni sono conservate, a dimostrazione di come anche un progetto relativamente contenuto non possa vedere la luce senza una collaborazione interdisciplinare.

Poco di quanto qui presentato avrebbe infatti un senso se slegato dal contesto virtuale che è stato possibile proporre sui server del Corpus della Pittura Fiorentina e che rappresenta il nucleo concreto della ricerca.

I materiali di cui si discuterà in questo volume sono infatti accessibili all'url:

<http://corpuspitturafiorentina.bmlonline.it/s/punch/page/home>

Contemporaneamente alla creazione del database principale, i materiali prodotti sono stati sfruttati anche per sondare le possibilità aperte in anni recenti dagli studi condotti nel campo della *Computer Vision* applicata ai beni culturali. Entrando in un campo così complesso è diventato subito evidente anche in questo caso

come ricerche fruttuose non potessero essere condotte da competenze isolate e come la necessità di creare ampie basi di dati si coniugasse perfettamente con il lavoro di studio e schedatura condotto sui materiali fotografici antichi e moderni. Questa parte del lavoro è stata portata avanti in collaborazione con docenti, dottorandi e studenti del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste, Felice Andrea Pellegrino e Marco Zullich *in primis*, dimostrando come la collaborazione multidisciplinare sia la strada prediletta per studi di questo genere. Nell'arco del triennio si è giunti, dopo una lunga fase di preparazione dei materiali e sperimentazione delle tecniche di analisi, a un prodotto non ancora in grado di fungere da applicazione accessibile con facilità allo storico dell'arte. Nonostante questo limite, è stato creato un sistema perfettamente in grado di riconoscere e identificare con precisione i punzoni presenti in numerose serie di immagini e tali risultati sono ora utilizzati nelle sperimentazioni iniziate nel frattempo presso le Università di Cambridge e Göttingen.

1 L'USO DEI PUNZONI NELLA PITTURA TARDOMEDIOEVALE

Lo studio degli elementi decorativi nella pittura su tavola medievale e in particolare lo studio della decorazione del fondo oro con i punzoni nasce nella prima metà del secolo scorso, in ambiti di ricerca nei quali si cercò di affiancare allo studio dello stile figurativo quello della storia del restauro e degli aspetti tecnici e materiali delle opere d'arte. Nell'ambito di una sempre più stretta collaborazione tra le discipline storico artistiche caratterizzate da un approccio filologico e quelle del restauro e di un'attenzione sempre crescente al complesso insieme delle fonti materiali.

Una spinta importante allo studio delle evidenze tecniche e quindi allo sviluppo di specifici strumenti di indagine è legato da una parte all'effettivo e importante sviluppo tecnico e tecnologico conseguente alle ricerche scientifiche della fine del XIX secolo (a voler fissare artificiosamente una data, si potrebbe utilizzare il 1885, data della scoperta dei Raggi Röntgen o Raggi X), dall'altra L'importante aumento del valore economico delle opere d'arte conseguente agli sviluppi del mercato artistico nella prima metà del XX secolo, il quale ha alimentato la richiesta di criteri per l'autenticazione e l'attribuzione delle opere d'arte che avessero valenza di prova. Se ancora alla metà di quel secolo era possibile la discussione sull'utilità o meno delle informazioni ottenute dalla materia stessa dell'opera d'arte, in particolare dati supporto, pigmenti, vernici e tecniche esecutive, queste posizioni andranno indebolendosi nella seconda metà del secolo. È nel solco di questi cambiamenti che possiamo ravvisare le prime attenzioni rivolte in modo specifico all'elemento decorativo e, nel nostro caso specifico, in particolare alla decorazione punzonata, alle sue caratteristiche ed eventualmente ad un suo valore nello studio della produzione artistica delle botteghe del XIV e XV secolo. Se è vero che nella letteratura critica l'interesse per questo argomento risale già alla fine degli anni '20,¹ è con gli anni '60 che un più cospicuo numero di studiosi comincia ad interessarsi in maniera sistematica a questo tema. Queste prime attenzioni sono per lo più rivolte allo studio di piccoli gruppi di opere d'arte già indicate dalla storiografia come appartenenti alla produzione di singoli autori e possono essere, oggi, interpretate come una fase ancora iniziale della ricerca. Se già Millard Meiss, nel 1951² indicava l'importanza di un'estensione ed un approfondimento dello studio di tale disciplina, proprio nell'ottica di acquisire nuovi strumenti per avvalorare le ricerche che stava compiendo nella ricostruzione dei polittici smembrati, ancora nel 1971 Erling S. Skaug, doveva notare come la materia fosse poco investigata.³

Contemporaneamente ad uno studio dell'interesse rivolto verso fatti tecnici e non solo stilistici, vale la pena ripercorrere velocemente anche lo sviluppo e l'impiego che comincia ad avere il mezzo fotografico proprio alla metà del XX secolo. Non è un infatti un caso che, così come la fotografia aveva influenzato alcune pratiche della ricerca storico-artistica già dai suoi albori, similmente lo sviluppo tecnologico degli anni '40 e '50, complice anche la maggior diffusione di macchine fotografiche e la crescente semplicità nel loro utilizzo, diede l'avvio a studi che diventeranno sistematici verso la fine del secolo.

A voler percorrere nelle linee generali l'impiego del mezzo fotografico nella riproduzione di opere d'arte, anche a costo di un'inevitabile semplificazione, alcuni momenti salienti sono in grado di gettare luce sulla provenienza di un metodo catalogatorio che andremo ad analizzare in maniera più approfondita. Escludendo dalla trattazione i primi momenti della fotografia, considerando il dagherrotipo, in quanto copia su lastra d'argento (o rame argentato), una copia unica e quindi ancora relativamente poco utile alla diffusione di

¹ L.G. STOUT, *A puzzling piece of gold leaf tooling*, in «Notes (Fogg Art Museum)», vol. 2, fasc. 4, 1929.

² M. MEISS, *Painting in Florence and Siena after the Black Death*, Princeton, 1951.

³ E.S. SKAUG, *Contributions to Giotto's workshop*, in «Mitteilungen des Kunsthistorischen Instituts in Florenz», vol. 15, 1971, pp. 141–160.

riproduzioni artistiche, è importante notare come, al di là degli sforzi fatti da vari studi in vari paesi,⁴ alla metà del XIX secolo la riproduzione fotografica di opere pittoriche si concentrasse in larga misura sulla copia di disegni e bozzetti, lasciando quadri e dipinti in generale in secondo piano. Come attestano le immagini stesse ed i carteggi dei fotografi di metà secolo,⁵ i limiti nella riproduzione dei colori delle prime emulsioni, rappresentarono un ostacolo pressoché insuperabile. Prima delle sperimentazioni di Hermann W. Vogel la totalità delle emulsioni fotografiche erano sensibili unicamente alle lunghezze d'onda più corte dello spettro, con un picco di sensibilità verso i blu e gli azzurri, rimanendo pressoché insensibili alle frequenze del giallo e del rosso. Tale problema, riscontrabile anche nella riproduzione di documenti cartacei e pergamenei, fu un argine quasi insormontabile alla riproduzione dei dipinti a colori fino agli anni '70 del XIX secolo. Rimane invece utile notare come, per rispondere ad una richiesta proveniente anche dal mondo artigiano ed industriale, soprattutto per quanto riguarda la riproduzione di oggetti appartenenti alle "arti minori", sia da subito presente una grande attenzione alla riproduzione di dettagli ed oreficerie, al punto che nel 1887 il 12% delle immagini presenti nell'archivio dei fratelli Alinari era catalogato come "dettagli".⁶ Proprio a causa di questi limiti tecnici, il rapporto tra incisione e fotografia nel campo della riproduzione fu contraddistinto da avanzamenti e spinte in uno scenario complesso che verrà riassunto come un vero e proprio scontro anche nei termini della trattativa del XX secolo.⁷ Non sarà nemmeno la comparsa nel 1882 delle pellicole isocromatiche, sensibili al verde, né le prime emulsioni pancromatiche, sensibili a tutto lo spettro della radiazione visibile nel 1905 a concludere una discussione sia tecnica che metodologica che vedrà la partecipazione di importanti storici dell'arte tra i quali Bernard Berenson⁸ e Pietro Toesca.⁹

Sarà proprio il graduale miglioramento del mezzo e la sempre maggiore semplicità nel suo impiego, assieme allo sviluppo teorico verso la fine del XIX secolo¹⁰ a strutturare le funzioni lungo il XX secolo, fino alla comparsa, intorno agli anni '50, di storici dell'arte e restauratori interessati ad un uso autonomo del mezzo fotografico. È proprio in questo solco che, credo, vadano inserite le attenzioni alla decorazione punzonata ed i tentativi di una sua classificazione.

È infatti emblematico notare come buona parte degli studiosi che hanno dedicato le loro ricerche ad una categorizzazione dei sistemi decorativi, per farlo abbiano costruito archivi di immagini personali anche molto cospicui. In particolare spiccano per dimensione e complessità gli archivi di Mojmir Frinta e quello di Erling S. Skaug. In entrambi i casi non saranno gli strumenti tipici della fotografia d'arte a venir utilizzati, banchi ottici e camere di medio formato, ma le più maneggevoli fotocamere 35mm. Nel caso dell'ultimo autore, la scelta sarà il risultato di vari esperimenti svolti nei primi anni '60, atti a definire un mezzo ed una procedura ripetibile nei più vari scenari¹¹ e similmente anche l'archivio dello storico dell'arte cecoslovacco è composto di negativi in piccolo formato, materiali che sarebbe quantomeno improbabile pensare prodotti anche solo vent'anni prima. Vediamo quindi come sia possibile tracciare un collegamento non troppo debole tra uno

⁴ J. MONTAGU, *The «Ruland/Raphael Collection»*, in «Visual Resources», vol. 3, fasc. 3, 1986, pp. 167–183.

⁵ *Ibidem*, p. 170.

⁶ W. SETTIMELLI, F. ZEVI, *Gli Alinari fotografi a Firenze 1852-1920*, Edizioni Alinari, Firenze, 1977, p. 124.

⁷ T. FAWCETT, *Graphic Versus Photographic in the Nineteenth-Century Reproduction*, in «Art History», vol. 9, fasc. 2, 1986, pp. 185–212.

⁸ B. BERENSON, *Documents in the History of Visual Documentation*, in «Visual Resources», vol. 3, fasc. 2, 1986, pp. 131–138.

⁹ E. GABRIELLI, *Pietro Toesca: misurare l'arte con l'obiettivo fotografico*, in «Pietro Toesca e la fotografia. Saper vedere», Skira, Milano, 2009, p. 234.

¹⁰ W.M. FREITAG, *Early Uses of Photography in the History of Art*, in «Art Journal», vol. 39, fasc. 2, 1979, pp. 117–123; W.M. IVINS, *Prints and visual Communication*, pag 53, Harvard University Press, Harvard, 1953.

¹¹ Dagli scambi epistolari avuti con l'autore è evidente come il processo che ha portato alla preferenza per il piccolo formato sia stato a tutti gli effetti "a ritroso". I primi tentativi sono stati fatti con immagini su pellicola piana di grande formato, da fotografie scattate da professionisti, poi è stato sperimentato il medio formato e solo alla fine l'autore ha trovato nelle fotocamere 35mm la soluzione tecnica che ha poi portato avanti per tutti gli anni a venire.

sviluppo tecnologico e l'attecchimento di un metodo di indagine, impossibile da sviluppare senza poter contare sulle sensibilità più elevate delle pellicole e su una maggiore precisione delle camere a pentaprisma rispetto a sistemi a telemetro o camere biottiche.

1.1 PROSPETTIVA STORICO-ARTISTICA

Se la decorazione dell'oro ed in particolare l'attenzione posta all'ornamento dei nimbi è stato elemento di studio già per la pittura del Duecento quando inizia ad essere attestato l'utilizzo di strumenti, seppur semplici, atti a incidere nella foglia d'oro motivi ornamentali con piccole punte, gruppi di punte, asterischi e piccoli cerchi, sarà nel Trecento che si comincerà a notare un uso esteso di forme definite e relativamente complesse. Questo discrimine artificioso tra forme semplici ed articolate ha la sua ragion d'essere nella ricerca di un campionario, di una definizione univoca di ogni singola forma, molto complesso se non impossibile da farsi per quanto riguarda le forme più semplici che, seppur meno utili in funzione classificatoria, non possono essere escluse dallo studio. Si configura quindi il problema più vasto della decorazione dell'oro, composta da punzoni e da forme eseguite manualmente, con punte o rotelle, lettere in varie grafie, tramite aggiunta di oro sulla pittura o a sgraffito, creando una vera e propria costellazione di stili e di strumenti che non possono essere analizzati singolarmente e che sono in grado di fornire indicazioni sul gusto del tempo della loro realizzazione. Si può già notare come un approccio limitato unicamente alla decorazione punzonata si riveli da subito parziale ed insufficiente a definire l'opera di artisti e botteghe, vedremo nelle pagine seguenti come questa convinzione sia stata molto spesso ben radicata e lo studio delle opere sia sempre stato accompagnato da ulteriori approfondimenti, considerando la decorazione punzonata come uno degli strumenti in nostro possesso, strumento della cui validità si discute ancora oggi per cercare di collocarlo correttamente nel suo tempo e, conseguentemente, di capirne la validità nel nostro.

Rispecchiando la forma complessa delle botteghe artigiane del XIII e XIV secolo, anche la presenza di questi strumenti decorativi non sarà riscontrabile unicamente nella pittura su tavola e sperimentazioni ed impieghi saranno attestati anche nella pittura murale e nella scultura¹² come nel caso della statua lignea del San Nicola conservata al Metropolitan Museum of Art di New York¹³ ed i Santi Giuseppe ed Anatolia del Maestro dei Magi di Fabriano.¹⁴ Ad onor del vero, allo stato attuale delle nostre conoscenze, non potendo contare sul ritrovamento delle matrici originali, rimane aperta la questione sulle differenze tra gli strumenti impiegati, sicuramente le matrici per gli affreschi sono di dimensioni maggiori rispetto a quelle utilizzate nella pittura su tavola, poco sappiamo degli strumenti utilizzati nella scultura ma, per quanto riguarda la decorazione delle tavole lignee, possiamo essere confidenti almeno sulla loro costruzione.

Proprio Skaug, in accordo con gli altri autori che si sono interessati all'argomento, attribuisce a Simone Martini il primato dell'applicazione di questi strumenti in maniera composita e fa risalire al 1315, alla Maestà

¹² M. MARINCOLA, *Riemenschneider's Use of the Decorative Punch in Unpolychromed Sculpture*, in «Studies in the History of Art», vol. 65, 2004, pp. 131–148.

¹³ L. CASTELNUOVO-TEDESCO, J. SOULTANIAN, *Italian Medieval Sculpture in the Metropolitan Museum of Art and the Cloisters*, Metropolitan Museum of Art, New York, 2010, p. 204.

¹⁴ A. DE MARCHI, M. MAZZALUPI, *Allegretto Nuzi e il '300 a Fabriano. Oro e colore nel cuore dell'Appennino*, Silvana, Milano, 2021, pp. 367–368.

del Palazzo Pubblico di Siena la prima testimonianza in nostro possesso.¹⁵ Irene Hueck al riguardo¹⁶ proporrà addirittura la lettura di uno sviluppo dell'utilizzo di simili tecniche legato proprio alla successione delle giornate, identificando un utilizzo sempre più esteso delle decorazioni stampigliate con l'avanzamento dell'opera, riscontrando alla fine dei lavori un impiego ormai sistematico ben diverso da quello riscontrabile nelle prime giornate.

1.2 DECORAZIONE PUNZONATA E PRATICHE DI BOTTEGA

Nel cercare di collocare correttamente la decorazione dell'oro all'interno del più vasto campo della produzione artistica tardo medievale risulta fondamentale il confronto con le fonti scritte a noi pervenute e con la loro interpretazione.

Se nelle prime pubblicazioni riguardanti la decorazione punzonata ed il suo possibile impiego come elemento di studio, la questione dei metodi di bottega, di chi si occupasse di doratura e decorazione dell'oro fu trattata solo marginalmente, solamente con l'aumento dell'interesse per lo studio dei punzoni stessi a fini cronologici e di attribuzione, è possibile riscontrare nella bibliografia, verso gli anni '70, una crescente razionalizzazione del metodo ed una discussione sempre più attenta alle dinamiche delle botteghe del XIV e XV secolo.

Al di là del dato indiziale, la forma e la dimensione del punzone stesso, rimane da determinare come e quando la decorazione dell'oro andasse effettivamente a collocarsi nella complessa realizzazione di una pittura su tavola. Definire questo, o almeno gettare luce sulle dinamiche di produzione è questione che può essere affrontata attraverso lo studio e l'interpretazione della trattatistica e delle fonti scritte a noi pervenute, oltre che grazie alle informazioni accumulate negli anni in occasione di restauri sempre più attenti allo studio delle pratiche di bottega. La trattatistica in nostro possesso è contenuta e purtroppo nessuna fonte risale precisamente al XIV secolo, maggior fortuna si ha con gli statuti toscani di arti e mestieri ma, come vedremo, tutte queste fonti sono suscettibili di interpretazioni.

Il "*De Diversis Artibus*" di Teofilo è la prima fonte in nostro possesso, appartenente alla trattatistica tecnica e risalente al XII secolo ed è anche l'unico testo in cui venga espressamente affrontato il tema della costruzione degli strumenti per effettuare la decorazione punzonata.¹⁷ Secondo, in ordine di tempo è il libro dell'arte di Cennino Cennini,¹⁸ a seguire gli Statuti di Firenze e Siena ed infine il trattato "*De Pictura*" di Leon Battista Alberti.¹⁹ Non ultime in ordine di tempo, seppur spesso meno dettagliate e sicuramente più frammentarie, sono le fonti delle commesse e dei pagamenti verso i pittori stessi.

La lettura incrociata di queste fonti ci permette di visualizzare il lavoro di una bottega artigiana, una serie di procedure strutturate nel tempo e trasmesse dal maestro agli allievi, metodi e tecniche in alcuni casi pressoché immutabili ed altri accorgimenti, frutto di sperimentazione, che vediamo poi migrare di bottega in

¹⁵ M.S. FRINTA, *Deletions from the oeuvre of Pietro Lorenzetti and related works by the Master of the Beata Umiltà, Mino Parcis da Siena, and Jacopo di Mino del Pellicciaio*, in «Mitteilungen des Kunsthistorischen Instituts in Florenz», vol. 20, 1976, pp. 271–300; E.S. SKAUG, *Punch marks - what are they worth?: problems of Tuscan workshop interrelationships in the mid-fourteenth century; the Ovide Master and Giovanni da Milano*, in «Atti del XXIV congresso internazionale di Storia dell'Arte», vol. 3, 1983, pp. 253–282.

¹⁶ E.S. SKAUG, *Contributions to Giotto's workshop*, in «Mitteilungen des Kunsthistorischen Instituts in Florenz», vol. 15, 1971, pag. 146.

¹⁷ THEOPHILUS, *De diversis artibus*, Charles Reginald Dodwell (a cura di), Nelson, London, 1961, cap. LXIII, "Post haec ferro punctorio punctantur, a quod hoc modo formatur. Ex calibe fit ferrum ad mensuram digiti longum, in una summitate gracile, in altera grossius. Quod cum in graciliori parte aequaliter limatum fuerit, cum subtilissimo ferro et malleolo percutitur in media eius subtile foramen; deinde circa ipsum foramen diligenter limatur, donec ora eius in circuitu aequaliter, acuta fiat, ita ut quocumque percutiatur breuissimus circulus appareat".

¹⁸ C. CENNINI, *Il libro dell'arte*, Fabio Frezzato (a cura di), Neri Pozza, Vicenza, 2009.

¹⁹ L.B. ALBERTI, *De pictura*, Cecil Grayson (a cura di), Laterza, Roma-Bari, 1975.

bottega, per lo spostamento dei pittori, per la creazione di nuove botteghe, grazie a cantieri congiunti oppure, semplicemente, per imitazione. Cercare di intuire queste variazioni rimane fondamentale per comprendere il valore storico della decorazione dei fondi oro e, in particolare, della decorazione punzonata. A segnare il termine dell'impiego dell'oro nella pittura su tavola, o almeno dei grandi e complessi fondi dorati saranno invece questioni di gusto, che verranno qui trattate in maniera limitata a quella dei singoli autori o scuole, escludendo una trattazione completa dei fattori che porteranno al progressivo abbandono di tali tecniche, ricordando unicamente come non sarà, come non è mai stato nella storia dell'arte, una cesura netta, comprimibile nell'arco di qualche anno.

Proprio a tal riguardo vale la pena scorrere le parole dell'Alberti per quanto riguarda l'utilizzo dell'oro sia come elemento decorativo che come sfondo alla rappresentazione. A seguire le sue parole, databili al 1435,²⁰ questo impiego sarebbe già superato e da evitare, appartenente ormai al passato, mentre la produzione coeva dimostra ancora un interesse importante per tale materiale, a riprova della molteplicità di spinte che contraddistinsero la prima metà del XV secolo.

La doratura delle tavole per creare vaste superfici riflettenti è solamente uno dei molteplici impieghi dell'oro in pittura, metallo che verrà sempre utilizzato in accordo con le tempere, integrandosi ad esse nelle aggiunte a mordente o quando riappare nello sgraffito, sbalzato a rilievo nelle pastiglie ed infine decorato a mano libera, con uno stilo.

Anche se in maniera non esclusiva, la decorazione punzonata riguarda le vaste superfici in oro, in quanto il metallo, dopo accurata brunitura, diviene riflettente in maniera uniforme, fino al punto di poter apparire scuro, in particolare se colpito da luce diretta ad angoli molto elevati rispetto l'asse del dipinto: "perché il granare, tanto viene a dire, chiareggiare l'oro; perché per sé medesimo è scuro dove è brunito".²¹ Non è improbabile inoltre trovare impieghi estensivi di tale decorazione anche sull'argento, in particolare sulle vesti, vedasi come esempio il San Luigi di Lippo Memmi presso la Pinacoteca Nazionale di Siena²², oppure abbinato a colori e pastiglie per creare forme più articolate. Caratteristica pressoché esclusiva rimane comunque il loro impiego su una superficie composta da un substrato grasso, solitamente ma non esclusivamente bolo d'Armenia che garantisca al metallo una morbidezza ed elasticità tali da poter essere impresso senza venir strappato.

La doratura e brunitura di una tavola, al pari dell'eventuale stesura d'argento è un'operazione che veniva svolta seguendo solitamente un'incisione preparatoria, in un momento precedente a qualsiasi stesura pittorica, come attestano sia la lettura del trattato cenniniano, sia le tracce provenienti da restauri antichi e moderni. Sarà proprio questa collocazione come fase separata ed iniziale del lavoro che darà adito ad importanti dubbi sulla reale paternità della decorazione punzonata stessa. A questo proposito E.S. Skaug, M.S. Frinta, J. Polzer, N.E. Muller sono stati concordi nel definire la decorazione come opera interamente ascrivibile alla bottega del pittore, pur con vari gradi di confidenza nel considerare questa come opera del maestro di bottega o dei suoi più vicini o lontani assistenti.²³ Similmente l'interpretazione più comune del

²⁰ L.B. ALBERTI, *De pictura*, Cecil Grayson (a cura di), Laterza, Roma-Bari, 1975, p. 57. "Truovasi chi adopera molto in sue storie oro, che stima porga maestà. Non lo lodo. E benché dipignesse quella Didone di Virgilio, a cui era la faretra d'oro, i capelli aurei nodati in oro, e la veste purpurea cinta pur d'oro, i freni al cavallo e ogni cosa d'oro, non però ivi vorrei punto adoperassi oro, però che nei colori imitando i razzi dell'oro sta più ammirazione e lode all'artefice"

²¹ C. CENNINI, *Il libro dell'arte*, cap. CXL.

²² P. TORRITI, *La Pinacoteca nazionale di Siena: i dipinti*, Sagep, Genova, 1990.

²³ M.S. FRINTA, *Observations on the Trecento and Early Quattrocento Workshop*, in «Studies in the History of Art», vol. 38, 1993, pp. 18–34; E.S. SKAUG, *Punch marks from Giotto to Fra Angelico. Attribution, chronology, and workshop relationship in tuscan panel painting with particular consideration to Florence, c.1330-1430*, 2 voll., IIC Nordic Group, the Norwegian section, Oslo, 1994; J. POLZER, *A question of method: quantitative aspects of art historical analysis in the classification of early Trecento Italian painting based on ornamental practice*, in «Mitteilungen des Kunsthistorischen Instituts in Florenz», vol. 49, 2005, pp. 33–100.

trattato cenniniano, considerato come un trattato scritto ad uso di giovani pittori, suffragherebbe tale tesi in quanto vi si può vedere una netta distinzione tra le operazioni che non riguardano l'interesse del pittore, trattate molto velocemente o, nei rari casi in cui vengano trattate, sono chiaramente definite come un surplus, quasi una curiosità, e le operazioni pertinenti la bottega. In questo secondo caso la trattazione è estesa e completa, spesso suggerendo, qui come nel trattato del Teofilo, strade alternative per la stessa operazione. La cura dell'oro in questo testo ricade sicuramente nelle operazioni che il Cennini ascrive tra le competenze specifiche del pittore, spendendo più di un capitolo (nello specifico il IV, LXII, XCV, XCVI, CXXXII-CXLIII) a definire la qualità dell'oro o dei metalli sostitutivi, i metodi di applicazione e brunitura, i consigli per costruire gli strumenti per brunire e per decorare ed infine i mordenti per applicarlo successivamente. Questa forte polarizzazione dell'attenzione è stata in passato ed è ancora una delle prove portate a suffragio della tesi secondo la quale la decorazione punzonata, come tutta la lavorazione dell'oro, sia da ascrivere interamente alle responsabilità del pittore e della sua bottega. D'altra parte le fonti in nostro possesso, in particolare i documenti relativi alla commissione di alcune grandi opere o le firme in alcuni polittici²⁴ indicano la partecipazione di più professionalità nella realizzazione dell'opera, esplicitando la presenza della figura del maestro di legname (*Magister Simon Cini de Florentia intaliavit*), del doratore (*Gabriellus Saraceni de Senis auravit*) ed infine del pittore (*Spinellus de Aretio pocsit*). Questo particolare caso, unito ad una serie di altri documenti riguardanti pagamenti specifici per la decorazione dell'oro²⁵ possono far pensare ad una separazione del lavoro che veda a tutti gli effetti la presenza di una figura terza, specializzata in queste operazioni. È Tartuferi a rilevare questa specializzazione operativa come una prassi probabilmente condivisa all'interno delle botteghe già nella seconda metà del XIV secolo,²⁶ pur sottolineando come l'opera di un autore come Gabriello Saracino, registrato a Siena come pittore autonomo dal 1356,²⁷ sia di difficile definizione. Viene da chiedersi se l'opera di un artista documentato così a stretto contatto con Spinello Aretino al punto da condividere la stessa bottega non debba quindi essere interpretata in un più vasto quadro di collaborazione reciproca anche per quanto riguarda la realizzazione pittorica delle opere, riconducendo quindi nuovamente la discussione sulla decorazione punzonata nel più ampio discorso riguardante le dinamiche di una bottega del Trecento.

A questo punto del discorso conviene allora analizzare gli statuti delle Arti in nostro possesso, in particolare quelli di Firenze e Siena, coevi al periodo di nostro interesse. Nello statuto fiorentino *dell'Arte dei Medici e degli Speciali* del 1315, che includeva anche i pittori non vi è menzione di un'attività separata del doratore ed anzi il compito di *aureare et verniciare sua laboreria* è espressamente ascrivito ai compiti di quest'ultimo. Similmente, gli statuti senesi coevi non fanno menzione di una professione separata per i compiti di doratura lungo tutto il XIV e XV secolo, a differenza del lavoro del *battiloro* e dell'*orafo*, accorpati all'*Arte della Seta*. La prima menzione dei mettitori d'oro come professione specifica risale agli statuti senesi del 1534,²⁸ mentre non sono a noi pervenute menzioni di tale attività negli statuti fiorentini anche più tardi, indicando quindi quella che potrebbe essere interpretato come l'emergere verso il XVI secolo di un'autonomia professionale precedentemente inesistente.

Considerando gli statuti come dei testi rivolti a consolidare una realtà già esistente e non come una dichiarazione di intenti delle Arti stesse, quindi come documenti per loro natura in grado di fotografare pratiche comuni ed assodate,²⁹ Cecilia Frosinini e Roberto Bellucci interpretano quella dei *battiloro* come una professione autonoma già in anni precedenti la loro citazione negli Statuti e, con l'appoggio di alcune fonti

²⁴ M.S. FRINTA, *Observations on the Trecento and Early Quattrocento Workshop*.

²⁵ A. LADIS, *Taddeo Gaddi: Critical Reappraisal and Catalogue Raisonné*, University of Missouri Press, Columbia, 1982.

²⁶ M.T. FILIERI, *Sumptuosa tabula picta: pittori a Lucca tra gotico e Rinascimento*, Sillabe, Livorno, 1998, pp. 134–135.

²⁷ G. CONCIONI, C. FERRI, G. GHILARDUCCI, *Arte e pittura nel medioevo lucchese*, Lucca, 1994, pp. 344–346.

²⁸ E.S. SKAUG *Punch marks from Giotto to Fra Angelico*, pag. 23.

²⁹ C. FROSININI, A. MONCIATTI, G. WOLF, *La pittura su tavola del secolo XII: Riconsiderazioni e nuove acquisizioni a seguito del restauro della Croce di Rosano*, vol. 1, Dal restauro agli studi, EDIFIR, Firenze, 2012.

documentali sulla suddivisione del lavoro per alcune importanti commesse che verranno discusse estesamente in seguito, propongono di interpretare la citazione di questa professionalità come la conferma di una pratica già esistente e radicata e che tale differenziazione sia nata in anni precedenti alla quarta decade del XVI secolo.³⁰

Per quanto rimanga complesso determinare precisamente quando tale mutazione sia avvenuta conviene tenere a mente, seguendo il testo di Leon Battista Alberti e le sue estese critiche all'utilizzo dell'oro in pittura, quali siano state le profonde variazioni nel gusto emerse nella prima metà del XV secolo e di come, almeno per quanto riguarda una parte importante del milieu culturale e della committenza, già alla metà del Quattrocento l'oro e la decorazione dello stesso non fosse più la forma esclusiva della pittura su tavola. Seppure sia un errore considerare questo passaggio come una rivoluzione subitanea dalla quale l'oro venne escluso o relegato a compiti minori nell'arco di qualche decade ed anzi siano molteplici le sperimentazioni ancora in corso in quegli anni, rimane comunque il dato di una modificazione degli stili, dell'organizzazione delle botteghe e del ruolo del pittore che, giunti al 1534 con la prima menzione dei mettitori d'oro come artigiani autonomi, indubbiamente non permette più di fare paragoni immediati con il XIV secolo, anche ammettendo una consistente permanenza delle pratiche di bottega. Unendo queste informazioni alla sopracitata esistenza di esplicite commesse riferite alla doratura e decorazione dell'oro³¹ diviene evidente come non vi possa essere una completa adesione tra singolo punzone e bottega e che questa relazione debba essere meditata alla luce di altre evidenze, in particolare dopo le prime generazioni di pittori ad impiegare tali strumenti.³²

Angelo Tartuferi nella recensione ai due volumi di Erling Skaug del 1994³³ osservava come nello studio di quest'ultimo fosse presente la tendenza a minimizzare l'importanza di fonti documentarie come quelle relative alla divisione dei compiti per la creazione del polittico dipinto da Spinello Aretino nel 1385; pur proponendo ai lettori un ulteriore documento poi pubblicato da Andrew Ladis datato al 1353 per una simile divisione del lavoro, la questione viene considerata come eccezione ad una prassi costituita. L'opera fu commissionata prima della peste del 1348 ad Alesso di Andrea, il lavoro viene interrotto e poi affidato a Taddeo Gaddi, a causa della morte del precedente pittore. Nelle fonti in nostro possesso viene citata la figura di Filippo di Lazzaro, *mettiloro*, come responsabile della doratura della tavola (*Item demo a Filippo di Lazaro per metere l'oro in nella taula del beato Sancto Johanni per VIII die*), della stagnatura (*[...] per istagno che puose a' ferri della chortina*) ed infine per alcuni lavori di pittura (*A Filippo di Lazaro per dipintura la cortina*) in un lasso di tempo che va dal 1348 al 1353.³⁴ Tre dei quattro punzoni presenti nell'opera appaiono totalmente estranei al repertorio di Taddeo Gaddi, fatta eccezione per le aree oggetto di ridipintura, dove appare invece un punzone appartenente al repertorio giovanile di quest'ultimo autore.

La discussione procederà negli anni anche grazie a contributi specializzati allo studio della figura dei battiloro³⁵ dove risulta evidente una lacuna nella nostra conoscenza di documenti specifici che possano chiarire il ruolo di queste figure, a loro volta iscritte nell'*Arte dei Medici e degli Speziali*, al pari dei pittori. L'autore cita alcuni documenti in grado di evidenziare l'intensità dei rapporti tra un battiloro come Bastiano di Giovanni di Nardo e la sua clientela, in particolare orafi, orpellai, pittori e forzerinai, non riuscendo comunque a trovare segni intuibili di dove terminasse il ruolo effettivo di una tale professione. Anche da

³⁰ R. BELLUCCI, C. FROSININI, *Reading underdrawing in Early Italian panel painting*, in «The panel paintings of Masolino e Masaccio. The role of technique», 5 Continents, Milano, 2002., nota 3, pag. 56

³¹ E.S. SKAUG, *Punch marks from Giotto to Fra Angelico*, pag 94.

³² A. TARTUFERI, *Note in margine a un trattato sulla decorazione punzonata dei dipinti trecenteschi*, in «Arte cristiana», vol. 83, 1995, pp. 478–482.

³³ A. TARTUFERI.

³⁴ A. LADIS, *Taddeo Gaddi: Critical Reappraisal and Catalogue Raisonné* pag. 257.

³⁵ A. GUIDOTTI, *Battiloro e dipintori a Firenze fra Tre e Quattrocento: Bastiano di Giovanni e la sua clientela (dal Catasto del 1427)*, in «Scritti di storia dell'arte in onore di Roberto Salvini», 1984, pp. 239–249.

questo articolo si muovono le posizioni di Cecilia Frosinini a sostegno di un possibile coinvolgimento proprio di figure a sé stanti specializzate in doratura e decorazione, posizioni che nei primi anni duemila ravvivano la discussione e la ricerca sull'argomento.

Nel 2002 nel loro intervento sul volume *"The panel paintings of Masolino e Masaccio"* Cecilia Frosinini e Roberto Bellucci propongono infatti una lettura interessante del testo cenniniano in rapporto con l'ambiente ed il tempo della sua stesura e vengono quindi evidenziati due punti salienti che portano a richiedere maggior cautela nell'interpretazione del testo. La genesi di quest'ultimo viene ricondotta dai due studiosi al tentativo di dare fondamento normativo al mestiere del pittore, puntualizzando anche aspetti all'epoca ormai desueti come, per esempio, la costruzione dei pennelli, trattati estesamente nel capitolo XLIII ma a tutti gli effetti oggetti di comune approvvigionamento già prima della fine del secolo.

Il punto più interessante proposto nel contributo del 2002 è la particolare collocazione della figura dei *battiloro* all'interno delle corporazioni fiorentine. Se ne trova menzione, infatti, sia tra le fila dell'Arte dei Medici e Speciali sia, contemporaneamente, nell'arte della Seta, alla quale appartengono appunto anche gli orafi.³⁶ La lettura proposta dai due autori è che tale differenziazione ordinistica non sia legata ad una questione di maggiore o minor peso delle rispettive *Arti* quanto propriamente ad una differenziazione nei ruoli degli aderenti, da una parte chi realmente operasse come doratore -e quindi decoratore-, dall'altra i battitori che vendevano materiale per le lavorazioni altrui.³⁷ A supporto di questa tesi vengono citati nuovamente i documenti attestanti il lavoro di Filippo di Lazzaro a Pistoia ed un'ulteriore serie di pagamenti avvenuti dal luglio del 1415 ed il gennaio 1416 in relazione alla realizzazione del polittico di Mariotto di Nardo per lo *Spedale degli Uomini* a Firenze. Documentazione che attesta, in forza dell'elevato valore delle transizioni, un coinvolgimento importante di Pietro di Francesco e Giovanni, entrambi appellati come *battiloro*, non riducibile alla semplice compravendita di foglie d'oro.³⁸

Ancora, viene analizzata in maniera approfondita la tecnica esecutiva della tavola masacesca con la *Crocifissione* per il polittico di Santa Maria del Carmine a Pisa, ora conservata presso la Galleria Nazionale di Capodimonte. Sulla tavola sono evidenti i segni dello stilo utilizzati per marcare l'originaria forma e dimensione della croce sul fondo dorato e sono evidenti le modifiche effettuate in corso d'opera nel modificare la parte apicale della stessa, sostituendo un nido di pellicano all'idea originale del *titulus Crucis* e la parte inferiore della tavola stessa dove la Maddalena appare collocata al di sopra di una precedente traccia del piede della croce, inizialmente pensata come liberamente piantata nel terreno, senza figure che la coprissero. Interpretando questi dati come indicatori di una decisione successiva, un'aggiunta in una fase più avanzata dei lavori, la totale mancanza di decorazioni punzonate nel nimbo della Maddalena viene quindi letta come il risultato dell'impossibilità da parte di Masaccio di poter disporre degli strumenti stessi, essendo ormai conclusa la fase di decorazione che sarebbe stata quindi affidata ad altri artigiani, ormai usciti dal cantiere.

L'ultimo nodo tecnico affrontato nel corso degli anni fu quello scaturito dalla discussione tra M.S. Frinta ed E.S. Skaug al riguardo dei metodi di produzione dei punzoni stessi. Non potendo contare sul ritrovamento di nessuna matrice medievale, determinare chi e come creasse i punzoni successivamente utilizzati per decorare l'oro è a sua volta materia discernibile unicamente attraverso la disamina e l'interpretazione delle fonti scritte a noi pervenute e, successivamente, ai dati tecnici raccolti dalle opere d'arte stesse.³⁹

³⁶ U. DORINI, *Statuti dell'Arte di Por santa Maria del tempo della repubblica*, L.S. Olschki, Firenze, 1934.

³⁷ C.B. STREHLKE, C. FROSININI, R. BELLUCCI, MASOLINO, MASACCIO, *The panel paintings of Masolino and Masaccio: The Role of Technique*, 5 Continents, Milano, 2002, p. 56.

³⁸ A. LADIS, *Taddeo Gaddi: Critical Reappraisal and Catalogue Raisonné*, p. 258.

³⁹ M. ALFELD, J.A.C. BROEKAERT, *Mobile depth profiling and sub-surface imaging techniques for historical paintings—A review*, in «Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy», vol. 88, 2013, pp. 211–230; I. CACCIARI, P. NIERI, S. SIANO,

La questione è presto riassunta con una veloce domanda: lo strumento utilizzato per creare il punzone è prodotto tramite fusione o intaglio? Nel primo caso è possibile ipotizzare la presenza di più copie identiche dello stesso, inficiando in buona misura il loro valore documentario, nel caso della produzione per forgiatura ed intaglio invece possiamo considerare ogni singola matrice un unicum del quale poter seguire la storia.

Come detto, l'unica descrizione riguardante la produzione dei punzoni risale al trattato "*De Diversis Artis*" di Teofilo, le cui prime copie a noi pervenute risalgono alla prima metà del XII secolo, pur non potendo escludere a priori una sua stesura precedente⁴⁰. L'opera, divisa in tre libri, tratta nell'ultimo della lavorazione dei metalli e tale parte risulta essere la più cospicua e la più dettagliata, forse a fronte di un maggiore interesse per l'oreficeria e la metallurgia da parte dell'autore. È infatti proprio nel terzo libro e non nel primo dedicato a pittura e miniatura, che troviamo alcuni indizi che possono gettare luce sulla questione.

Nel capitolo 75, riguardante la creazione dei sigilli e degli strumenti per decorare l'argento viene espressamente citata l'incisione e non la fusione (*sculpantur in similitudine sigillorum*) per creare immagini di fiori, animali, uccelli e dragoni su matrici della dimensione (spessore) di un dito (*ferris ad mensuram unius digiti spissi*)⁴¹. Anche nel capitolo seguente, *De Clavis*, viene indicata la stessa procedura per creare delle matrici con decorazioni floreali seppure in entrambi questi casi, viene espressamente fatto riferimento all'impressione a martello su materiali posti al di sopra di un'incudine, procedura indubbiamente inadatta ai più morbidi metalli di fusione. È invece il capitolo 73 quello a noi più utile, già il titolo *De opere punctili* ci può dare un riferimento più preciso e la procedura di creazione dello strumento viene espressamente spiegata, per quanto riferita unicamente alla forma di un semplice cerchio. Oltre alla definizione chiara della creazione a freddo (*cum subtilissimo ferro et malleolo percutitur in medio eius subtile foramen [...] ita ut quocumque percutiatur breuissimus circulus appareat*), troviamo anche la definizione dello strumento come *ferro punctorio*, riportata da Skaug come *ferrus punctorius*.⁴²

Forse di maggiore interesse, seppur più tarde, sono le indicazioni di Benvenuto Cellini per quanto riguarda il disegno e la produzione di medaglie, dove la produzione di matrici singole e poi di coni è espressa con maggiore precisione.⁴³ In questo caso le indicazioni riguardano espressamente la produzione di punzoni in acciaio tramite intaglio per creare, in positivo, le singole figure che andranno a comporre la medaglia. Successivamente questi punzoni verranno utilizzati per imprimere in negativo sulla matrice (o conio) la composizione intera la quale, a seguito di rinettatura e lavorazione di bulino verrà temprata per poter essere infine utilizzata.

In ogni caso questi strumenti così descritti sono da intendersi come rivolti all'utilizzo su superfici ben più resistenti della foglia d'oro e degli strati preparatori in gesso e bolo; si possono quindi trarre ipotesi ma il differente impiego e la distanza cronologica delle fonti non permettono da sole di dirimere definitivamente la questione.

Il Cennini è meno prodigo di parole al riguardo, cita unicamente l'utilizzo di un *punteruolo di ferro* senza indicarne il metodo di creazione. L'interpretazione più diffusa rimane che, in particolare per i motivi più complessi, la creazione dei punzoni non sia opera specifica del pittore, dovendo contare su abilità e strumenti

3D Digital Microscopy for Characterizing Punchworks on Medieval Panel Paintings, in «Journal on Computing and Cultural Heritage», vol. 7, fasc. 4, 2014, pp. 1–15.

⁴⁰ M.S. FRINTA, *A note on Theophilus, maker of many wonderful things*, in «The Art bulletin», vol. 46, 1964, pp. 525–529.

⁴¹ THEOPHILUS, *De diversis artibus*, cap. LXXV.

⁴² E.S. SKAUG, *Punch marks from Giotto to Fra Angelico*, p. 58.

⁴³ B. CELLINI, *I trattati dell'oreficeria e della scultura / di Benvenuto Cellini; nuovamente messi alle stampe secondo la originale dettatura del codice Marciano per cura di Carlo Milanese ; si aggiungono i Discorsi e i Ricordi intorno all'arte, le Lettere e le Suppliche, le Poesie*, Le Monnier, Firenze, 1857, p. 164.

estranei a quelli di una bottega del Trecento e rimane più probabile che la creazione vera e propria fosse appannaggio di fabbri od orefici.

È Mojmir Frinta ad ipotizzare nel 1965 una possibile creazione attraverso fusione,⁴⁴ adducendo due possibili motivazioni le quali, a distanza di mezzo secolo, possono essere confutate con decisione. L'autore ipotizza la creazione attraverso fusione per le forme regolari e minute come le piccole rosette, adducendo a motivazione dell'idea la maggiore semplicità nel crearle in negativo su argille o pietre morbide per poi procedere a fusione.⁴⁵ Altro elemento indicato a favore dell'ipotesi della fusione è la minor durezza dei materiali da fusione rispetto a quelli forgiati e quindi, secondo l'autore, una maggiore efficacia nel decorare la foglia d'oro senza strapparla. Sebbene la discussione sia durata svariati anni, molto spesso il propendere per una o l'altra teoria è stato legato a convinzioni personali e pareri tecnici rimasti in buona misura non pubblicati; sarà N. Muller nel 1986 a proporre una soluzione tecnica alla questione grazie alla consulenza di figure specializzate nella lavorazione del metallo, concludendo infine come l'ottenimento di matrici raffinate e dai bordi acuminati fosse estremamente improbabile attraverso procedimenti di fusione, almeno all'altezza cronologica di nostro interesse.⁴⁶

Ultima argomentazione contraria alla teoria della fusione si può trovare nella medaglistica toscana e nelle sue specificità tecniche. Nel secondo quarto del XV secolo si diffonde in Italia e nel Nord Europa la produzione medaglistica, sia a fusione sia a conio⁴⁷ ma a prescindere dalla perizia tecnica degli artigiani, il livello e la scala dei dettagli presenti in questi oggetti era notevolmente più basso, mancando spesso della nitidezza dei coni caratteristica che venne sfruttata dagli artisti medaglisti a fini estetici,⁴⁸ oppure controllata attraverso lavorazioni manuali successive, andando quindi a creare dei veri e propri *unicum*, seppur molto simili tra loro.

Per quanto riguarda il secondo elemento addotto da Frinta a sostegno della sua tesi, ovvero la maggior malleabilità e dolcezza del metallo, si possono unicamente addurre le descrizioni a noi pervenute dal testo del Cennini dove, anche se in riferimento a motivi decorativi più piccoli, è palesemente indicato il lavoro di limatura per creare delle forme dai bordi affilati, non tondeggianti e molli. È quindi corretto presumere che il trattamento dei fondi oro (che a seguire le indicazioni dello stesso Cennini dovevano essere preparati con una foglia più spessa rispetto a quella utilizzata per le altre applicazioni) fosse tale da evitarne la rottura durante la fase di punzonatura.

⁴⁴ M.S. FRINTA, *An investigation of the punched decoration of mediaeval italian and non-italian panel paintings*, in «The Art Bulletin», vol. 47, 1965, pp. 261–265.

⁴⁵ M.S. FRINTA, *On the punched decoration in medieval panel painting and manuscript illumination*, in «Conservation and restoration of pictorial art», M. Bromelle, P. Smith (a cura di), Butterworths, London-Boston, 1976, pp. 54–60.

⁴⁶ E.H. BEATSON, N.E. MULLER, J.B. STEINHOFF, *The St. Victor Altarpiece in Siena Cathedral: A Reconstruction*, in «The Art Bulletin», vol. 68, fasc. 4, 1986, pp. 610–631.

⁴⁷ P. PANAZZA, *Dürer e l'arte della medaglia: considerazioni sulla documentazione bresciana*, in «Albrecht Durer: i simulacri della memoria. Opere a confronto», Consolandi Roberto, Roccafranca, 2015, pp. 49–87.

⁴⁸ A. BRINI, S. PIOPPI, *La collezione Siries: tecnica e catalogazione di 1902 punzoni donati al Museo dell'Opificio delle Pietre Dure*, in «OPD Restauro», fasc. 22, 2010, pp. 180–188.

Per concludere bisogna infine osservare che, con tutti i limiti derivanti dalla mancanza di una bibliografia specifica⁴⁹, quanto si conosce sull'uso delle leghe metalliche a base di ferro nel Trecento, esclude l'esistenza di materiali idonei alla fusione di dettagli così minuti.⁵⁰

In realtà anche Frinta, nel 1993 appare ormai convinto della produzione singola degli stessi, pur non negando alcune incertezze sui materiali utilizzati⁵¹ mentre nella voce da lui redatta per l'Enciclopedia dell'Arte medievale nel 1998 apparirà ormai evidente la sua convinzione di una produzione totalmente manuale, definendo le forme dei punzoni come: "[...] più complesse ottenute tramite la limatura, il taglio o la trapanatura di una bacchetta di sezione circolare...".⁵²

A detta di chi scrive quindi l'eventuale riapparire odierno di dubbi sul metodo di produzione degli strumenti per la punzonatura, in mancanza di nuove evidenze archeologiche o metallurgiche, è da considerarsi come il mero riaffiorare di un'idea ormai abbandonata anche dallo stesso primo propositore.

1.3 DISTINZIONI METODOLOGICHE

Come si desume chiaramente dal Libro dell'arte di Cennino Cennini, la decorazione con il punzone è solo uno degli aspetti coinvolti nella decorazione del fondo oro, con un valore decorativo ma, spesso, anche di completamento e integrazione dei contenuti raffigurati.⁵³ Lo studio di questo aspetto richiede per forza una qualche forma di astrazione e separazione da un tessuto molto più complesso. Già la distinzione tra forme decorative semplici e complesse dimostra la sua artificiosità, seppure la giustificazione sia da trovarsi nell'impossibilità di riconoscere l'unicità della matrice dalle tracce lasciate da punte, bolli ed asterischi di piccola dimensione. Similmente, analizzare unicamente la traccia dei punzoni escludendo dallo studio un'attenta analisi dello stile decorativo nel suo complesso si è rivelata una strada spesso aperta a critiche e discussioni, in buona parte dei casi atte appunto a riequilibrare il peso dato agli indizi derivanti dalla punzonatura, inserendoli nel quadro più ampio delle informazioni iniziali in nostro possesso.

Anche la cronologia della decorazione punzonata stessa è frutto di una scelta interpretativa risalente alla metà degli anni '60 del XX secolo atta a definire una separazione stilistica nello studio della decorazione dei *campi d'oro*, caratteristica pertinente già al XIII secolo.

Osservando gli anni tra la fine del XIII e l'inizio del XIV secolo si nota la commistione di decorazioni eseguite a mano libera con altre eseguite a stampo. Seppur repentina, l'adozione in area senese di motivi stampigliati dalle forme ben riconoscibili, si inserisce nel novero di tecniche atte a rompere l'uniformità dell'oro, già in opera da molti anni. Particolare interesse suscita l'esclusione da molti studi sistematici di rotelle e punte dal novero degli strumenti studiati, come similmente delle piccole stelle ed asterischi, i quali potrebbero, ad una lettura poco attenta, apparire come forme primitive abbandonate nel tempo. In questo caso è probabilmente il bisogno di concentrarsi su forme facilmente identificabili a determinare questa esclusione per motivi prettamente tecnici e non storico artistici.

⁴⁹ Nel caso di chi scrive le risposte ottenute sono state oltremodo dirette e convincenti. Basandosi principalmente sulle caratteristiche fisiche delle leghe del ferro disponibili nel XV secolo è stata rigettata qualsiasi possibilità di ottenere per fusione materiali anche solo minimamente resistenti alla martellatura. Diversa la questione qualora fossero stati utilizzati strumenti di bronzo, lega della quale non abbiamo però menzione né nel Teofilo né nel Cennini. Il restauratore consultato al riguardo è Alessandro Ervas, titolare della fucina omonima, restauratore dei metalli e docente a contratto presso l'Università degli Studi di Bologna.

⁵⁰ M. CAVALLINI, *Fortuitum & sordidum opus. Appunti di storia della metallurgia*, Crace, Perugia, 2005; W. NICODEMI, C. MAPELLI, *Archeometallurgia: ovvero Breve storia dei metalli dal Neolitico alla Rivoluzione industriale*, Associazione italiana di metallurgia, Milano, 2009.

⁵¹ M.S. FRINTA «Observations on the Trecento and Early Quattrocento Workshop».

⁵² M.S. FRINTA, *Punzonatura*, in «Enciclopedia dell'arte medievale», Treccani, Roma, 1998.

⁵³ C. CENNINI, *Il libro dell'arte*, cap. CXL.

Nel caso dei bolli e degli strumenti utilizzati per la granitura, la difficoltà di studiare questo tipo di decorazione dovuta finora alla mancanza di strumenti di analisi e confronto sufficientemente risolutivi, può considerarsi in corso di superamento grazie ai sistemi di acquisizione di dati tridimensionali in scala submillimetrica.⁵⁴ Tali sistemi appunto sono stati impiegati per analizzare le tracce della decorazione punzonata ad un livello più sottile, in grado di identificare eventuali imprecisioni nella punzonatura derivanti dallo stato di conservazione della matrice, riuscendo ad ipotizzare non solo l'identificazione precisa di un'identica matrice per l'impressione di due punzoni, quanto addirittura, seppure in via ancora sperimentale, l'eventuale cronologia di un suo impiego, presupponendo che l'uso ripetuto e continuo di uno strumento possa andare a logorarlo e che tali tracce possano essere identificate ed analizzate. Vediamo, anche in questo caso, come la possibilità di affinare gli strumenti di indagine si scontri con il bisogno di costruire ampi dataset che permettano di spostare la discussione da un piano prettamente teorico a quello della verifica effettiva.

1.4 UNA DISCUSSIONE SULL'UTILITÀ DEL METODO

Il cambiamento dell'organizzazione delle botteghe di pittura nel corso del XIV e del XV secolo, il cambiamento economico e sociale dovuto alle pestilenze del 1348 e del 1367 ed altri fattori ebbero riflessi anche sulle scelte relative alla decorazione dei fondi oro, che sono state spesso commentate nell'ambito di studi filologici sull'analisi delle forme; d'altra parte nuovi argomenti di riflessione possono giungere dalla creazione di dataset, in grado di consentire livelli di analisi e letture finora impossibili.

Gli studi finora condotti si dividono in trattazioni di carattere generale e contributi specifici sui singoli autori. A quest'ultimo gruppo appartengono quasi tutti i contributi prodotti tra gli anni '60 e '70 ricordati nelle pagine che precedono. Non è errato intravedere in questi primi lavori un'attenzione speciale per alcuni casi di particolare rilievo che possano definire la reale utilità di un campo d'indagine nuovo, in particolare con riferimento ad alcune questioni di datazione ed attribuzione. Ne sono esempi chiari testi come *"Contributions to Giotto's Workshop"* dove Erling Skaug propone, nel 1971, uno studio sistematico della decorazione dei nimbi delle opere attribuite a Giotto, cercando inoltre di tracciare il collegamento tra l'invenzione senese e l'applicazione più tarda ma estensiva in area fiorentina. Già in questo articolo vengono esplicitate due convinzioni dell'autore che rimarranno tali per tutta la sua vita e che in buona misura saranno condivise dalla totalità degli studiosi; la priorità senese nell'utilizzo dei punzoni nella decorazione dei fondi oro e l'apparizione fiorentina degli stessi in una data che ruota attorno al 1333. Come detto è già Frinta nel 1965 e negli anni seguenti ad identificare la prima applicazione in Simone Martini⁵⁵ e la veloce imitazione da parte di altri pittori senesi, da Lippo Memmi, in stretto contatto con Simone Martini, ad un'importante parte dello scenario senese, Pietro ed Ambrogio Lorenzetti già negli anni '20⁵⁶ Ugolino di Nerio e, più tardi, Bartolomeo Bulgarini, mentre è proprio Skaug a tentare una datazione per la trasmigrazione della tecnica da una bottega all'altra. Per quanto riguarda Firenze infatti, rimane incerta la datazione delle prime opere in cui sia evidente ed esteso l'impiego di una decorazione per mezzo di forme stampigliate. Se sono le botteghe di Taddeo Gaddi e Bernardo Daddi, eredi giotteschi, a dare lustro a questa tecnica, non abbiamo opere con datazione certa anteriori al 1334. Questione particolarmente interessante già notata da Skaug nel 1971 e ribadita con maggiore documentazione nel 1994 è proprio l'adozione in area fiorentina di questo stile in maniera repentina, nell'arco di due anni, senza nessuna fase di sperimentazione, un impulso particolarmente forte

⁵⁴ I. CACCIARI, P. NIERI, S. SIANO.

⁵⁵ M.S. FRINTA, *An investigation of the punched decoration of mediaeval Italian and non-Italian panel paintings*, in «The Art bulletin», vol. 47, 1965, pp. 261–265.

⁵⁶ E.S. SKAUG «Notes on the chronology of Ambrogio Lorenzetti and a new painting from his shop», *Notes on the chronology of Ambrogio Lorenzetti and a new painting from his shop*, in «Mitteilungen des Kunsthistorischen Instituts in Florenz», vol. 20, 1976, pp. 301–332; M.S. FRINTA «Deletions from de oeuvre of Pietro Lorenzetti».

che può essere interpretato come conseguente al soggiorno napoletano di Giotto,⁵⁷ soggiorno durante il quale è possibile ipotizzare un contatto con l'opera di Simone Martini e, contestualmente, uno spostamento dei maggiori artisti senesi a Firenze anche a causa dello spazio lasciato dal trasferimento della bottega giottesca. Risalgono proprio a questi anni il trittico per la chiesa di San Procolo di Ambrogio Lorenzetti (datato al 1332),⁵⁸ l'omonima santa dipinta in Santa Lucia dei Magnoli da Pietro Lorenzetti⁵⁹ e, probabilmente agli stessi anni appartengono due polittici per Santa Maria Novella e Santa Croce prodotti dalla bottega di Ugolino di Nerio.⁶⁰

D'altra parte, nota Skaug, a Firenze la fascinazione per la decorazione punzonata non si tramuterà in una imitazione schematica dei modelli senesi, ma si evolverà in una maniera fiorentina, formata da simmetrie differenti e ritmicità più accentuate che, in particolare nei primi anni, conterà sull'impiego di strumenti più piccoli e dalle forme spesso più semplici con un appiattimento del repertorio verso bolli, archi e rosette. Sarà infatti la quinta decade del Trecento quella che vedrà uno sviluppo anche in questa città di forme decorative più complesse, pur mantenendo una forte caratterizzazione degli equilibri della decorazione, in chiaro vantaggio di forme ripetute e consequenziali che l'autore definirà "*pearls on a string*" come proprio piccoli elementi allineati e ripetuti sul filo di una o più collane, in maniera molto diversa dalla propensione senese verso l'articolazione di complessi medaglioni formati da uno o più punzoni ripetuti attorno ad una simmetria centrale.

Uno dei primi articoli brevi pubblicati da Erling Skaug nel 1975⁶¹ mostra già come il lavoro di inventariazione di alcuni punzoni fosse cominciato da qualche tempo, lo studio si concentra appunto su una tavola con sant'Antonio Abate appartenente alla collezione Berenson (Firenze, Villa I Tatti, The Harvard University Center for Italian Renaissance Studies), una piccola tavola ritagliata di 74x31.5 cm, attribuita sia da Richard Offner⁶² che da Berenson⁶³ a Nardo Di Cione. Si può intuire dalle righe del testo come fosse già in costruzione un archivio di immagini di punzoni di alcune botteghe toscane, l'autore del resto propone basandosi sull'analisi dei punzoni lo spostamento dell'attribuzione da Nardo di Cione a Giovanni di Bartolomeo Cristiani, proponendo un contatto tra i due pittori nella realizzazione dell'opera, in forza anche di un documento pubblicato da Offner nel 1960 che attesta la collaborazione tra i due⁶⁴. Lo studioso comunque notava che "*This document prevents us, though, from concluding immediately that Cristiani was the painter of the panel in question, it might, after all, have been painted by Nardo in Cristiani's shop and tooled with the latter's punching tools*", lasciando intendere la necessità di misurarsi con concetto di bottega e di collaborazione tra più autori, risolta nei volumi del 1994 dando una chiara prevalenza al valore della bottega su quella del singolo autore.

A questi primi anni appartengono anche due importanti lavori di Mojmir Frinta; il primo, nel 1975, si confronta con un polittico presente nella Memorial Art Gallery dell'Università di Rochester attribuito a Nardo

⁵⁷ E.S. SKAUG, *Giotto and the flood of Florence in 1333: a study in catastrophism, guild organisation and art technology*, Giunti, Milano, 2013, p. 77.

⁵⁸ A. BAGNOLI, R. BARTALINI, M. SEIDEL, *Ambrogio Lorenzetti*, Silvana, , 2017, pp. 174–180.

⁵⁹ C. VOLPE, *Pietro Lorenzetti*, Mauro Lucco (a cura di), Electa, Milano, 1991.

⁶⁰ E.S. SKAUG, *Punch marks from Giotto to Fra Angelico*, p. 79; A. BAGNOLI, R. BARTALINI, L. BELLOSI, M. LACLOTTE, *Duccio, alle origini della pittura Senese*, Silvana, Milano, 2003, pp. 348–350.

⁶¹ E. SKAUG, *The «St. Anthony Abbot» Ascribed to Nardo di Cione at the Villa I Tatti, Florence*, in «The Burlington Magazine», vol. 117, fasc. 869, 1975, pp. 540–543.

⁶² R. OFFNER, *A Critical and Historical Corpus of Florentine Painting. 4: The Fourteenth Century. 2: Nardo di Cione*, A critical and historical corpus of Florentine painting, New York, NY, 1960, pp. 79-80.

⁶³ Bernard Berenson, *Italian Pictures of the Renaissance - Florentine School*, Phaidon, London, 1963, p. 151.

⁶⁴ Offner, *A Critical and Historical Corpus of Florentine Painting*, pag. 3.

di Cione⁶⁵ mentre il secondo si concentra sull'apparizione di un gruppo separato di punzoni non riconducibile a nessuna bottega in particolare che in seguito verranno ricondotti alla bottega del falsario Icilio Federico Joni.⁶⁶ Nel primo caso vediamo l'autore confrontarsi con un'opera dall'attribuzione definita problematica dove, sulla base di argomentazioni stilistiche ma soprattutto sulle evidenze derivanti dal confronto della decorazione punzonata con le immagini d'archivio dell'autore, verrà proposto uno spostamento dell'opera in area pisana tra le produzioni delle botteghe di Turino Vanni e di Cecco di Pietro, già note per un importante scambio di strumenti, almeno sulla base della decorazione punzonata.⁶⁷

Come in area pisana sul finire del XIV secolo, anche la pittura senese della metà del Trecento mostra evidenze di una condivisione serrata degli strumenti decorativi e l'argomento verrà estesamente studiato, tra i vari, da N. Muller e J. Steinhoff, con particolare riferimento alle influenze portate dalle due ondate di peste e di come quest'ultime abbiano modificato i gusti e le tipologie di committenza, l'entità delle commissioni e l'organizzazione stessa delle botteghe attraverso il terzo quarto del secolo.⁶⁸

Per non rischiare di cadere nella semplicistica lettura dei punzoni come mero strumento atto ad avvicinare opere a botteghe, conviene qui concentrarsi su un impiego più raffinato dei dati raccolti dai vari studiosi, operazione che ha richiesto spesso anni di lavoro a comporre tutti i materiali richiesti. Credo valga la pena concentrarsi su due lavori, anche se distanti tra loro, dove un confronto serrato tra i materiali raccolti su più opere ha permesso di proporre sequenze cronologiche. Partendo dalla convinzione che i punzoni fossero materiali in grado essere utilizzati per vari anni senza dover essere sostituiti, potendo contare su centinaia di immagini dei singoli dettagli, autori come E.S. Skaug hanno proposto la prossimità cronologica di opere nelle quali fosse evidente l'impiego di decorazioni identiche, riuscendo spesso a tracciare dei gruppi di opere caratterizzati da un impiego numericamente ristretto di strumenti rispetto al repertorio complessivo della bottega. In determinati casi, come per l'opera di Bernardo Daddi e Taddeo Gaddi, questi accorpamenti possono risultare evidenti già da una veloce osservazione delle tabelle prodotte dall'autore,⁶⁹ dove un avvicinamento marcato di strumenti ed un cambio repentino negli stessi, permette di definire un cambiamento nel gusto e nello stile, dato questo da verificarsi alla prova delle altre evidenze stilistiche.

Un lavoro più sottile è stato condotto da altri studiosi, spostando in avanti nel tempo lo studio di queste tracce. Tra il 1348 ed il 1363 vediamo infatti un improvviso mutamento nello scenario di botteghe fin qui descritto, quella identità tra punzoni e bottega pressoché assoluta dagli anni Venti alla fine degli anni quaranta, improvvisamente muta in una fase di scambio reciproco e contaminazione. Integrando lo studio della decorazione punzonata alla consueta indagine storico-artistica Judith Steinhoff traccia una mappatura completa di quelle collaborazioni strettissime avvenute a Siena dal 1351 al 1563 che vedono un susseguirsi di autori a lavorare a stretto contatto su grandi pale d'altare in una forma molto simile a quelle delle *compagnie* note anche a Firenze durante XIV e XV secolo.⁷⁰ Nel definire la forma di questa compagnia risulta centrale la figura di Bartolomeo Bulgarini ed il polittico smembrato per l'altare di San Vittore nel Duomo di Siena⁷¹ ma da qui si dipana un lavoro minuto di ricostruzione delle reciproche influenze tra Niccolò di Ser

⁶⁵ M.S. FRINTA, *A Seemingly Florentine Yet Not Really Florentine Altar-Piece*, in «The Burlington Magazine», vol. 117, fasc. 869, 1975, pp. 527–535.

⁶⁶ M.S. FRINTA, *Quest for a restorer's shop of beguiling invention: restorations and forgeries in Italian panel painting*, in «Art Bulletin», vol. 60, 1978, pp. 7–23.

⁶⁷ M.S. FRINTA, *A Seemingly Florentine Yet Not Really Florentine Altar-piece*, pag 527.

⁶⁸ J.B. STEINHOFF, *Artistic working relationships after the Black Death: a Siennese compagnia, c. 1350-1363(?)*, in «Renaissance Studies», vol. 14, 2000, pp. 1–45.

⁶⁹ E.S. SKAUG *Punch marks from Giotto to Fra Angelico*, pp. 95–114.

⁷⁰ K. VAN DER PLOEG, *Siennese altarpieces. 1: 1215 - 1344. With a contribution by Kees van der Ploeg «On architectural and liturgical aspects of Siena cathedral in the middle ages»*, Mediaevalia Groningana 4, Forsten, Groningen, 1988, pp. 24–33.

⁷¹ E.H. BEATSON, N.E. MULLER, J.B. STEINHOFF, *The St. Victor Altarpiece in Siena Cathedral: A Reconstruction*, pp. 610–631.

Sozzo, Luca di Tommé, Jacopo di Mino del Pellicciaio, Naddo Ceccarelli e Giovanni da Milano. Nel confrontare la produzione di questi artisti nel torno di anni 1350-1363 appare evidentissima la condivisione degli strumenti di lavoro ed una reciproca influenza nelle caratteristiche stilistiche e compositive dei vari pittori, senza portare mai ad un'uniformità del lavoro, evidenziando anzi, per contrasto, le rispettive peculiarità che traspaiono da alcune influenze comuni. Andando nello specifico ad analizzare l'utilizzo dei punzoni nella decorazione delle opere e nondimeno, il loro impiego più o meno ridondante, più denso o più leggero l'autrice propone di tracciare alcune periodizzazioni di questa collaborazione, evidenziando come non sia possibile ravvedere un inizio ed una fine della collaborazione che sia comune ai vari pittori. Per quanto questa *compagnia* paia ormai dissolta tra il 1362 ed il 1363, a causa dell'allontanamento da Siena di una figura importante come quella di Giovanni da Milano, la probabile morte di Niccolò di ser Sozzo e di Naddo Ceccarelli per la seconda ondata di peste e possibilmente anche un ulteriore inasprimento della situazione economica cittadina per lo stesso motivo, nel seguire singolarmente le vite e le opere di ogni singola figura vediamo dipanarsi collaborazioni più o meno estese, commesse comuni o semplicemente l'utilizzo degli stessi strumenti. Come possiamo vedere l'importante aumento nel numero di punzoni utilizzati da Bartolomeo Bulgarini e possiamo per questo presumere un ampliamento della sua bottega, vediamo un'influenza che va anche alle scelte dei motivi decorativi prediletti in una collaborazione più stretta all'interno della compagnia come nel caso di Luca di Tommé e Niccolò di ser Sozzo ed infine possiamo proporre delle date per il possibile inizio della collaborazione di Giovanni da Milano con la *compagnia*, ad osservare il cambio repentino nei punzoni da lui utilizzati verso il 1355 e infine limitare nel tempo la collaborazione di Jacopo di Mino del Pellicciaio con la *compagnia* stessa, concludendo tale collaborazione nel 1362, quando vediamo sparire dall'opera di quest'ultimo ogni traccia dei punzoni precedentemente utilizzati.

Risulta evidente come una serie di lavori importanti ma ancora contenuti siano riusciti a prendere una forma sempre più coesa con l'avanzare degli anni ed è proprio l'ultima decade del XX secolo a vedere la pubblicazione dei testi più corposi al riguardo della materia, quasi a rappresentare una summa del lavoro catalogatorio svolto nelle quattro decadi precedenti.

Oltre ai due volumi di Erling Skaug del 1994 "*Punch marks from Giotto to Fra Angelico*" ed il volume del 1998 di Mojmir Frinta "*Punched decoration on late Medieval panel and miniature painting*" che si concentrano entrambi quasi in toto nell'area toscana, vale la pena inserire in questo gruppo anche il lavoro di Letizia Lodi "*Note sulla decorazione punzonata dei dipinti su tavola di area emiliana dalla metà alla fine del Trecento*" del 1981 il quale, per primo in ordine di tempo, propone una inventariazione diffusa degli strumenti decorativi di un'area geografica. La particolarità di questo lavoro, che lo distingue dai successivi volumi di intento classificatorio, è l'attenzione alle forme dei punzoni in quanto elementi di gusto della pittura trecentesca. Essi sono infatti distinti in 56 tipi differenti in base alla loro forma e non invece alle loro dimensioni. Si riscontra infatti l'inventariazione di 112 punzoni differenti per dimensioni, suddivisi in gruppi composti da una sola forma per quanto riguarda le figure più complesse e fino a sei punzoni differenti per quanto riguarda i tipi più semplici, bolli e rosette in particolare. Questa visione particolare quindi porta in secondo piano l'eventuale utilità degli stessi per fini di attribuzione, concentrandosi maggiormente sull'utilizzo che ne hanno fatto determinati autori o, più estesamente, quali siano state le affinità e le ibridazioni stilistiche tra le varie botteghe.

Sempre precedente ai grandi volumi sopra citati è il lavoro di Laura Baldelli rivolto ad uno studio iniziale della decorazione punzonata in area marchigiana,⁷² anche in questo caso una proposta classificatoria corredata di un discreto corpus di immagini e soprattutto disegni delle opere indagate. Quanto risulta da questo lavoro, a controprova dell'utilità di un suo ampliamento su scale sempre più vaste, è innanzitutto l'erronea convinzione condivisa da Frinta di una ricezione più sobria del vocabolario della decorazione punzonata in

⁷² L. BALDELLI, *Una proposta di classificazione dei punzoni su tavola nei dipinti del XIV e del XV secolo nelle Marche*, in «Storia dell'arte», vol. 72, 1991, pp. 145–182.

area riminese e marchigiana.⁷³ Se anche quest'autrice avvalga la lettura di una trasmigrazione legata alle influenze giottesche sulla cultura riminese e su un'affermazione iniziale di una decorazione più semplice, costituita principalmente da bolli e circoli di piccole e medie dimensioni, autori come Jacobello del Fiore, Arcangelo di Cola mostreranno una sensibilità particolare ad uno sviluppo propriamente marchigiano del gusto, mentre Allegretto Nuzi recepirà con vigore le influenze toscane, smentendo a sua volta l'idea di una minore fantasia esecutiva per l'area. Quanto invece marca una differenza geografica è lo sviluppo durante la seconda metà del XV secolo dove, prima di veder abbandonato l'impiego dei fondi oro, si nota un ritorno a forme decorative più semplici, almeno per quanto riguarda la decorazione stampigliata, un abbandono delle forme più ricche, complesse e combinatorie per un riaffermarsi dei più semplici bolli. L'autrice inoltre, procedendo con il metodo già descritto da Muller nel 1986, lavorerà tramite la stampa delle immagini su carta da lucido, procedendo a molteplici ingrandimenti dei punzoni stessi e allegherà all'inventario di grafiche e misure un gruppo di disegni aventi come soggetto specifico le decorazioni risultanti dalla combinazione di forme ripetute. Questa particolare attenzione rivolta non solo alla forma in sé dei punzoni ma al loro utilizzo può permettere di identificare anche caratteristiche del gusto dei singoli autori ed eventuali mutue influenze, come già visto per quanto riguarda lo "stile" senese e le sue declinazioni da Simone Martini a Pietro ed Ambrogio Lorenzetti, proprio per tale motivo, se ne discuterà più avanti quando verrà trattato il sistema di ricerca ideato per l'archivio che verrà presentato.

I due volumi "Punch Marks From Giotto to Fra Angelico" rappresentano una summa del lavoro di catalogazione svolto da Erling Skaug in circa 40 anni di lavoro e propongono una lettura del panorama artistico toscano attraverso la lente di questo specifico aspetto delle tavole dipinte trecentesche. La pubblicazione dei due testi rappresenta una sintesi e un approfondimento dei lavori svolti precedentemente, coprendo un arco cronologico molto vasto e buona parte dei centri di produzione toscani. Similmente Frinta pubblicherà un volume simile dando alle stampe le riproduzioni fotografiche di un elevato numero di immagini del suo archivio, nella speranza di creare uno strumento utile alla discussione ed al confronto partendo proprio da una mappatura estesa della decorazione punzonata. Questa seconda pubblicazione, rimasta purtroppo mutila del secondo volume, manca dell'apparato critico e delle tabelle riassuntive che rappresentano proprio lo strumento atto a permetterne una fruizione semplice ed efficace e sarà per questo motivo che non verrà utilizzata nella realizzazione del lavoro seguente.⁷⁴

Non finirà con il XX secolo l'interesse per lo studio di tale tecnica, appariranno ancora dei testi di respiro più complessivo, proprio al seguito delle suddette pubblicazioni, vale la pena indicare tra questi il testo riassuntivo di Joseph Polzer del 2005⁷⁵ il quale tenterà nuovamente di affermare, attraverso la disamina di un arco cronologico molto ampio, la validità dell'indagine della decorazione punzonata la quale "*will serve to document artist's personal preferences, sources, connections and changing orientations, in some instances also bearing on chronology, altogether contributing to our knowledge of the evolution of early Trecento Tuscan painting*".

Negli ultimi vent'anni non sono mancati gli interventi di analisi e di critica che si siano appoggiati più o meno estesamente ai lavori fin qui citati e, salvo rari casi, le caratteristiche decorative di autori e botteghe sono state prese in considerazione molto spesso come elemento favorevole o contrario a proposte attributive o di datazione, dimostrando quella che potrebbe essere interpretata come una generale accettazione della validità del metodo proposto da Skaug e Frinta sul finire degli anni '60, pur evidenziando come tale lavoro

⁷³ M.S. FRINTA, *An investigation of the punched decoration of mediaeval Italian and non-Italian panel paintings*, p. 65.

⁷⁴ M.S. FRINTA, *Punched decoration on late medieval panel and miniature painting. Catalogue raisonné of all punch shapes*, Maxdorf, Prague, 1998.

⁷⁵ J. POLZER.

catalogatorio sia ancora incompleto, in particolare per la figura di determinati artisti o, in alcuni casi degno di ampliamenti anche consistenti.⁷⁶

Rimangono aperte le questioni poste lungo gli anni, non si possono dare per scontate identità tra autore e punzoni quando altre evidenze parlino in direzione contraria, saranno esistiti casi di specializzazioni così sopraffine da portare qualche pittore a lavorare quasi unicamente nelle decorazioni dell'oro. Quanto è giunto fino a noi è solamente una parte di una rete molto più vasta di influenze, contatti, omaggi ed imitazioni sulle quali, da anni, si opera a far luce. Ad oggi, finalmente, mettere a disposizione ed in comunicazione tra loro queste ricerche non è più legato ad un lavoro editoriale titanico, si possono pensare strumenti nuovi ed in continuo ampliamento per far comunicare tra loro ancora più strettamente le ricerche che continuano a venir prodotte. È con questa convinzione e speranza che è stato pensato il lavoro che segue.

⁷⁶ J. POLZER, *A question of method: quantitative aspects of art historical analysis in the classification of early Trecento Italian painting based on ornamental practice.*

2 L'ARCHIVIO DI ERLING S. SKAUG E LA SUA DIGITALIZZAZIONE

L'archivio fotografico di Erling S. Skaug consta di un numero imprecisato di negativi 35mm che dovrebbe aggirarsi attorno alle 6.000-8.000 immagini e risulta essere in buona misura ben ordinato. Una parte dell'archivio in questione è stato spedito a Firenze non potendo ipotizzare spostamenti lunghi nel periodo contrassegnato dalla pandemia di Covid-19 ed è quindi stato digitalizzato nei mesi di gennaio e febbraio del 2021 nei locali del dipartimento predisposti per la campagna. Prima di procedere alla digitalizzazione di un fondo fotografico anche di medie e piccole dimensioni, è buona prassi analizzarne sia lo stato archivistico che quello conservativo per poter meglio scegliere un sistema efficiente che riduca la possibilità di errori durante la successiva fase di postproduzione e arricchimento dati.

2.1 ANALISI GENERALE DEI MATERIALI

Le prime attenzioni sono state rivolte allo stato conservativo dei raccoglitori, pergamini privi di riserva basica, e delle pellicole (procedendo con verifiche a campione per ogni raccoglitore) per identificare l'eventuale presenza di segni di degrado che avrebbero potuto danneggiare i materiali durante il maneggiamento. La parte di fondo che è stata spedita a Firenze è formata unicamente da negativi 35 mm in striscia, scattati negli anni tra il 1969 e il 1971. Il numero totale dei negativi ammonta a 2433. I negativi sono tagliati in strisce da sei fotogrammi - come richiesto dalle misure dei raccoglitori - e, per i primi fogli corrispondenti alle prime immagini in 35mm in senso diacronico, risalenti quindi al 1969, l'autore ha la tendenza a procedere manualmente al taglio ed incollaggio di alcuni negativi per creare, anche in coda alla pellicola, una striscia da sei fotogrammi, anche quando il termine del rullo non lo permetterebbe. Questa caratteristica, legata in buona misura ad una estrema dedizione all'ordine dei raccoglitori, ha portato negli anni a problemi conservativi probabilmente non preventivati al tempo dall'autore, il quale cesserà, appena un anno dopo, l'utilizzo del nastro adesivo per ricomporre le strisce. Fortunatamente il degrado del nastro adesivo, e il conseguente rilascio della colla, ha intaccato principalmente la stabilità dei pergamini danneggiando unicamente un numero molto contenuto di immagini (Figura 1) e solo marginalmente. L'unica difficoltà presentatasi è stata quella di estrarre e riposizionare i negativi al loro posto evitando il successivo contatto con le parti adesive. Il supporto fisico del fondo è composto in larga maggioranza (circa al 95%) da pellicole in polietilene in ottimo stato conservativo mentre solamente una minima percentuale è composto da triacetato di cellulosa il quale, almeno per quanto concerne l'osservazione olfattiva e visiva svolta durante le operazioni di ripresa, non presenta ancora nessun segno di deterioramento né di sindrome dell'aceto.¹ È invece presente, come normale per materiali conservati al di fuori dagli archivi preposti, una contenuta argentazione dell'emulsione legata al contatto con l'aria. Tale forma di degrado, seppur non reversibile, non rappresenta un problema tale da richiedere urgenti restauri e non è in grado di inficiare la campagna di digitalizzazione.

¹ S. BERSELLI, L. GASPARINI, *L'archivio fotografico: manuale per la conservazione e la gestione della fotografia antica e moderna*, Zanichelli, Bologna, 2000, p. 74.

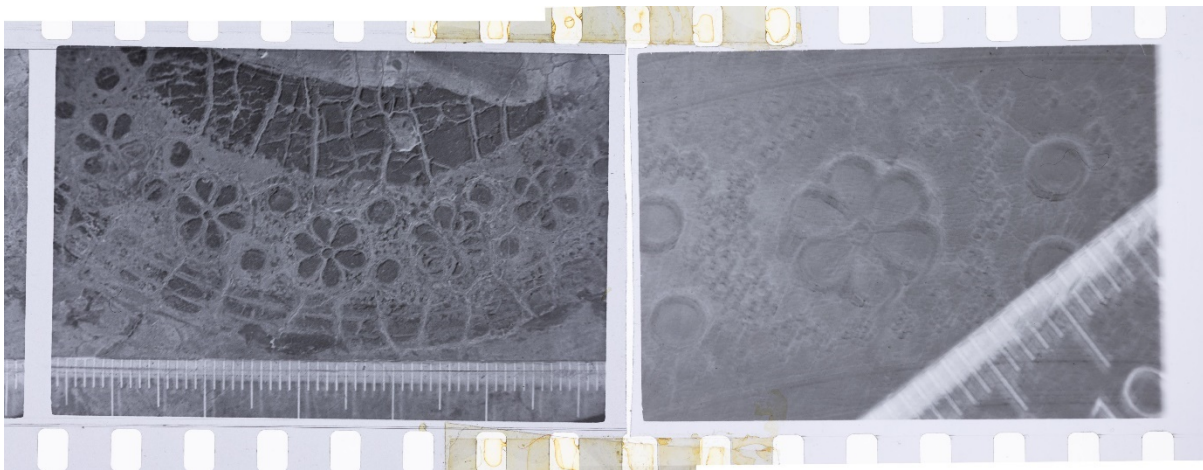


Figura 1 Nel punto di unione tra due strisce separate sono visibili le tracce di nastro adesivo ormai incapace di tenere unite le due parti. Solo in rari casi, fortunatamente, la colla rimasta ha danneggiato lievemente le emulsioni.

Come detto, i negativi in oggetto sono stati ripresi tra il 1969 ed il 1971 utilizzando pellicole negative monocromatiche presenti in commercio in quegli anni ed è evidente una fase iniziale di ricerca e sperimentazione che comprende l'utilizzo di vari marchi di diverse sensibilità. Se di norma queste sono comprese tra i 50 ed i 100 ISO (equivalenti 18-21 DIN), con alcune rare presenze di negativi a 200 ISO (24 DIN), le marche ed i modelli sono molto variabili e comprendono: Kodak Tri X, Kodak Pantomic x, Kodak Plus-X, Ilford Pan F extra fine grain, Ilford FP4, Adox KB14, Agfa L-IF, AgfaPan 100 ed alcuni rullini di pellicola Ferrania che non sono stati identificati per l'assenza di codici di riferimento sulla pellicola stessa. Questa variabilità invece tende ad attenuarsi, pur rimanendo presente, osservando i negativi del 1971 dove la scelta delle pellicole è molto più uniforme e le eventuali variazioni sono forse da imputare ad una non reperibilità al momento dello scatto. Lo sviluppo dei negativi è sempre laboratoriale, come comunicato dall'autore stesso e la qualità degli stessi è mediamente buona, con grana contenuta e contrasto medio, medio-alto, almeno per quanto riguarda i materiali esposti correttamente. In una fase successiva si vedrà come questa caratteristica porterà ad uno sviluppo digitale particolareggiato per ogni negativo in modo da garantire una buona leggibilità anche nei casi estremi di sovra o sottoesposizione. Le riprese delle opere d'arte possono essere raggruppate in tre macro-gruppi in base al livello di dettaglio. Le riprese generali dell'opera intera vengono impiegate come riferimento visivo delle immagini seguenti: dettagli larghi, solitamente per la ripresa di superfici di circa 10-30 cm, e dettagli macrofotografici. Di macrofotografie, ovvero ogni riproduzione dal rapporto d'ingrandimento da 1:1 a valori superiori, se ne possono contare qualche decina all'interno dell'archivio. Per comodità col termine macrofotografia si intenderà ogni immagine scattata da una distanza sufficientemente ridotta da ritrarre aree con lati non superiori a pochi centimetri, per arrivare nei casi estremi alla decina, dove in ogni caso il soggetto è la decorazione punzonata e dove di consueto è presente, al bordo del fotogramma, un righello trasparente posto a contatto della superficie pittorica, in modo da poter stampare le immagini in scala e procedere a successiva misurazione. (Figura 2)

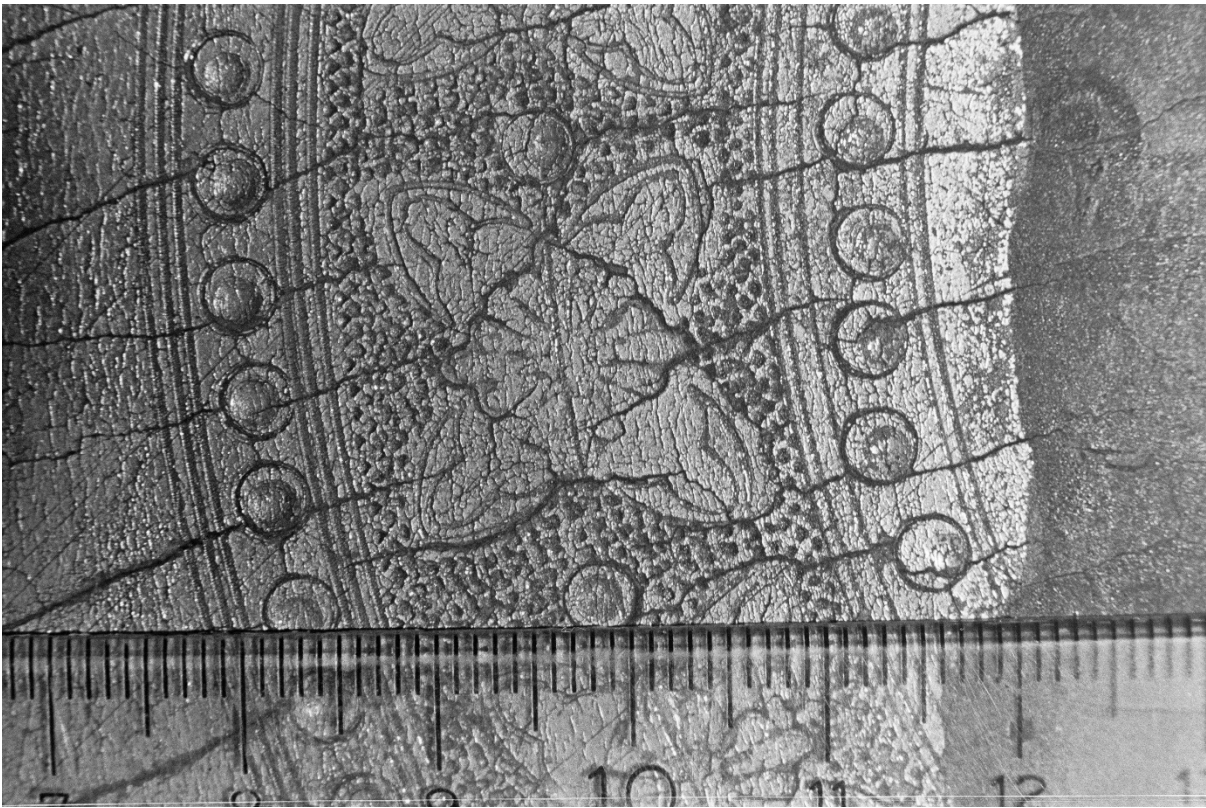


Figura 2 I dettagli a distanza ravvicinata dotati di un righello trasparente rappresentano la grande maggioranza delle immagini dell'archivio.

Osservando la struttura dell'archivio si nota, in primo luogo, come l'ordine di presentazione dei materiali sia legato agli accessi nei singoli musei; le immagini sono disposte seguendo il luogo di conservazione. Successivamente l'ordine all'interno di ogni singolo museo pare essere principalmente quello di prossimità fisica tra le varie tavole mentre le immagini della stessa opera sono riprese seguendo un ordine alternato dall'immagine d'insieme ai dettagli più fini. Per semplificare la ripresa infatti, ridurre gli spostamenti dello stativo e quello del numero di obiettivi da sostituire di volta in volta, è stata adottata una sequenza simile: Generale > Dettagli > Macrofotografie, cambio di opera d'arte, Macrofotografie > Dettagli > Generale, portando ad una velocizzazione nelle operazioni di ripresa.

Se le immagini d'insieme hanno lo scopo unico di fornire un riferimento durante la visione dell'archivio, i negativi 35mm hanno una dimensione troppo contenuta per fornire dettagli particolareggiati sufficienti allo studio della decorazione, perciò la parte numericamente più consistente, ed indubbiamente più importante per lo studio della decorazione punzonata, sono gli ultimi due gruppi. I dettagli di superfici di medie dimensioni non evidenziano particolari problemi mentre le macrofotografie mostrano, a causa della maggior difficoltà nelle operazioni di ripresa, importanti discrepanze sia nell'esposizione che nella qualità generale del negativo. Tutte le riprese sono effettuate con l'utilizzo di un cavalletto con tempi di ripresa che variano dalla frazione di secondo a qualche minuto, al variare delle condizioni di illuminazione e della distanza di ripresa e, salvo qualche rara eccezione, tutte le immagini sono ottenute con l'unico impiego della luce ambientale.²

² Questi dati, seppur in parte deducibili dall'osservazione del fondo, sono suffragati dal carteggio avuto con E. S. Skaug, il quale, particolarmente nei primi tempi, ha ravvisato una certa difficoltà nel controllare correttamente l'emulsione fotografica nelle macrofotografie. Tale ammissione è confermata anche dal graduale miglioramento delle riprese e dal

2.2 RIPRESA MACROFOTOGRAFICA A PELLICOLA

In un sistema ottico semplice il piano di messa a fuoco, ovvero il piano sul quale giace il supporto sensibile e su cui viene nitidamente proiettata l'immagine, è distante dal centro ottico della lente di una misura inversamente proporzionale alla distanza del soggetto stesso. Questo implica che la ripresa di una scena posta ad enorme distanza dal sistema ottico, tecnicamente definita come una messa a fuoco all'infinito richieda una distanza tra il centro ottico ed il supporto sensibile pari ad una volta la lunghezza focale della lente utilizzata mentre, riducendo la distanza tra soggetto e sistema di ripresa questa distanza vada ad aumentare, raggiungendo, per una ripresa in scala 1:1, il rapporto di due volte la lunghezza focale della lente, per un aumento dell'area di proiezione della stessa pari a quattro volte la misura originaria.³

Ad oggi questo sistema di messa a fuoco riguarda unicamente i banchi ottici, mentre negli anni '60 poteva ancora essere trovato su alcune fotocamere medio formato, in particolare camere biottica e le reflex medio formato come la *Mamiya 67*, mentre per i formati più piccoli si è sempre preferito l'impiego di obiettivi più complessi dotati di lenti flottanti in grado di determinare, tramite il loro spostamento, il cambiamento del piano di messa a fuoco. Questo sistema, per noi il più consueto, nonché tutt'ora in uso anche nelle lenti autofocus, è estremamente efficace alle medie e lunghe distanze ma risulta limitato nelle riprese ravvicinate. Per tale motivo qualsiasi obiettivo ha indicata una distanza minima di messa a fuoco, oltre la quale il movimento degli elementi ottici interni non sarebbe più sufficiente a correggere la proiezione dell'immagine. Inoltre questo sistema, pur in grado di impiegare spostamenti minimi alle medie distanze, deve comunque predisporre anche un allontanamento del gruppo principale di lenti dal supporto sensibile quando l'ingrandimento superi, generalmente, il rapporto di 1:4.

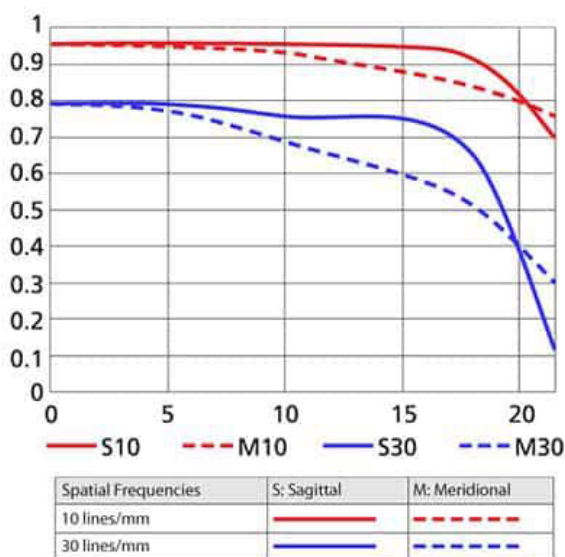


Figura 3 Il grafico riassume lo sviluppo negativo della nitidezza lungo l'asse verticale ed orizzontale (linea continua o tratteggiata) con lo spostamento dal centro verso i bordi del fotogramma.

Per raggiungere rapporti d'ingrandimento maggiori, escludendo l'utilizzo di lenti appositamente costruite per le riprese macro e microfotografiche, obiettivi particolarmente dispendiosi e molto rari fino a circa la metà degli anni '80, le alternative disponibili per le fotocamere piccolo formato si limitano a due differenti soluzioni. La più economica vedeva l'impiego di apposite lenti aggiuntive collocate frontalmente, al posto dei filtri, in grado di garantire un ingrandimento pari alle diottrie della lente aggiuntiva, oppure l'impiego di tubi o soffiotti di prolunga tra la lente ed il corpo macchina e, conseguentemente, la pellicola. Il primo sistema ha sempre rappresentato la soluzione più semplice ed economica ma, modificando completamente l'assetto ottico con l'apposizione di una lente doppio concava, va a generare un importante aumento delle distorsioni presenti nella ripresa e produce una qualità accettabile unicamente nelle aree centrali del fotogramma. Il secondo sistema, utilizzato ancora al giorno d'oggi, lievemente più complesso nella gestione, seppur più semplice nella realizzazione, prevede unicamente di aumentare la distanza tra la lente ed il supporto sensibile, esacerbando proprio quanto già fatto dalle lenti quando impostate alla minima distanza di messa a fuoco. I tubi di prolunga, in base al loro spessore, incrementano la capacità di ingrandimento di una lente aumentando la dimensione del cono di proiezione. Tale sistema, in uso ancora al giorno d'oggi, porta con sé

sempre minor numero di fotografie dello stesso soggetto che vengono riprese durante il 1970 raggiungendo, nel 1971, la totale padronanza del mezzo.

³ M. VACCHIANO, *La riproduzione fotografica di documenti*, Zanichelli, Bologna, 1987, p. 68.

due svantaggi principali, uno dei quali è proprio alla base dell'elevato numero di immagini scattate per ogni scena. Dal punto di vista ottico, il problema non superabile è insito proprio nel sistema di ingrandimento: aumentare la dimensione del cono di proiezione implica il diminuire della nitidezza della lente stessa. Nel misurare le qualità ottiche di un obiettivo, uno dei principali elementi è proprio la risolvibilità, ovvero la capacità di distinguere due linee tra loro vicine. Tale misura è generalmente presa in laboratorio, producendo grafici MTF⁴ (Modulation Transfer Function) (Figura 3) in cui è possibile notare come tale qualità, misurata in linee per millimetro (l/mm), vari con il diaframma della lente e come non sia uniforme tra il centro ed i bordi del fotogramma. Questa misura, riferendosi alla capacità di una lente di proiettare distintamente linee sul supporto sensibile ha un valore d'uso relativo unicamente agli ingrandimenti previsti per la stampa e non può essere considerato *tout court* un elemento dirimente. Una lente studiata per lavorare su pellicole di grande formato avrà una risolvibilità minore rispetto ad una costruita per pellicole 35mm o più piccole, il diverso numero di ingrandimenti previsti per il primo supporto, ovverà alla minore capacità risolutiva. Impiegando invece pellicole di piccolo formato come in questo caso ed incrementando la distanza, al contrario, si produrrà un fascio di proiezione più largo, del quale sarà utilizzata solamente la parte centrale ma la capacità risolutiva andrà a diradarsi su una superficie più ampia, producendo proprio una minore nitidezza apparente.⁵ Questo limite, sempre più marcato con l'aumentare della lunghezza dei tubi di prolunga può essere spesso riconoscibile osservando comodamente a svariati ingrandimenti un'immagine su negativo dopo la sua digitalizzazione o stampa. (Figura 4)

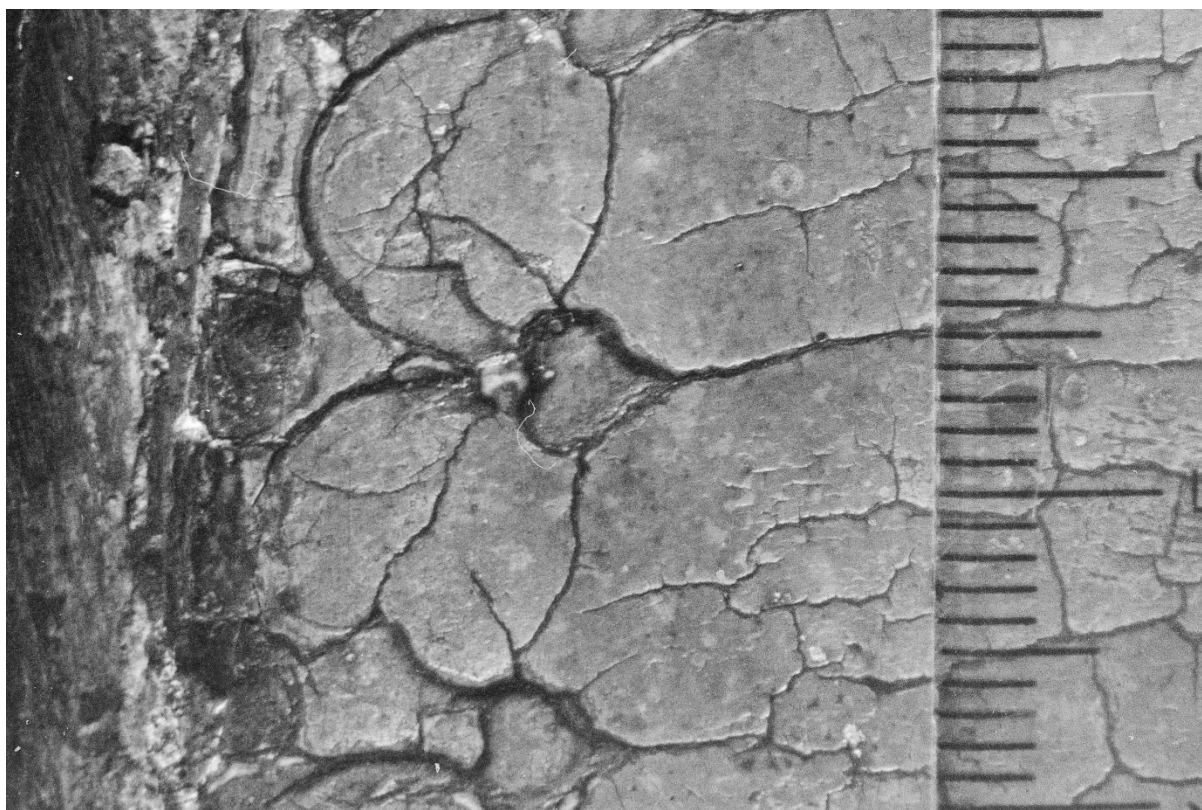


Figura 4 Particolarmente visibile ai bordi del fotogramma il calo della nitidezza dovuto all'impiego dei tubi di prolunga.

Contestualmente alla riduzione della risolvibilità, aumentare la distanza di proiezione implica una riduzione direttamente proporzionale della luce proiettata sul sensore e quindi un aumento del tempo di esposizione

⁴ M. VACCHIANO, *La riproduzione fotografica di documenti*, p. 28.

⁵ Il termine nitidezza, seppur utilizzato in larga misura per definire l'effetto risultante dalla risolvibilità unita alla profondità di campo nitido, legata a sua volta all'ingrandimento della pellicola ed influenzata, nella percezione dal microcontrasto della stampa, tende ad essere utilizzato anche come sinonimo di risolvibilità stessa, creando alcune ambiguità nella terminologia.

richiesto secondo una progressione nota e facilmente misurabile. Il calcolo vero e proprio della correzione esposimetrica viene ormai risolto dall'esposimetro stesso il quale, posto all'interno della fotocamera, misura

Tabella 1 La tabella di correzione per le esposizioni prolungate di due pellicole a grana tabulare come le Kodak T-Max mostra chiaramente il calo esponenziale della sensibilità all'aumentare del tempo

metered or indicated time	TMax-100		TMax-400	
	adjust time	theoretical contrast change	adjust time	theoretical contrast change
1s	1.3s	N+1/3	1.3s	N+1/3
•	•		•	
•	•		•	
2s	3s		3s	
•	4s		4s	
•	5s		5s	
4s	6s		6s	
•	7s		8s	N+2/3
•	10s		11s	
8s	12s		14s	
•	15s	N+2/3	18s	
•	20s		24s	
15s	25s		30s	
•	35s		40s	N+1
•	45s		55s	
30s	1m		1m 10s	
•	1m 15s		1m 30s	
•	1m 30s		2m	
1m	2m 00s		2m 45s	N+1/3
•	2m 30s		3m 30s	
•	3m 15s		4m 45s	
2m	4m 15s	N+1	6m	
•	5m 30s		8m	
•	7m		11m	

contestualmente anche le perdite di luce dovute al tiraggio.⁶ In situazioni di scarsa illuminazione dell'ambiente circostante o di aumenti davvero significativi del tiraggio, oltre il rapporto di 1:1 ancora negli anni '60 è possibile notare come il superamento della soglia di sensibilità dell'esposimetro stesso ne impedisca l'uso costringendo spesso a riprendere a tentativi, senza indicazioni precise dall'esposimetro, richiedendo di effettuare più riprese con differenti valori di tempo di esposizione o apertura del diaframma nella speranza di trovare la corretta coppia esposimetrica. A questa insicurezza, della quale non si può avere informazioni certe unicamente dall'osservazione dei negativi, va ad aggiungersi invece il problema molto noto fino all'introduzione dei sensori digitali del cosiddetto difetto di reciprocità. Tale caratteristica, legata alla costruzione stessa delle pellicole negative e positive rappresenta uno dei limiti che maggiormente informano questo archivio come buona parte delle immagini macrofotografiche prodotte durante la seconda metà del XX secolo e pare di minor importanza solamente negli archivi di fotografi professionisti dove il maggior controllo di tecniche e materiali, unito alla cura nello sviluppo personale delle pellicole permette di ottenere risultati maggiormente controllati. Assieme alla sensibilità spettrale delle pellicole, accennata velocemente nel primo capitolo, anche la sensibilità minima alla luce delle stesse è un fattore legato alla loro produzione sul quale non è possibile intervenire se non in maniera limitata ed unicamente tramite palliativi. Ogni pellicola infatti è caratterizzata da una resa tendenzialmente uniforme nei casi applicativi generici e permette quindi di operare con

gli stessi risultati in termini di esposizione con qualsiasi coppia tempo-diaframma equivalente e proprio su questo assunto si basa buona parte della teoria fotografica di base. Lavorando invece agli estremi della scala dei tempi le pellicole reagiscono in maniera differente richiedendo di correggere la coppia esposimetrica a seconda di particolari indicazioni del produttore. Se la sensibilità ai tempi di scatto più brevi ha rappresentato un problema fino agli anni '70-'80 ed è stata poi risolta dagli avanzamenti tecnici, questo stesso limite si presenta in forma ancora maggiore all'estremo opposto della scala, utilizzando tempi di scatto superiori al secondo. (Tabella 1). Come si può notare dalla tabella riferita a due pellicole a grana tabulare relativamente moderne, gli avanzamenti tecnologici hanno permesso un maggior controllo della mancanza di reciprocità

⁶ Gli esposimetri TTL *Through The Lens*, diventando lo standard dei sistemi fotografici di piccolo formato tra la fine degli anni '50 e l'inizio degli anni '60 e misurando la luce che effettivamente raggiunge la pellicola, ovviano una serie di problemi che precedentemente richiedevano accorgimenti legati all'esperienza e alla sensibilità del fotografo e si impongono sul mercato nell'arco di pochi anni, rimanendo ancora oggi il sistema di misurazione di quasi tutte le macchine fotografiche. Diverso discorso riguarda gli strumenti di medio e grande formato, in cui l'assenza dell'esposimetro è legata all'impiego da parte dei professionisti di dispositivi esterni, più precisi ed in grado di garantire un maggior controllo dell'esposizione.

nelle emulsioni per quanto questo problema continui a presentarsi sensibilmente per le esposizioni superiori al secondo. Seguendo questi dati indicativi è possibile vedere come l'aumento del tempo di esposizione al di sopra di un certo limite comporti una perdita di sensibilità da parte dell'emulsione e che quindi, per ottenere il risultato auspicato da una coppia esposimetrica come 2" f/16, nel caso delle pellicole di Tabella 1 l'esposizione effettiva debba essere impostata su 3". Questo aumento consistente e non lineare del tempo richiesto non è perfettamente controllabile e richiede accorgimenti particolari quando già in partenza il tempo stimato dall'esposimetro superi il paio di secondi. È proprio per tale motivo che, lavorando in condizioni di illuminazione scarsa ed elevati ingrandimenti, non è possibile stabilire con assoluta certezza la corretta esposizione di un'immagine. Per ovviare a questo problema, in condizioni di lavoro professionale, si poteva ricorrere all'utilizzo di pellicole polaroid per avere rapida contezza della situazione generale ma tale pratica è permessa solo con l'impiego di corpi professionali grande formato e, in ogni caso, utilizzando emulsioni differenti, non può garantire la precisione richiesta. La soluzione più comune, impiegata anche in questo archivio è stata quella di aumentare il numero di differenti fotografie riprese per la stessa scena, variando con ordine prestabilito i tempi di scatto, garantendo quindi la valida esposizione di almeno un fotogramma. Per tale motivo, come si vedrà al seguito della digitalizzazione dell'archivio, se sono rarissimi i casi di esposizioni multiple per le immagini generali dei dipinti e sono rare quelle per i dettagli larghi, sarà prassi comune del fotografo quella di scattare da due a quattro fotografie per i dettagli più stretti. Non nuoce indicare inoltre come tale pratica, al netto dei motivi prettamente esposimetrici, si sia rivelata oltremodo efficace per garantire la presenza di immagini nitide quando ingrandimenti elevati e tempi di scatto lunghi hanno generato in alcune immagini, evidenti diminuzioni della nitidezza complessiva legati a minimi spostamenti della camera dei quali non è possibile determinare con certezza la causa ma possono essere ascrivibili generalmente a piccoli errori nella fase di scatto, movimentazioni inavvertite dello stativo o, più semplicemente, minimi movimenti dei solai, condizione molto comune che, seppur inavvertibile in condizioni normali, è in grado di generare immagini pressoché inutilizzabili quando si operi a distanze così ravvicinate dal soggetto da ritrarre.

Buona parte dei materiali in nostro possesso, al netto delle ripetizioni dei singoli scatti, ricade in quest'ultima categoria, rappresentando una fonte di informazioni ancora oggi utile allo studio della decorazione punzonata. Il lavoro di schedatura e misurazione delle singole forme trattato più estesamente in seguito si unisce quindi alla documentazione estensiva delle stesse, collegando una precisa documentazione fotografica ad un numero molto elevato di opere d'arte, in molti casi depositate nei magazzini o proprietà di collezioni private.

2.3 STATO DI CONSERVAZIONE

Come già accennato, questo primo gruppo di negativi è conservato in tre raccoglitori portanegativi spiralati di quelli tutt'ora in commercio e molto comuni già negli anni '60. Tali materiali si collocano nella fascia medio-bassa dei materiali d'archivio, solitamente utilizzati dai fotografi amatoriali e privi delle caratteristiche considerate al giorno d'oggi standard per la buona conservazione. I singoli fogli del raccoglitore sono costituiti da un doppio strato di pergamino senza riserva basica nei quali sono inserite le strisce di negativi in numero, generalmente, di sei per pagina. I negativi sono numerati a penna sul pergamino corrispondente seguendo il soggetto ritratto e quindi un singolo numero può identificare uno o più negativi dello stesso soggetto o dettaglio, in base al numero di immagini identiche riprese. Tale numero corrisponde puntualmente ad una riga del tabellario cartaceo che accompagna i negativi, sul quale sono ordinatamente trascritte le informazioni pertinenti: l'opera d'arte ritratta, la sua collocazione, l'inventario e, successivamente, i singoli dettagli fotografati. Tale elenco non presenta errori o variazioni nell'ordine dei negativi e fa quindi presupporre una meticolosa attenzione nel momento dell'inventariazione oppure, più probabilmente, che tale schedario sia il risultato di una seconda stesura, più meditata, dei dati raccolti in un primo momento.

Il punto critico dell'intero archivio è indubbiamente il tenue collegamento tra il negativo e la descrizione del soggetto ripreso. I negativi non presentano note scritte sulla parte perforata mentre gli schedari redatti dal professor Skaug si riferiscono unicamente al numero progressivo indicato manualmente sul pergamino. Qualsiasi ricollocamento erroneo dei negativi stessi nel raccoglitore o errore nella numerazione dei file

genererebbe un'impossibilità a risalire alle informazioni originarie. Per tale motivo, prima ancora di procedere all'estrazione dei negativi dal pergamino per la digitalizzazione, si è provveduto a fotografare i singoli fogli sia in luce diretta che in luce trasmessa. La seconda ripresa, infatti, seppur renda meno leggibile in numero scritto a mano, permette di collegare un'immagine alla posizione originale del negativo e quindi di verificare la correttezza delle operazioni di schedatura e di conservare un'immagine dello stato originario anche qualora fossero stati commessi errori nella manipolazione dei negativi. (Figura 5)



Figura 5 La vista affiancata dello stesso foglio del raccoglitore, fotografato prima in luce riflessa e successivamente in luce trasmessa ha permesso di mantenere intatto il labile collegamento tra i negativi e le loro schede descrittive.

2.4 RIPRODUZIONE DIGITALE

La fase iniziale di digitalizzazione del fondo ha richiesto di identificare, al seguito dell'analisi a campione dei negativi, un sistema di digitalizzazione che rispondesse al livello di qualità richiesto per conservare tutte le informazioni contenute su dei negativi 35mm, sia per quanto concerne la gamma dinamica del negativo stesso⁷ che per il livello di dettaglio garantito da pellicole di sensibilità molto ridotta come nel caso delle rare pellicole 50 ISO. Dovendo gestire una discreta quantità di negativi sovra e sottoesposti e quindi con contrasti tra loro differenti, si è preferito scegliere il sistema di riproduzione dopo un'attenta visione dei materiali ed a seguito di alcuni test. Tra le caratteristiche proprie delle immagini negative e positive analogiche, la resa dei differenti toni rappresentati da un negativo merita una certa attenzione proprio in fase di digitalizzazione per impostare un sistema che riduca al minimo la perdita di informazioni. Su una pellicola, sia essa negativa o positiva, i singoli toni, derivanti dall'interazione tra l'illuminamento della scena e la terna sensibilità della

⁷ Con *gamma dinamica*, o *latitudine di posa*, si intende la capacità di una pellicola di registrare le differenti intensità luminose presenti in una scena. Tale valore varia conseguentemente al modello della pellicola e a come essa viene sviluppata, ma non supera quasi mai il rapporto di 8000:1, valore inferiore, seppur di poco, alla sensibilità dell'occhio umano. Nella visione umana tale proprietà è misurabile unicamente attraverso test da laboratorio in quanto il veloce adattamento dell'iride, e l'elaborazione dei segnali operata dal cervello, rende difficile la sua effettiva caratterizzazione. Tale proprietà è riscontrabile in tutte quelle circostanze in cui sono presenti repentini cambi di illuminazione, ad esempio all'ingresso o all'uscita da gallerie stradali.

pellicola/tempo di posa/diaframma vengono registrati e, dopo lo sviluppo, rappresentati in maniera non lineare come illustrato sommariamente nella Figura 6.

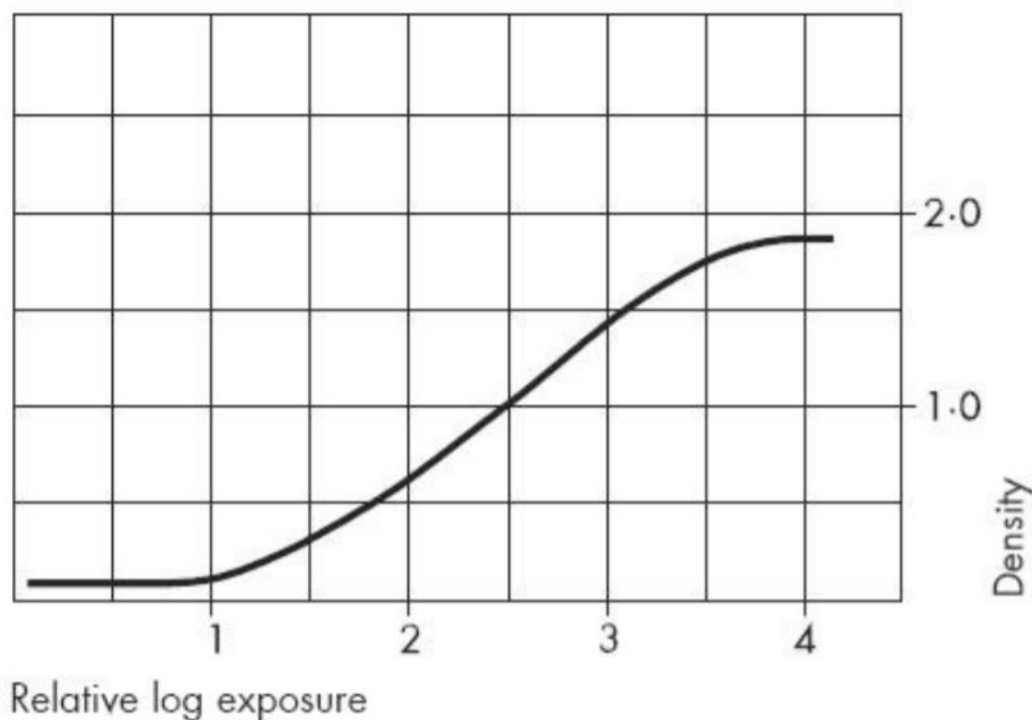


Figura 6 La rappresentazione grafica in scala logaritmica del rapporto tra intensità luminosa e densità del negativo illustra la diminuzione del contrasto nelle due aree curve del piede e della spalla

Se le aree esterne all'estensione della curva rappresentano appunto i valori di luminosità esclusi dalla gamma dinamica di una pellicola e quindi registrati unicamente come aree uniformemente nere o trasparenti, i valori interni della curva mostrano come gli estremi di questa, le aree più scure e quelle più chiare siano rappresentate da una variazione di densità del negativo non proporzionale alla reale variazione di luce nella scena fotografata. Queste due aree, note con il nome di *piede* (per le ombre della scena, trasparenti sul negativo) e *spalla* (per le luci della scena corrispondenti alle aree più dense del negativo) sono aree tendenzialmente critiche sia in fase di scatto che, conseguentemente, di stampa dove le variazioni fini di un soggetto vengono registrate con minor precisione, in particolare con una sensibile diminuzione del contrasto. È percepibile, quindi, come la stessa scena, anche se caratterizzata da un contrasto contenuto, non apparirà con identica scala di densità sul negativo qualora esposta in maniera non corretta, come evidenziato in Figura 7. Il processo di stampa infatti, entro certi limiti ed al pari dell'elaborazione digitale dei file che verrà trattata in seguito, potrà correggere l'esposizione del negativo. Al contrario, trattando immagini compresse alle estremità della curva sensitometrica, tale operazione non risulterà sufficiente dovendo agire, anche vigorosamente, sul contrasto generale della scena.

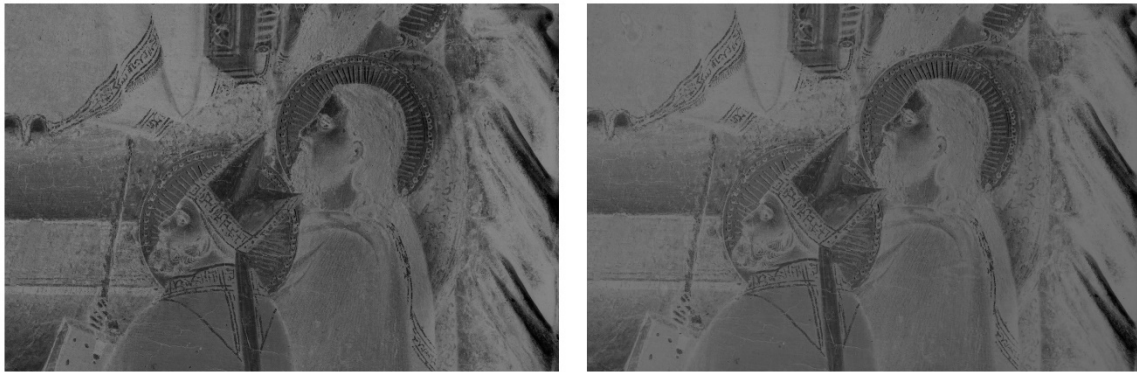


Figura 7 La stessa scena, esposta in modo da venir rappresentata in due aree differenti della curva sensitometrica mostra, nell'immagine di destra, un calo importante del contrasto generale dovuto proprio alle caratteristiche stesse delle pellicole.

Dovendo impostare un sistema di ripresa uniforme per i negativi dell'archivio la prima scelta da compiersi ha riguardato gli strumenti hardware da impiegare, scegliendo tra i sistemi a scansione o di riproduzione fotografica. Per questione di materiali disponibili e di costi è stata scelta la seconda via, che rispetta maggiormente le linee guida ministeriali italiane e buona parte di quelle internazionali,⁸ le quali reputano quasi unanimemente superiori i sensori a matrice di Bayer rispetto a quelli lineari in termini di qualità dei materiali prodotti a fini di archivio e di successiva elaborazione. Inoltre è stato valutato il tempo richiesto per la digitalizzazione, indubbiamente superiore per quanto concerne l'impiego sia di scanner piani che a tamburo. Il primo fattore in favore della riproduzione fotografica è stata la maggiore gamma dinamica di un sensore fotografico poichè i sensori degli scanner, al netto di elaborazioni software molto dispendiose in termini di tempo come la scansione multipla in *HDR*, non sono in grado di garantire tali risultati. Nel caso di negativi non perfettamente conservati, in cui sono presenti evidenti tracce di polvere e quando le condizioni di umidità nel luogo di conservazione hanno saldato i detriti alla pellicola rendendone difficoltosa la pulizia oltrechè pericolosa per l'integrità dell'emulsione, gli scanner professionali e semi-professionali permettono di operare una rimozione digitale dello sporco presente effettuando una seconda scansione. Questa, realizzata con un sensore sensibile al vicino infrarosso, permette di attraversare l'emulsione senza essere influenzata dai suoi colori ed è assorbita unicamente dai residui fisici presenti sui due lati della pellicola, permettendo quindi una mappatura puntuale delle aree interessate dalla presenza di detriti, per poi rimuoverli via software dal risultato finale (*inpainting*). (Figura 8)

⁸ *Linee guida per la digitalizzazione del patrimonio culturale. Piano nazionale di digitalizzazione del patrimonio culturale*, in «Docs Italia»; T. RIEGER, K.A. PHELPS, H. BECKERLE, T. BROWN, R. FREDERICK, S. MITRANI, *Technical Guidelines for Digitizing Cultural Heritage Materials*, FADGI, New York, 2016; F.S. FREY, J. WARDA, D. HELLER, D. KUSHEL, T. VITALE, G. WEAVER, *The AIC guide to digital photography and conservation documentation*, American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, , 2017.

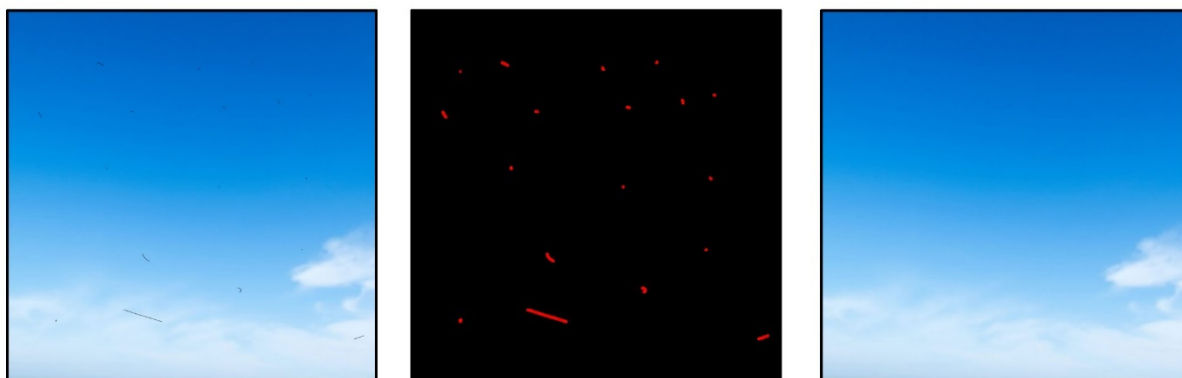


Figura 8 L'immagine di esempio qui impiegata illustra il sistema di mappatura delle tracce da rimuovere sulla base della scansione infrarossa (immagine centrale) in grado di identificare i detriti depositati sulla pellicola dal lato dell'emulsione e del supporto.

Tale sistema, noto con il termine di *Digital Image Correction and Enhancement (Digital ICE)*, replicabile anche tramite fotografie, richiederebbe l'impiego di fotocamere modificate per la ripresa anche dello spettro infrarosso⁹ e l'acquisizione successiva di due immagini, una tradizionalmente fotografica nello spettro del visibile e un'altra, appositamente filtrata nello spettro dell'infrarosso; procedura indubbiamente complessa che non viene mai attuata a causa dell'elevato numero di accorgimenti richiesti.¹⁰ Infine, tale pratica rimane limitata nel suo impiego su negativi a colori e pellicole positive¹¹ dove il processo stesso di sviluppo, diverso e più lungo rispetto ai negativi bianconero, rimuove interamente l'argento metallico dalla pellicola, sostituendolo con pigmenti colorati trasparenti appunto alle radiazioni infrarosse. Nel caso di negativi monocromatici invece, con la singola eccezione dei negativi bianconero prodotti per sviluppo cromogeno introdotti sul mercato a partire dal 1980,¹² la presenza di argento in forma metallica sul negativo impedisce il corretto funzionamento del *Digital ICE* in quanto a sua volta opaco alla radiazione infrarossa.

Il secondo punto da affrontare, una volta determinato il mezzo da impiegare per la digitalizzazione e a seguito di una veloce analisi dei negativi volta ad identificare le pellicole più risolventi utilizzate nel triennio 1969-1971, è stato quello di eseguire alcuni test per individuare la risoluzione minima necessaria a mantenere tutti i dati del negativo nella sua nuova veste digitale. Per tale motivo gli esperimenti sono stati fatti su alcuni negativi Ilford Pan F 50 *ISO* correttamente esposti e sviluppati i quali, grazie proprio alla loro bassa sensibilità, mostrano la grana più fine dell'intera raccolta. Qualora nella raccolta fossero presenti pellicole a grana tabulare (*T-Grain*) come la Kodak T-Max, tale test avrebbe dovuto essere ripetuto in quanto il diverso sistema di produzione degli alogenuri d'argento genera una grana molto più tenue, restituendo all'apparenza un negativo più nitido.

⁹ Non trattando per esteso le problematiche della ripresa della radiazione infrarossa, si indica unicamente un volume in grado di introdurre con precisione teorica e metodologica gli effetti della radiazione infrarossa e del suo impiego. G. POLDI, G.C.F. VILLA, *Dalla conservazione alla storia dell'arte: riflettografia e analisi non invasive per lo studio dei dipinti*, Strumenti 3, Edizioni della Normale, Pisa, 2006.

¹⁰ La trattazione delle tecniche multispettrali da cui questo approccio deriva esorbita dal senso di questo volume. Si rimanda pertanto alla breve bibliografia precedentemente citata, qualora in differenti situazioni tale pratica possa essere preferibile.

¹¹ Con la notevole eccezione delle diapositive Kodak *Kodachrome*, in cui lo strato del ciano impedisce la trasmissione della radiazione infrarossa.

¹² La pellicola Ilford XP-1 rappresenta la prima di una lunga serie di pellicole cromogene che hanno visto largo impiego negli anni di passaggio tra la fotografia analogica e quella digitale. L'utilizzo per lo sviluppo di queste pellicole degli stessi chimici e macchinari impiegati per lo sviluppo delle pellicole negative a colori ne ha determinato in buona misura la diffusione.

Partendo dal materiale sensibile col più elevato numero di dettagli, è stata sviluppata una metodologia di digitalizzazione che garantisca il totale rispetto di questi ultimi. La risoluzione richiesta per questo scopo è stata testata procedendo per gradi da riproduzioni a maggior risoluzione fino a identificare il livello minimo sufficiente a garantire il risultato ottimale, ottimizzando tempi di lavoro e spazio di archiviazione richiesto. La camera utilizzata per la fase sperimentale e, conseguentemente, per la digitalizzazione completa è stata una *Canon Eos R* dotata di un sensore di 24x36mm, equivalente alla dimensione dei negativi 135 analogici (*Full Frame*) per un ammontare complessivo di 30,1 milioni di pixel (6720 x 4480). L'impiego di una fotocamera priva di specchio reflex ha permesso inoltre di eliminare il rischio, presente con le consuete camere a specchio, dell'inavvertito movimento del corpo macchina durante lo scatto. L'obiettivo utilizzato dal primo momento è stato invece il *Canon Eos 100 mm 2.8 Macro L IS* che rappresenta, ad oggi, uno dei più alti standard in termini di risoluzione per i sensori di piccolo formato. Il design dell'obiettivo nasce per l'impiego su corpi macchina reflex, contraddistinti da una maggiore distanza tra la baionetta d'innesto della lente ed il sensore, per tale motivo è stato necessario frapporre tra lente e corpo macchina un anello aggiuntivo appositamente predisposto quale il *Canon Control Ring Mount Adapter EF-EOS R* in modo da ristabilire la corretta distanza tra centro ottico della lente e sensore, pur mantenendo inalterate le funzionalità di autofocus e stabilizzazione.

Il primo risultato è stato ottenuto tramite la mosaicatura di due scatti consecutivi di due aree limitrofe del negativo, le quali sono state poi fuse come verrà spiegato più estesamente nel capitolo seguente. La sovrapposizione del 30% tra le due immagini ha permesso di ottenere una riproduzione del negativo con una risoluzione di circa 50 Mpx, corrispondenti, per negativi 35mm a 240 pixel per millimetro (*PPM*), circa 6000 punti per pollice (*PPI*).

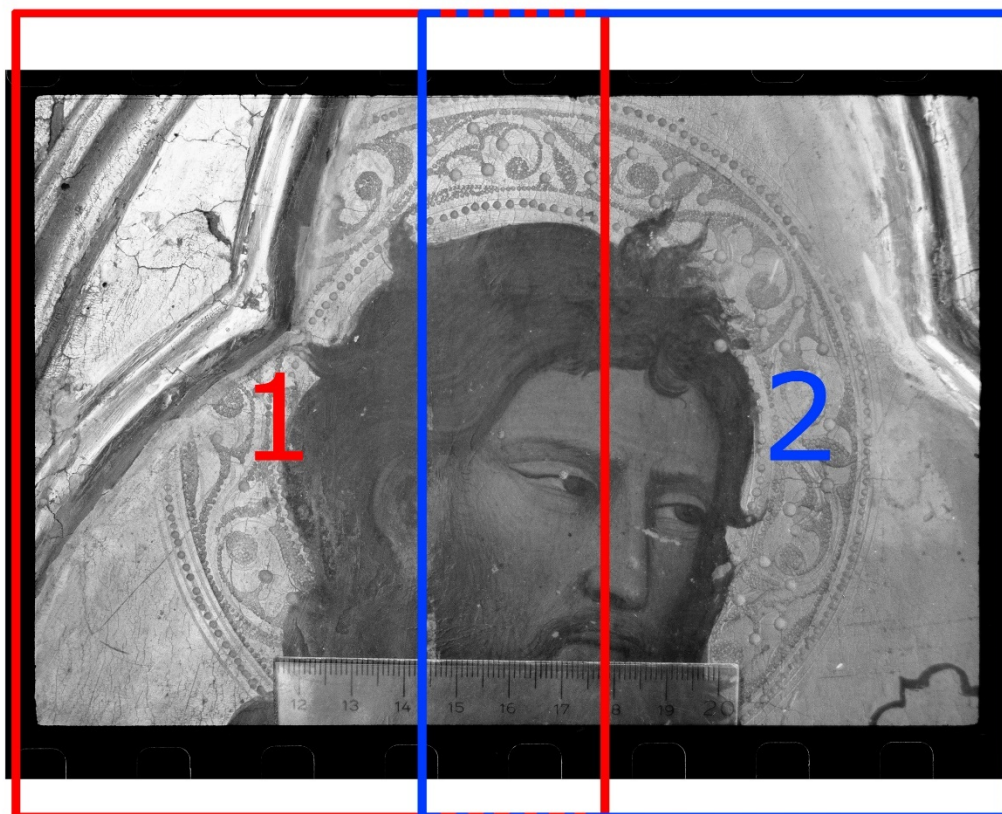


Figura 9 La sovrapposizione necessaria tra due scatti differenti permette di creare un'unica immagine con un numero di pixel maggiore di circa il 66% rispetto allo scatto originario.

La seconda immagine invece è stata ottenuta senza l'unione di due scatti consecutivi, utilizzando quindi unicamente i 30 Mpx del sensore, con una risoluzione spaziale di 180 *PPM* (4500 *PPI*). Nella Figura 10 è

possibile osservare quattro dettagli della stessa immagine; nella prima riga sono presentati due dettagli a pari ingrandimento dello stesso negativo mentre nella seconda due aree identiche dello stesso negativo a due risoluzioni differenti, a sinistra i risultati della mosaicatura, a destra l'immagine singola. È quindi possibile osservare come, a prescindere dalla risoluzione utilizzata per la ripresa, il dettaglio della grana della pellicola rimanga nitido ed evidente in entrambe le riprese ad indicare come già la risoluzione minore sia in grado di risolvere correttamente il dettaglio più fine di un negativo. Essendo infatti la grana della pellicola costituita essenzialmente da granuli d'argento evidenziati in fase di sviluppo, questa rappresenta l'unità minima di quanto raffigurato dall'immagine stessa; ogni ulteriore aumento di risoluzione avrebbe determinato unicamente l'aumento delle dimensioni del file senza alcun guadagno reale in termini di dettaglio.

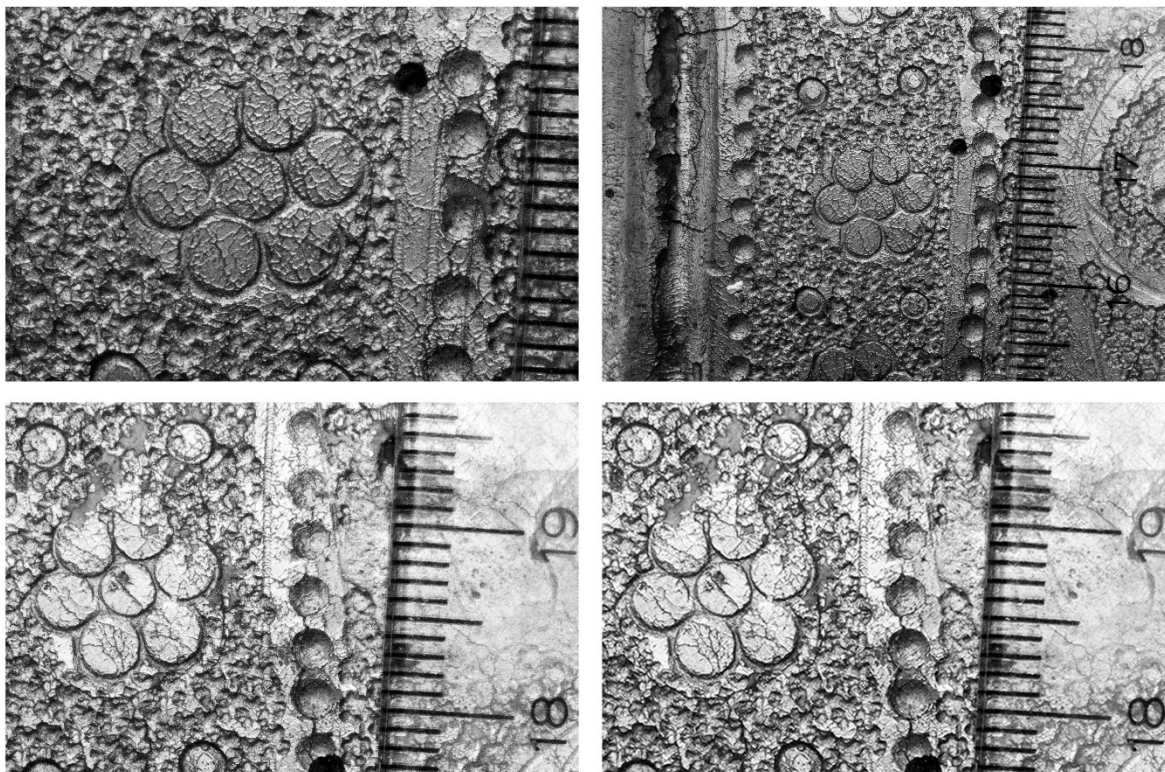


Figura 10 Il confronto a pari ingrandimento digitale (pixel immagine/pixel schermo) della prima riga evidenzia le differenze tra un file a maggiore (sinistra) e minore (destra) risoluzione. L'ingrandimento della stessa area invece rende perfettamente evidente la grana della pellicola in ambo i file, a dimostrazione del livello più che sufficiente di dettaglio ottenibile anche a risoluzioni minori.

Si ritiene comunque importante sottolineare come questa procedura di verifica sia da considerarsi pratica legata unicamente a valutazioni visuali ed esperienza, a meno di non conoscere con precisione anche gli sviluppi utilizzati nel trattamento dei negativi. L'impiego di pellicole a grana fine e di sviluppi *fine-granulanti*¹³ oppure l'impiego, raro ma non improbabile, di sviluppi molto diluiti con procedure *stand*¹⁴ può portare a

¹³ Per *sviluppi finegranulanti* si intendono particolari prodotti commerciali o creati in studio per lo sviluppo delle pellicole. Composti solitamente da una percentuale importante di metolo (monometil-p-amminofenolo) a scapito di rivelatori più intensi hanno la tendenza a ridurre il microcontrasto delle immagini e di richiedere tempi generalmente più lunghi per lo sviluppo, garantendo d'altra parte una riduzione nelle dimensioni dei grani di argento metallico con conseguente minore grana e maggior dettaglio.

¹⁴ Con il termine *stand* ci si riferisce con relativa libertà ad una vasta serie di procedure di sviluppo con rivelatori molto diluiti ed agitazioni rarefatte (se non assenti) per tempi di sviluppo che possono raggiungere le diverse ore. L'azione chimica molto lenta e circoscritta alle superfici di contatto con l'emulsione, al di là degli effetti sul contrasto generale dell'immagine, genera grani di argento metallico dalle dimensioni molto contenute, riducendo sensibilmente la visibilità della grana e producendo, di contro, una maggiore risolvibilità del negativo.

risultati anche molto diversi da quelli ottenibili con sviluppi più generici, richiedendo quindi un aumento della risoluzione impiegata nella digitalizzazione. In questo testo si tratta la digitalizzazione di un numero contenuto di immagini e quindi tale procedura può essere svolta con minor cura, disponendo di sensori dalle risoluzioni maggiori sarebbe stato possibile optare per una risoluzione di base più alta senza tenere in considerazione l'aumento complessivo dello spazio di archiviazione ma, volendo creare uno standard per la digitalizzazione completa dell'archivio e cercando quindi di uniformare i risultati, si è preferito operare con la precisione richiesta per la digitalizzazione di collezioni più corpose. Non è stato possibile, per chi scrive, visionare estesamente i materiali prodotti da E. Skaug in anni più recenti, non è perciò possibile garantire che le immagini prodotte durante gli anni '80 e '90 non richiedano risoluzioni di acquisizione maggiori per le quali si potranno impiegare fotocamere più recenti con sensori maggiormente performanti. Accertata la risoluzione necessaria per la digitalizzazione, è iniziata la fase di identificazione del corretto sistema di illuminazione e posizionamento dei negativi stessi dovendo bilanciare da un lato la velocità di utilizzo e dall'altro la sicurezza richiesta nel maneggiare pellicole in striscia senza comprometterne la conservazione.

Per quanto concerne l'illuminazione, questa è stata garantita da due lampade flash di piccole dimensioni, alimentate a batteria e di facile reperibilità, controllate dalla fotocamera attraverso un radiocomando e posizionate parallelamente al piano di riproduzione garantendo una luce più morbida. Con tale posizionamento, infatti, la luce generata all'interno di un contenitore dalle pareti chiare ed uniformi viene riflessa omogeneamente e solo una parte di essa attraversa il lato superiore dove saranno posizionati i negativi. Rispetto ai più comuni piani di riproduzione retroilluminati è da preferire la luce flash per la riproduzione di negativi di piccolo formato in quanto la riproduzione 1:1, come segnalato precedentemente al riguardo delle macrofotografie, richiede un aumento consistente del tiraggio dell'obiettivo e, di conseguenza, una riduzione significativa dell'esposizione. La luce continua, in particolare quella dei piani retroilluminati, è generalmente troppo debole per garantire tempi di scatto brevi tali da escludere l'eventualità di movimenti inavvertiti durante l'esposizione, caso che richiederebbe la verifica di ogni singola immagine durante la fase di ripresa. Sul piano superiore della camera di diffusione sono stati posti a distanza di 1 cm tra loro, due strati paralleli di fogli di poliestere, un materiale plastico dalla finitura satinata utilizzato per diffondere la luce delle lampade. Tale materiale è da preferirsi a sistemi di diffusione più economici come fogli di carta bianca o carta da forno, in quanto i primi assorbono molta luce e presentano una texture evidente mentre i secondi, spesso utilizzati senza problemi per normali riprese dove sia possibile garantire una buona distanza tra fonte di luce e diffusore, su distanze contenute mostra la sua inadeguatezza in termini di uniformità della diffusione. Con questo schema è stato possibile garantire la completa uniformità dell'illuminazione in fase di ripresa come evidenziato in Figura 11 dove è possibile comparare il risultato di due schemi di luce con insufficiente o sufficiente diffusione.

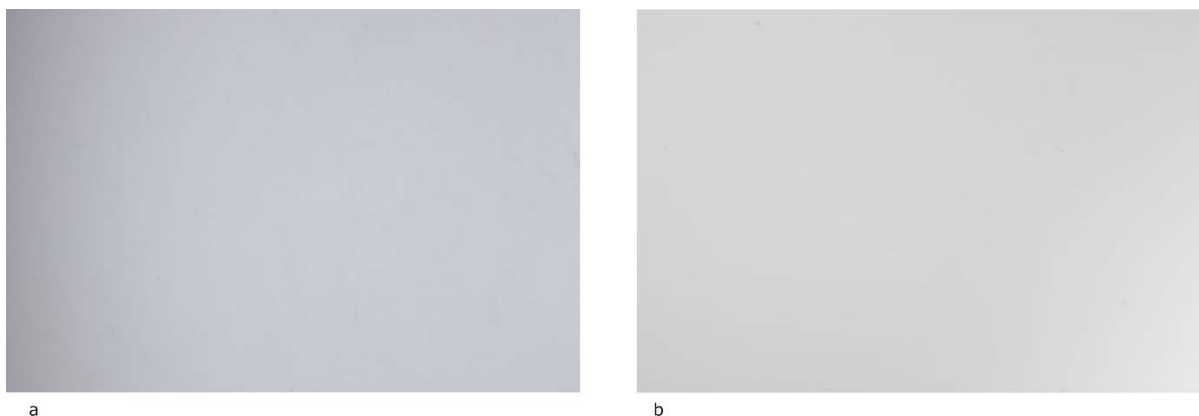


Figura 11 Una insufficiente diffusione (a) creata da un inadeguato posizionamento dei diffusori mostra una evidente caduta di luce nella parte sinistra ed una tendenza generale a scurire gli angoli. Un corretto posizionamento di due strati diffusori invece genera un piano di luce equilibrato (b).

Sono state infatti scattate due immagini del piano di illuminazione dal punto preciso dal quale sarebbero state effettuate le digitalizzazioni, le immagini sono state sottoposte in postproduzione e comparate come qui illustrato fino a trovare il corretto posizionamento delle luci ed il numero di diffusori richiesti per avere

un piano illuminato uniformemente. Tale verifica deve quindi essere effettuata prima del posizionamento dei negativi in quanto questi ultimi inficerebbero la lettura precisa della qualità generale della fonte di luce. Successivamente si è dovuto procedere alla caratterizzazione spettrale della luce in modo da eliminare dominanti di colore proprie della camera e dei filtri di diffusione. Tale accortezza, fondamentale nella gestione dei negativi a colori, risulta secondaria ai fini della digitalizzazione di pellicole monocromatiche, per quanto la produzione di un file master correttamente tarato sia di capitale importanza in ambito conservativo, permettendo in futuro di identificare eventuali degradi del negativo stesso, spesso indicati proprio da una variazione nella colorazione del supporto filmico. La taratura della luce che colpisce un soggetto, al di là dei sistemi laboratoriali più complessi, si basa unicamente sulla ripresa di una guida di riferimento colorata della quale siano noti i valori di ogni singola patch, motivo per il quale gli strumenti devono essere sostituiti ogni paio d'anni in modo da garantire che la luce ed il tempo non ne alterino minimamente il colore. Per la caratterizzazione della luce trasmessa le possibilità a disposizione sono diverse; da una parte l'impiego di appositi riferimenti creati per la trasparenza come i target *Kodak IT8* oppure l'impiego dei più comuni riferimenti per riflessione, come il *ColorChecker Passport* o il *Kodak 24*. La prima strada, seppur appositamente ideata per situazioni in cui sia necessario calibrare la luce trasmessa, presenta il duplice problema di una elevata difficoltà di reperimento dei target ed un costo molto elevato dei materiali. Soluzione alternativa ma a tutti gli effetti equivalente, e perciò qui utilizzata, è quella di impiegare il supporto così creato come fonte di illuminazione del target. In tal maniera quindi, a patto di garantire l'assenza di luci parassite e/o ambientali, è possibile caratterizzare la radiazione che attraverserà le pellicole e, conseguentemente, correggerla. Tale procedura, normale in qualsiasi sistema di riproduzione del colore, serve a identificare anche le tenui dominanti cromatiche generate da qualsiasi materia che rifletta o trasmetta la luce, anche quando possa sembrare neutra ad occhio nudo. In particolare, sono proprio i fogli utilizzati per la diffusione che, in base al loro produttore e alla longevità di utilizzo, possono portare a lievi dominanti verso i toni caldi della luce, solitamente quantificabili in 200-300 gradi Kelvin. Come dimostra la coppia di immagini presentate in Figura 12, la luce diretta dei flash (a sinistra) risulta lievemente più fredda della luce filtrata attraverso due strati diffusori ed un plexiglass. Infine, l'ultima accortezza ha riguardato l'impiego di una coppia di flash invece di un unico punto luce per minimizzare le rare, seppur possibili, fluttuazioni d'intensità luminosa della scarica.

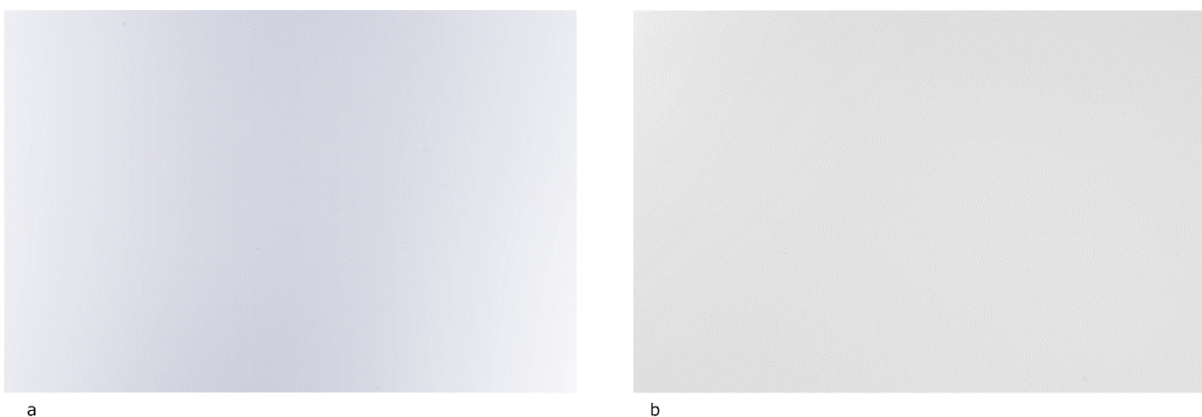


Figura 12 Al netto di un evidente aumento di luce nelle estremità orizzontali dell'immagine sinistra dovuto alla mancanza degli elementi diffusori, l'immagine di destra mostra una tinta lievemente più calda dovuta alla presenza dei diffusori stessi

I flash infatti, fatta eccezione per i modelli da studio, molto più grandi ed inadatti a queste applicazioni, hanno la tendenza a presentare lievi difformità tra le potenze dei singoli impulsi, più evidenti quando impiegati alla massima potenza, meno percettibili qualora utilizzati a intensità intermedie. Per tale motivo, quindi, impiegare due fonti di luce anziché una ha consentito di lavorare a potenze inferiori, contenendo le possibili fluttuazioni di intensità tra una scarica e l'altra. In questa maniera è stato quindi possibile procedere ad una

digitalizzazione continua, che non richiedesse verifiche e controlli *in itinere*, producendo materiali privi di variazioni nella qualità generale dell'illuminazione.¹⁵

Al di sopra del sistema ideato per produrre una luce uniforme, per posizionare i negativi e garantirne la planarità, requisito fondamentale per la nitidezza della riproduzione, è stata posta una mascherina per negativi da ingranditore, appositamente costruita per mantenerli in posizione senza incorrere nel rischio di graffiare l'emulsione. L'unica accortezza è stata quella di ingrandire lievemente l'apertura della maschera stessa in quanto, al fine di ridurre le luci parassite in stampa, gli ingranditori sono costruiti con una maschera lievemente più piccola dell'area esposta sulla pellicola. Altra strada percorribile e testata è stata quella di utilizzare, invece delle maschere per 35 mm, quelle per i negativi medio formato (da 6x6 cm a 6x9 cm) le quali sono formate da due vetri antiriflesso tra loro incernierati. Questa soluzione, fondamentale per garantire la corretta stampa di pellicole di diversi centimetri quadrati, dove la semplice pressione dei bordi non è sufficiente a contrastare la curvatura della pellicola, genera però un problema di difficile gestione in caso di archivi numericamente cospicui. (Figura 13)

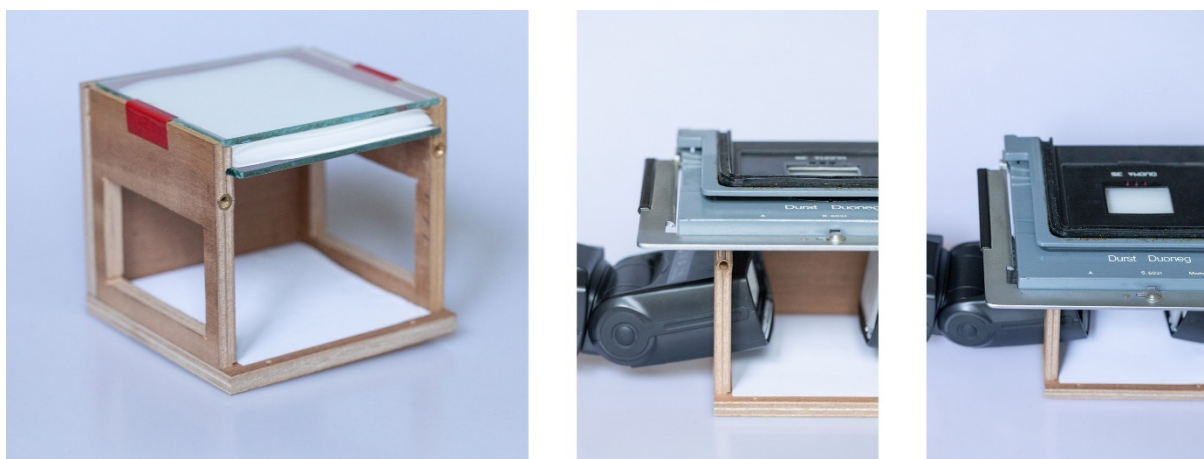


Figura 13 La vista di sinistra mostra i ripiani adibiti ad ospitare le gelatine per la diffusione ed i fori laterali per ospitare le lampade. Le due viste frontali illustrano la posizione delle lampade e del supporto per i negativi.

Quando due superfici trasparenti e non perfettamente parallele si toccano, la luce che le attraversa genera per rifrazione un effetto di interferenza noto con il nome di *anelli di Newton*, contraddistinto da cerchi concentrici di differente luminosità e colore. La pellicola, non essendo perfettamente planare, quando viene compressa tra i due vetri genera questo tipo di interferenza che tende ad essere più evidente tra la sua parte superiore, senza emulsione, più lucida e con curvatura concava, ed il vetro soprastante, mentre appare più raramente sul lato dell'emulsione, per quanto, in particolare nel caso di negativi molto sottoesposti, possa verificarsi anche al contatto col vetro inferiore, generando quindi una moltitudine di anelli d'interferenza (Figura 14). Nei normali processi di stampa in camera oscura questo problema è controllato attraverso l'utilizzo di un piccolo cuneo mobile il quale, se posizionato correttamente, impedisce la formazione degli anelli di Newton ma richiede correzioni manuali per ogni singolo negativo e non garantisce, salvo ispezione accurata di ogni immagine, la completa efficacia. A causa di questo possibile inconveniente si è preferito utilizzare il primo sistema citato, nonostante il maggior impiego di tempo per garantire il corretto posizionamento dei negativi prima di ogni scatto. Definiti quindi i supporti per l'illuminazione e per la

¹⁵ Per quanto riguarda l'esperienza di chi scrive, l'aumento ulteriore del numero di fonti di luce non genera risultati migliori ad eccezione del caso limite che veda tutte le lampade impiegate a piena potenza. L'eventuale fluttuazione nell'emissione luminosa non supera generalmente $\frac{1}{2}$ stop di intensità quando queste siano impiegate ad una potenza inferiore di uno stop rispetto alla massima esprimibile. L'impiego di due lampade quindi ne riduce l'effetto generale ad $\frac{1}{4}$ di stop, ovvero una quantità difficilmente percepibile dall'occhio umano. Tale ragionamento vale solo in situazioni in cui la luce sia sufficientemente diffusa, tale da essere uniforme anche se proiettata esclusivamente da una lampada.

movimentazione delle pellicole, definita la risoluzione richiesta per procedere senza inconvenienti alla digitalizzazione, l'ultimo passo compiuto è stato quello di trovare la corretta combinazione di lente e posizionamento della macchina fotografica per riprodurre nitidamente tutte le immagini dell'archivio.

Dovendo riprodurre i negativi su un sensore di dimensioni pari al soggetto, si presenteranno le stesse difficoltà elencate nella fase di ripresa da parte dell'autore originale dell'archivio; tutto il novero di problematiche della riproduzione macrofotografica, in particolare la ridotta profondità di campo e la scarsa luminosità trasmessa dalla lente. Dotandosi di un set di ripresa immutabile e su lenti dal disegno progettuale più moderno e di una qualità nettamente superiore a quelle disponibili negli anni '70, in particolare per quanto concerne le camere piccolo formato,¹⁶ tutte le riprese sono state effettuate con un obiettivo 100 mm, espressamente pensato per le riproduzioni macrofotografiche. È prassi comune quella di preferire obiettivi dalla lunghezza focale almeno doppia rispetto alla dimensione diagonale del sensore (43 mm) nel riprodurre oggetti di piccole dimensioni, in quanto le ridotte distanze tra lente e soggetto generano di per sé lievi distorsioni prospettiche, al contrario molto contenute lavorando a lunghezze focali maggiori. Le lenti appositamente progettate per la macrofotografia inoltre, come il Canon 100 mm 2.8 L IS macro, hanno la capacità di mantenere un'ottima nitidezza anche a minime distanze di messa a fuoco, laddove lenti non predisposte mostrano invece un sensibile calo della qualità generale. Infine, lavorare senza aggiuntivi ottici o tubi di prolunga ha permesso di mantenere la massima nitidezza di ripresa garantita dalla lente.

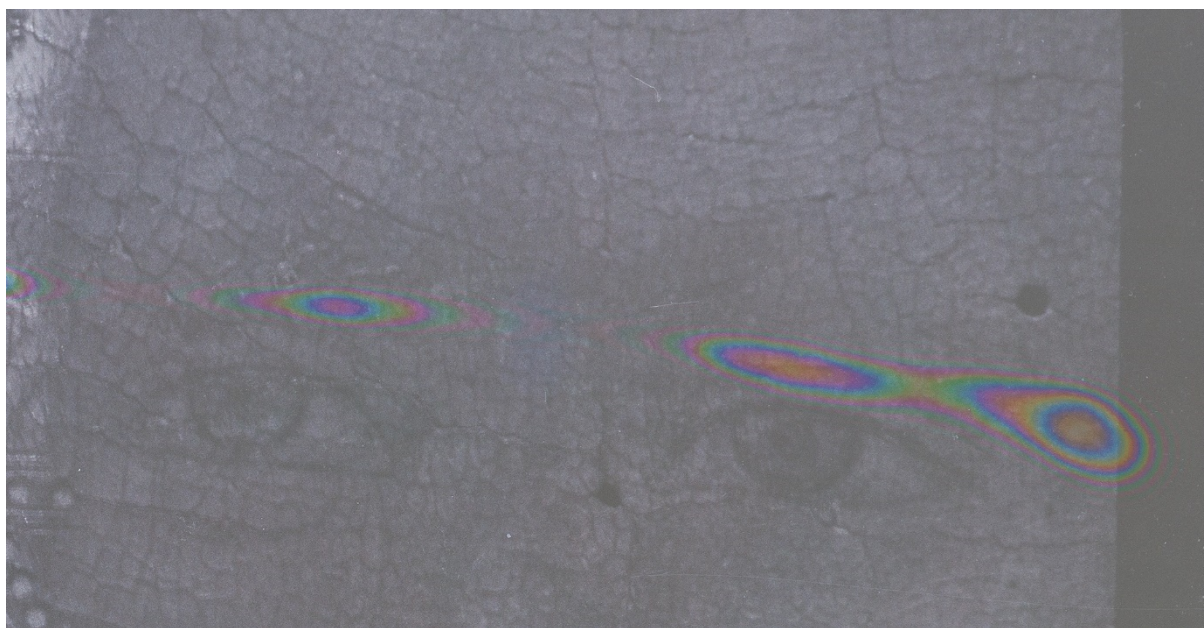


Figura 14 Un ingrandimento dell'immagine negativa mostra l'iridescenza a forma circolare prodotta dal contatto tra la pellicola ed i vetri del sistema di posizionamento.

Come detto precedentemente, riprendere soggetti a distanze molto contenute (indicativamente 30 cm dal piano del sensore) comporta un calo consistente dell'area nitida di ripresa, ovvero della profondità di campo a fuoco. Tale valore rappresenta la distanza tra il punto più vicino e più lontano dal piano di messa a fuoco in cui l'immagine generata verrà percepita come nitida. Espresso in centimetri, questo è il risultato dell'interazione tra la distanza del soggetto, la lunghezza focale impiegata, la dimensione del sensore ed il diaframma scelto. In un qualsiasi sistema ottico formato da lenti, solamente un piano ideale potrà essere messo a fuoco sul sensore, mentre tutti i piani più vicini e più lontani saranno rappresentati da una proiezione fuori fuoco, ovvero il cono di proiezione della luce vedrà il suo vertice giacere su piani diversi da quello del sensore come rappresentato in Figura 15a e sarà riprodotto, invece che da un punto, da un circolo. La

¹⁶ Discorso a parte vale per le lenti da ingranditore e per alcuni obiettivi per medio e grande formato la cui qualità, già negli anni '70, ed in particolare nella metà degli anni '80, raggiunse livelli molto elevati, tali da renderle utilizzabili ancora oggi.

dimensione del sensore, e il conseguente ingrandimento che verrà fatto dell'immagine registrata, determinerà la dimensione limite che potrà assumere questo circolo senza che la percezione umana lo interpreti come diverso da un punto (circolo di confusione, pari a circa 0,027 mm per i supporti 35mm). Inoltre, come è possibile vedere in Figura 15b, la dimensione dell'iride della lente, ovvero del diaframma utilizzato, determina la dimensione di base del cono di proiezione e, conseguentemente, anche la sua estensione verso l'apice. Diaframmi molto chiusi genereranno coni di proiezione molto stretti, simili a punti anche qualora il loro fuoco giaccia a distanze diverse dal piano del sensore, aumentando quindi la profondità di campo apparentemente nitido.

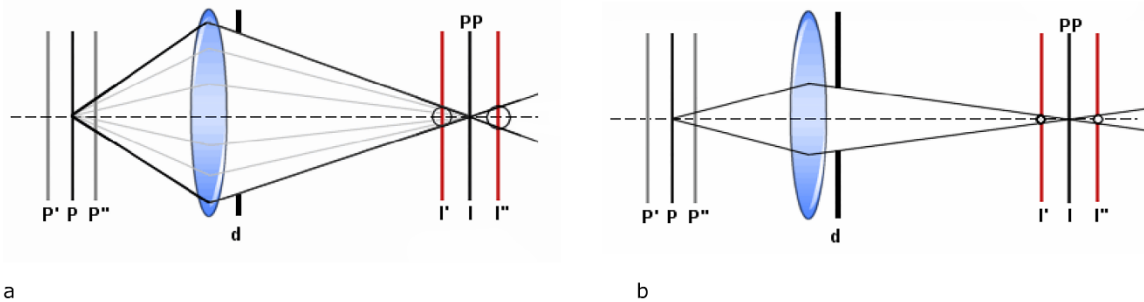


Figura 15 Nel caso di iridi molto grandi, corrispondenti a diaframmi molto aperti (a) i fuochi dei piani P' e P'' verranno proiettati in un punto diverso rispetto al piano della pellicola PP . Il circolo di confusione proiettato invece su PP genererà, invece di un singolo punto una forma circolare di dimensioni così elevate da essere distinguibili ad occhio nudo. Nel caso di diaframmi più chiusi (b) anche la dimensione dei circoli di confusione si ridurrà sino a non essere distinguibile da un punto proiettato correttamente.

Nel caso in questione, calcolando la profondità di campo nitido per un sensore *Full Frame*, una lente da 100 mm, un diaframma alla massima apertura concessa, ovvero $f/2.8$, e una distanza tra sensore e soggetto di 30 cm, la profondità di campo raggiunge approssimativamente il millimetro di estensione. Nella stessa situazione, utilizzando diaframmi più chiusi si avranno 3 mm di profondità a $f/8$ e circa 15 mm chiudendo al massimo valore permesso dalla lente, ovvero $f/45$. Risulta quindi evidente come lavorare a distanze ridotte richieda una grande attenzione nel posizionamento della fotocamera e della pellicola per evitare aree fuori fuoco, in quanto anche un'impercettibile inclinazione della fotocamera produrrà immagini sfocate sul sensore (Figura 16).

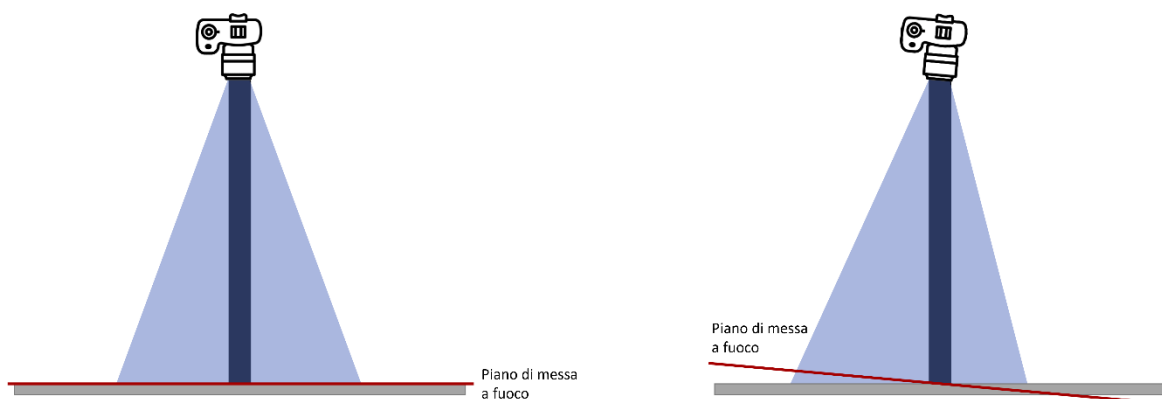


Figura 16 Nel caso di un corretto allineamento tra la fotocamera ed il piano di lavoro il piano di messa a fuoco, anche se molto limitato, segue il piano d'appoggio dei negativi. Nel caso di un disallineamento dall'asse invece il piano di messa a fuoco, parallelo al piano del sensore, non riuscirà a coprire l'intera area del negativo.

Inoltre, caratteristica di qualsiasi obiettivo è la resa non lineare del potere di risoluzione degli obiettivi al modificarsi dei diaframmi; se tendenzialmente alla massima apertura un obiettivo non garantisce le migliori prestazioni a causa dei problemi legati alla forma concava e convessa delle lenti (e perciò in obiettivi per scopi specialistici e di piccole dimensioni come nel caso delle lenti per microscopi tale problema è contenuto a

livelli irridenti), l'eccessiva chiusura del diaframma genera un calo qualitativo legato alla forma fisica delle lamelle che lo compongono. La luce, infatti, attraversando il foro del diaframma, supera una barriera dallo spessore molto contenuto, nell'ordine del decimo di millimetro. Tale misura, quando il diaframma è chiuso a valori intermedi, rimane di uno spessore relativo molto contenuto rispetto alla dimensione del fascio luminoso che lo attraversa mentre, chiudendosi verso gli ultimi valori della sua corsa, tale rapporto diventa molto più importante, generando una complessiva deviazione della luce definita come diffrazione.¹⁷ Per tale motivo quindi, al di là della qualità costruttiva anche molto elevata degli obiettivi, i diaframmi più chiusi presentano sempre una riduzione più o meno marcata della nitidezza, consigliando allora, in particolare per lavori di riproduzione, l'utilizzo di diaframmi intermedi, anche sacrificando la profondità di campo. Per un obiettivo come il Canon 100 mm 2.8 L IS macro la massima nitidezza raggiungibile si ottiene con diaframmi variabili tra f/5.6 e f/7.1, iniziando a mostrare un calo nella resa, seppur pressoché inavvertibile, a valori superiori ad f/8.

Per cercare di ottenere quindi la massima qualità nella digitalizzazione si è dovuto operare con profondità di campo molto contenute e per tale motivo è risultato di primaria importanza valutare correttamente il posizionamento della fotocamera. Per mettere a punto con precisione l'assetto si è scelto di operare per via sperimentale verificando l'allineamento iniziale tramite una livella a bolla. Successivamente è stato utile posizionare nella mascherina per negativi un foglio di carta millimetrata per poi fotografarlo alla massima apertura disponibile, collegando la fotocamera al pc per osservare ad elevato ingrandimento i file senza toccare l'apparecchiatura. In questa maniera, sistemando il fuoco sulla porzione centrale della carta millimetrata e verificando che permanga anche ai quattro lati dell'immagine, è stato possibile identificare la posizione di perfetto allineamento tra sensore e superficie ripresa come mostrato in Figura 17.

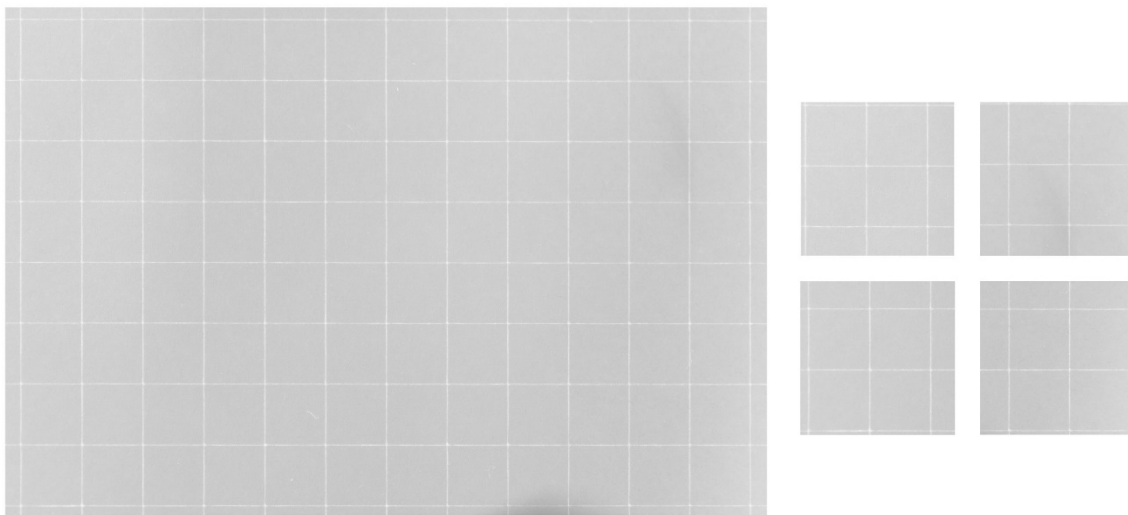


Figura 17 La ripresa generale di un foglio quadrettato assieme ai dettagli dei quattro angoli permette di verificare il perfetto allineamento del supporto per negativi e, contemporaneamente la precisione del fuoco agli estremi dell'inquadratura.

Ultima accortezza prima di iniziare la digitalizzazione è stata quella di disattivare il sistema di stabilizzazione dell'immagine dell'obiettivo in quanto il gruppo di lenti flottanti preposto a tale compito, se mantenuto in una posizione assolutamente statica, potrebbe creare l'effetto opposto e quindi produrre immagini lievemente mosse. Almeno per l'esperienza di chi scrive, ad oggi, le garanzie dei costruttori sullo spegnimento automatico di tale sistema per le riproduzioni a stativo, non sono da considerarsi efficienti nella riproduzione dei negativi, probabilmente a causa degli impercettibili movimenti dei tavoli da lavoro durante le operazioni di movimentazione.

¹⁷ M. LANGFORD, *Fotografia professionale*, Zanichelli, Bologna, 1991, p. 20.

Operando con guanti di cotone per la movimentazione dei negativi e pulendo le strisce da 6 immagini con un panno antistatico prima di porle nella mascherina, è stato possibile procedere con la digitalizzazione seguendo le linee guida precedentemente descritte, l'unica ulteriore attenzione avuta è stata quella di verificare, ogni circa cento immagini, che la qualità rimanesse costante, nel caso di un involontario spostamento del piano di messa a fuoco, eventualità presentatasi unicamente tra una giornata di lavoro e quella successiva, mai nell'arco della stessa.

Per quanto riguarda le lampade flash invece, la loro autonomia si è aggirata attorno alle 400 riproduzioni per ogni set di batterie ma, onde evitare surriscaldamenti eccessivi della lampada dovuti al funzionamento dei condensatori presenti al loro interno, si è preferito interrompere per qualche minuto la digitalizzazione ogni paio d'ore. In tal maniera non vi è stata nessuna sollecitazione delle calotte che avrebbe causato un pericoloso surriscaldamento del flash, in particolare ai danni delle batterie AA preposte all'alimentazione. Tale aumento di temperatura avrebbe comportato inoltre una riduzione nell'autonomia delle stesse, riduzione legata in parte al numero di cicli di ricarica effettuati durante la vita utile degli accumulatori, rendendone necessaria la sostituzione in momenti differenti per ogni illuminante. Mantenendo invece sotto controllo il riscaldamento delle lampade, si è proceduto con la sostituzione simultanea dell'alimentazione di entrambe, riducendo quindi il tempo richiesto al riassetto del sistema di riproduzione.

Le riprese, come accennato precedentemente, sono state gestite tramite computer, collegando quest'ultimo alla macchina fotografica. In questo modo i file sono stati immediatamente trasferiti sul disco interno e, alla fine di ogni sessione, sul disco esterno di backup.

2.5 CARATTERISTICHE DELLA RIPRESA E POSTPRODUZIONE

Le emulsioni argentiche positive e negative sono caratterizzate da una curva specifica per rappresentare il rapporto tra densità del negativo (il grado di annerimento) e la luminosità della scena ripresa. La forma caratteristica di questa curva è determinata dalla conformazione chimica e fisica degli alogenuri d'argento utilizzati, dallo sviluppo impiegato e dalle condizioni di tempo e temperatura dello sviluppo stesso. Al di là delle variazioni comunque sensibili nella forma della curva stessa, come si può vedere nel confronto di tre diverse pellicole Ilford in Figura 18, rimane fondamentale la presenza di due aree, dette *piède*, in basso a sinistra e *spalla*, in alto a destra, dove il rapporto tra intensità luminosa (asse x) e densità del negativo (asse y) diviene meno marcato. Sono i toni molto chiari e molto scuri di un'immagine, dove il contrasto viene molto compresso. Durante la digitalizzazione di un archivio di negativi, volendo ottenere la migliore leggibilità possibile degli stessi, a priori dalla loro qualità originale, questa particolare caratteristica pone dei problemi concreti che richiedono di identificare una soluzione efficace per ogni casistica.

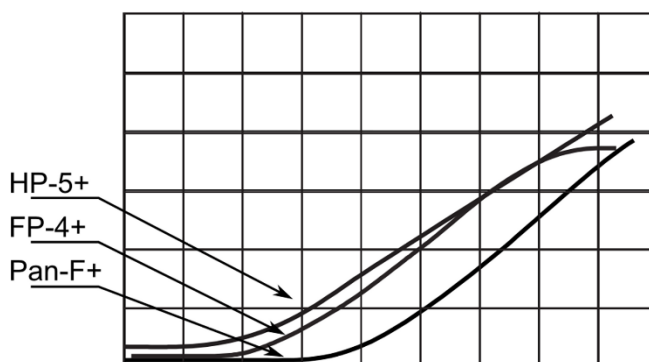


Figura 18 Tre differenti curve sensitometriche evidenziano la differente resa dei toni col variare del supporto impiegato. Anche per tale motivo non è stato possibile ipotizzare una postproduzione standard per tutti i documenti in nostro possesso.

Nella stampa su carta sensibile, i negativi particolarmente sovra o sottoesposti vengono stampati su carte dalla gradazione maggiore dove l'aumentato contrasto della carta può, almeno in parte, sopperire alla

carezza di contrasto del negativo. Queste immagini, a noi giunte in negativo, sono state utilizzate per lo studio della decorazione punzonata nella forma di stampe, non di immagini digitali, si è cercato quindi di ristabilire, almeno in parte, quel bilanciamento originale che avrebbe un gruppo di immagini stampate, sopperendo quindi alle variazioni dei negativi.

Le due strade percorribili nella digitalizzazione di negativi che richiedono un'elaborazione individuale differiscono sin dalla fase di acquisizione e quindi devono essere valutate già nella fase iniziale della campagna fotografica. La prima opzione può essere quella di riprendere le immagini modificando l'esposizione della ripresa digitale, trasformando un negativo molto denso (molto scuro e quindi corrispondente ad una sovraesposizione in fase di ripresa) in un file digitale dai toni del grigio medio e, viceversa, ridurre l'esposizione dei negativi molto trasparenti (poco densi, quasi completamente trasparenti e corrispondenti a un'immagine molto sottoesposta) per ottenere anche in questo caso un'immagine digitale con un'esposizione media. Questo sistema, sicuramente efficace nel conservare la totalità dei toni del negativo, non è però adatto ad ovviare il problema delle scene eccessivamente sottoesposte, caratterizzate solitamente da un contrasto talmente ridotto da impedirne l'utilizzo.

La seconda strada percorribile è invece maggiormente legata alle pratiche archivistiche e, seppur a fronte di una fase di postproduzione più lunga, permette di conservare anche nei file digitali la traccia dello stato originale dei negativi. In questo caso, infatti, l'esposizione utilizzata per la riproduzione di tutti i negativi sarà sempre quella impostata all'inizio della ripresa e permetterà quindi, nei file originali, di preservare le informazioni dell'esposizione delle immagini analogiche.

Un sensore digitale, a differenza della pellicola, registra i toni in maniera lineare a prescindere dalla loro esposizione, con una profondità di toni molto superiore all'occhio umano e l'immagine risultante apparirebbe, se osservata al netto della post-produzione, pressoché priva di contrasto. Per tale motivo già la conversione di un file grezzo (*RAW*) nella prima immagine visibile a monitor garantisce un aumento del contrasto (*gamma*) che porta l'immagine ad apparire simile alla percezione umana. Se la rappresentazione dei toni è lineare e proporzionale, non è altresì corretto affermare che ogni sfumatura venga definita con la stessa ricchezza di dettaglio. I sensori fotografici attualmente disponibili sul mercato sono quasi unicamente costruiti con tecnologia *CMOS* la quale prevede una gestione separata del segnale elettrico per ogni fotodiodo¹⁸ (composti di silicio per quanto riguarda le normali fotocamere) e permette di visualizzare l'immagine in tempo reale (*live view*) mentre il sensore sta riprendendo, pre-visualizzando anche l'intensità di ogni singolo pixel prima della registrazione vera e propria (istogramma), motivo per cui tale tecnologia ha velocemente soppiantato l'architettura *CCD*.¹⁹

Trasformando in segnale elettrico la luce raccolta da ogni fotodiodo, i sensori registrano con una ricchezza di sfumature di gran lunga superiore le aree soggette ad un'illuminazione più intensa mentre peggiorano nella resa delle aree scure, motivo per cui è preferibile, ove possibile, riprendere i soggetti sovraesponendo il più possibile senza tagliare informazioni per poi sottoesporre in postproduzione in un secondo momento, processo di gran lunga più accurato del suo opposto. Registrare file grezzi molto sottoesposti per poi riportarli a valori corretti in postproduzione genera, oltre ad un marcato rumore di croma,²⁰ un pesante degrado delle sfumature presenti nella scena. Tale ragionamento ha valore unicamente all'interno di un determinato range di illuminazione che uno specifico sensore è in grado di registrare. Al di fuori di questa gamma, per le aree sopra e sottoesposte, si ha la completa perdita di dati e queste verranno rappresentate come uniformemente nere o bianche. Per tale eventualità, non più risolvibile in postproduzione, viene utilizzato il termine *clipping*,

¹⁸ F.S. FREY, J. WARDA, D. HELLER, D. KUSHEL, T. VITALE, G. WEAVER, *The AIC guide to digital photography and conservation documentation*, p. 22.

¹⁹ I sensori *CCD* sono ormai quasi unicamente relegati all'impiego in strumentazioni specialistiche, in particolare in quei sensori preposti alla registrazione di lunghezze d'onda diverse da quelle dello spettro visibile.

²⁰ M. EVENING, *Adobe Photoshop 2020 for photographers*, Routledge, Taylor & Francis Group, New York, 2020, p. 254.

ovvero un taglio netto delle sfumature riprese, una soglia oltre la quale la sensibilità del sensore non è più in grado di registrare informazioni. (Figura 19)

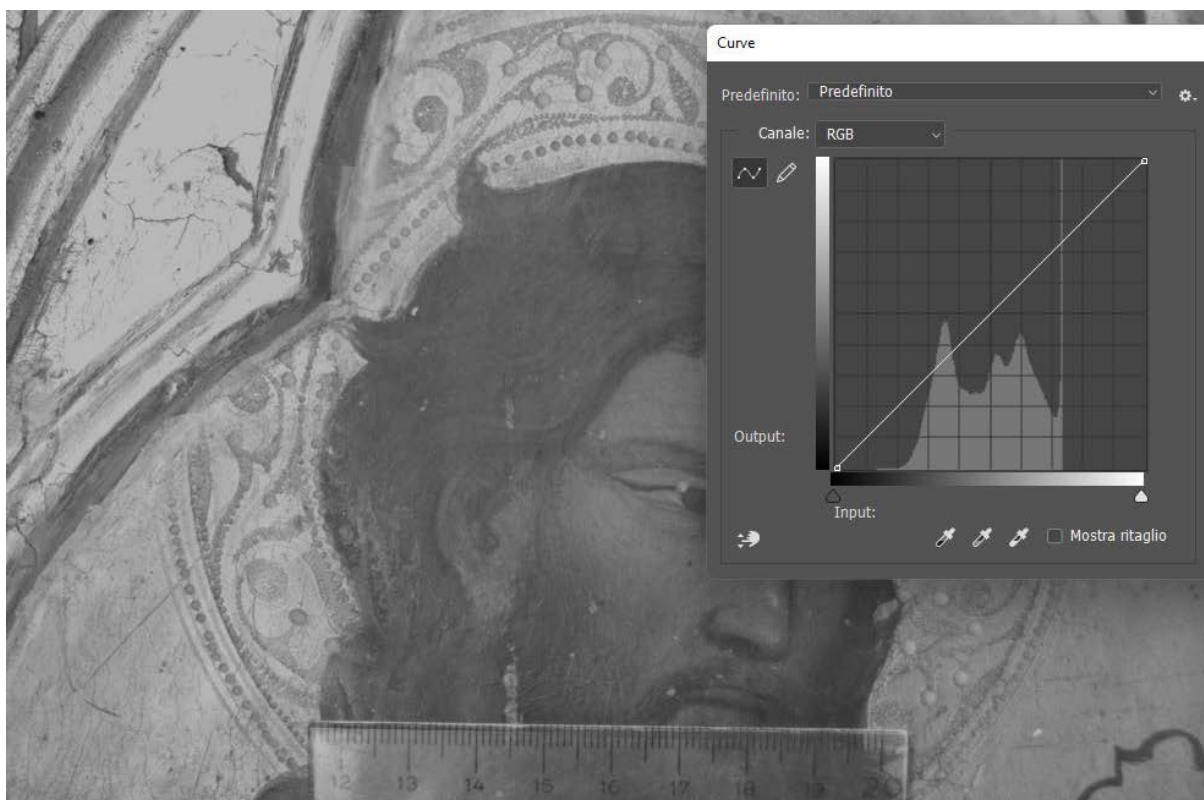


Figura 19 La curva qui evidenziata mostra il risultato di una sottoesposizione di un file eccessivamente sovraesposto. La grande banda nella parte destra dell'istogramma rappresenta tutti i toni troppo chiari per essere definiti correttamente e quindi appiattiti su un unico valore. Anche la sottoesposizione effettuata in postproduzione, indicata proprio dalla posizione della fascia verso il centro dell'istogramma non permette di recuperare le informazioni perse. L'area in alto a sinistra dell'immagine, interessata da un riflesso della foglia d'oro verrà quindi rappresentata da un grigio uniforme e privo di sfumature.

Per restituire questo archivio con l'idea di produrre, in aggiunta ai materiali che verranno utilizzati nel database, una documentazione dello stato conservativo attuale che possa tornare utile anche per future applicazioni, si è scelto di procedere alla digitalizzazione seguendo il secondo dei metodi descritti, cercando quindi di mantenere, almeno in origine, una descrizione generale dello stato di fatto, destinando alla fase di postproduzione l'interpretazione delle immagini stesse, com'è tipico in un normale processo di stampa.

Un negativo fotografico è composto da due strati sovrapposti, quello del supporto e quello dell'emulsione vera e propria. Se quest'ultima risulta pressoché trasparente nelle aree soggette a forte sottoesposizione, non vale lo stesso per il supporto plastico il quale ha un suo proprio colore ed opacità che prendono il nome di *velo*. Questo, ad eccezione di alcune pellicole per riproduzioni ad alto contrasto o di materiali recenti pensati per la digitalizzazione, tende verso colori bluastri nelle pellicole monocromatiche e varia nella sua opacità a seconda della marca, dello sviluppo impiegato e dello stato conservativo.

Trattando pellicole negative di varie foggie non è stato possibile determinare a priori il velo più tenue sul quale regolare l'esposizione complessiva del lavoro e si è deciso quindi di operare una scelta maggiormente conservativa in termini di esposizione. Individuata quella che sembrava essere la pellicola più trasparente, la fotocamera è stata tarata per ottenere immagini più scure di 2/3 di stop rispetto a quanto permesso dal sensore prima del *clipping*, in modo tale da garantire, anche in presenza di variabili non calcolate, la registrazione di tutte le informazioni a prescindere dalla pellicola interessata.

Procedendo come descritto precedentemente, lo sfondo apparirà come il punto di bianco della scena, ovvero quello più luminoso ed esente dal *clipping*, mentre il negativo verrà ripreso con una serie di toni via via più

scuri. I file master conserveranno la traccia dei differenti livelli di esposizione delle immagini negative mentre sarà la postproduzione digitale a riequilibrare l'aspetto generale degli stessi.

Inoltre, i negativi originariamente sottoesposti, presenti in numero molto maggiore rispetto a quelli sovraesposti (e tendenzialmente più critici in quanto la grana è molto più evidente), sono risultati in file molto luminosi e perciò molto più ricchi di informazioni e di sfumature, fattore che ha permesso di aumentare notevolmente il contrasto nella fase di postproduzione e recuperare dettagli altrimenti non percepibili né visionando i negativi ad occhio nudo né riproducendoli attraverso sistemi di stampa chimica. Questo recupero di informazioni, possibile in digitale e limitato se non irrealizzabile in camera oscura, ha quindi garantito la fruizione di materiali originariamente scartati in quanto pressoché impossibili da utilizzare.

2.5.1 Collegamento analogico-digitale

Trattata la questione tecnica della riproduzione fotografica, un breve paragrafo è richiesto per illustrare la gestione dei file durante la fase di ripresa e la successiva normalizzazione con i nomi già esistenti in archivio. Come si può notare in Figura 5a la numerazione originale dei materiali segue la tipologia di soggetti ritratti e vari negativi, identici nell'inquadratura ma differenti nell'esposizione, sono identificati dal medesimo inventario. Non è stato quindi possibile procedere a rinominare automaticamente i file secondo una progressione lineare, senza perdere informazioni preziose nella successiva fase della gestione e selezione dell'archivio. Per ridurre i tempi di digitalizzazione si è preferito posticipare al lavoro in studio la gestione di dati complessi, optando per una digitalizzazione consecutiva dei tre raccoglitori consentendo di ricostruire successivamente la forma dell'archivio. I materiali sono stati fotografati nell'ordine originale e, per evidenziare la fine di ogni serie, alle riprese delle singole strisce (sia quando composte da sei fotogrammi o da un numero inferiore) seguiva uno scatto alla mascherina priva di negativi, mentre alla fine della digitalizzazione di un singolo foglio tre scatti consecutivi, come visibile in Figura 20.



Figura 20 L'interruzione con scatti bianchi -neri quando invertiti- ha permesso di ricostruire con ordine la struttura dei raccoglitori e di dividere ogni foglio, corrispondente ad un massimo di 36 immagini, in una cartella differente.

In tal maniera è stato possibile procedere ordinatamente mantenendo inalterata la struttura originaria legata alla costruzione stessa dell'archivio.²¹ Al termine della campagna i materiali sono stati suddivisi in singole cartelle per ogni foglio e quindi rinominati. Per mantenere l'ordine originale dei negativi si è scelto di utilizzare una lettera a seguito del numero indicato da E. Skaug, ottenendo una nomenclatura strutturata come in Figura 21. Unica eccezione a tale ordine si è avuta a lavoro inoltrato in quanto l'osservazione iniziale

²¹ G. CENCETTI, *Il fondamento teorico della dottrina archivistica*, in «Fonti e Studi di Storia e Legislazione e tecnica degli archivi moderni», vol. 3, 1970, pp. 38–55.

dei materiali non aveva permesso di notare la presenza di alcuni, contenuti, errori nella numerazione originale, risultanti in alcuni negativi già in origine nominati come 746a e 746b, per i quali si è scelto di procedere come segue, mantenendo sia l'ordine alfabetico che l'identità tra la prima parte del nome e quella riscontrabile nell'archivio fisico.

746a_a 746a_b

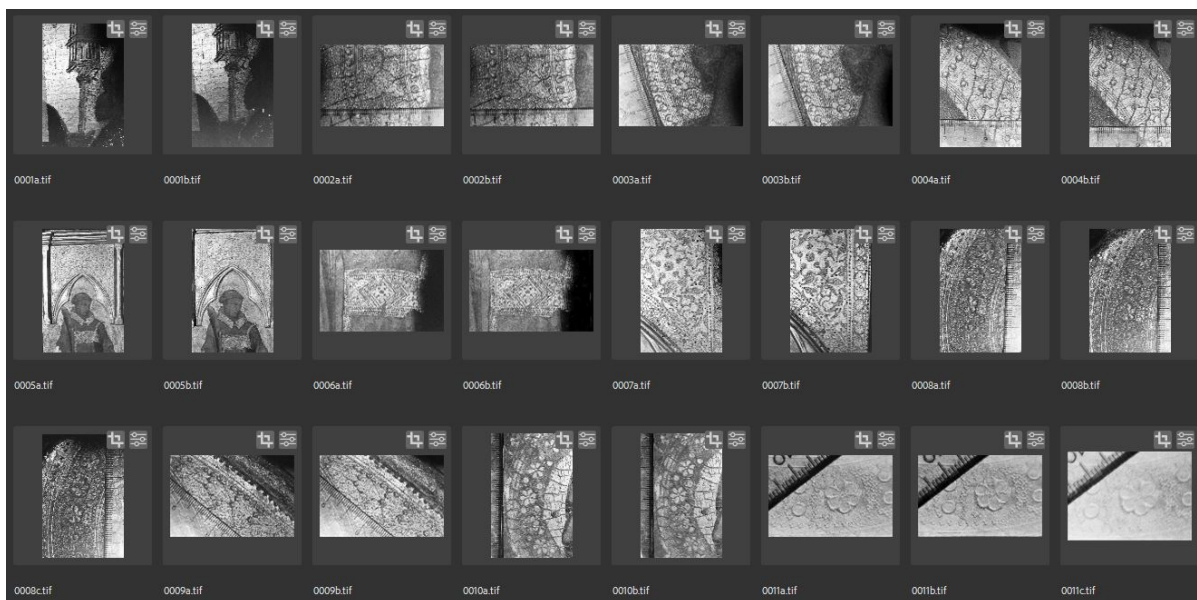


Figura 21 La divisione in cartelle così operata ha permesso di rinominare i file seguendo le indicazioni dell'autore garantendo e verificando, foglio per foglio, la loro precisione.

2.5.2 Postproduzione

A fine campagna l'archivio digitale consta di 2443 file grezzi esportati in formato *RAW* contenenti tutte le informazioni acquisite dalla fotocamera. Il formato *RAW*, termine cappello utilizzato per identificare una moltitudine di estensioni proprietarie dei singoli marchi produttori di fotocamere, è utilizzato per conservare i dati originari della fotocamera, prima di qualsivoglia tipo di elaborazione. In particolare, per la struttura stessa dei sensori *CCD* e *CMOS*, i file prodotti in origine sono delle immagini monocromatiche rispondenti unicamente alla filtratura del mosaico di *Bayer*²² e richiedono quindi un processo di interpolazione noto come demosaicizzazione per essere correttamente visualizzate e gestite in formati immagine più comuni quali *TIFF* e *JPEG*.

Potendo contare proprio sulla vasta gamma dinamica garantita dall'acquisizione digitale sarà possibile intervenire anche con correzioni importanti sull'esposizione generale delle immagini mentre saranno più limitate le possibilità di azione al seguito della conversione dei file in formati *bitmap*. Dovendo quindi gestire una riduzione delle possibilità operative a seguito della demosaicizzazione la prassi operativa si è rivolta verso un generale bilanciamento dei materiali di lavoro, una fase relativamente dispendiosa in termini di tempo, prima di produrre i primi *output*. Un file *RAW* di un negativo fotografico, prima del suo sviluppo digitale, appare come illustrato in Figura 22; rimane evidente il bordo del negativo, mantenuto in ripresa per

²² I. KUNINA, A. VOLKOV, S. GLADILIN, D. NIKOLAEV, *Demosaicing as the problem of regularization*, Antanas Verikas, Petia Radeva, Dmitry Nikolaev (a cura di), presentato al Eighth International Conference on Machine Vision, Barcelona, Spain, 2015, p. 987517.

assicurare la completa riproduzione dell'emulsione anche quando il fotogramma sia collocato in posizione non parallela ai bordi della maschera da riproduzione, sovraesposto ed a toni invertiti.

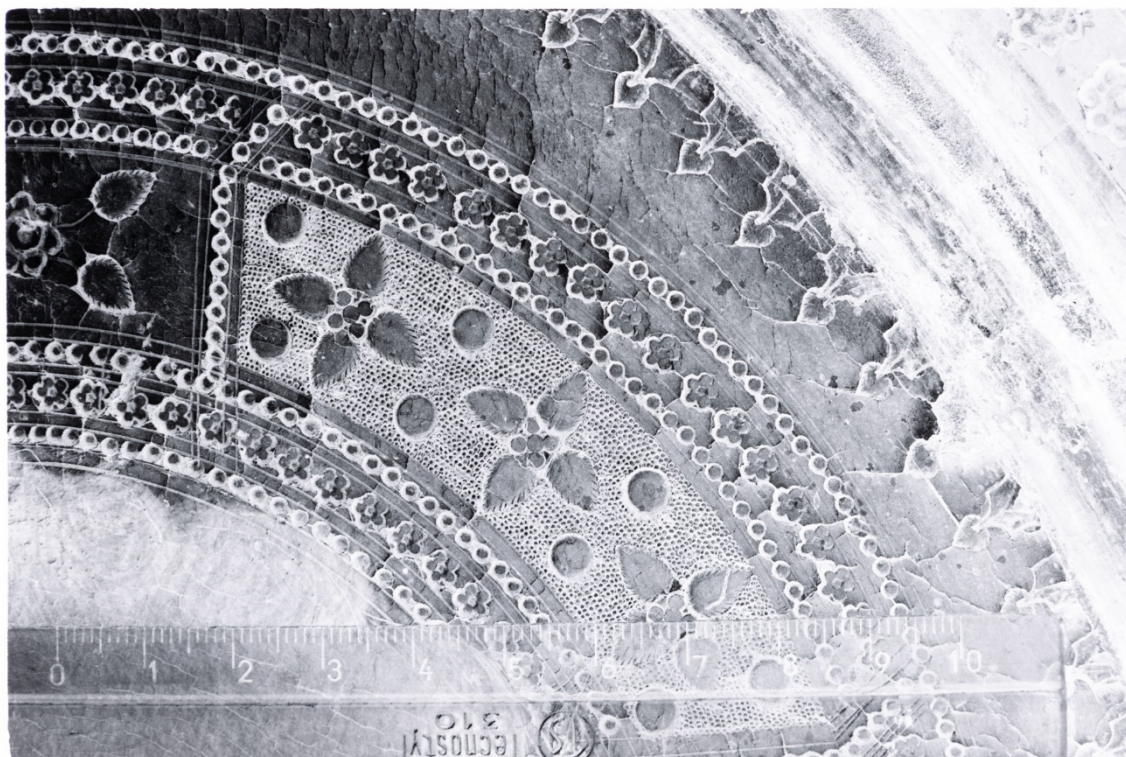


Figura 22 La ripresa dei negativi con un ampio margine, oltre a seguire gli standard attualmente in vigore per la digitalizzazione, ha permesso di eseguire successivamente le operazioni di allineamento e ritaglio con maggior cura senza perdere alcuna informazione.

Il software utilizzato per la prima gestione dei file è stato *Adobe Lightroom CC* nella versione 10.2 (release di marzo 2021), un elaboratore di file RAW estremamente indicato per gestire grandi moli di file in quanto, pur basandosi sul valido motore di conversione sviluppato da *Adobe* ed utilizzato anche dai software *Adobe Bridge* e *Adobe Photoshop*, permette di lavorare su anteprime di piccole dimensioni dei file originali. Nella fase iniziale di importazione degli stessi vengono create delle copie a risoluzione minore, sulle quali effettuare tutte le operazioni che saranno poi importate sui file originali. Questi ultimi verranno utilizzati unicamente quando sia richiesto visualizzare un dettaglio ingrandito, altrimenti rimarranno quiescenti nell'archivio fino alla fase di esportazione dei risultati. In questa maniera, pur aumentando lievemente il tempo richiesto per l'esportazione dei risultati finali, sarà possibile operare sulla totalità delle immagini contemporaneamente, mantenendo una visione d'insieme particolarmente utile quando si tratterà di gestire ed uniformare un archivio vario di soggetti ed esposizioni. Si è scelto quindi di lavorare su tutti i file contemporaneamente in questa prima fase, ignorando la distinzione in cartelle specifiche, pur ordinando i materiali in base al loro nome e rispettando quindi la sequenza originale.

Trattandosi di un file grezzo, di una mappatura delle informazioni registrate dal sensore, tutte le operazioni svolte prima della conversione sono da intendersi unicamente come "informazioni di elaborazione", salvate in un file con estensione *.xmp* ed assegnate ad ogni singola immagine. Queste informazioni sono ancora definite a tutti gli effetti come semplici metadati, impostazioni di sviluppo date ad un *software*, risultando quindi perfettamente reversibili. La reale scrittura dei pixel con le informazioni richieste avverrà solo in fase di esportazione lasciando alla fase preliminare anche un certo grado di approssimazione, affinabile comunque successivamente senza incorrere nel rischio della perdita di dati come quando si lavorano, al contrario, file già esportati e compressi, caratteristica questa garantita unicamente dai file RAW.

Le operazioni svolte possono quindi riassumersi in due gruppi, generali e puntuali, così suddivise:

Operazioni generali	Operazioni puntuali
Gestione del colore	Raddrizzamento e ritaglio
Correzione esposizione e contrasto	Correzione esposizione
Aumento nitidezza	Correzione del contrasto
Inversione della pellicola	Pulizia e spuntinatura
Conversione in scala di grigi	

Operando su tutti i file, la prima operazione è la corretta assegnazione del profilo colore e del bilanciamento del bianco per riprodurre correttamente i toni delle pellicole e compensare le dominanti cromatiche della luce utilizzata per le riproduzioni. Per tale operazione i software utilizzabili sono molteplici: dal più generico *ColorChecker Camera Calibration* sviluppato dalla ditta produttrice dei riferimenti cromatici omonimi, al molto più preciso ed efficiente *EasyPic* sviluppato da *ProfiloColore*. Questo secondo sistema adegua l'esposizione e il contrasto in base ai valori misurati su un target appositamente progettato, esportando un file *TIFF* perfettamente calibrato e risultando perciò molto più veloce e preciso²³ rispetto al primo. Questo software però è stato scartato in quanto l'elevato grado di variabilità nella qualità dei negativi e la presenza di immagini anche molto sottosposte ha richiesto un intervento manuale di correzione cospicuo, al di fuori delle possibilità permesse da un file raster come il *TIFF*. Per cercare di recuperare anche i negativi più ostici si è ricorsi quindi a *ColorChecker Camera Calibration*, il quale, non correggendo l'esposizione sulla base delle indicazioni del target ma unicamente il colore, permette maggiore flessibilità, pur perdendo in precisione, proprio in quanto la modifica dell'esposizione in post-produzione determina i colori della scena su base algoritmica, sufficientemente precisa per range contenuti ma non ideale in caso di forzature nella lavorazione.

Importando nel programma l'immagine iniziale del target a 24 colori e avendo l'accortezza di convertirla precedentemente dal file *RAW* proprietario (.CR3 per le fotocamere Canon) ad uno più universale come il .DNG, è interamente compito del software generare un profilo colore che verrà salvato in formato .dcp collocandolo nella cartella (in ambiente Microsoft) *CameraProfiles*, rendendolo immediatamente disponibile a tutti i software di elaborazione fotografica installati sul computer. Preparato il profilo, sarà possibile associarlo a tutti i file in un'unica operazione tramite il pulsante *Profilo* nel pannello di sviluppo del software *Adobe Lightroom*. In seguito a questa operazione, sarà possibile procedere alle singole correzioni impartendo i comandi in ordine discendente, dalla sommità occupata appunto dalla gestione dei profili colore. Volendo come detto mantenere le informazioni sullo stato conservativo del velo della pellicola, il bilanciamento del bianco verrà fatto sull'immagine del target utilizzato precedentemente per la calibratura, essendo illuminato dalla medesima luce utilizzata, questa volta in trasparenza, per i negativi, sarà possibile ricostruire le cromie originali delle singole pellicole.

Il cursore per il controllo dell'esposizione permetterà di riportare i valori di ripresa nell'intervallo ritenuto più corretto, al seguito della quale sarà lievemente aumentato il *Contrasto*, abbassati i valori di *Ombre* e *Neri* mentre saranno aumentati lievemente i valori di *Luci* e *Bianchi*. Per definire il concetto di correzione, oltre all'esame visivo, si è scelto di effettuare questa prima modifica sull'immagine di un negativo esposto correttamente, in modo da garantire un punto di partenza relativamente valido per le correzioni future che verranno poi effettuate sull'immagine a toni invertiti, più naturale per l'osservatore. I controlli effettuabili

²³ H. VAN DORMOLEN, *Metamorfoze Preservation Imaging Guidelines, Version 2.0*, in «Archiving Conference», Society for Imaging Science and Technology, 2019, pp. 9–11.

nel pannello *Curva di viraggio* saranno posticipati alla correzione della nitidezza nel pannello *Dettagli* per un motivo prettamente archivistico quando, in condizioni abituali, verrebbe attuato in questo momento della postproduzione.

Il cursore *Nitidezza* posto all'interno del pannello *Dettagli*, a differenza degli strumenti seguenti dedicati alla riduzione del rumore digitale è tarato in origine su valori superiori allo zero in quanto nella fase di demosaicizzazione dei file *RAW* vi è una riduzione, seppur tenue, della nitidezza del file originale. Il corretto bilanciamento dei cursori *Fattore* e *Riduzione Disturbo* è diverso da fotocamera a fotocamera e rispecchia inoltre una questione di gusto ed abitudini nella post-produzione. Per chi scrive, la fotocamera utilizzata, essendo impostata ad un valore di sensibilità ISO molto basso, è in grado di gestire, senza la creazione di artefatti, valori superiori a quelli di partenza, motivo per il quale i file sono stati elaborati con le rispettive impostazioni su 96 e 0, risultando in un sensibile aumento della nitidezza dei negativi, senza per questo aumentare la visibilità della grana della pellicola.²⁴ Raggiunto questa fase della postproduzione, dopo aver bilanciato la sovrapposizione appositamente ricercata in fase di ripresa, queste impostazioni sono state salvate in quanto rappresentanti dello stato dell'archivio al 2021 sia per quanto concerne le emulsioni che per quanto riguarda lo stato del supporto.

Unicamente a questo punto si è potuto operare sul pannello *Curva di viraggio* per riportare le immagini all'apparenza che avrebbero avuto a seguito di una stampa analogica.

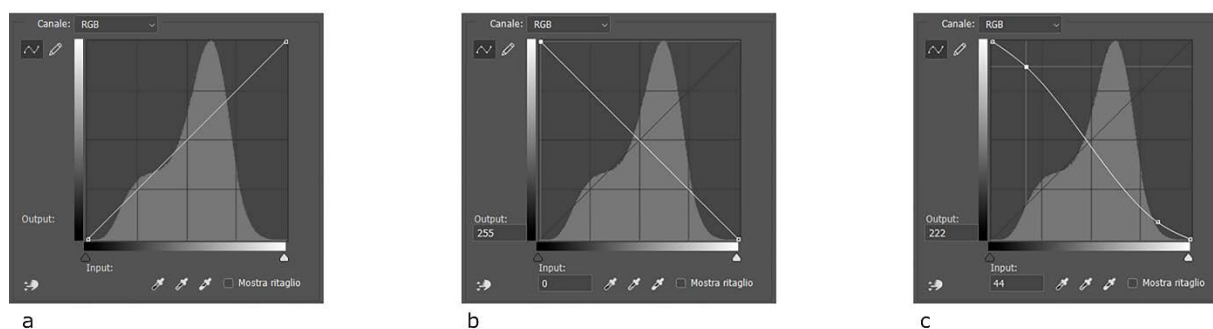


Figura 23 La progressione nella creazione della curva di inversione ha permesso di riportare i toni da negativo a positivo e, successivamente, di ricreare una quantità di contrasto dei toni medi simile a quella garantita dalla stampa chimica.

Le *Curve* sono un comando introdotto nel software *Adobe Photoshop* già dai suoi albori con l'intento di imitare visivamente le curve sensitometriche note ai fotografi analogici e rappresentano su un piano XY di coordinate positive tutti i toni di un'immagine. Riferendosi ad immagini digitali, la curva, se priva di interventi manuali, rimane schiacciata sulla diagonale a 45 gradi che congiunge i due vertici in basso a sinistra (nero) e in alto a destra (bianco) mentre i toni intermedi sono rappresentati linearmente. L'inversione delle estremità, alzando al valore massimo il punto del nero (2^8 meno 1, ovvero 255) e riducendo a zero il punto del bianco, si otterrà una curva come in Figura 23b dove i toni del negativo verranno invertiti dando al file la parvenza di un'immagine positiva, seppur ancora molto debole nel contrasto. Questo effetto è da attribuirsi alla caratteristica dei negativi fotografici i quali, pur avendo un ammontare di contrasto legato alla combinazione di emulsioni e sviluppo come spiegato precedentemente, vengono a loro volta stampati su una carta fotografica dotata di una specifica curva di contrasto. Per ristabilire questa parvenza naturale anche la curva di inversione sarà modificata di conseguenza, andando a creare la forma di una S rovesciata, dove una parte dei grigi scuri del negativo (già rappresentati ora come grigi chiari) verrà a sua volta schiarita ed inversamente si opererà sulla parte destra della curva, abbassando quelli che ora appaiono come i toni scuri dell'immagine, come mostrato in Figura 23c. In Figura 24 è infine possibile confrontare l'apparenza di un file prima dell'inversione con il risultato finale dell'applicazione di una curva ad S rovesciata.

²⁴ M. EVENING, *Adobe Photoshop 2020 for photographers*, p. 258.

Prima di passare alle correzioni delle singole riproduzioni si è scelto di procedere con una conversione in scala di grigi che cerchi, come possibile, di rispettare l'apparenza delle immagini.

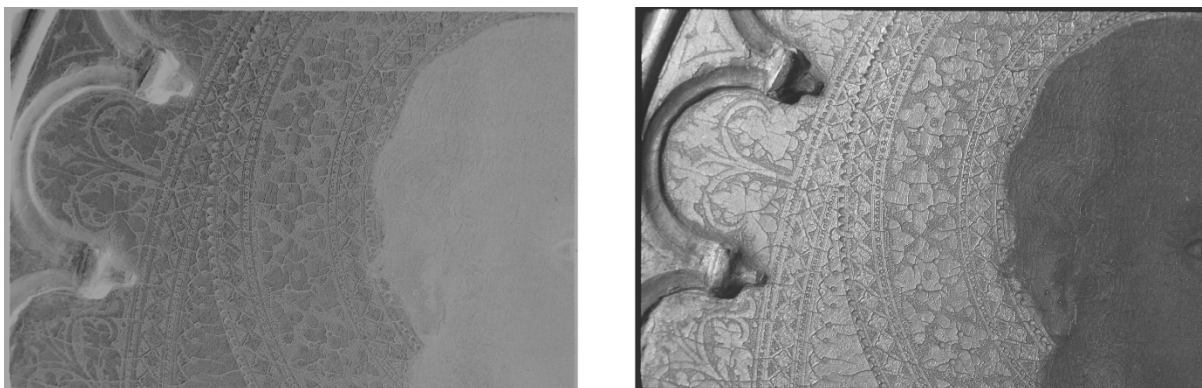


Figura 24 Il confronto tra un file originale e la versione invertita e riportata in positivo permette anche di procedere successivamente ai controlli fini dell'esposizione, molto più complessi e controintuitivi lavorando sui toni originali del negativo.

Le strade per la conversione dal colore alla scala di grigi di un negativo sono molteplici,²⁵ dalla più semplice desaturazione, ad una complessa combinazione algoritmica dei singoli canali dell'immagine per ottenere le sfumature richieste, mentre in questo frangente la richiesta è stata quella di garantire la maggior fedeltà possibile dei negativi con la loro supposta resa in stampa. Osservando i file, a seguito dell'inversione, il velo tendenzialmente bluastro del supporto presenterà toni tra il rosa e il magenta, dominanti che hanno una loro importanza in fase di stampa in quanto le carte fotografiche, sensibili alle lunghezze d'onda del blu e dell'azzurro, risultano maggiormente sensibili proprio allo spettro trasmesso dal supporto, mentre risulterebbero meno sensibili alle frequenze dei rossi.²⁶ Una semplice desaturazione del file così creato restituirebbe un negativo con un particolare contrasto che non sarebbe possibile ottenere in camera oscura e pertanto da scartare nella ricerca della verosimiglianza richiesta. Si è scelto quindi di procedere ad una conversione in scala di grigi che tenesse conto dei colori dell'immagine operando sul pannello *B&N*, il quale appare una volta impostata l'immagine come in bianco e nero nel comando immediatamente superiore al pannello *Profilo Colore*, nominato in *Adobe Lightroom* come *Trattamento*. In tal maniera, potendo operare

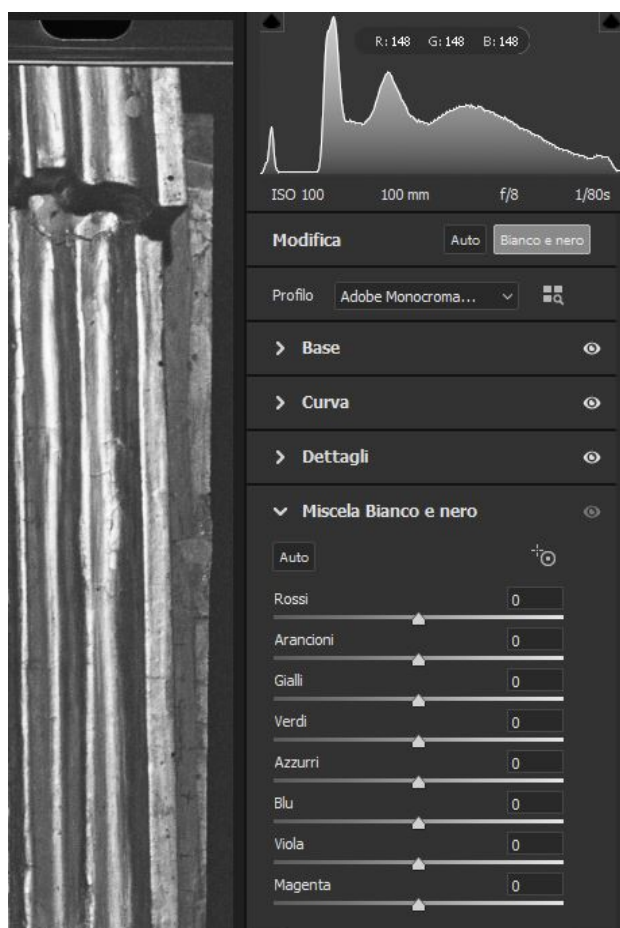


Figura 25 I cursori del pannello "Miscela Bianco e Nero" permettono, anche nel caso di negativi in scala di grigi, di dare valore nella conversione alle tinte proprie del supporto.

²⁵ *Ibidem*, p. 386.

²⁶ A. ADAMS, *La stampa*, Zanichelli, Bologna, 1988, p. 41.

sull'intensità di otto differenti colori, grazie ad una sovrapposizione delle selezioni cromatiche pesata e lievemente sovrapposta (Figura 25), è stato possibile simulare la resa delle più comuni carte da stampa.

A questo punto del lavoro il materiale, seppur corretto dal punto di vista cromatico e del contrasto, non è in grado di rappresentare il lavoro manuale di correzione e stampa proprio di un archivio analogico curato e bilanciato e, per tale motivo, ripartendo dalla prima immagine, è stata avviata la procedura di affinamento negativo per negativo. Come elencato sommariamente nella tabella precedente, le immagini sono state dapprima raddrizzate applicando una rotazione (mai superiore ai 5°) per riportare la base della pellicola parallela al bordo delle immagini e successivamente ritagliate del bordo nero ancora presente. Si può notare come il ritaglio, pur rispettando il rapporto di 2:3 per i lati dell'immagine, sia leggermente ristretto rispetto all'area esposta in quanto, in particolare su fotocamere non professionali, i bordi estremi dell'immagine si presentano frastagliati ed imprecisi come mostra il dettaglio in Figura 26.



Figura 26 I bordi frastagliati dell'immagine, caratteristica dei negativi sono stati mantenuti i fase di ripresa per venir poi ritagliati nella preparazione degli esecutivi utilizzati nell'archivio digitale.

Le immagini sono state allora scorse una ad una cercando il corretto bilanciamento dell'esposizione dovendo, questa volta, operare a controlli ribaltati proprio a causa della curva d'inversione. Un'immagine gravemente sottoesposta richiederà un'ulteriore riduzione d'esposizione per rappresentare adeguatamente i toni, mentre le immagini sovraesposte, al contrario, un aumento. Similmente, volendo operare sui comandi selettivi *Luci*, *Ombre*, *Bianchi* e *Neri*, queste operazioni dovranno essere pensate a toni invertiti e quindi ad una riduzione dei toni neri corrisponderà ad un aumento dell'intensità nelle aree più chiare. Tenendo a mente questa problematica e non potendo agire direttamente sull'immagine positiva del negativo (cosa che ne impedirebbe la corretta comprensione), sono stati revisionati tutti i negativi digitalizzati, corretti nell'esposizione e nel contrasto generale. Un ausilio importante in questa fase del lavoro è stata la possibilità di visualizzare in tempo reale gli *istogrammi* delle singole immagini. L'*istogramma* è la rappresentazione grafica dei toni di un'immagine su uno spazio XY dove, sull'asse delle ascisse, è indicata l'intensità luminosa dei pixel, scuri a sinistra e chiari a destra, mentre sulle ordinate è rappresentata la percentuale di pixel definiti da quel determinato grado di luminosità. Semplificando ulteriormente, un'immagine bilanciata e dal contrasto corretto avrà una distribuzione equilibrata dei punti su tutto l'asse delle ascisse, mentre un'immagine molto scura avrà una grande concentrazione di punti spostati sulla sinistra, viceversa per

un'immagine molto chiara gli stessi saranno disposti nell'estremità destra dell'istogramma. Quanto è risultato di primaria importanza in questa fase è la rappresentazione grafica del basso contrasto presente nei negativi sottoesposti i quali, se confrontati con i negativi correttamente illuminati in fase di scatto, appaiono estremamente compressi. In Figura 27 è possibile vedere il confronto tra gli istogrammi di due immagini dello stesso soggetto con esposizioni differenti; Figura 27a rappresenta un negativo correttamente esposto mentre Figura 27b rappresenta la stessa scena ripresa nel negativo successivo, con una forte sottoesposizione, infine Figura 27c mostra come tale compressione non venga risolta correggendo l'esposizione del secondo negativo, centrando l'istogramma sul centro dell'asse x. È quindi possibile capire l'importanza di sovraesporre in fase di acquisizione, in quanto i negativi maggiormente sottoesposti rappresentano il materiale più ostico da restituire, sia in stampa analogica che nella digitalizzazione, la cui grana appare troppo evidente ed il contrasto appena accennato rendono molto complessa la lettura dell'immagine. Operare su file digitali fortemente sovraesposti fin dall'inizio rappresenta il presupposto migliore per procedere ad un forte aumento del contrasto cercando di ristabilire una leggibilità diffusa del negativo, riducendo al minimo il rumore digitale sfruttando la parte di gamma dinamica più ricca di informazioni. Il confronto tra l'istogramma di un'immagine pesantemente elaborata che sia stata ripresa seguendo le indicazioni fin qui suggerite ed una simile elaborazione senza l'accorgimento della sovraesposizione iniziale permetterebbe di notare come l'eccessiva "stiratura" dei toni della seconda immagine porti ad una rappresentazione povera di informazioni: l'eccessiva elaborazione, originata da una mancanza di informazioni native, ha prodotto uno stress del file tale da impedire la corretta riproduzione delle sfumature, evidenziato dai vuoti nell'istogramma.

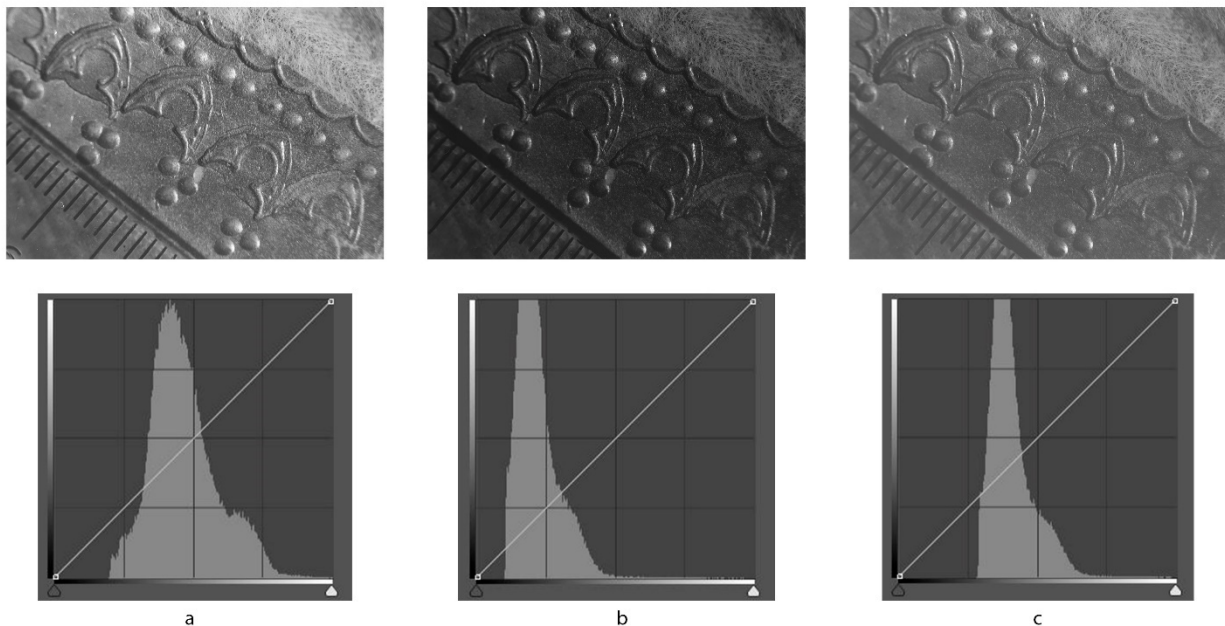


Figura 27 Il confronto tra due immagini ed i loro istogrammi (a, b) rivela come elaborazioni atte a ristabilire un certo equilibrio nell'esposizione (c) non permetta di ottenere un contrasto generale accettabile. Il confronto tra gli ultimi due istogrammi (b, c) denota il mantenimento dello scarso contrasto e richiederà successivamente una fase di allargamento.

L'ultima correzione, nonché la più dispendiosa in termini di tempo, è stata la rimozione dei residui di polvere e dei graffi presenti sui negativi, ben visibili come punti bianchi sparsi nella scena. Anche nella stampa analogica questa procedura, seppur ridotta da una corretta pulizia dei negativi, non può essere ignorata quando la dimensione della stampa superi una certa soglia tale da rendere visibili anche le più lievi imperfezioni. Tali punti, molto meno visibili nelle aree chiare della scena rispetto a quelle più scure, diventano ancora più evidenti nei negativi sottoesposti e richiedono, nella stampa analogica, una spuntatura a pennello con appositi colori di intensità e tinta simili a quelli della stampa. In un'acquisizione digitale questa procedura può essere fatta a qualsiasi punto del flusso di postproduzione per quanto se ne consiglia l'attuazione dopo il bilanciamento delle esposizioni, proprio per rendere maggiormente riconoscibili le aree interessate. La procedura, anch'essa eseguibile su *Adobe Lightroom* utilizzando il comando *Rimozione macchie*, consente di clonare selettivamente le aree interessate che verranno così sostituite da una texture

campionata dalle aree adiacenti, in modo da garantire l'uniformità della resa. Operando con un pennello di dimensioni contenute, lievemente superiori a quelle del grano di polvere da rimuovere, è quindi possibile pulire approfonditamente ogni negativo. Unica accortezza da avere nei casi complessi in cui un grano di polvere di grosse dimensioni sia depositato al di sopra di un'area particolarmente delicata dell'immagine, in questo caso il profilo di un punzone, è quella di evitare la correzione tramite clonazione in *Adobe Lightroom*, utilizzando i *tag* che il programma permette di assegnare alle immagini e posporre quindi le operazioni più delicate in un secondo momento, quando il file raster sarà gestibile tramite *Adobe Photoshop*, il quale offre strumenti dedicati di maggior precisione in grado di ricostruire la forma del profilo senza l'ausilio di strumenti semiautomatici.

Terminata l'ultima elaborazione, queste operazioni si presentano ancora come una lunga serie di metadati associati ad ogni file RAW e sarà necessaria una procedura di conversione ed esportazione, ottenendo file raster che saranno successivamente utilizzabili. È stata quindi predisposta una prima esportazione che rispettasse gli standard attualmente in uso per le collezioni museali,²⁷ salvando i file in formato *TIFF* a 16 bit e utilizzando uno spazio colore molto ampio quale l'*Adobe RGB*, in grado di contenere, senza perdita di dati, tutte le informazioni cromatiche dei file originali. La scelta di tale spazio cromatico, eccessivamente esteso per una disseminazione online dei materiali ma ottimo per la conservazione di lungo periodo, ne garantisce altresì la corretta visualizzazione grazie alla sua facile interoperabilità.²⁸

2.6 SELEZIONE ED IMPIEGO DEI FILE

Al termine della postproduzione e della conversione dei singoli file è stato possibile procedere ad una selezione degli stessi per gli impieghi futuri all'interno del database in creazione. Dal novero complessivo delle immagini di partenza, sono state selezionate le versioni più nitide e meglio esposte di ogni singola scena, operazione possibile solamente al seguito della completa elaborazione dei 2433 file. I materiali, così ridotti a 1735 immagini, sono stati infine esportati in un formato più consono per l'interoperabilità tra sistemi diversi come il *JPEG* pur mantenendo la compressione del file a livelli minimi per garantire la migliore qualità del dato. I materiali così preparati, non più adatti ad ulteriori postproduzioni proprio a causa della natura del formato di salvataggio²⁹ rappresentano quindi una delle possibili interpretazioni del materiale negativo in nostro possesso, creata cercando di garantire la maggior leggibilità possibile delle informazioni in essi contenute, senza perdere, nei limiti concessi dalla qualità della ripresa originaria, le caratteristiche del contrasto della scena, della luminosità dell'oro e dello stato conservativo dell'opera. Proprio l'elevato numero di sfumature presenti in un'immagine negativa, non riproducibili per intero nella stampa su carta determina l'impossibilità di generare per ogni negativo un'unica immagine che ne rappresenti appieno le informazioni contenute, generando quindi un complesso problema di interpretazione dei dati proposti. Se la creazione dei file *Master* in formato *TIFF* a basso contrasto avrebbe generato dei file contenenti tutte le gradazioni di luminosità della scena, tali materiali sarebbero stati contestualmente privi di contrasto ed innaturali alla vista, richiedendo quindi una fase di elaborazione successiva per ricrearne l'aspetto consueto. La scelta di elaborazione qui proposta, pur mantenendo tutte le informazioni nei file *TIFF* e nei dati *.xmp* connessi con i file *RAW*, ha generato quindi degli esecutivi che rappresentano una proposta meditata e personale delle immagini in nostro possesso. Qualora impieghi futuri dei materiali possano richiedere

²⁷ Definire un elenco completo delle linee guida in ambito europeo è impresa titanica e relativamente poco utile ai fini di questo testo, si procede quindi indicando alcune fonti distinte nel tempo, in grado di illustrare estesamente gli sviluppi di tale pratica in base alle necessità dei soggetti interessati, dai musei agli stati interi: T. RIEGER, K.A. PHELPS, H. BECKERLE, T. BROWN, R. FREDERICK, S. MITRANI; «Linee guida per la digitalizzazione del patrimonio culturale. Piano nazionale di digitalizzazione del patrimonio culturale».

²⁸ F.S. FREY, J. WARDA, D. HELLER, D. KUSHEL, T. VITALE, G. WEAVER, *The AIC guide to digital photography and conservation documentation*, p. 78.

²⁹ *Ibidem*, p. 85.

elaborazioni differenti, maggiormente conservative dello stato originale dei negativi, saranno i file master a dover essere nuovamente presi in esame, non potendo conservare ed organizzare online materiali di dimensioni così elevate.

3 RIPRODUZIONI DIGITALI

Nei mesi impiegati nella creazione dell'architettura del database e dei successivi tentativi di avvicinamento al risultato voluto si è cercato di sviluppare qualche percorso che fosse in grado, al di là dell'esposizione dei materiali a disposizione, di aprire qualche nuova, seppur rudimentale, strada all'applicazione delle immagini prodotte nello studio della pittura medievale. Dalla fine della prima decade del XXI secolo si è definitivamente consolidato l'impiego in ambiente umanistico delle riproduzioni digitali in quanto forma di rappresentazione in grado di offrire possibilità di visualizzazione e di analisi precedentemente precluse all'immagine analogica. Se è stato chiaro già sul finire del XX secolo come la visualizzazione a monitor delle immagini potesse garantire vari livelli di lettura ed il vincolo di poter visualizzare solo un'immagine alla volta sia stato velocemente risolto in spazi software appositamente strutturati, come il software *Adobe Photoshop*, commercializzato a partire dal 1990, lo sviluppo di linguaggi in grado di permettere in ambiente *html* questo livello di elaborazione ha richiesto tempi più lunghi. Proprio a causa di questo rallentamento, è nel mondo specialistico dell'analisi immagini che si sono sviluppati sistemi sempre più complessi per lo studio e la visualizzazione che, successivamente, sono stati migrati spesso in forma semplificata, verso l'interesse del pubblico tramite piattaforme web.³⁰

Senza inseguire tutti i vari filoni della ricerca, contaminati da interessi molteplici e, per quanto riguarda il settore dei beni culturali, spesso mediati da ricerche più evolute in campi scientifici affini e non, vale la pena concentrarsi su alcune applicazioni che qui vedranno estesamente il loro impiego.

Potendo disporre di un importante quantitativo di immagini analogiche prodotte da Erling Skaug, si è scelto di operare sull'ampliamento dei dati disponibili per una selezione di opere che rispettassero, almeno a livello dimostrativo, una serie di criteri in grado di proporre un approfondimento metodologico su alcune questioni legate alla ricerca nel campo della digitalizzazione delle opere d'arte. Una questione ormai evidenziata in buona parte dei contributi scientifici degli ultimi anni è il cambio di prospettiva richiesto nella gestione dei database in un'ottica di insicurezza ed impossibilità di previsione degli sviluppi tecnici futuri. È ormai prassi comune quella di cercare nuove applicazioni per le immagini storiche, spostandone l'utilizzo su pratiche non preventivabili al momento della realizzazione degli archivi stessi, in particolare per quanto concerne il loro utilizzo come elementi di base per l'estrapolazione di informazioni semantiche attraverso algoritmi preposti³¹ o per la creazione di modelli tridimensionali³² di strutture e spazi non più esistenti. Questo genere di ricerche, basandosi spesso sullo sviluppo di algoritmi legati alla sfera della *Computer Vision*,³³ ha visto nell'ultima

³⁰ F. PONCHIO, M. POTENZIANI, M. DELLEPIANE, M. CALLIERI, R. SCOPIGNO, *ARIADNE Visual Media Service: Easy Web Publishing of Advanced Visual Media*, in «CAA 2015», 2016, pp. 433–441; F. PONCHIO, M. DELLEPIANE, *Multiresolution and fast decompression for optimal web-based rendering*, in «Graphical Models», vol. 88, 2016, pp. 1–11.

³¹ T.M. SALA, M. BRUZZO, *I-Media-Cities: Innovative e-environment for research on cities and the media*, 2019, pp. 173–198.

³² F. CONDORELLI, F. RINAUDO, *Cultural Heritage reconstruction from historical photographs and videos*, in «International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences», vol. 42, fasc. 2, 2018; F. CONDORELLI, F. RINAUDO, F. SALVADORE, S. TAGLIAVENTI, *Architectural heritage recognition in historical film footage using neural networks*, in «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», vol. 42, 2019, pp. 343–350.

³³ A. KUMAR, *Image Retrieval using SURF Features*, Master of Engineering in Computer Science and Engineering, Thapar Institute of Engineering and Technology, Punjab, India, 2011; I.K. SETHI, I.L. COMAN, D. STAN, *Mining association rules between low-level image features and high-level concepts*, in «Data Mining and Knowledge Discovery: Theory, Tools, and Technology III», International Society for Optics and Photonics, , 2001, pp. 279–290; L. GIAGNOLINI, M. DAQUINO, F. MAMBELLI, F. TOMASI, *Exploratory Methods for Relation Discovery in Archival Data*, in «Digital Scholarship in the Humanities», 2022.

decade uno sviluppo sostenuto ed un progressivo ampliamento dei campi d'impiego,³⁴ evidenziando velocemente come non possa essere evitato un ragionamento in prospettiva nel momento della creazione stessa di un nuovo archivio digitale. Quanto ci riguarda maggiormente, come verrà spiegato estesamente nel prossimo capitolo, è l'impatto dello sviluppo dei sistemi di ripresa e digitalizzazione in un campo di ricerca contenuto e specialistico come lo studio della decorazione punzonata e le eventuali modifiche nel metodo che tali aggiornamenti tecnici e tecnologici possano apportare. In particolare, l'interesse non può che ricadere sulle maggiori possibilità di digitalizzazione apertesesi nell'ultima decade del XX secolo, con particolare attenzione alle sue forme più comuni e riproducibili ormai alla portata di molte istituzioni. L'*imaging* in alta risoluzione rappresenta infatti uno dei primi campi di sperimentazione per le ricerche nell'ambito della fotografia digitale ed ha velocemente interessato musei e collezioni di varia natura. Nel caso specifico di questa ricerca, oltre a rappresentare una possibilità ulteriore di analisi dell'opera d'arte, sono risultati evidenti due differenti potenzialità apertesesi grazie allo sviluppo di queste ricerche. In primo luogo la possibilità di operare contemporaneamente sul dettaglio e sulla visione d'insieme di un'opera d'arte ha permesso di unificare in un'unica riproduzione sia le considerazioni stilistiche sull'impiego combinato dei punzoni nella decorazione che gli elementi prettamente tecnici della misura dei punzoni stessi, permettendo quindi di contenere all'interno di una singola scheda due differenti livelli informativi. Sul piano più generale delle possibilità collegate ad un archivio così strutturato, non è stato possibile evitare un ragionamento sul possibile reimpiego di tali immagini nella forma di base per una successiva analisi software dei suoi contenuti. Particolare attenzione infatti, è stata rivolta alla creazione di materiali che possano, successivamente, venir elaborati per un'identificazione *computer aided* dei punzoni stessi. Per quest'ultimo motivo verranno attuate alcune accortezze in fase di ripresa per ridurre lo scarto nella precisione della rappresentazione spaziale di un oggetto ripreso in alta risoluzione, prediligendo la resa dell'oro rispetto a quella della superficie pittorica.

La scelta sulle opere da integrare con immagini in alta risoluzione ha cercato di seguire due direttrici distinte, quella più strettamente storico-artistica di analisi dell'opera di un autore e quella più generale dello studio di opere collocate presso musei dotati di collezioni importanti ma meno interessati dalla fruizione massiva del turismo quindi, idealmente, quelle collezioni per le quali sia più difficile prevedere nel futuro prossimo, campagne autonome di digitalizzazione di tutto il loro patrimonio.³⁵ Si è scelto quindi di evitare i grandi musei fiorentini per concentrarsi sui musei nazionali di Pisa e Siena, andando a fotografare le opere studiate da E. Skaug nei volumi del 1994 mentre, contestualmente, si è approfittato di una mostra monografica su Allegretto Nuzi³⁶ per verificare le potenzialità del progetto, quando interpretato come affondo nell'opera di un singolo autore, sollevando infine le complessità implicite nel confronto tra lo stadio della critica attuale con le convinzioni trent'anni precedenti e come strutturare ed identificare queste diversità all'interno di un database.

3.1 LA RIPRODUZIONE IN ALTA RISOLUZIONE DEI DIPINTI SU TAVOLA

Durante il primo periodo di questo triennio di ricerca un'attenzione particolare è stata rivolta alla produzione di materiale fotografico che fosse in grado di venire impiegato come verrà illustrato approfonditamente in seguito, per l'identificazione della decorazione punzonata tramite processi algoritmici di riconoscimento per i quali, in particolare nei primi mesi, non era possibile disporre di valutazioni sul fabbisogno di immagini dalle quali partire per poter ottenere risultati positivi, se non basandosi su assunzioni quasi meramente intuitive.

³⁴ H. WRIGHT, G. GATTIGLIA, *ArchAIDE: Archaeological automatic interpretation and documentation of ceramics*, in «Proceedings of the Workshop on Cultural Informatics», 2018, pp. 60–65; F. ANICHINI, G. GATTIGLIA, *Big Archaeological Data. The ArchAIDE project approach*, in «Conferenza GARR_17», Montefiascone, 2018, pp. 22–25.

³⁵ Questo ragionamento è stato fatto durante i primi mesi dell'emergenza Covid-19, quando non era possibile preventivare lo stanziamento di ingenti fondi ministeriali per la promozione di campagne di digitalizzazione massive e risulta quindi già da ora imperfetto.

³⁶ A. DE MARCHI, M. MAZZALUPI.

Per tale motivo, al netto delle prime sperimentazioni portate avanti presso il Museo Bandini di Fiesole, si è scelto di procedere con la più vasta digitalizzazione possibile nei limiti delle disponibilità di tempo delle istituzioni, fatta eccezione per le opere in mostra presso la Pinacoteca Civica Bruno Molajoli di Fabriano dove è stato possibile fotografare tutti i pezzi in mostra a causa delle più vaste disponibilità di tempo e dell'aggiornamento tecnico e metodologico successivo alle prime campagne ed ai primi sviluppi della ricerca sul riconoscimento automatico della decorazione punzonata.

La possibilità di unire automaticamente immagini particolari dello stesso soggetto tramite operazioni matematiche in grado di identificarne i punti in comune è pratica nota e sviluppata in varie forme già dalla metà degli anni '90. Le prime sperimentazioni hanno visto proprio lo sviluppo di algoritmi di identificazione dei pixel comuni³⁷ ed hanno successivamente interessato il problema delle rototraslazioni richieste al riposizionamento delle varie immagini. Risolvendo l'ulteriore problema delle deformazioni prospettiche sulla base dello spostamento reciproco dei punti in comune tra due o più immagini è diventato possibile unire in maniera semiautomatica riproduzioni in grado di coprire vaste scene sino alla generazione di immagini equirettangolari in grado di riprendere un campo visivo sferico per 360 sull'asse orizzontale e 180 su quella verticale, producendo le viste diventate ormai abituali grazie a servizi come Google Street View e Google Arts and Culture. Simili sforzi sono stati diretti nella soluzione dei problemi di allineamento tra immagini riprese in varie bande dello spettro elettromagnetico dello stesso soggetto, per generare immagini sovrapponibili e confrontabili nel campo della diagnostica.³⁸ Di nostro interesse in questo momento saranno gli sviluppi delle primissime applicazioni tecniche per l'unione (*Stitching*) di dettagli tra loro ravvicinati e in parte sovrapponibili dello stesso soggetto, in modo da creare panorami a risoluzioni ben maggiori di quelle disponibili attraverso singoli scatti fotografici. Se ad oggi la ricerca di software ed interfacce per questa attività sta scontando un rallentamento rispetto agli anni passati, la causa è da trovarsi principalmente nel già elevato grado di sviluppo di software commerciali e non atti allo scopo, assieme al non indifferente sviluppo nella sensoristica a disposizione. Non è infatti da trascurare come le prime e più importanti spinte in tale direzione siano derivate dal basso livello qualitativo dei sensori digitali impiegati in fotografia e diagnostica durante il XX secolo, limite ampiamente superato, in particolare nell'intervallo di sensibilità allo spettro elettromagnetico proprio dei sensori al silicio (400-1000nm circa)³⁹ per i quali le soluzioni commerciali di alta fascia offrono capacità risolutive centinaia di volte maggiori rispetto alle strumentazioni disponibili sul finire degli anni '90.

Algoritmi come lo *scale-invariant feature transform (SIFT)*, sviluppato nel 1999 e brevettato nel 2004,⁴⁰ con le sue varianti e derivazioni è oggi alla base di quasi tutti i sistemi di *stitching* fotografico mentre la ricerca degli ultimi anni si sta concentrando sull'impiego di questo tipo di algoritmi per compiti ben al di là di quelli previsti nella fase iniziale. Ad oggi infatti il riconoscimento di porzioni di immagini simili, identiche e somiglianti vede un vasto impiego negli sviluppi della fotogrammetria digitale⁴¹ e nell'estrazione di *features*

³⁷ D.G. LOWE, *Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints*, in «International Journal of Computer Vision», vol. 60, fasc. 2, 2004, pp. 91–110; D.G. LOWE, *Object recognition from local scale-invariant features*, in «Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision», vol. 2, 1999, pp. 1150–1157.

³⁸ S. LAURETI, C. COLANTONIO, P. BURRASCANO, M. MELIS, G. CALABRÒ, H. MALEKMOHAMMADI, S. SFARRA, M. RICCI, C. PELOSI, *Development of integrated innovative techniques for paintings examination: The case studies of The Resurrection of Christ attributed to Andrea Mantegna and the Crucifixion of Viterbo attributed to Michelangelo's workshop*, in «Journal of Cultural Heritage», vol. 40, 2019, pp. 1–16; A. COSENTINO, *Panoramic, Macro and Micro Multispectral Imaging: An Affordable System for Mapping Pigments on Artworks*, in «Journal of Conservation and Museum Studies», vol. 13, fasc. 1, 2015, pp. 1–17.

³⁹ M. PICOLLO, C. CUCCI, A. CASINI, L. STEFANI, *Hyper-Spectral Imaging Technique in the Cultural Heritage Field: New Possible Scenarios*, in «Sensors», vol. 20, fasc. 10, 2020, p. 2843.

⁴⁰ D.G. LOWE *Object recognition from local scale-invariant features*, pp. 1150-1157.

⁴¹ M. GRABNER, H. GRABNER, H. BISCHOF, *Fast Approximated SIFT*, in «ACCV 2006. Lecture Notes in Computer Science», Springer, vol. 3851, Berlin, 2006, pp. 918–927; G. SANSONI, M. TREBESCHI, F. DOCCHIO, *State-of-The-Art and applications of*

utili alla *computer vision*, relegando l'unione di immagini ad una posizione marginale per quanto concerne la ricerca, come dimostra la quasi totale assenza di sviluppi laboratoriali o commerciali di nuovi sistemi. Quanto qui utilizzato rappresenta quindi il risultato di numerosi anni di applicazione nell'ambito della digitalizzazione del patrimonio culturale, seppure ancora mancante di una codificazione metodologica in grado di definirne standard, limiti ed applicabilità. Si analizzerà quindi nello specifico una parte delle problematiche connesse alla rappresentazione in alta risoluzione di immagini fotografiche prodotte dall'unione di singoli scatti, sondando i limiti e le soluzioni necessarie per la creazione di materiali in grado di essere impiegati per lo studio dettagliato della decorazione punzonata. Essendo da trovarsi la genesi di questa iniziativa nel produrre materiali utili allo sviluppo di alcuni sistemi di *computer vision* atti all'identificazione automatica o semiautomatica delle forme della decorazione punzonata, le prime ricerche si sono orientate verso la creazione di materiali validi per una lettura ed un'interpretazione via software degli stessi e, solo secondariamente, alla visione da parte degli studiosi del settore. In particolare la prima fase ha visto la sperimentazione di *dataset* contenuti estratti da immagini campione ottenute con varie tecniche fino ad identificare gli accorgimenti utili a produrre materiali validi per la ricerca. Solo successivamente, identificati i sistemi di ripresa in grado di produrre risultati iniziali confortanti, questi sono stati vagliati alla ricerca di un risultato apprezzabile anche per altri impieghi, nel tentativo di ridurre come possibile la distanza tra i due risultati. La soluzione di compromesso che è stata trovata ha quindi permesso di impiegare i materiali così ottenuti anche all'interno del database di dati ed immagini in costruzione, rendendo disponibili acquisizioni in alta risoluzione delle opere d'arte prese in esame seppure la necessità originale abbia richiesto di effettuare alcune scelte discutibili se osservate unicamente sotto la lente dell'osservazione umana.

Dovendo contare su materiali fotografici dall'elevata risoluzione spaziale e non volendo operare un lavoro di selezione dei dettagli come fatto invece nel caso delle immagini negative fin qui studiate, è risultato da subito necessario confrontarsi con gli attuali sistemi di *stitching* di immagini in grado di produrre file a risoluzioni superiori i 600 PPI per originali dalle dimensioni variabili dalle poche decine di centimetri a qualche metro di larghezza. La risoluzione qui indicata come livello minimo è stata, dove possibile, portata verso valori maggiori, ipotizzando eventualmente una fase successiva di *downsampling* per rendere fruibili i materiali con maggiore semplicità, pur rimanendo vincolata alle dimensioni contenute dei punzoni più piccoli da investigare.

Anche l'impiego dei materiali più performanti in termini di risoluzione di acquisizione al momento attuale⁴² non può garantire, per oggetti di dimensioni superiori ai 20-30 centimetri, la risoluzione spaziale necessaria ad ottenere immagini perfettamente nitide e misurabili di elementi decorativi della dimensione di qualche millimetro. Nonostante tale approccio sia in grado di produrre materiali utili per quanto riguarda piccole tavole, rimarrebbero comunque esclusi i polittici, richiedendo anche in questo caso il ricorso ad operazioni di mosaicatura. Non potendo quindi individuare strumentazioni particolari in grado di risolvere tramite singolo scatto il problema posto, diventando quindi necessario considerare le operazioni di *stitching* come un elemento fondante delle campagne fotografiche da intraprendere, il ragionamento sui materiali da impiegare è stato declinato sulla base delle operazioni necessarie. Proprio la possibilità di effettuare unioni anche di gruppi molto consistenti di immagini, ha spostato il problema della risoluzione di partenza da una semplice valutazione dei sensori impiegati ad una più completa valutazione di risoluzione iniziale, distanza fotocamera-soggetto ed infine numero di scatti da cumulare. Potendo quindi contare sull'eventuale aumento

3D imaging sensors in industry, cultural heritage, medicine, and criminal investigation, in «Sensors», vol. 9, fasc. 1, 2009, pp. 568–601; S. ROBSON, S. BUCKLOW, N. WOODHOUSE, H. PAPADAKI, *Periodic photogrammetric monitoring and surface reconstruction of a historical wood panel painting for restoration purposes*, in «International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», vol. 35, 2004.

⁴² In particolare gli ultimi anni hanno visto uno sviluppo consistente dei sistemi denominati "*pixel shift*" dove un movimento controllato del sensore durante una serie di 16 scatti permette di generare immagini con una risoluzione quadruplicata rispetto alla nominale del sensore.

delle immagini necessarie alla costruzione di un unico file di dimensioni sufficienti all'analisi, la componente sensoristica utilizzata è passata in secondo piano e due differenti fotocamere sono state impiegate, in base alla disponibilità avuta nel corso degli anni, mentre la valutazione del numero di immagini da unire è stato determinato sulla base delle dimensioni delle singole opere d'arte e dei punzoni in esse presenti.

Nella pratica dell'*Imaging* ad alta risoluzione, sia che si tratti di immagini riprese nello spettro della radiazione visibile, sia che vengano utilizzati illuminanti diversi e sensori sensibili a lunghezza d'onda differenti, la fase di acquisizione dei materiali per la mosaicatura si distingue in due strade differenti concettualmente sin dall'inizio delle riprese. I primi esperimenti in ordine di tempo⁴³ hanno visto lo sviluppo di un sistema d'unione per serie di immagini ottenute muovendo il sistema di ripresa lungo un piano parallelo all'opera da riprodurre, simulando quindi il movimento dei sistemi a scansione ampiamente in uso già negli ultimi anni del XX secolo. Tale sistema, ancora oggi ampiamente utilizzato nella riproduzione di opere pittoriche, rappresenta la soluzione quasi esclusiva per l'impiego di sensori basati sulla presenza di semiconduttori differenti dal silicio, contraddistinti ancora oggi da una risoluzione molto contenuta. In particolare nel campo applicativo dei sistemi multispettrali rappresenta la soluzione principale alle richieste di risoluzioni spaziali in grado di eguagliare quelle fotografiche su superfici di dimensioni molto elevate.⁴⁴ Garantendo lo spostamento del sensore di acquisizione e del gruppo ottico su due assi, seguendo un movimento a griglia come illustrato in Figura 28 e garantendo il mantenimento della distanza sensore-superficie durante tutte le operazioni, tale metodo rappresenta la soluzione ideale per la digitalizzazione di superfici piane. La fase di mosaicatura delle immagini così prodotte, dettagli a pari scala di una superficie, rappresenta, a livello geometrico, l'applicazione più semplice degli algoritmi *SIFT*, dovendo produrre unicamente un riposizionamento – una traslazione – dei singoli dettagli sulla base dei loro punti in comune e permette di operare con la medesima semplicità per ogni tipo di camera impiegata e di spettro elettromagnetico indagato, risultando quindi nel sistema ad oggi più applicato nelle riproduzioni laboratoriali. Al netto degli insuperabili vantaggi di un sistema simile, oggi in grado di produrre materiali fotografici di risoluzioni tali da

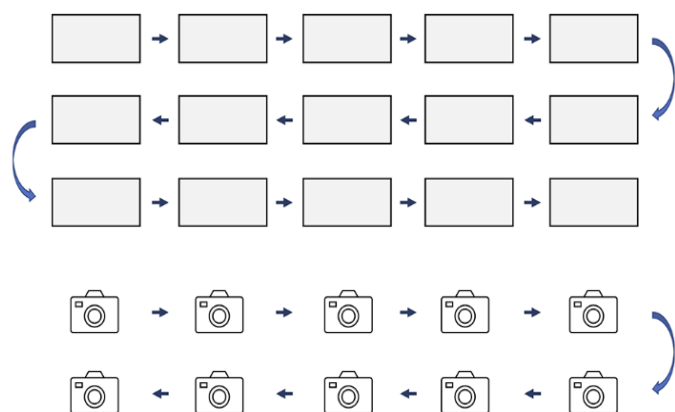


Figura 28 Il movimento della camera lungo la superficie dell'opera da riprodurre, altrimenti detto movimento "a scansione" permette di ottenere risoluzioni di ripresa limitate quasi unicamente dal numero di fotografie eseguite e dalla distanza camera-soggetto.

eguagliare qualsiasi osservazione attraverso strumenti di ingrandimento come lenti e microscopi portatili, sconta d'altro canto un sensibile limite in termini di applicabilità al di fuori delle situazioni ottimali raggiungibili in laboratorio in quanto la superficie intera interessata dalla digitalizzazione deve essere raggiungibile tramite un sistema meccanico in grado di spostare la sensoristica ed eventualmente le fonti di illuminazione. Ad oggi tale lavoro viene svolto da sistemi a due assi meccanizzati in grado di compiere spostamenti micrometrici e di garantire il rispetto della medesima distanza camera-soggetto lungo tutta la scansione, pur limitando, a causa di peso e dimensioni, l'impiego delle strumentazioni

⁴³ E. HERNANDEZ, K. LAFLAVETINE, R. ALVARADO, A. KRIZNAR, M. MUÑOZ, M. VEGA, E. ARROYO, J.L. RUVALCABA, M. RESPALDIZA, *Infrared reflectography (IRR) for large formats: comparison of various capture and mosaic assembly methodologies for large format easel paintings*, 2014, pp. 1–8; A. COSENTINO, *Panoramic infrared reflectography. Technical recommendations*, in «International Journal of Conservation Science», vol. 5, 2014, pp. 51–60.

⁴⁴ K. KEUNE, V. GONZALEZ, A. VAN LOON, F. BROERS, N. DE KEYSER, P. NOBLE, F. VANMEERT, S. DE MEYER, K. JANSSENS, OPERATION NIGHT WATCH TEAM, *Operation Night Watch: macro- and microscale X-ray imaging studies on the Rembrandt masterpiece The Night Watch in the Rijksmuseum*, in «Acta Crystallographica Section A Foundations and Advances», vol. 77, 2021, pp. 503–514.

quasi completamente ad un ambiente laboratoriale. Per ovviare a tali limitazioni, nel tempo sono stati sviluppati sistemi software ed hardware pensati per rispondere alle richieste di una maggiore portabilità, permettendo acquisizioni simili anche in contesti di cantiere. Per poter rispondere a queste esigenze, fondamentali nella digitalizzazione di elementi architettonici dove non sia possibile ideare strumenti di movimentazione di dimensioni pari al soggetto da ritrarre, sarà lo sviluppo di software in grado di considerare, oltre alla rototraslazione delle immagini anche una loro deformazione prospettica ad indicare una possibile soluzione al problema. Potendo infatti gestire anche la deformazione prodotta da uno spostamento angolare del sistema ottico sul suo asse, si apre la possibilità di unire tra loro immagini prodotte ruotando la fotocamera sul suo centro ottico rimuovendo inoltre il problema prospettico legato indissolubilmente al sistema precedente. Lo spostamento del punto di ripresa tra le serie di scatti infatti determina una deformazione prospettica di tutti gli elementi che non giacciono esattamente sullo stesso piano, generando, per gli oggetti una riproduzione non uniforme degli stessi.

La spinta proveniente dal bisogno di risolvere problematiche di questo genere ha portato verso la creazione di uno dei primi ampliamenti software costruiti per migliorare i risultati dello *stitching* delle immagini considerando, oltre al riposizionamento delle stesse, una loro deformazione secondo canoni prestabiliti legati alle regole della prospettiva monoscopica centrale. Integrare questo genere di deformazioni, al netto delle problematiche connesse con le deformazioni dell'immagine proprie dei sistemi ottici,⁴⁵ permette di determinare, nell'unione di una serie di immagini, il corretto posizionamento delle stesse anche variando l'angolo di ripresa. Operare con questo sistema, pur richiedendo l'immissione di più

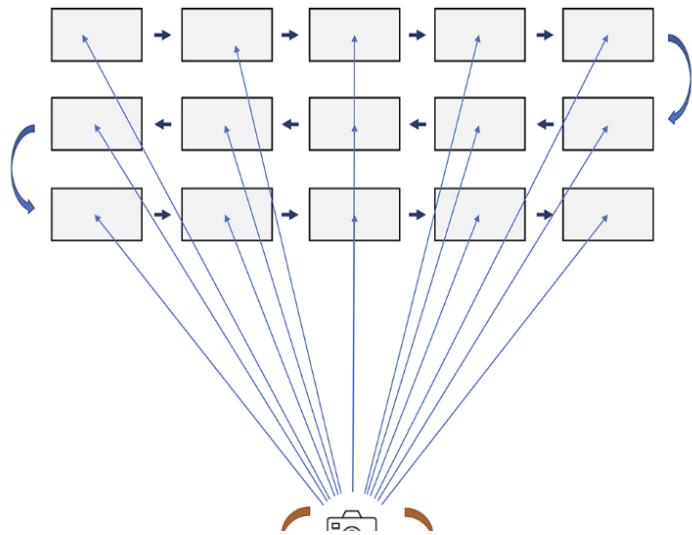


Figura 29 Il movimento di rotazione attorno al punto nodale posteriore di una determinata combinazione camera-obiettivo permette di coprire superfici molto vaste anche in condizioni di ripresa differenti rispetto quelle ottimali ottenibili in laboratorio.

informazioni quali la lunghezza focale dell'ottica e la dimensione del sensore utilizzato che, combinate, determinano l'angolo di campo di una ripresa, dà licenza di utilizzare immagini riprese da un unico punto dello spazio, muovendo il sistema di ripresa come illustrato in Figura 29. Il movimento di rotazione attorno al punto nodale posteriore di una determinata combinazione camera-obiettivo permette di coprire superfici molto vaste anche in condizioni di ripresa differenti rispetto quelle ottimali ottenibili in laboratorio. A livello teorico un sistema ottico composto da un insieme di lenti a formare un obiettivo ed un sensore posto ad una distanza determinata rispetto alle lenti stesse può essere inteso come un corpo unico avente due differenti fuochi ed un centro ottico. Il centro ottico della lente, disposto all'incirca in prossimità delle lamelle del diaframma rappresenta il punto nel quale il cono convergente del campo ripreso raggiunge il suo fuoco per invertirsi e venir proiettato sul sensore. Nominato anche *Punto Nodale* determina il punto preciso nello spazio attorno al quale ogni rotazione del sistema ottico non determina nessuno spostamento della posizione reciproca degli elementi ripresi in quanto il punto centrale di riflessione dei raggi luminosi entranti l'ottica non subisce spostamenti. Determinare questo centro di rotazione permette di unire immagini riprese a qualsiasi angolo sino alla creazione di rappresentazioni dell'intero orizzonte attorno la camera. Questo genere di accorgimenti rappresenta la base ottica necessaria all'unione di immagini che rappresentino un

⁴⁵ M. LANGFORD, p. 29.

campo visivo molto vasto, come nel caso delle riprese a tutto tondo impiegate nella ricostruzione di ambienti virtuali dove, all'interno di una singola immagine, vengono assemblate riprese in numero tale da coprire 360° sull'asse verticale e 180° su quella orizzontale. La mancata identificazione dell'esatto centro di rotazione genererebbe la presenza di artefatti legati allo spostamento reciproco degli oggetti ripresi dovuto allo spostamento del sensore durante la rotazione.⁴⁶ Questo disturbo, erroneamente definito per semplicità come *errore di parallasse* risulta essere ben visibile nel caso di riprese ravvicinate e sempre meno invadente con l'allontanarsi dei soggetti dal punto di ripresa, grazie alla sempre minor importanza relativa dello scostamento dell'asse ottico per soggetti posti a grande distanza. Senza addentrarsi specificatamente nelle dinamiche proprie delle riprese panoramiche in senso stretto, dove la necessità di unire svariate immagini per creare una riproduzione a tutto tondo rende necessari accorgimenti specifici che esorbitano da quanto qui trattato, rimane necessario evidenziare come l'effetto di questo decentramento dei sistemi di ripresa sia legato alla distanza relativa tra i soggetti ripresi e possa, in determinate condizioni, venir gestito perfettamente senza inficiare l'assemblaggio dei file finali.

In questa situazione è possibile ipotizzare di unire tra loro riprese effettuate a distanze soggetto-fotocamera ben maggiori rispetto a quelle necessarie per una ripresa del primo tipo, contenendo il peso della strumentazione richiesta e rendendo molto più speditiva l'acquisizione dei materiali. Uno dei primi limiti evidenziati da questo genere di ripresa è da trovarsi nella risoluzione di acquisizione più bassa rispetto a quanto ottenibile con apparecchiature più ingombranti, rendendo il sistema inadatto al suo utilizzo con sensori a bassa risoluzione quali camere InGaS e termocamere, relegandone l'impiego a sistemi basati sui più densi sensori al silicio, propri delle fotocamere digitali.⁴⁷ Un altro vincolo che verrà analizzato nel dettaglio nei paragrafi successivi riguarda l'impiego di lenti con lunghezze focali eccessivamente corte in quanto si vedrà come l'assemblaggio di immagini aventi un campo di ripresa superiore ai 60° determini una deformazione prospettica non controllabile se non attraverso deformazioni ulteriori da attuarsi in postproduzione, distorcendo quindi il naturale rapporto tra le superfici riprese. Nel caso specifico della riproduzione di oggetti dalle dimensioni contenute come nel caso delle tavole dipinte, dove raramente le misure complessive superano il paio di metri, dovendo contenere l'angolo orizzontale e verticale della ripresa sotto gli angoli precedentemente indicati, risulta quindi necessario impiegare lenti con angoli di campo molto stretti. I teleobiettivi di lunghezza focale pari o superiore ai 200mm da impiegarsi in queste situazioni dispongono di una profondità di campo molto ridotta e similmente non permettono una messa a fuoco a distanze ravvicinate. La combinazione di questi due limiti determinerà il bisogno di una particolare attenzione sia in fase di ripresa che di assemblaggio e postproduzione, pratiche particolarmente dispendiose in termini di tempo ma necessarie a garantire la corretta rappresentazione dei soggetti, ancora più fondamentale nei casi in cui sia richiesta una precisione submillimetrica nelle misure degli elementi ritratti. L'ulteriore differenza tra i due sistemi fin qui illustrati risiede infine nella gestione dell'illuminazione generale della scena; se i sistemi dotati di una struttura per lo spostamento della fotocamera possono essere predisposti anche per la movimentazione delle fonti di illuminazione in modo tale da garantirne un movimento parallelo a quello del sensore, nel secondo caso, predisponendo unicamente un movimento di rotazione attorno al centro ottico, non è possibile affidarsi al movimento dei sistemi di illuminazione, dovendo perciò garantire con fonti esterne di potenza nettamente superiore un'illuminazione uniforme della scena da ritrarre, questione da definire con attenzione nel caso di superfici con indici di riflessione tra loro molto diversi.

Partendo da queste considerazioni iniziali, è stato possibile cominciare la sperimentazione di un sistema di ripresa in grado di riprodurre in maniera efficace la differenza di toni tra le aree interessate dalla presenza di

⁴⁶ *Ibidem*, p. 52.

⁴⁷ C.M. FALCO, *Invited Article: High resolution digital camera for infrared reflectography*, in «Review of Scientific Instruments», vol. 80, fasc. 71301, 2009, pp. 1–10; M. GARGANO, D. BERTANI, *Infrared reflectography: test of a panoramic scanning technique*, in «E-Conservation Magazine», 2013, pp. 53–64.

una foglia metallica soggette a decorazione punzonata, “staccandone” la traccia dallo sfondo. Come detto precedentemente, le casistiche tenute in considerazione in questa fase iniziale di sperimentazioni sono state le più comuni e semplici da immaginare, lasciando agli accorgimenti caso per caso le migliori richieste. In particolare le casistiche prese in considerazione sono state: la presenza più o meno insistente del cretto, l’eventuale pulitura delle aree soggette a decorazione con conseguente somiglianza di toni tra le zone decorate e le aree limitrofe ed infine la presenza di elementi decorativi su superfici diverse dall’oro, quindi molto scure o, nei casi di distacco della lamina, del colore della preparazione a bolo. Non è stata invece considerata di primaria importanza la rappresentazione della decorazione presente in aree reintegrate. Dove la decorazione originaria sia scomparsa ed una reintegrazione dovuta al restauro ha in qualche misura imitato l’aspetto decorativo, non vi è stata una particolare attenzione alla resa di queste aree, meno utili allo scopo primario delle campagne fotografiche.

Come illustrato nel capitolo precedente per quanto riguarda materiali teoricamente più semplici come i negativi bianconero, qualsiasi forma di traduzione in immagine di un’opera d’arte è un processo interpretativo che porta con sé delle inevitabili perdite rispetto alla fisicità dell’opera stessa e pertanto richiede di essere ponderato attentamente sulla base dell’impiego che si ipotizza per l’immagine stessa. Se la riproduzione di opere bidimensionali o scarsamente aggettanti può considerarsi meno soggetta a variazioni conseguenti all’interpretazione data dal fotografo rispetto alla statuaria e lo spazio architettonico, il discorso viene nuovamente complicato nel momento in cui vaste campiture di materiali riflettenti come l’oro dominano la scena. Concentrandosi questo studio sulle forme della decorazione punzonata è risultato da subito fondamentale uniformare le riprese su uno standard soddisfacente che garantisca la migliore leggibilità possibile alle forme impresse con maggiore o minore forza. Come già una veloce analisi dell’archivio di E. S. Skaug dimostra, spesso il concentrarsi sulla migliore resa delle superfici dorate non si accorda bene con una altrettanto buona ripresa delle superfici dipinte, mentre un discrimine ulteriore riguarda la differenza di percezione tra una superficie dorata relativamente uniforme ed una mossa proprio dalla decorazione, manuale o stampigliata che sia.

Concentrandoci su un gruppo di opere molto più contenuto rispetto a quelle studiate dall’autore norvegese, disponendo di strumentazioni molto più performanti di quelle disponibili all’inizio degli anni ’70 e potendo soprattutto contare sulla gentile disponibilità delle istituzioni, in questi anni è stato possibile strutturare una campagna molto più articolata, lavorando con luci artificiali appositamente predisposte e ricreare l’illuminazione richiesta per uniformare come possibile le opere fotografate.

Caratteristica di questa tipologia di decorazione è proprio la sua presenza su superfici interessate da una stesura di foglie d’oro su una preparazione di bolo ma tale tendenza, pur se maggioritaria, non rappresenta la totalità delle tracce punzonate. Queste sono presenti, in particolare per quanto riguarda la decorazione degli abiti e dei paramenti sacri anche su aree trattate con foglia d’argento e, in casi più rari, semplicemente dipinte. Nel caso della foglia d’argento, l’ossidazione di questa ha in molti casi portato le tracce della decorazione a venir assorbite da un fondo molto scuro o nero, eventualmente interrotto dall’affioramento più o meno localizzato della preparazione a bolo, rendendo la superficie non solo molto distante dall’apparenza originale ma completamente diversa rispetto all’oro nella resa luministica e cromatica nelle fotografie.

Dovendo quindi determinare un sistema di ripresa che riesca a riprodurre nella maniera più chiara queste tracce a priori dalla loro collocazione e stato conservativo, sono state ipotizzate e successivamente sperimentate alcune soluzioni di illuminazione e ripresa prima di procedere estensivamente su tutte le opere selezionate, cercando di ridurre al minimo, ove possibile, la differenza fra queste. Nelle pagine seguenti verranno in particolare evidenziati gli errori che, non preventivati nella fase iniziale di ripresa, hanno portato successivamente ad alcuni cambiamenti nella costruzione dei set, in particolare tra la campagna pisana e la successiva campagna senese.

Scandagliando i sistemi di illuminazione più utilizzati nel campo della riproduzione dei beni culturali, il primo caso studiato ha visto l'impiego di due fonti di illuminazione poste a 45° rispetto l'asse del soggetto, imitando il posizionamento degli illuminanti proprio dei più comuni spettrofotometri, uno dei sistemi più precisi per quanto concerne la resa cromatica delle superfici. Pur rappresentando un procedimento molto utilizzato per la riproduzione di superfici piane e potendo contare su un buon livello di modificabilità in base all'opera da ritrarre, in particolare tramite piccole variazioni degli angoli e l'impiego di vari elementi diffusori, il sistema si è rivelato inadatto agli obiettivi della campagna. Anche nel caso di maggior diffusione della luce infatti, in particolare su superfici dalle dimensioni elevate, ha permesso di rendere con naturalezza le superfici dipinte mentre non ha garantito il grado richiesto di brillantezza dell'oro (Figura 30). Se nel caso più comune di decorazioni interessate da alcuni depositi di sporco nei solchi tracciati la resa è risultata chiara e semplice, nell'evenienza di puliture più energiche questa illuminazione ha ridotto la leggibilità delle tracce.



Figura 30 Nel caso di superfici particolarmente estese, indifferentemente dal grado di diffusione della luce, lo schema proposto non permette di rappresentare l'oro con la sua naturale brillantezza. Si può notare la differente resa nella riflessione dell'oro legata alla troppo estesa variazione dell'angolo di ripresa.

Legata fortemente all'angolo di riflessione della luce ambientale, l'apparenza dell'oro applicato su superfici di dimensioni elevate è caratterizzato da un'importante variazione nel colore, non seguita da un generale modificarsi della luminosità delle aree dipinte della scena, caso appunto legato non alla distanza della luce dal soggetto quanto all'angolo che si viene a formare tra gli illuminanti, la tavola e la camera da presa. In particolare dovendo lavorare a distanze comunque molto contenute per rappresentare superfici aventi dimensioni superiori al metro, sarà proprio l'angolo di rollio e beccheggio della fotocamera a determinare una variazione nella luminosità dei fondi oro richiedendo, nei casi estremi, la scomposizione della ripresa in più mosaicature effettuate da punti di vista differenti per ridurre l'angolo di rollio tra le serie di immagini.

Seppur intuibili e misurabili tramite l'osservazione umana, nelle aree interessate da una ridotta riflessione in camera della luce che colpisce le superfici lucide, i dettagli della decorazione punzonata sono apparsi pressoché identici nel grado di brillantezza rispetto alle aree circostanti come evidenziato da un ingrandimento dell'immagine precedente, rendendo particolarmente complessa la loro identificazione. (Figura 31)



Figura 31 L'elevato angolo formatosi tra la fonte di luce e la superficie in questo genere di riprese ha prodotto una scarsa differenziazione nella luminosità della decorazione punzonata, rendendone più complesso il riconoscimento in via automatica.

Simile discorso è da farsi per quanto concerne le aree dove sia ormai assente la foglia metallica e la decorazione punzonata giaccia su un substrato più opaco rispetto all'oro, situazione in grado di rendere appena intelleggibili le forme e le dimensioni. In ultima istanza inoltre, per una questione che riguarda maggiormente il gusto che il reale impiego nelle ricerche delle immagini, è da segnalare come molto spesso questo tipo di illuminazione, rimuovendo buona parte dei riflessi propri della foglia d'oro, trasformi le tavole del XIV e XV secolo in oggetti molto più opachi ed analizzi le aree soggette a doratura in maniera cruda ed asettica, evidenziando in particolare il colore del bolo presente sotto la doratura, anche quando questa sia ancora in buono stato. Questa caratteristica, legata proprio all'angolo di incidenza della luce non può essere alleviata se non tramite l'impiego di ulteriori fonti di illuminazioni dedicate all'oro onde evitare riproduzioni spente e spesso dominate da toni profondamente legati al verde, propri del colore dell'oro quando privato della componente luminosa del suo riflesso speculare.

Similare problema si è visto quando, durante il processo di selezione dei sistemi di illuminazione, si è voluta testare la resa dei sistemi a doppia polarizzazione. Questa particolare tecnica, principalmente legata al campo dell'archeologia e caduta in disuso con lo sviluppo di pratiche di postproduzione digitale relativamente semplici, ha visto il suo sviluppo come sistema insostituibile per la documentazione di superfici curve altamente riflettenti.⁴⁸ La trasmissione di una radiazione elettromagnetica nello spazio consiste, prendendo ad esempio una singola lunghezza d'onda, in un fascio di fotoni aventi differenti fasi ed angoli di oscillazione rispetto l'asse di propagazione, la polarizzazione rappresenta la selezione, solitamente effettuata tramite l'impiego di filtri, di un unico piano di trasmissione tra tutti quelli esistenti.⁴⁹ Questa procedura, pur riducendo il flusso luminoso che colpisce un soggetto, garantisce anche una consistente riduzione dei riflessi speculari oltre ad una generale saturazione dei colori. Semplificando ad uso fotografico la complessa interazione radiazione-superficie, si può evidenziare come una fonte di luce interagisca con una superficie tramite due comportamenti distinti presenti in percentuali diverse a seconda della superficie e dell'angolo di incidenza; riflessione diretta e completa della luce incidente (riflessione speculare) ed assorbimento di una parte delle lunghezze d'onda della stessa. Nel secondo caso, le caratteristiche fisiche e chimiche della superficie determinano un assorbimento di determinate frequenze e la riflessione di altre, in forma

⁴⁸ A. CHÉNÉ, P. FOLIOT, G. RÉVEILLAC, *La fotografia in archeologia*, Jaka Books, Milano, 1999, p. 86.

⁴⁹ R. GALASSO, E. GIFFI, *La documentazione fotografica delle schede di catalogo: metodologie e tecniche di ripresa*, Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione, Roma, 1998, p. 85.

scomposta e non più polarizzata. Apporre un secondo filtro polarizzatore anche tra il soggetto e la fotocamera garantisce la ripresa unicamente della seconda componente della riflessione, quella che determina i colori da noi percepiti, escludendo completamente la componente della riflessione diretta in quanto quest'ultima mantiene l'angolo di oscillazione proveniente dall'illuminante. La doppia polarizzazione o polarizzazione incrociata permette, tramite il filtro posto sul sistema di ripresa di selezionare l'intensità della riflessione da registrarsi in camera fino alla sua completa esclusione quando gli angoli dei due filtri siano tra loro complementari. Questo effetto, particolarmente ricercato nella fotografia archeologica e nella realizzazione di immagini utili ai processi fotogrammetrici, riesce in buona misura a prescindere i problemi legati all'angolo di incidenza della fonte di luce in rapporto al sensore in quanto viene registrata unicamente la componente diffusa della riflessione, influenzata in maniera molto contenuta dall'angolo formato tra superficie ed illuminante. Se l'effetto sulle superfici dipinte di questo impianto di illuminazione è risultato particolarmente efficace nella rimozione dei riflessi generati dalla presenza di protettivi e patine sulle aree dipinte a tempera, la resa dell'oro è risultata innaturale e carente di qualsiasi profondità, facendo scomparire le tracce della decorazione, evidenziando invece in maniera eccessiva lo stato conservativo della foglia d'oro (Figura 32), producendo quindi dei risultati inaccettabili ai fini dell'analisi della decorazione punzonata.



Figura 32 L'impiego di una fonte di luce polarizzata unito ad un secondo filtro polarizzatore sulla lente ha rimosso interamente la componente speculare della riflessione dell'oro, rendendo quasi completamente illeggibili le tracce della decorazione punzonata.

Procedendo ulteriormente nella sperimentazione, alla luce dei risultati ottenuti da E. S. Skaug in alcune immagini del suo archivio, si è preso in considerazione l'impiego della luce radente come elemento in grado di marcare con precisione la decorazione punzonata risolvendo in buona misura le problematiche connesse al differente stato conservativo delle aree interessate. L'impiego di uno o più illuminanti posti ad un angolo prossimo ai 90° rispetto l'asse dell'opera risolve il problema delle differenti riflessioni dei materiali compositivi, prediligendo una descrizione della forma delle superfici. Ampliamente utilizzata nel restauro, questa tecnica ha prodotto immagini incoraggianti nella fase di sperimentazione, riuscendo a marcare con efficacia anche le tracce di piccole dimensioni (Figura 33).



Figura 33 L'impiego di una luce radente con un angolo superiore ai 15° rispetto il piano di posizionamento del soggetto ha garantito una riproduzione dei dettagli più fini senza per questo perdere completamente la caratterizzazione del colore.

Al netto di alcune problematiche preventivate e risolvibili nella fase di acquisizione, le riproduzioni in luce radente avrebbero permesso di creare un interessante archivio di immagini di opere d'arte, utilizzabili anche per altri scopi ed avrebbe rappresentato un sistema relativamente speditivo in quanto per nulla pronò alle problematiche ambientali dei musei, non dovendo tener conto delle eventuali dominanti cromatiche generate dalla riflessione della luce nelle stanze. Gli elementi aggettanti dei polittici avrebbero richiesto una ripresa duplice, spostando le fonti di illuminazione sui due lati dell'elemento a rilievo per eliminarne in postproduzione l'ombra generata ed una simile soluzione avrebbe risolto anche i problemi legati alla non planarità delle tavole che avrebbe generato delle immagini completamente oscurate dall'ombra portata generata dalla stessa tavola. Con questa procedura, unendo i risultati di due differenti riproduzioni in luce radente con l'illuminante posto alternativamente ai due lati dell'opera, ogni sua area sarebbe risultata correttamente illuminata in almeno uno scatto, potendo procedere ad una fusione additiva dei materiali in un secondo tempo per generare un'unica immagine perfettamente illuminata.

I risultati positivi garantiti da questo tipo di illuminazione si sono invece scontrati con una problematica non preventivata nella fase iniziale, legata alle differenze tra la percezione umana ed i primi esperimenti di analisi software delle immagini. Come evidenzia il dettaglio di Figura 34, la presenza del cretto sulla superficie dorata genera una geometria chiaramente distinta dalle forme regolari e profonde dei punzoni mentre tale distinzione non è apparsa per nulla evidente durante le prime prove di segmentazione tramite sistemi di *Machine Learning*. Questa ambiguità nell'interpretazione delle informazioni ha perciò richiesto di scartare

anche questo sistema nonostante le sue potenzialità e verificare nuovamente la resa di immagini riprese in condizioni migliori.⁵⁰



Figura 34 L'evidenziazione marcata del cretto legata al sistema impiegato per l'illuminazione, seppure chiaramente distinguibile dalla decorazione punzonata, è risultato molto complesso da distinguere da questa attraverso i primi esperimenti di segmentazione dei pixel della scena. Risulta inoltre evidente nell'area sinistra del fotogramma la completa perdita di leggibilità nelle aree coperte dagli eventuali rilievi della tavola.

⁵⁰ Allo stato attuale delle ricerche l'intenzione è quella di ampliare i *dataset* creati anche con immagini prodotte tramite l'impiego di luci radenti per verificarne gli effetti generali sul riconoscimento di immagini non provenienti da riproduzioni professionali.

L'impiego di una luce frontale, ottenendo il risultato completamente opposto a quello descritto da una luce radente, ha dato a sua volta risultati promettenti per quanto riguarda la definizione della decorazione punzonata, in questo caso descritta come un solco su una superficie altrimenti molto brillante. Disponendo infatti un elemento diffusore di grandi dimensioni proprio davanti l'opera ed illuminandolo da dietro (Figura 35) ha permesso, riprendendo la scena da un foro del tessuto, di ottenere una definizione molto precisa di

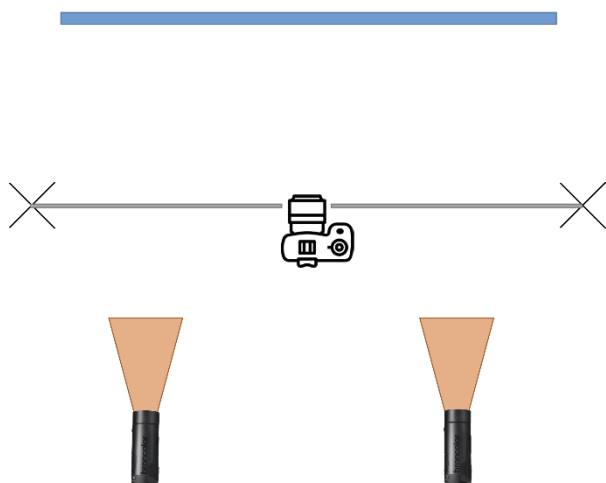


Figura 35 Il collocamento della fotocamera nell'unico foro presente nel tessuto bianco posto tra le luci ed il soggetto ha permesso di riprenderne la riflessione speculare nella forma più accentuata.

ogni singola traccia che interrompesse la superficie altrimenti piana dell'oro. Nonostante si presentino anche in questa situazione i problemi citati precedentemente per quanto concerne le superfici curve della tavola, dove in questo caso è il riflesso a modificarsi in intensità, il contrasto tra il fondo e la decorazione è rimasto elevato in ogni casistica sperimentata. Anche in questa situazione il cretto è risultato definito con molta chiarezza ma, a differenza del caso precedentemente citato, l'evidenza delle fratture è risultata estremamente sottile rispetto alle aree decorate, marcando solo il minimo spazio interessato dall'assenza di foglia d'oro quando nell'impiego della luce radente tali aree vengono rappresentate con maggiore importanza. Questa esiguità del tratto del cretto ha permesso di ipotizzare sistemi software di rimozione dello stesso, generando immagini non verosimiglianti l'originale ma utili alla ricerca in atto.

Anche tale strada è stata accantonata nel tentativo di trovare una migliore soluzione che permetta anche altri impieghi delle fotografie prodotte; l'elevata leggibilità della decorazione visibile in Figura 36 ha contemporaneamente portato ad una resa del tutto innaturale delle superfici pittoriche interessate da un intenso riflesso che ne impedisce la lettura se non per quanto concerne la mappatura della riflessività della superficie, dato di interesse indubbiamente marginale.



Figura 36 La collocazione delle fonti di luce in posizione frontale rispetto l'opera da riprodurre garantisce una riflessione speculare molto forte in grado di marcare ogni discontinuità nella superficie del supporto.

L'ultima tecnica indagata, poi scelta per le successive campagne, ha visto l'impiego di fonti di luce molto diffuse seppur angolate, cercando di bilanciare i risultati di leggibilità delle superfici pittoriche ottenibili con l'impiego di luci dirette disposte a 45° dall'asse del soggetto con una maggiore brillantezza delle superfici interessate dalla maggior parte della decorazione punzonata. Alla soluzione iniziale che ha visto la disposizione di luci diffuse ma dirette verso l'opera si è preferita l'impiego di una luce diffusa generata dalla riflessione dei muri stessi delle stanze; orientando le lampade flash verso le pareti opposte all'opera è stato possibile generare una riflessione molto vasta e morbida in grado di emulare in maniera molto tenue l'effetto ottenuto attraverso l'impiego di luci frontali. Modificando poi l'angolo di incidenza delle luci sulle pareti, è stato possibile regolare con precisione la provenienza della stessa sulle superfici, prediligendo una componente angolare più marcata rispetto a quella frontale (Figura 37). In questa maniera è stato possibile regolare, caso per caso, la componente in grado di generare la luminosità ricercata sull'oro e contemporaneamente garantire una riproduzione bilanciata delle aree dipinte a tempera. Questa soluzione di compromesso si è rivelata particolarmente efficace quando gli spazi espositivi hanno permesso un ampio margine di manovra con le lampade, risultando invece relativamente ostica nel caso di opere per le quali non sia stato possibile disporre di una perfetta disposizione delle luci flash. In particolare nel caso delle stanze di dimensioni contenute non è stato possibile controllare una parte di riverbero della luce il quale, pur marcando perfettamente la decorazione punzonata ha generato una debole riflessione anche sulle aree pittoriche interessate da una superficie particolarmente riflettente. In maniera molto più contenuta rispetto a quanto evidenziato in Figura 36, dove non è stato possibile eliminare totalmente la riflessione frontale, le aree più scure dell'opera sono state interessate da una lieve riflessione che ne ha modificato parzialmente la resa cromatica.

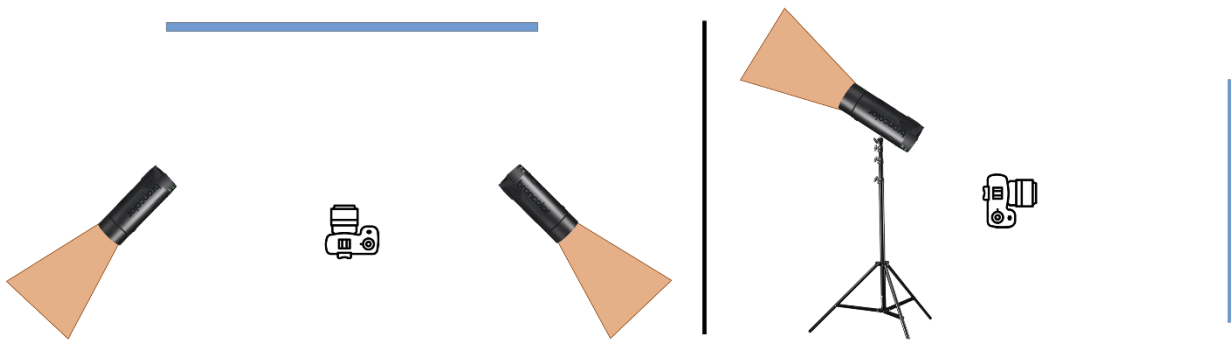


Figura 37 La vista zenitale e laterale del collocamento delle fonti di luce nel sistema poi prescelto per le campagne. La possibilità di regolare l'alzo e l'angolo delle stesse ha permesso di bilanciare caso per caso l'illuminazione più corretta per ogni opera.

Questo limite ha reso il sistema proposto insufficiente a garantire la precisione cromatica della ripresa di alcune opere, risultando non valido per una vera e propria campagna di documentazione che rispetti gli standard più o meno condivisi⁵¹ sulla gestione del colore, limitandone l'impiego a quello originario dello studio della decorazione punzonata. Non è possibile per chi scrive determinare con assoluta certezza se, nonostante i risultati incoraggianti ottenuti sinora, l'elevato numero di immagini di punzoni ottenute fino a questo momento sia in grado di garantire agli algoritmi di *Machine Learning* sviluppati la possibilità di identificare con maggior precisione anche le tracce riprese in immagini differenti da quelle fin qui prodotte, permettendo forse una soluzione parziale del problema qualora il riconoscimento delle decorazioni fin qui studiate sia possibile anche su riproduzioni effettuate con altri sistemi di illuminazione.

3.2 LE OPERAZIONI DI RIPRESA

Identificato il sistema ritenuto migliore per la documentazione della decorazione punzonata, sono iniziate le riprese nel Museo Nazionale di San Matteo a Pisa e nella Pinacoteca Nazionale di Siena, grazie alle autorizzazioni e all'aiuto gentilmente fornito rispettivamente da Pierluigi Nieri per il museo pisano, Elena Rossoni e Sandra Tucci per la galleria senese.

Dovendo gestire la complessa situazione della riflessione delle superfici lucide, legata oltre che alla qualità della fonte di illuminazione di un determinato soggetto anche all'angolo che tale luce crea tra la superficie ed il punto di osservazione, le riprese sono state suddivise in modo tale da ridurre al minimo la rotazione richiesta alla fotocamera durante le riprese. Dovendo mantenere una distanza opera-fotocamera molto contenuta a causa dell'elevata risoluzione richiesta, i grandi polittici hanno reso necessario scorporare la ripresa in fasi successive. La distanza di circa 1,5-1,8 metri richiesta per poter ottenere con i sensori a disposizione una risoluzione spaziale attorno ai 1000dpi, ha contemporaneamente generato il problema di dover compiere un movimento angolare estremamente vasto con il sistema di ripresa. Al netto delle problematiche connesse alla resa prospettica inadeguata di qualsiasi vista così fortemente scorciata, altri due limiti tecnici hanno impedito la semplice risoluzione delle riprese da un singolo punto. Da un lato le superfici metalliche interagiscono profondamente con l'angolo di ripresa variando intensamente la loro riflessione, cambiando il colore dell'oro dai toni chiari e caldi ad altri molto scuri e freddi simili a quelli evidenziati durante le riprese con le luci poste a 45°, dall'altro lato invece, oltre le considerazioni di carattere interpretativo, è stato il limite stesso dei software adibiti alla creazione di immagini ad alta risoluzione a determinare l'impossibilità di tali riprese. Nell'assemblare serie più o meno grandi di immagini uno dei limiti legati alla

⁵¹ R. GALASSO, E. GIFFI; T. RIEGER, K.A. PHELPS, H. BECKERLE, T. BROWN, R. FREDERICK, S. MITRANI; H. VAN DORMOLEN.

ricostruzione prospettica della scena è da trovarsi nell'incapacità di rendere con precisione geometrica le riprese che vadano a coprire un angolo di campo elevato°.

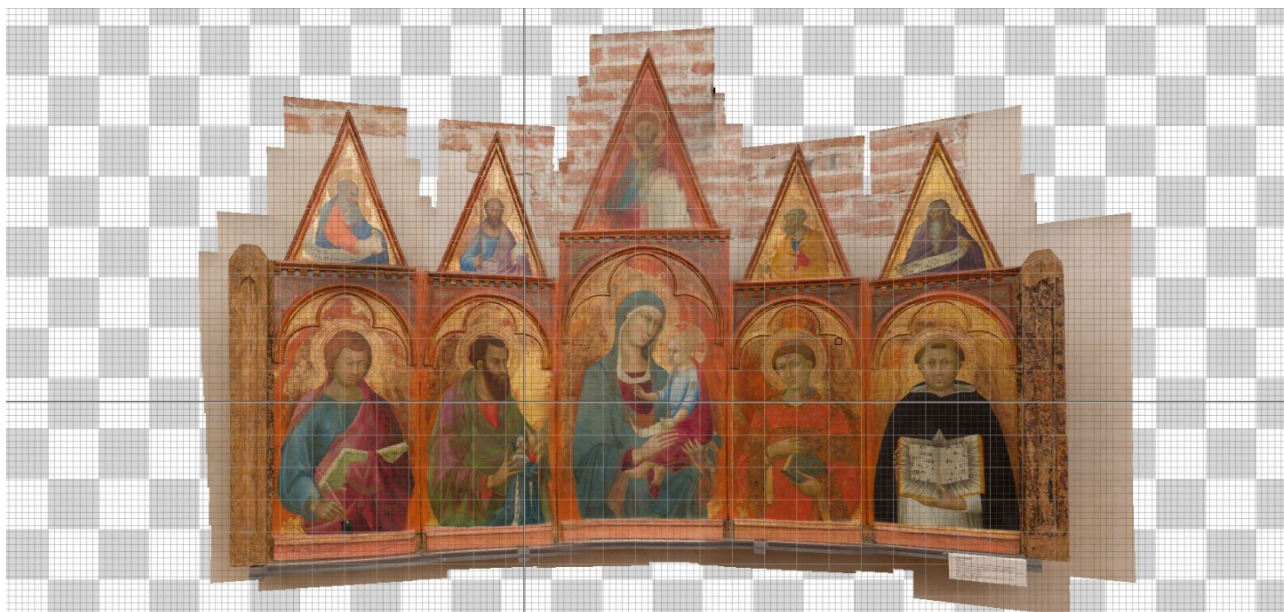


Figura 38 Una proiezione di una ripresa molto ravvicinata, dovendo scontare un angolo di campo complessivo superiore ai 45° non è in grado di riprodurre correttamente la planeità delle superfici.

Tale problema, esacerbato in Figura 38, è determinato dall'impossibilità di trasformare visioni prospettiche in una prospettiva centrale mantenendo tra loro ortogonali le linee parallele e perpendicolari all'orizzonte, necessitando quindi di una fuga prospettica via via più visibile con l'aumentare dei gradi dell'angolo di campo. Per ovviare a questo limite tecnico, non potendo aumentare la distanza di ripresa senza perdere in qualità del dettaglio, è stato necessario scorporare la ripresa in un numero di serie pari agli elementi costitutivi dei polittici, spostando il punto di ripresa sull'asse centrale di ogni pannello, riducendo l'angolo di campo complessivo e garantendo quindi una resa prospettica equilibrata ed una migliore rispondenza dei colori delle superfici metalliche. Solo in alcuni casi estremi come il grande polittico di San Domenico di Francesco Traini conservato a Pisa la dimensione particolarmente elevata del pannello centrale ha richiesto di scorporare in due parti anche la sua ripresa, modificando la quota del centro di rotazione ad 1/3 e 2/3 dell'altezza complessiva dell'opera. Infine, nei casi che lo hanno richiesto, la presenza di elementi architettonici aggettanti è stata gestita tramite una serie di riprese specifiche cercando di mantenere anche nei loro confronti un buon grado di ortogonalità, riducendo al minimo la rappresentazione in prospettiva degli elementi posti davanti al piano della tavola, altrimenti risolti con una vista di scorcio.

Per gestire la rappresentazione del colore e verificare la correttezza dell'esposizione generale, oltre al *target* 24 colori ripreso al centro della scena, sono stati fotografati anche dei similari riferimenti dal tono neutro per misurare l'esposizione della scena. Non potendo controllare l'angolo di inclinazione dell'opera rispetto la verticale e mancando la possibilità di una ripresa in luce frontale per le problematiche esposte precedentemente, è stata tenuta in considerazione la possibilità di notare una lieve caduta di luce tra la parte superiore e quelle inferiori dei polittici di maggiori dimensioni; per misurare ed eventualmente correggere queste differenze sono state effettuate tre riprese dello stesso riferimento colorimetrico avente un grado di



Figura 39 Posizionare a tre altezze differenti un riferimento cromatico con una riflettanza nota ha permesso, nell'eventualità di un lieve sbilanciamento dell'esposizione generale, di correggerla in postproduzione.

potendo in alcuni casi operare senza l'illuminazione delle sale, la ripresa in luce flash ha permesso di eliminarne l'influenza proprio grazie l'elevata potenza dell'illuminante. Se con le impostazioni prescelte di sensibilità, tempi e diaframmi, escludendo la luce artificiale che andrà ad illuminare l'opera, l'immagine risultante non è apparsa uniformemente nera, questo ha indicato la presenza di riflessi sufficientemente intensi da apparire anche nelle immagini realizzate successivamente. In alcuni casi particolari illuminazioni puntiformi hanno quindi richiesto piccoli spostamenti della fotocamera per non generare riflessi sul fondo oro in grado di apparire, seppur attenuati, anche nelle riprese a luce artificiale. (Figura 40)

riflessione della luce noto e garantito dal produttore, posto al centro ed alle estremità superiori ed inferiori dei singoli pannelli. (Figura 39)

Determinata la posizione del sistema di ripresa lungo l'asse dell'opera da riprodurre e determinato il posizionamento ritenuto corretto delle fonti di illuminazione, misurandone l'intensità con un esposimetro esterno a luce incidente che permetta di escludere il grado di riflessione del soggetto dalla valutazione, prima di procedere alla ripresa tramite lenti dalla lunga focale in grado di selezionare dettagli molto stretti, è stata effettuata una ripresa con una lente grandangolare che copra in un unico scatto l'intera scena. Non utilizzabile per la risoluzione limitata, questa immagine permette di valutare complessivamente il movimento della luce lungo tutta l'area del pannello da riprendersi, verificando l'eventuale insorgenza di riflessi inaspettati nelle aree periferiche. In particolare negli aggetti e nelle tavole soggette ad una importante curvatura è risultato spesso evidente come anche piccoli errori nel posizionamento delle luci portassero ad evidenti gradienti di riflessione in aree localizzate. Tramite questa verifica è stato possibile effettuare la correzione fine dell'illuminazione altrimenti impossibile da farsi impiegando lampade flash a scarica, piccoli spostamenti nel posizionamento e nell'angolazione delle luci hanno permesso di rimuovere interamente i riflessi non voluti nelle aree interessate alla digitalizzazione.

Spegnendo le lampade ed impostando tempi di scatto molto veloci (1/200") è stata controllata l'eventuale presenza di luci parassite dovute all'illuminazione ambientale, spesso caratterizzata da riflessi molto marcati. Non potendo controllare l'angolazione e l'intensità delle luci presenti presso i musei e non



Figura 40 Nel caso di alcune opere poste a determinati angoli con le luci del museo si sono generati riflessi molto forti sulle superfici lucide, riflessi visibili anche con i tempi di scatto brevi permessi dalla luce flash. Uno scatta iniziale a lampade spente ha permesso di verificare l'eventuale presenza di tali riflessioni e di eliminarle modificando l'angolo formatosi tra luce, opera e fotocamera, fino all'ottenimento di un'immagine perfettamente nera.

Terminata quindi la verifica delle variabili ambientali il sistema camera-obiettivo è stato posto su uno stativo in grado di permetterne la rotazione attorno ad un punto prossimo al centro ottico della lente seppur non propriamente coincidente. Tale scelta è stata il risultato di un bilanciamento tra la comodità di impiego di teste adibite a movimenti molto contenuti e precisi tramite pignoni e cremagliere e la maggior precisione nell'allineamento concessa dai sistemi adibiti alla fotografia panoramica. Al netto di soluzioni automatizzate molto dispendiose ed ingombranti, le strumentazioni panoramiche comuni non sono ideate per l'impiego con movimenti contenuti della camera lungo la serie di riprese, risultando in una mancata sovrapposizione dalle immagini. I sistemi a cremagliera invece, se integrati con una staffa che avvicini il centro ottico della lente al centro di rotazione del meccanismo, permettono una estrema stabilità e precisione del movimento a fronte di un disallineamento così contenuto da non risultare percepibile qualora la distanza di ripresa sia superiore ad almeno due volte la lunghezza focale impiegata. Inutilizzabili quindi per le riprese panoramiche a tutto tondo e comunque imperfette nella resa di elementi posti a differenti distanze dalla lente, rappresentano una soluzione efficace alla ripresa di elementi pressoché piani a distanze superiori al metro.

La fotocamera impiegata nelle prime riprese di Fiesole, Pisa e Siena è stata la medesima utilizzata per la digitalizzazione dei negativi dell'archivio Skaug ed è stata sostituita solamente per le riprese di Fabriano con una fotocamera più moderna avente un sensore più ricco di pixel a parità di dimensioni. La sostituzione di una *Canon Eos R5* alla *Eos R* precedentemente utilizzata ed il conseguente aumento dei pixel per immagine dai 30.1 della prima ai 45 della seconda ha permesso, per l'ultima campagna, di aumentare la distanza relativa tra opera e sistema di ripresa, incrementando la profondità di campo nitido e riducendo quindi il numero di scatti richiesti, rendendo più veloce la procedura pur mantenendo la medesima risoluzione spaziale per la digitalizzazione delle opere.

Posizionato il sistema camera-obiettivo sulla staffa utilizzata ed ancorando l'insieme ad una testa a cremagliera, è iniziata la fase di riproduzione dei singoli pannelli, iniziando il movimento da un angolo e procedendo a linee parallele sino a coprire tutta la superficie dell'opera comprendendo anche le aree

limitrofe che verranno utilizzate più tardi per allineare tra loro gli elementi dei polittici. Dovendo contare su una risoluzione di base molto elevata che riuscisse a rendere con ricchezza di dettaglio anche i particolari minuti di un'opera d'arte ed immaginando di dover gestire ed identificare tracce della dimensione pari al millimetro, è risultato da subito necessario operare con obiettivi dalla lunghezza focale superiore ai 200mm in grado di garantire una sufficiente distanza tra sistema di ripresa e soggetto, riducendo, come possibile, i tempi richiesti alla post-produzione. La scelta è ricaduta sull'impiego di una lente da 300mm come il *Canon Eos 300 mm 4 L* in quanto l'assenza di elementi flottanti adibiti alla stabilizzazione ed il disegno ottico hanno garantito una elevata nitidezza di ripresa ai diaframmi impiegati seppure a scapito della profondità di campo, ridotta in questo caso a pochi centimetri. Nel caso del museo pisano, la tonalità scura delle pareti ha ridotto di molto l'intensità luminosa a disposizione richiedendo una riduzione dei valori di diaframma impiegati a scapito di una ancora minore profondità di campo che genererà, come verrà spiegato nel paragrafo inerente all'elaborazione digitale dei file, un aumento non indifferente del tempo richiesto alla preparazione dei panorami finali.

3.2.1 Fotogrammetria

Completata la fase di acquisizione delle immagini da utilizzare per l'assemblamento in alta risoluzione delle singole opere, utilizzando le stesse condizioni di illuminazione create all'occorrenza, sono state effettuate alcune riprese generali dell'opera al fine di poter costruire dei modelli fotogrammetrici a bassa risoluzione della stessa in grado di contenere i dati metrici necessari ad una corretta riproduzione in scala. Uno dei problemi più comuni durante lo stitching di gruppi numerosi di immagini, in particolare nei casi in cui queste rappresentino selezioni separate di varie parti di un'opera come nel caso descritto per l'acquisizione di imponenti polittici, risulta essere la scarsa attendibilità dei software esistenti nel mantenimento delle corrette proporzioni della scena. Pur parlando di errori contenuti nell'ordine di alcuni punti percentuali nel rapporto tra altezza e larghezza, è prassi diffusa quella di verificare costantemente le misure alla fine della procedura di fusione. Data la complessità nella misurazione di ogni parte di un polittico e le possibilità di errore generate proprio dall'elevato numero di misure, si è preferito operare tramite l'acquisizione di dati fotogrammetrici, molto più solidi per quanto riguarda le misurazioni, per verificare la correttezza di ogni singola ripresa. È stata ripresa circa una trentina di immagini per ogni opera fotografata, avendo cura di utilizzare lenti dalla minore lunghezza focale per garantire la completa ripresa della tavola in ogni scatto; ove possibile, sono stati compiuti due movimenti a semicerchio attorno il soggetto a due differenti altezze in modo da garantire una completa copertura degli oggetti. (Figura 41)

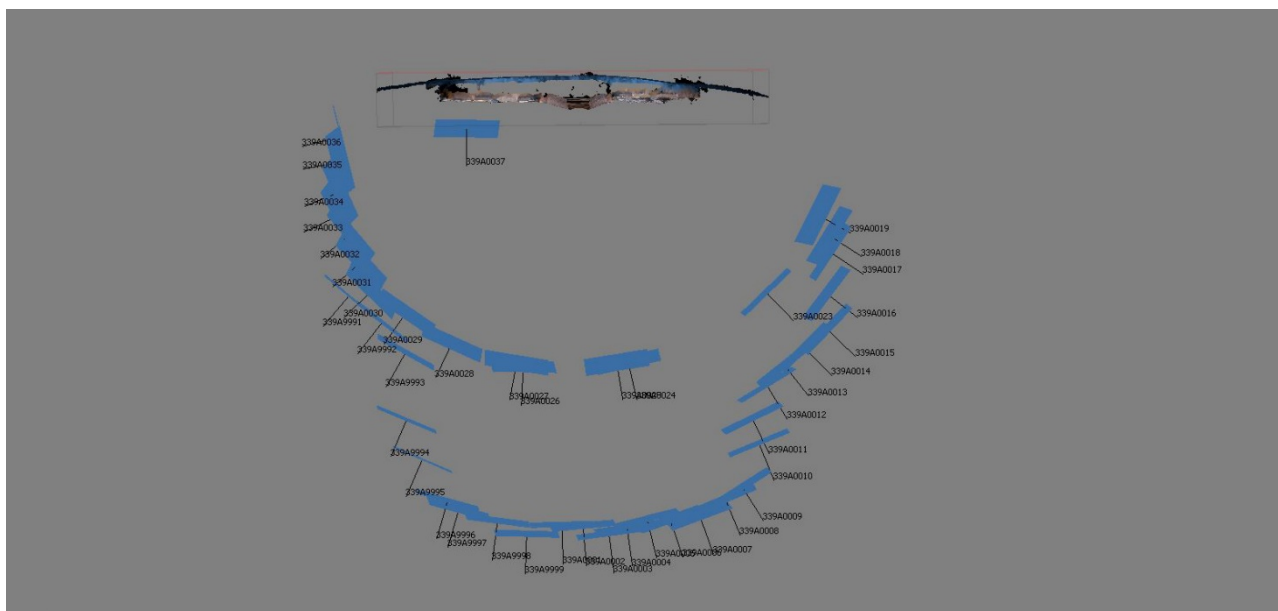


Figura 41 La vista zenitale delle due serie di movimenti compiuti attorno ad una singola tavola rappresenta schematicamente le vedute necessarie per coprire con precisione la superficie di una tavola.

La risoluzione minore ed il contenuto numero di immagini non sono sufficienti alla produzione di un modello tridimensionale completo dell'opera, compito ben più complesso di quello qui richiesto, né sono in grado di garantire una risoluzione utile all'analisi della decorazione punzonata, permettendo invece la realizzazione di una precisa riproduzione ortofotografica anche dei polittici più complessi. Poter operare su un modello tridimensionale ha permesso di riprodurre opere dalla forma complessa e di visualizzarle attraverso una proiezione ortogonale la quale, a differenza della prospettiva centrale che caratterizza ogni immagine fotografica, permette di ottenere misure precise non dipendenti dal punto d'osservazione. Se nelle normali condizioni di ripresa di una singola opera dalla superficie piana la gestione della prospettiva risulta facilmente risolvibile tramite il preciso collocamento della fotocamera su un punto dell'asse della superficie, non può trattarsi con altrettanta semplicità il caso di riprese multiple effettuate spostando la fotocamera per ogni componente del polittico né, similmente, tale precisione può essere garantita nel caso di superfici di dimensioni così elevate da impedire il posizionamento del centro di ripresa all'altezza dell'asse. In queste situazioni quindi risulta controllabile ma non escludibile a priori il problema di un'eventuale interpretazione errata della prospettiva con conseguente modifica delle proporzioni, motivo per il quale la disponibilità di ortofotografie create per l'occasione garantirà il perfetto rispetto delle misure originali.

Per tutte le riprese è stata utilizzata una lente grandangolare avente la lunghezza focale di 17mm per la quale è disponibile un modello di correzione delle distorsioni ottiche, procedura altrimenti eseguita dal software per via induttiva con risultati non confrontabili e diversi da situazione a situazione. Poter contare su un modello preciso delle deformazioni proprie di una lente garantisce la soppressione dei piccoli errori derivanti dalla differente resa prospettica di un soggetto ripreso al centro o ai bordi del fotogramma, caso comune nella pratica di acquisizione fotogrammetrica.

I gruppi di immagini così ottenute sono stati elaborati nel software *Agisoft Metashape Professional* (versione 1.5.0) importando separatamente le immagini di ogni opera in un diverso *Chunk* così da costruire un modello tridimensionale separato per ogni opera indagata. Per tutti gli elementi è stato importato il medesimo modello di deformazione della lente ed è stata avviata la fase iniziale di allineamento delle immagini. Basandosi anche in questo caso sul riconoscimento dei pixel in comune tra varie immagini grazie ad algoritmi SIFT, il primo processo va ad identificare una selezione ristretta di punti comuni definiti i quali è possibile determinare la posizione reciproca dei punti di ripresa sulla base del posizionamento relativo di tali punti in ogni singola immagine. Questa prima nuvola di punti (Figura 42) ha un valore relativo nella costruzione di un modello tridimensionale venendo poi sostituita da una maglia più fitta di punti nel processo di costruzione della nuvola densa (*Dense Cloud*) il quale si basa, questa volta senza modifiche mirate, proprio sul posizionamento dei punti di ripresa ottenuto alla fine del primo passaggio. Risulta quindi fondamentale determinare con precisione il posizionamento di ogni singola fotografia prima di procedere alla seconda costruzione, operazione particolarmente dispendiosa in termini di tempo di calcolo rispetto la prima. Per ovviare ai possibili problemi risultanti dall'impiego di immagini aventi importanti riflessi sulla superficie dorata si è preferito utilizzare immagini postprodotte al minimo contrasto, avendo cura che non vi siano aree sovraesposte in corrispondenza dei riflessi.



Figura 42 La nuvola sparsa risultante dal primo allineamento delle varie immagini, pur non essendo in grado di fornire dati utili alla misurazione della superficie, rappresenta un valido strumento per la valutazione della qualità dei risultati futuri.

La resa non naturale delle immagini a basso contrasto tende a garantire un migliore riconoscimento dei punti in comune da parte del software anche nelle aree sovra e sottoesposte permettendo un posizionamento più preciso durante la fase di allineamento. L'elevato numero di punti riconosciuti in questa fase ha permesso di affinare ulteriormente l'allineamento tramite una procedura di selezione ed eliminazione dei punti più imprecisi. Il comando *Model>Gradual Selection* è appunto inteso per selezionare tramite un cursore mobile una percentuale via via maggiore di punti del modello in base alle loro caratteristiche; impostando il criterio di selezione sui valori di *Reprojection Error*, *Reconstruction Uncertainty* ed infine *Projection Accuracy* è stato possibile eliminare circa la metà dei punti generati in prima battuta, mantenendo unicamente il modello costruito sui dati più certi e precisi. Una fase di affinamento della proiezione tramite il comando *Tools>Optimize Cameras* ha quindi ricalibrato leggermente il posizionamento dei singoli punti di ripresa rispetto a questa migliore selezione per garantire una maggior precisione del modello tridimensionale in costruzione.

A questo punto la creazione della seconda nuvola di punti tramite *Workflow>Build Dense Cloud* ha generato, tramite l'analisi di ogni pixel delle immagini a disposizione una nuvola di punti che rappresenta il massimo grado di risoluzione spaziale permesso da un modello fotogrammetrico, oltre in quale non è possibile spingersi con tale strumento (Figura 43), le successive operazioni di creazione della *Mesh* di triangoli e di *Texturing* si basano infatti sui dati fin qui prodotti e non possono arricchire ulteriormente il modello di informazioni spaziali. La creazione della *mesh* è stata effettuata cercando di mantenere l'elevato livello di dettaglio garantito dalla nuvola di punti, per quanto il modello tridimensionale vero e proprio verrà impiegato solo indirettamente. Avendo cura di non generare un modello di piccole dimensioni, si è scelto di limitarne il numero di poligoni a 2.000.000, un valore sufficiente a definire le superfici ed ancora gestibile in termini di dimensioni del file digitale creato.

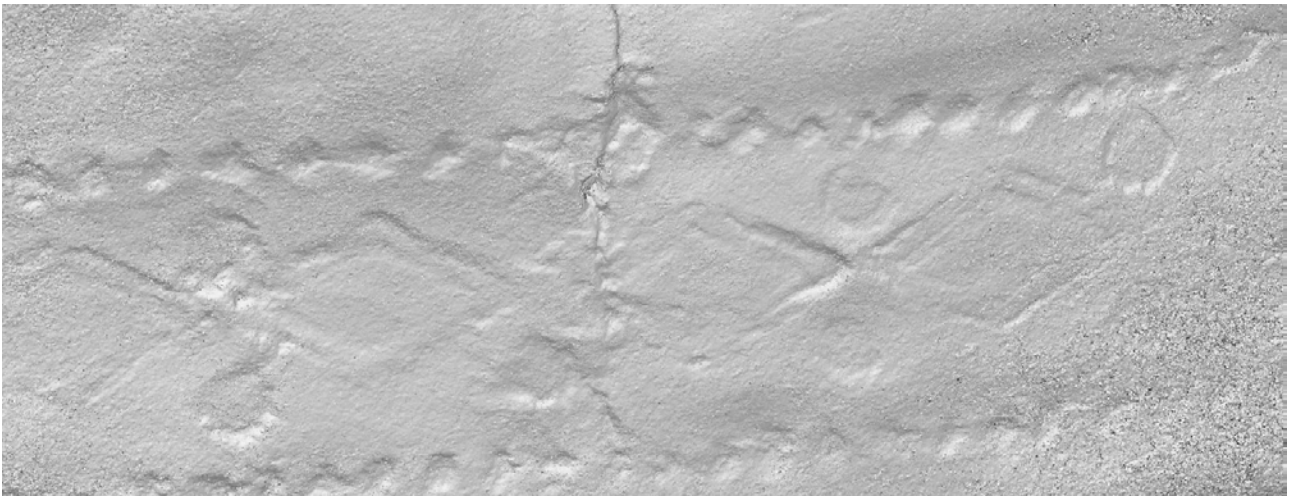


Figura 43 La visualizzazione priva delle informazioni sul colore di una nuvola di punti altrimenti dettagliata anche su questa informazione, permette di valutare il livello di dettaglio raggiunto nella campagna, inferiore rispetto ai sistemi a luce strutturata ma sufficiente all'identificazione della decorazione punzonata.

Determinata la forma delle opere e la loro eventuale deformazione, le immagini fotografiche sono state nuovamente impiegate per determinare almeno tre punti su ogni modello che giacessero sul piano della tavola per meglio determinarne l'orientamento. I punti selezionati sono stati scelti arbitrariamente verso gli angoli delle tavole, escludendo l'eventuale presenza di cornici mentre, nel caso dei polittici di maggiori dimensioni sono stati individuati dei punti su più pannelli. Questi punti, definiti sulle immagini e trasportati automaticamente dal software sulla dense *cloud* nella loro posizione nel modello, permetteranno nelle fasi successive di esportare una vista ortogonale dell'oggetto, basandoci proprio sulla sua superficie come riferimento per l'allineamento. Ove possibile le terne sono state collocate seguendo un angolo retto per ridurre le operazioni conseguenti di postproduzione (Figura 44) purché appunto poste sul supporto ligneo dell'opera. Il più intuitivo posizionamento sulle pareti dei punti di riferimento o di appositi *marker* è stato pensato in un primo momento come strategia più semplice, successivamente scartata a causa dell'impossibilità nel determinare l'eventuale angolo di inclinazione dell'opera rispetto la parete stessa. Determinati quindi i punti di riferimento, questi ultimi sono stati utilizzati nella successiva fase di creazione dell'ortomosaico richiamabile tramite il comando *Workflow>Build Orthomosaic* per il quale è stato necessario procedere precedentemente alla creazione della mesh.

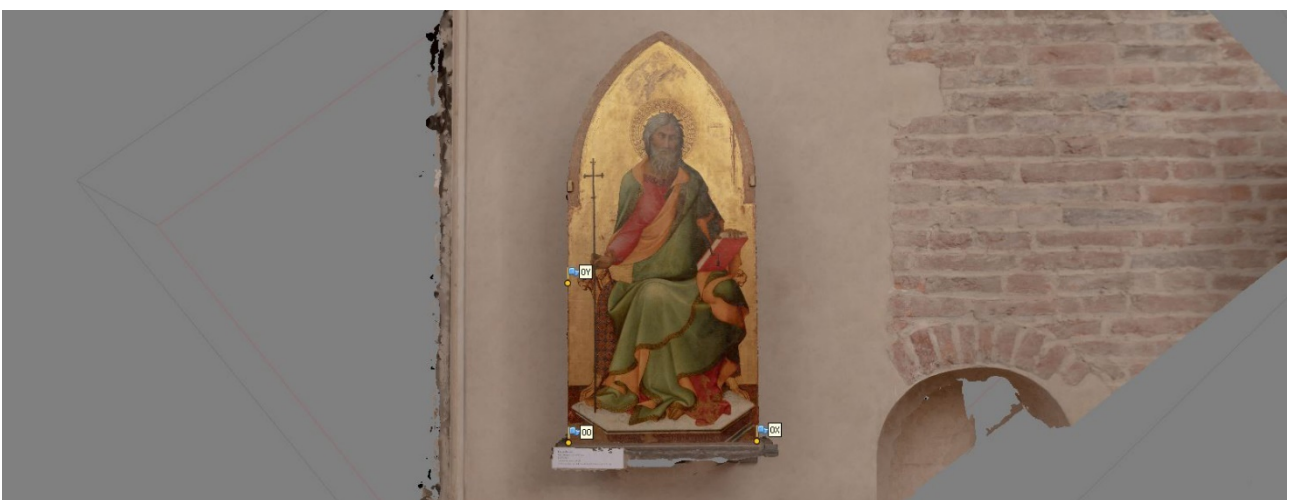


Figura 44 La collocazione di terne di punti sui vertici delle tavole ha prodotto delle ortofotografie in grado di rappresentare correttamente i rapporti dimensionali delle opere.

Pur essendo una nuova elaborazione delle immagini importate nella fase iniziale, tale procedura non può essere attuata direttamente su una nuvola di punti, per quanto dettagliata sia, da qui la necessità di generare

un modello tridimensionale, ancorché non rifinito, per procedere oltre. Nel pannello dei comandi per la creazione dell'ortomosaico è possibile determinare quindi l'orientamento da dare al modello per la creazione della proiezione ortogonale, seguendo gli assi x, y e z dello spazio di lavoro, la vista impostata o appunto degli specifici marker apposti sul modello. Non potendo fare affidamento sull'orientamento x, y, z, del modello in quanto nella fotogrammetria terrestre, in assenza di dati acquisiti tramite strumentazioni dedicate, non vi sono metodi per il corretto orientamento dello stesso e non volendo procedere tramite una sistemazione a monitor del corretto orientamento, è risultato necessario ricorrere all'impiego di terne di *marker* da utilizzare come riferimenti per gli assi di proiezione. Impostando quindi la tendina *Projection plane* su *Marker* e definendone le coppie 00-0X e 00-0Y come le rette dei due piani di proiezione orizzontale e verticale (Figura 45), è stato possibile creare un'immagine avente la massima risoluzione ottenibile con le immagini utilizzate per la creazione del modello, tra loro fuse a ricreare un unico mosaico in grado di rappresentare correttamente il rapporto tra i lati dell'opera.

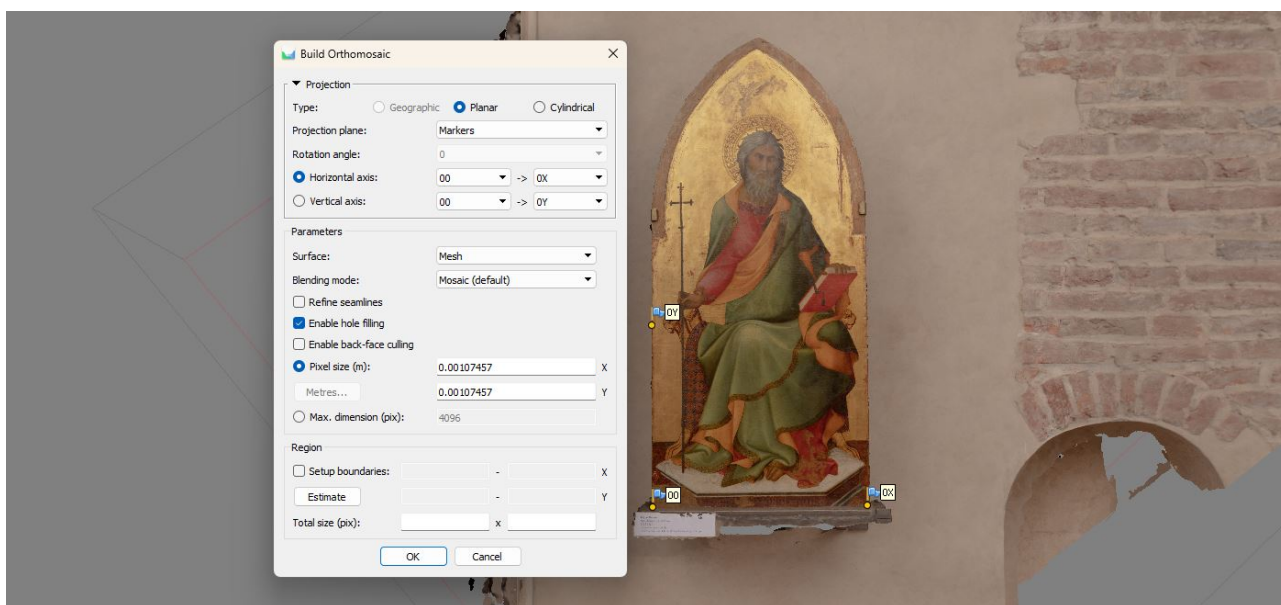


Figura 45 Impostando i tre marker precedentemente creati come origine delle semirette del piano X ed Y è stato possibile creare un ortomosaico avente le corrette proporzioni del bene da ritrarre.

Le immagini così create, visualizzabili direttamente nel software che le ha generate, sono state infine esportate in formato TIFF tramite l'apposita opzione *File>Export>Export Orthomosaic* per essere archiviate nella stessa cartella dove sono stati generati i progetti dei modelli tridimensionali, attendendo l'impiego futuro al termine dello *stitching* in alta risoluzione. Solamente nel caso della statua lignea di Santa Anatolia presente in mostra a Fabriano la procedura fotogrammetrica è stata modificata per meglio rispettare l'esigenza, questa sì propria della fotogrammetria, di gestire opere a tutto tondo. Lungo il bordo della veste e sulla corona sono presenti decorazioni a punzone sulla foglia d'oro, elementi che seguono la forma della statua e risultano pertanto non misurabili con precisione attraverso le immagini fotografiche. La presenza di superfici altamente riflettenti rappresenta uno degli ostacoli più difficili da superare nel processo fotogrammetrico; non potendo contare su un asset di illuminazione polarizzata che si muovesse assieme alla macchina fotografica nel museo di Fabriano, l'unica soluzione affidabile è stata quella di generare una luce ancora più diffusa rispetto quella impiegata nella riproduzione delle tavole, sempre orientando verso le pareti ed il soffitto le lampade in modo da ridurre al minimo il modificarsi della riflessione durante la fase di ripresa, la quale ha richiesto di spostare la macchina fotografica attorno al dettaglio da riprendere, sempre cercando di compiere dei movimenti ad emiciclo. In questo caso la sovrapposizione tra i fotogrammi è stata aumentata per garantire un migliore risultato nella fase di allineamento, disponendo di multiple riprese dello stesso punto dell'oggetto. Trattandosi di aree dalle dimensioni contenute prive di elementi aggettanti in grado di mascherarne la vista e non essendo richiesta una restituzione a tutto tondo della statua il numero di scatti

richiesti è risultato comunque contenuto in due serie da 26 e 36 immagini, elaborate come le precedenti in *Agisoft Metashape*.

In questo caso quindi alla creazione della mesh è seguita la vera e propria fase di *Texturing* la quale permette di “coprire” il modello appena generato con un’immagine fotografica che ne rispetti le forme. A differenza della superficie descritta dai triangoli di una mesh, la quale può a sua volta essere colorata seguendo le informazioni delle foto, una texture non è vincolata dalla risoluzione, ovvero dal numero di superfici, del modello stesso. Ottimo sistema per ridurre la dimensione ed il peso di modelli dalle forme geometriche semplici con superfici ricche di dettagli, permette di mantenere un risultato di qualità fotografica anche nei casi in cui l’eccessivo numero di poligoni renderebbe difficile da navigare il modello così creato. (Figura 46) In questo frangente le *texture* in alta risoluzione così create (16.384 pixel per lato) hanno permesso di visionare e misurare i modelli con precisione, potendo contare sul livello di dettaglio garantito dalle immagini fotografiche e le misure sono state prese non più su una semplice fotografia, non in grado di rappresentare la variazione della forma dovuta alla curvatura del supporto ma a tutti gli effetti tramite gli strumenti propri della modellazione tridimensionale.



Figura 46 Il confronto tra la mesh (a sinistra) la mesh colorata e la texture (a destra) illustra quanto maggior dettaglio della superficie sia possibile mantenere con una texture a risoluzione elevata anche su un modello tridimensionale di pochi poligoni e di semplice gestione.

3.3 POSTPRODUZIONE

Terminate le operazioni di ripresa e la creazione degli ortomosaici che verranno utilizzati in questa fase, sono iniziate le operazioni di postproduzione dell'importante mole di file prodotti nelle quattro campagne fotografiche.

Tabella 2 Tabella riassuntiva delle immagini riprese e della risultante risoluzione dei panorami finali.

Opera	Focale	Immagini per fotogrammetria	Immagini per mosaicatura	Pixel Larghezza	Pixel Altezza
PISA					
Lippo Memmi, Dio Padre	300mm	17	27	21043	17879
Lippo Memmi, Madonna con Bambino tra i Santi Giovanni Evangelista, Mattia che presenta un donatore, Stefano e Tommaso	300mm	12	279	52256	33024
Lippo Memmi, S. Andrea in Faldistorio	300mm	14	71	12181	25015
Giovanni di Nicola, Madonna con Bambino tra i Santi Bona, Giovanni Battista, Maria Maddalena e Bartolomeo	300mm	31	290		
Giovanni di Nicola, Santi Giovanni Battista, Pietro e Bartolomeo					
Giovanni di Nicola, Madonna in trono col Bambino e donatore	300mm	18	177	23756	16075
Francesco Traini, San Domenico	300mm	46	1438	93107	82679
Cecco di Pietro, Quattro elementi di predella	300mm	31	234	Vari	Vari
Cecco di Pietro, Pietà	300mm	23	362	70073	35858
Cecco di Pietro, Crocifissione	300mm	25	442	57204	5530
Cecco di Pietro, Madonna in trono col Bambino	300mm	17	165	23729	45294
Antonio Veneziano, Vergine Assunta tra Cherubini e Angeli musicanti	300mm	16	216	28593	46744
Spinello Aretino, Tre Santi	300mm	19	233		
Rossello di Jacopo, Madonna con Bambino	300mm	19	253	31428	56355
Maestro dell'Università Aurificum Madonna con Bambino	300mm	16	334	32168	61120
Turino Vanni, Battesimo	300mm	17	227	26552	44384
Turino Vanni, Quattro Santi	300mm	23	528	55592	43718
Simone Martini, Madonna col Bambino e Santi, polittico	300mm	44	977	78111	52801
SIENA					
Pietro Lorenzetti, Madonna Bambino dodici Santi	300mm	75	218	44464	31384
Jacopo Pellicciaio, Quattro Santi	300mm				
Bartolomeo Bulgarini Madonna, Santi Ansano e Galgano	300mm	34	196	36183	27976
Ambrogio Lorenzetti, Santi Paolo e Giovanni	300mm	35	212	41601	40402
Ambrogio Lorenzetti, Madonna col Bambino e Santi	300mm	54	576	69750	62879
Bartolomeo Bulgarini, Santi Pietro, Paolo e Giovanni	300mm	47	345	61877	44652
Naddo Ceccarelli, Madonna tra quattro Santi e quattro Angeli	300mm	26	729	83217	58590
Lippo Memmi, Santi Ludovico e Francesco	300mm	29	323	47147	45705
Lippo Memmi, Madonna col Bambino	300mm	46	204	24259	33966
FABRIANO (Allegretto Nuzi tranne dove specificato altrimenti)					
Imago Pietatis	300mm	15	24	14604	24136
Madonna con Bambino	300mm	15	102	22376	43872
Madonna con Bambino il trono tra san Bartolomeo e santa Caterina d'Alessandria Crocifissione	300mm	20	155	19526	20482
San Giovanni Battista	300mm	22	61	10899	21115
Imago Pietatis tra due Angeli, Adorazione del Bambino	300mm	11	42	15265	20057
Madonna dell'Umiltà	300mm	46	262	41896	53992
Francescuccio, Madonna dell'umiltà	300mm	35	117	27742	33233
Madonna col Bambino in trono 1370	300mm	32	105	24168	58272
Imago Pietatis	300mm	21	92	16162	23742
San Bartolomeo	300mm	17	17	11790	14258
Madonna col Bambino in trono	300mm	23	141	33640	51684
Predella San Bartolomeo	300mm	15	86	60112	20320
Madonna col Bambino in trono	300mm	33	146	41240	49816
Crocifissione	300mm	19	154	24591	36408
Polittico di Apiro	300mm	27	561	112567	77356
Trittico Madonna con Bambino in trono	300mm	20	336	60000	36344
Francescuccio, polittico	300mm	25	343	87855	60353
Santi Agostino, Nicola e Stefano	300mm	9	295	62576	52072
Madonna col Bambino SS. Maddalena Venanzio Giovanni Bartolomeo	300mm	15	290	84794	48909
Madonna col Bambino, Musei Vaticani	300mm	17	306	75846	64265
Quattro Tavolette quattro Santi	300mm	6	57	30883	20370
Francescuccio, 3 Storie S. Giovanni	300mm	22	77	61688	20000
Tre Tavolette, quattro Angeli e Santi Caterina e Giovanni 1	300mm	14	18	13144	8755
Tre Tavolette, quattro Angeli e Santi Caterina e Giovanni 2	300mm	14	5	12515	15174

In Tabella 2 sono schematicamente riassunte le immagini prodotte per ogni opera e risulta evidente come tale numero sia in buona misura legato alle dimensioni delle stesse salvo eccezioni particolari dove la ridotta distanza di ripresa ha richiesto la realizzazione di un numero maggiore di immagini per le problematiche legate alla profondità di campo evidenziate nel paragrafo 3.2. Disponendo i file in cartelle separate onde evitare problemi durante la fase di montaggio, i RAW ottenuti durante la campagna sono stati innanzi tutto convertiti in file TIFF a seguito di una veloce postproduzione iniziale. Come per i negativi dell'archivio Skaug anche in questo caso è risultato necessario operare una caratterizzazione della luce utilizzata per riprendere le singole opere tramite la registrazione di un riferimento cromatico sulla scena; se nel caso precedentemente investigato è risultata sufficiente una singola ripresa per applicare il medesimo profilo di correzione per tutti i negativi digitalizzati, nel caso della ripresa di opere in ambienti più vasti e non appositamente predisposti, non è stato possibile garantire la stessa continuità nel colore della luce. In primis è risultato necessario bilanciare lo scostamento cromatico dovuto al colore delle pareti le quali, anche se bianche, non sono prive di lievi dominanti in grado di modificare il colore della luce, caso ancora più evidente lavorando in ambienti dove assieme alle malte ed ai pannelli museali, una parte della copertura sia composta da mattoni. In seconda battuta sono state proprio le condizioni del posizionamento delle singole opere a non permettere l'assoluta certezza di una mancanza di influenze, lievi ma misurabili, dovute proprio al collocamento delle luci all'interno della stessa stanza, motivo per il quale si è preferito operare singolarmente, opera per opera, come consigliato anche dalle linee guida citate precedentemente. Sono stati quindi creati dei profili di conversione in numero pari alle opere riprodotte, nominati conseguentemente per evitarne l'errato impiego, i file RAW sono stati elaborati riducendo la postproduzione all'assegnazione dei profili così creati; lievi correzioni dell'esposizione sono state effettuate unicamente nel caso in cui il riferimento della riflettanza media fotografato al centro della scena si discostasse dal valore ottimale nonostante le attenzioni avute durante la ripresa ed infine, come nel caso dei negativi, è stato impostato un lieve aumento della nitidezza generale dei singoli scatti prima di procedere al salvataggio dei singoli file TIFF.

Il processo di selezione del software da impiegarsi nelle operazioni di *stitching* ha reso necessario il confronto tra due dei tre maggiori sistemi impiegati ad oggi per identificare il sistema più preciso, seppure sia risultato il più dispendioso in termini di tempo per il lavoro da svolgersi. Il più comune e commerciale *Adobe Photoshop* è stato escluso dai test in quanto, nonostante disponga di un'apposita funzione simile, non risulta sufficientemente completo per poter operare su importanti gruppi di immagini. I due software ancora tra i più utilizzati per tali operazioni sono da identificarsi in due prodotti commerciali dal costo contenuto quali *Autopano Giga* sviluppato dalla software house *Kolor* ormai confluita nella più grande azienda *GoPro* ed infine dismessa ed il più comune *PTGUI* sviluppato dall'olandese *New House Internet Services*. Entrambi questi software, tra i molti disponibili in licenza proprietaria o libera, sono caratterizzati da una *GUI (Graphical User Interface)* molto sviluppata che permette, al netto di una certa complessità operativa, di controllare approfonditamente il funzionamento degli algoritmi di riconoscimento dei punti omologhi e la conseguente trasformazione delle immagini avendo la possibilità di verificare i risultati in tempo reale. Entrambi questi software, assieme al similare *Hugin* operano tendenzialmente in maniera molto simile, modificando in alcuni casi i nomi attribuiti ai singoli comandi pur condividendo un funzionamento pressoché identico eccettuando alcune piccole variazioni che verranno qui confrontate alla luce delle problematiche esposte in fase di ripresa. Contemplando da subito l'eventualità di situazioni nelle quali il numero degli scatti ha facilmente superato le duecento immagini per pannello, è risultato necessario concentrare la sperimentazione sui due software in grado di gestire panorami in alta risoluzione operando nella fase iniziale tramite la creazione di anteprime in bassa risoluzione che rendano agevole il lavoro a monitor per posticipare alla fase di esportazione le operazioni ad alto consumo in termini di dispendio di capacità del processore. Come indicato precedentemente, il problema principale da affrontare nell'assemblamento di questi materiali è quasi completamente legato alla presenza di aree fuori fuoco all'interno di una percentuale molto elevata delle immagini utilizzate, con un visibile aumento della superficie non perfettamente nitida nelle aree più esterne

delle tavole dove risulta maggiore il disassamento del sistema di ripresa rispetto la normale dell'opera. I due software presi in esame sono stati testati in quanto ad efficienza nel riconoscimento e selezione automatica delle aree più nitide nel montaggio finale per poter valutare il miglior sistema in termini di dispendio di tempo richiesto.

Entrambi i software sono risultati tendenzialmente insufficienti nel gestire automaticamente questa complessa casistica, richiedendo per tutte le opere una lunga revisione manuale, indubbiamente minore in termini di tempo per i risultati ottenuti con il non più commercializzato *Autopano Giga*, scelto per questo lavoro grazie ai risultati migliori in termini di precisione.

All'interno delle cartelle contenenti le immagini dei vari politici, i singoli pannelli sono stati ripresi con ordine e separatamente montati in alta risoluzione prima di procedere alla fase di assemblaggio. I gruppi di immagini corrispondenti ad ogni tavola, assieme ad una serie di immagini dei pannelli adiacenti, sono stati caricati separatamente nel software dedicato per procedere ad una prima fase di assemblaggio. Il software impiegato, non disponendo più di aggiornamenti per le fotocamere prodotte negli ultimi anni non è stato in grado di identificare automaticamente i metadati dei file per quanto riguarda le informazioni necessarie all'assemblaggio quali la fotocamera impiegata e la lunghezza focale della lente utilizzata. Dovendo ricostruire un panorama formato dalla rotazione del sistema ottico su un punto preciso risulta infatti necessario identificare le caratteristiche degli strumenti di ripresa per definire correttamente l'angolo di campo coperto da ogni singola immagine e, conseguentemente, l'angolo complessivo risultante dall'assemblamento di molteplici immagini disposte in righe e colonne. Il programma utilizzato inserisce le informazioni sulla dimensione del sensore sulla base del riconoscimento del modello di fotocamera impiegato e la lista da cui selezionare lo stesso comprende un numero particolarmente elevato di fotocamere divise per marca e modello. Non potendo inserire nuovi modelli non esistenti alla data di release del software (versione 4.4.2, release del 10/09/2018) è stato necessario selezionare una fotocamera con pari dimensione del sensore tra quelle disponibili, informazione che, combinata con la lunghezza focale da esprimersi in millimetri ed il ridondante fattore di conversione del sensore (Figura 47) ha permesso di procedere correttamente alla fase successiva di allineamento delle anteprime.

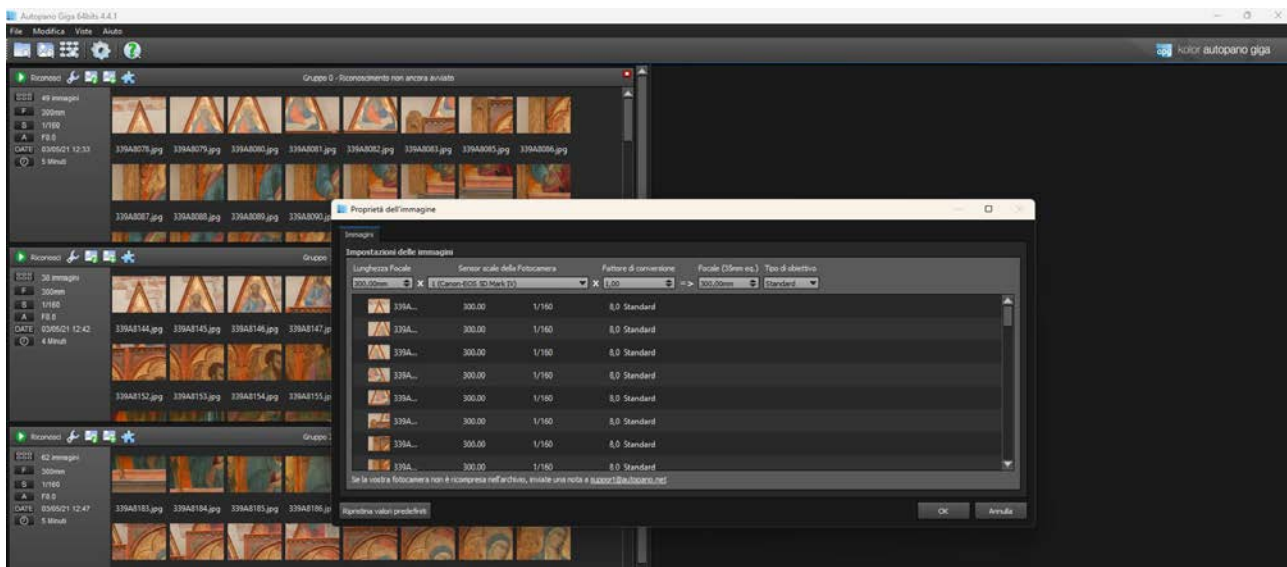


Figura 47 Determinando i parametri di allineamento sulla base dell'angolo di campo inquadrato dalla serie di immagini, risulta necessario specificare con precisione la lunghezza focale della lente utilizzata per le riprese ed evitare come possibile variazioni di questa tra un'immagine e le successive..

Dovendo gestire file le cui dimensioni finali possono superare comodamente svariati *Gigabyte* di peso risulta impossibile operare sulle memorie temporanee anche dei computer più performanti sulla totalità delle immagini, richiedendo quindi, solo per la visualizzazione, la creazione di anteprime in bassa risoluzione, operazione svolta automaticamente dal programma nel corso dell'elaborazione dei dati. Avviato il

riconoscimento dei punti omologhi all'interno delle fotografie di ogni gruppo, sarà il programma stesso a definire il loro posizionamento in un ordine preciso, creando a questo punto un progetto del panorama e visualizzandone la resa sulla parte destra dello spazio di lavoro. Seppur tendenzialmente valido come risultato di partenza, il panorama così proposto non è in grado di rispettare gli standard necessari alla sua successiva ottimizzazione, richiedendo un'ulteriore elaborazione manuale che tenga in considerazione le casistiche proprie di ogni scena ripresa.

La possibilità di operare su semplici anteprime permette quindi di modificare velocemente le linee orizzontali e verticali dei singoli elaborati, solitamente affetti da qualche grado di rotazione dovuto alle condizioni di ripresa e verificare tramite l'apposita finestra l'eventuale presenza di collegamenti molto deboli (Figura 48).

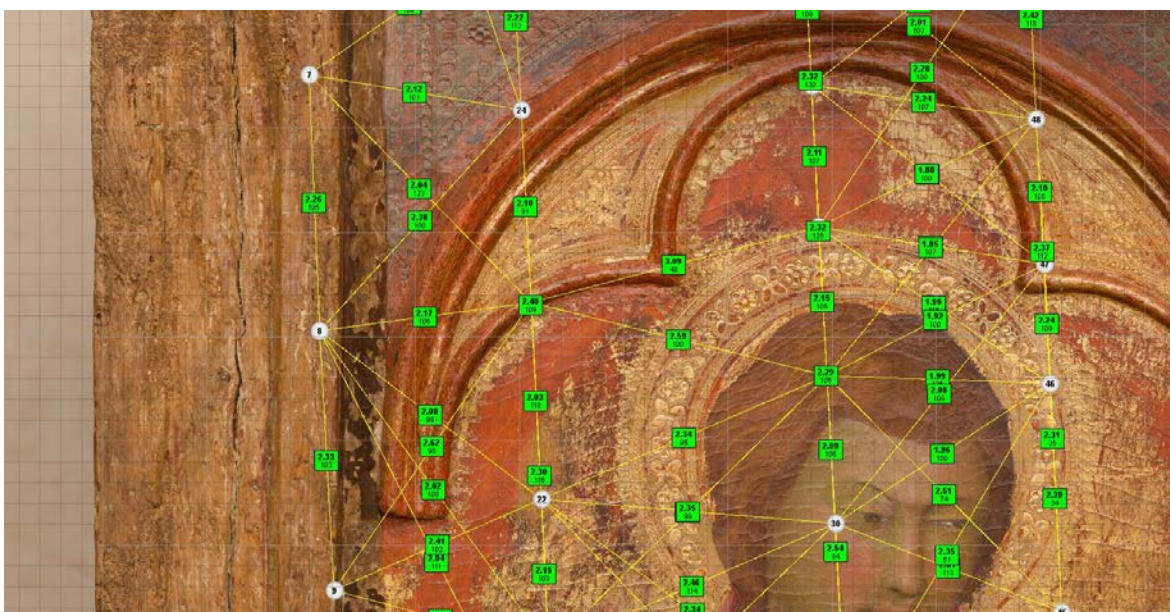


Figura 48 La verifica istantanea della qualità del collegamento tra le singole immagini, misurata tramite l'RMS medio dei collegamenti permette di eliminare o riallineare eventuali fotografie collegate erroneamente.

La disponibilità di un'interfaccia grafica per effettuare a schermo queste verifiche e non dover demandare interamente la correzione a software quali *Adobe Photoshop* permette di ridurre considerevolmente il tempo complessivo richiesto all'ottimizzazione di ogni singola immagine e di garantire una precisione elevata nella rappresentazione dei dettagli di minori dimensioni che sono l'oggetto di questo studio. Identificati i punti omologhi per ogni coppia di immagini, ad ognuno di essi è assegnato un valore che ne misuri la precisione in termini di errore quadratico medio (RMS) della distanza relativa verso il suo omologo e la media di questi valori viene utilizzata per definire la qualità del collegamento tra due immagini aventi delle parti in comune, prescindendo dalla percentuale di sovrapposizione e dal numero di punti identificati. Unendo immagini prodotte da sistemi ottici aventi delle lievi distorsioni nella resa prospettica tra le aree centrali e quelle laterali del fotogramma risulta evidente come gli errori di posizionamento siano tendenzialmente maggiori nelle aree periferiche dei fotogrammi, problema particolarmente contenuto a causa proprio dell'elevata sovrapposizione tra immagini prodotte durante la fase di ripresa. (Figura 49)

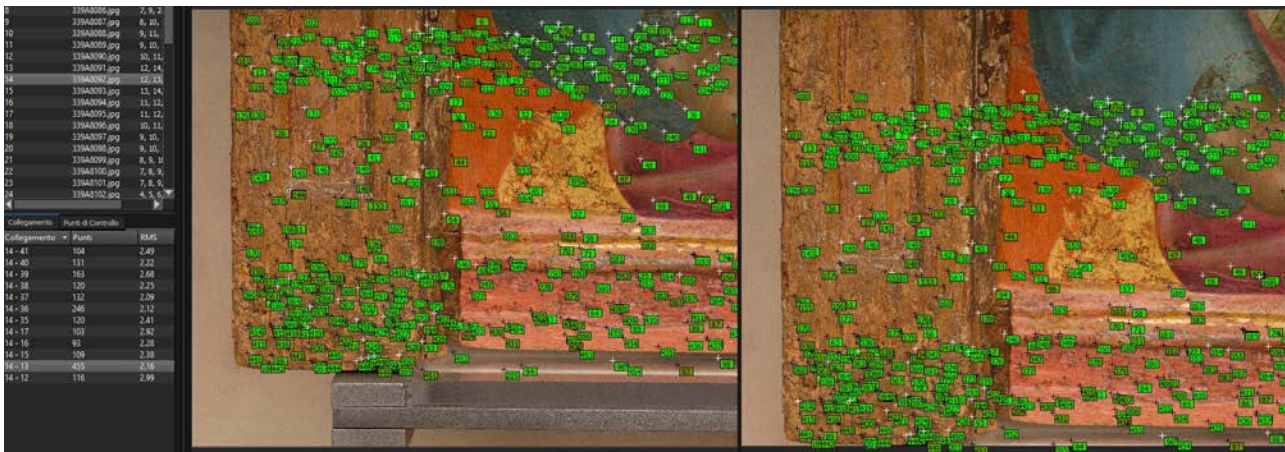


Figura 49 Nelle aree periferiche delle singole immagini si può notare la tendenza ad una minore precisione dell'allineamento tra i punti omologhi, rappresentata da un colore lievemente più scuro dei singoli tag. La deformazione ottica molto contenuta di teleobiettivi a focale fissa riduce questa imprecisione a valori controllabili.

L'eventuale presenza di collegamenti aventi valori medi superiori ad un RMS 3 è stata analizzata con precisione ed è risultata evidente unicamente nei rari casi in cui siano unicamente due bordi estremi a garantire il collegamento tra due immagini, casistica sollevata proprio dal minore spostamento angolare tra le serie di immagini. Onde evitare problemi nel montaggio, risultato del bilanciamento reciproco di tutti i collegamenti del panorama, sono stati eliminati completamente i collegamenti aventi un RMS superiore a 4 per garantire un corretto posizionamento delle immagini sulla base dei concatenamenti più precisi. In quanto nati anche per la creazione di immagini equirettangolari di panorami naturali, tutti i software per lo *stitching* di immagini dispongono di un più o meno evoluto sistema di bilanciamento dell'esposizione sulla scena e di fusione graduale delle immagini per poter sopperire alle eventuali variazioni di tono presenti nelle riprese all'aperto; nel caso qui preso in esame la correzione automatica dei colori della scena, impostazione di base del software al momento della sua installazione, risulterebbe in una errata gestione del colore, permettendo ad un software non specifico di elaborare informazioni altrimenti controllate tramite la profilazione svolta precedentemente. Avendo quindi cura di impedire la modifica del colore da parte del software tramite l'apposita funzione richiamabile della finestra predisposta per l'elaborazione dei toni di immagini HDR e panorami, è stato possibile salvare il singolo progetto prima della sua esportazione. La possibilità di salvare i progetti e posticiparne il montaggio, oltre alle più evidenti possibilità di recuperare un lavoro qualora fasi successive dell'elaborazione rendessero evidente qualche errore non notato precedentemente, è risultata fondamentale nell'organizzazione della fase più dispendiosa in termini di tempo. Trattandosi di una creazione di immagini ad elevata risoluzione e dovendo analizzare in pila decine o centinaia di immagini, l'esportazione finale dei panorami è una pratica che ha richiesto in totale qualche centinaio d'ore di elaborazione durante la quali le risorse di calcolo di processori e schede grafiche sono risultate non allocabili ad altre mansioni, impedendo di procedere oltre con la fase di revisione dei singoli panorami. Potendo quindi contare su due momenti separati per il montaggio e l'elaborazione è stato possibile programmare l'ultima fase nei momenti di inattività delle macchine da lavoro, durante le notti.

La fase di esportazione dei panorami ha richiesto infine di specificare con attenzione le impostazioni finali per il file da crearsi per mantenere inalterato il flusso di gestione del colore rispettato fino a questo momento. Il profilo colore di esportazione è stato impostato identico a quello dei file immessi inizialmente onde evitare una trasformazione dei profili per la quale, trattandosi di un software commerciale, non è possibile verificare gli algoritmi di conversione utilizzati, rendendo necessaria tale identità. Prevedendo infine, come risultato dai test precedenti, la necessaria verifica ed elaborazione dei panorami per rimuovere le aree non perfettamente nitide, è risultata indispensabile la possibilità di esportare, assieme al panorama anche l'intero novero dei singoli file inseriti, così come traslati e deformati dal software, nel momento precedente la fusione. Questa particolare opzione permetterà di identificare con facilità le immagini dalle quali procedere alla rifinitura del panorama finito, senza dover ricorrere ad una nuova fase di allineamento in Adobe

Photoshop. (Figura 50) Nello specificare il formato di salvataggio dei file è risultato necessario ricorrere in questo caso al più strutturato .PSD, formato sviluppato in casa *Adobe* e non utilizzato come file da archivio, capace però, nella sua variante .PSB di gestire file di dimensioni molto elevate, in taluni casi superiori ai 30Gb, possibilità preclusa ai più comuni TIFF.

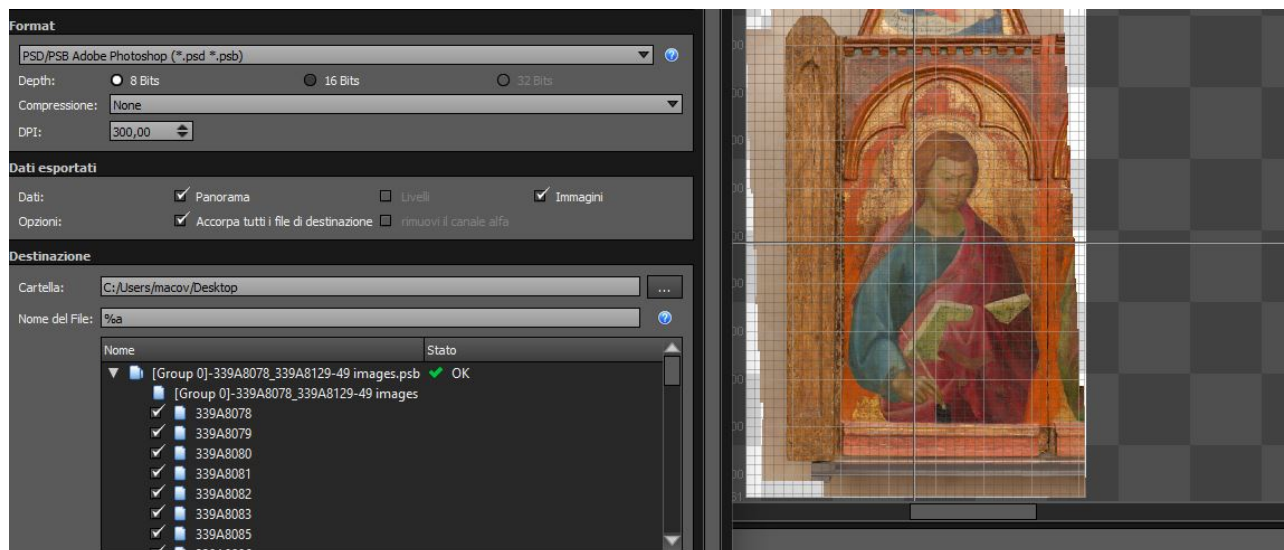


Figura 50 La possibilità di accorpare tramite le spunte sulle tre opzioni qui illustrate ha permesso quindi di salvare delle immagini che tenessero traccia di tutti i file originali.

Terminata la preparazione dei panorami dei singoli pannelli, è iniziata la fase di elaborazione maggiormente dispendiosa in termini di tempo di tutto il processo fin qui descritto. Aprendo singolarmente le immagini appena create la struttura a disposizione è stata quella di un file multilivello composto da un livello di base, risultato della fusione operata da *Autopano Giga* con le impostazioni precedentemente discusse, e tutti gli altri file utilizzati nella fusione come livelli soprastanti, posizionati esattamente nel punto esatto identificato dal software prima di procedere alla fusione. Questi file, inutilizzabili in qualsiasi sistema di visualizzazione che non sia un programma specifico come *Adobe Photoshop* a causa delle dimensioni elevate che li contraddistinguono, possono ora essere analizzati visivamente nel dettaglio. Iniziando da un angolo dell'immagine ed impostando la visualizzazione a monitor ad un ingrandimento del 100%, pari quindi ad un pixel del monitor corrispondente ad un pixel dell'immagine (Figura 51) è stato possibile navigare tutta la superficie dell'opera alla ricerca delle imperfezioni della fusione.

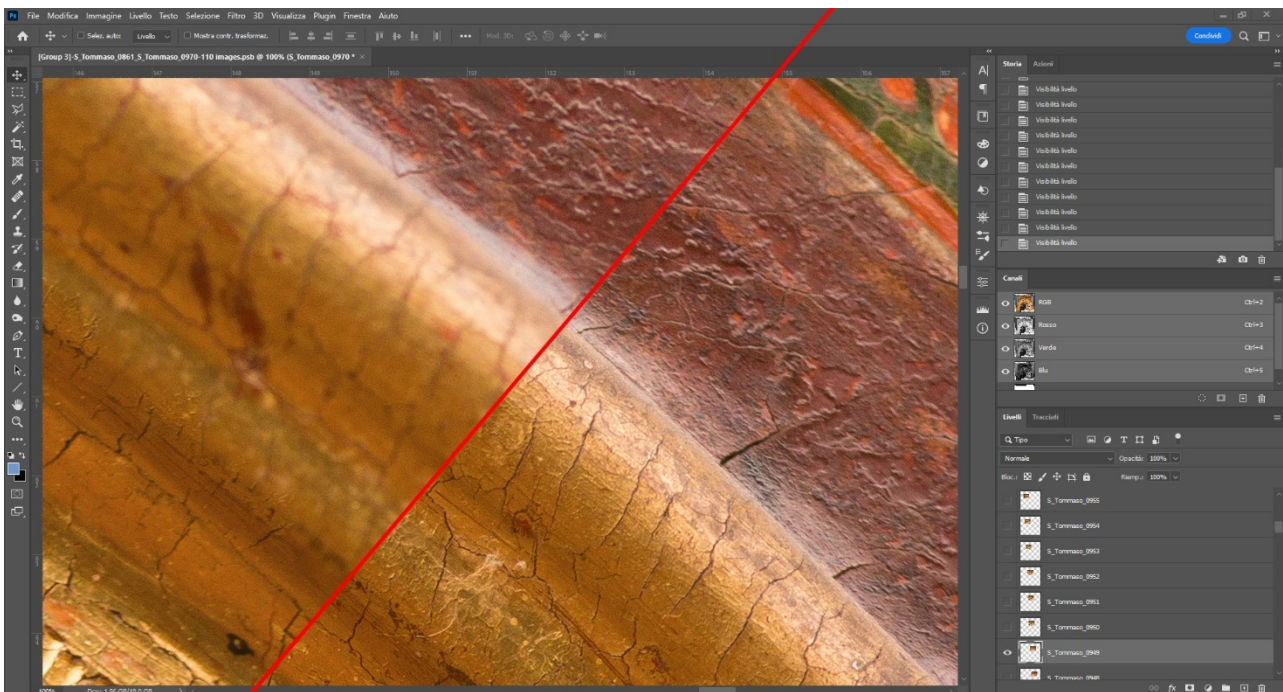


Figura 51 Il confronto tra la medesima area di due immagini differenti illustra come la profondità di campo particolarmente ridotta delle singole riprese possa generare un calo consistente della qualità se non corretta puntualmente.

Legate all'erroneo riconoscimento delle aree più nitide di un'immagine da parte del software, sono apparse evidenti ad elevato ingrandimento aree di qualche centimetro quadrato per le quali sia stata utilizzata un'immagine meno nitida tra quelle disponibili. Ricollegandosi al problema evidenziato nel paragrafo sulla ripresa, in particolare nelle aree laterali dei pannelli, è risultato evidente come due fotografie tra loro adiacenti rappresentino più o meno a fuoco una determinata area, seguendo uno sviluppo della profondità di campo lungo una diagonale più o meno marcata dell'immagine. Se tendenzialmente non sono mai state utilizzate da *Autopano* le aree del bordo delle singole fotografie, proprio a causa del più elevato RMS che ne contraddistingue i punti omologhi, lo stesso ragionamento non porta ad altrettanto semplici risultati nel caso di due immagini contigue nel senso dell'altezza o della larghezza.

Non potendo quindi determinare con sicurezza i luoghi caratterizzati dall'insorgenza di questo errore, pressoché invisibile nella normale osservazione dell'immagine di un dipinto ma oltremodo importante qualora sia necessario estrapolare dai panorami i dettagli dei singoli punzoni, è stato necessario procedere puntualmente con ordine per individuare tutti i casi. Una volta individuata l'area è risultato sufficiente identificare anche il livello contenente la fotografia più nitida tra quelle già presenti nel file ed attivarne la visibilità per verificare la reale efficacia nell'area in questione. Attivando la visibilità dell'intero livello si andrà ovviamente a coprire anche altre aree nitide rendendo visibili i bordi dell'immagine selezionata, per tale motivo risulterà necessario procedere ad un processo di mascheratura, ovvero di selezione puntuale delle aree specifiche in cui rendere effettivamente visibile il singolo livello. Aggiungendo una maschera di livello ed impostando il suo colore sul nero (Figura 52) sarà possibile far nuovamente sparire l'immagine in questione e, solo allora, farne apparire unicamente le aree in grado di coprire l'errore del montaggio precedente.

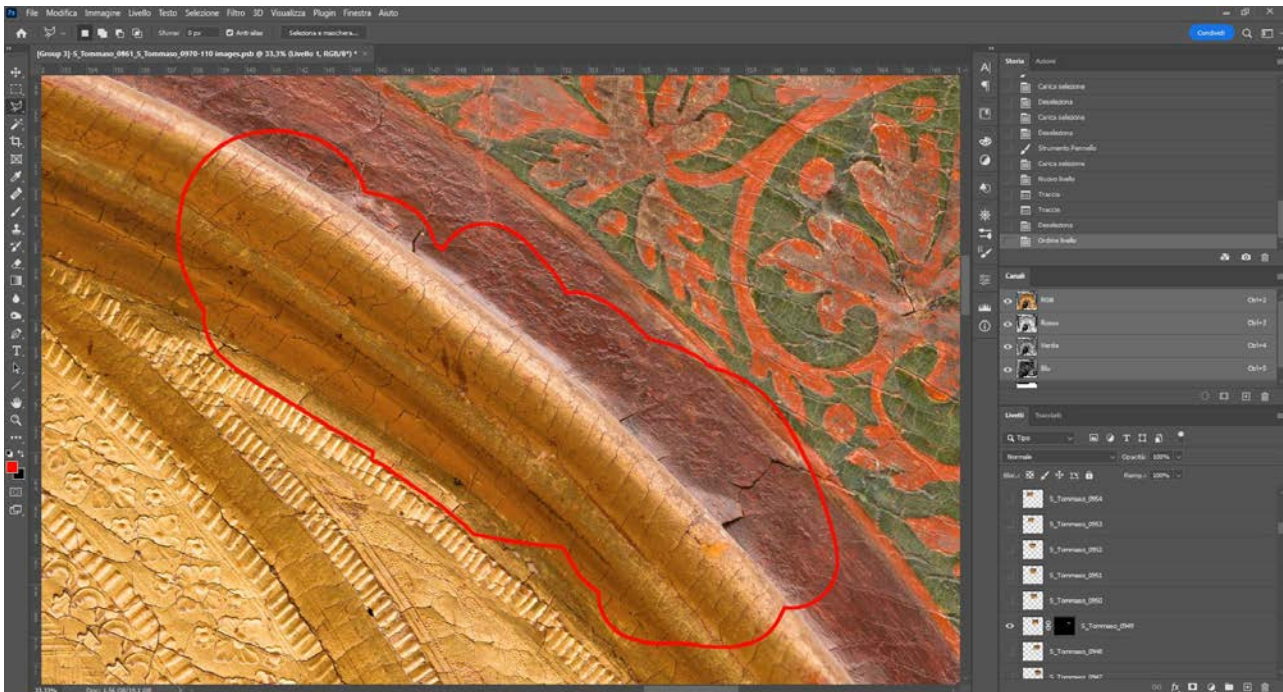


Figura 52 Contornata in rosso, viene evidenziata l'area soggetta al ricampionamento richiesto a garantire la perfetta leggibilità della scena. Anche un lieve oggetto di qualche centimetro, impiegando lunghezze focali così spinte ha richiesto di generare un'apposita serie di immagini spostando lievemente il piano di messa a fuoco, altro momento che si è rivelato critico per il software nell'identificazione automatica in fase di creazione del primo panorama.

Un ultimo controllo sull'andamento dell'esposizione generale è stato possibile tramite la sovrapposizione all'immagine finale delle fotografie scattate ai riferimenti colorimetrici: una volta allineate al panorama è stato possibile misurarne il grado di riflettanza per notare eventuali discrepanze tra l'illuminazione generale delle aree periferiche. Come sospettato già in fase di ripresa alcune situazioni particolari, contraddistinte da stanze di piccole dimensioni che non hanno permesso una diffusione controllata della luce, sono state interessate da un lieve gradiente di luminosità sull'opera, evidente nei differenti valori misurati sull'elemento di riferimento. In queste situazioni è stata predisposto un ulteriore livello superiore ai precedenti per regolare l'esposizione della scena. Anche in questo caso una maschera di livello avente un gradiente dal nero al bianco ha permesso di bilanciare le lievi variazioni sino a riportare tutti i valori campionati allo stesso grado di riflettanza.

Solamente al termine di queste verifiche è stato possibile unire tutti i livelli che compongono il panorama per ridurre drasticamente le dimensioni dell'immagine e procedere, nel caso dei polittici all'assemblaggio finale delle singole parti.

Disponendo infatti della guida garantita dagli ortomosaici creati precedentemente è stato possibile unire in un unico grande file lo sfondo, composto dall'immagine proveniente dai modelli tridimensionali ed i vari pannelli come tasselli di un polittico da ricomporsi. Alcune minime trasformazioni di prospettiva hanno permesso di sovrapporre perfettamente i materiali in alta risoluzione alla base ben meno nitida, procedendo infine con un'ulteriore fase di mascheratura dei livelli lungo i bordi dei singoli elementi costitutivi per ricomporre le opere nella loro interezza.

Una copia d'archivio è stata depositata assieme ai negativi mentre per il futuro impiego online è risultato necessario salvare i file nel più universalmente utilizzato formato *Jpeg*, rendendo evidenti i limiti propri di tale formato. Nel caso dei polittici di maggiori dimensioni il limite imposto alla misura in pixel del file finale ha richiesto un ridimensionamento per poter utilizzare i file, dovendo scendere al valore di 64.000 pixel per il lato lungo delle immagini, in ogni caso sufficiente alla visione ed alla misura dei singoli punzoni nell'ambiente digitale che verrà predisposto.

4 IL DATABASE “PUNCH MARKS FROM GIOTTO TO FRA ANGELICO”

Durante l'ultimo decennio la disponibilità online di materiale archivistico ha visto un enorme sviluppo e ovviamente una molteplicità di esperienze differenti hanno mostrato le potenzialità ed i propri limiti. In particolare, il primo punto sul quale si concentra la maggior parte delle limitazioni nel trasporre digitalmente un archivio è proprio quella legata al diradersi della fisicità dei singoli oggetti, un allontanamento della matericità dalla copia digitale.⁵² Questo scostamento è ovviamente maggiore per quanto riguarda beni dove la fisicità sia parte integrante del loro valore e minore dove il valore documentale sia ritenuto più importante rispetto a quello artistico. Come esempi limite si può portare il caso di una copia digitale di una statua, con immagini e modelli tridimensionali annessi⁵³ e la copia digitale di un microfilm contenente la riproduzione di pagine di alcuni quotidiani. Nel primo caso le informazioni che non possono venir tradotte in qualsiasi forma di archivio digitale sono molteplici ed evidenti, nel secondo caso invece, al di là della tipologia e dello stato conservativo del microfilm stesso, le informazioni più rilevanti possono considerarsi tutte preservate. Questi due esempi, che potremmo considerare gli estremi di una scala dalle infinite sfumature, permettono di meglio illustrare gli sforzi fatti da studiosi ed istituzioni per rendere meno evidente o meno invalidante questo limite. Le possibilità di azione si snodano su due direttrici principali che probabilmente rimarranno tali ancora per gli anni a venire, salvo sviluppi imprevisti della tecnologia a nostra disposizione.⁵⁴

Da una parte si può operare riducendo la distanza tra l'oggetto fisico e la sua riproduzione digitale attraverso forme di digitalizzazione più avanzate quali l'acquisizione di modelli tridimensionali, la realtà immersiva (per quanto riguarda gli ambienti), l'aggiunta del suono o delle immagini in movimento, a tutto vantaggio della fruizione. Questo atteggiamento, oggi fortunatamente diffuso in molte campagne di digitalizzazione, parte da piccoli accorgimenti, quali la fedeltà cromatica delle riproduzioni ed ha limiti dovuti quasi interamente ai fondi stanziati per la campagna stessa.⁵⁵

Il secondo metodo operativo, basa la sua validità sull'accettazione dei limiti imposti dalla digitalizzazione e si concentra invece sul generare e rendere disponibili informazioni che altrimenti sarebbero precluse o di difficile fruizione in presenza dell'archivio stesso. Anche in questo caso le possibilità a disposizione sono molteplici ma, a titolo di esempio si può richiamare la possibilità di movimentare, accostare e confrontare documenti presenti in luoghi fisici separati, quella di accedere contestualmente sia alle riproduzioni per immagini di un bene sia alle fonti storiche e diagnostiche ad esso connesse.⁵⁶ Sul bilanciamento degli sforzi in queste due direzioni si basa la fase iniziale di ideazione del lavoro oggetto di questa ricerca.

⁵² D. VÁZQUEZ, *Hyperimage and Art History in the digital era*, in «Vitam. Revista de Investigación en Humanidades», 2019, pp. 46–63.

⁵³ S. WEFERS, F. BOOCHS, A. KARMACHARYA, *Development of a platform recommending 3D and spectral digitisation strategies*, in «Virtual Archaeology Review», vol. 7, fasc. 15, 2016, pp. 18–27; A. FIORINI, *Il metodo fotografico RTI (Reflectance Transformation Imaging) per la documentazione delle superfici archeologiche. L'applicazione ai materiali di età protostorica*, in «Archeologia e Calcolatori», vol. 29, 2018.

⁵⁴ M. DALBELLO, *A genealogy of digital humanities*, in «Journal of Documentation», vol. 67, 2011, pp. 480–506.

⁵⁵ H. RAHAMAN, E. CHAMPION, *To 3D or Not 3D: Choosing a Photogrammetry Workflow for Cultural Heritage Groups*, in «Heritage», vol. 2, fasc. 3, 2019, pp. 1835–1851.

⁵⁶ «Jheronimus Bosch - The Garden of Earthly Delights», <https://archieff.ntr.nl/tuinderlusten/en.html> (consultato il 15/05/2023); A. KARMACHARYA, S. WEFERS, *Ontology-Based Structuring of Spectral and Spatial Recording Strategies for Cultural Heritage Assets: Background, State of Affairs, and Future Perspectives*, in «Digital Techniques for Documenting and Preserving Cultural Heritage», Anna Bentkowska-Kafel, Lindsay MacDONALD (a cura di), Arc Humanities Press, 2017, pp. 159–174.

4.1 L'IDEAZIONE DI UN ARCHIVIO DIGITALE

Il database "I punzoni di Erling Skaug"⁵⁷ si fonda sui dati presenti nei due volumi dedicati da Erling Skaug ai punzoni medievali pubblicati nel 1994,⁵⁸ cui si sono aggiunti i negativi dell'autore di cui si è parlato estesamente nei capitoli precedenti e le immagini ottenute in nuove campagne fotografiche. Volendo utilizzare il metro di giudizio di cui si diceva sopra, le due prime tipologie di dati possono essere considerati come documentali, molto più vicini all'estremo del microfilm d'archivio. Anche per quanto riguarda le riproduzioni delle opere d'arte, almeno nella misura in cui tali immagini siano utilizzate per lo studio della decorazione punzonata, la distanza dall'opera d'arte stessa non presenta tutte le criticità che si presenterebbero a voler utilizzare tali immagini come succedanee delle opere medesime.

La particolarità di questi materiali è quella di invertire il loro valore nella fruizione online; i negativi di Erling Skaug, scattati dagli anni '60 in poi, sono la base stessa delle ricerche condotte da quest'ultimo per anni e culminate nel 1994 mentre qualsiasi forma di digitalizzazione che voglia tenere conto della ricerca svolta deve strutturarsi nella sua forma proprio sui collegamenti resi palesi dallo scritto. Le immagini stesse dei punzoni diventano quindi appendici importanti della struttura di un database relazionale basato sui dati tabellari dei volumi cartacei. Questa caratteristica del database, avviabile unicamente utilizzando le immagini come elemento cardine della struttura logica, al pari di quanto fatto dalla Fondazione Federico Zeri con il suo archivio,⁵⁹ avrebbe indebolito le potenzialità dello strumento, pensato per rispondere ad esigenze diverse. Nel caso del database studiato in queste pagine, è infatti la fruizione delle informazioni e dei collegamenti tra opere ed autori a costituire il nucleo di interesse. Stabiliti e definiti questi collegamenti sarà allora che la possibilità di disporre di campagne di imaging moderne e del corpus di negativi storici potranno permettere un ulteriore approfondimento della materia.

In questa stessa ottica, anche le immagini in alta risoluzione delle opere d'arte, seppur utili per comprendere lo sviluppo della decorazione punzonata nella sua interezza e le scelte tecniche e stilistiche degli autori documentati, sono trattate come dati di appoggio alla struttura definita in partenza dalle relazioni tra gli autori e gli strumenti da loro utilizzati nella decorazione delle opere.

Ulteriore nota di riflessione è indubbiamente il confronto con l'altro corposo testo riguardante la decorazione punzonata ovvero il volume edito nel 1998 da Mojmir Frinta, purtroppo mancante della seconda parte mai pubblicata. In questo caso la differenza è evidente in quanto il testo racchiude al suo interno un imponente elenco e conseguente schedatura di molteplici forme della decorazione punzonata viste principalmente come materiale d'appoggio per gli approfondimenti presenti invece nella lunga serie di testi scientifici pubblicati a parte.⁶⁰ In questo caso quindi la maggiore attenzione dell'autore sta proprio nell'efficace visualizzazione di un corpus fotografico cospicuo ed ordinato.

⁵⁷ <http://corpuspitturafiorentina.bmlonline.it/s/punch/page/home>

⁵⁸ E.S. SKAUG *Punch marks from Giotto to Fra Angelico*.

⁵⁹ P. CAVANNA, F. MAMBELLI, *Un patrimonio da ordinare: i cataloghi a stampa dei fotografi*, Fondazione Federico Zeri, Università di Bologna, Bologna, 2019; M. DAQUINO, F. MAMBELLI, S. PERONI, F. TOMASI, F. VITALI, *Enhancing Semantic Expressivity in the Cultural Heritage Domain: Exposing the Zeri Photo Archive as Linked Open Data*, in «Journal on Computing and Cultural Heritage», vol. 10, fasc. 4, 2017, pp. 1–21; M. DAQUINO, F. TOMASI, *Linked Cultural Objects: dagli standard di catalogazione ai modelli per il web of data. Spunti di riflessione dalla Fototeca Zeri*, in «Umanistica Digitale», fasc. 1, 2017.

⁶⁰ Un secondo volume era stato ideato come summa delle ricerche svolte negli anni precedenti. Un contatto con gli eredi Frinta ha messo in luce l'esistenza di una copia cianografica del secondo volume, non pubblicata per motivi

4.1.1 Esperienze di archivi digitali ed analisi dati nel campo delle digital humanities

Nel cercare di proporre una rapida panoramica di un campo ormai vasto e complesso, conviene definire in una fase iniziale il senso che si intende dare alla definizione stessa di *Digital Humanities* in quanto tale termine ha avuto nel tempo vari significati ed è stato utilizzato per comprendere discipline più o meno specifiche.⁶¹ Prima ancora di definire la nascita del termine, conviene ricordare come la ricerca di applicazioni in campo umanistico dei computer sia precedente ancora alla diffusione sul mercato del *personal computer* stesso,⁶² suggerendoci quindi come l'attuale definizione sia una summa di esperienze anche in contrasto tra loro che hanno avuto luogo negli ultimi sessant'anni. Dalla nostra posizione attuale può apparire difficile tracciare nel passato una storia delle ricerche che non cada nella dettagliata inventariazione di esperimenti, progetti e idee, compito enorme per il quale si rimanda a testi espressamente ideati per tale obiettivo.⁶³

D'altra parte può essere utile ricordar alcune esperienze particolarmente significative per il lavoro qui presentato, dove si possono trovare le basi logiche del pensiero che guidano ancora i lavori attuali e, eventualmente, indicarne i limiti e le differenze con quanto viene oggi sperimentato.

Come rilevato in più sedi⁶⁴ il panorama delle digital humanities in ambito storico-artistico risulta meno ricco di esperienze rispetto agli studi storici, storiografici e letterari, in particolare per quanto riguarda i primi anni Dieci del XXI secolo. Uno degli ostacoli più evidenti in questo sviluppo è da identificare nella differenza degli oggetti di studio - l'immagine rispetto al testo - per la quale lo sviluppo di sistemi di archiviazione e ricerca è risultato più lento e tardivo rispetto appunto al testo scritto.⁶⁵ Questa differenza iniziale che ha pressoché escluso le immagini dai primi esperimenti informatici negli anni '60 e '70 del secolo scorso, anche una volta ovviata, ha in ogni caso determinato un particolare abito mentale che determina ancora oggi una tendenza generale, anche se non unica, ad utilizzare le immagini, in particolare quelle risultanti dalla digitalizzazione di archivi cartacei, come medium di supporto al testo.⁶⁶ Nell'ultima decina d'anni, in particolare grazie alle sperimentazioni fatte per trovare sistemi affidabili di *data mining*,⁶⁷ questa tendenza sta vedendo una forma di inversione, per quanto il lavoro da fare per trovare forme e pratiche autonome che si rivolgano espressamente alla storia dell'arte sia ancora *in fieri*.⁶⁸ La posizione di Jorge Sebastián Lozano secondo cui si possa identificare anche una particolare ritrosia in ambito accademico alla sperimentazione⁶⁹ credo sia oggi in buona misura da rivedersi a favore di una posizione severamente attenta al rischio di creare mistificazioni e semplificazioni ma ormai appieno cosciente delle possibilità aperte.

riguardanti la casa editrice e non la volontà dell'autore per la quale chi scrive sta provando ad ottenere il consenso per una pubblicazione digitale.

⁶¹ G. PREVITALI, *Che cosa sono le digital humanities*, Carrocci, Roma, 2023.

⁶² M. DALBELLO.

⁶³ C. BIZER, T. HEATH, T. BERNERS-LEE, *Linked Data: The Story So Far*, in «International Journal on Semantic Web and Information Systems», vol. 5, fasc. 3, 2009, pp. 1–22; M. DAQUINO, F. MAMBELLI, S. PERONI, F. TOMASI, F. VITALI; B. ZWEIG, *Forgotten Genealogies: Brief Reflections on the History of Digital Art History*, in «International Journal for Digital Art History», fasc. 1, 2015.

⁶⁴ A. BENTKOWSKA-KAFEL, *Debating Digital Art History*, in «International Journal for Digital Art History», fasc. 1, 2015, pp. 51–64; C. BISHOP, *Against Digital Art History*, in «International Journal for Digital Art History», fasc. 3, 2018, pp. 123–131; P. VITOLO, *Progetti digitali per la storia dell'arte medievale*, Archeologia e Calcolatori, Supplemento 10, All'insegna del Giglio, Firnze, 2018.

⁶⁵ G. PREVITALI, p. 23.

⁶⁶ F. DÍEZ-PLATAS, *Researching illustrated books in art history: a brief history of the Biblioteca Digital Ovidiana project*, in «Dynamic research support for academic libraries», Facet, London, 2016.

⁶⁷ L. MANOVICH, *Data Science and Digital Art History*, in «International Journal for Digital Art History», fasc. 1, 2015.

⁶⁸ K. IVANOVA, E. VELIKOVA, P. STANCHEV, I. MITOV, *Automated Metadata Extraction from Art Images*, in «Access to Digital Cultural Heritage: Innovative Applications of Automated Metadata Generation», Plovdiv University Publishing House, Plovdiv, 2012, pp. 97–152.

⁶⁹ J. SEBASTIÁN LOZANO, *Digital Art History at the Crossroads*, in «Critical Approaches to Digital Art History», vol. 4, kunsttexte.de, 2017, pp. 1–14.

La trasformazione sempre più accelerata nelle ultime due decadi degli archivi fisici in archivi anche digitali porta con sé una forma di nuova mediazione che è stata a lungo indagata⁷⁰ e rimane imprescindibile per cercare di comprendere le potenzialità di guadagno in termini di fruibilità ed i limiti connessi a tale attività. La semplice domanda “in quale forma la digitalizzazione di un documento ne permette un impiego impossibile in forma analogica?” ha il suo primo cardine nell’identificare le differenze tra un archivio fisico ed un database, comprendendo come in questo ultimo caso vi sia la presenza di un intermediatore tecnico nel processo di collegamento ed archiviazione dei dati, una struttura informatica “morbida”, *software* appunto, la cui forma e comprensione determina totalmente la nostra capacità di fruizione.⁷¹ Per quanto concerne invece la struttura hardware inerente all’archiviazione e la fruizione di dati digitali, la bibliografia reperibile è molto minore, spesso proveniente da periodi più lontani nel tempo mentre ad oggi tende a concentrarsi maggiormente sulla definizione di pratiche di conservazione a lungo termine dei dati prodotti.⁷² Tale disinteresse in ambito accademico della componente primaria della comunicazione è in parte ascrivibile ad una grande abbondanza di soluzioni provenienti da più settori di studio e di ricerca le quali, grazie ad una sempre più intensa standardizzazione delle piattaforme,⁷³ ha permesso di spostare l’attenzione alla più complessa e delicata sovrastruttura digitale, quella che rappresenta il vero e proprio *medium* dell’archiviazione e dell’accesso alle informazioni digitali.⁷⁴ Riducendo il campo generale di indagine, questo lavoro di tesi si concentrerà sull’analisi delle forme di un *database*, interpretato già prima della sua definitiva ascesa a forma prediletta nel campo delle digital humanities, come un elemento fondante definibile in sé come un nuovo media a tutti gli effetti⁷⁵ e che in quanto tale si può considerare “[...] as remediation of the archive. [...] it can be seen as a repository where data is stored without a specific meaning, waiting to be activated by the engagement of users, who can integrate the data into meaning making processes, narratives or experiences. But the role of an archive or a database for cultural learning is also to define what can be said about the fraction of the world represented in the corpus in the database, which can be mined to generate new knowledge.”⁷⁶ La posizione di Wiencek nel suo studio sulla forma assunta dall’archivistica digitale lungo gli ultimi venti anni, dimostra in parte come questo genere di analisi e riflessioni sulla struttura stessa dei database sia tutt’ora estremamente importante, nonostante le potenzialità legate alla digitalizzazione fossero argomento estremamente discusso già ad inizio secolo, portando uno studioso come Wolfgang Ernst a identificarne l’uso, già nel 2002, come la pratica maggiormente inflazionata nel discorso culturale.⁷⁷ Seguendo il ragionamento di David Weinberger al riguardo dell’organizzazione assunta da qualsiasi tipo di archivio,⁷⁸ viene correttamente evidenziato come la struttura digitale (ovvero la fondamentale natura numerica di qualsiasi dato nativo digitale o digitalizzato) possieda una caratteristica autonoma che risulta fondamentale analizzare per identificare una valida forma per la costruzione di un nuovo archivio digitale. Secondo l’autore infatti è possibile identificare due differenti ordinamenti in un archivio fisico, definiti “*order of order*”: da una parte l’ordine fisico della disposizione stessa dei materiali in un archivio, sia essa definita da considerazioni sulla conservazione, la fruizione o la comunicazione dello stesso ed un secondo ordine proprio degli strumenti di ricerca. L’ordine dei metadati infatti influenza a sua volta l’interazione con l’archivio fisico ed il rapporto che noi abbiamo con esso ma, a differenza del primo ordine, può già contenere al suo interno una pluralità preclusa agli oggetti stessi, più copie di un catalogo possono essere presenti in più luoghi e differenti inventari e cataloghi possono proporre ordinamenti differenti per senso e fruizione degli stessi oggetti sui quali insistono. Il terzo ordine di ordini proposto da Weinberger invece è legato

⁷⁰ J.D. BOLTER, R.A. GRUSIN, *Remediation: understanding new media*, MIT Press, Cambridge, 1999.

⁷¹ L. MANOVICH, *Software takes command: extending the language of new media*, Bloomsbury, New York-London, 2013, p. 152.

⁷² G. BUZZANCA, *Computer-based art: conservazione e restauro*, in «OPD Restauro», fasc. 29, 2017, pp. 196–207.

⁷³ L. MANOVICH, *Data Science and Digital Art History*.

⁷⁴ L. MANOVICH, *Media After Software*, in «Journal of Visual Culture», vol. 12, fasc. 1, aprile 2013, pp. 30–37.

⁷⁵ L. MANOVICH, *The Language of New Media*, Leonardo, MIT Press, Cambridge (MA), 2001.

⁷⁶ F. WIENCEK, *Digital Mediation of Art and Culture. A Database Approach*, Jacobs University Bremen, Bremen, 2019, p. 33.

⁷⁷ B. VON BISMARCK, H.-P. FELDMANN, H.U. OBRIST, *Interarchive: archivarische Praktiken und Handlungsräume im zeitgenössischen Kunstfeld = Archival practices and sites in the contemporary art field*, König, Köln, 2002, p. 137.

⁷⁸ D. WEINBERGER, *Everything is miscellaneous: the power of the new digital disorder*, Times Books, New York, 2007.

indissolubilmente alla forma digitale dei materiali di archivio, a priori dal livello di digitalizzazione dello stesso, e riguarda sia i materiali fisici che i metadati ad essi collegati. Questo che viene definito come *order of data* è legato proprio alla riproducibilità stessa di qualsiasi materiale digitale che quindi viene slegato dalla sua unicità e può essere presente contemporaneamente in più luoghi e, soprattutto, in più ordini differenti, può apparire contemporaneamente assieme a più fonti e questo stesso ordine può essere mutato a piacere senza indebolire o modificare i precedenti. Questa struttura logica che è simile solo in parte al concetto di copia è la base fondante delle ricerche svolte nelle ultime decadi ed informa buona parte degli archivi digitali in nostro possesso, marcando una profonda differenza sia semantica sia applicativa rispetto allo studio di un archivio fisico. Rimane fondamentale notare in conclusione di questo ragionamento come tale caratteristica, ascrivibile a tutti gli effetti tra le possibilità positive legate all'impiego di un database in forma digitale, rimanga una caratteristica legata indissolubilmente all'impiego stesso che si vuol dare ad una collezione e non rappresenti di per sé una nuova o diversa collezione. Il bilanciamento quindi tra il valore stesso dell'archivio ed il senso che scaturisce dalla sua creazione rimane il nodo centrale da comprendere per costruire una veste informatica in grado di ampliarne il senso e le possibilità di impiego e non creare unicamente una copia digitale a sé stante.⁷⁹ Quest'ultima operazione infatti, dovendo scontare in ogni caso una perdita di informazioni legata al processo stesso di rimediazione di un qualsiasi documento, se non affiancata da un ragionamento di vasto respiro, può generare in ultima analisi un impoverimento finale dello strumento digitale relegandolo al ruolo di copia minore, di debole strumento valido unicamente per la sua maggiore fruibilità, evidenziando come in qualsiasi applicazione digitale gli strumenti a disposizione possono diventare, al di là della volontà dell'operatore, il limite mentale nella strutturazione di un'idea.⁸⁰ Una disamina delle esperienze attuali e di quelle più datate ancora in funzionamento permette già ad un primo sguardo di osservare come l'analisi possa seguire due direttrici distinte.

Da una parte, infatti, la forma assunta dall'interfaccia e dai sistemi di ricerca utilizzati è in grado di mostrare le attenzioni rivolte verso le potenzialità di studio, mentre il rapporto con la digitalizzazione degli originali permette di intuire quale sia la relazione tenuta con l'archivio fisico. Questa divisione ha un valore prettamente operativo e permette di analizzare separatamente due questioni fondamentali che appaiono indissolubilmente legate nella forma di un archivio digitale ma, per chi scrive, seguirne separatamente gli sviluppi risulta il modo più semplice per comprendere a fondo le dinamiche articolate che sussistono sia alla creazione che all'implementazione di uno strumento di ricerca digitale.

4.1.2 La struttura logica

Uno dei primi problemi affrontati nel corso di questo lavoro è stata l'assenza di un'ontologia in grado di rappresentare correttamente i dati relativi alla peculiare tipologia di immagini.

Dovendo abbandonare la struttura tabellare dei volumi del 1994 è stato subito evidente come i dati digitalizzati andassero a costituire una struttura tripartita in collegamento simultaneo dove al più comune collegamento autore-opera si aggiungono i dati opera-punzone ed infine, come risultante, almeno nella visione di E. S. Skaug, autore-punzone.

Questa struttura così ripartita, già di per sé poco comune all'interno degli archivi digitali, si arricchisce infine del dato fotografico, entità quarta di differente senso.

La forma dei dati raccolti si struttura infatti sul collegamento simultaneo tra più entità logiche distinte tra loro, interconnesse e di pari valore per quanto concerne la triade autore-opera-punzone mentre l'ultimo dato, quello derivante dalle fotografie ha un valore duplice. Sono infatti proprio i dati raccolti dalle fotografie, a seguito della stampa e della loro analisi,⁸¹ ad aver generato le informazioni dalle quali è stato possibile

⁷⁹ S. BARONCINI, M. DAQUINO, F. TOMASI, *Modelling Art Interpretation and Meaning. A Data Model for Describing Iconology and Iconography*, in «Aida Informazioni», 2021, pp. 1–16; N. BRÜGGER, *Digital Humanities in the 21st Century: Digital Material as a Driving Force*, in «Digital Humanities Quarterly», vol. 10, 2016.

⁸⁰ J.T. SCHEINFELDT, *Hacking the Academy: New Approaches to Scholarship and Teaching from Digital Humanities*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 2013, pp. 55–59.

⁸¹ Non è stato possibile parlare con Erling Skaug di questo specifico punto, sappiamo unicamente che le immagini venivano stampate a scala doppia o quadrupla nel caso dei punzoni di dimensioni minori, riprendendo le varie misure

inventariare e discriminare tra loro le forme dei punzoni, assegnare loro un numero di riconoscimento e quindi provvedere a cercarne la loro apparizione in varie opere. Per tale motivo le immagini sono state il punto di partenza per la costruzione dell'architettura logica delle schede. Ad oggi invece, il loro valore non è più quello originario di materiale grezzo ma quello duplice di documentazione visiva utile al confronto ed, eventualmente, di immagine digitalizzata e metadadata accessibile online e quindi base di ricerche basate sulla *Computer Vision* come verrà accennato nella parte finale del volume. Questo scarto tra il valore iniziale e quello odierno pone questa quarta entità in una posizione lievemente diversa nella struttura logica del lavoro, inutile in collegamento alla figura degli autori, valida quando forma una ulteriore terna con opere e punzoni. (Figura 53)

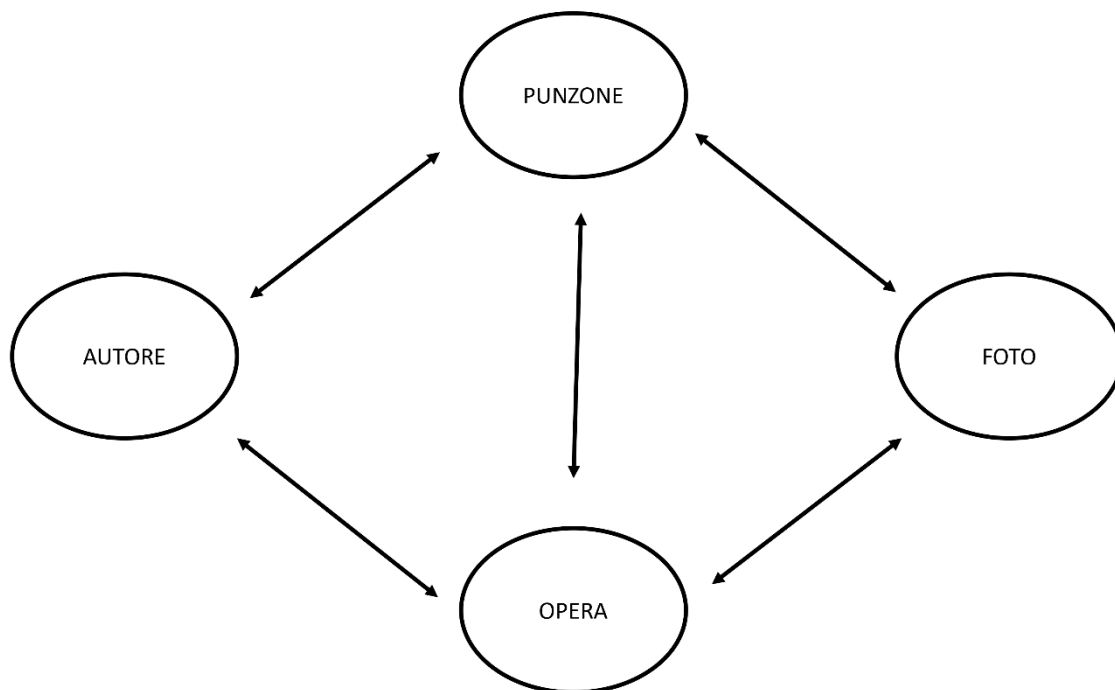


Figura 53 La struttura logica semplificata degli elementi di base e dei loro rapporti.

A questa distinzione iniziale si dovrà aggiungere poi il differente valore assunto dalle immagini a seguito della loro ulteriore mediazione in un contesto puramente digitale. I materiali possono essere divisi in tre gruppi differenti, in base alle specifiche esigenze dell'autore ed ognuno di essi è portatore di una propria validità in parte mutata da un ambiente prettamente digitale. Tale distinzione in tre gruppi è operata da Skaug stesso già nei suoi archivi, discriminando le singole immagini sulla base della distanza di ripresa e conseguentemente al livello di dettaglio, da una ripresa generale ad un'attenzione macrofotografica alla superficie pittorica. (Figura 54)

Questa differenza di ripresa, dettagliata anche nei puntigliosi supporti cartacei all'archivio di negativi, ha un preciso valore conoscitivo che, escludendo il primo gruppo il cui valore è principalmente quello di un veloce riconoscimento dell'opera, è legato alle due differenti questioni poste dalla decorazione punzonata: vale a dire le forme combinatorie, l'utilizzo dello spazio e l'apparenza generale delle aree decorate, e la classificazione e misurazione dei singoli punzoni. In particolare quest'ultimo gruppo, quello che verrà maggiormente utilizzato anche nelle fasi successive del lavoro, oltre ad essere numericamente il più consistente è anche il più ricco di importanti informazioni, contenendo tutte le immagini dove sia presente una scala metrica di riferimento posta, ove possibile, a contatto con la superficie pittorica.

da questi materiali, mentre Norman Muller procede attraverso il ricalco su materiali trasparenti come il mylar per poi confrontare il disegno con le altre immagini di un punzone.

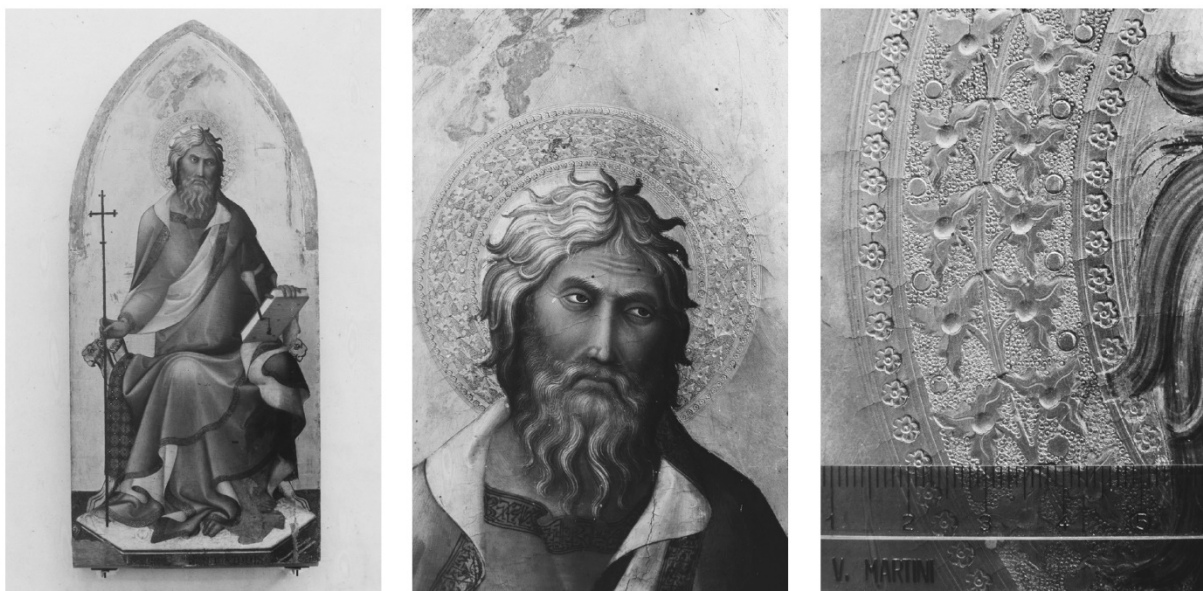


Figura 54 Le tre tipologie di immagini presenti nell'archivio studiato. Vista la capacità risolvibile delle pellicole piccolo formato, solamente le ultime due immagini rappresentano per noi oggi uno strumento utile all'analisi della decorazione punzonata.

Allo stato attuale, provvedendo come vedremo ad acquisire nuovamente le misure dei punzoni stessi con ancora maggior precisione rispetto ai volumi stampati e non dovendo più contare sulla presenza della scala metrica, verrà così a ridursi l'utilità della distinzione tra le immagini di dettaglio più strette e più larghe degli ultimi due gruppi per i quali quindi si è scelto, semplificando, di utilizzare in ambo i casi la dicitura di "dettaglio".

Il computo complessivo dei materiali che sono stati digitalizzati ammonta a 1012 opere, 764 punzoni, 65 autori e 1735 immagini, risultando quindi un archivio dalle dimensioni contenute seppure il numero di interconnessioni generate raggiungerà rapidamente qualche decina di migliaia di collegamenti tra le varie voci del database. Dovendo procedere alla digitalizzazione di un nucleo di negativi senza disporre delle stampe realizzate dall'autore, potendone vedere le immagini finali solo tramite la loro pubblicazione su libri e riviste, l'elaborazione delle stesse che verrà qui proposta rappresenta in realtà una nuova mediazione. Questa distinzione, relativamente marginale nell'economia complessiva del database in costruzione, rappresenta però un nodo non superabile e non ignorabile di un processo di digitalizzazione. Se i negativi stessi sono un'interpretazione dell'opera d'arte e sono legati alle condizioni di ripresa tanto quanto alle possibilità tecniche del fotografo di riprodurre una scena, vincolato sia da eventi locali che materiali come la strumentazione disponibile, le tipologie di pellicole e le lenti utilizzate, è altrettanto vero che le informazioni contenute in un'immagine negativa sono sufficienti da permetterne molte stampe differenti, nei toni, nei contrasti e, semplificando, nell'apparenza generale. Quanto verrà qui utilizzato è unicamente un'interpretazione delle immagini negative digitalizzate ed elaborate da chi scrive, una delle possibilità di sviluppo di tali materiali per i quali non è possibile garantire il controllo avuto sulle digitalizzazioni di prima istanza. I file digitali originali, conservati presso l'archivio del Corpus della Pittura Fiorentina (Kunsthistorisches Institut, via G. Giusti 44, Firenze), possono permettere infinite ulteriori elaborazioni più rispondenti ad esigenze differenti.

4.2 OMEKA S E LA SUA PREPARAZIONE

Identificata la struttura di massima per un archivio di questo genere, è iniziata la fase di sperimentazione di un sistema di raccolta dei dati che potesse garantire una relativa semplicità e soprattutto, un elevato livello di scalabilità ed accettazione delle modifiche in corso d'opera. Escludendo già nella fase iniziale la possibilità di utilizzare sistemi costruiti *ad hoc* attorno alla struttura dei dati raccolti a causa dei costi elevati e della non semplice gestione dei continui sviluppi dei motori di ricerca,⁸² la scelta della piattaforma da utilizzare ha richiesto di vagliare i sistemi già esistenti ed aperti per trovare quello che meglio si adattasse alla forma richiesta. Il primo passo della valutazione sulle prestazioni dei possibili strumenti ha visto un vaglio che seguisse il metodo proposto nel lavoro pubblicato successivamente da Ruben Alcaraz Martínez⁸³ nel definire le potenzialità delle piattaforme più utilizzate quali *Omeka*, *Arches* e *CollectiveAccess*. Dovendo identificare una struttura che fosse in grado di gestire contemporaneamente dati testuali da organizzarsi attraverso ontologie condivise come *Dublin Core* e descrittori specifici generati per l'occasione, assieme ad un importante numero di immagini anche a risoluzione molto elevata, la scelta finale è ricaduta su *Omeka S*.⁸⁴ Questa piattaforma, come buona parte dei CMS attualmente disponibili, ha mutuato dai sistemi archivistici più complessi la possibilità di importare dati attraverso l'impiego di file in formato *.CSV*, *comma separated value*, la forma più semplice di un file *Excel* e tale funzionalità è stata testata e successivamente sfruttata per l'inserimento di quasi tutti i dati, siano essi valori numerici, letterali o immagini.

La contingenza della pandemia da Covid-19 che ha rallentato la fase di confronto pratico ed il bisogno di operare su un numero di schede relativamente elevato per poter validare l'effettivo funzionamento della struttura, ha richiesto che il sistema di *upload* potesse essere suddiviso in due momenti, una fase di test vero e proprio e di verifica della correttezza dei dati digitalizzati e solo secondariamente il reale inserimento del database sul server predisposto. Come verrà spiegato dettagliatamente più avanti, la caratteristica di Omeka di attribuire ad ogni scheda un ID di riferimento non modificabile e di utilizzare per questa proprietà un valore pari ad uno per il primo elemento di una nuova installazione e che continua ad aumentare ignorando l'eliminazione eventuale di voci particolari ha richiesto, proprio a causa dell'iniziale fase sperimentale, di operare su un'installazione *ex novo* di Omeka su un server separato, totalmente scollegato dall'installazione sulla quale il materiale è stato infine riversato. In questo paragrafo verranno elencate le procedure applicate nella creazione del primo database e solamente in seguito verrà analizzata la procedura atta a rendere i materiali, ormai verificati, disponibili nella facies attuale. Similmente vale qui la pena sottolineare come la creazione di una nuova ontologia in grado di comunicare con quelle già esistenti e di rappresentare correttamente tutti i dati in nostro possesso è stata preceduta da numerose prove ed esperimenti dei quali verranno presentati unicamente i risultati finali mentre, nella fase vera e propria di digitalizzazione dei dati, tale problema è stato evitato avendo unicamente l'accortezza di mantenere la maggior distinzione e ricchezza possibile degli stessi, posticipando la selezione di quali dati utilizzare e di come trasformarli a tutti gli effetti in informazioni *machine readable* ad un momento più avanzato della ricerca.

⁸² U. DERCKX, F. PONCHIO, R. SCOPIGNO, *CENOBIUM 10 years after: an evolving platform for Digital Humanities*, in «Archeologia e Calcolatori. Supplementi», vol. 10, Progetti digitali per la storia dell'arte medievale, 2018, pp. 123–141.

⁸³ R.A. MARTÍNEZ, *Omeka S como alternativa para el desarrollo de colecciones digitales y proyectos de humanidades digitales*, in «BiD: textos universitaris de biblioteconomia i documentació», fasc. 48, 2022.

⁸⁴ Omeka S, sviluppo del precedente sistema Omeka, nasce come piattaforma digitale per la creazione di archivi digitali e mostre virtuali. È una piattaforma *open source* ideata per dare la possibilità a privati ed istituzioni di organizzare database semantici online attraverso un'interfaccia accessibile e ben strutturata.

4.3 DIGITALIZZAZIONE E VERIFICA DEI DATI CARTACEI

Ancora prima di indentificare una piattaforma che potesse ospitare il database e di definirne la *facies* finale, ottenibile unicamente attraverso prove e confronti con un campione di possibili fruitori, iniziare a costruire un database passa per la conversione in forma tabellare dei dati fisici in possesso, siano essi testuali o immagini. La definizione stessa di database relazionale, al di là della sua forma visibile e degli strumenti di navigazione e ricerca all'interno dello stesso, è quella di un insieme di dati tabellari dove ogni oggetto è definito da un codice univoco o ID, ovvero una definizione che ne impedisca la sovrapposizione con dati simili od omonimi.

Definire il metodo per digitalizzare i dati comporta prima di tutto una gerarchizzazione delle informazioni per arrivare ad una cernita di quelle indispensabili e di quelle di minor valore. Questa operazione, al di là dell'apparente semplicità, oltre ad essere un processo interpretativo personale (e quindi basato sulle convinzioni e competenze di chi lo svolge), è in buona misura definito da una serie di variabili non modificabili quali la disponibilità di tempo, la forza lavoro disponibile e, ovviamente, la mole di dati da analizzare. Considerare questa come un'operazione neutra, tendenza ormai abbandonata ma che ha indubbiamente caratterizzato molti dei primi esperimenti nell'ambito delle digital humanities, ha dimostrato come questa prassi porti alla perdita di informazioni nel caso di erronee interpretazioni in prima istanza e, molto più comunemente, ad un impiego molto elevato di energie per trasformare in dati digitali le informazioni di partenza, trasformando questa prima fase nel collo di bottiglia che va a disperdere buona parte delle energie disponibili per lo sviluppo di un progetto completo. In altri casi semplicemente la digitalizzazione estesa di tutti quelli che vengono ritenuti dati parimenti importanti fatta nella fase iniziale ha portato a generare moli di informazioni tali da doverne poi scartare alcune in un secondo tempo, durante la definizione vera e propria della struttura del database. Quest'ultima situazione non può essere considerata aprioristicamente negativa ed anzi può essere il frutto di un attento ragionamento in prospettiva, qualora si preferisca scommettere sulla possibilità futura di utilizzare anche i dati digitalizzati in prima istanza grazie allo sviluppo nel tempo di sistemi più efficaci o performanti. Il nodo problematico di tale investimento, in particolare quando si trattano archivi e collezioni di dimensioni imponenti risiede nella difficoltà di interpretare le varie direzioni dello sviluppo tecnologico e, almeno nelle situazioni più estreme, dedicare tempo e denaro ad operazioni che, ancor prima del loro completamento, potrebbero vedere lo sviluppo di tecnologie tali da dover riconsiderare in tutta altra forma il lavoro svolto.

Molto utili a questo riguardo sono le attenzioni rivolte dalle collezioni librarie e dagli archivi in generale dove è più evidente che altrove l'importanza di aggiungere alla semplice digitalizzazione del testo stampato anche la trascrizione dello stesso. Le ricerche e le sperimentazioni nel campo hanno avuto uno sviluppo sensibile negli ultimi anni, in particolare per quanto riguarda la trascrizione automatica dei manoscritti⁸⁵ e l'identificazione delle aree di testo presenti in immagini generiche.⁸⁶ Come esempio di queste applicazioni può essere citato il progetto Replica⁸⁷ dove l'automatismo nel riconoscimento delle aree di testo e la conseguente trascrizione ha permesso di digitalizzare moli di dati in passato appannaggio di lunghe e dispendiosi progetti. Un altro esempio utile a comprendere l'importanza di tale valutazione preventiva può essere lo studio dei tentativi fatti fino ad anni recentissimi per identificare e correggere il problema di

⁸⁵ J. NOCKELS, P. GOODING, S. AMES, M. TERRAS, *Understanding the application of handwritten text recognition technology in heritage contexts: a systematic review of Transkribus in published research*, in «Archival Science», vol. 22, fasc. 3, 2022, pp. 367–392.

⁸⁶ X. WANG, S. ZHENG, C. ZHANG, R. LI, L. GUI, *R-YOLO: A Real-Time Text Detector for Natural Scenes with Arbitrary Rotation*, in «Sensors», vol. 21, fasc. 888, 2021, pp. 1–20.

⁸⁷ I. DI LENARDO, *The Replica Project: Co-Designing a Discovery Engine for Digital Art History*, in «Multimodal Technologies and Interaction», vol. 6, fasc. 11, 2022, pp. 1–18.

omonimie e dati incerti all'interno degli archivi letterari. Caratteristica, infatti, dei database costruiti su dati precedentemente trascritti, l'esempio più semplice può essere quello della digitalizzazione di materiale epistolare, è quella di poter presentare una grande varietà di luoghi citati, città in particolare, non a causa di una reale molteplicità di luoghi quanto per la differente grafia con i quali vengono indicati. Se su scala italiana il problema può considerarsi contenuto, già allargando alle aree limitrofe e soprattutto alle aree di confine, la stessa città o lo stesso paese possono avere due o più nomi (includendo anche i dialetti il numero può salire ulteriormente). In questo caso l'approccio più comune è stato quello di passare in revisione tutti i dati precedentemente inseriti ed operare una semplificazione fatta dall'operatore stesso. Per capire la velocità con cui tale metodo si sia ormai rivelato antiquato basti indicare come già all'interno di comuni software quali *Microsoft Excel* sia ormai presente la funzione atta a permettere l'automatico riconoscimento di un luogo specifico partendo dal suo nome e che tale funzione appunto procede tramite l'identificazione di tutti i nomi di luoghi nelle varie lingue impostate. Similmente utile a questo punto del nostro ragionamento è l'influenza sempre maggiore avuta da ontologie sempre più complesse e dettagliate, in grado in questo caso di collegare tra loro voci e grafie differenti qualora riferite allo stesso soggetto.⁸⁸

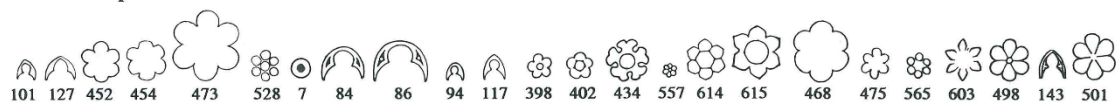
Assodato quindi il valore interpretativo di qualsiasi gerarchizzazione, è possibile soppesare le altre variabili suindicate e immaginare una quadratura tra possibilità e fattibilità. Nel caso specifico, trattandosi di informazioni molto complesse contenute in un numero limitato di dati, ovvero di dati molto ricchi, si è scelto di operare tendendo in una fase iniziale alla massima conservazione dei dati, postponendo il problema di come gestire gli stessi ad un secondo momento, potendo contare su sistemi relativamente veloci per la visualizzazione online di strutture complesse e per poter quindi verificare la reale utilità degli stessi in un ambiente digitale simile a quello definitivo.

4.3.1 La struttura dei volumi di E. S. Skaug

Caratteristica peculiare dei due volumi dai quali il lavoro prende le mosse è la rappresentazione dei dati raccolti in forma tabellare come appendice al testo, rendendone semplice la consultazione e, nel caso che prenderemo in esame, la digitalizzazione. Per poter avere contezza della mole definitiva di dati che si sarebbe dovuto gestire si è scelto di operare in prima istanza con la digitalizzazione massiva del più alto numero possibile di informazioni presenti nei due volumi del 1994. Considerando appunto il fulcro della ricerca lo studio e l'analisi delle forme della decorazione punzonata presenti in ognuna delle opere studiate nei due volumi, la prima operazione è stata quella di convertire in dati digitali, su foglio Excel, le informazioni presenti nelle stesse tabelle del secondo volume del 1994. Nel volume cartaceo, infatti le opere sono raggruppate in singole schede per ogni autore; ogni tabella ha nell'asse delle ordinate l'elenco delle opere attribuite a ciascun artista, mentre l'asse delle ascisse corrisponde ai punzoni utilizzati. In questa tabella formata da case vuote la presenza di un cerchio collega la presenza di un determinato punzone nell'opera presente sull'asse y (Figura 55).

⁸⁸ T. PETERSEN, *The Art in the Online Catalog Environment*, in «Art Documentation: Journal of the Art Libraries Society of North America», vol. 1, fasc. 6, 1982, pp. 183–185.

6.14. Jacopo di Cione



SIENA/*Post-1350 Compagnia*

Giovanni da Milano

Niccolò di Tommaso

	SIENA/*Post-1350 Compagnia*																								
	Giovanni da Milano								Niccolò di Tommaso																
	A ₁				B				A ₂				RO												
	101	127	452	454	473	528	7	84	86	94	117	398	402	434	557	614	615	468	475	565	603	498	143	501	RO
F., Acc. (#8465), tab.	●		●	?																					1
ALLENTOWN (#K 33)			?																						1
F., Acc. (#5887), Massacre		●	●																						1
NEW YORK, Corsini 1362		●		●																					1
ALLENTOWN (#K 44)				?																					1
F., SS Apostoli, trip.				●	●																				0
HAMPTON COURT, tab.				●																					1
PISA, tab.				?																					1
F., Uff., St. Matthew 1367-							●	●	●		●		●	●	●	●	●								
Ex LONDON-WOLUWE												○	○												
LONDON, S. Pier Magg. 1370-71																									
LONDON (#1468), Crucif.							●						●		●										

COLUMN "RO":
I = Infancy Master
P = Prato Annunciation Master

Figura 55 Nelle tabelle a disposizione nei volumi cartacei, gli indicatori neri e bianchi servono ad indicare rispettivamente punzoni censiti e documentati fotograficamente, punzoni censiti ma privi di documentazione macrofotografica ed infine, il simbolo "?" indica punzoni osservati visivamente, per i quali non erano a disposizione dell'autore, alla data della pubblicazione, immagini dettagliate.

Due differenti gradi di precisione sono ravvisabili immediatamente in queste tabelle; da una parte possiamo trovare gli indicatori neri, i più comuni, atti a rappresentare punzoni dei quali la presenza è certa a seguito di un controllo da parte dell'autore tramite macrofotografie riprese con scala metrica, dall'altra, gli indicatori bianchi rappresentano punzoni dei quali l'autore non dispone di immagini dettagliate ed in scala. Questo secondo gruppo raccoglie principalmente quelle opere delle quali non è stato possibile ottenere riprese ravvicinate, per motivi di collocazione o, più semplicemente per impossibilità nel recarsi personalmente in loco. Questo discrimine, seppur presente solo in una minima parte di opere, è legato all'impossibilità stessa, nonostante trent'anni di campagne fotografiche, di mappare completamente tutto l'ampio spettro degli strumenti utilizzati dai 64 autori presi in esame. In buona misura, infatti, i punzoni segnalati dai cerchi bianchi appartengono ad opere per le quali Skaug ha avuto a disposizione unicamente fotografie effettuate da altri autori, collezionisti, restauratori, solitamente prive di scale. In questo ultimo caso quindi l'impossibilità di contare su immagini osservate, misurate e riprese con precisione ha portato lo studioso ad inserire un primo livello di incertezza che, nella prima fase della digitalizzazione, è stato mantenuto.

In un primo tempo chi scrive ha cercato di trasformare automaticamente l'immagine digitale della tabella in un foglio Excel, per poi tradurre le caselle composte da cerchi bianchi e neri in valori pari al numero del punzone indicato in colonna ma tale sistema si è rivelato relativamente complesso ed impreciso, in particolare per quanto riguarda la correttezza dei valori identificati automaticamente, la percentuale di errori rilevata nelle prime prove ha fatto presupporre che tale percorso avrebbe richiesto una verifica completa di tutte le voci, inficiando in buona misura la sua utilità.

Si è scelto quindi di operare secondo i più semplici standard di digitalizzazione manuale, trascrivendo manualmente i dati come elenco separato da virgole. Il primo passo per creare i dati che sarebbero stati poi utilizzati nel database, ha richiesto di collegare ad ogni opera i punzoni in essa riconosciuti in un foglio di calcolo dove, accanto al nome dell'opera nella sua forma abbreviata identica a quella utilizzata da E. S. Skaug, la colonna successiva contiene l'elenco, separato da virgole, di tutti i punzoni in essa presenti. Come detto,

volendo mantenere i due gradi di certezza all'interno di questa prima digitalizzazione, i punzoni di cui non è certa l'identificazione sono stati seguiti da un punto interrogativo, ottenendo quindi un tabellario dalla forma simile a quello di Figura 56.

St. Antony abbot (fr) - Taddeo Gaddi	Taddeo Gaddi	Loc. Unknown				Polyptych panel	387, 128
St. Julian - Taddeo Gaddi	Taddeo Gaddi	Loc. Unknown				Polyptych panel	387?, 128?
Annunciation - Taddeo Gaddi	Taddeo Gaddi	Fiesole, Museo Bandini					387, 128
Madonna and Child, four Angels - Taddeo Gaddi	Taddeo Gaddi	Esztergom, Museo d'Arte Cristiana	55.140			Centre panel Tabernacle	
Madonna and Child - Taddeo Gaddi	Taddeo Gaddi	Firenze, Accademia	448			Lunette	426, 387
Madonna and Child - Taddeo Gaddi	Taddeo Gaddi	Avignon, Musée du Petit Palais	20158				400, 387
Madonna and Child, six Cherubim/Four Saints - Taddeo Gaddi	Taddeo Gaddi	Pistoia, San Giovanni Fuoricivita		1353			576, 64, 344, 525
St. Matthew - Taddeo Gaddi	Taddeo Gaddi	New York, Golovin		1353		Pinnacle	525
Madonna and Child, four Angels/Four Saints - Taddeo Gaddi	Taddeo Gaddi	Firenze, Santa Felicità		1354?		Polyptych	592?, 387, 624, 109, 477, 487, 496?
Madonna and Child, six Angels - Taddeo Gaddi	Taddeo Gaddi	Firenze, Uffizi	3 (Dep)	1355			387, 58, 364
Painted cross - Taddeo Gaddi	Taddeo Gaddi	Bagno a Ripoli (Firenze), San Giorgio a Ruballa					426, 477?, 50
Madonna and Child - Taddeo Gaddi	Taddeo Gaddi	Firenze, San Lorenzo le Rose					387, 58, 632

Figura 56 La prima forma di digitalizzazione ha permesso di elencare i punzoni presenti in ogni opera assieme alle informazioni di base presenti nei volumi: Nome opera, autore, collocazione, inventario, anno, forma, punzoni presenti. Evidenziate in verde appaiono le voci corrispondenti agli indicatori bianchi dei volumi.

Questa operazione, richiedendo di seguire la tabella cartacea ed abbinare per ogni ascissa tutti i valori presenti sulle varie ordinate si è dimostrata operazione estremamente aperta a rischi, in particolare per quanto concerneva la fase di elencazione sul file Excel, generando spesso errori legati principalmente all'omissione di alcuni valori.

Terminata questa prima fase di schedatura i dati sono stati finalmente arricchiti di tutte le informazioni disponibili sui volumi, in particolare la presenza di un eventuale numero d'inventario, data di esecuzione, collocazione, e luogo di conservazione. Non avendo ancora determinato la forma finale che le singole voci avrebbero dovuto avere nel database, queste voci sono state mantenute come colonne separate per poterne meglio permettere la gestione nelle fasi successive del lavoro. (Figura 57)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	dicterm:subject	dicterm:title	dicterm:provenance	bibl:owner	dicterm:side	dicterm:media	dicterm:type	dicterm:relat	centr:hasPunch
2	30 Taddeo Gaddi	Madonna and Child, two Angels/Four Saints	New York	Met	10.97		Polyptych	387,505	387,505
3	31 Taddeo Gaddi	Madonna and Child, four Saints/Baptism/Lamentation	Roma	Castel Sant'Angelo			Tabernacle	417	417
4	32 Taddeo Gaddi	Madonna and Child/two Saints	Firenze	San Martino a Mensola			Mensola, Triptych	387	387
5	33 Taddeo Gaddi	St. Antony abbot (fr)	Loc. Unknown				Polyptych panel	34 387,128	387,128
6	34 Taddeo Gaddi	St. Julian	Loc. Unknown				Polyptych panel	33 387?,128?	387,128
7	35 Taddeo Gaddi	Annunciation	Fiesole	Museo Bandini				387,128	387,128
8	36 Taddeo Gaddi	Madonna and Child, four Angels	Esztergom	Museo d'Arte Cristiana	55.140		Centre panel Tabernacle		
9	37 Taddeo Gaddi	Madonna and Child	Firenze	Accademia	448		Lunette	426,387	426,387
10	38 Taddeo Gaddi	Madonna and Child	Avignon	Musée du Petit Palais	20158			400,387	400,387
11	39 Taddeo Gaddi	Madonna and Child, six Cherubim/Four Saints	Pistoia	San Giovanni Fuoricivita		1353		40 576,64,344,525	576,64,344,525
12	40 Taddeo Gaddi	St. Matthew	New York	Golovin		1353	Pinnacle	39 525	525
13	41 Taddeo Gaddi	Madonna and Child, four Angels/Four Saints	Firenze	Santa Felicità		1354?	Polyptych	592?,387,624,109,477,487,496?	592,387,624,109,477,487,496?
14	42 Taddeo Gaddi	Madonna and Child, six Angels	Firenze	Uffizi	3 (Dep)	1355		592,58,364	387,58,364
15	43 Taddeo Gaddi	Painted cross	Bagno a Ripoli (Firenze)	San Giorgio a Ruballa				426,477?,50	426,477,50
16	44 Taddeo Gaddi	Madonna and Child	Firenze	San Lorenzo le Rose				387,58,632	387,58,632
17	45 Taddeo Gaddi	St. Anne	Indianapolis (IN)	Herron Art Institut			Polyptych panel	387,351	387,351
18	46 Bernardo Daddi	Madonna and Child	Roma	Pinacoteca Vaticana	180			595,411	595,411
19	47 Bernardo Daddi	Madonna and Child/two Saints	Firenze	Uffizi	5073	1328 (Berer Triptych)		382	382
20	48 Bernardo Daddi	Madonna and Child, two Saints, two Angels	Firenze	Galleria Massimo	6170	1333 (Massimo 1563)		382	382

Figura 57 Mantenendo separate tutte le voci acquisite durante questa prima fase di schedatura permette di poter riassemblare le stringhe nella forma più confacente.

Lavoro simile è stato svolto per creare le schede degli autori e dei punzoni, sempre nella forma iniziale e semplificata di una griglia a semplici colonne dove, nel primo caso, al nome di un autore segue l'elenco separato da virgole dei punzoni da lui utilizzati e, nel caso dei punzoni, l'elenco degli autori che li utilizzano, in questo caso però come risultati separati in varie colonne.

I dati così raccolti, dopo una fase di verifica della correttezza, sono stati salvati nel formato nativo di Microsoft Excel e sono stati archiviati come file master prima di procedere a qualsiasi nuova elaborazione, effettuata unicamente su copie di lavoro successive.

A questo punto del lavoro, dopo aver scorso tutti i dati presenti nei volumi cartacei ed aver generato per loro una prima forma digitale dalla quale costruire il database vero e proprio, è risultato necessario costruire, razionalmente prima e fattivamente poi, la struttura logica attraverso la quale esprimere i dati, la loro manifestazione, le proprietà che li contraddistinguono ed infine le relazioni tra loro. Per quanto concerne la descrizione di un oggetto fisico nella sua forma digitale Omeka propone come base di partenza il vocabolario

di metadati *Dublin Core*,⁸⁹ uno dei sistemi attualmente più utilizzati per la descrizione delle risorse digitali, proprio grazie al suo elevato livello di capacità descrittiva. Basandosi su un intento classificatorio ed unificante, un vocabolario simile è necessariamente inadatto a descrivere risorse fisiche specifiche se poste sotto la lente d'ingrandimento di una particolare ricerca o di un metodo alternativo di analisi. Proprio per tale motivo Omeka come molti altri CMS permette di integrare queste informazioni con ontologie ulteriori create per le esigenze specifiche di ogni progetto. Nel caso in questione, dovendo descrivere opere d'arte, in particolare un loro aspetto specifico ovvero i punzoni, il vocabolario è stato ampliato tramite due ulteriori gruppi di descrittori; da un lato il già esistente vocabolario "Cennino" creato appunto per descrivere le immagini relative alla diagnostica di un oggetto artistico, prevalentemente dipinti, dall'altro invece è apparso da subito necessario creare e gestire dei nuovi termini che riguardassero la decorazione a punzone, il suo utilizzo, lo studio e le relazioni che possono essere attivate tra le risorse del database.

Il primo passo compiuto verso la strutturazione dei materiali ha richiesto la definizione sempre più precisa delle classi tramite cui definire gli oggetti digitali e, contemporaneamente a queste, le proprietà che le descrivessero e relazionassero alle altre classi.

Lo spazio di lavoro Omeka predilige il termine *Resource* e *Resource template* per definire quelle che fino a questo momento sono state definite classi, utilizzando invece il termine *Class* nell'accezione intesa in seno alla codificazione *Dublin Core*, classificazione che è stata utilizzata e seguita anche in questo lavoro salvo i casi che richiedessero, come si vedrà, un'implementazione delle strutture già in essere. I dati in nostro possesso sono risultati generalmente di semplice gestione non dovendo creare gerarchie particolari di senso, la costruzione delle nuove ontologie infatti ha richiesto di strutturare nuove proprietà e tramite queste collegare tra loro entità di pari livello. Non è stato invece necessario generare strutture ad albero con vari gradi di gerarchia tra le entità in quanto i dati in nostro possesso rappresentano unicamente entità tra loro separate, non collegate da gradi di parentela.

Converrà ora, seguendo il percorso svolto nello sviluppo delle risorse, ripercorrere una ad una le classi logiche che costituiranno il database e da queste iniziare a comprendere come sono state create le ontologie; in generale si è cercato di utilizzare il più possibile i descrittori *Dublin Core* e di creare nuove proprietà solo quando ritenuto strettamente necessario. Questa scelta deve vedere il suo fondamento nella convinzione di ottenere un risultato interpretabile con maggior semplicità quando si tratti di descrivere entità tra loro strettamente collegate e sia quindi da preferirsi, come si vedrà, l'uso di una terminologia che si concentri sull'effettiva relazione tra le risorse.

Nel momento dell'ideazione delle proprietà in grado di descrivere gli oggetti digitali è stato necessario procedere ad una fase di sperimentazione graduale fino ad indentificare la forma finale, tale lavoro di continua modifica è stato testato unicamente su un gruppo limitato di risorse presenti, come detto, su un server alternativo. Terminata la prima strutturazione questa è stata sperimentata su un numero elevato seppur incompleto di oggetti digitali ed è iniziato quindi il processo di identificazione di proprietà che fossero assegnabili con semplicità attraverso fogli di calcolo CSV; verificate quindi le possibilità disponibili in uno spazio Omeka, queste sono state infine utilizzate per definire prima il formato di partenza per la creazione degli *Items (Resource Template)* e da lì alla creazione degli *Items* stessi.

Il processo logico seguito nel definire le proprietà degli oggetti digitali ha richiesto di indentificare in primis la differenza tra proprietà descrittive (ovvero riguardanti le caratteristiche dell'entità) e proprietà relazionali ovvero quelle in grado di mettere in luce collegamenti con altre risorse della stessa classe o di classi differenti. La distinzione, da considerarsi come frutto di una scelta di valori, non può essere considerata come valutazione corretta aprioristicamente e sempre valida ma unicamente come lo schema interpretativo da

⁸⁹ T. NUMERICO, D. FIORMONTE, F. TOMASI, *L'umanista digitale*, Il Mulino, Bologna, 2010, p. 146.

preferirsi nella costruzione di un database per queste particolari risorse, soggetto quindi ad una selezione ed interpretazione da parte di chi scrive. In questo caso nel primo gruppo sono state inserite le informazioni che non collegano direttamente le opere tra loro, vale a dire l'anno di realizzazione, la collocazione ed il numero di inventario per le opere d'arte o l'anno di digitalizzazione per le immagini dei negativi. Al secondo gruppo invece appartengono le relazioni tra autori ed opere, tra i punzoni presenti in una determinata opera d'arte e l'artista che li utilizza, oppure, sempre come esempio, il rapporto tra un'artista e le opere d'arte ad esso attribuite. Questa distinzione, legata alle possibilità di sviluppo del database, segna il diverso valore dato alle informazioni e, contemporaneamente, determina le informazioni navigabili, ovvero collegate da link reciproci tra loro e quelle espresse in forma meramente testuale. È importante notare a questo punto della costruzione dei vocabolari come tali distinzioni siano il frutto unicamente di scelte interpretative ed in nessuna misura rappresentino valori assoluti nella descrizione degli oggetti digitali. La scelta di definire la collocazione delle opere come un dato testuale, di non creare quindi la possibilità di un collegamento rapido tra l'entità museo e le entità delle opere in esso contenute, o quella di relegare le date di realizzazione delle opere ad un mero valore indicativo che non generi nuovi collegamenti sincronici dal punto di vista dell'architettura informatica è il frutto di una valutazione sul fine ultimo di questo strumento. Non sarebbe ipotizzabile uno strumento simile che non predisponga dei collegamenti sulla base geografica della collocazione qualora l'interesse fosse quello di catalogare e rendere disponibili i materiali di un'area geografica precisa e similmente sarebbe inspiegabile la mancanza di strumenti specifici per una marcatura temporale nel caso l'interesse principale fosse quello di analizzare lo sviluppo nel tempo di una singola collezione. Questi due esempi in negativo mostrano in maniera semplificata come la fase di definizione dei descrittori porti automaticamente con sé un lavoro di scelta sull'impronta da dare ad uno strumento digitale, in questo caso concentrandosi sulle relazioni aperte dalla decorazione punzonata nel tessuto della produzione artistica toscana.

Analizzando invece in forma puntuale gli elementi in nostro possesso, come già evidenziato precedentemente, questi possono essere suddivisi in quattro gruppi distinti in maniera molto evidente, gli artisti, i punzoni, le opere d'arte ed infine il corpus di negativi di E. S. Skaug. Per le ultime due categorie è già possibile trovare all'interno del vocabolario *Dublin Core* la presenza di due classi appositamente definite, rispettivamente denominate *Physical Object* (an inanimate, three-dimensional object or substance) e *Image* (a visual representation other than text) per le quali la descrizione stessa presente nelle linee guida del vocabolario⁹⁰ rappresenta la più calzante delle soluzioni. Per quanto concerne gli autori questo vocabolario non predispone una classe di appartenenza così precisa, preferendo la definizione più ampia di *Agent* (A resource that acts or has the power to act) e *Creator* (An entity responsible for making the resource), scelta che si vedrà verrà scartata per costruire una classe precisamente predisposta. Simile strada è stata percorsa anche nella definizione dell'entità dei punzoni in quanto oggetti fisici di difficile definizione, dal valore variabile tra il concetto di strumento della decorazione e della sua stessa traccia, presente in una o più opere ed immagini. Definiti quindi i quattro macrogruppi di appartenenza nei quali raggruppare gli elementi in nostro possesso, è stato necessario definirne le proprietà che li descrivessero, seguendo appunto la distinzione illustrata precedentemente tra proprietà descrittive e relazionali. Per quanto concerne l'entità di partenza del nostro database, ovvero le tracce della decorazione punzonata così come censite da E. S. Skaug è stato relativamente semplice identificare le proprietà che le definissero, immaginando i quesiti da porre ad un elemento digitale per riconoscerne il suo valore.

Per quanto concerne la singola forma della decorazione punzonata, d'ora in avanti punzone, i descrittori ideati rispondono alle semplici domande "che forma e dimensione ha?", "in quali opere è presente?" "quali botteghe la utilizzano?" ed infine "in quali immagini è raffigurato?". Il porre queste domande ha permesso di definire le proprietà di un'entità per la quale non esistevano precedenti esperimenti in umanistica digitale in grado di poter essere utilizzati come esempio e che ha quindi richiesto di essere strutturata partendo

⁹⁰ <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcmi-terms/> (consultato il 13/03/2023)

solamente dalle informazioni in nostro possesso. Le proprietà pensate quindi per rispondere alle domande sono state strutturate nella forma rappresentata in Tabella 3, escludendo unicamente le informazioni di forma e dimensioni, dati questi che possono essere gestiti unicamente tramite l'impiego di immagini specifiche, come verrà descritto successivamente.

Tabella 3 Le proprietà pensate per descrivere gli Items dei Punzoni

Title	Nome del punzone, riferimento all'inventariazione fatta da E.S. Skaug
Belongs to Punch Mark Class	Classe di appartenenza, sempre seguendo le distinzioni dei volumi del 1994
Is Used by	Identifica l'artista che lo usa
Is Punch Mark Of	Identifica le tavole dove questo punzone è stato individuato
Photo of punch	Indica i negativi che lo raffigurano
Item sets	Identifica il gruppo di appartenenza, sovrapponibile alla classe

Già dopo aver identificato queste prime proprietà risulta evidente come tutte queste voci, ad eccezione del titolo e dell'*Item Set* di riferimento sono proprietà collegate ad altre risorse da creare all'interno del database, ad altre classi o gruppi e per tale motivo è stato necessario strutturare anche i collegamenti inversi per ognuna di esse; come un punzone venga ad essere utilizzato da un artista richiede la creazione della proprietà inversa che indichi per ogni artista quali siano i punzoni che esso utilizza, similmente le schede delle opere d'arte dovranno avere l'indicazione dei punzoni in esse presenti e le schede dei negativi dovranno indicare quali punzoni mostrano. La presenza di questi collegamenti a doppio senso richiederà in futuro un'attenta gestione dei dati in nostro possesso ma permetterà di strutturare l'intelaiatura logica del database in maniera ordinata.⁹¹

Studiando invece la forma da dare alla classe degli autori l'identificazione dei descrittori è risultata indubbiamente più semplice, non dovendo collegare direttamente a queste risorse le immagini dell'archivio fotografico dell'autore ma unicamente il rapporto tra punzoni ed opere d'arte, risultando nella forma semplificata di Tabella 4.

Tabella 4 Le proprietà pensate per descrivere gli Items delle botteghe

Title	Nome dell'artista
Use Punch Mark	Identifica i punzoni appartenuti ad un artista (Inverso del precedente Is Used by)
Is Author of	Identifica le opere attribuite all'artista
Item sets	Identifica il gruppo di appartenenza, sovrapponibile alla classe

Più complesse si sono rivelate le questioni poste dalla necessità di descrivere con completezza di dettaglio le schede delle opere d'arte, in particolare dovendo tenere in considerazione il problema dell'autorialità frutto in molti casi di attribuzioni che nel tempo possono essere cambiate. In questo caso, disponendo di un numero

⁹¹ Come si vedrà in seguito Omeka ha gli strumenti per rendere visibile in ambo gli elementi la proprietà che li collega tramite il modulo *Metadata Browser* il quale si rivela però limitato dall'impossibilità di cambiare il nome della proprietà sulla base della sua direzione (Author/Is Author of).

di informazioni ben maggiori per descrivere un'opera conservata presso musei e collezioni, è risultato fondamentale il discriminare illustrato precedentemente tra proprietà descrittive e relazionali; tramite le prime infatti è stato possibile arricchire di informazioni le schede, lasciando alle relazioni già tracciate precedentemente il ruolo di permettere la navigazione del sito.

Al primo gruppo appartengono le informazioni di base, utili a descrivere lo stato dell'opera, la sua collocazione, l'eventuale numero di inventario e, in senso lato, i dati che non sono in grado di esprimere direttamente relazioni tra altri elementi del database. Il secondo gruppo invece raccoglie i collegamenti con altre entità digitali presenti nel database seguendo la stessa logica delle proprietà di cui si è già detto ed aggiungendo a queste l'unico collegamento interclasse dell'intero sito. E. S. Skaug segnala nei suoi lavori le opere smembrate riconducibili a polittici noti sulla base della bibliografia esistente e per questo è stata utilizzata una proprietà appartenente al vocabolario DC che mette in relazione entità di pari livello, ovvero la funzione "Is Related To", che è stata quindi utilizzata senza ricorrere alla creazione di nuovi elementi. Per quanto concerne invece il rapporto tra una tavola e le immagini che la rappresentano, sia che esse derivino dagli archivi di E.S. Skaug sia che provengano dalle campagne successive condotte da chi scrive, si è scelto di differenziare le proprietà di riferimento in due voci distinte, prese entrambe dal vocabolario costruito per il "Progetto Cennino"⁹². Queste due proprietà, *Has Diffused Light Photo* e *Has Macro Photo*, pensate per distinguere appunto tra le immagini d'insieme in luce diffusa ed i dettagli stretti di alcune parti dell'opera, sono risultate scelte perfette per definire le immagini d'archivio così come sono state archiviate da E. S. Skaug. Unendo alle proprietà fin qui elencate le relazioni inverse a quelle già strutturate per punzoni ed autori si avrà una scheda pari a quella illustrata in Tabella 5.

Tabella 5 Nell'elenco delle proprietà impiegate nella descrizione di un'opera, sono qui evidenziate in blu le voci per le quali non sono previsti collegamenti ipertestuali ma semplici valori destrittivi

Title	Nome attribuito all'opera, nella forma estesa di: Autore, Titolo dell'opera, Eventuale anno, Città, Collocazione
Author	Identifica il rimando agli autori presenti nel database, funzione inversa di "Is Autor of"
Has Punch Mark	Indica i punzoni presenti nell'opera, funzione inversa di "Is punchmark of"
Type	Eventuale indicazione della forma dell'opera o del suo appartenere a materiali smembrati
Identifier	Eventuale inventario museale
Is Related To	Identifica le altre opere note da avvicinare alla presente. Valido nel caso di polittici o predelle smembrate
Has Diffused Light Photo	Indica e collega le immagini d'insieme dell'opera riprese nello spettro del visibile
Has Macro Photo	Indica ed elenca le immagini di dettaglio dei vari punzoni presenti nell'opera
Item sets	Identifica il gruppo di appartenenza, sovrapponibile alla classe
Reference	Proprietà nascosta, identica a Title. L'utilizzo di una voce nascosta permette di modificare successivamente il titolo qualora fosse stato

⁹² <http://corpuspitturafiorentina.bmlonline.it/s/cennino-cennini/page/home>

	commesso qualche errore o si sia scelto di utilizzare una voce più articolata senza per questo perdere il collegamento con i fogli di calcolo utilizzati per importare le informazioni
--	--

Per le schede relative alle immagini derivanti dalla digitalizzazione dei negativi di E. Skaug infine la scelta del vocabolario da utilizzare si è avvalsa, come per le schede delle opere, di un doppio livello informativo tra i dati da inserire ricercando una forma che mantenesse di facile accesso la fruizione dei collegamenti tra opere e punzoni, prendendo in considerazione anche le informazioni generali collegate ad un fondo d'archivio. Non sono state ritenute rilevanti informazioni più tecniche quali la risoluzione di campionamento delle immagini, gli spazi colore utilizzati e gli altri metadati di valore propriamente archivistico, mentre è stato ritenuto fondamentale mantenere e rendere disponibili le informazioni generali sul fondo, la proprietà delle immagini, l'anno di realizzazione delle stesse e quello di digitalizzazione. In questo frangente i vocabolari *Dublin Core* si sono rivelati più che adeguati nel garantire la completa disponibilità di risorse utili a definire una risorsa come un'immagine digitale, mancando unicamente di un voce specifica per indicare l'anno e la responsabilità della digitalizzazione, per la quale, quindi, è stata creata una nuova proprietà. Anche in questo caso, come per le schede degli autori, la relativa semplicità nella definizione della scheda ha permesso di contenere il numero di proprietà relazionali al più semplice riferimento tra l'immagine, i punzoni ritratti e l'opera di riferimento, risultando quindi in una forma riassumibile in Tabella 6.

Tabella 6 Similmente alla tabella precedente, anche in questo caso sono evidenziati in blu gli elementi che non propongono collegamenti ipertestuali ad altre risorse.

Title	Nome del negativo "Skaug_neg_141"
Subject	La descrizione riportata negli schedari di E.S. Skaug sull'area interessata dalla macrofotografia "St. Louis's mantle, detail"
Description	Indica l'eventuale presenza di note dell'autore che in generale riguardano il contrasto ridotto per l'eccessiva sottoesposizione, l'impiego di fonti di luce particolari, l'assenza del righello di misurazione o alcune informazioni aggiuntive sulla decorazione "Pastiglia gold tooling, octogonal appliques"
Is Diffused Light Photo / Is Macro Photo Of	Indica e rimanda all'opera fotografata, funzione inversa di "Has Diffused Light Photo" e "Is Macro Photo Of". Non possono essere presenti in contemporanea, dipendendo appunto dal tipo di ripresa effettuata
Medium	Il formato fisico dell'immagine, in generale pellicola bianco e nero 35mm
Date	Indica la data di realizzazione dello scatto così come indicata sugli schedari

Rights Holder	Indica il possessore dei diritti sulle immagini
Digitization	Indica l'anno (2021) ed il responsabile della digitalizzazione
Item Set	Identifica il gruppo di appartenenza, sovrapponibile alla classe

Definito quindi l'elenco di proprietà necessarie a creare i collegamenti tra le risorse in un server esterno che permettesse continue modifiche ed eventuali rimozioni di elementi e termini, questi sono stati testati su una selezione di risorse numericamente sufficiente ad evidenziarne eventuali problematiche e solo al seguito della verifica questi sono stati integrati come veri e propri nuovi vocabolari sull'installazione Omeka relativa al database definitivo.

La procedura di creazione dei nuovi vocabolari ed eventualmente di ontologie più complesse in grado di gestire gradi di legame e parentela tra nuove proprietà viene gestita dal web software tramite due distinte funzioni pensate per la gestione dei file .RDF o per la creazione di vocabolari tramite l'immissione di semplici formule testuali. Il primo sistema, l'importazione di un nuovo vocabolario già strutturato in formato *Resource Description Framework* o equivalenti (.ttl, .n3, .nt, etc) richiede la gestione tramite editor specifici per quanto una parte del lavoro possa essere eseguita in *Microsoft Excel* o altri software per fogli di calcolo. Tale funzione, pensata principalmente per l'importazione in Omeka di vocabolari già strutturati così come creati in altre installazioni o da enti proponenti, non rappresenta la soluzione più agevole in un caso relativamente semplice come quelli qui preso in esame dove si è preferito seguire una programmazione più semplice, tramite il modulo "*Custom ontologies*" appositamente predisposto per implementare le risorse e le classi mancanti nella creazione di un database. Il modulo citato permette la creazione di nuove proprietà da raggruppare in appositi vocabolari creati di volta in volta tramite l'enunciazione di alcune semplici formule testuali ben illustrate nella manualistica disponibile⁹³ e nella navigazione stessa del modulo. Già nella pagina iniziale del modulo (Figura 58) è possibile vedere come le linee guida da seguire siano indicate da un testo in grigio all'interno delle case da compilare.

⁹³ <https://github.com/Daniel-KM/Omeka-S-module-CustomOntology> (consultato il 22/11/2022)

Custom ontologies

Get turtle Submit

An ontology must have a namespace uri and a unique lowercase prefix. It is recommended to use the default namespace uri with the prefix, so it will be possible to publish the ontology automatically. It is recommended to end it with a "/" or a "#", so classes and properties will have their own uri, for example <http://corpuspitturafirentina.bmlonline.it/ns/myprefix/>. The format can be a **cool url** or a **persistent url**. It can contain a date or a version. A label is required too, and a description can be added.

Namespace uri	<input type="text" value="http://corpuspitturafirentina.bmlonline.it/ns/myprefix/"/>
Prefix	<input type="text" value="myprefix"/>
Label	<input type="text" value="My label"/>
Comment	<input type="text" value="A specific ontology for my documents"/>

Create specific classes

A class must be formatted with a prefix and a title-case local name, like "dctype:PhysicalObject". Multiple classes can be created, one by row.

<input type="text" value="myprefix:MySpecificClass, My specific class, A resource class to use for my specific documents."/>
--

Create specific properties

A property must be formatted with a prefix and a camel-case local name, like "dcterms:IsPartOf". Multiple properties can be created, one by row.

<input type="text" value="myprefix:mySpecificProperty, My specific property, A property to use for my specific documents."/>
--

Figura 58 La finestra iniziale dalla quale è possibile creare le nuove classi e proprietà nel modulo "Custom ontologies"

La definizione di un indirizzo "*http*" dove caricare il documento in fase di creazione, il suo nome ed un'eventuale descrizione sono le informazioni obbligatorie per poter procedere alla creazione di una nuova ontologia mentre le due finestre seguenti permetteranno di elencare le classi e le proprietà da creare seguendo un'uguale formula per entrambe. A tutti gli effetti il modulo non rappresenta altro che un sistema semplificato per la creazione di file *turtle* pronti per l'importazione, sarà sufficiente elencare le classi e le proprietà da generare in forma di elenco separato da virgole strutturato come segue:

punch:IsPunchOf, Is Punch Of, Proprietà utilizzata per indicare le opere d'arte nelle quali un punzone è presente

generalizzabile in:

punch:SIGLA, NOME CLASSE/PROPRIETÀ, DESCRIZIONE

Il termine presente prima dei due punti, corrispondente al prefisso indicato nel primo box, determina il gruppo di appartenenza delle proprietà e non deve variare per l'elenco di vocaboli, mentre il termine seguente indica unicamente la sigla in formato abbreviato della proprietà. Questo primo elemento così riportato "punch:IsPunchOf" sarà in grado, come verrà spiegato in seguito, di permettere automaticamente il riconoscimento dei dati inseriti tramite fogli di calcolo mentre i termini dopo la prima virgola serviranno a definire il nome effettivo della risorsa, come essa apparirà sul sito ed infine, in terza posizione, una breve descrizione, nascosta agli utenti finali, che potrà essere utilizzata in futuro come promemoria nel momento della creazione degli Items per evitare errori nella selezione delle proprietà. Avendo strutturato precedentemente l'elenco di classi e proprietà esistenti e di quelle mancanti nell'installazione del CMS è stato sufficiente generare dei documenti testuali aventi un numero di righe pari a quelle degli elementi da creare ed una corretta descrizione degli stessi. Sono state elencate quindi 3 classi: *Author*, *Punchmark* e *Punch Class* e 10 proprietà: *Belongs to Punch Mark Class*, *Punch Mark*, *Is Punch Mark Of*, *Has Punch Mark*, *Is Author of*, *Author*, *Use Punch Mark*, *Is Used by*, *Is Related To*, *Digitization*. Queste, ad eccezione delle ultime due, risultano sempre accoppiate in quanto relazione iniziale ed inversa dello stesso collegamento. Terminato quindi l'elenco di elementi da creare, il pulsante "Get Turtle" ha permesso di scaricare sul computer di lavoro

il vocabolario appena creato nel formato .ttl che servirà ora ad importare i dati nello spazio Omeka. Terminata questa procedura infatti, è stato sufficiente aprire la già descritta finestra “Vocabularies” tra le risorse di partenza del web software e da lì caricare il documento appena creato tramite il comando “Import new vocabulary” per vederlo apparire nell’elenco dei vocabolari a nostra disposizione. (Figura 59)

Label	Prefix	Classes	Properties
Cennino	cenn	0	33
Dublin Core	dcterms	22	55
Dublin Core Type	dctype	12	0
Punches	punch	3	12

Figura 59 L’elenco dei vocabolari presenti sul web software Omeka dopo l’importazione del vocabolario personalizzato “Punches”.

4.4 LA STRUTTURA DEL DATABASE

A questo punto del lavoro, disponendo ormai di una consistente mole di dati convertiti in formato tabellare, è stato possibile procedere alla generazione vera e propria dei file che sarebbero serviti per l’inserimento nel database dei materiali censiti, rispettando nella maniera più fedele gli intenti di E. S. Skaug. La prima classificazione ha riguardato la distinzione degli Items, creati in base alla loro funzione. Seguendo una distinzione logica, evidente dal punto di vista umano ma necessaria di specificazione all’interno di uno spazio digitale, le schede sono state accorpate all’interno di quattro differenti gruppi, definiti da Omeka-S come *Item Set: Authors, Punches, Works e Negatives*, che sarebbero poi diventati anche i quattro filoni di visualizzazione del database nella sua forma finale. La creazione di questi *Item Set* nella fase iniziale del lavoro ha permesso di raggruppare tutte le voci create successivamente, garantendo in un primo momento una più semplice fase di ricerca delle singole voci e, nella fase finale di creazione dell’interfaccia utente, un loro raggruppamento ordinato. Si procederà ora ad illustrare nello stesso ordine visibile online, il metodo di creazione dei fogli di calcolo che hanno permesso di trasformare i dati acquisiti in precedenza in vere e proprie entità digitali tra loro collegate. Come si vedrà, la creazione di voci tra loro collegate da legami biunivoci ha richiesto in molte situazioni la creazione di più fogli di calcolo che andranno ad integrare di volta in volta nuove informazioni agli *Items* già caricati. Per poter identificare tramite i fogli di calcolo le schede già esistenti è necessario disporre degli ID automaticamente assegnati dal CMS nella fase di creazione dei singoli oggetti. Questo dato, non modificabile in un secondo momento, rappresenta l’identificativo utilizzato da Omeka per definire con un numero ogni risorsa creata ed è sempre visibile nella parte finale dell’*url* di ogni *Item* nella forma “/item/****”. Per tale motivo questa seconda fase di ampliamento delle informazioni verrà illustrata in una fase successiva, seguendo l’ordine che è stato applicato nella creazione del database stesso. Similmente l’ordine di creazione degli *Items* è stato vincolato da criteri legati alla struttura stessa del database e non da valutazioni di merito nei confronti della facies finale del sito e per tale motivo questo primo ordine verrà seguito nei paragrafi successivi, posponendo alla parte finale del capitolo la fase di riordino delle informazioni in nostro possesso.

4.4.1 Punzoni

I punzoni sono stati i primi elementi inseriti nel database non solo perché elementi fondanti della ricerca ma anche per la semplicità nella loro definizione come *Items* in un contesto digitale. In una fase iniziale del lavoro i nove gruppi identificati da Erling Skaug sulla base della forma ha richiesto alcuni aggiustamenti in corso d’opera in quanto l’idea di radunare in nove differenti *Item Set* le varie voci si è dimostrata una strada scomoda da percorrere. Volendo infatti raggruppare la visualizzazione dei singoli punzoni come illustrato in Figura 60, l’impiego degli *Item set* si è dimostrato non idoneo alla creazione di una pagina come quella qui illustrata, che invece risulta essenziale per accompagnare l’utente nella ricerca.

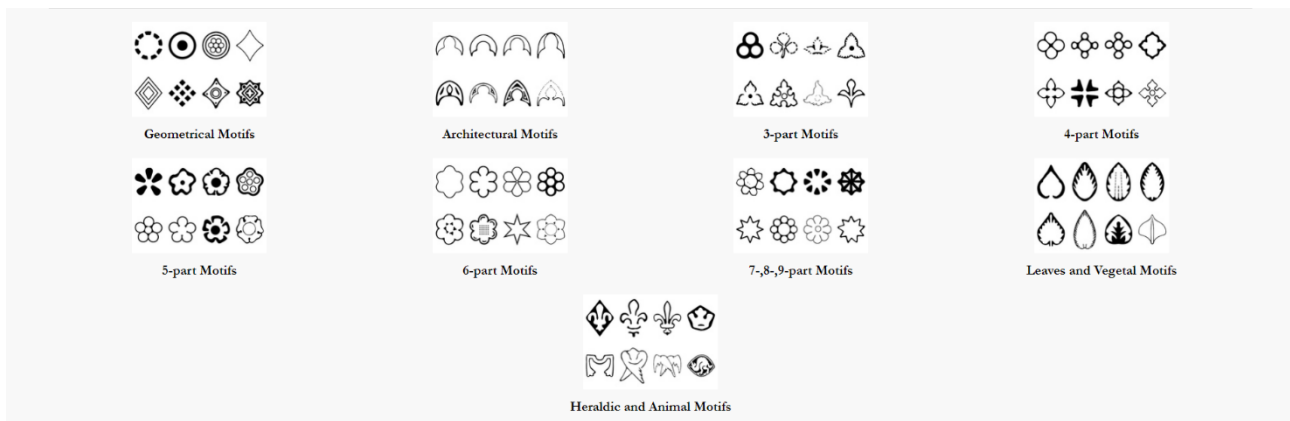


Figura 60 Vista schematica dei raggruppamenti di punzoni così come proposti da E.S. Skaug.

Si è scelto quindi di procedere con la creazione di elementi di pari livello sia per i punzoni che per il loro gruppo di appartenenza, senza ricorrere a categorie diverse rispetto a quella degli *Item*. Sono stati quindi dapprima creati manualmente, senza ricorrere a fogli di calcolo i 9 *Items* denominati secondo la definizione originale proposta dall'autore: *Geometrical Motifs*, *Architectural Motifs*, *3-part Motifs*, *4-part Motifs*, *5-part Motifs*, *6-part Motifs*, *7-,8-,9-part Motifs*, *Leaves and Vegetal Motifs*, *Heraldic and animal Motifs* e solo successivamente le voci dei 764 punzoni⁹⁴. Procedendo in quest'ordine, ai primi 9 *Items* sono stati assegnati degli ID dal 384 per la prima classe (*Geometrical Motifs*) ad un valore di 393 per l'ultima (*Heraldic and Animal Motifs*) permettendo di inserire, nel momento della creazione del foglio di calcolo dei punzoni stessi, anche il collegamento tra ogni singolo punzone e la sua classe di riferimento creata precedentemente. (Figura 61).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Punzone	Classe	ID_Classe								
2	52	Geometrical Motifs	384								
3	53	Geometrical Motifs	384								
4	54	Geometrical Motifs	384								
5	55	Geometrical Motifs	384								
6	56	Geometrical Motifs	384								
7	57	Geometrical Motifs	384								
8	58	Geometrical Motifs	384								
9	59	Geometrical Motifs	384								
10	60	Architectural Motifs	385								
11	61	Architectural Motifs	385								
12	62	Architectural Motifs	385								
13	63	Architectural Motifs	385								
14	64	Architectural Motifs	385								
15	65	Architectural Motifs	385								
16	66	Architectural Motifs	385								
17	67	Architectural Motifs	385								
18	68	Architectural Motifs	385								

Figura 61 Una selezione della tabella dal punzone n.52 a n.68 illustra il passaggio tra due classi differenti di punzoni ed il differente ID nella terza colonna in grado di identificare gli *Items* "Geometrical Motifs" (ID 384) e "Architectural Motifs" (ID 385) creati precedentemente.

Il modulo *CSV Import* è uno degli strumenti maggiormente utilizzati, assieme ai CSM Omeka e Omeka-S come attesta il consistente numero di aggiornamenti del prodotto che può essere definito il sistema più valido per l'importazione seriale di elementi in uno spazio Omeka. Proprio a causa del veloce aggiornamento e delle

⁹⁴ Nei due volumi di E. S. Skaug sono schedati 742 punzoni mentre 21 forme ulteriori sono prive di una scheda vera e propria e risultano indicate da asterischi nelle tabelle. Per queste ultime si è ricorsi ad una numerazione separata da 1* a 21*, inserite dopo la scheda 742. Nella stessa maniera è stato gestito il punzone 544a, unica eccezione alla normale numerazione, a sua volta inserito tra la voce 742 e 1*.

modifiche che tale strumento ha subito nel tempo, è importante specificare che la versione utilizzata nel presente database sia la 2.3.0 e che tale installazione non è stata aggiornata nel corso dei mesi richiesti per il perfezionamento del sito, onde evitare variazioni, anche contenute, nel funzionamento della stessa. Come illustrato nel manuale d'uso, tale modulo⁹⁵ viene utilizzato per importare all'interno di Omeka-S *Item*, *Item Set* e *Media* tramite fogli di calcolo in formato CSV (Comma-Separated Values) o TSV (Tab-Separated Values), ovvero forme semplificate di un qualsiasi tabellario *Microsoft Excel*. Nel caso in questione si è preferito l'impiego di file CSV a causa della loro maggiore modificabilità, in particolare per quanto concerne la possibilità di modificarne la forma ed il contenuto in un semplice editor di testo. Un file CSV infatti, al netto della veste grafica che può assumere in un software per l'editing di tabelle come *Microsoft Excel*, può essere visualizzato semplicemente come un elenco di valori delimitati da segni di punteggiatura, come illustrato in Figura 62 dove una semplice tabella a due colonne (Nome dell'opera ed elenco dei punzoni in essa presenti) è codificata in un elenco di valori separati dal segno “;” mentre le virgole presenti nella descrizione dell'opera rimangono inalterate e non influenzeranno la successiva leggibilità del file.

Questo sistema è stato preferito in quanto, come si vedrà in seguito, alcuni file sono stati modificati ulteriormente prima di essere elaborati da *CSV Import* ed alcune semplici sostituzioni sono state effettuate modificando automaticamente alcuni segni di punteggiatura con altri; in una situazione simile è stato fondamentale poter contare su segni di punteggiatura selezionabili come il “;” mentre le tabulazioni, essendo definite da un codice ASCII più complesso, renderebbero più difficili tali elaborazioni.

```
Giotto, Coronation, four Saints/Saints, Angels, Firenze, Santa Croce, Baroncelli;560,562,663,731,718
Giotto, Madonna and Child/Four Saints, Bologna, Pinacoteca Comunale;560,663,731,719,203,328,338,647
Giotto, Madonna and Child, four Angels, Firenze, Santa Maria a Ricorboli;560,663,328,338,526
Giotto, Painted cross, Firenze, Santa Maria Novella;560,719
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Castelfiorentino, Propositura;325
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Castiglion Fiorentino, Pinacoteca Civica;325
Taddeo Gaddi, Stigmata of St. Francis, Cambridge (MA), Fogg Art Museum;325
Taddeo Gaddi, Christ/Four Saints, Ex Capesthorpe, Bromley Davenport;325
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, six Saints, donor (fr), Ex Monza, Modoranti;325
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, twelve Saints, three donors/Nativity/Crucifixion, Strasbourg, Musée des Beaux-Arts;325,326
```

Figura 62 In un elenco testuale generato da un foglio di calcolo in formato CSV è stata evidenziata l'interruzione tra le due colonne formata dal segno “;” mentre le virgole eventualmente presenti nel testo e nell'elenco dei punzoni non ne inficiano l'impiego.

In questo database, tutti i file che creati saranno costituiti da una prima riga di intestazione seguita dall'elenco complessivo dei valori da noi generati. In questa fase è importante che ogni riga abbia lo stesso numero di colonne utilizzate onde evitare blocchi nel caricamento. Si vedrà in seguito come in alcuni casi sarà utile che alcune celle rimangano vuote ma queste dovranno sempre essere contrassegnate dalla loro punteggiatura ed appariranno, se visualizzata in un editor di testo, come due o più “;” tra loro consecutivi. Procedendo nel dettaglio, accedendo alla prima finestra del modulo in questione (Figura 63), è possibile osservare come, subito al di sotto del pulsante predisposto per il caricamento del file csv appositamente creato, sia possibile specificare quali elementi grafici vadano a delimitare le singole colonne (in questo caso appunto “;”). L'eventuale ulteriore termine da utilizzare in sostituzione qualora sia presente nel corpo del testo un simile elemento di punteggiatura, la tipologia di oggetti da creare, in questo caso *Item*, ed infine la penultima riga permetterà di scegliere se lasciare al modulo la possibilità di mappare automaticamente le singole colonne in base all'intestazione della prima riga.

⁹⁵ <https://omeka.org/s/docs/user-manual/modules/csvimport/> (consultato il 05/02/2023)

CSV IMPORT

Import Settings

Next

Spreadsheet (csv, tsv or ods) ▶
* Scegli file Nessun file selezionato

CSV column delimiter ▶
semi-colon

CSV column enclosure ▶
double quote

Import type ▶
Items

Automap with simple labels ▶

Comment ▼

A note about the purpose or source of this import

Figura 63 La forma del primo pannello di importazione multipla attraverso file .CSV

Come si può vedere dalla schermata che appare procedendo alla fase successiva dell'importazione (Figura 64), la spunta su quest'ultima impostazione ha permesso al modulo di interpretare la descrizione del primo termine della prima riga, *dcterms:creator* come l'identificativo del termine Creatore/Artista presente nel vocabolario Dublin Core già presente nell'installazione di Omeka e potrebbe similmente mappare altri termini di vocabolari aggiuntivi qualora presenti. Si noti il caso del secondo valore, appartenente all'insieme di termini creati espressamente per la navigazione di questo database.

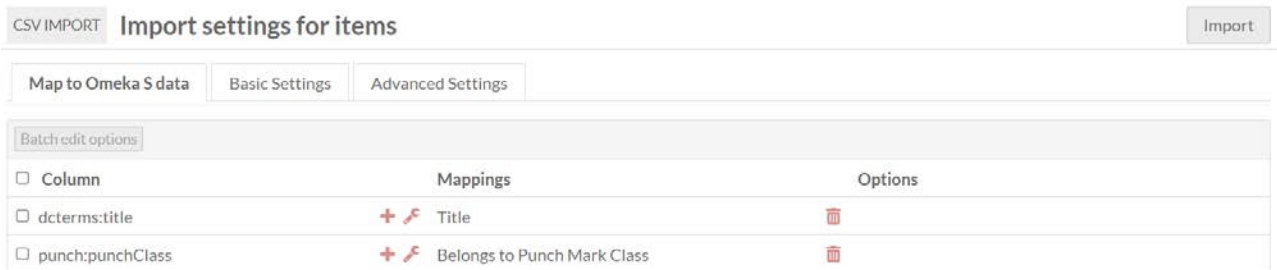


Figura 64 Disponendo di una prima riga di intestazione corrispondente alle sigle degli identificativi di alcune proprietà, la mappatura automatica mostrerà i risultati, eventualmente modificabili, nella colonna denominata "Mapping".

Ultimo accorgimento da tenere prima di procedere ulteriormente, dovendo definire come Omeka S debba gestire le informazioni importate, riguarda appunto lo specificare il tipo di informazione contenuto nella seconda colonna. Premendo sull'icona a forma di chiave inglese rossa è infatti possibile accedere al pannello informativo della proprietà in questione e conseguentemente modificare l'impostazione standard del menu a scorrimento *Data Type*. Questo comando permette infatti di selezionare come il modulo debba interpretare i dati contenuti nelle singole colonne ed è automaticamente impostato come *Text* ovvero ad indicare un valore semplicemente testuale, come nel caso dei titoli. Qualora si voglia invece, come in questo caso, collegare direttamente una risorsa che si sta creando con un'altra già esistente, tale impostazione deve essere specificata selezionando l'opzione *Data type: Omeka resource (by ID)* permettendo quindi al modulo, qualora i numeri presenti nella colonna del foglio di calcolo corrispondano con l'ID di risorse già create con importazioni precedenti, di attuare un collegamento tra elementi esistenti, rendendo quindi navigabili tra loro i risultati, costruendo cioè quanto nel front-end del database apparirà come un link tra due differenti risorse (Figura 65).

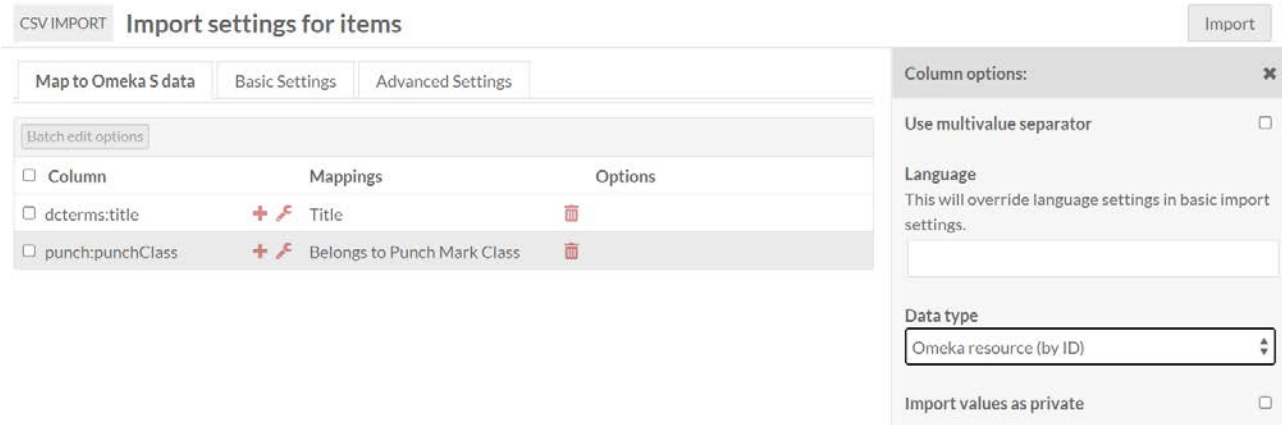


Figura 65 Selezionando *Data type: Omeka resource (by ID)* per i valori di una determinata colonna del file .CSV sarà possibile creare direttamente i link di collegamento tra le risorse in creazione ed altre già esistenti nel database.

Prima di procedere all'importazione definitiva, alcune brevi attenzioni alla seconda e terza tendina del pannello di importazione si sono rivelate necessarie ad un corretto collocamento delle risorse che sarebbero state create successivamente. In particolare la seconda tendina, *Basic Settings* (Figura 66), ha permesso di impostare direttamente nella fase di importazione il modello di risorsa da utilizzare in base ad uno dei *template* precedentemente creati, ovvero l'insieme di proprietà da mostrare nella scheda di un *Item* appartenente ad una certa categoria, la sua classe a seconda della definizione Dublin Core o di un'ontologia appositamente creata, il creatore della risorsa, la sua visibilità, l'*Item Set* di appartenenza (in questo caso appunto quello riservato ai punzoni), l'elemento grafico, in questo caso la virgola, utilizzato per separare tra loro differenti valori presenti in un'unica colonna ed infine la lingua di inserimento dei valori. Se quest'ultimo valore risulterà inutile nella creazione del database, la definizione alla riga precedente del segno di

punteggiatura atto a dividere vari valori di una stessa colonna, seppure non utilizzato in questo caso ed impostato su “,” in automatico dal programma, sarà dirimente nelle fasi successive e per tale motivo è stato ricordato.

The screenshot shows the 'Basic Settings' tab of the 'Import settings for items' interface. The 'Resource template' is set to 'Punch_1', the 'Class' is 'Dublin Core Type: Collection', and the 'Owner' is 'macovazvanja@gmail.com (Vanja Macovaz)'. The 'Visibility' is set to 'Public'. The 'Item sets' section shows 'Vanja Macovaz (macovazvanja@gmail.com)' and 'Punches'. The 'Multivalue separator' is set to a comma, and the 'Language' field is empty.

Figura 66 La tendina “Basic Settings” è necessaria per definire il template di risorsa da utilizzare e per definire le informazioni generali dell’insieme di Item.

Il terzo ed ultimo pannello a tendina infine verrà mantenuto in questa occasione come impostato originariamente, con l’intento della creazione di nuove risorse (Item, Item Set etc.) e non come una modifica di risorse già esistenti come verrà fatto in occasioni future. Unicamente, per velocizzare la fase di importazione, verrà aumentato il numero di voci da elaborare contemporaneamente dal valore standard di 20 ad uno di molto maggiore (Figura 67).

The screenshot shows the 'Advanced Settings' tab of the 'Import settings for items' interface. The 'Action' is set to 'Create a new resource' and the 'Number of rows to process by batch' is set to '700'.

Figura 67 Mantenendo l’impostazione selezionata automaticamente dal programma su “Create a new resource” il file csv verrà utilizzato per creare 764 nuovi item, mentre l’aumento del numero di voci da elaborare in batch permette di velocizzare la creazione degli elementi, in particolare quando si importano voci composte unicamente da elementi testuali.

Questi primi 764 elementi importati, seppur ancora privi di un’immagine, rappresentano l’ossatura iniziale del database ma in questa fase appariranno ancora come elementi slegati dal vincolo biunivoco illustrato precedentemente; appariranno infatti, se visti dal front-end del sito in costruzione, come in Figura 68a, mentre aprendo il collegamento al loro gruppo non vi sarà ancora la possibilità di visualizzare i punzoni specifici come dimostra chiaramente la Figura 68b

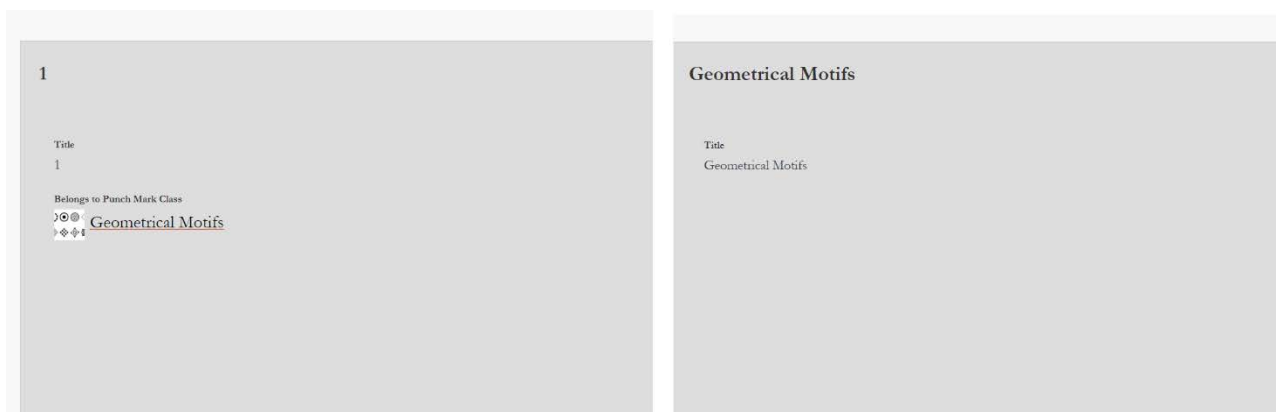


Figura 68 La scheda di sinistra rappresenta la visualizzazione della scheda punzone dove è evidenziato il collegamento alla sua classe di appartenenza mentre a destra, l'Item "Geometrical Motifs" non mostra ancora traccia del collegamento a nessuna delle schede punzone appena generate.

Creare i collegamenti inversi in questa fase iniziale del lavoro è stata operazione relativamente semplice al confronto con le inversioni necessarie nelle fasi successive di costruzione del database in quanto i dati da collegare tra loro si presentano ancora in forma ordinata dal maggiore al minore e la costruzione di un ulteriore foglio di calcolo si è dimostrata rapida e precisa.

Nell'ordine di visualizzazione delle risorse, salvo impostazioni specifiche particolari, Omeka ed Omeka-S rispettano l'ordine di creazione dei collegamenti stessi ed un link ad una risorsa creato precedentemente ad un altro sarà sempre visualizzato prima all'interno della stessa proprietà come nel caso della proprietà "Punch Mark" utilizzata per definire tutti i punzoni appartenenti ad una specifica classe. Per tale motivo quindi anche i fogli di calcolo che vogliono creare delle proprietà così disposte devono rispettare nella loro struttura un ordine discendente dal primo punzone all'ultimo. Basandoci sui dati in nostro possesso i raggruppamenti di punzoni appaiono suddivisi come nella sottostante Tabella 7 e seguendo questo stesso ordine, è stato creato un foglio di calcolo che iterasse per 743 volte l'assegnazione di una proprietà ad uno degli *Item* creati per rappresentare il gruppo di appartenenza dei punzoni.

Tabella 7 Nominativi dei raggruppamenti così come proposti da E.S. Skaug e relativi punzoni appartenenti ad ogni classe.

Gruppo	Numerazione punzoni
Geometrical Motifs	1-59
Architectural Motifs	60-185
3-part Motifs	186-250
4-part Motifs	251-381
5-part Motifs	382-446
6-part Motifs	447-622 + 544a
7-,8-,9-part Motifs	623-633
Leaves and Vegetal Motifs	634-723
Heraldic and Animal Motifs	724-742
Non classificati	1*-21*

Il foglio di calcolo è stato quindi creato riportando in tre colonne separate il nome dell'elemento da modificare, il nome dei punzoni da assegnare al primo elemento ed infine l'identificativo proprio degli *Items* appena creati per i singoli punzoni; è infatti la creazione in sequenza di tutte le voci del database a permettere una facile identificazione tra nome ed ID di riferimento. Raggiunta la cinquantanovesima riga relativa al gruppo "Geometrical Motifs" è iniziata l'elencazione dei punzoni appartenenti al secondo gruppo (Figura 69)

e di seguito tutte le altre fino al raggiungimento della 744ª riga dell'elenco,⁹⁶ rispettiva al punzone 742 avente come ID il valore 1224. Eliminata quindi la seconda colonna, avente valore unicamente di guida nella creazione della tabella, il file è stato salvato in formato .csv ed è stato nuovamente importato nell'apposito modulo di Omeka-S.

A	B	C
Classe	Titolo_punzone	ID_punzone
Geometrical Motifs	1	483
Geometrical Motifs	2	484
Geometrical Motifs	3	485
Geometrical Motifs	4	486
Geometrical Motifs	5	487
Geometrical Motifs	6	488
Geometrical Motifs	7	489
Geometrical Motifs	8	490
Geometrical Motifs	9	491
Geometrical Motifs	10	492
Geometrical Motifs	11	493
Geometrical Motifs	12	494
Geometrical Motifs	13	495
Geometrical Motifs	14	496
Geometrical Motifs	15	497
Geometrical Motifs	16	498
Geometrical Motifs	17	499
Geometrical Motifs	18	500
Geometrical Motifs	19	501
Geometrical Motifs	20	502

...

A	B	C
Geometrical Motifs	48	530
Geometrical Motifs	49	531
Geometrical Motifs	50	532
Geometrical Motifs	51	533
Geometrical Motifs	52	534
Geometrical Motifs	53	535
Geometrical Motifs	54	536
Geometrical Motifs	55	537
Geometrical Motifs	56	538
Geometrical Motifs	57	539
Geometrical Motifs	58	540
Geometrical Motifs	59	541
Architectural Motifs	60	542
Architectural Motifs	61	543
Architectural Motifs	62	544
Architectural Motifs	63	545
Architectural Motifs	64	546
Architectural Motifs	65	547
Architectural Motifs	66	548
Architectural Motifs	67	549
Architectural Motifs	68	550

Figura 69 Disponendo unicamente di elementi creati in serie, il collegamento tra il numero del punzone ed il suo ID corrisponde anche ad una distanza di 482 unità.

In questo caso l'intento di importazione dei materiali nella terza finestra è stato modificato come illustrato in Figura 70 dove il comando "Append data to the resource" ha permesso di accedere ad una nuova serie di impostazioni. Qui è stato necessario specificare l'intestazione della colonna da utilizzare per identificare le risorse da modificare, ovvero quale informazione del foglio di calcolo appena importato corrispondesse al nome delle risorse già presenti nel database ed a quale proprietà degli *Items* collegarla. Essendo quindi le classi dei punzoni degli *Items* aventi come titolo espresso dalla proprietà appartenente all'ontologia *Dublin Core: Title*, è stato sufficiente selezionare dal menu a scorrimento tale valore per permetterne il riconoscimento in fase di importazione.

CSV IMPORT **Import settings for items** Import

Map to Omeka S data | Basic Settings | **Advanced Settings**

Action ▾ Append data to the resource

Resource identifier column Classe

Resource identifier property ▾ Dublin Core: Title

Action on unidentified resources ▾ Skip the row Create a new resource

Number of rows to process by batch ▾ 700

Figura 70 "Append data to the resource", assieme alla definizione di una colonna da utilizzarsi per la mappatura permette di identificare *Items* già creati sulla base del nome di una delle loro proprietà e modificarne o integrarne le informazioni.

Ritornando alla prima tendina, dopo questa modifica delle impostazioni di importazione, è stato necessario specificare per la seconda colonna del foglio di calcolo, rimasta ancora inespressa, la proprietà da utilizzare

⁹⁶ Come evidenziato anche in Tabella 7 il punzone 544a ricade nel gruppo *6-part Motifs*, aumentando di un valore il computo complessivo delle voci in elenco.

per questo collegamento, proprietà creata all'interno dell'ontologia appositamente costruita e definita dal codice *punch:punch*. Anche in questo caso, intervenendo sull'icona a forma di chiave inglese si è dovuto specificare il tipo di informazione presente nel foglio di calcolo ed identificarla come ID di risorse già esistenti. Infine è stata lanciata la seconda importazione, la quale ha stabilito il doppio collegamento tra le due tipologie differenti di risorse, ora tra loro unite e navigabili come mostra la Figura 71.

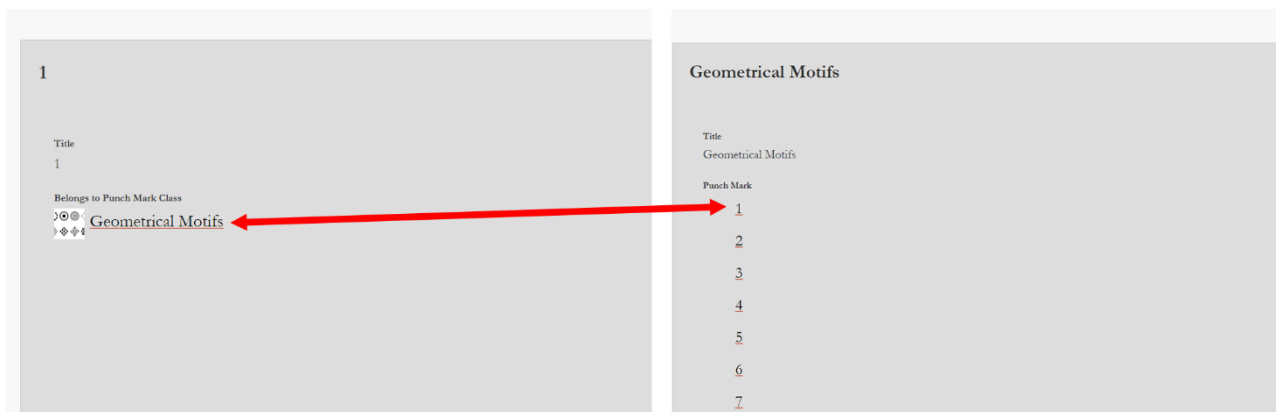


Figura 71 Terminata la seconda importazione, le due entità sono ora interconnesse ed il rimando reciproco è garantito per tutti i punzoni e le loro classi di riferimento.

4.4.2 Autori

Procedendo da sinistra a destra nella navigazione dell'home page del sito (<http://corpuspitturafiorentina.bmlonline.it/s/punch/page/home>), la prima pagina disponibile e richiamabile appare essere quella degli autori in quanto si è scelto di rispettare, almeno nella priorità data dall'ordine dei termini, la distinzione pensata da Erling S. Skaug per i suoi volumi, integrando successivamente, nelle pagine seguenti, le altre possibilità di lettura, gli altri lati della possibile interrogazione di un database. Nel caso della creazione effettiva delle singole voci, quelle collegate agli autori sono state create subito dopo i singoli punzoni per poter arrivare infine alle più complesse schede delle opere d'arte con l'ossatura del database già perfettamente strutturata, riducendo al minimo il numero di interventi di modifica ed integrazione da svolgere.

Anche in questo caso il materiale di partenza dal quale si è potuto procedere per la creazione dei collegamenti proviene direttamente dalla digitalizzazione delle informazioni contenute nelle schede dei singoli autori, presenti nei volumi cartacei immediatamente al di sopra delle rispettive tabelle, presentate nella forma schematica illustrata in Figura 72.

5.1. Giotto

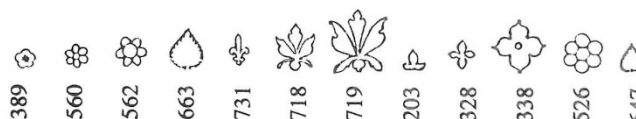


Figura 72 Elenco schematico dei punzoni utilizzati dagli artisti presi in considerazione da E. S. Skaug.

Questi dati, dapprima raccolti in uno schedario sotto forma di elenco di numeri separato da virgole, sono stati poi convertiti in una forma più strutturata che permettesse di operare operazioni matematiche sui singoli valori.

Partendo da un tabellario come quello illustrato nell'immagine sottostante (Figura 73), la colonna di destra, contenente tutte le informazioni sui punzoni utilizzati dai singoli autori è stata copiata interamente ed

verrebbe sostituita anche la parte finale dei valori 11* e 21*, trasformandoli rispettivamente in 1744 e 2744, valori ovviamente errati.

Tabella 8 La tabella elenca i valori sostituiti per i punzoni non presenti nel primo elenco.

Punzone	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*
Nuovo riferimento	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754
Punzone	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*	19*	20*	21*	544a
Nuovo riferimento	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	743

Al termine di questa sostituzione, tutte le caselle recanti informazioni sui punzoni sono definite da un valore numerico privo di elementi testuali e si è potuto procedere con un'operazione matematica relativamente semplice, per convertire tutti questi valori negli ID di riferimento per tutte le 1386 voci, ovvero il numero complessivo di punzoni utilizzati dai vari autori.

Prima di procedere è risultato fondamentale identificare l'ID del primo e dell'ultimo punzone della serie, pari a 483 per il punzone numero 1 e 1224 per il punzone numero 742, ovvero una differenza di 482 valori tra il numero stesso del punzone ed il suo ID, distanza identica tra l'inizio e la fine della sequenza ($1224-742=482$) ad indicazione della corretta creazione conseguente di tutti gli Items oggetto di questa elaborazione. Conoscendo questo valore e potendo contare sulla sua uniformità è stato sufficiente aggiungere tale numero a tutti i valori presenti nelle caselle del foglio di calcolo per procedere alla conversione tra nome del punzone e rispettivo ID. Il processo di somma algebrica in più caselle richiede che il valore da sommarsi, 482 in questo caso, venga scritto in una qualsiasi cella di un nuovo foglio di calcolo e che questa venga copiata per intero come cella e non nel suo contenuto. Successivamente sarà necessario selezionare tutte le caselle della tabella di Figura 74 ad eccezione della prima colonna e procedere alla somma. Con un click destro su una qualsiasi delle celle selezionate sarà possibile selezionare il comando "Incolla speciale..." il quale permetterà di definire, selezionando l'opzione *Addiziona*, come far interagire i valori preesistenti con quello appena copiato. Procedendo nell'operazione il valore 482 verrà sommato singolarmente a tutti i valori presenti e verrà invece incollato nelle case vuote come se queste valessero per un valore di 0, generando un file come quello in Figura 75.

Giusto di Bondone	871	1042	1044	1145	1213	1200	1201	685	810	820	1008	1129	482	482	482	482	482	482	482	482	482	4
Taddeo Gaddi	807	808	882	698	716	836	866	908	1074	1109	1216	1217	869	1075	646	732	1203	1106	1058	987	8	
Bernardo Daddi	1077	893	864	912	657	658	820	1042	1200	738	1214	854	552	1181	855	958	680	796	800	1043	11	
Maso di Banco	854	855	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	4	
Jacopo del Casentino	1076	889	1042	912	683	712	1037	1117	559	1142	1215	852	485	577	628	687	793	812	857	872	10	
Master of the Dominican E	485	577	686	793	812	857	872	1052	764	847	1073	1148	846	869	1109	610	711	836	840	1093	11	
Master of San Martino alla	552	1214	680	738	854	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	4	
Master of the Cappella Me	495	800	1043	549	684	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	4	
Puccio di Simone	686	687	793	812	857	1049	577	630	767	790	911	1057	1062	749	725	735	917	979	482	482	4	
Allegretto Nuzi	574	758	1045	1059	654	801	527	973	975	727	1191	1157	1199	754	632	1115	574	677	750	1102	11	
Giovanni Bonsi	961	954	623	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	4	
Master of San Niccolò	719	1016	977	986	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	4	
Giovanni di Bartolomeo Cri	537	1072	974	806	1165	1169	614	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482	4	
Master of Strozzi Funeral C	555	572	584	932	971	1154	610	711	840	847	1073	1093	687	686	767	793	812	911	1049	491	5	
Master of San Lucchese	555	572	584	932	971	1154	610	711	840	847	1073	1093	687	686	767	793	812	911	1049	491	5	
Miscellaneous Painters	555	572	584	932	971	1154	610	711	840	847	1073	1093	687	686	767	793	812	911	1049	491	5	
Master of Christ Church Cc	555	572	584	932	971	1154	610	711	840	847	1073	1093	687	686	767	793	812	911	1049	491	5	
Master of San Polo in Chia	555	572	584	932	971	1154	610	711	840	847	1073	1093	687	686	767	793	812	911	1049	491	5	
The Corsi-Barberino Maste	555	572	584	932	971	1154	610	711	840	847	1073	1093	687	686	767	793	812	911	1049	491	5	
Andrea Bonaiuti	684	931	947	572	847	860	944	587	934	1064	757	820	487	503	884	1096	1120	1000	482	482	4	
Niccolò di Tommaso	940	934	1069	601	942	572	929	1047	949	486	487	489	544	566	568	599	765	818	820	828	6	
Andrea di Cione "Orcagna"	600	792	796	1153	558	971	749	791	898	1049	618	777	962	489	566	568	599	884	916	1096	10	
Nardo di Cione	586	595	946	1164	967	983	572	624	963	999	734	487	489	503	536	544	566	774	779	780	5	
Giovanni da Milano	487	544	599	669	765	770	818	884	916	997	1039	1096	1097	1120	486	489	503	566	568	696	7	
Silvestro dei Gherarducci	486	489	544	566	599	669	780	828	884	916	1039	1097	482	482	482	482	482	482	482	482	4	
Other florentine painters	486	487	489	568	576	528	884	916	1039	1096	1097	482	482	482	482	482	482	482	482	482	4	
Jacopo di Cione	583	609	934	936	955	1010	489	566	568	576	599	880	884	916	1039	1097	1096	950	957	1047	10	
Giovanni del Biondo	627	983	486	487	489	503	544	566	576	599	626	726	729	774	779	780	813	820	822	880	8	

Figura 75 A seguito della somma matematica del valore calcolato come la distanza tra il numero del punzone ed il suo ID, il foglio di calcolo porta ora i coretti riferimenti di tutti i punzoni utilizzati mentre il valore impiegato nella somma, 482, è presente in tutte le case precedentemente vuote.

871,1042,1044,1145,1213,1200,1201,685,810,820,1008,1129
807,808,882,698,716,836,866,908,1074,1109,1216,1217,869,1075,646,732,1203,1106,1058,987,899,128,64,344,525,109,477,487,496,58,364,50,632,351
1077,893,864,912,657,658,820,1042,1200,738,1214,854,552,1181,855,958,680,796,800,1043,1119,3,11,205,322,330,390,148,742,375,570,220,146,575,639,95,204,311,30,429,285,567
854,855
1076,889,1042,912,683,712,1037,1117,559,1142,1215,852,485,577,628,687,793,812,857,872,1052,372,373,699,215,242,356,369,399,520,602,701,71,74,184,239,423,730
485,577,686,793,812,857,872,1052,764,847,1073,1148,846,869,1109,610,711,836,840,1093,1159
552,1214,680,738,854
495,800,1043,549,684
686,687,793,812,857,1049,577,630,767,790,911,1057,1062,749,725,735,917,979
574,758,1045,1059,654,801,527,973,975,727,1191,1157,1199,754,632,1115,574,677,750,1102,1195,22,264,630,737,302,608,31,37,177,225,523
961,954,623
719,1016,977,986
537,1072,974,806,1165,1169,614
555,572,584,932,971,1154,610,711,840,847,1073,1093,687,686,767,793,812,911,1049,491,561,416,459,66,254,277,338,578,322,390,372,373,77,399,520,35,500,507,115,197,206,222,545,664
555,572,584,932,971,1154,610,711,840,847,1073,1093,687,686,767,793,812,911,1049,491,561,416,459,66,254,277,338,578,322,390,372,373,77,399,520,35,500,507,115,197,206,222,545,665
555,572,584,932,971,1154,610,711,840,847,1073,1093,687,686,767,793,812,911,1049,491,561,416,459,66,254,277,338,578,322,390,372,373,77,399,520,35,500,507,115,197,206,222,545,666
555,572,584,932,971,1154,610,711,840,847,1073,1093,687,686,767,793,812,911,1049,491,561,416,459,66,254,277,338,578,322,390,372,373,77,399,520,35,500,507,115,197,206,222,545,667
555,572,584,932,971,1154,610,711,840,847,1073,1093,687,686,767,793,812,911,1049,491,561,416,459,66,254,277,338,578,322,390,372,373,77,399,520,35,500,507,115,197,206,222,545,668
555,572,584,932,971,1154,610,711,840,847,1073,1093,687,686,767,793,812,911,1049,491,561,416,459,66,254,277,338,578,322,390,372,373,77,399,520,35,500,507,115,197,206,222,545,669
684,931,947,572,847,860,944,587,934,1064,757,820,487,503,884,1096,1120,1000
940,934,1069,601,942,572,929,1047,949,486,487,489,544,566,568,599,765,818,820,828,884,434,557,614,615
600,792,796,1153,558,971,749,791,898,1049,618,777,962,489,566,568,599,884,916,1096,1097
586,595,946,1164,967,983,572,624,963,999,734,487,489,503,536,544,566,774,779,780,518,355,402,434,557,614,615,684
487,544,599,669,765,770,818,884,916,997,1039,1096,1097,1120,486,489,503,566,568,696,774,297,298,341,346,530,654,94,144,244,247,331,338,340,355,398,706,54,684,700
486,489,544,566,599,669,780,828,884,916,1039,1097
486,487,489,568,576,528,884,916,1039,1096,1097
583,609,934,936,955,1010,489,566,568,576,599,880,884,916,1039,1097,1096,950,957,1047,1085,498,143,501
627,983,486,487,489,503,544,566,576,599,626,726,729,774,779,780,813,820,822,880,884,434,515,557,614,615,706,684,700,611,725,596,498,143,1,508

Figura 77 L'elenco di ID così come appare al termine dell'elaborazione, pronto per essere gestito dal modulo CSV Import.

Ottenute delle informazioni così organizzate, è stato sufficiente copiarle ed incollarle nuovamente nel foglio di calcolo iniziale per ottenere una classificazione ordinata e separata da virgole, disposta in un'unica colonna di tutti gli ID di riferimento dei punzoni impiegati dai singoli autori.

L'importazione di questo nuovo file tramite il modulo *CSV Import* seguirà a grandi linee il metodo utilizzato precedentemente; la funzione di mappatura automatica permetterà di assegnare alla colonna di sinistra la proprietà *dcterms:title* mentre la colonna di destra sarà mappata manualmente sulla proprietà appositamente definita precedentemente come *punch:usePunch*. Anche in questo caso verrà posta la spunta sull'opzione *Use multivalue separator* ed il tipo di risorse importate sarà impostato su *Omeka resource (ID)* come illustrato in Figura 78 e Figura 79.

Column	Mappings	Options
<input type="checkbox"/> dcterms:title	+ Title	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Punc_ID	+ Use Punch Mark	<input type="checkbox"/>

Column options: Use multivalue separator

Language: This will override language settings in basic import settings.

Data type: Omeka resource (by ID)

Import values as private:

Figura 78 Come nel caso di Figura 65 anche nella definizione di questi valori è stato necessario utilizzare la funzione Data type: Omeka resource (by ID) per collegarsi direttamente ad elementi creati in precedenza.

CSV IMPORT **Import settings for items** Import

Map to Omeka S data Basic Settings Advanced Settings

Batch edit options

Column	Mappings	Options
<input type="checkbox"/> dcterms:title	+ Title	
<input type="checkbox"/> Punc_ID	+ Use Punch Mark	Omeka resource (by ID) Multivalue

Figura 79 A differenza del caso precedente, disponendo di un elenco di valori separati da virgole in un'unica colonna, oltre alla mappatura tramite ID, è stata attivata l'opzione per l'importazione di valori multipli.

Anche in questo caso, aver scelto di creare due proprietà differenti per definire i punzoni utilizzati dai singoli autori (Use Punch Mark) e gli autori che utilizzano i vari punzoni (Is Used By), ha richiesto di procedere ad un'inversione dei dati presenti nel foglio di calcolo in Figura 74, trasportando i dati dalla seconda colonna in prima posizione e trasformando la prima colonna negli ID di riferimento propri degli autori.

Uno dei limiti del modulo CSV Import è risultato evidente quando si è cercato di utilizzare una colonna che esprimesse vari valori separati da virgola come elemento caratterizzante per la funzione *Append Data to the Resource* in quanto non è stato possibile identificare come valori distinti i punzoni separati da virgole. Si è rivelato quindi necessario procedere ad una modifica più complessa del foglio di calcolo che riuscisse a trasformare in voci singole tutti i punzoni e mantenere contestualmente l'ordine di elencazione degli autori come proposto da Erling Skaug.

Come detto precedentemente, l'ordine di visualizzazione delle risorse in Omeka è determinato dall'ordine di creazione del loro collegamento, all'atto pratico quindi, dalla precedenza o meno dei singoli valori nell'ordine delle righe del foglio di calcolo impiegato per l'importazione.

La prima fase di lavoro, partendo dal documento di Figura 74, ha visto la sostituzione dei nomi degli autori con il loro ID, anche in questo caso con una semplice progressione ordinata di valori dal primo, Giotto (ID 1226), all'ultimo, Fra Angelico (ID 1359). I pochi autori che utilizzano nell'arco della loro carriera un numero molto consistente di punzoni e che quindi sono rappresentati da righe molto più lunghe della media sono stati separati su due righe di lunghezza minore, dividendo i punzoni in gruppi più contenuti prima di procedere oltre. Unica accortezza tenuta in questa fase è stata quella di duplicare anche il valore ID dell'autore nella prima casella della riga, trasformando a tutti gli effetti le righe molto lunghe in due file con pari intestazione. Al termine di questa operazione, l'enorme mole di dati organizzata a partire dalla seconda colonna è stata lentamente sezionata verticalmente, partendo dalla terza colonna ed i valori asportati sono stati incollati nella seconda colonna, dopo i dati già esistenti come illustrato in maniera semplificata in Figura 80.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	Giotto di Bondone	389	560	560	663	731	718	719	203	328	338	526	647								
2	Taddeo Gaddi	327	326	400	216	234	354	384	426	592	627	734	735	387	593	164	250	721	624	576	505
3	Bernardo Daddi	505	411	382	430	175	176	338	560	718	256	732	372	70	699	373	476	198	314	318	561
4	Maso di Banco	372	373																		
5	Jacopo del Casentino	544	407	560	430	201	230	555	635	77	660	733	370	3	95	146	205	311	330	375	390
6	Master of the Dominican Effigies	3	95			330	375	390	570	282	365	591	666	364	387	627	128	229	354	358	611
7	Master of San Martino alla Palma	70	732	198	256	872															
8	Master of the Cappella Medici	13	318	501	67	202															
9	Puccio di Simone	204	205	311	330	375	567	95	148	285	308	429	575	580	267	243	253	435	497		
10	Allegretto Nuzi	92	276	560	577	172	319	45	491	493	245	709	675	717	272	150	633	92	195	268	620
11																					
12		560																			
13		326																			
14		411																			
15		373																			
16		407																			
17		95																			
18		732																			
19		318																			
20		205																			
21		276																			
22																					
23				562																	
24				400																	
25				382																	
26																					
27																					
28																					
29																					

Figura 80 Il grafico illustra schematicamente la procedura di conversione da elenco orizzontale a verticale. L'immagine qui presentata mostra una selezione di 10 autori rispetto ai 70 valori utilizzati realmente.

Procedendo con ordine per tutte le 40 colonne dalla seconda alla fine del foglio di calcolo, applicando una riga di interruzione tra ogni gruppo riportato e ponendo la massima attenzione a calcolare sempre con precisione la lunghezza delle colonne copiate, mantenendola costante a 70 valori per ogni operazione di spostamento,⁹⁷ il risultato ottenuto rappresenta la disposizione su due uniche colonne dei risultati precedentemente disposti in forma orizzontale. La colonna di sinistra, ancora in buona parte vuota, è stata invece riempita copiando ed incollando i valori corrispondenti agli ID degli autori, anche in questo caso procedendo all'inserimento di 70 elementi, sempre distanziate da una casella tra un inserimento e quello successivo.

1226	560				
1227	326				
1228	411				
1229	373				
1230	407				
1231	95				
1232	732				
1233	318				
1234	205				
1235	276				
1226	562				
1227	400				
1228	382				
1229					
1230	560				
1231	204				
1232	198				
1233	561				
1234	311				
1235	563				

Figura 81 Rappresentazione semplificata a 10 autori invece di 70 di una selezione del risultato finale del lavoro di sezionamento e riordino del file precedentemente creato dove sono evidenti le case vuote nella seconda colonna in corrispondenza di una bottega che utilizza pochi punzoni. In giallo sono invece evidenziate le righe di spaziature applicate per evitare errori nel processo.

La Figura 81 mostra nel dettaglio il riordino di 10 autori (identificati con gli ID dal 1226 al 1235), ripetuti due volte e di come la progressione dei punzoni nella colonna destra, all'esaurirsi dei valori propri di un autore

⁹⁷ Seppure gli autori censiti da E.S. Skaug siano 65, 5 di questi sono stati divisi su due righe prima dell'operazione a causa del numero eccessivo di punzoni utilizzati, la somma di tutte le righe così suddivise ha raggiunto quindi le 70 unità.

(come nella seconda ripetizione per l'ID 1229 Maso di Banco) generi uno spazio vuoto a lato della prima voce. Tale evenienza, sempre più frequente con l'avanzarsi del lavoro di sezionamento del file, è dovuta all'esaurimento della lista dei punzoni utilizzati dai singoli autori; botteghe con una ridotta varietà negli strumenti della decorazione punzonata cominceranno ad esprimere caselle vuote molto prima rispetto agli autori più fecondi. Onde evitare errori nella fase di riposizionamento delle sezioni copiate ed incollate, sono state utilizzate temporaneamente delle indicazioni grafiche ogni 70 voci per ignorare la presenza di eventuali caselle vuote in grado di rendere più complessa la stima del corretto luogo d'inizio di ogni nuova sezione. Proprio per tale motivo la precedente suddivisione su più righe delle informazioni pertinenti a Bernardo Daddi, Giovanni da Milano, Simone Martini, Pietro Lorenzetti e Bartolomeo Bulgarini ha permesso di ridurre drasticamente il numero di sezioni da effettuare e, conseguentemente, le possibilità d'errore. Per rimuovere le inutili voci della colonna di sinistra non fornite di una reale informazione nella colonna di destra, dopo aver selezionato l'intero contenuto di quest'ultima, essa è stata riordinata tramite il comando *Ordina e Filtra>Dal più piccolo al più grande*, avendo cura di espandere la selezione a tutte le altre colonne quando ciò venga richiesto. Quest'ultimo comando farà sì che anche la colonna di sinistra venga ordinata in base ai valori presenti in quella di destra, senza quindi perdere la correlazione Autore-Punzone appena creata. Con il file così ordinato, è stato possibile selezionare tutte le case della colonna di sinistra senza valori a destra in quanto automaticamente spostate alla fine dell'elenco ed eliminarle per poter procedere poi ad un nuovo ordinamento, questa volta in base ai valori espressi nella colonna di sinistra. Quest'ultimo riordino dei materiali secondo una nuova progressione è in grado di garantire la priorità nella creazione dei nuovi collegamenti agli autori contraddistinti da un ID più basso, ovvero i primi ad essere stati creati all'ultimo impiego del modulo *CSV Import* seguendo l'ordine immaginato da Skaug nei volumi cartacei. Invertendo le due colonne e dotandole di una nuova riga sommitale d'intestazione, *dcterms:title* a sinistra a *punch:isUsedby* a destra si otterrà quindi un file che potrà essere salvato in formato CSV ed immediatamente caricato online con lo stesso metodo precedentemente illustrato in Figura 78 avendo unicamente cura di verificare che la proprietà che si andrà a generare sia, come indica l'intestazione, l'operazione inversa di "Use Punchmark".

Al termine di questa nuova importazione quindi le due schede degli autori e dei punzoni appariranno come mostrato nell'immagine sottostante (Figura 82).

2	Turino Vanni
Title	Title
2	Turino Vanni
Belongs to Punch Mark Class	Use Punch Mark
Geometrical Motifs	75
Is Used by	392
Turino Vanni	403
Master of Universitas Aurificum	2
Spinello Aretino	47
Niccolò di Pietro Gerini	138
	380
	537

Figura 82 Al termine di questa nuova importazione verrà creato il collegamento biunivoco tra punzoni e botteghe che apparirà nel front-end del sito come qui illustrato.

4.4.3 Opere

Terminata la fase di inserimento delle schede numericamente più contenute, è stato necessario procedere con il caricamento dei 1015 *Items* corrispondenti alle opere censite da Erling Skaug e, conseguentemente, al loro collegamento con i punzoni e gli autori ad esse collegate. Come illustrato ad inizio capitolo, la conversione in forma tabellare di una così vasta mole di dati ha richiesto una altrettanto estesa opera di verifica dei dati raccolti e dell'eventuale presenza di errori nel foglio di calcolo prima di procedere all'inserimento definitivo.

I dati ordinatamente divisi in colonne dalle più varie intestazioni sono stati primariamente elaborati per produrre le informazioni nella forma richiesta dal database e solo successivamente elaborati tramite *CSV Import*, prima di procedere ad una seconda verifica puntuale.

L'aver suddiviso in colonne distinte le informazioni raccolte durante la prima fase di digitalizzazione ha permesso una grande flessibilità nel definire la forma da darsi al nome delle singole opere e nel generare automaticamente un risultato conforme per tutte gli *Items* tramite una procedura non dissimile da quella impiegata per sostituire al nome dei punzoni il loro ID nel foglio di calcolo utilizzato per gli autori.

Partendo da una tabella a 16 colonne dove tutte le informazioni sono state mantenute separate, le colonne riguardanti l'autore di un'opera, il titolo, l'anno eventuale di creazione, il museo, la collezione ed infine la città di conservazione sono state copiate ed esportate in un nuovo foglio di calcolo creato all'occorrenza e lì riordinate in modo da permettere, se lette conseguentemente da sinistra a destra, di ottenere il nome completo nella forma seguente: Autore, titolo dell'opera, anno (se presente), città, museo o collezione. Ordinate così le informazioni, il documento è stato salvato in formato *.csv* e successivamente aperto in un editor di testo per perdere la formattazione tabellare (Figura 83).

```
Lorenzo Monaco, Annunciation/Four Saints, 1409?, Firenze, Accademia  
Lorenzo Monaco, Madonna and Child/Four Saints, 1410, Firenze, Accademia  
Lorenzo Monaco, Madonna and Child/Four Saints,, Prato, Museo Comunale  
Lorenzo Monaco, Painted cross (cut), 1413, Firenze, San Jacopo in Campo Corbolini  
Lorenzo Monaco, Madonna of Humility, 1413, Washington (DC), National Gallery  
Lorenzo Monaco, Coronation, Angels/Saints, 1414, Firenze, Uffizi  
Lorenzo Monaco, Two Saints, Angel annunciant,, Firenze, Gallerie Maggiore  
Lorenzo Monaco, Crucifixion,, New Haven (CT), Yale University  
Lorenzo Monaco, Virgin of Annunciation,, Pasadena (CA), Norton Simon Museum  
Lorenzo Monaco, Adoration of the Magi,, Firenze, Uffizi  
Lorenzo Monaco, Madonna and Child, six Angels,, Lugano, Thyssen Collection  
Lorenzo Monaco, Crucifixion, three figures,, Fiesole, Museo Bandini  
Lorenzo Monaco, St. Francis receiving the Stigmata,, Amsterdam, Rijksmuseum  
Lorenzo Monaco, St. Jerome in his Study,, Amsterdam, Rijksmuseum  
Francesco Traini, Madonna and Child (fr),, Madrid, Prado
```

Figura 83 La forma presa dai nomi delle opere d'arte dopo la conversione da tabella a testo delle voci precedentemente separate in singole colonne.

Ad un'osservazione attenta, si può notare come la forma presa dal documento sia confacente a quanto ricercato fatta eccezione per le doppie virgole presenti nel caso risulti vuota la colonna che dovrebbe esprimere l'anno di creazione di una determinata opera. Il testo, quindi, è stato copiato nuovamente in *Microsoft Word* e ripulito con il comando *Trova e sostituisci* andando a ricercare tutte le evenienze di una doppia virgola per sostituire automaticamente con una virgola singola. Il materiale così prodotto è stato quindi riportato in un nuovo foglio di calcolo che verrà lentamente riempito di tutti i valori utili al futuro caricamento sul database. Questa prima colonna è stata intitolata con il codice di riferimento già precedentemente utilizzato, *dcterms:title* per permetterne in futuro il riconoscimento automatico. Una seconda colonna, intestata *punchint:author*, è stata riempita dei valori numerici pari all'ID di riferimento di ogni autore per tutte le 1015 righe, potendo fortunatamente contare sull'ordine consequenziale degli stessi.

Le informazioni riguardanti l'anno (*dcterms:date*), la forma fisica dell'opera (*dcterms:type*) e l'inventario (*dcterms:identif*) sono stati invece copiati ed incollati direttamente dalle rispettive colonne del file di partenza ed infine, identificato dal riferimento *dcterms:references*, tutto il materiale presente nella prima colonna è stato copiato una seconda volta (Figura 84).

dcterms:title	punchint:author	dcterms:date	dcterms:type	dcterms:inventory	dcterms:reference
Giotto, Stefaneschi Polyptych, Roma, Pinacoteca Vaticana		1226	Polyptych		Giotto, Stefaneschi Polyptych, Roma, Pinacoteca Vat
Giotto, Coronation, four Saints/Saints, Angels, Firenze, Santa Croce, Baroncelli		1226	Polyptych		Giotto, Coronation, four Saints/Saints, Angels, Firenz
Giotto, Madonna and Child/Four Saints, Bologna, Pinacoteca Comunale		1226	Polyptych		Giotto, Madonna and Child/Four Saints, Bologna, Pin
Giotto, Madonna and Child, four Angels, Firenze, Santa Maria a Ricorboli		1226			Giotto, Madonna and Child, four Angels, Firenze, Sant
Giotto, Painted cross, Firenze, Santa Maria Novella		1226	Painted Cross		Giotto, Painted cross, Firenze, Santa Maria Novella
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Castelfiorentino, Propositura		1227			Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Castelfiorentino,
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Castiglion Fiorentino, Pinacoteca Civica		1227			Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Castiglion Fiorent
Taddeo Gaddi, Stigmata of St. Francis, Cambridge (MA), Fogg		1227			Taddeo Gaddi, Stigmata of St. Francis, Cambridge (M
Taddeo Gaddi, Christ/Four Saints, Ex Capesthorne, Bromley Davenport		1227	Polyptych		Taddeo Gaddi, Christ/Four Saints, Ex Capesthorne, Br
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, six Saints, donor (fr), Ex Monza, Modoranti		1227	Centre panel Tabernacle		Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Stockholm, Nationa
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, twelve Saints, three donors/Nativity/Crucifixion, Strasbourg, N		1227	Tabernacle	202	Taddeo Gaddi, Madonna and Child, twelve Saints, thr
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Stockholm, National Museum		1227	Tabernacle	2951	Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Stockholm, Natio
Taddeo Gaddi, Crucifixion, Adam and Eve, twelve Apostles/St. Francis/Madonna and Child, Ex Mor		1227	Tabernacle	5328	Taddeo Gaddi, Crucifixion, Adam and Eve, twelve Apo
Taddeo Gaddi, Madonna and Child/Nativity/Crucifixion, 1334, Berlin, Gemäldegalerie		1227	Tabernacle	1079,1080,1081	Taddeo Gaddi, Madonna and Child/Nativity/Crucifixi
Taddeo Gaddi, Madonna and Child/Four Saints, Voltiggiano, San Jacopo (ora Castelfiorentino)		1227	Polyptych		Taddeo Gaddi, Madonna and Child/Four Saints, Volti
Taddeo Gaddi, St. Dominic, Prato, Museo San Domenico		1227	Polyptych panel		Taddeo Gaddi, St. Dominic, Prato, Museo San Dome
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, ten Saints, New York, Metropolitan Museum		1227	Tabernacle	B-375	Taddeo Gaddi, Madonna and Child, ten Saints, New Y
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, eight Saints, four music making Angels, Berne, Kunstmuseum		1227			Taddeo Gaddi, Madonna and Child, eight Saints, four
Taddeo Gaddi, Four Evangelists (fr), Fiesole, Museo Bandini		1227	Wings Polyptych		Taddeo Gaddi, Four Evangelists (fr), Fiesole, Museo B
Taddeo Gaddi, Nativity, Dijon, Beaux Art Museum		1227	Predella panel		Taddeo Gaddi, Nativity, Dijon, Beaux Art Museum
Taddeo Gaddi, Crucifixion, three figures, Lamentation, Bristol, Art Gallery		1227		K2271	Taddeo Gaddi, Crucifixion, three figures, Lamentatio
Taddeo Gaddi, Nativity, Portland (OR), Art Museum		1227	Wing Tabernacle	69.68	Taddeo Gaddi, Nativity, Portland (OR), Art Museum
Taddeo Gaddi, Holy Cross, Firenze, Accademia		1227	Polyptych panel	8581-8593	Taddeo Gaddi, Holy Cross, Firenze, Accademia
Taddeo Gaddi, Nativity/Deposition, Budapest, Fine Arts Museum		1227	Wings Tabernacle		Taddeo Gaddi, Nativity/Deposition, Budapest, Fine A
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, two Angels, St. Peter, St. Paul, Loc. Unknown		1227			Taddeo Gaddi, Madonna and Child, two Angels, St. Pe
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Firenze, Museo Horne		1227			Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Firenze, Museo H
Taddeo Gaddi, Madonna and Child, two donors, Bloomington (IN), University Museum		1227	Centre panel Tabernacle		Taddeo Gaddi, Madonna and Child, two donors, Bloc
Taddeo Gaddi, St. Dominic (fr), Ex London, Sotheby's		1227			Taddeo Gaddi, St. Dominic (fr), Ex London, Sotheby's

Figura 84 Il foglio di calcolo così come si presenta pronto all'importazione delle 1015 voci delle opere d'arte censite.

Nel file così strutturato, pronto per l'importazione, è mancante però il riferimento all'elenco di punzoni presenti nelle opere, censite, in un primo momento, in una singola colonna come elementi separati da virgole. Come per il foglio di calcolo degli autori (Figura 74 e Figura 75) questi sono stati prima esplosi in una tabella dalle molteplici colonne, convertiti nei loro rispettivi ID e riprodotti nuovamente come elementi separati da virgole con l'unica accortezza aggiuntiva di verificare per tutti i 1015 valori finali dell'elenco la loro conformità con quanto digitalizzato in origine. Per qualche motivo non chiaro a chi scrive, nel caso di elenchi molto corposi di numeri separati da virgole, anche avendo cura di specificare per tutta la colonna come il contenuto sia da interpretarsi come testo e non come valore numerico, si sono verificati svariati casi di elisione automatica degli zeri finali della riga. Il contenuto della cella infatti viene automaticamente interpretato come numero dotato di decimali per la presenza della virgola e, conseguentemente, Microsoft Excel rimuove l'ultimo zero in quanto inutile in ultima posizione nella definizione dei valori decimali.

Completata la conversione dei valori, questi sono stati infine importati nel foglio di lavoro sotto l'intestazione *punch:hasPunch* appositamente definita per identificare i punzoni presenti nelle opere e il file è stato salvato in formato.CSV per procedere all'importazione nel database.

CSV IMPORT
Import settings for items
Import

Map to Omeka S data

Basic Settings

Advanced Settings

Batch edit options

Column	Mappings	Options
<input type="checkbox"/> dcterms:title	+ 🔧 Title	🗑️
<input type="checkbox"/> punchint:author	+ 🔧 Author	🗑️ Omeka resource (by ID)
<input type="checkbox"/> dcterms:date	+ 🔧 Date	🗑️
<input type="checkbox"/> dcterms:type	+ 🔧 Type	🗑️
<input type="checkbox"/> dcterms:identif	+ 🔧 Identifier	🗑️
<input type="checkbox"/> dcterms:references	+ 🔧 References	🗑️ Private values
<input type="checkbox"/> punch:hasPunch	+ 🔧 Has Punch Mark	🗑️ Omeka resource (by ID) Multivalue

Figura 85 La configurazione del modulo CSV Import per per gli Items delle opere d'arte rispetta una particolare configurazione di riferimenti a risorse e valori nascosti per generare in un'unica importazione le voci così come progettate.

In questo caso, utilizzando il modulo *CSV Import* per gestire dei dati più complessi rispetto agli standard precedenti, è stata usata una maggiore attenzione nel definire correttamente le proprietà da creare. In particolare si è specificato come la colonna *Author* e *HasPunch* fossero da gestire come ID Omeka e non valori testuali per permetterne il collegamento automatico; multiplo nel caso del secondo valore per il quale è stata infatti utilizzata l'opzione *Use multivalued separator* per riconoscere tutti gli ID presenti nella colonna e tra loro separati appunto da virgole. La colonna *reference* invece è stata creata con un contenuto identico al titolo dell'opera ma tale valore è stato impostato come privato, ovvero nascosto dal front-end del sito e non ricercabile. A differenza degli Items importati precedentemente per i quali non sono state previste variazioni nella forma, nella struttura ed in particolare nel nome, un discorso a parte è da farsi per le opere d'arte, in quanto il nome utilizzato nella fase iniziale del lavoro deriva unicamente dalle schede sintetiche costruite da E.S. Skaug il quale molto spesso ha prediletto forme semplici per definire le opere e l'impiego di termini generici come santo, santa, santo vescovo, a più precise definizioni degli stessi. Non è inoltre sfuggito nella fase iniziale del lavoro come molto spesso il riconoscimento stesso dei santi raffigurati abbia visto un notevole avanzamento nei trent'anni che separano i volumi cartacei dalla data odierna. È stato quindi necessario ideare un sistema per procedere celermente alla digitalizzazione dei dati senza perdere la possibilità futura di modificare gli stessi. Necessitando quindi, come si è visto per le schede di autori e punzoni, di una proprietà che rimanga immutabile nel tempo per permettere successive operazioni di modifica, dovendo cioè poter contare su un valore che sia espresso in tutti gli Items e che li possa identificare in maniera univoca, il titolo originale è stato riproposto anche come termine per una seconda proprietà (*dcterms:reference*) nascosta e non ricercabile, quindi ininfluenza per quanto concerne la navigazione dell'archivio stesso ma utilizzabile, all'evenienza, per identificare per nome e non per ID tutti i 1015 *Items* anche nel caso che verrà meglio specificato più avanti, di una successiva modifica del nome dello stesso (Figura 85).

4.4.4 Inversioni

Al termine di quest'ultima operazione di importazione, tutti gli elementi fondanti dell'archivio hanno trovato una loro collocazione nel server e, conseguentemente, sono stati dotati di un ID univoco in grado di rappresentarli, permettendo quindi di procedere alle ultime operazioni di collegamento.

Gli ultimi elementi esclusi nelle operazioni precedenti risultano essere i collegamenti tra gli *Items* degli autori e dei punzoni e le loro rispettive opere d'arte, ovvero il nucleo numericamente più corposo di link, nonché l'elemento cardine della ricerca e del confronto tra le entità dei vari punzoni. Iniziando dal collegamento di più semplice realizzazione, ovvero quello tra le botteghe e le opere da esse realizzate, non è stato necessario elaborare fogli di calcolo ex novo in quanto i dati necessari erano già presenti nel documento utilizzato per la creazione delle ultime entità.

Eliminando infatti dal foglio di calcolo creato per l'importazione delle 1015 opere tutte le colonne utilizzate per descrivere l'opera e la sua collocazione, compresa la colonna del titolo, è stato possibile generare un semplice elenco degli autori di ogni opera al quale affiancare in una nuova colonna l'elenco degli ID degli oggetti appena creati, anche in questo caso in ordine crescente. È stato sufficiente identificare l'ID della prima opera creata, 3542 e procedere alla creazione di un elenco crescente come quello di Figura 86 per ottenere il file necessario alla creazione dei nuovi collegamenti.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	18	29	34	53	68	166	170	199	208	219	284	702	187	182	335								
2	18	29	34	53	68	166	170	199	208	219	284	702	187	182	335								
3	29	34	53	166	199	208	284	702	187	335	21	703	408	512	722	42	59	87	140	519	57	640	
4	29	53	68	166	170	208	702	187	335	21	703	408	512	722	42	59	87	140	519	57	640		
5	166	208	335	21	703	512	21	703	512	722	42	59	87	140	519	57	640						
6	53	166	170	208	182	335	21	703	512	722	42	59	87	140	519	57	640						
7	166	208	335	512	722	42	59	87	140	519	57	640											
8	408	512	519	422																			
9	53	68	166	170	208	21	703	512	716														
10	170	208	335	21	703	512	722	723															
11	166	208	335	21	703	512	722	723															
12	68	166	208	182	335	703	512	716															
13	182	335	21	512	723																		
14	53	166	335	408	512	722	723																
15	223	274	68	170	208	284	367	335	57	66	87	173	180	186	277	316	368	408	19	578	616	689	712
16	337																						
17	66	173	277	409	578	269																	
18	317	396	728																				
19	66	616	689	36	56																		
20	66	173	277	409	578	712	36	337	519														
21	66	173	277	409	578	269	337	519															
22	578	36	200	228	337	519	640																
23	66	173	277	578	712	716	36	200	228	337	707												
24	277	409	269	337	519	669	707	708															
25	66	173	277	409	578	716	36	42	200	337	640												
26	277	578	739	640	669	716																	
27	715	254	338	605	607	688																	
28	689	712	716	56	59	228	281	305	519	613	669	708	617										
29	173	186	712	140	228	286	306	519	573														

Figura 87 L'immagine propone, per una selezione di 29 opere invece che 1015, l'ordine di selezione delle varie colonne che verranno successivamente disposte in verticale.

Ottenuto quindi un documento avente un totale di 31465 righe e 3 colonne come quello semplificato in Figura 88, il materiale è stato salvato e la procedura è stata ripetuta in maniera identica su un documento creato ex novo. Per ridurre le possibilità d'errore nella creazione di documenti così consistenti si è preferito operare in maniera ridondante; i due file sono stati salvati con nomi simili, aperti in due schede differenti del programma e da lì confrontati con la funzione *Inquire* disponibile in *Microsoft Excel*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
1	Autore_1	ID_1																					
2	Autore_2	ID_2																					
3	Autore_3	ID_3																					
4	Autore_4	ID_4																					
5	Autore_5	ID_5																					
6																							
7	Autore_1	ID_1																					
8	Autore_2	ID_2																					
9	Autore_3	ID_3																					
10	Autore_4	ID_4																					
11	Autore_5	ID_5																					
12																							
13	Autore_1	ID_1																					
14	Autore_2	ID_2																					
15	Autore_3	ID_3																					
16	Autore_4	ID_4																					
17	Autore_5	ID_5																					
18																							
19	Autore_1	ID_1																					
20	Autore_2	ID_2																					
21	Autore_3	ID_3																					
22	Autore_4	ID_4																					
23	Autore_5	ID_5																					
24																							
25	Autore_1	ID_1																					
26	Autore_2	ID_2																					
27	Autore_3	ID_3																					
28	Autore_4	ID_4																					
29	Autore_5	ID_5																					

Figura 88 Seguendo l'ordine dei colori della figura precedente, l'immagine illustra la disposizione delle colonne una volta trasformate in elenco.

Per poter accedere a tale funzione è necessario modificare le impostazioni avanzate di *Microsoft Excel*, aprire la finestra di importazione dei componenti aggiuntivi *COM* e da lì importare il *plug-in Inquire* in grado di interrogare vari documenti e di ricercarne le differenze. Qualora nelle operazioni di sezionamento siano stati generati errori, questi verrebbero visualizzati nel confronto come in Figura 89, evidenziati in verde ed elencati nella finestra sottostante.

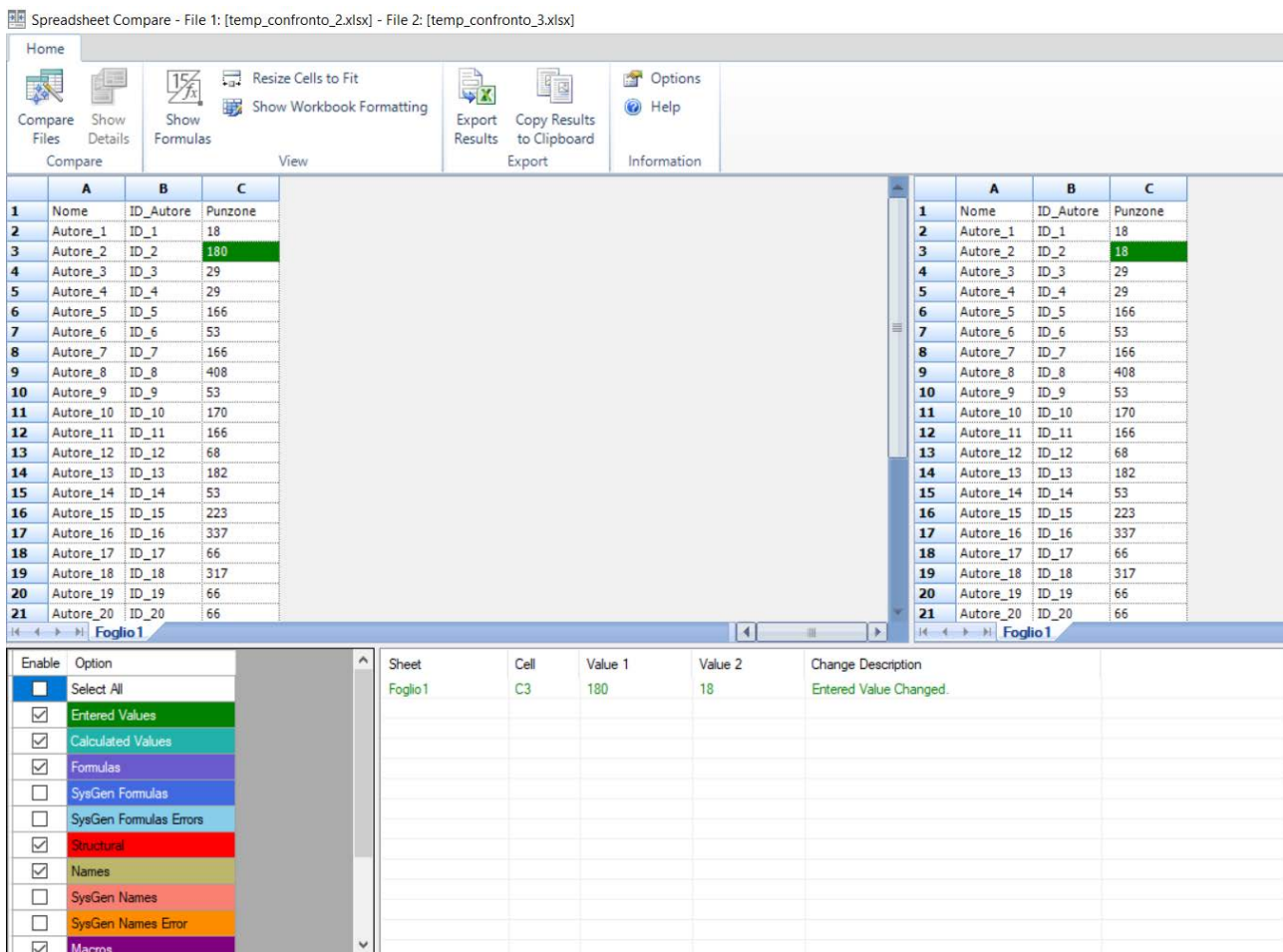


Figura 89 La funzione di verifica e confronto di due documenti permette di evidenziare l'eventuale presenza di errori di battitura, nel caso in questione errori nell'allineamento delle singole colonne di Figura 87. Lo strumento è stato quindi utilizzato per accertarsi che le operazioni fossero eseguite correttamente e senza errori. Considerando improbabile effettuare due errori identici in due realizzazioni separate del documento, l'assenza di differenze è stata quindi interpretata come la prova della realizzazione corretta dei documenti.

Una volta ottenuti due documenti privi di differenze e quindi si presuppone corretti, uno di essi è stato eliminato per procedere alla sistemazione del rimanente; la colonna con il nome degli autori è stata eliminata mantenendo solamente il loro ID e le due colonne rimanenti sono state invertite, antepoendo il nome dei punzoni all'ID degli autori che li utilizzano. La presenza di celle vuote nella colonna di sinistra, sempre maggiore verso la fine del documento, corrisponde quindi alle celle vuote della Figura 87 le quali, mancando di un nome, non verranno computate dal modulo CSV Import.

Il file, salvato in formato CSV, può essere a questo punto importato in Omeka S seguendo le normali linee guida per la modifica di *Items* già esistenti. Mappati a seconda del loro nome, ai punzoni verrà aggiunta la proprietà *punch:isPunchOf* facendo quindi riferimento a tutte le opere nelle quali essi siano presenti.

Al termine di quest'ultima importazione delle proprietà mancanti, l'ossatura di partenza del database può considerarsi correttamente strutturata secondo le linee guida indicate all'inizio di questo capitolo, i collegamenti tra le varie risorse sono stati generati per ognuna di esse e l'eventuale utilizzo dell'apposita funzione di Omeka per rinominare le risorse una volta create, potrà essere impiegato in futuro per modificare singolarmente ogni link, senza compromettere la forma degli altri (Figura 90).

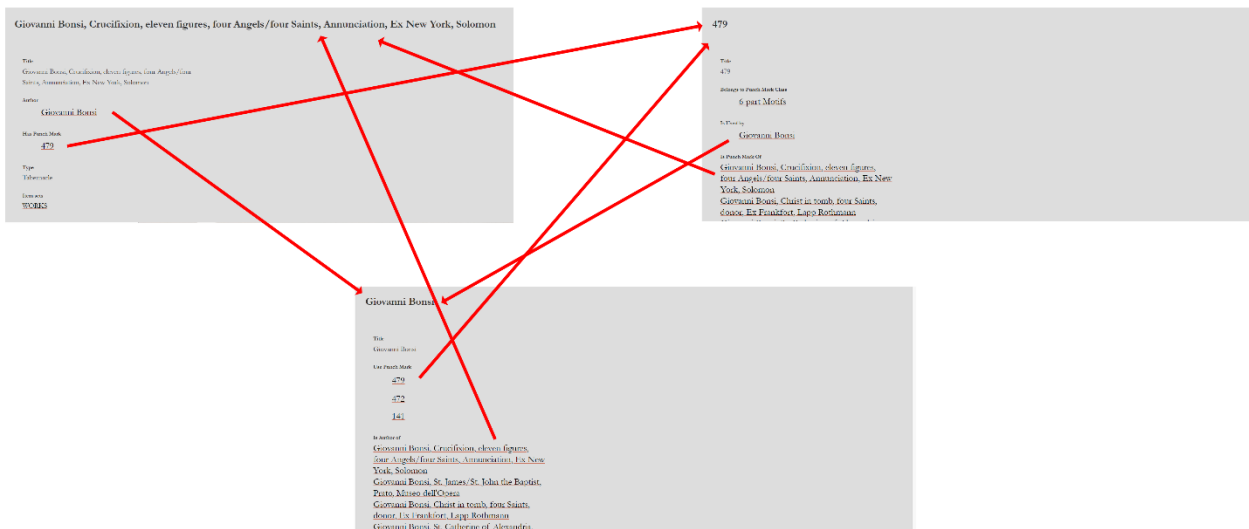


Figura 90 Le frecce indicano i mutui collegamenti ora completi tra le proprietà di tre schede tra loro differenti: un'opera, un punzone ed infine un autore.

L'ultima correzione apportata prima di procedere all'arricchimento dei dati con immagini e disegni ha interessato unicamente il titolo dato agli *Items* appartenenti alla classe dei dipinti. Seppur modificati in parte, fino a costruire una stringa completa che rechi il nome dell'autore, dell'opera, l'anno e la collocazione, la forma impiegata per descrivere le opere risulta essere a tutti gli effetti un elemento poco chiaro della descrizione. L'autore norvegese infatti, per rispondere ad esigenze di sintesi e potendo contare unicamente sulle informazioni raccolte a partire dagli anni '60, spesso predilige descrizioni sintetiche per le immagini, in particolare sovraestendendo l'impiego dei termini "Santo" e "Santa" senza ulteriori descrizioni, rendendo in alcuni casi complessa l'opera di identificazione delle opere da parte di un qualsiasi fruitore del database. Questa parte del lavoro è ancora in fase di implementazione per la difficoltà di verificare tutte le 1015 opere citate dallo studioso. A titolo di campione si è scelto di integrare i titoli delle opere dei primi tre autori studiati: Giotto, Taddeo Gaddi e Bernardo Daddi e quelle depositate presso i musei oggetto delle nuove campagne fotografiche. Per queste opere quindi si è scelto di prediligere la forma più corretta e descrittiva oggi in vigore. Per queste opere la forma è stata cambiata dalla più sintetica:

"Giotto, Stefaneschi Polyptych, Roma, Pinacoteca Vaticana"

alla più completa

"Giotto di Bondone, Stefaneschi Polyptych, Christ Enthroned with Angels and Cardinal Jacopo Caetani Stefaneschi, Crucifixion of Saint Peter, Beheading of Saint Paul, Madonna and Child Enthroned, and Angels with Saint Peter and Saint James the Greater, Apostles, Saint Peter in chair between two angels and St. George presenting the donor, St. James Major and St. Paul, St. Andrew and St. John the Evangelist, St. Stephen and two Saints, Roma, Pinacoteca Vaticana"

Ove possibile è stata quindi rispettata la forma più estesa utilizzata oppure, nel caso dei musei, quella adottata dall'istituzione di riferimento. Il titolo originale, indicato anche nella proprietà "References" ha permesso di mantenere inalterate tutte le informazioni presenti nelle tabelle già create fino ad ora, garantendo la possibilità di identificare ogni opera anche nel caso di successive modifiche nel suo titolo.

Un unico documento in formato .CSV è stato creato partendo dalla medesima tabella di *Figura 84* ed eliminando tutti i dati superflui. Mantenendo unicamente le voci presenti nella prima colonna, ovvero i nomi degli *items* importati, i nuovi nomi sono stati elencati in una seconda colonna seguendo l'ordine precedente.

Cambiando le intestazione delle due colonne, indicando sulla prima la proprietà di riferimento appositamente creata “dcterms:reference” e “dcterms:title” sulla seconda (Figura 91) ed eliminate tutte le righe prive di aggiornamenti, il file è stato salvato per la successiva fase di importazione.

A	B
1 dcterms:reference	dcterms:title
2 Giotto, Stefaneschi Polyptych, Roma, Pinacoteca Vaticana	Giotto di Bondone, Stefaneschi Polyptych, Christ Enthroned with Angels and Cardinal Jacopo Caetani Stefaneschi, Crucifixion of Saint Peter, Beheading of Saint Paul, Madonna and Child Enthroned, and Angels
3 Giotto, Coronation, Four Saints/Saints, Angels, Firenze, Santa Croce, Baroncelli	Giotto di Bondone, Baroncelli Polyptych, Coronation of the Virgin Mary, saints and angels, Firenze, Basilica di Santa Croce, Cappella Baroncelli
4 Giotto, Madonna and Child/Four Saints, Bologna, Pinacoteca Comunale	Giotto di Bondone, Madonna and Child with Saints, Bologna, Pinacoteca Nazionale
5 Giotto, Madonna and Child, four Angels, Firenze, Santa Maria a Ricorboli	Giotto di Bondone, Madonna del Rifugio, Madonna with Child and Angels, Firenze, Chiesa di Santa Maria a Ricorboli
6 Giotto, Painted cross, Firenze, Santa Maria Novella	Giotto di Bondone, Christ Crucified, Firenze, Chiesa di Santa Maria Novella
7 Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Castelfiorentino, Propositura	Taddeo Gaddi, Madonna with Child in throne between St. Luke the Evangelist, St. John the Baptist, St. Zanobi and St. James, Castelfiorentino, Museo di Santa Verdiana
8 Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Castiglion Fiorentino, Pinacoteca Civica	Taddeo Gaddi, Madonna with Child Enthroned, Castiglion Fiorentino, Municipal Art Gallery
9 Taddeo Gaddi, Stigmata of St. Francis, Cambridge (MA), Fogg	Taddeo Gaddi, Saint Francis of Assisi receiving the stigmata, Cambridge, Harvard Art Museums - Fogg Museum
10 Taddeo Gaddi, Christ/Four Saints, Ex Capetonne, Bromley Davenport	Taddeo Gaddi, Christ in Piety, St Peter, St Francis of Assisi, St Paul and St Andrew, former Capetonne Hall, Bromley Davenport collection, Macclesfield
11 Taddeo Gaddi, Madonna and Child, six Saints, donor (fr), Ex Monza, Modoranti	Taddeo Gaddi, Madonna and Child Enthroned between St James, St John the Baptist, St Luke the Evangelist and St Philip, Florence, Church of S. Felicità
12 Taddeo Gaddi, Madonna and Child, twelve Saints, three donors/Nativity/Crucifixion, Strasbourg	Taddeo Gaddi, Madonna and Child Enthroned, Angels and Saints, Nativity of Jesus, Saint Louis of Toulouse and holy monk, Crucifixion of Christ, Strasbourg, Musée des Beaux-Arts
13 Taddeo Gaddi, Madonna and Child, Stockholm, National Museum	Taddeo Gaddi, Madonna with child, Stockholm, National Museum
14 Taddeo Gaddi, Crucifixion, Adam and Eve, twelve Apostles/St. Francis/Madonna and Child, Ex f	Taddeo Gaddi, Crucifixion of Christ, Descent of Christ into limbo, Saint Francis of Assisi receives the stigmata, Saint John the Evangelist resurrects Druisiana, Madonna and Child enthroned between Saint Francis
15 Taddeo Gaddi, Madonna and Child/Nativity/Crucifixion, 1334, Berlin, Gemaldegalerie	Taddeo Gaddi, Madonna with Child Enthroned, Nativity of Jesus, Crucifixion of Christ, Saint Nicholas of Bari returns Adeodato to his parents, Saint Nicholas of Bari frees Adeodato, Christ recommends the Mad
16 Taddeo Gaddi, Madonna and Child/Four Saints, Volteggiano, San Jacopo (ora Castelfiorentino)	Taddeo Gaddi, Madonna and Child Enthroned between Saint Luke the Evangelist, Saint John the Baptist, Saint Zanobi and Saint James, Castelfiorentino, Museum of Santa Verdiana
17 Taddeo Gaddi, St. Dominic, Prato, Museo San Domenico	Taddeo Gaddi, Saint Dominic, Prato, Museum of mural paintings
18 Taddeo Gaddi, Madonna and Child, ten Saints, New York, Metropolitan Museum	Taddeo Gaddi / Florentine anonymous sec. XV, Madonna and Child Enthroned between St. Lawrence, St. John the Baptist, St. James and St. Stephen, Evangelists, New York, The Metropolitan Museum of Art
19 Taddeo Gaddi, Madonna and Child, eight Saints, four music making Angels, Berne, Kunstmuseu	Taddeo Gaddi, Madonna and Child Enthroned, Angels and Saints, Bern, Kunstmuseum
20 Taddeo Gaddi, Four Evangelists (fr), Fiesole, Museo Bandini	Taddeo Gaddi, Four Saints, Fiesole, Bandini Museum
21 Taddeo Gaddi, Nativity, Dijon, Beaux Art Museum	Taddeo Gaddi, Adoration of the Shepherds, Dijon, Musée des Beaux-Arts
22 Taddeo Gaddi, Crucifixion, three figures, Lamentation, Bristol, Art Gallery	Taddeo Gaddi, Crucifixion of Christ, Deposition of Christ in the tomb, Bristol, City Art Gallery
23 Taddeo Gaddi, Nativity, Portland (OR), Art Museum	Taddeo Gaddi, Nativity, Portland, Art Museum
24 Taddeo Gaddi, Holy Cross, Firenze, Accademia	Taddeo Gaddi, Crucifix, Firenze, Galleria dell'Accademia
25 Taddeo Gaddi, Nativity/Deposition, Budapest, Fine Arts Museum	Taddeo Gaddi, Nativity, Deposition, Budapest, Fine Arts Museum

Figura 91 La struttura a due colonne così composta permette di identificare gli Items già creati sulla base del nome precedente e sostituire ad esso la forma completa creata in un secondo momento

In questo caso nel pannello “Advanced Settings” del modulo CSV Import è stata selezionata un’azione non illustrata precedentemente, ovvero “Revise data of the resource”. Del tutto simile nell’interfaccia al già utilizzato “Append data to the resource”, quest’azione permette nello specifico di modificare proprietà già esistenti, eliminando le voci attualmente presenti negli Items, sostituendole con gli elementi della seconda colonna in nostro possesso.

4.5 MEDIA

Una volta definita la forma degli Items e dei collegamenti è stato possibile dedicarsi all’implementazione dei dati tramite la creazione di immagini e disegni che permettono la navigazione totalmente autonoma del database, svincolandone l’utilizzo dal confronto con i volumi cartacei, almeno per quanto riguarda le sue funzioni di base. Le immagini, qualsiasi sia il loro formato ed impiego, sono gestite da Omeka S come Media, ovvero come elementi distinti dagli Items in quanto formati da contenuti audiovisivi che possono essere a loro volta collegati ad Items precedentemente creati. Per rendere funzionale questa struttura anche questi elementi, una volta creati, sono contraddistinti da un ID univoco che segue la numerazione generale del server; è da ravvisarsi in tale caratteristica del database il bisogno di separare temporalmente la creazione degli Items e dei Media in due momenti distinti, in modo da poter disporre di identificativi tra loro raggruppati per genere e tipo. La creazione contestuale di un Item per un punzone ed la creazione conseguente del Media con la sua immagine avrebbe creato un archivio di più complessa gestione, dove gli ID sarebbero mischiati tra loro rendendo pressoché impossibile la gestione dei collegamenti come illustrata precedentemente.

Ad eccezione delle immagini provenienti dai negativi, delle quali si parlerà estesamente nell’ultimo paragrafo, rispettando proprio l’ordine con il quale tutte le informazioni sono state create originariamente, in questa fase del lavoro è risultato necessario arricchire il database con i dati grafici e non logici rimasti ancora al di fuori della trattazione. In particolare si tratterà di gestire le pagine degli autori e dei punzoni con delle immagini che possano rapidamente richiamare alla funzione stessa dei collegamenti, le tabelle create da Skaug per ciascun autore ed i disegni di tutti i punzoni censiti.

4.5.1 Autori

Per le schede degli autori è stato scelto un approccio semplice e ridondante che riproponga come immagini delle semplici scansioni delle tabelle presenti nei volumi di Erling Skaug. Da una parte la possibilità di avere una vista d’insieme di tutta la produzione attribuita ad un autore è risultato essere un punto a favore di tale scelta in quanto, in particolare per autori molto prolifici, la vista in elenco delle opere proposta da Omeka-S non riesce a garantire la sinteticità ottenibile da una tabella, d’altro canto le indicazioni grafiche sull’eventuale presenza della granitura e sulla decorazione manuale dell’oro presenti alla fine di ogni riga

sarebbero andati persi senza la presenza di queste immagini aggiuntive. Una semplice scansione dei volumi è stata sufficiente a produrre i materiali utilizzati nel database, unicamente una veloce postproduzione dei file è stata necessaria per gli autori di cui lo studioso censisce molte opere aventi tabelle disposte su più pagine. In questo caso i file risultanti da scansione sono stati elaborati in *Adobe Photoshop* come livelli separati di una stessa immagine e le tabelle sono state allineate tra loro per creare un'immagine di maggiori dimensioni partendo da più file distinti come nel caso di Figura 92 dove è ancora visibile al centro dell'immagine, all'altezza dell'elenco dei punzoni, lo spazio che in origine separava due pagine affiancate mentre la tabella è stata unita completamente.

7.12. Bartolomeo Bulgarini

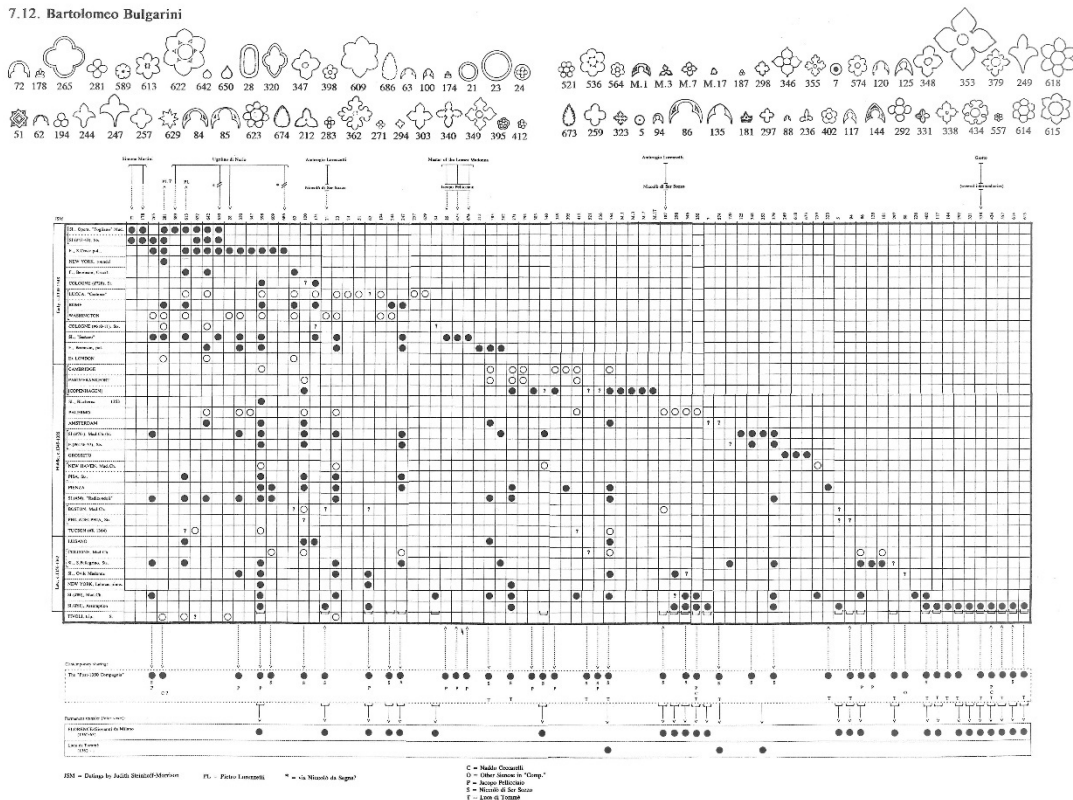


Figura 92 Nel caso di tabelle disposte su due pagine rimane evidente la separazione tra le illustrazioni dei punzoni utilizzati dalla bottega.

Una soluzione differente è stata adottata solamente per l'opera di Bernardo Daddi in quanto la sua produzione estesissima ha richiesto all'autore norvegese di dividere l'elenco delle opere su due pagine separate nel senso della lunghezza. L'unione di questa in un file verticale avrebbe creato problemi di leggibilità nella condizione standard di impiego di monitor orizzontali ed è stato perciò scelto di mantenere tale divisione affiancando le due scansioni invece di crearne una complessiva come in Figura 93.

5.3. Bernardo Daddi

985 411 382 430 175 176 338 260 718 236 732 372 70 699 373 476 398 314 318 241 627 3 11 205 322 330 390 148 342

372 370 220 146 375 609 30 294 211 388 430 280 367

Figura 93 In questo unico caso l'eccessiva lunghezza della tabella avrebbe generato un documento verticale di difficile lettura a monitor.

I file così predisposti sono stati rinominati seguendo un ordine ascendente partendo dal valore A_001.jpg per il primo autore, Giotto, per arrivare all'ultimo documento rinominato A_060.jpg. La differenza di valori tra il numero complessivo di tabelle e quello degli autori investigati è da attribuirsi alla presenza di una tabella riassuntiva, denominata da Skaug "The post 1348 problem" che comprende al suo interno le tabelle di sei differenti autori tra loro strettamente collegati in seguito alla pestilenza del 1348. Il problema indagato da vari storici dell'arte è stato perciò affrontato dallo studioso proponendo una vista d'insieme complessiva che si è preferito non smembrare per mantenere la chiave di lettura indicata da Skaug. (Figura 94)

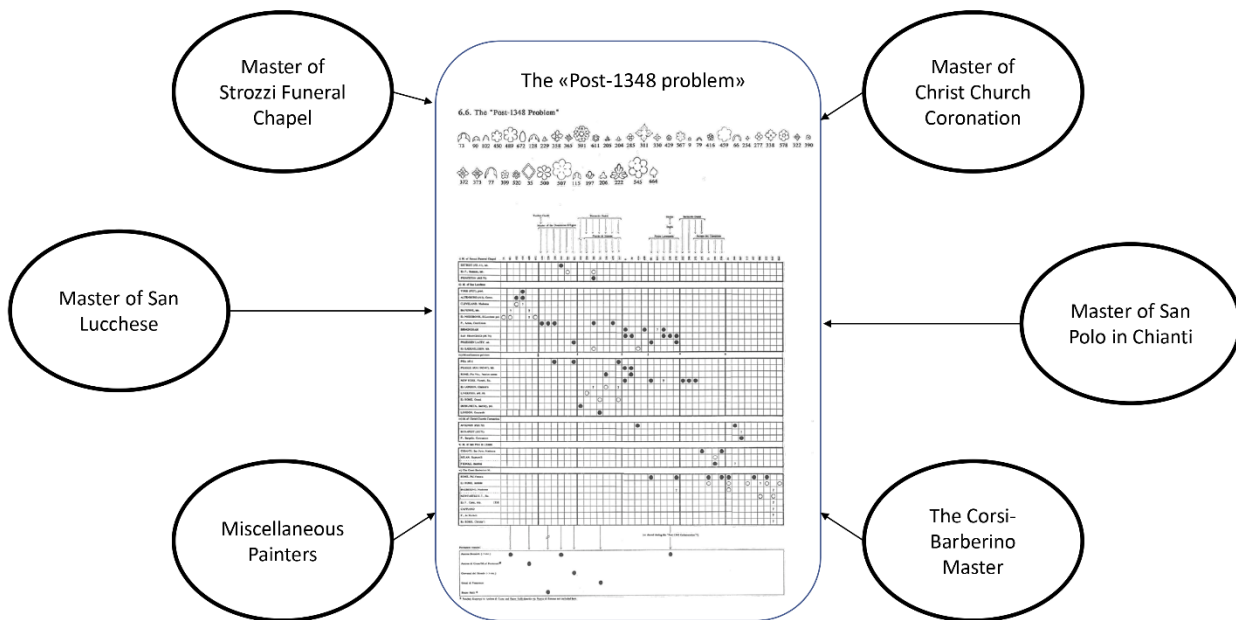


Figura 94 L'immagine illustra schematicamente come i 6 Items generati separatamente insistano sulla medesima tabella ed abbiano perciò la stessa immagine di riferimento nel database.

Anche in questo caso è stato il modulo *CSV Import* a venir impiegato per collegare alle schede degli autori i media a loro riferiti, contando questa volta sull'impiego della funzione *File Sideload* appositamente costruita per caricare immagini già presenti su un server specifico. In questo momento e per le operazioni future, le immagini precedentemente create verranno inizialmente convertite in formato jpeg non dovendo subire ulteriori interventi di modifica e, conseguentemente, caricate sul server. Il formato jpeg, evitato nello svolgimento di tutte le precedenti fasi del lavoro, rappresenta ora la soluzione migliore in termini di rapporto tra dimensioni e qualità del file, garantendo spazi di archiviazione molto minori rispetto a qualsiasi altro formato ed un'elevata compatibilità del file con quasi qualsiasi piattaforma. Nato come formato di compressione con perdita dei dati, è ad oggi lo standard più comune per la visualizzazione delle immagini in ambiente informatico, mentre la perdita di dati legata alla compressione raggiunge ormai livelli minimi non percepibili all'osservatore.

La scelta del sistema FTP (File Transfer Protocol) per lo svolgimento di queste operazioni è ricaduta su una piattaforma *Open Source* di vasta diffusione e sviluppo pluriennale come *FileZilla*,⁹⁸ grazie alla sua elevata semplicità e stabilità d'uso che ha permesso di collegare velocemente i server del database al personal computer utilizzato per l'elaborazione dei file e, conseguentemente, di caricarli in un'apposita cartella creata per l'occorrenza.

Avendo cura di caricare le immagini già correttamente rinominate come illustrato precedentemente, è stata creata una struttura di cartelle di semplice accesso strutturata come: */web/skaug_punches/* nella quale verranno caricati tutti i materiali creati successivamente, nelle cartelle specifiche create all'occorrenza.

L'opzione di caricamento dei media *Sideload* del modulo *CSV Import* è appositamente ideata per collegare materiali in base alla loro collocazione nei server, richiedendo perciò che venga generata una stringa specifica con il percorso di salvataggio dei file ed il loro nome. Tale stringa sarà composta dalla *directory* assoluta dei file nel server (<file:///var/www/clients/client2/web4/web/>) con l'aggiunta delle singole cartelle create per

⁹⁸ <https://filezilla-project.org/>, build 3.62.2 del 22/11/2022

l'occasione (skaug_punches/authors/) ed infine il nome dei file. Per creare tale lista, anche questa volta si è scelto di utilizzare la funzione semiautomatica di *Microsoft Excel* per compilare una lista su colonne separate con le parti del nome richiesto, in due colonne affiancate la directory e gli zeri richiesti nel nome, nella colonna centrale la sequenza dei numeri, composta automaticamente trascinando in basso nella colonna i primi due valori in sequenza inseriti, ed infine l'estensione del file come illustrato in Figura 95.

	A	B	C	D	E	F
1	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/authors/	00		1	.jpg	
2	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/authors/	00		2	.jpg	
3	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/authors/	00		3	.jpg	
4	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/authors/	00		4	.jpg	
5	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/authors/	00		5	.jpg	
6	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/authors/	00		6	.jpg	
7	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/authors/	00		7	.jpg	
8	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/authors/	00		8	.jpg	
9	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/authors/	00		9	.jpg	
10	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/authors/	0		10	.jpg	
11	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/authors/	0		11	.jpg	
12	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/authors/	0		12	.jpg	

Figura 95 Si badi il passaggio da due zeri ad uno solo una volta raggiunta la prima decina.

Una volta disposte le colonne per creare gli indirizzi di riferimento delle varie immagini, l'unione delle singole caselle è stata creata tramite un processo similare a quello illustrato nel paragrafo 4.4.3: il file .CSV è stato aperto in *Microsoft Word* e da lì i segni di punteggiatura “;” sono stati rimossi tramite il comando *Trova e Sostituisci* per generare le 60 stringhe identificative di ogni bottega. I dati sono stati poi nuovamente importati in un foglio di calcolo avente nella colonna sinistra i nomi degli autori così come generati precedentemente e, a destra, gli indirizzi appena creati. In tal modo è stato possibile salvare un file in formato .CSV da utilizzare per la creazione ed il collegamento dei singoli *Media* alle schede degli autori. Unicamente per i sei autori raggruppati nella scheda intitolata “The post-1348 problem”, la sequenza non è stata rispettata per ripetere invece il riferimento alla stessa immagine come ben visibile nell'immagine sottostante (Figura 96).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Author	Directory							
2	Giotto di Bondone	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0001.jpg							
3	Taddeo Gaddi	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0002.jpg							
4	Bernardo Daddi	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0003.jpg							
5	Maso di Banco	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0004.jpg							
6	Jacopo del Casentino	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0005.jpg							
7	Master of the Dominican Effigies	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0006.jpg							
8	Master of San Martino alla Palma	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0007.jpg							
9	Master of the Cappella Medici	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0008.jpg							
10	Puccio di Simone	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0009.jpg							
11	Allegretto Nuzi	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0010.jpg							
12	Giovanni Bonsi	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0011.jpg							
13	Master of San Niccolò	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0012.jpg							
14	Giovanni di Bartolomeo Cristiani	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0013.jpg							
15	Master of Strozzi Funeral Chapel	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0014.jpg							
16	Master of San Lucchese	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0014.jpg							
17	Miscellaneous Painters	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0014.jpg							
18	Master of Christ Church Coronation	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0014.jpg							
19	Master of San Polo in Chianti	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0014.jpg							
20	The Corsi-Barberino Master	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0014.jpg							
21	Andrea Bonaiuti	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0015.jpg							
22	Niccolò di Tommaso	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0016.jpg							
23	Andrea di Cione "Orcagna"	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0017.jpg							
24	Nardo di Cione	file:///var/www/clients/client2/web4/web/skaug_punches/author0018.jpg							

Figura 96 Nel foglio di calcolo per collegare botteghe ed illustrazioni sono qui indicati in giallo ocra le ripetizioni necessarie a collegare a sei elementi la stessa tabella “The post-1348 problem”.

4.5.2 Punzoni

Più dispendiosa in termini di tempo si è dimostrata la creazione dei disegni dei singoli punzoni in quanto l'unico materiale di partenza a disposizione è composto dai piccoli disegni a penna aventi valore indicativo nelle schede degli autori (Figura 97). Questi disegni, una volta scansionati ed ingranditi hanno mostrato il tipico problema legato agli ingrandimenti di elementi prodotti manualmente, la mancanza di simmetria appare estremamente evidente e questa, unita ai segni del retino tipografico, vanifica quasi interamente la componente iconica, rendendo il disegno di complessa interpretazione.

7.2. Simone Martini and the Martini-Memmi shop

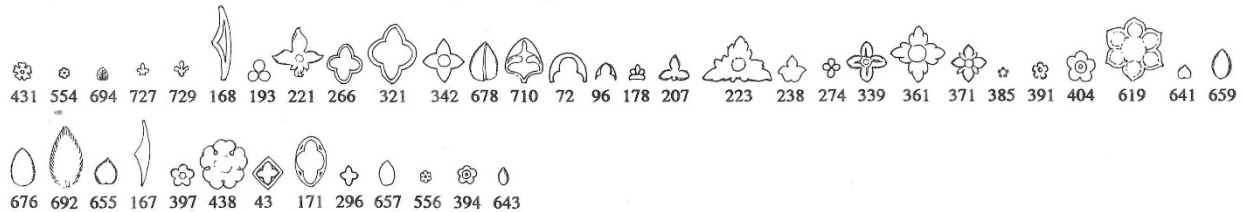


Figura 97 I disegni riassuntivi dei punzoni impiegati da autori e botteghe sono stati l'elemento di partenza per la creazione dei media relativi agli Items della classe "Punchmarks". La vista d'insieme dei rapporti dimensionali tra gli stessi verrà anche utilizzata successivamente per riconoscere le forme simili nelle immagini dell'archivio.

Si è scelto quindi di procedere ad una trasformazione dei disegni da file *raster* ad immagini vettoriali per poter procedere ad ingrandimenti consistenti e, successivamente, ottimizzarne i contorni per ottenere un'immagine più pulita.

Partendo dalla scansione ad alta risoluzione di Figura 97, i singoli punzoni sono stati ritagliati uno ad uno e salvati con il loro nome in formato TIF ottenendo dei materiali non ancora utilizzabili ma pronti alla successiva elaborazione in *Adobe Illustrator*. Una volta creato un nuovo documento in quest'ultimo software, le scansioni dei punzoni sono state importate una ad una e convertite in tracciati tramite il pannello *Ricalco immagine* accessibile, qualora non automaticamente visualizzato, tramite l'apposita spunta nel menu a tendina *Finestra*, dal quale sono richiamabili tutti i pannelli disponibili nel software della suite *Adobe*. Il pannello *Ricalco immagine*, dopo aver attivato l'anteprima del ricalco, permette di impostare i controlli *Tracciati*, *Angoli* e *Disturbo* osservando in tempo reale il risultato ricercando la migliore stilizzazione del disegno, utilizzando eventualmente il comando *Soglia* per modificare le tonalità di grigio da considerare come parte del tratto, aumentando o riducendo lo spessore del nuovo disegno. Ottenuta un'immagine stilizzata del disegno, questa è stata nuovamente esportata tramite il comando *File>Esporta>Esporta come* e conseguentemente salvata nuovamente nel formato *TIF* con il nome del punzone prima di procedere alle successive elaborazioni. In questa fase del lavoro è stata posta un'attenzione molto maggiore ai disegni dalle forme complesse, difficilmente tracciabili ex novo in assenza di una guida di buona qualità, mentre le forme geometriche semplici come bolli e losanghe sono state trattate senza particolare attenzione in quanto esse verranno ridisegnate completamente in *Adobe Photoshop*. Ottenuti i file di partenza ancora molto grezzi ed asimmetrici, questi sono stati trattati singolarmente come file raster ad alta risoluzione.

Salvo elaborazioni particolari richieste per una percentuale minima dei disegni, in larga parte questi sono stati modificati tramite l'impiego degli strumenti di clonazione ed eventualmente la giustapposizione di singole parti duplicate e trasformate. Al termine della preparazione di una parte del disegno questo è stato, ove possibile, riflesso su sé stesso con simmetria centrale o radiale per produrre un risultato fedele ma simmetrico. L'ultima fase della lavorazione dei singoli disegni ha infine richiesto l'impiego dei più semplici strumenti quali *Pennelli* e *Tracciati* per ricostruire una continuità di forme nelle aree di congiunzione tra le parti soggette appunto a riflessione come esemplificato dalla progressione di immagini in Figura 98.

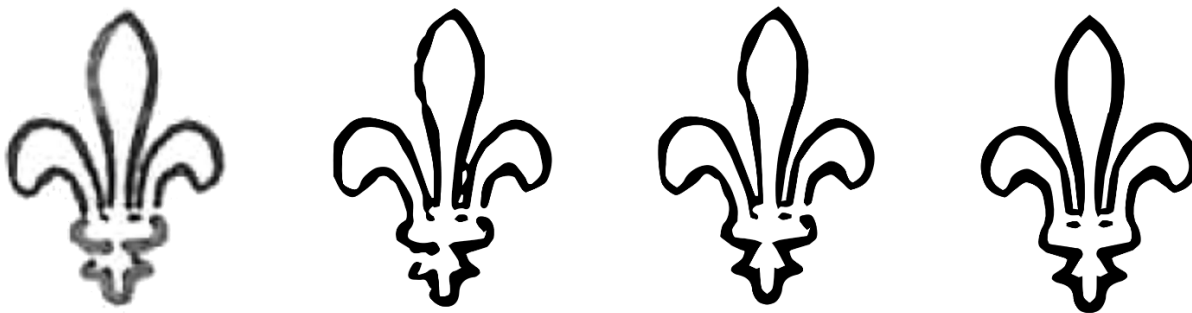


Figura 98 La progressione dalla scansione al prodotto vettoriale ha permesso, tramite successive migliorie, di ottenere dei disegni chiari e simmetrici.

Fino a questa fase del lavoro non è stata posta particolare attenzione alle dimensioni complessive del file e all'eventuale decentramento del disegno rispetto ai bordi in quanto le immagini, prima di essere importate nel database sono state elaborate nel complesso tramite l'impiego delle *Azioni*, un potente strumento del software ideato per ripetere una serie di comandi su un numero definito di immagini tra loro simili, riducendo grandemente il tempo richiesto per le operazioni finali di sistemazione ed uniformazione dei 759 disegni.⁹⁹

L'azione registrata in *Adobe Photoshop* e conseguentemente ripetuta per tutti i disegni così creati è stata strutturata in maniera tale da minimizzare le variabili di partenza, ovvero le minime differenze presenti nei file creati manualmente nella fase precedente del lavoro e, solo secondariamente, procedere all'uniformazione delle dimensioni degli stessi. A seguito di una prima prova di caricamento online di alcune immagini è risultato subito evidente come *Omeka S* non fosse in grado di gestire correttamente le anteprime delle immagini aventi un rapporto tra i lati molto sproporzionato; in particolare per quanto riguarda le immagini verticali, che, come appare ingrandito in Figura 99, vengono ritagliate per mantenere un'anteprima di forma quadrata. Cercando di risolvere questo problema senza stravolgere la forma di visualizzazione o ruotare le immagini, unicamente per i disegni dalla forma spiccatamente verticale, un'azione basata sul comando: "*Immagine>Dimensione Quadro*" ha creato un bordo bianco attorno ai disegni per migliorarne le anteprime.

⁹⁹ Unicamente a questo punto del lavoro chi scrive si è accorto di alcuni salti nella numerazione dei punzoni. Dopo una attenta verifica ed incrocio dei dati è risultato come i punzoni 97, 299,425,513 e 571 siano mancanti, non sono presenti nell'opera di alcun autore e non vengono rappresentati da nessun disegno. Sono quindi da intendersi probabilmente come un refuso nella compilazione.



Figura 99 Come è evidente per l'anteprima del punzone 698, un rapporto tra i lati molto sbilanciato porta ad un ritaglio dell'immagine che ne rende complessa l'identificazione

Terminata la creazione delle singole icone, l'ultima operazione richiesta per migliorare la navigazione del database ha visto la creazione di una serie di immagini riassuntive dei disegni divisi per tipologia, cercando di selezionare le casistiche più disparate in modo da creare, tramite otto immagini, delle soluzioni riassuntive degli elementi presenti in ognuno dei gruppi proposti da E. S. Skaug per raccogliere le forme degli elementi decorativi. Tali immagini sono state quindi utilizzate, come illustrato in *Figura 60*, per rendere più intuitiva la navigazione della pagina dedicata ai punzoni stessi.

4.5.3 Negativi

Terminata quindi la conversione in formato tabellare delle principali classi presenti nell'edizione cartacea, il lavoro si è concentrato sull'inserimento e la formalizzazione delle informazioni relative ai negativi già scansionati e rinominati. In questa fase è stato necessario procedere nuovamente alla trasformazione di tabelle scritte in veri e propri fogli di calcolo, in questo caso composti quasi unicamente da testi. Il materiale di partenza è composto unicamente dall'inventario di negativi di Erling Skaug conservato nell'archivio del Corpus della Pittura Fiorentina, donato a quest'ultimo dallo studioso assieme ai negativi. Come si può vedere in *Figura 100* dove è riprodotta la scansione di una pagina intera del raccoglitore, i dati sono ordinati attraverso una logica distinzione in colonne. L'ordinamento dei negativi rispetta un ordine cronologico e gerarchico molto semplice; da un lato la progressione è quella di realizzazione dei negativi stessi e, successivamente, questi vengono descritti per ogni riga attraverso le seguenti voci:

Numero negativo, Numero di negativi, Autore, Datazione dell'opera, Forma, Museo di provenienza, Inventario, Descrizione, Note.

Neg.	Kunstenaar	Dat.	Motiv	Type	Prov. Mus.	Nr.	Foto tatt	1969
91	• Lorenzo di Nicolo				Mus. S. Croce, FI			v
92	"							v
93	• Andrea di Bartolo • delle storie di S. Gaugano	ca 1380	Storie della vita di S. Gaugano	Frag.	Mus. Naz. di S. Matteo, Pisa	Bille (S. Gaug.) ars. (A. B.), ovre kantbord		v
94	"	"	"	"	"	"	hale	x
95	"	"	"	"	"	"	detail biskop	Tatt uten st. div. Bente Neg. 46-52
96	"	"	"	"	"	"	2 fig. t.h.	x
97	"	"	"	"	"	Nr. H., ovre kantbord		x
98	"	"	"	"	"	"	S. Gaug.'s glorie	v
99	• Andrea di Bartolo	ca 1410	Madonna dell'Umiltà		Coll. Ir. R. Dufour, Aerdembout	Barnets glorie		Isht. O. Olandese: Piture Senese in Olanda 1300-1500 10. juni - 14. juli - 69.
100	"	"	"	"	"	Madonnas " + kantbord		v
101	• A. di Badia a Isola		Madonna & barn	Frag.	Aartsbisschoppelijk Mus., Utrecht	Inv. 4	Madonnas glorie, uten st.	v
102	• A. di S. Pietro a Civite		Madonna dell'Umiltà	Frag.	Rijksmuseum, Amsterdam	Inv. 483- -K1	Madonnas glorie	v
103	"	"	"	"	"	"	Bildets o. del	v
104	• Se. di Sim. Martini		Korsf. m. Maria, Joh., Magdal.		Dienst voor 's Rijks Verzam. Kunstvoorwerpen, The Hague [Dep. (Lep. v. d. H.)] Eenmalig voor Kunstgeschiedm.	Inv. NK. 1556	Kr. st. glorie + kantbord.	v
105	• Pellegrino da Mariano	ca 1440	Mad. in trono e 4 senti.		Coll. A. H. Couwenhoven, Heelsum		Mad. + barns glorie + rammbord	v
106	"	"	"	"	"	"	S. Augustins "	v
107	"	"	"	"	"	"	S. Domenicos "	v
108	• Scano di Pietro	ca 1450	Madonna & child - SS. Fr. & Bam.	T.	Dienst voor 's Rijks Verzam. etc. [Dep. Amsterdam, Kunsthist. Instituut]	Inv. NK. 1172	Mad. & S. Fransiskus' glorie	v
109	"	"	"	"	"	"	Madonnas halsklemning	v
110	"	"	"	"	"	"	S. Bernhards Kristusmenogram	v
111	"	"	Korsfestelse m. Marin, Joh.	Tendo	Dienst voor 's Rijks Verzam. etc. [Dep. Groningen, Inst. v. Kunstgeschiedm.]	Inv. NK. 1556	Kantbord	v
112	"	"	"	"	"	"	Marias glorie	v
113	"	For 1444(?)	S. Caterina a Siena	"	"	NK. 1576	S. Caterinas glorie + kantbord	v
114	"	"	"	"	"	"	O. M. hjerne (sekundært?)	v
115	• Scuola Senese	St. av 1300	S. Lucia and female donor	T.	"	NK. 1423	Kantbord	v
116	"	"	"	"	"	"	Brosje i halsklemning	v
117	"	"	"	"	"	"	Glorie + kantbord	v
118	• Bottega di Giotto		Mad. in trono e 4 angeli		S. Maria a Riccardoli, Firenze	Inv. 1062	Madonnas glorie	v
119	"	"	"	"	"	"	Barnets "	v
120	"	"	"	"	"	"	Engel oppe t.v.	v

Figura 100 Gli schedari cartacei, per quanto scritti completamente in norvegese, hanno permesso di raccogliere tutte le informazioni utili al riguardo delle 1735 immagini utilizzate nel database.

Come si può facilmente immaginare, una parte di questi dati, in particolare l'attribuzione ed il nome dato all'opera, risalgono alle notizie in possesso alla comunità scientifica della fine degli anni '60 ed in alcuni casi sono variati già nella forma datagli all'interno dei volumi del 1994 a dimostrazione di come una discrepanza nel valore di informazioni datate sia da tenere in considerazione e verrà analizzata puntualmente nel momento in cui le informazioni dovranno essere integrate e messe in relazione all'interno del database.

Nella creazione della tabella Excel che li riguarda, le informazioni sui negativi sono state integrate con quelle relative alle opere precedentemente censite e con alcuni dati di contorno di carattere prettamente fotografico. Per tale motivo alle colonne originali dello schedario cartaceo, fatta eccezione per la seconda colonna indicante il numero di negativi che è stata rimossa, ne sono state aggiunte tre ulteriori; due di queste ad indicare informazioni relative alla pellicola stessa ed infine una terza che effettuasse il riferimento, via ID, alle opere d'arte già censite. Potendo già contare sull'inserimento nel database finale degli items relativi alle singole opere d'arte, l'ID indicato in questo caso è stato direttamente quello definitivo, evitando le operazioni di somma e sottrazione richieste per le altre schede. La ricerca nell'archivio digitale di opere già censite è risultata ovviamente semplice per quanto concerne le opere per le quali l'attribuzione non sia cambiata nel tempo, mentre è risultata più difficoltosa per quei casi in cui l'avvicinamento a generiche scuole ha richiesto una trattazione più approfondita per fugare ogni dubbio di una possibile successiva attribuzione.¹⁰⁰

¹⁰⁰ Anche in questo caso con attribuzione successiva deve intendersi unicamente il parere espresso da Skaug nei volumi successivi. Il punto complesso delle attribuzioni differenti verrà affrontato in seguito con degli strumenti appositamente costruiti.

Determinata l'opera questa è stata ritrovata nel sito appena creato ed il suo ID è stato inserito nella nuova colonna per permettere, successivamente, di collegare appunto tutti i negativi alle loro opere di riferimento.

Le ultime due colonne dello schedario cartaceo rappresentano invece il cuore del lavoro di schedatura effettuato da Erling Skaug durante le riprese e le varie caselle indicano, per ogni immagine, il dettaglio specifico che viene rappresentato, la posizione precisa della ripresa macrofotografica, eventuali brevi descrizioni dell'opera ed infine, nella colonna "note", eventuali problemi e caratteristiche legate alla ripresa stessa, la presenza del vetro sopra alcune opere d'arte, l'eventuale indicatore di scala quando esso non sia un righello o la presenza di immagini eccessivamente sopra o sotto esposte. Queste informazioni in particolare ci permettono di ricostruire parte del lavoro di Skaug come fotografo e di collocare la creazione di questi materiali in un momento successivo a quello della ripresa e, conseguentemente, ci consente di ricostruire l'esistenza di appunti meno precisi, effettuati direttamente durante la ripresa, in una forma più semplice e spartana. Tutti i materiali in ogni caso sono scritti in norvegese ed il processo di traduzione, seppur fortemente aiutato da un frasario di massima gentilmente inviato per l'occasione dall'autore, ha impedito di avvalersi con successo di strumenti come *Transkribus*¹⁰¹ in ausilio alla traduzione ed ha generato, almeno in una prima fase un elevato livello di difformità nel frasario inglese utilizzato, in particolare per quanto riguarda la forma adottata per descrivere il posizionamento della fotografia all'interno di un'opera. Avendo a che fare con alcuni dei primi negativi scattati dall'autore, organizzati coerentemente dopo gli esperimenti con pellicole di altri formati,¹⁰² anche il processo di descrizione degli stessi vede alcuni cambiamenti nell'arco degli anni dei quali non è stato possibile tener conto sincronicamente alla traduzione e sono apparsi evidenti solamente in un momento successivo. Si è scelto quindi di attendere la completa traduzione delle schede dei negativi in nostro possesso ed uniformare poi la terminologia utilizzata, cercando di produrre una maggiore uniformità delle informazioni che sarebbero state rese disponibili nel database in costruzione.

Anche in questo caso, come per gli elementi precedentemente descritti, la creazione di un foglio Excel che metta in relazione i singoli negativi con gli *Items* delle opere d'arte raffigurate ha richiesto di procedere in senso inverso per creare il collegamento richiesto, ovvero tra opera d'arte ed i negativi che la ritraggono. Appare quindi evidente come sia stato fondamentale generare gli *Items* dei negativi in ordine crescente in modo da garantire una semplice correlazione tra il numero del negativo con l'ID che lo rappresenta all'interno del database come illustrato in Figura 101 dove sono evidenziati il nome del negativo e l'id corrispondente e la differenza numerica tra negativo ed ID appare sempre stabilizzata ad un valore di 6051. In questo caso quindi, seguendo la procedura spiegata precedentemente, il tabellario è stato dapprima ordinato secondo il valore della colonna ID_opera in modo da compattare le case aventi valori numerici espressi, ovvero quelle concernenti le opere presenti nel database e le altre righe sono state eliminate.

¹⁰¹ J. NOCKELS, P. GOODING, S. AMES, M. TERRAS.

¹⁰² Carteggi risalenti al 2019 con Erling S. Skaug hanno infatti evidenziato come vari esperimenti siano stati fatti con pellicole di formati maggiori, dalle grandi pellicole piane alle più maneggevoli camere medio formato; la scelta del formato 135 è stata infatti il frutto di un lungo processo di valutazione di costi, semplicità di reperimento dei materiali e praticità d'uso.

dcterms:title	ID_neg																			
Neg_1	6052																			
Neg_2	6053																			
Neg_3	6054																			
Neg_4	6055																			
Neg_5	6056																			
Neg_6	6057																			
Neg_7	6058																			
Neg_8	6059																			
Neg_9	6060																			
Neg_10	6061																			
Neg_11	6062																			
Neg_12	6063																			
Neg_13	6064																			
Neg_14	6065																			
Neg_15	6066																			
Neg_16	6067																			
Neg_17	6068																			
Neg_18	6069																			
Neg_19	6070																			
Neg_20	6071																			
Neg_21	6072																			
Neg_22	6073																			
Neg_23	6074																			
Neg_24	6075																			
Neg_25	6076																			
Neg_26	6077																			
Neg_27	6078																			
Neg_28	6079																			

Figura 101 La tabella riassuntiva degli Items con i rispettivi ID permetterà in qualsiasi momento di collegare gli Items delle opere e dei punzoni alle immagini dei negativi stessi.

Per poter finalmente mettere in relazione questi nuovi dati con i materiali già inseriti nel server, è stato necessario creare dei nuovi *Items* di riferimento per i negativi, ognuno dei quali potesse essere caratterizzato dalle informazioni precedentemente raccolte sui fogli di calcolo. Disponendo delle immagini digitalizzate e delle informazioni su un numero elevato ma comunque parziale di negativi dell'archivio di Skaug a questo punto si è scelto di procedere mantenendo aperta la possibilità futura di ampliare il database, qualora si riuscisse a completare la digitalizzazione dei materiali ancora conservati nell'archivio dello studioso e non inclusi nei volumi del 1994.

La struttura pensata per le schede dei negativi consiste nell'unione di una breve selezione di dati archivistici assieme alle più importanti informazioni riguardanti la decorazione punzonata cercando di mantenere visibili entrambe le informazioni pur garantendone una separazione, almeno visuale. È stata quindi data una priorità nell'ordine di elencazione ai dati riguardanti la pittura, il nome dell'opera d'arte della ritratta nell'immagine, i punzoni rappresentati dal negativo, la descrizione del dettaglio come presente negli schedari e l'eventuale presenza di note ulteriori. Al seguito di queste informazioni, considerate di primaria importanza, sono stati elencati i dati generici riguardanti il negativo in quanto oggetto archivistico, il medium (negativi 35mm), l'anno della fotografia, la proprietà dei diritti sulle immagini ed infine l'anno e l'autore della digitalizzazione. Di questo elenco unicamente il medium e la proprietà dei diritti rappresentano un'informazione uniforme per tutte le voci e le informazioni sono state quindi generate nella fase iniziale di prima creazione degli *Item*, posponendo ad un secondo momento l'inserimento delle informazioni proprie di ogni immagine. Creato quindi un documento excel da 9000 righe avente unicamente le colonne atte ad esprimere queste informazioni, unitamente al titolo da darsi al negativo, una progressione ordinata della sigla "Skaug_" seguita dai numeri da 1 a 9000, gli elementi sono stati generati con la medesima procedura illustrata precedentemente, in modo da garantire una corretta progressione degli ID dal valore di 6052 per il primo negativo a 16042 per l'ultimo elemento inserito. Disponendo fisicamente ed avendo studiato unicamente 1735 immagini di questo elenco, nel momento seguente alla creazione degli *Item*, tutti gli elementi eccedenti ai negativi realmente investigati sono stati selezionati per poter essere modificati contemporaneamente tramite le funzioni di modifica multipla disponibili dalla finestra di gestione degli *Items* del sito (Figura 102).

1 of 8 1-500 of 3792 Advanced search Created Descending Sort

Edit selected Go

<input type="checkbox"/>	Title	Class	Owner	Created
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1750	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1749	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1748	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1747	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1746	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1745	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1744	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1743	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1742	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1741	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1740	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1739	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1738	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1737	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022
<input checked="" type="checkbox"/>	Skaug_1736	Image	Vanja Macovaz	May 19, 2022

Figura 102 La selezione contemporanea di più elementi tramite le spunte sulla sinistra dei nomi permette la modifica contestuale di elevate moli di informazioni qualora le proprietà da modificare o inserire siano le medesime per ogni elemento selezionato.

Procedendo al pannello successivo è stato infine possibile impostare la visibilità degli elementi eccedenti in modo da non farli apparire sul sito, garantendo una fruizione dei materiali disponibili senza per questo interrompere eventuali ulteriori modifiche agli elementi stessi o la creazione di nuove risorse (Figura 103).

Batch edit items Save

Set visibility Public Not public [No change]

Set template [No change]

Set class [No change]

Add to item sets Select item sets

Remove from item sets Select item sets

Add to sites Select sites

Remove from sites Select sites

Clear property values Select properties

Convert to numeric Select property [No change]

Set value visibility Select properties Public Not public

Affected items

You are editing the following 15 items:

- Skaug_1750
- Skaug_1749
- Skaug_1748
- Skaug_1747
- Skaug_1746
- Skaug_1745
- Skaug_1744
- Skaug_1743
- Skaug_1742
- Skaug_1741
- Skaug_1740

Figura 103 Modificando in "Not public" la visibilità degli elementi questi risulteranno non visibili da chiunque navighi il sito dal front-end, permettendo invece agli operatori della piattaforma Omeka di modificare ed integrare i dati in un qualsiasi momento.

Determinati quindi gli elementi da mantenere visibili e quelli da nascondere sul sito, sono stati preparati i fogli di calcolo necessari a collegare le immagini con il resto del database, rendendole a tutti gli effetti elementi in grado di interagire con le macrocategorie precedentemente create di Autori, Opere e Punzoni. Per portare a termine questa fase complessa a causa delle molteplici informazioni presenti in ogni riga dei fogli di calcolo, la procedura impiegata ha richiesto di scomporre le informazioni in due differenti fogli di lavoro.

Il foglio di calcolo è stato ordinato sulla base dell'ordine alfabetico della colonna contenente la descrizione dei negativi in modo da collocare ad un singolo punto dell'elenco tutte le voci denominate come "Entire", ovvero quelle collegate ad immagini complessive dell'opera d'arte. Questo particolare gruppo è stato copiato dalla raccolta e spostato in un secondo file excel che verrà trattato in maniera lievemente differente in una fase successiva. A questo punto sono state eliminate le colonne contenenti tutti i dati inutili in questa fase, tralasciando le colonne con il nome del negativo e quello dell'opera. Una semplice sostituzione della colonna con il nome dei singoli negativi con il loro ID, possibile con un semplice riempimento consecutivo di celle verticali permetterà ora, dopo un'inversione delle due colonne, antepoendo il nome dell'opera all'identificativo del negativo la mappatura nella fase di importazione del file csv, collegando quindi le opere con i negativi che la raffigurano. I due file così creati, uno per le riproduzioni intere delle opere d'arte ed uno per le macrofotografie ha permesso in questo momento di procedere a due importazioni separate: in un caso i dati sono stati importati mappando la proprietà "Has Diffused light photo of" mentre per i dettagli è stata utilizzata la proprietà "Has Macro photo".

4.6 INTERFACCIA

Terminata la fase di caricamento dei circa 1800 oggetti digitali e dei rispettivi collegamenti assommabili indicativamente a 20000 link, è iniziata la fase di predisposizione dell'interfaccia cercando di garantire la migliore accessibilità al fruitore finale, immaginando un utilizzo dello strumento che possa partire da ognuno degli elementi precedentemente importati. Tutti i *release* di Omeka e tra questi quindi *Omeka S* si basano sulla fortunata formula dei *Content Management System* (CMS) sviluppatasi a partire dalla fine degli anni '90 del XX secolo come sistemi software *web based* appositamente costruiti per la creazione di siti web. La caratteristica principale dei CMS che ne ha garantito il successo e l'ampio utilizzo da utenti più e meno formati, risiede nella gestione completamente separata di contenuti ed interfaccia, permettendo da un lato un controllo fine sull'apparenza finale, dall'altro una semplicità di caricamento dei dati stessi, teoricamente alla portata anche di operatori non formati. Se gli esempi più diffusi di CMS *open source* sono indubbiamente le piattaforme web *WordPress* e *Joomla*, in grado di gestire siti anche molto complessi, la piattaforma *Omeka* si è concentrata maggiormente sullo sviluppo di un sistema in grado di gestire collezioni numerose, sacrificando in parte la semplicità della personalizzazione grafica dell'interfaccia in favore di un più robusto sistema di gestione dei dati. In questo caso quindi è stato molto più facile creare un sistema di navigazione basato su pagine web distinte per autori, opere e punzoni ed infine strutturare un motore di ricerca che permettesse una veloce consultazione dei dati, soprattutto tramite l'incrocio di più richieste (*query*) differenti. La gestione dell'interfaccia pubblica di un sito sviluppato con *Omeka* si basa sulla reciproca interazione di due funzioni separate: la veste grafica definita dai *Tem* e la struttura delle pagine e della navigazione gestite attraverso il *web editor*. I primi possono essere definiti come le linee guida generali per la visualizzazione dei contenuti di un sito, ne determinano appunto, a priori dall'entità del contenuto, la loro forma in quanto oggetti digitali: *Item*, *Item Set*, Immagini, Video, collegamenti html, etc., determinano a grandi linee come verranno visualizzati i risultati di una ricerca, se le pagine conterranno griglie, tabelle od elenchi per visualizzare i risultati, i *font* utilizzati per i testi e permetteranno, nei limiti pensati dallo sviluppatore, alcune modifiche a cura dell'operatore. Come per il più noto *WordPress* i temi rappresentano la versione più sviluppata e completa dei file *CSS*, i *Cascading Style Sheets*, sviluppati a loro volta a fine anni '90 per definire la formattazione dei contenuti html. La principale differenza tra i *CSS* standard e gli insiemi di *CSS* e *PHP* utili a codificare un tema si ha nella possibilità di questi ultimi di disporre di una più o meno vasta possibilità di intervento sugli stessi tramite un'interfaccia grafica gestita dal *web editor*, in questo caso *Omeka*; invece di dover modificare i codici *CSS*, agli operatori sarà quindi garantita una certa libertà di manovra nell'editing del proprio sito tramite l'interfaccia appositamente predisposta, come illustrato in Figura 104, dove si può vedere il carattere delle impostazioni personalizzabili all'interno di un singolo tema, in questo caso uno dei principali temi di base messi a disposizione per la creazione di nuovi siti con *Omeka S*.

THEME **Foundation** · Configure Cancel Save

Stylesheet	Revolution
Navigation Layout	Horizontal Dropdown
Show Top Navigation Child Pages ▶	<input checked="" type="checkbox"/>
Top Navigation Depth ▶	<input type="text" value="0"/>
Logo	[No asset selected] <input type="button" value="Select"/>
Footer Content ▶	Powered by Omeka S
Layout for Browse Pages	Grid
Layout for Show Pages ▶	Stack
Truncate Body Property	Show full value

Figura 104 Il tema "Foundation" disponibile in ogni installazione di Omeka S rappresenta un valido esempio delle possibilità di modifica rese facilmente disponibili da un tema, senza richiedere la modifica dei CSS ad esso collegati.

Nel caso di studio proposto in queste pagine il tema prescelto per la veste grafica del sito non risulta essere presente nell'elenco dei temi liberamente disponibili in *Omeka S* in quanto appositamente sviluppato dall'Università di Firenze con il *Progetto Cennino* e tale tema prende lo stesso nome. Essendo stato appositamente sviluppato per un database contenente riproduzioni di opere d'arte, la sua veste grafica è appositamente predisposta per integrare strumenti di visualizzazione appositamente studiati, uno su tutti il modulo *Mirador*,¹⁰³ del quale si tratterà in seguito con dovizia di particolari.

Similmente, strutturando questo database come appendice di un più grande contenitore proprio grazie alla possibilità concessa da *Omeka S* di sviluppare contemporaneamente più siti tra loro diversi per forma e contenuto su uno stesso server, la scelta dello stesso tema ha permesso una maggiore uniformità tra i contenuti, al netto delle singole modifiche richieste per gestire le informazioni riguardanti la decorazione punzonata.

Sempre dal pannello a tendina al quale si accede selezionando il sito che si vuole modificare (Figura 105), dopo le disposizioni generiche da attuarsi per ogni sito presente all'interno dell'installazione di *Omeka S* è infine possibile creare le singole pagine utili alla navigazione di un sito (pannello *Pages*) e definirne l'ordine e l'apparenza sul *front-end* del sito in costruzione (*Navigation*).

¹⁰³ <https://projectmirador.org/>, consultato il 17/06/2022.

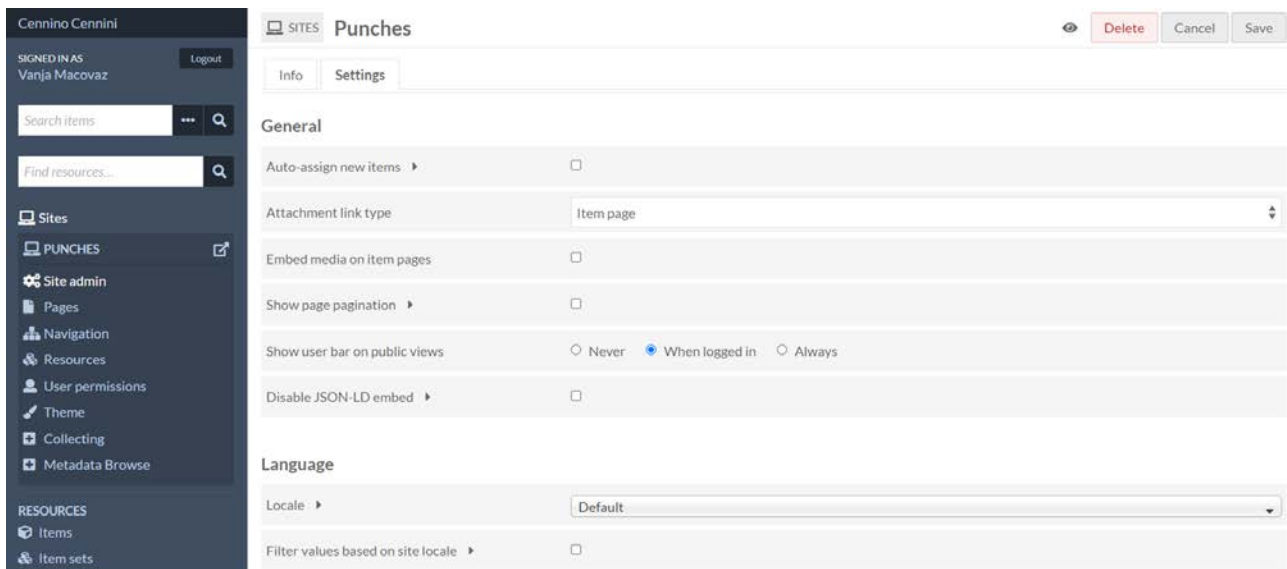


Figura 105 Dopo aver selezionato il sito che si desidera modificare, la prima schermata disponibile permette di definire il comportamento generico del sito e come questo debba gestire gli Items creati per esso in mancanza di specificazioni ulteriori.

Potendo contare sulla maggiore flessibilità garantita dalla forma digitale dei dati e quindi sulle elevate possibilità di ricombinazione nella visualizzazione delle informazioni, è stato possibile ipotizzare un sistema di pagine in grado di rendere ancora più consultabile il materiale digitalizzato rispetto alla forma cartacea; se nei volumi infatti la consultazione per bottega è indiscutibilmente quella meglio sviluppata, non vale lo stesso per la ricerca delle singole forme della decorazione punzonata, per le quali le tabelle alla fine della disamina degli autori permettono unicamente una consultazione dall'immagine di un punzone all'elenco degli autori che lo hanno utilizzato. Potendo procedere con maggiore libertà sulla visualizzazione, si è cercato di ottimizzare una visualizzazione che permettesse di risalire a tutti i dati a disposizione a prescindere al dato scelto per l'accesso iniziale. Per tale motivo sono state generate le tre pagine fondamentali del sito, ognuna delle quali in grado di garantire l'accesso ai dati ordinati a partire dalla classe prescelta, autori, opere d'arte e punzoni assieme ad una quarta pagina temporanea, dedicata unicamente alla ricerca.

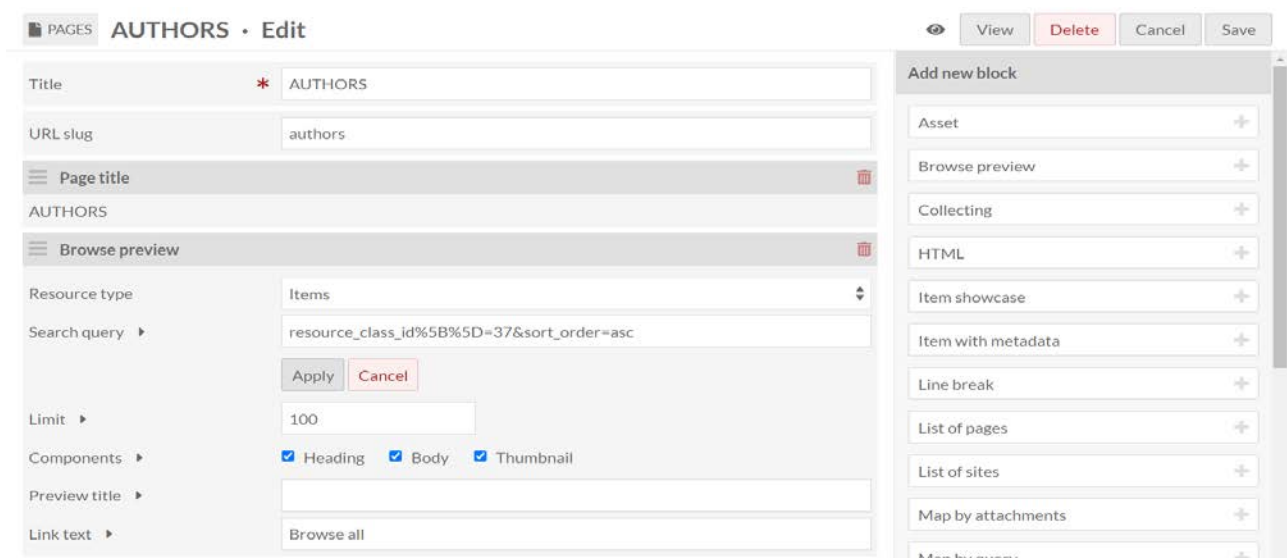


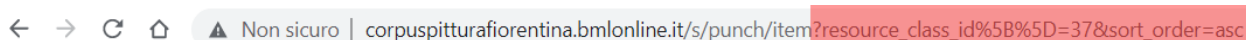
Figura 106 La gestione a blocchi delle pagine permette di selezionare dal pannello di destra gli elementi da visualizzare, in questo caso un titolo nella posizione apicale seguito da un'anteprima di ricerca degli Items appartenenti alla classe degli autori.

La procedura resa disponibile dal web software per la creazione delle singole pagine e dei loro contenuti si basa, come buona parte dell'interfaccia di Omeka, su una disposizione a blocchi modulari dove, dopo la creazione di una semplice pagina web per la quale è possibile definire unicamente il nome e l'url ad essa

collegato, sia possibile scegliere da un elenco (visualizzato sempre nella parte destra dello schermo) i singoli elementi che andranno a comporre la pagina: codici html, parti testuali, pannelli e tendine di visualizzazione elementi, *Media* singoli o in gruppi, etc.

Nel caso in questione sotto il box del titolo della pagina, è stata predisposta un'anteprima degli Items appartenenti alla classe degli autori, avendo cura di specificare l'ordine di apparizione degli stessi, in questo caso ascendente, ed il numero di entità da visualizzare su una singola pagina, in questo caso 100, per garantire la visualizzazione continua di tutti gli elementi esistenti. Per definire nello specifico il tipo e l'ordine degli elementi da visualizzare tramite il pannello "*Browse preview*" è richiesta la definizione di un indirizzo alfanumerico che rappresenti per *Omeka* il soggetto del nostro interesse, la classe degli autori non, ad esempio dei punzoni. Per ottenere il codice richiesto, il software ha sviluppato un sistema relativamente intuitivo di creazione della *query* di ricerca, basandosi propri sulle funzionalità di ricerca di base già presenti nel database.

Prima di definire la forma finale delle pagine che appariranno sul sito, un rapido accesso al pannello *Navigation* permetterà di rendere accessibile la pagina *Advanced Search* generata automaticamente con la creazione stessa del nuovo sito. Accedendo questa volta dal *front-end* sarà possibile navigare la pagina di ricerca avanzata nella sua forma rudimentale e, utilizzando gli strumenti forniti (ricerca per classe e per Item set), ricercare nel database tutti gli autori in esso presenti. A questo punto, avendo la cura eventuale di disporre l'ordine in maniera ascendente o discendente rispetto alla creazione degli stessi, dopo aver controllato che tutti i risultati appaiano correttamente, è stato sufficiente copiare la parte finale dell'indirizzo html della pagina (Figura 107), codice da *Omeka* per definire appunto i valori di ricerca così impostati.



← → ↻ 🏠 ⚠ Non sicuro | corpuspitturafiorentina.bmlonline.it/s/punch/item?resource_class_id%5B%5D=37&sort_order=asc

Figura 107 Terminata una ricerca all'interno del database, l'indirizzo html della pagina di visualizzazione dei risultati indicherà in forma sintetica, dopo il segno "?", le impostazioni di ricerca utilizzate.

Ritornando nel back-end del sito è stato sufficiente incollare il testo evidenziato nella figura precedente nel box *Search query* visibile in Figura 106 per definire quindi gli Items visualizzati nella pagina così creata. La medesima procedura è stata applicata anche nella creazione della pagina di ricerca per opera d'arte, denominata appunto *WORKS*, mentre un'ulteriore elaborazione si è rivelata necessaria per la pagina dedicata alla ricerca dei singoli punzoni. Avendo precedentemente suddiviso le singole voci sulla base dei nove gruppi proposti da E.S. Skaug, in questo caso è stato necessario creare una struttura a due livelli che visualizzasse prima i singoli gruppi e nove immagini in grado di semplificarne la lettura e solo successivamente dare accesso alle voci relative ai singoli punzoni. Per poter organizzare in questa maniera la pagina è stato dapprima necessario creare delle immagini di gruppo, accorpando tra loro otto immagini differenti di vari punzoni appartenenti ad ogni classe, cercando di garantire la massima variazione dei temi ed assegnare ognuna di queste immagini all'Item corrispondente al suo gruppo e, solo successivamente, i nove Items sono stati manualmente inseriti in un pannello *Item Showcase* appositamente disegnato proprio per mostrare una selezione di *Items* a scelta degli sviluppatori. (Figura 108)

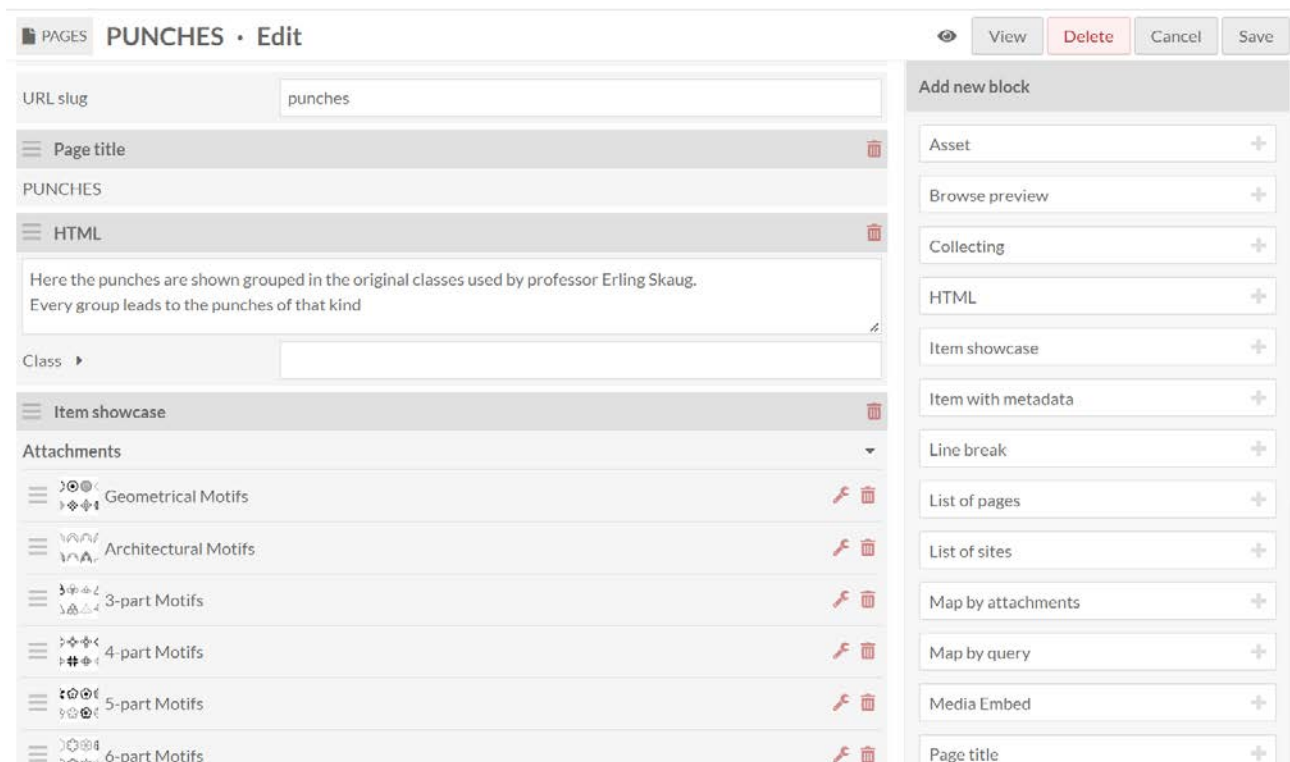


Figura 108 Nella creazione di questa pagina, i nove Items delle varie classi di punzoni sono stati inseriti manualmente nell'ordine prescelto.

Al di sopra di questo pannello, onde evitare possibili errori nella navigazione del sito, è stata inserita una breve finestra di testo in html che spiegasse il motivo del raggruppamento e che guidasse il fruitore verso l'identificazione del gruppo più corretto, ottenendo quindi il risultato nel front-end visibile in Figura 109. A questo punto sarà a tutti gli effetti il rimando ad uno dei nove Items creati precedentemente a dare accesso all'elenco di tutti i punzoni presenti nel database.



Figura 109 La visualizzazione finale della pagina di ricerca dei punzoni schedati nel database.

Terminata la costruzione delle tre pagine principali del sito è stata rapidamente creata la *landing page* del database, pensata come strumento in grado di dare le informazioni essenziali sul progetto e la sua realizzazione ed una veloce guida alla navigazione. Questi materiali sono stati inseriti in una semplice finestra html ed infine ci si è potuti concentrare sulla creazione del motore di ricerca vero e proprio del sito.

Tra gli strumenti a disposizione di *Omeka*, sviluppati in un secondo momento da utenti ed istituzioni esterne e poi inseriti a pieno titolo nel novero dei moduli disponibili, un continuo sviluppo ha interessato proprio gli strumenti di ricerca, nodo cardine nella costruzione di un archivio digitale. In particolare le differenti esigenze delle istituzioni e le variabili connesse ad ogni singolo sito hanno garantito la creazione di materiali diversi per complessità ed applicabilità.

Per la realizzazione di un motore di ricerca che unisca la semplicità di utilizzo ad un efficiente sistema di indagine che analizzi tutte le voci presenti nel database e le rispettive proprietà, si è scelto di utilizzare il modulo *Advanced Search*¹⁰⁴ sviluppato da Daniel Berthereau¹⁰⁵ in quanto rappresenta uno degli strumenti più sviluppati ed in continuo aggiornamento prodotti dalla comunità di programmatori legati allo sviluppo di *Omeka-S*, in grado quindi di garantire un continuo aggiornamento durante la creazione del sito. Questo ultimo punto, seppur importante in linea generale, viene egregiamente superato da molti *CMS* e tra questi anche da *Omeka*, in quanto un sito ormai creato, al netto degli eventuali aggiornamenti, non modifica il suo funzionamento anche qualora una parte dei moduli integrativi smetta di ricevere l'adeguato aggiornamento, garantendo quindi, anche in caso di interruzione del progetto di ricerca, una continuità nella fruizione dei materiali caricati. Diverso discorso deve essere fatto invece nella fase iniziale di inserimento e strutturazione dei dati in quanto tutti i moduli, per essere utilizzati per l'organizzazione delle informazioni dal *back-end*, devono essere compatibili con la versione attualmente impiegata del web software *Omeka*, facendo quindi preferire, in particolare per progetti dalla durata pluriennale come in questo caso, elementi integrativi per i quali è garantita, almeno per qualche anno, il continuo aggiornamento.

La creazione di un motore di ricerca personalizzato tramite il modulo *Advanced Search* è un procedimento a tre fasi che richiede la definizione precisa delle voci tra le quali effettuare la ricerca, il numero ed in nome dei metadati tra i quali effettuare qualsiasi ricerca e, solamente alla fine, la creazione dell'interfaccia utente vera e propria. La prima fase sulla quale si basa tutto il lavoro seguente richiede la creazione vera e propria del motore di ricerca definendone un nome, gli elementi tra i quali effettuare la ricerca (*Item* o *Item Set*) e l'elenco delle proprietà di ogni voce presente nel database per le quali disporre uno strumento di ricerca nell'eventualità di voler approntare un sistema di ricerca a più finestre (Figura 110).

¹⁰⁴ «Release AdvancedSearch-3.3.6.18 · Daniel-KM/Omeka-S-module-AdvancedSearch», *Release AdvancedSearch-3.3.6.18 · Daniel-KM/Omeka-S-module-AdvancedSearch*, in «GitHub».

¹⁰⁵ <https://gitlab.com/Daniel-KM>, consultato il 9/12/2022.

Edit search engine

Save

Name	* Punzoni_engine
Resources indexed	<input checked="" type="checkbox"/> Items <input type="checkbox"/> Item sets
Adapter settings	
Partial word search for main field (instead of standard full text search)	<input checked="" type="checkbox"/>
Multi-fields (filters and facets) ▶	<pre>title = Title dcterms:title dcterms:alternative bibo:shortTitle author = Author dcterms:title dcterms:creator dcterms:contributor bibo:authorList bibo:contributorList bibo:director</pre>

Figura 110 La prima operazione per la creazione di un motore di ricerca permette qui di definirne il nome, il tipo di oggetti da ricercare e l'eventuale presenza di finestre per la ricerca a campi variabili.

Definiti quindi il nome e l'ambito di ricerca del nostro motore, si è potuto procedere alla creazione della vera e propria pagina di ricerca attraverso i due strumenti predisposti nel pannello "Page Configs" una volta creata la nuova pagina con l'apposito pulsante (Figura 111).







Search manager

Add new search engine







Add new page

Add new suggester

Search engines

Name	Adapter
Internal (sql)	   Internal [sql]
Punzoni_engine	   Internal [sql]

Page configs

Name	Path	Search engine	Form
Default	   find	Internal (sql)	Main
Punches_search	   find_1	Punzoni_engine	Main

Suggesters




Name	Search engine
Internal suggester (sql)	   Internal (sql)

Figura 111 La finestra di gestione dei motori di ricerca così come si presenta dopo la creazione di un motore specifico e della pagina "Punches_search" appositamente costruita. Vengono qui evidenziati i due pulsanti necessari per le successive modifiche.

Con una veste grafica simile a quella di Figura 110 si accederà anche alle personalizzazioni della pagina di ricerca per garantire una navigabilità dei termini importanti per questo database. In particolare nel nostro caso, oltre alle comuni ricerche libere permesse da qualsiasi motore di ricerca, saranno predisposti due ulteriori strumenti per meglio navigare i dati inseriti. Aprendo la scheda preposta alla modifica delle singole pagine di ricerca (Figura 112) è possibile procedere in ordine con la configurazione delle varie finestre di ricerca in modo da rispondere alle esigenze differenti di ogni singolo sito. Se le impostazioni di base già permettono di generare una pagina di arrivo priva della visualizzazione di singoli Item, similmente permetterà di utilizzare il suggester creato sui materiali in nostro possesso per garantire l'assistenza alla

compilazione automatica dei campi, possibilità che permette quindi di risolvere, almeno in parte, il problema legato alla complessità dei nomi delle opere d'arte. La finestra "Advanced Form" ha invece permesso di strutturare un'ulteriore finestra di ricerca degli autori, permettendone il ritrovamento evitando di scorrere tutti gli Items elencati nell'apposita pagina.

The screenshot shows the configuration page for a search engine, titled "Search page 'Punches_search' (find_1)". It features a "Save page" button in the top right corner. The interface is divided into three main sections: "Search settings", "Auto-suggestions", and "Advanced form".

- Search settings:** Includes a radio button selection for "Default results to display when landing on search page" with options: "Nothing" (selected), "Results of the query below", and "Default results of the search engine". Below this is a text input field for "Default query".
- Auto-suggestions:** Includes a dropdown menu for "Suggester" set to "Internal suggester (sql)", a text input field for "Direct endpoint", and another text input field for "Optional query param name for direct endpoint".
- Advanced form:** A large text area for defining filters. It contains the text: "author = Author = =" and "advanced = Filters = Advanced =".

Figura 112 La parte iniziale della finestra di editing del motore di ricerche permette di impostare le funzioni generali e le eventuali finestre di ricerca specifica per classi.

Più complessa è stata la creazione di un sistema avanzato di ricerca che permetta di analizzare le informazioni presenti all'interno delle schede di opere ed autori ed effettuare interrogazioni precise basate sui punzoni in esse presenti. Per configurare un sistema simile, si è dovuto ricorrere ai filtri avanzati di Figura 113, presenti nel prosieguo della stessa pagina impiegata per sviluppare le precedenti finestre.

Available filters ▶	resource_type = Resource type id = Resource id owner_id = Owner site_id = Site resource_class_id = Resource class resource_template_id = Resource template item_set_id = Item set title = Title author = Author date = Date dcterms:abstract = Abstract dcterms:accessRights = Access Rights
Advanced filters ▶	punch:isPunchOf = Artwork contains punch n. punch:usePunch = Author uses Punch Mark n.
Number of advanced filters to display ▶	5
Add the joiner ("and" or "or") to the advanced filters	<input type="checkbox"/>
Add the joiner "not" to the advanced filters	<input type="checkbox"/>
Add the operator ("equal", "in", etc.) to the	<input type="checkbox"/>

Figura 113 Per poter strutturare un sistema di ricerca che utilizzi i descrittori logici nella ricerca di molti elementi appartenenti alla stessa proprietà è necessario configurare la finestra "Advanced filters" con una o più voci in elenco tra quelle disponibili, corrispondenti alle proprietà presenti in tutti gli Items del sito in costruzione.

In questo caso la necessità è stata quella di generare un motore di ricerca ausiliario che andasse ad interrogare unicamente una selezione delle proprietà presenti nelle singole schede, proprietà definite dalle funzioni "punch:isPunchOf" e "punch:usePunch" corrispondenti rispettivamente alle proprietà connesse ai punzoni presenti nelle schede delle opere e delle botteghe. Elencando queste proprietà nella finestra "Advanced filters", specificando per ognuna di esse il nome da utilizzare nella navigazione utente della pagina nella formula "punch:isPunchOf = Artwork contains punch n." e definendo il numero di finestre avanzate da mostrare, sarà finalmente possibile ottenere la visualizzazione richiesta della pagina di ricerca che si voleva creare.

Nuovamente nel pannello "Pages" si dovrà definirne il posizionamento e la formattazione, inserendo come testo html alcune indicazioni di metodo per gli utenti per facilitarne l'utilizzo, ottenendo quindi un risultato come in *Figura 114* dove le prime due finestre generiche e per autore precedono lo spazio dedicato alla ricerca avanzata. Ognuna delle righe dei filtri avanzati potrà quindi essere impostata per la ricerca di opere ed autori e, procedendo alla ricerca dei tre punzoni qui indicati, il motore darà come risultato un elenco di item, presenti sulla stessa pagina dalla quale la ricerca verrà effettuata, come mostrato in *Figura 115* dove vengono elencate le anteprime (assente per Orvieto, presente per la Pinacoteca Nazionale di Siena) delle opere rispondenti ai criteri di ricerca impostati.

SEARCH PAGE

Here the database engine could provide advanced tools in order to search a combination of punches, punches and authors or similar queries.

The first field **SEARCH** allows free research in the database

Via **AUTHOR** field you can search the form of every single author and all the artworks linked to the single workshop. Please use the complete name of an author: "Bartolomeo Bulgarini" instead of "Bulgarini"

The **FILTERS** panel allows you to integrate the previous researches **OR** could work stand-alone to find the artwork(s) or the author(s) using one or more particular punches

Search

Author

Filters

Artwork contains punch n	▼	554
Artwork contains punch n	▼	72
Artwork contains punch n	▼	178
Artwork contains punch n	▼	
Artwork contains punch n	▼	

Figura 114 L'integrazione dei moduli di ricerca con un blocco di testo html permette di illustrare agli utenti la costruzione del motore ed il suo funzionamento.


Artwork contains punch n. is exactly 554x

AND Artwork contains punch n. is exactly 72x 178x

1 of 1 < > 1-2 of 2 list | grid

2 items

Simone Martini and Martini-Memmi workshop, Madonna and Child/Four Saints, 1324, Orvieto, Museo dell'Opera del Duomo



Simone Martini and Martini-Memmi workshop, Madonna and Child, Siena, Pinacoteca




Figura 115 Avviato il comando di ricerca, il motore elencherà gli elementi corrispondenti ai valori indicati nelle finestre di ricerca in forma di elenco, consentendone l'accesso diretto alle singole pagine.

4.7 DA CAPTA A DATA

Come risulta evidente dai paragrafi precedenti, l'elevato numero di dati raccolti e digitalizzati porta contestualmente alla necessità di un'organizzazione precisa degli stessi ed infine ad un arricchimento dei dati stessi con le informazioni indirette ottenibili unicamente da un confronto tra varie classi di dati precedentemente raccolti. Le due maggiori lacune a questo punto del lavoro riguardano le proprietà assegnate ai singoli punzoni: la loro dimensione reale e la loro eventuale presenza nei negativi precedentemente digitalizzati.

4.7.1 Catalogazione dei negativi

Colmare queste carenze, attraverso quel processo interpretativo definito da Druker¹⁰⁶ che porta dalle informazioni digitali di basso livello, *capta*, ai dati veri e propri che possano essere utilizzati in un ambiente di ricerca. Il primo passo da compiersi in tale direzione è stato quello di ricostruire le informazioni precedentemente raccolte da E. S. Skaug non disponibili per la digitalizzazione, ovvero l'identificazione dei singoli punzoni rappresentati nei 1804 negativi da inserirsi nel database. Precedentemente si è indicato come, grazie agli schedari dell'autore, sia stato possibile definire il soggetto di ogni immagine, la sua collocazione e l'anno di realizzazione mentre non è presente alcuna indicazione sui punzoni rappresentati, proprio in quanto tali archivi e tali schedari sono di molto precedenti ai volumi del 1994 ed il lavoro di analisi delle singole immagini è stato svolto in un tempo diverso rispetto a quello della ripresa. Per colmare questa lacuna è risultato necessario esaminare contemporaneamente l'archivio di immagini ed i dati già inseriti nel server dedicato alla ricerca, interrogando quindi da un lato le singole immagini e dall'altro le schede dell'opera alla quale appartengono, dove sono elencati i punzoni presenti nella tavola. Per poter operare correttamente diventa evidente come sia stato fondamentale poter disporre già in questo momento delle illustrazioni dei singoli punzoni e, conseguentemente identificare velocemente le forme rappresentate. La figura X mostra schematicamente il genere di confronto che è stato possibile fare integrando le due tipologie di dati; partendo dall'insieme complessivo dei punzoni presenti in un'opera, è stato possibile, tramite un confronto tra le forme identificare esattamente l'elenco di punzoni, ottenendo il risultato di una precisa schedatura delle forme ritratte in ogni negativo. Come risulta dall'immagine seguente invece (fig X) tale processo, dispendioso in termini di tempo ma relativamente semplice nella sua forma, è risultato inefficace nel momento in cui nella scheda di una singola opera d'arte siano presenti punzoni simili tra loro nella forma ed identificabili unicamente per la loro dimensione. In questo caso abbastanza comune, non potendo in questa fase del lavoro garantire la precisione dell'identificazione, si è scelto di operare tramite la segnalazione delle due o, raramente, 3 forme come parte di un'unica voce nel foglio di calcolo. I valori non sono stati quindi inseriti separati da virgole, come per i casi di identificazione certa ma come una serie di numeri separati da un segno di punteggiatura appositamente predisposto, che non fosse utilizzato per altre funzioni ed è quindi stata scelta la barra obliqua, *slash*, (/) in quanto non presente in nessuno degli altri elementi. Questa particolare identificazione ha permesso, in un secondo momento, di ricercare tutte le voci dubbie e valutarle alla luce dell'acquisizione delle singole misure. È importante notare come sia presente una certa distanza tra le opere riprodotte fotograficamente e quelle successivamente pubblicate nei volumi, infatti diviene evidente una certa selezione per quanto concerne gli autori operata in un secondo momento e dei circa 1800 negativi, solamente 664 sono riconducibili ad opere precedentemente inserite nel database. Verrà affrontata in un secondo momento la questione dell'inserimento di queste nuove informazioni come voci ulteriori dell'archivio per le quali, non disponendo di uno studio sulla loro decorazione punzonata, non è stato quindi possibile procedere all'identificazione delle forme rappresentate.

Al termine di questo primo arricchimento dei dati, la struttura che sarebbe stata poi impiegata per la creazione delle singole voci del database, appare come illustrato in Figura 116 dove per ogni negativo è

¹⁰⁶ J. DRUCKER, *Humanities Approaches to Graphical Display*, in «Digital Humanities Quarterly», vol. 5, fasc. 1, 2011, pp. 1–22.

possibile identificare l'opera di appartenenza sia nella forma scritta che nel suo rispettivo ID e, nelle ultime colonne, i punzoni raffigurati, a priori dalla loro eventuale incertezza, per la quale le caselle sono state evidenziate per permetterne una veloce identificazione.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
280	Bernardo Daddi, Madonna and Child/Four Saints, 1344, Firenze, Santa Maria Novella	2660	330	204										
281	Bernardo Daddi, Madonna and Child/Four Saints, 1344, Firenze, Santa Maria Novella	2660	330	204										
282	Bernardo Daddi, Madonna and Child/Four Saints, 1344, Firenze, Santa Maria Novella	2660	330	204										
283	Ambrogio Lorenzetti, Madonna and Child/St. Nicholas/St. Proculus, 1332, Firenze, Uffizi	3081	18	335	170	187	68	702	53	284	208	166	182	219
284	Ambrogio Lorenzetti, Madonna and Child/St. Nicholas/St. Proculus, 1332, Firenze, Uffizi	3081	53	702	34	284								
285	Ambrogio Lorenzetti, Madonna and Child/St. Nicholas/St. Proculus, 1332, Firenze, Uffizi	3081	284	208	53	166	68	702	187					
286	Ambrogio Lorenzetti, Madonna and Child/St. Nicholas/St. Proculus, 1332, Firenze, Uffizi	3081	18	182	68	187								
287	Ambrogio Lorenzetti, Madonna and Child/St. Nicholas/St. Proculus, 1332, Firenze, Uffizi	3081	18	335	170	187								
288	Ambrogio Lorenzetti, Madonna and Child/St. Nicholas/St. Proculus, 1332, Firenze, Uffizi	3081	18	29	34	219								
289	Ambrogio Lorenzetti, Madonna and Child/St. Nicholas/St. Proculus, 1332, Firenze, Uffizi	3081	18	335	170	187	68	702	53	284	208	166	182	219
290	Ambrogio Lorenzetti, Madonna and Child/St. Nicholas/St. Proculus, 1332, Firenze, Uffizi	3081	18	187	182	702	166	219	34	29	208	284	170	
291	Ambrogio Lorenzetti, Madonna and Child/St. Nicholas/St. Proculus, 1332, Firenze, Uffizi	3081	18	29	34	219	702							
295	Bernardo Daddi, Madonna and Child, 1333-1334?, Firenze, Bigallo	2574	175	430										
296	Jacopo del Casentino, St. Michael/St. Margaret, Ughi, Santa Maria	2697	77	660										
297	Jacopo del Casentino, St. Michael/St. Margaret, Ughi, Santa Maria	2697	77	733										
302	Andrea Di Cione "Orcagna", Madonna and Child, two music making Angels/Four Saints, Firenze, Accademia	2885	489	310	76									
303	Andrea Di Cione "Orcagna", Madonna and Child, two music making Angels/Four Saints, Firenze, Accademia	2885	489	310	118									
304	Andrea Di Cione "Orcagna", Madonna and Child, two music making Angels/Four Saints, Firenze, Accademia	2885	489	310										
305	Puccio di Simone, Madonna of Humility/Four Saints, Firenze, Accademia	2732	567	205										
306	Puccio di Simone, Madonna of Humility/Four Saints, Firenze, Accademia	2732	205											
307	Puccio di Simone, Madonna of Humility/Four Saints, Firenze, Accademia	2732	375	205										
308	Puccio di Simone, Madonna of Humility/Four Saints, Firenze, Accademia	2732	330											
309	Puccio di Simone, Madonna of Humility/Four Saints, Firenze, Accademia	2732	311	204/205										
310	Puccio di Simone, Madonna of Humility/Four Saints, Firenze, Accademia	2732	284	205	311	330	375	567						
311	Andrea Di Cione "Orcagna", Madonna and Child, two music making Angels/Four Saints, Firenze, Accademia	2885	118	310	76	489								

Figura 116 Collegando ad ogni negativo i punzoni in esso rappresentati, al netto dell'elevato impegno di tempo, non ha permesso, in questa prima fase, l'identificazione certa di alcune forme, evidenziate in giallo nei fogli di calcolo.

È stato al termine della procedura illustrata nel paragrafo successivo, ovvero l'identificazione delle dimensioni dei singoli punzoni, che si è potuto aprire nuovamente questo foglio di lavoro e sciogliere i dubbi riguardanti il riconoscimento dei punzoni ancora incerti. Poter contare in questo secondo momento sulle misure degli stessi ha permesso un confronto più stringente e la successiva identificazione certa anche nei casi di forme tra loro molto simili.

4.7.2 Dal disegno alla misura

Disponendo di questi nuovi dati è stato infine possibile procedere ad una delle operazioni più importanti e dispendiose in termini di tempo nella creazione del prodotto finale, il processo di acquisizione dei dati metrici con una precisione maggiore di quella possibile nei volumi cartacei, per la quale sarebbe stata richiesta la stampa in scala di ogni singolo disegno. La creazione di un dato di maggior precisione rispetto a quelli oggi disponibili ha richiesto contestualmente un'attenzione e precisione particolari in quanto la veridicità di tale nuova informazione non è verificabile da un utente finale che non sia in possesso di alcuni software di elaborazione immagini e dell'archivio stesso, rappresentando quindi, nel caso di qualche imprecisione, anche se contenuta, nella fase di misurazione, la creazione di un dato in grado di generare dubbi ulteriori invece di maggiore chiarezza.

Nei volumi cartacei, come evidente già in Figura 97 l'attenzione è stata rivolta nella rappresentazione dei rapporti dimensionali dei singoli punzoni, prediligendo l'importanza di una vista d'insieme degli strumenti utilizzati da una bottega, rispetto alla precisione millimetrica delle illustrazioni, difficilmente misurabili e prive di una qualsiasi indicazione metrica quando presentate in questa forma.

Potendo contare sulla presenza nel database di tali immagini d'insieme proprio nelle schede dei singoli autori, digitalizzate così come presentate nei volumi, si è potuto procedere liberamente all'inserimento delle nuove informazioni sulle schede dei singoli punzoni, rendendone veloce ed intuitivo l'accesso.

La prima fase, precedente ancora alla misurazione vera e propria è stata l'identificazione di una forma grafica che sia in grado di dare informazioni precise su forme e dimensioni dei punzoni senza per questo alterarne la semplicità di lettura. L'indicazione scritta delle misure è risultata da subito una forma controintuitiva e scomoda per gli eventuali confronti tra punzoni simili ed è stata rapidamente scartata per fare il posto ad una forma puramente grafica che dialogasse semplicemente con il disegno precedentemente creato. Una serie di diversi retini millimetrati è stata predisposta attraverso un software di grafica come Adobe Illustrator ed è stata poi esportata in formato raster per permetterne la gestione in Adobe Photoshop, lo stesso software preposto anche alla misurazione. Figura 117 illustra la sequenza di retini per come sono stati ideati e selezionati sino all'identificazione della forma prescelta.

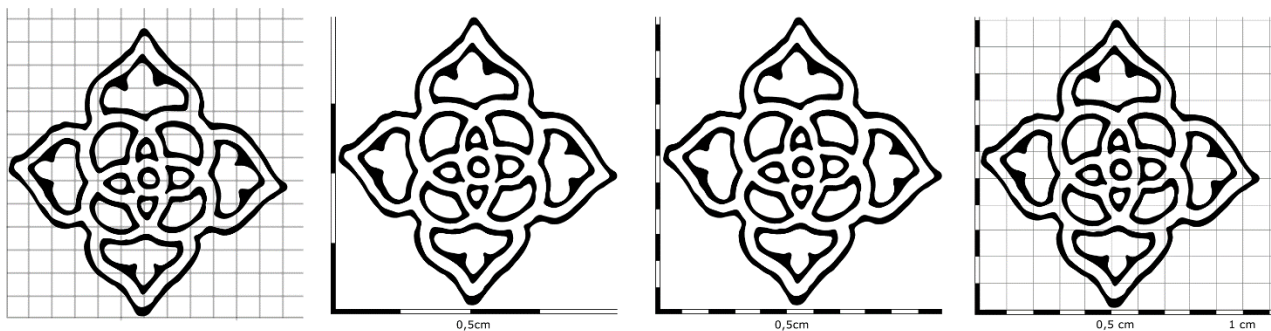


Figura 117 La progressione di ideazione dei retini illustra il tentativo di creare una scala non invasiva che risulti semplicemente interpretabile.

Come è possibile intuire dalla sequenza, la prima creazione di un reticolato poco accurato ha portato alla ricerca di forme più dense, maggiormente in grado di rappresentare correttamente le misure ma l'eccesso di riferimenti è risultato a sua volta insufficiente in quanto l'elevato numero di informazioni ha a sua volta reso complessa l'interpretazione dell'immagine. La scelta finale è ricaduta quindi su una scala semplice, dotata sia di indicatori esterni all'area dell'immagine che a riferimenti interni poco invasivi; l'unità minima presa in considerazione è stato il millimetro al seguito di una attenta valutazione delle immagini in nostro possesso. Oltre alla già indicata ricerca di una chiarezza nell'immagine che verrebbe vanificata da un reticolato denso, i dati in nostro possesso, ovvero le fotografie digitalizzate, ritraggono un righello con scala millimetrata e, conseguentemente, ogni misura di scala minore può unicamente essere inferita con un livello di precisione legato alla speculazione visiva più che ad una reale misura come si può notare in Figura 118 dove il forte ingrandimento permette di osservare il bordo di un punzone collocato tra due tacche millimetriche.

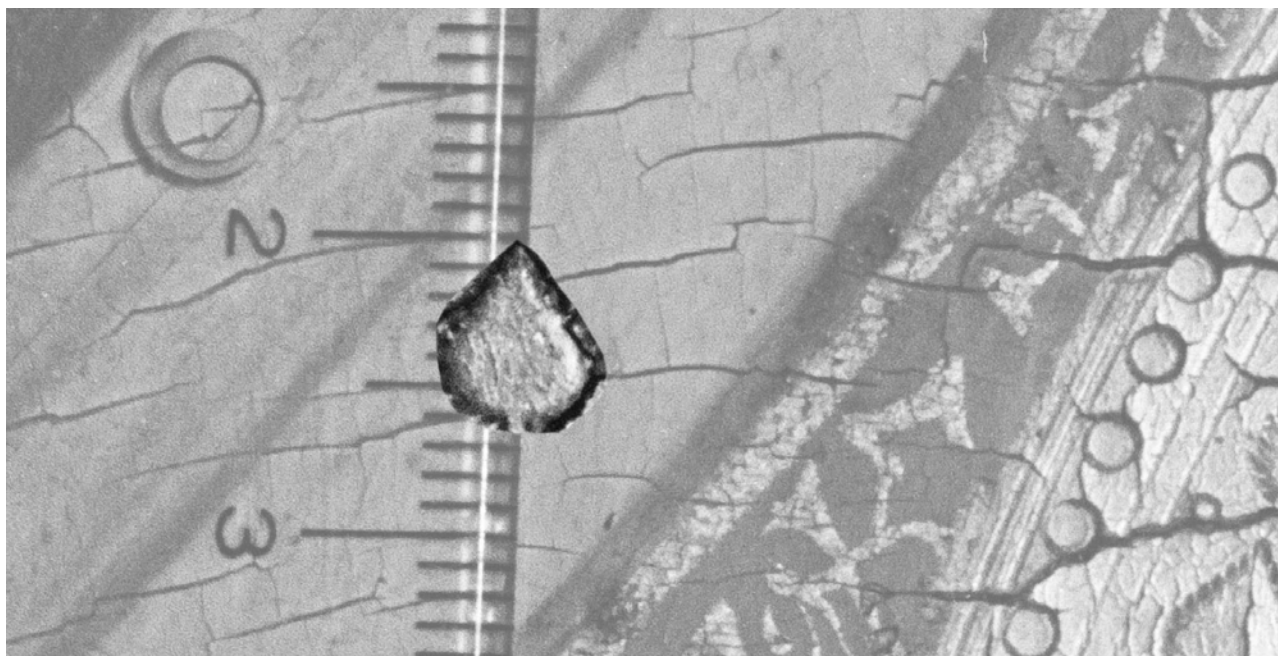


Figura 118 La sovrapposizione del ritagli di un piccolo punzone al righello evidenzia la difficoltà di interpretazione delle misure ad una scala inferiore al millimetro.

Questa illustrazione ci permette di portare il ragionamento sul piano ulteriore della complessità dell'interpretazione di un tratto del quale non è possibile tracciare, in scala submillimetrica, il reale spessore. Da una parte infatti le condizioni conservative del fondo oro possono modificare l'apparenza del tratto ma, ulteriormente ostico risulta l'identificazione del reale spessore di un tratto inciso il quale, se visto in sezione, apparirebbe cuneiforme e la sua pressione genererebbe perciò un bordo di complessa misurazione, legato sia alla risposta del fondo sia alla differente pressione del punzone stesso. Per tale motivo è stata quindi scartata la possibilità di una misura più precisa delle tracce, sgombrando il campo da presunzioni di precisione

precluse a questo genere di indagine fotografica, campo aperto invece all'analisi di modelli tridimensionali acquisiti con l'impiego di sistemi shape from focus come già evidenziato da Cacciari.¹⁰⁷

Definita quindi la forma da dare alla scala metrica da impiegare, cercando di ottimizzarne la visualizzazione anche su monitor di dimensioni contenute, si è cominciato a valutare la misura reale da impiegare come base. Osservando i punzoni per i quali fosse possibile risalire alle reali dimensioni è risultato presto evidente come alcune particolari dimensioni interessassero cluster numericamente importanti di tracce mentre le dimensioni superiori al centimetro interessano unicamente una percentuale minima di punzoni. Osservando meglio questi punzoni di dimensioni maggiori è risultato evidente come le dimensioni superiori a 10-12 mm, oltre che rare, aprivano il campo a forme molto complesse di dimensioni spesso di molto superiori, arrivando sino a rare evidenze di punzoni più grandi di 25 mm. Cercare una scala metrica che tenesse in considerazione una forbice così ampia di valori avrebbe generato, di risulta, un indebolimento consistente della possibilità di misurazione di tutte le forme comprese nel range degli 1-3 mm, ben più comuni e soprattutto molto più soggette alla presenza di tracce identificabili solo da una variazione molto contenuta delle dimensioni. Per risolvere tale discrepanza, scartando nettamente l'impiego di un'unica scala che avrebbe portato ad un risultato simile a quello illustrato in Figura 119, si è deciso di illustrare i materiali utilizzando due differenti scale di riferimento, una generica che comprendesse quasi la totalità dei punzoni censiti permettendo quindi il confronto simultaneo tra essi, senza operazioni più o meno intuitive di riporto a scale differenti, ed una seconda scala di dimensioni ben maggiori.

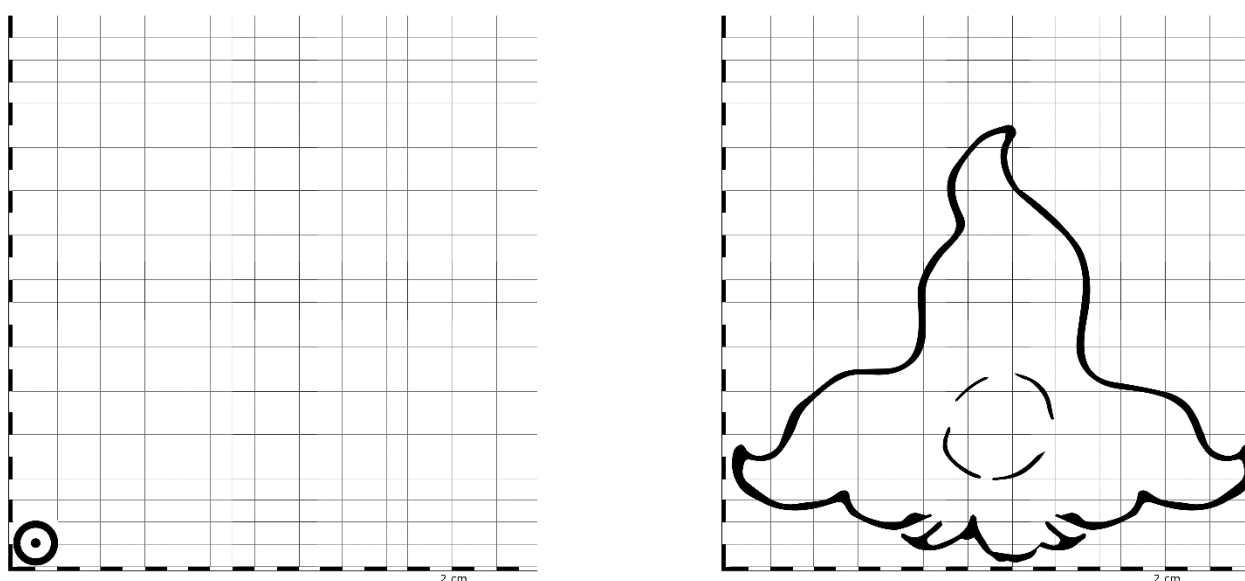


Figura 119 Il confronto tra un punzone di piccole dimensioni come n.2 a sinistra ed n. 226 a destra illustra chiaramente il problema collegato all'utilizzo di un'unica scala metrica per tutti gli elementi. I punzoni di dimensioni inferiori ai 5mm, una grande percentuale, risulterebbe di difficile lettura per le dimensioni molto ridotte.

È risultato da subito evidente come il confronto tra due immagini con scale differenti, in particolare nell'ipotesi di un confronto estensivo e numericamente importante di diversi punzoni produrrebbe il rischio di ulteriori confusioni, ancora più probabili proprio a causa dell'enorme maggioranza di immagini rappresentate con la scala del primo tipo. Per evitare questo genere di inconvenienti, si è preferito quindi evidenziare sul piano grafico la presenza di una difformità rispetto lo standard altrimenti applicato in modo da garantire che tale scarto venga avvertito anche nel caso di una fruizione veloce dell'archivio.

Il discrimine è stato fissato per le decorazioni di dimensione superiore ai 12 mm riuscendo a comprendere nella prima categoria 350 punzoni dei 358 che è stato possibile misurare, mentre i rimanenti 8 sono stati

¹⁰⁷ I. CACCIARI, P. NIERI, S. SIANO.

rappresentati con una scala che potesse contenere in tranquillità anche le dimensioni maggiori (Figura 120). Non potendo disporre di tutto l'archivio del prof. E.S. Skaug però non è stato possibile garantire che tale retino sia in grado di coprire le dimensioni di punzoni non misurati e, proprio per tale motivo, tutti i materiali sono stati salvati, in locale, come file multilivello permettendo, nell'eventualità futura, una modifica seriale di tutte le scale appartenenti alla seconda categoria, qualora si rivelasse necessario.

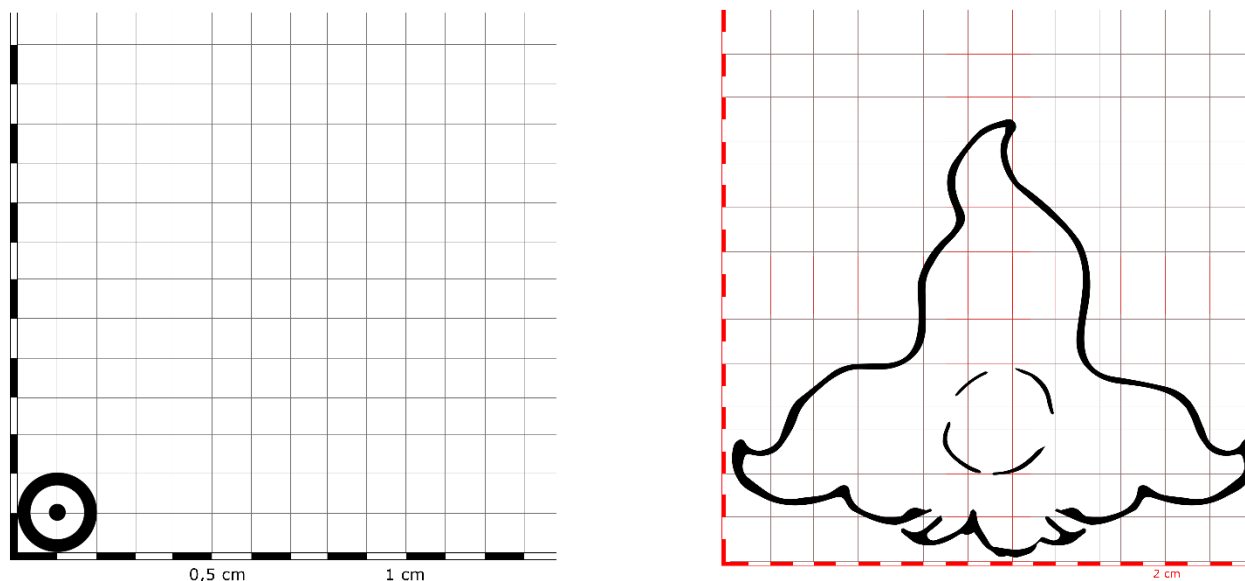


Figura 120 Disponendo di due scale di misurazione differenti permette di identificare chiaramente le 8 immagini di dimensioni superiori alla media, pur mantenendo leggibili le misure anche per i punzoni di dimensioni inferiori.

Identificate quindi le misure dei retini da utilizzare è iniziata la fase di reale scalatura dei disegni precedentemente creati sulla base delle immagini a nostra disposizione, procedura appunto possibile unicamente a seguito del precedente lavoro di identificazione dei punzoni presenti in tutte le immagini dell'archivio di negativi.

Iniziando dalla prima immagine della serie e procedendo con ordine, ad ogni occorrenza di una fotografia che rappresentasse anche un righello, questa immagine è stata aperta in Adobe Photoshop ed è stata sottoposta alla procedura elencata schematicamente come segue:

- Identificazione punzone
- Ritaglio immagine/i punzoni
- Sovrapposizione al righello
- Scontorno
- Acquisizione misure

Tutte le operazioni qui elencate sono state svolte in locale, svincolando in questa maniera lo sviluppo del database online senza interrompere le fasi di caricamento dei dati che verranno spiegate dettagliatamente più avanti proprio in quanto questa parte del lavoro, richiedendo un consistente dispendio di tempo, è stata portata avanti nell'arco di alcuni mesi, i prodotti finali sono stati poi caricati online al termine di tutte le verifiche, nel momento finale della sistemazione definitiva dell'archivio digitale

Aperta quindi l'immagine in questione, sono stati confrontati i dati della fotografia con il tabellario Excel creato precedentemente per identificare il codice esatto dei punzoni rappresentati, successivamente sono stati selezionati i disegni interessati e sono stati a loro volta aperti in nuove schede di Photoshop per permettere di elaborarli contemporaneamente. Come ultima immagine è stata aperta la scala così come disegnata precedentemente. Tramite la funzione drag-and-drop il disegno di un punzone è stato trascinato sul file del retino e lì rilasciato, andando a costituire un secondo livello posto al di sopra dello sfondo come illustrato in Figura 121.

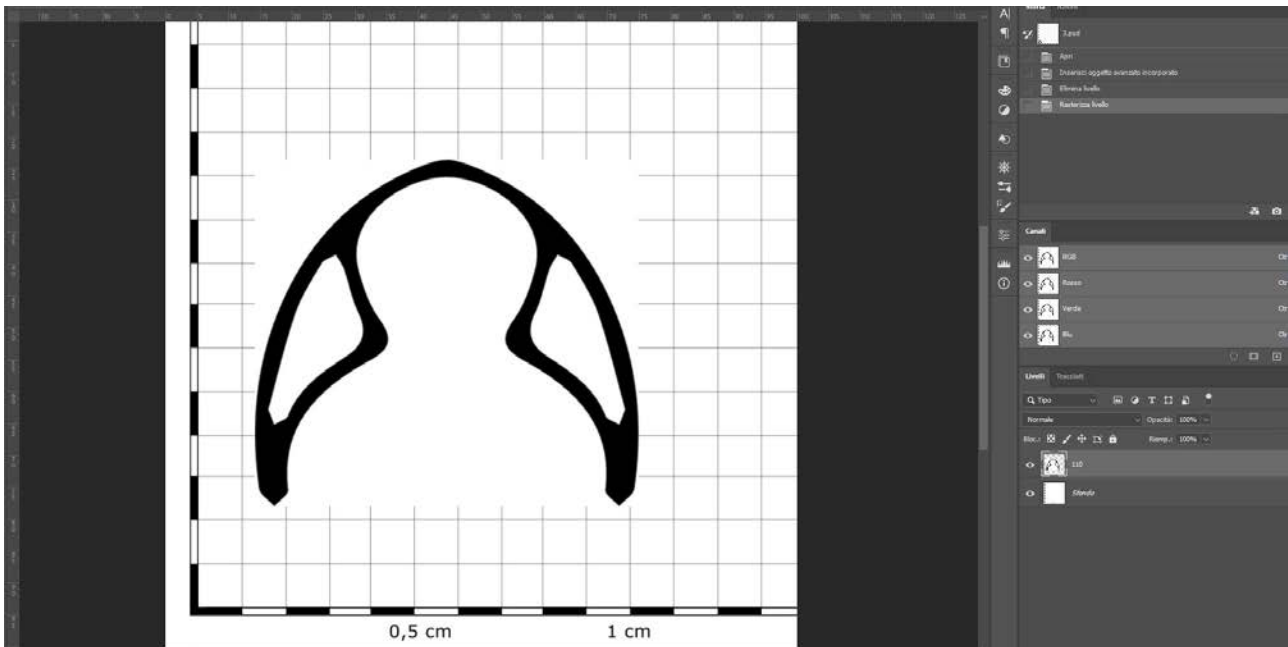


Figura 121 L'applicazione di un disegno come livello superiore a quello della scala metrica ha permesso, dopo aver cambiato il metodo di fusione, di scalare con precisione ogni singolo disegno.

La palette Livelli permette di impostare i metodi di fusione, ovvero di interazione tra i livelli stessi secondo formule matematiche precise utili a vari generi di elaborazione. Nel caso in questione, la funzione Moltiplica e quella Scurisci si sono dimostrate entrambe valide dovendo operare su livelli composti unicamente da pixel bianchi e neri. Tali funzioni, andando a scurire il livello sottostante in base ai toni grigi e neri del livello principale, considerano lo sfondo bianco dei disegni come un livello trasparente, mantenendo visibile unicamente il tratto nero rendendolo coprente nei confronti della griglia disposta sul livello inferiore. In questa maniera è stato possibile posizionare manualmente i disegni sul bordo sinistro della griglia e successivamente modificarne le dimensioni. Per misurare le dimensioni reali di ogni singola forma, il processo impiegato è consistito in un'operazione relativamente simile a quella che probabilmente è stata fatta fisicamente in passato sulle immagini stampate, utilizzando appunto i righelli ritratti in ogni fotografia. Andando a selezionare quindi l'immagine del negativo da elaborare, il singolo punzone rappresentato è stato selezionato e successivamente duplicato, andando a creare un secondo livello costituito unicamente dal piccolo ritaglio sul quale sia possibile lavorare in maniera non distruttiva. Per poter misurare la dimensione effettiva quindi si è scelto di nascondere la parte dell'immagine composta dalla foglia d'oro attorno al punzone grazie alla funzione Maschera di Livello che ha permesso di scontornare con precisione ogni singolo disegno, utilizzando un pennello nero per dipingerne il bordo proprio sulla maschera di livello. Questa operazione, reversibile ridipingendo con il bianco sull'area selezionata ha permesso grande precisione nell'evidenziare ogni singolo punzone e, terminata l'elaborazione, spostarlo sull'area dell'immagine costituita dal righello come già illustrato in Figura 118. In questa maniera è stato possibile ottenere la misura precisa di ogni forma tramite un veloce confronto visivo e, sulla base del dato ottenuto, ritornare sulla scheda composta dal retino e scalare, grazie al comando Trasforma il disegno fino a portarlo alle sue dimensioni reali. Nella fase iniziale di creazione dei disegni si era sospettato come la loro rappresentazione grafica potesse discostarsi in qualche misura dall'apparenza reale, in particolare per quanto riguardasse il rapporto tra le dimensioni di altezza e larghezza, dato relativamente poco importante nella loro raffigurazione originaria in piccola scala, ben più rilevante quando posizionati vicino ad una scala metrica. Per tale motivo quindi ogni singolo punzone è stato misurato almeno nei due sensi e, nel caso di figure complesse, anche un terzo asse diagonale è stato misurato per poter garantire una maggiore verosimiglianza del tratto.

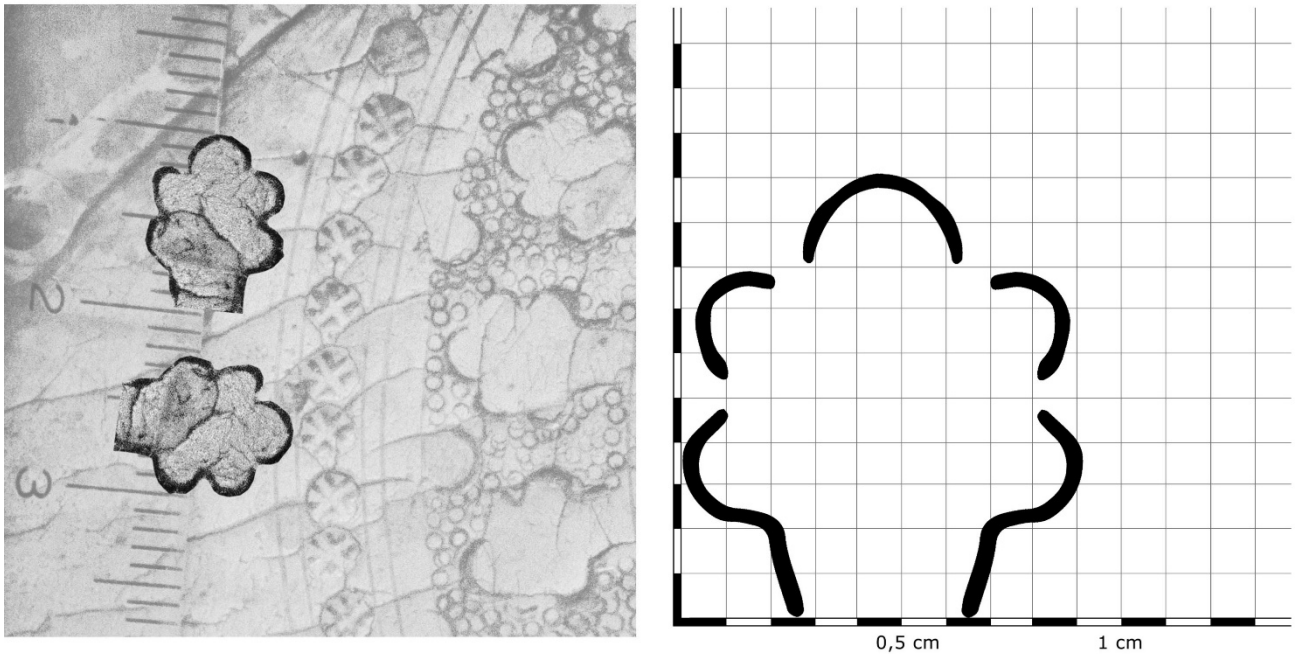


Figura 122 Il punzone n. 721, misurato dai negativi mostra un rapporto tra i lati di 10mm per l'altezza e 8mm nel senso della larghezza mentre il disegno, una volta riportata l'altezza alla misura di 10mm mostra una larghezza pari a 9mm.

Nel caso illustrato in Figura 122, dove si vede rappresentata la fase di misurazione del punzone 721 è possibile vedere come questo misuri poco meno di 10mm nel lato corto e 8 nel lato lungo, mentre il disegno precedentemente disponibile risulta avere un rapporto tra i lati lievemente differente, proprio a causa del sistema impiegato per la sua creazione, nonché per una imprecisione insuperabile che si presenta in qualsiasi situazione in cui una determinata immagine, molto piccola nella realtà come nel caso dei disegni dei volumi, sia sottoposta ad un importante upscaling. In tali situazioni quindi, a seguito di una verifica caso per caso, si è scelto di procedere ad una deformazione del disegno originale per meglio rispettare il preciso lavoro di misurazione, per procedere poi ad una sostituzione dello stesso anche nella cartella di partenza.

Ove possibile i ritagli dell'immagine scelti per la misurazione sono stati quelli posti a breve distanza dal righello in quanto, al netto della precisione nella fase di ripresa, un dato del quale non è possibile discernere la qualità a posteriori, come illustra schematicamente Figura 123, anche un lieve disassamento della camera da presa rispetto alla superficie dell'opera genera una lieve alterazione prospettica in grado di alterare le misure dell'impronta, questione esemplificata nella figura dalla differenza di quasi 1mm tra i ritagli n. 1 e n. 2 dello stesso punzone.

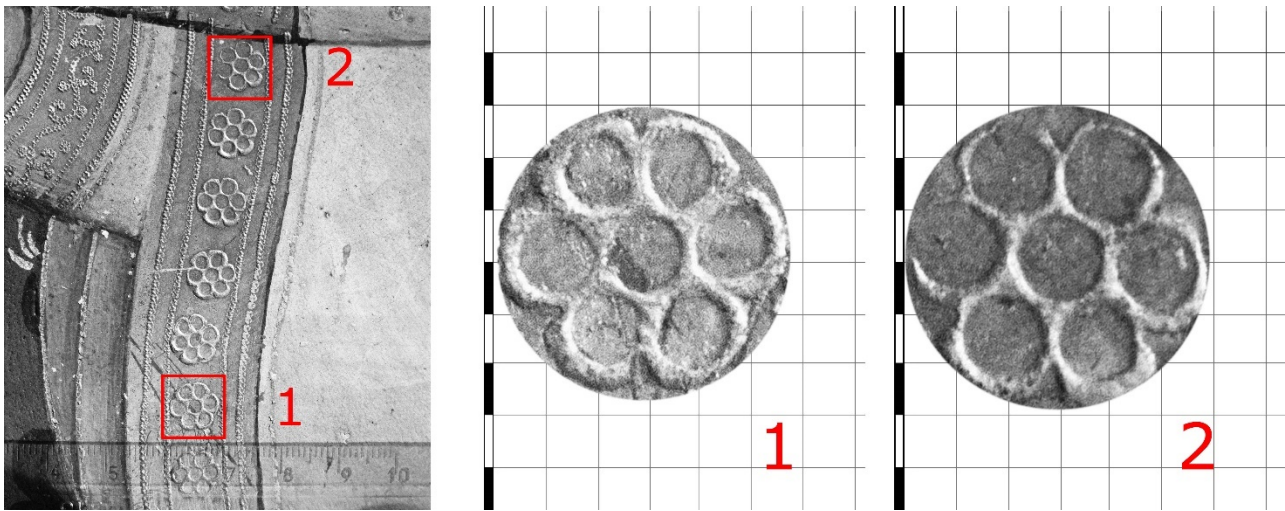


Figura 123 Anche un disallineamento molto lieve nella fase di ripresa può portare ad errori nella misurazione dei punzoni. Per tale motivo si è scelto, ove possibile, di utilizzare i dettagli dell'immagine più vicini alla scala metrica.

Determinate quindi le dimensioni e riportate nell'illustrazione in scala, quest'ultima è stata salvata come un file .psd con il nome originale nella medesima cartella del disegno di partenza, contando sulla possibilità di avere più file omonimi nella stessa posizione a patto che il formato di questi sia differente. Procedendo con questo ordine sono stati scalati tutti i disegni per i quali fossero disponibili immagini di riferimento con l'unica eccezione appunto dei punzoni dubbi, dove la compresenza di forme molto simili non ha permesso una sicura attribuzione. Terminata la prima scorsa dei 983 file, è stato possibile analizzare nuovamente lo schedario Excel per le voci ambigue ed i punzoni dubbi sono stati nuovamente analizzati alla luce dell'eventuale misura degli stessi. In circa il 40% dei casi dubbi infatti uno dei due punzoni dei quali non è stato possibile determinare l'identificativo preciso, sono apparsi singolarmente in qualche altra immagine di un'opera diversa. In questo caso è stato quindi possibile scolarli correttamente e, al secondo passaggio dell'archivio, identificare anche le forme dubbie per somiglianza o differenza. Al netto di questo ulteriore affinamento dei dati in nostro possesso, l'ultima selezione di punzoni incerti è stata ora affrontata riutilizzando l'ultimo dato disponibile in nostro possesso, ovvero l'illustrazione comparata dei punzoni utilizzati da ogni singolo autore, come mostrato in Figura 97. In questo caso è stato possibile unicamente determinare quale delle due forme avesse dimensioni maggiori o minori ed unicamente in base a questo dato risolvere l'incertezza rimanente. Nei casi più complessi tale situazione ha richiesto di operare contemporaneamente su più immagini, misurare ripetutamente svariati punzoni e solo dopo attenta verifica, attribuire al file il nome del punzone corretto.

Tramite questa procedura sono stati scalati un totale di 358 punzoni sui 764 che compongono l'ossatura dei volumi, ovvero tutti quelli rappresentati nei negativi in nostro possesso, quando si è trattato di determinarne l'aspetto della navigazione finale del sito, il tentativo di anteporre i disegni scalati ai disegni di partenza è risultata essere una strada difficilmente percorribile in quanto da un lato l'incompleto censimento degli stessi avrebbe creato difformità nella presentazione delle icone sul database come illustrato in Figura 124 ed infine, come risulta dalla stessa immagine, la presenza della scala, in particolare per quanto concerne punzoni dalle dimensioni molto contenute, avrebbe reso pressoché impossibile il loro riconoscimento dalle schede degli autori e delle opere, inficiando in buona misura la semplicità di fruizione delle informazioni contenute nell'archivio.

Allegretto Nuzi, Madonna and Child enthroned with Onofrio Santi's (?) family between Saints Michael Archangel and Orsola, 1365, Roma, Pinacoteca Vaticana

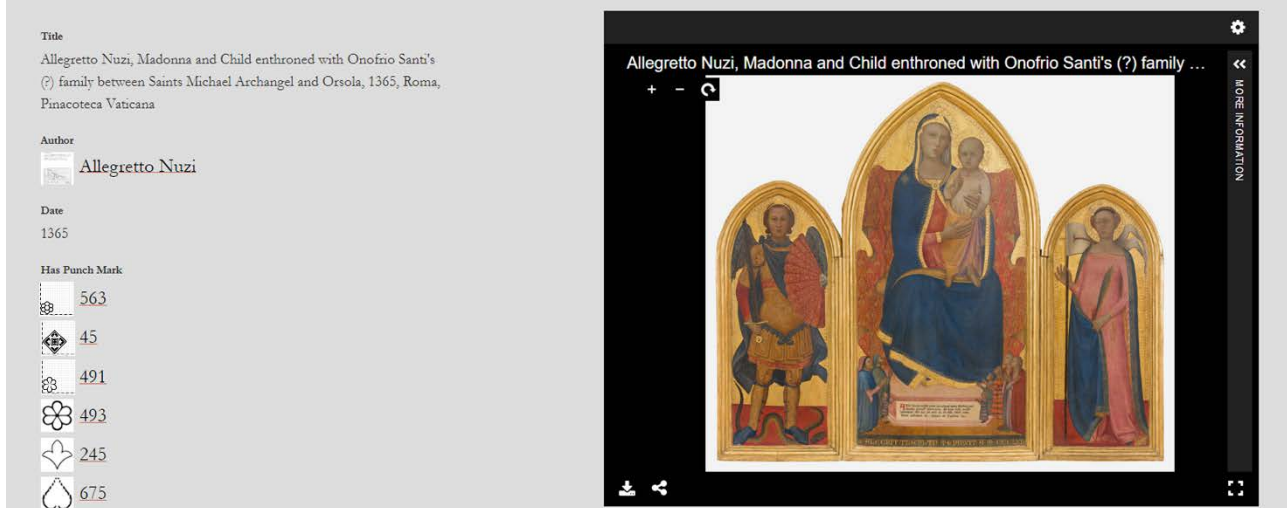


Figura 124 I primi tre punzoni dell'opera, per i quali è stata scelta la visualizzazione in scala, mostrano come, in particolare per le forme complesse, le dimensioni ridotte rendano più difficile la lettura dei disegni e meno uniforme l'aspetto generale della navigazione.

4.7.3 Dai nuovi dati alle nuove schede Omeka

Generate le nuove immagini per i disegni dei punzoni scalati questi sono stati poi selezionati e spostati in una nuova cartella diversa rispetto a quella utilizzata per i disegni di partenza e, nuovamente tramite Adobe Bridge, convertiti in un formato file valido per il caricamento online. La procedura impiegata in questo caso è stata quella raggiungibile tramite la funzione Strumenti>Photoshop>Elaboratore Immagini che ha permesso di elaborare in un'unica operazione tutti i file selezionati. Dopo aver impostato il formato di salvataggio nel più comune Jpeg ed aver scelto di ridimensionare il file ad una risoluzione minore rispetto all'originale per portare il file a dimensioni valide sia per la visualizzazione a monitor che per un contenuto ingrandimento, ovvero 3000 punti di lato, i file così creati sono stati infine caricati online in una cartella del server accessibile via FTP dalla quale si procederà in un secondo momento alla creazione dei rispettivi media.

Medesima sorte è toccata alle immagini dei negativi digitalizzati secondo i canoni illustrati nel secondo capitolo. In questo caso i materiali disponibili sono composti come si è visto da vari elementi aventi lo stesso numero identificativo e differenti lettere corrispondenti a differenti negativi della stessa scena. In molti casi tale ridondanza è da attribuirsi all'impiego di diverse esposizioni nella fotografia del medesimo dettaglio, caso questo che ha visto una selezione da parte di chi scrive dell'immagine più chiara e leggibile del gruppo, mentre per una selezione, seppur contenuta di negativi, l'impiego di varie lettere ha interessato immagini di porzioni diverse della tavola, dettagli simili tra loro, riguardanti lo stesso elemento decorativo, nimbo o abito ma pur sempre immagini tra loro differenti di un medesimo soggetto. In tal caso non è stato ovviamente possibile operare una selezione delle immagini ed è stato necessario garantirne il corretto caricamento come media dell'Item omonimo, creando quindi una cartella tramite FTP che contenesse sia le singole immagini di riferimento ad un elemento del catalogo, contraddistinte da un numero (ad es. Neg_128) e da un'estensione letterale variabile (ad es. Neg_128_a e Neg_129_c) sia più immagini aventi lo stesso numero e molteplici desinenze (ad es. Neg_1432_a e Neg_1432_b), il tutto unito in un unico raggruppamento, dettaglio per il quale verrà sviluppato un sistema di importazione specifico.

Per le immagini dei punzoni è stato sufficiente procedere alla creazione di un documento simile a quello illustrato in Figura 96 dove al nome di ogni punzone, presente nella colonna di sinistra, fosse collegato, a destra, il riferimento ad un file specifico nella cartella così predisposta sul server. Senza andare a definire ordinatamente per quali punzoni fosse disponibile un disegno in scala e per quali invece questo mancasse, è stato sufficiente generare un file che comprendesse tutti i 746 punzoni censiti e rimandasse ad altrettanti

disegni. La semplice mancanza di questi nella cartella, al netto di un log di errore a segnalare l'impossibilità a completare l'operazione per 390 elementi, ha collegato tutti i materiali esistenti con le schede già presenti online.

Disponendo quindi di un gruppo di immagini dai nomi mutevoli nelle estensioni letterali, e non potendo procedere ad un caricamento manuale dei singoli elementi, quando si è dovuto procedere al caricamento delle immagini dei negativi, la soluzione trovata ha in parte replicato il sistema impiegato precedentemente. In questo caso, dopo aver creato un foglio di calcolo che rimandasse per i 1734 Items dei negativi ad altrettanti file denominati con la desinenza "_a", il documento è stato copiato per altre due volte avendo cura unicamente di modificare (tramite il comando trova e sostituisci) le desinenze in "_b" ed "_c". Il file così creato vedrà quindi tre ripetizioni dei nomi degli Items creati precedentemente per un totale di 5202 righe nella colonna di sinistra mentre la colonna di destra indicherà un possibile riferimento ad ognuna delle desinenze esistenti.

Impiegando nuovamente File Sideload per collegare le immagini agli Items in questo caso sarà la presenza o l'assenza di un file specifico a determinare il suo collegamento con gli Items garantendo quindi, tramite la creazione di un lungo ma semplice foglio di calcolo, il rispetto della selezione fatta precedentemente sulle immagini da utilizzare.

4.7.4 IIIF Standard e visualizzazione delle immagini

Al punto fino a qui illustrato nello sviluppo della banca dati in questione, non è stato ancora trattata con precisione la questione non marginale della visualizzazione in un ambiente online delle immagini schedate e caricate. La gestione online di un archivio di immagini infatti si basa sull'assunzione da parte di una determinata piattaforma di una serie di codifiche più o meno universali per i materiali fotografici e la loro visualizzazione. Nel caso in questione la variabilità dei materiali in nostro possesso ha richiesto alcuni accorgimenti specifici. Dovendo gestire contemporaneamente materiali grafici a risoluzione contenuta come le digitalizzazioni delle tabelle ed i disegni dei punzoni, immagini a risoluzione media come i negativi digitalizzati ed infine fotografie in alta risoluzione provenienti dalle campagne fotografiche è risultato necessario definire un ambiente in grado di generare o gestire immagini piramidali senza per questo appesantire la navigazione del sito.

L'ulteriore necessità di navigare queste immagini e di confrontarle tra loro ha portato alla scelta di sistemi di interscambio in grado di gestire con semplicità i più vari formati delle immagini e di gestire in maniera separata l'archiviazione e la visualizzazione. Come già per i materiali contenuti nel "Progetto Cennini" anche in questo caso si è scelto di utilizzare standard ampiamente riconosciuti come il IIIF (International Image Interoperability Framework),¹⁰⁸ potendo contare sull'adozione di tale codifica da parte di ampie fette dell'utenza di un CMS come Omeka con la conseguente implementazione di vari plugin per la gestione delle immagini così codificate. Lo standard IIIF nasce in un momento particolare dello sviluppo delle digital humanities nel contesto europeo, ovvero quando l'aumento esponenziale delle banche dati in creazione ha mostrato chiaramente come la definizione di standard condivisi non fosse sufficiente alla creazione di materiali tra loro comunicanti.¹⁰⁹ La proliferazione di archivi digitali ed il conseguente sviluppo di ontologie per descriverli ha portato parallelamente ad uno sviluppo dei sistemi di visualizzazione delle immagini in ambiente html.

La ricerca di un sistema che favorisca l'interoperabilità dei materiali digitali ha visto negli anni vari sviluppi in direzioni spesso contrastanti, mentre la soluzione proposta dal consorzio IIIF è risultata essere per alcuni

¹⁰⁸ <https://iiif.io>, consultato il 20/07/2023.

¹⁰⁹ I. DI LENARDO.

aspetti il punto di convergenza di differenti aspettative e la sua veloce accettazione ne ha radicato l'impiego in breve tempo. L'idea alla base dello standard è velocemente riassumibile nell'intento di separare la codifica dell'immagine dalla sua forma all'interno dei server tramite la definizione di un Manifest, ovvero di un documento standardizzato che ne descriva le proprietà, senza per questo andare a modificarne la forma, l'estensione e la collocazione. La definizione di un manifesto di accompagnamento ad un'immagine ha permesso di gestire ed integrare in una grande rete le fonti provenienti da server dislocati nel mondo senza doverne definire di nuovi o modificare il metodo di accesso agli stessi, rendendo de facto comunicanti le immagini di qualsiasi progetto ed istituzione che accetti le linee guida generali IIF, ovvero rendendo i loro archivi IIF Compliant. Questa veloce descrizione di un processo relativamente complesso è necessaria per comprendere come la definizione di uno standard di interoperabilità possa poi influenzare le potenzialità stesse di un archivio come quello qui proposto, avendo come unici limiti quelli imposti dal motore di visualizzazione, ben più semplice ed implementabile rispetto all'archivio stesso.

Nel database qui proposto è stato utilizzato lo stesso sistema di visualizzazione già implementato sulla piattaforma "Cennino" in quanto in grado di gestire con relativa semplicità anche immagini di risoluzione molto elevata. Mirador¹¹⁰ è un visualizzatore di immagini IIF Compliant in grado di gestire vari file contemporaneamente ed integrare semplici attività di elaborazione delle immagini.¹¹¹ Nato proprio come visualizzatore interattivo, il sistema ha proposto da subito la possibilità di modificare le immagini visualizzate tramite alcuni sistemi di controllo dell'esposizione e del contrasto ma, caratteristica fondamentale del sistema, ha proposto queste funzioni come delle operazioni non distruttive sul file e quindi disponibili per qualsiasi utente liberamente. All'interno di Omeka e Omeka S sono stati sviluppati degli appositi plugin in grado di integrare il visualizzatore all'interno del database permettendo anche a piccoli progetti di sfruttare le potenzialità dello strumento.

Nel database qui proposto non sono state implementate le funzioni di modifica delle immagini in quanto ritenute di importanza relativa nella visualizzazione di materiali già postprodotti per ottenerne la migliore leggibilità, mentre sono state sfruttate le possibilità di visualizzazione e confronto simultaneo tra immagini tra loro collegate. Una delle peculiarità di un sistema di visualizzazione come Mirador è quella di permettere la visualizzazione di qualsiasi fonte dotata di un manifest a priori dalla sua reale ubicazione nei server e similmente di facilitare la visualizzazione di fonti appartenenti allo stesso gruppo, facilitando il confronto tra le immagini.

Nella visualizzazione di partenza della scheda di qualsiasi item dotato di un media di riferimento la formattazione di base del sito permette la navigazione a varia scala anche delle immagini in alta risoluzione risultando a tutti gli effetti un sistema integrato nella pagina per lo zoom ed il pan delle fonti. La scelta di operare invece all'interno della visualizzazione sviluppata da Mirador, accessibile tramite il pulsante "Confronta le immagini in Mirador", è lo strumento sviluppato per permettere il confronto puntuale tra le fonti interne al database ed eventuali materiali esterni.

Per meglio permettere la navigazione delle immagini, il pulsante "Confronta le immagini in Mirador" opererà su una scheda separata da quella di partenza, divenendo uno strumento autonomo di navigazione che propone come prima visualizzazione quella delle immagini di ogni voce del database mentre permetterà di confrontare direttamente queste prime con le risorse all'interno del database, suggerendo in prima istanza il collegamento con i disegni dei punzoni collegati all'opera come in Figura 125.

¹¹⁰ <https://projectmirador.org/>, consultato il 17/06/2022.

¹¹¹ J. VAN ZUNDERT, *On Not Writing a Review about Mirador: Mirador, IIF, and the Epistemological Gains of Distributed Digital Scholarly Resources*, in «Digital Medievalist», vol. 11, fasc. 1, agosto 2018, p. 5.

	Pietro Lorenzetti, San Giusto polypych, Siena, Pinacoteca	1 item
	173	2 items
	186	2 items
	716	2 items
	87	2 items
	140	2 items
	286	2 items
	306	2 items
	337	2 items
	519	2 items
	573	2 items
	669	2 items

+ ADD RESOURCE

Figura 125 Il pulsante “Add Image” all’interno del visualizzatore suggerisce come primi riferimenti per i confronti le immagini delle voci dei punzoni presenti nell’opera presa in esame.

Nel caso comune in cui questo primo confronto non fosse sufficiente e sia preferibile confrontare all’interno della stessa finestra ulteriori immagini, l’architettura basata sui manifest IIIIF permette l’integrazione di qualsiasi ulteriore documento tramite l’inserimento del link al suo manifest, indicato in ogni immagine. In questa maniera sarà possibile operare non solo sulle fonti interne ma integrare in qualsiasi momento qualunque materiale ritenuto utile, come nel caso illustrato in Figura 126 dove è stata importata un’immagine proveniente dagli archivi digitalizzati dall’ICCD¹¹², a loro volta aderenti agli standard IIIIF.

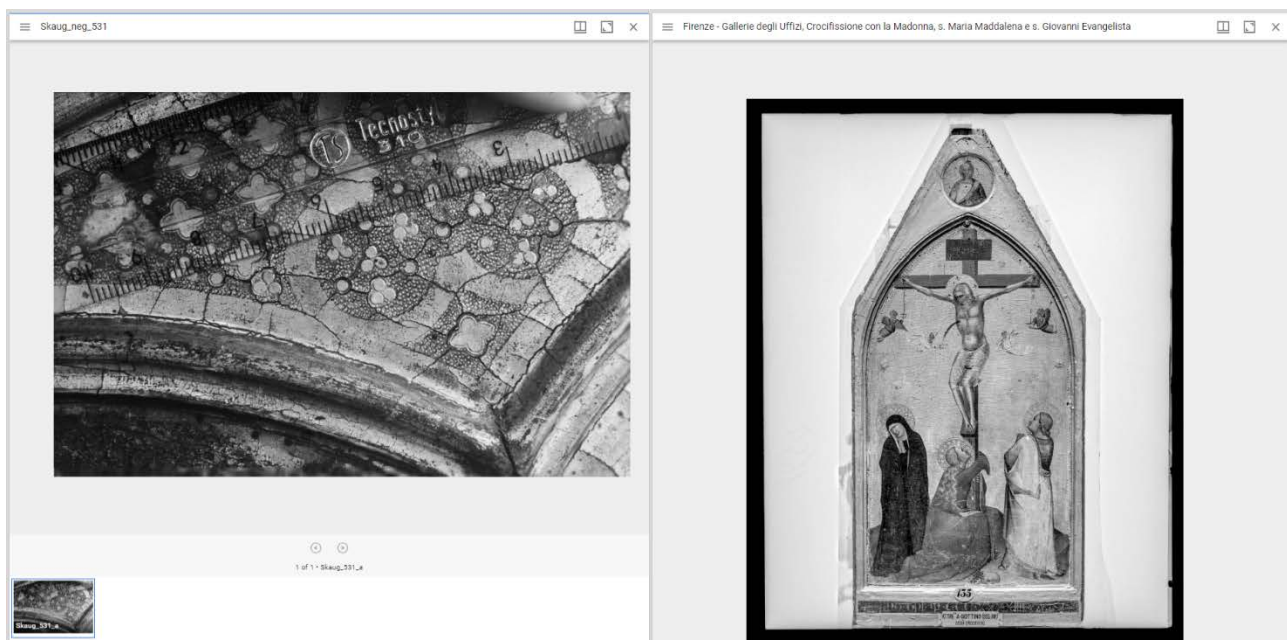


Figura 126 Volendo aggiungere manualmente nuove immagini per un confronto parallelo, la possibilità di richiamarle tramite manifest ha permesso di utilizzare anche materiali provenienti da archivi esterni al database come nel caso della piccola Crocifissione, immagine scattata nel 1905-1906 dal fotografo Giovanni Gargioli in deposito presso l’ICCD e digitalizzata da questa istituzione.

¹¹² <https://fotografia.cultura.gov.it/iccd/item/C001657>, consultato il 15/07/2023.

4.7.5 Nodegoat

Terminata la creazione della parte centrale del database relazionale pensata per la visualizzazione delle informazioni principali prodotte da E. S. Skaug all'interno dei volumi del 1994, uno dei momenti conclusivi nella creazione dell'interfaccia per la banca dati ha visto la sperimentazione di alcuni sistemi di visualizzazione delle informazioni in nostro possesso. La ricerca si è concentrata sullo sviluppo delle potenzialità espresse da piattaforme in grado di rendere visualizzabili in maniera interattiva i dati di un archivio digitale e la maggiore attenzione è stata posta nella ricerca di sistemi in grado di interpretare le informazioni già nella forma tabellare in nostro possesso. È risultata particolarmente degna di nota, anche grazie il vasto impiego avuto negli ultimi anni, la piattaforma *Nodegoat*,¹¹³ espressamente sviluppata da Pim van Bree e Geert Kessels per la visualizzazione di informazioni provenienti da contesti umanistici.¹¹⁴ La caratteristica di questa piattaforma che ha suscitato il maggiore interesse è stata la possibilità di visualizzare dati importati tramite fogli di calcolo in formato CSV in una forma pressoché identica a quelli utilizzati per l'importazione delle voci sulla piattaforma Omeka. In questo caso le potenzialità di un database relazionale si sono mostrate con maggiore efficacia rispetto alle precedenti importazioni grazie ad una meglio studiata impostazione del servizio. In particolare la piattaforma sviluppata presso l'Università di Amsterdam si è rivelata in grado di gestire direttamente i collegamenti tra le singole voci tramite la semplice importazione di un solo foglio di calcolo. La mappatura sulla base del nome delle risorse ha infatti permesso di definire tramite semplici passaggi l'ossatura di base del sistema.

Il medesimo foglio di calcolo utilizzato per creare gli *Items* dei punzoni (Figura 74) è stato utilizzato per creare l'elenco dei 764 oggetti digitali e, a seguito dell'importazione del file .CSV creato precedentemente per la definizione delle voci degli autori e dei punzoni da essi utilizzati, la mappatura tra le voci è stata completata autonomamente dalla piattaforma. (Figura 127)

¹¹³ <https://nodegoat.net>, consultato il 20/06/2023

¹¹⁴ A. PETRUȘ, *Network analyses of foreign travellers through Wallachia, Moldavia and Transylvania between 1831-1840*, in «*Studia Universitatis Babeș-Bolyai Digitalia*», vol. 65, fasc. 2, 2021, pp. 31–47.

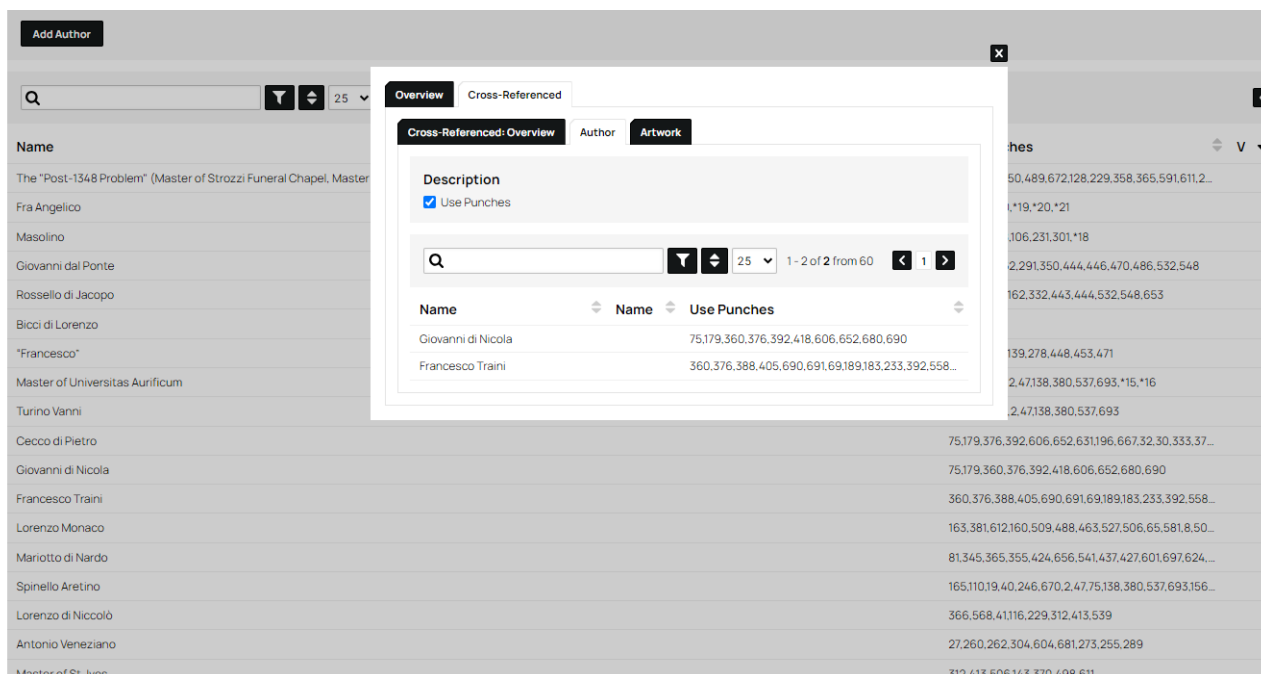


Figura 127 Subito dopo aver importato le voci degli autori e dei rispettivi punzoni, ogni singola voce è stata corredata dalle informazioni visualizzabili nel pannello denominato “Cross-Reference” dove sono apparsi tutti i collegamenti esistenti sulla base del numero stesso dei punzoni. Nell’esempio qui proposto sono visibili le informazioni incrociate del punzone numero 360

Potendo quindi definire i collegamenti sulla base dell’identità dei nomi delle risorse, si è scelto di importare anche l’elenco delle 1015 opere d’arte censite nei volumi, utilizzando lo stesso foglio di calcolo illustrato in Figura 84, ripulito delle colonne non utilizzate e quindi composto unicamente dal titolo dell’opera, l’autore della stessa e l’elenco dei punzoni in essa presenti.

L’unica modifica effettuata ai fogli di calcoli fin qui utilizzati ha visto la creazione di una nuova colonna di valori appositamente creata potendo disporre degli ID di tutti gli elementi presenti all’interno del database. Volendo infatti collegare tra loro le informazioni presenti su Omeka e quelle visualizzate da Nodegoat, con particolare interesse per l’accesso alle immagini dell’archivio Skaug, si è scelto di importare in quest’ultima piattaforma anche un collegamento via *url* alle singole voci del database. Aggiungendo quindi una colonna che rimandasse alle voci presenti su Omeka per ogni opera ed autore è stato possibile procedere ad una modifica dei dati appena caricati, importando il riferimento navigabile a tutte le risorse elencate ottenendo una scheda informativa come quella di Figura 128, risultato della navigazione del *front end* del sito così come è stato sviluppato.

Workshop-Punch Marks relationship

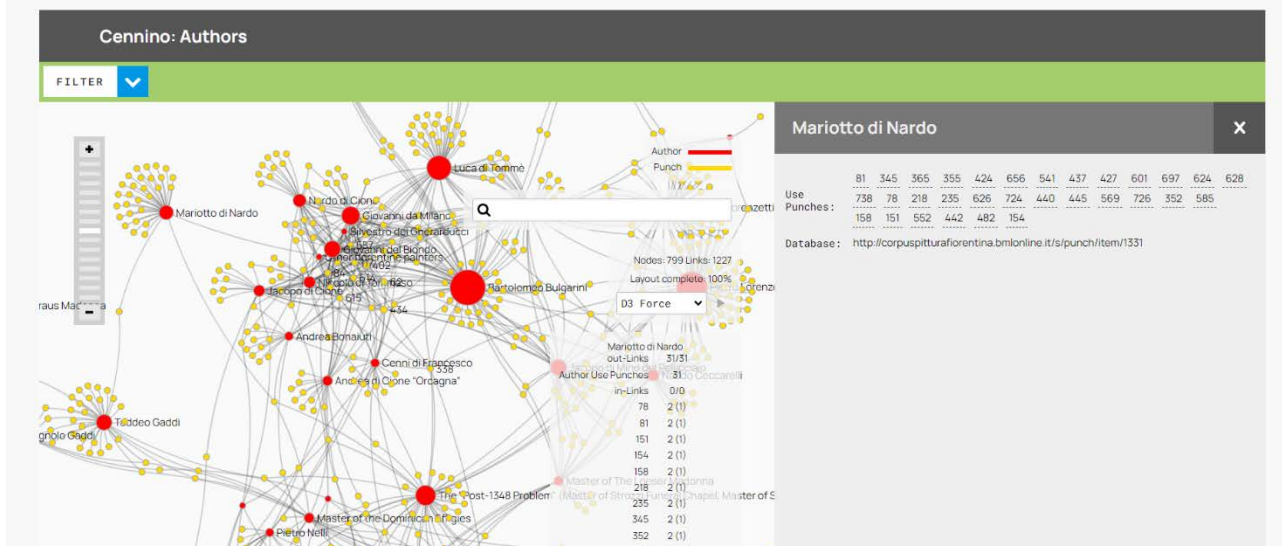


Figura 128 La visualizzazione aggregata qui proposta è stata implementata tramite la creazione di rimandi tra le schede degli autori e delle opere d'arte con le rispettive voci presenti all'interno del database sviluppato in Omeka, accessibile tramite il link presente come nel caso qui illustrato riferito a Mariotto di Nardo

4.8 PROSPETTIVE FUTURE

Gli sforzi fin qui illustrati sono stati rivolti alla creazione di uno strumento che rispettasse al meglio gli intenti alla base del quarantennale lavoro di ricerca di E. S. Skaug dando, nei limiti delle possibilità, una veste digitale di facile e comoda fruizione. Per i motivi illustrati ancora all'inizio di questo capitolo, non è stato possibile tenere in considerazione, durante questa prima fase di allestimento, degli sviluppi intercorsi negli ultimi trent'anni su queste ricerche ed è stata infatti scelta una posizione conservativa, che non modificasse le assunzioni e le proposte dell'autore norvegese. Avviandoci alla conclusione di questa fase descrittiva del lavoro, è ora necessario procedere ad illustrare le proposte, per quanto mantenute ancora in forma embrionale, strutturate come possibilità di aggiornamento ed ampliamento di uno strumento pensato proprio per rimanere utile anche a seguito di aggiornamenti e modifiche, riuscendo a comprendere al suo interno interventi più o meno estesi che possano spostare i limiti temporali e spaziali della ricerca da cui questo database è nato.

4.8.1 Nuovi autori

Il caso più semplice preso in esame ha cercato di proporre una soluzione efficace all'eventualità non remota che per un'opera d'arte l'attribuzione sia cambiata nel corso degli anni o esista ancora una certa variazione tra le ipotesi interpretative. Dover strutturare un *Item* opera come avente due valori differenti per gli autori avrebbe aperto un problema logico importante nella struttura del database, modificando sensibilmente i collegamenti senza riuscire ad avere una chiara indicazione tra le informazioni raccolte da E. S. Skaug e le indicazioni provenienti da altri autori. Il principale problema posto da questo genere di aggiunte è diventato ancora più evidente nell'immaginare il risultato di puntare da più autori alla stessa scheda dell'opera e, conseguentemente unire in gruppi ancora più complessi gli *Items* dei punzoni. Onde evitare questo genere di sovrapposizione di livelli informativi è stato necessario strutturare questo genere di informazioni come proprietà distinte da quelle precedentemente create ed immaginare un sistema per l'inserimento dei dati che risulti semplice e veloce senza richiedere, per ogni proposta attributiva, di dover modificare contemporaneamente le schede delle opere, degli autori e dei punzoni.

La soluzione proposta quindi si basa sull'impiego di una nuova proprietà creata per l'occorrenza non potendo disporre di tale descrizione nei vocabolari *Dublin Core* già esistenti. Omeka e Omeka S permettono, nel voler dare una veste particolare ad una proprietà mantenendone la descrizione e la leggibilità dei vocabolari

precostituiti, di modificare il nome di qualsiasi entità già esistente, cambiandone quindi la forma che appare nella navigazione del sito (ad esempio modificando il termine “creator” in “Author” senza per questo creare una nuova voce o abbandonare l’impiego di un vocabolario DC). Tale strada, tentata in un primo momento è risultata valida nel modificare la proprietà “list of author” per farla apparire con il nome “Other attribution”, più corretta per la forma data al sito in questione. Modificare il nome pubblico di una proprietà, per quanto un valido sistema utilizzabile su tutta la struttura precedentemente creata, formata da collegamenti biunivoci generati da due proprietà distinte, ha mostrato i suoi limiti quando si è tentato di utilizzare il sistema, potente ma non molto sviluppato, presente in Omeka per la creazione semplificata di database relazionali. È infatti possibile, tramite il pannello *Metadata Browse* definire una lista di proprietà per le quali sia direttamente Omeka ad illustrare, sotto il nome delle stesse, tutti gli *Items* che le condividano. Questo impiego del motore di ricerca di Omeka permette quindi di connettere risorse tramite un unico collegamento tra due classi, lasciandone traccia in tutte le voci coinvolte, anche quelle per le quali il collegamento non sia stato predisposto ma risultino unicamente come la destinazione di qualche *Item* di altra classe. Al livello attuale di sviluppo del web software in questione purtroppo la visualizzazione di questo genere di risorse correlate non tiene in conto le eventuali modifiche al nome della proprietà, creando pertanto una difformità evidente tra gli *Items* delle opere, per i quali il collegamento è stato creato direttamente e quello delle opere dove apparirà solo di riflesso la nuova attribuzione.

Si è dovuto pertanto creare un nuovo lemma nei vocabolari già esistenti, integrando “Other attribution” al gruppo precedentemente creato esclusivamente per questo sito, in modo da garantire che tale nome appaia nella stessa veste in entrambe le classi di elementi. Strutturando così le voci del database ed attivando, unicamente per questa nuova proprietà la ricerca automatica da parte di Omeka, l’inserimento di una o più differenti voci di autori nella scheda di un’opera, si inserirà automaticamente nel sistema di rimandi reciproci del database senza stravolgerne la struttura. Infine la possibilità di alternare nelle proprietà sia voci interne del database che elementi testuali, ha permesso di indicare, assieme all’attribuzione, anche il riferimento bibliografico dalla quale l’informazione proviene (sia in forma testuale che di *URL*), permettendo, almeno in linea teorica, la continua stratificazione di informazioni.

4.8.2 Nuove opere

Terminando la digitalizzazione dei negativi in nostro possesso è apparso sempre più chiaro come le opere e gli autori presenti nei volumi di Erling Skaug rappresentassero unicamente una selezione di materiali rispetto a quelli fotografati dall’autore. Non volendo perciò escludere dal database la possibilità di fruire anche di queste fotografie, durante l’ultima fase della ricerca, a banca dati ormai ultimata, si è scelto di testare le possibilità offerte da Omeka per l’integrazione di nuove voci al suo interno. Ripetendo su un campione di fonti ridotto quanto illustrato in questo capitolo, sono stati creati dei nuovi *Item* per le opere non presenti e per gli autori non citati. Per questi nuovi elementi è stata riproposta la medesima architettura utilizzata precedentemente, collegando Autori, Opere e Negativi tra loro, escludendo ovviamente il riferimento ai punzoni censiti, non disponendo di tali informazioni. La struttura così creata è stata integrata all’interno delle pagine costruite per la navigazione del sito, raggruppando in ogni scheda Autore anche le nuove opere così generate mentre, per quanto riguarda la pagina di ricerca “Works” queste voci sono state inserite solo al termine dell’elenco iniziale, marcando qui la distanza tra i materiali indagati nei volumi e quelli inseriti in un secondo momento. Questa fase tarda di inserimento, legata a necessità non preventivabili all’inizio del lavoro è stata il banco di prova delle possibilità di utilizzare questo CMS come una piattaforma realmente aperta a future integrazioni ed ha identificato i limiti di tale supporto. Come già trattato precedentemente, l’impossibilità di creare liberamente collegamenti basandosi sul nome delle risorse e dovendo affidarsi alla loro identificazione tramite un ID interno ha richiesto di creare fogli di calcolo che tenessero in considerazione tutte le informazioni precedentemente salvate (nello specifico gli ID di Autori ed Opere) risultando in un lavoro molto dispendioso in termini di tempo. Se la possibilità di integrare centinaia di nuove voci è stata garantita, questo procedimento ha richiesto un dispendio di tempo per *Item* molto più elevato rispetto alle operazioni svolte nella fase iniziale, indicando chiaramente come tali operazioni siano da considerarsi come

sviluppi importanti dell'archivio e sia da evitarne un'applicazione saltuaria, preferendo, ove possibile, limitarne l'impiego ad operazioni numericamente consistenti.

5 CONCLUSIONI

5.1 ERRORI DI IDENTIFICAZIONE

Durante il lavoro di revisione delle informazioni trasposte nei fogli di calcolo ed il lungo confronto con le singole fotografie, siano esse recenti o appartenenti al nucleo originario prodotto da Erling Skaug, è stato anche possibile identificare ed analizzare alcuni errori all'interno dell'archivio, sui quali è risultato necessario approfondire le ricerche per capirne l'estensione e l'influenza all'interno del database stesso. In particolare, al netto di una contenuta serie di sviste nella numerazione conseguente dei punzoni, unicamente una valutazione dell'autore si sono dimostrate inesatte ed hanno permesso di analizzare con maggior attenzione il procedimento manuale di riconoscimento delle decorazioni presenti nelle opere d'arte fotografate.

Al gruppo delle sviste appartengono degli errori facilmente riconoscibili operando attraverso fogli di calcolo ma indubbiamente più ostici da identificare in un lavoro completamente manuale come nel caso dell'edizione dei volumi in questione, ovvero la presenza di quattro punzoni per i quali sia stato assegnato un numero progressivo ma non risulti essere poi presente una loro rappresentazione in nessun'opera indagata. Degli errori di numerazione, probabilmente risalenti a forme ritenute inizialmente distinte e poi riconosciute come identiche, hanno portato alla sparizione dei punzoni numero 97, 299, 425e 513, dei quali non esiste traccia nei volumi. A sostenere la teoria dell'accorpamento di tali forme in altre voci non risulta secondario notare come tutti i numeri elencati precedentemente si riferiscano a punzoni appartenenti a gruppi molto consistenti e composti da forme relativamente semplici, prone quindi ad errori di riconoscimento. Verificando l'eventuale presenza di tali numeri tra i punzoni utilizzati dagli autori e tra quelli presenti nelle opere è risultato estremamente semplice identificare le voci mancanti e procedere al loro trattamento. Questi punzoni inesistenti e quindi rimossi dal database non rappresentano in alcuna misura un problema in grado di invalidare la teoria alla base del lungo lavoro e possono essere interpretati come semplici sviste da correggere nella *facies* digitale che è stata creata.

Diversa e più ostica questione è stata sollevata dal lavoro di studio condotto durante l'allestimento della mostra "Allegretto Nuzi e il '300 a Fabriano. Oro e colore nel cuore dell'Appennino" della quale si è già in parte discusso precedentemente.

Gli studi condotti da Lucia Biondi ed Arianna Latini hanno sollevato delle criticità sul punzone numero 225 utilizzato da Allegretto Nuzi nella decorazione del nimbo della Vergine conservata nella Galleria Nazionale delle Marche di Urbino¹¹⁵. Ad un confronto stringente con l'opera d'arte è stato infatti possibile notare come la forma complessa di una foglia a cinque punte identificata da Skaug come punzone¹¹⁶ risulti essere invece una decorazione manuale creata con mirabile precisione e serialità. Potendo contare sulle immagini fotografiche in alta risoluzione ottenute durante la mostra, è risultato particolarmente semplice procedere ad un confronto fra tutti i dettagli e confermare la corretta percezione delle due studiose. (Figura 129)

¹¹⁵ Quanto discusso a voce con le studiose sarà diffuso in un contributo di Arianna Latini riguardante la decorazione punzonada di Allegretto Nuzi in pubblicazione in questi mesi.

¹¹⁶ <http://corpuspitturafiorentina.bmlonline.it/s/punch/item/707>



Figura 129 La comparazione ravvicinata di 5 ripetizioni della foglia pentalobata permette di intuirne le piccole differenze.

Nonostante il vasto numero di immagini negative digitalizzate ad oggi e quello ancora maggiore di immagini da digitalizzare a completamento dell'archivio una volta che gli originali saranno disponibili per la riproduzione, l'esempio di Allegretto Nuzi mostra come in alcuni casi anche il lavoro svolto dall'autore norvegese possa essere insufficiente e come le strumentazioni tecniche e tecnologiche sviluppate in ambiente digitale possano dare a queste ricerche una nuova linfa, potendo contare contemporaneamente sia sulla produzione di nuovi materiali a maggior risoluzione, sia sulla possibilità di elaborare questi dati fotografici con strumenti di indagine preclusi al campo analogico, come la possibilità di misurare con semplicità le dimensioni reali di qualsiasi dettaglio fotografico qualora siano note le dimensioni complessive di un'opera, rendendo semplice la procedura di confronto sia tra materiali storici e moderni sia per le superfici rimaste precluse alle fotografie di E. S. Skaug a causa della distanza di ripresa o dal luogo di conservazione delle tavole. È quindi nell'integrazione tra i materiali di un archivio così dettagliato e le immagini prodotte nelle campagne sempre più frequenti degli ultimi anni, in particolare quelle rilasciate sotto gli standard IIIF e quindi integrabili nel database anche se ospitate su altri server che si può intravedere un nuovo margine di sviluppo degli studi. Siano essi in direzione di una revisione e verifica dei dati sino a qui raccolti, sia che li si intenda come una integrazione del lavoro di altre studiose e studiosi in un contenitore in grado di garantire un confronto stringente tra le fonti figurative e le considerazioni inerenti alle forme della decorazione punzonata, la forma aperta ed editabile di un archivio strutturato su sistemi CMS come Omeka risulta essere, ad oggi, la più efficace in termini di fruizione e di garanzia di permanenza nel tempo.¹¹⁷

5.2 LIMITI E NUOVI SVILUPPI

Dopo aver illustrato il punto raggiunto nello sviluppo di un database accessibile online ed aperto alle integrazioni, conviene ora elencare e discutere le possibilità di sviluppo indicate da questo lavoro e, contestualmente, i limiti che si sono mostrati invalicabili o di complessa soluzione durante lo svolgimento dello stesso.

Come è già stato ribadito all'inizio del volume, la necessità di ancorarsi ad un punto fermo nella storiografia per poter costruire attorno ad esso una struttura logica efficace, ha da subito evidenziato il limite nella validità di un approccio caratterizzato, fin dagli esordi, da uno sguardo rivolto al passato. La necessità di ignorare in un primo tempo gli avanzamenti nelle ricerche dell'ultimo trentennio ha conseguentemente generato delle lacune e delle imprecisioni che richiedono ad oggi di interpretare lo strumento, almeno per quanto concerne la relazione Opera-Autore con la stessa attenzione con la quale sono stati trattati i volumi del 1994. Conseguentemente a questa scelta, sono state ideate alcune soluzioni di compromesso che permettessero di aggiornare le informazioni inerenti agli autori studiati, descrivendole con un nuovo livello di proprietà che possa marcare la differenza rispetto la fonte originaria. Questa caratterizzazione di un livello base di informazioni come derivanti dal lavoro di E.S Skaug unito all'aggiunta di qualsiasi nuova informazione

¹¹⁷ J. BLOUIN, W.G. ROSENBERG, *Processing the Past: Contesting Authorities in History and the Archives*, Oxford University Press, Oxford, 2011, p. 187.

come proprietà separata permette, virtualmente, una modifica continua dei dati presenti nel database senza per questo intaccare le informazioni derivanti dalla digitalizzazione dei volumi cartacei. Agendo in questo modo è quindi possibile individuare le direttrici di sviluppo più concrete per un archivio di tal forma sulla base delle informazioni raccolte durante le ricerche. La prima e più semplice direttiva di ampliamento che sia possibile delineare riguarda l'inclusione nell'archivio digitale della totalità dei negativi dell'archivio Skaug una volta che questi siano digitalizzati.

Proprio la caratteristica di questa particolare categoria di dati per i quali sia disponibile la documentazione fotografica ma manchi lo studio dello storico norvegese apre altresì la strada ad una possibilità di sviluppo più interessante dal punto di vista storiografico, in particolare dopo un periodo di tempo così lungo. La disponibilità e l'interesse dimostrati dagli eredi di Mojmir Frinta, attuali possessori dell'archivio fotografico paterno, ha permesso di immaginare, anche se unicamente sul piano teorico a questo punto del lavoro, la possibilità di integrare in un sistema informatico come quello qui proposto anche i materiali derivanti da altri archivi riguardanti lo studio della decorazione punzonata. È da trovarsi proprio nella possibilità di stratificazione delle informazioni riguardanti gli *Item* creati su Omeka la soluzione ad ampliamenti che riguardino anche lo studio svolto da altri autori senza intaccare la validità del materiale di partenza né generare artificiose gerarchie di valore. Partendo quindi da una prospettiva che tenga conto delle posizioni di ciascuno studioso come è stato sin qui fatto, l'integrazione di ulteriori voci, anche se contrastanti nell'attribuzione rispetto le prima, non sarebbe in grado di inficiare la possibilità di navigazione dell'archivio, costituendone anzi un ulteriore livello di approfondimento, alla condizione necessaria di esplicitare in ogni caso la provenienza delle nuove informazioni, dato non implementato a questo punto del lavoro, contando su un'unica provenienza delle fonti.

5.3 COMPUTER VISION E DIGITAL HUMANITIES

Il secondo filone di ricerca, fino a qui unicamente accennato, ha visto in questi anni uno sviluppo meno lineare e più soggetto a sospensioni e repentini avanzamenti in quanto legato, in particolare nella fase più attiva del suo sviluppo, ad una collaborazione con il dipartimento di Ingegneria Informatica dell'Università degli Studi di Trieste, richiedendo di modulare i carichi di lavoro in modo tale da bilanciare le rispettive esigenze.

Dai materiali fotografici prodotti inizialmente presso il museo Bandini di Fiesole, integrando in un secondo momento una selezione delle opere conservate nella Galleria Nazionale di Siena, è iniziata la ricerca di un sistema classificatorio che faccia affidamento sui sistemi di *Computer Vision* per l'identificazione delle forme della decorazione punzonata, portando, al termine del triennio, ad un risultato indubbiamente incoraggiante seppure non ancora completamente autonomo, motivo per il quale lo si presenta unicamente nel concludere il lavoro di tesi.

All'interno del più vasto novero di ricerche legate all'umanistica digitale un'importanza sempre maggiore è stata data alla complessa galassia delle esperienze legate al *Machine Learning* e all'Intelligenza Artificiale. Procedendo da un impiego più semplice per fini statistici ed organizzativi, nell'ultima decade le sempre maggiori prestazioni di calcolo e l'accesso a *repository* sempre più vasti di testi ed immagini tra loro interconnessi ha generato una veloce proliferazione di tali studi, sia in ambito teorico che nel campo applicativo. Se il termine *Machine Learning* è stato spesso utilizzato come termine generico per definire una moltitudine di approcci informatici all'analisi dei dati, quanto qui interessa indagare sono propriamente le applicazioni basate sulla creazione di informazioni e dati tramite un'analisi puramente computerizzata dei materiali di partenza.

Con qualche ritardo rispetto ad altre discipline¹¹⁸ anche nel campo della storia dell'arte ed in particolare nello studio delle fonti storiografiche, nell'ultima decade sono apparsi con sempre maggior frequenza studi e ricerche orientati alla compressione dei limiti insiti in tale approccio, segno palese di una raggiunta maturità della disciplina.¹¹⁹ All'interno del vastissimo mondo legato alla cosiddetta intelligenza artificiale, termine nato negli anni Cinquanta del XX secolo per definire una serie di processi informatici in grado di ricavare informazioni tramite processi logici definiti in maniera chiara, il settore che ha maggiormente interessato il mondo dei beni culturali è risultato da subito essere quello legato alla *Computer Vision*, ovvero alla specifica branca rivolta all'analisi software delle immagini. Contemporaneo e parallelo alle ricerche nel campo della *Artificial Intelligence (AI)*, questo settore delle ricerche si è focalizzato sull'utilizzo di file di carattere visuale, immagini *raster* provenienti da video, immagini native digitali e digitalizzazioni di supporti analogici, analizzandoli attraverso sistemi che apparentemente imitano o simulano la percezione umana. Un'immagine digitale, a prescindere dal sistema che l'ha generata, può essere identificata come un insieme di coordinate spaziali e colorimetriche precise; nel caso più semplice possibile, ovvero quello di un'immagine a due dimensioni in scala di grigi, come due coordinate spaziali corrispondenti al posizionamento delle unità minime costituenti (pixel) ed un valore che rappresenti l'intensità luminosa del singolo pixel, dal nero al bianco. Aumentando la complessità, un'immagine a colori può essere rappresentata in un sistema di cinque dimensioni, dovendo utilizzare almeno tre valori per identificare un colore. L'aumento delle dimensioni di rappresentazione, inserendo il tempo come nuova variabile permette di codificare in un simile sistema i frame di un video, l'aumento delle dimensioni legate alla rappresentazione del colore permette di inserire nel modello informazioni provenienti da acquisizioni multispettrali mentre l'aggiunta di una terza coordinata spaziale consente di rappresentare oggetti tridimensionali in uno spazio digitale molto simile ai precedenti. Definendo quindi tramite uno o più modelli matematici multidimensionali le immagini in nostro possesso diventa possibile operare il confronto tra di esse e valutare la presenza di eventuali istanze ricorrenti.

È da questo punto di osservazione che prendono le mosse gli studi afferenti alla *Pattern Recognition* in ambito *Computer Vision*, ossia la specifica area di studio che va ad indagare l'identificazione di modelli (*pattern*) all'interno di dati grezzi in modo da permettere una loro classificazione secondo definizioni prodotte dai ricercatori stessi. Attorno a questo nodo centrale, tecnico e metodologico al tempo stesso, credo si possa localizzare il maggior numero di difficoltà riscontrate durante quest'ultima fase di ricerca. Il passaggio tra l'identificazione delle caratteristiche di basso livello (*Low Level Features*) quali il colore dei pixel nelle immagini, la loro localizzazione all'interno di immagini *raster*, la compresenza di pixel dai valori differenti, la presenza di gradienti e di bordi più o meno identificabili ed il loro valore interpretativo (*High Level Features*) quali l'identificazione di un determinato soggetto, il riconoscimento di una lettera o di un'altra, la presenza di un'abbreviazione in un testo, identifica il nocciolo del problema principale riguardante l'utilizzo di qualsiasi strumento digitale per l'interpretazione di un determinato documento. Il primo livello di traduzione infatti riguarda il passaggio da un documento fisico ad una sua rappresentazione digitale, sia essa composta da una o più immagini o da materiali testuali. Questa traduzione, per nulla neutrale e soggetta ad una serie di limiti imposti contemporaneamente dalle strumentazioni utilizzate, dalle scelte operate durante la digitalizzazione e dai sistemi di archiviazione dei dati utilizzati porta alla definizione di una rappresentazione digitale di una determinata fonte, escludendo automaticamente altre possibili forme o livelli di interpretazione. Questo ragionamento, ovvio e scontato in un contesto archivistico, necessita una nuova formulazione quando dei materiali digitalizzati siano utilizzati come base per indagini guidate da macchine non in grado di confrontarsi con l'oggetto originale. Nell'impiego delle immagini di beni culturali nella costruzione di reti di informazioni

¹¹⁸G. PREVITALI, p. 23.

¹¹⁹ M. DALBELLO; M. FIORUCCI, M. KHOROSHILTSEVA, M. PONTIL, A. TRAVIGLIA, A. DEL BUE, S. JAMES, *Machine Learning for Cultural Heritage: A Survey*, in «Pattern Recognition Letters», 2020, pp. 102–108.

dalle forme più varie¹²⁰ la forma della loro rappresentazione fissa già in una fase iniziale di progettazione il massimo scarto possibile tra un oggetto e tutte le interpretazioni future legate alla sua nuova forma digitale. Questo scarto ha generato contemporaneamente una ricerca specifica volta all'aggregazione di sempre nuovi dati attorno alle singole risorse medialì, aprendo il campo all'interpretazione combinata di varie forme di digitalizzazione, analizzando contemporaneamente dati bi e tridimensionali e, più comunemente, vari livelli di informazioni multispettrali, in un processo di arricchimento delle forme di rappresentazione di un bene culturale.¹²¹

5.3.1 Le prime ricerche

La storia dell'informatica in ambito umanistico, seppur soggetta negli ultimi anni ad alcuni cambiamenti strutturali importanti che ne ridefiniranno probabilmente le forme e gli impieghi, può essere trattata senza forzature come una collaborazione avviata sin dagli esordi della matematica computazionale ed è oggi possibile delinearne, almeno per sommi capi, alcuni momenti fondanti che hanno visto strumentazioni e sistemi da poco ideati venir applicati con maggiore o minor successo in ambito umanistico e, specificatamente, in un contesto storico artistico. Non vale qui la pena approfondire i mutamenti avvertiti da strutture quali gli archivi, dove l'impiego dei sistemi informatici ha rapidamente ampliato a dismisura le possibilità di ricerca e di fruizione ed ha visto grandi strutture pubbliche e private dedicarsi alla sperimentazione già prima che i personal computer diventassero materiali di uso comune. Nel campo delle arti visive queste interazioni tra discipline differenti ha visto uno sviluppo più lento, legato in buona misura alla maggiore difficoltà di analisi computerizzata dei dati visivi rispetto a quelli testuali, producendo quindi un'implementazione degli archivi con informazioni visuali, fotografie e video, ben prima di una vera e propria analisi delle immagini stesse. Le prime ricerche che ricadono sotto il termine di *Computer Aided Analysis*¹²² ed in particolare quelle rivolte verso l'impiego di sistemi più o meno sviluppati di intelligenza artificiale si collocano cronologicamente attorno l'ultima decade del XX secolo e indicano già da subito come i due limiti più stringenti alle possibilità di sviluppo siano da trovarsi nella qualità dei dati di partenza, ovvero delle immagini digitali disponibili e nelle limitate capacità di calcolo rese possibili dalle strumentazioni del periodo.¹²³ I primi esperimenti di carattere prettamente storico artistico permettono di intuire alcune forme della ricerca che riguarderanno gli anni a venire e, almeno in alcuni casi, permeeranno ancora lo spazio della sperimentazione. Se lo studio delle superfici pittoriche nella forma permessa dalla loro digitalizzazione vede l'impiego di sistemi matematici anche raffinati per l'estrazione di informazioni, le domande poste alla base di queste ricerche rimangono ancora ancillari se interpretate unicamente in senso storico artistico. Esempio importante ed estremamente educativo al riguardo può essere quello proposto da William Vaughan il quale, ancora nel 1987 propose un sistema denominato "Morelli" per il riconoscimento delle opere di Rembrandt all'interno di un campione di studio di una piccola serie di immagini fotografiche.¹²⁴ Se nessuna pretesa vi è mai stata nell'utilizzare sistemi informatici per sostituire la figura del *Connoisseur*, è altrettanto vero che una maggioranza delle sperimentazioni embrionali ha visto proprio nell'identificazione delle opere d'arte una

¹²⁰ J. KUCSMA, K. REISS, A. SIDMAN, *Using Omeka to Build Digital Collections: The METRO Case Study*, in «D-Lib Magazine», vol. 16, fasc. 3/4, 2010; M. DAQUINO, F. MAMBELLI, S. PERONI, F. TOMASI, F. VITALI.

¹²¹ M. CARDINALI, *Digital Tools and Technical Views: The Intersection of Digital Art History and Technical Art History in a Digital Archive on the Painting Technique of Caravaggio and His Followers*, in «Visual Resources», vol. 35, fasc. 1–2, 2019, pp. 52–73.

¹²² D.G. STORK, *Computer Vision and Computer Graphics Analysis of Paintings and Drawings: An Introduction to the Literature*, Xiaoyi Jiang, Nicolai Petkov (a cura di), in «Computer Analysis of Images and Patterns», vol. mmmmmddccii, Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009, pp. 9–24.

¹²³T. MELZER, P. KAMMERER, E. ZOLDA, *Stroke detection of brush strokes in portrait miniatures using a semi-parametric and a model based approach*, in «Proceedings. Fourteenth International Conference on Pattern Recognition», vol. i, IEEE, , 1998, pp. 474–476.

¹²⁴ W. VAUGHAN, *Automated Picture Referencing: A Further Look at 'Morelli'*, in «Computers and the History of Art», vol. 2, 1992, pp. 7–18.

possibilità di ricerca da sondare nei suoi limiti. Negli anni seguenti i tentativi di utilizzare sistemi più o meno evoluti di *Machine Learning* hanno spesso intrapreso una direzione simile nel voler trovare una forma classificatoria per le opere analizzate, identificandone gli autori o avvicinando opere differenti su basi stilistiche frutto proprio delle valutazioni svolte dagli algoritmi.¹²⁵

A queste sperimentazioni dal valore storico artistico limitato bisogna riconoscere invece un'approfondita ricerca dei metodi di analisi delle immagini per definire una serie di *High Level Features* grazie alle quali ricerche molto più efficaci su basi di dati molto più vaste hanno potuto aver luogo. Vale la pena notare come lo sviluppo in ambito umanistico delle ricerche basate sul *Machine Learning* si siano svolte parallelamente alla costruzione di sempre più vaste e complesse ontologie, sino alla definizione di protocolli più o meno condivisi di *Linked Open Data* (LOD) ovvero di sistemi di metadattazione in grado di mettere in relazione le informazioni presenti in forma dispersa in ogni archivio che decida di conformarsi ad uno o più standard specifici.¹²⁶ Questa contemporaneità negli sviluppi ha permesso già a partire dai primi anni Duemila di immaginare analisi delle immagini su database sempre più vasti e soprattutto di riunire per singole ricerche materiali provenienti da fonti sempre più numerose. Sarà proprio in questo momento infatti che vedranno la luce le prime ricerche di somiglianze e similitudini tra le immagini presenti in enormi archivi cartacei, non più con la presunzione di identificare autori o di integrare il lavoro del conoscitore quanto invece con l'attenzione verso la ricerca di duplicati, di elementi di reimpiego o la presenza di copie in stile.

Agli occhi di chi scrive appare di particolare importanza notare come già in una fase embrionale delle ricerche che videro l'impiego della *Computer Vision* vi siano disseminate in forma non ancora organizzata delle intuizioni che verranno correttamente strutturate unicamente dopo circa un decennio. Proprio l'apparire del nome di Morelli in quella che potrebbe essere definita una sperimentazione pioniera nel settore illumina già il campo di studi segnalando le maggiori criticità della disciplina. Da una parte l'intento riduzionistico morelliano riapparirà spesso nelle conclusioni di varie pubblicazioni ma contemporaneamente verrà sempre più marcata la possibilità di utilizzare con efficacia il riconoscimento delle forme ripetute, delle similitudini più o meno visibili e dell'analisi su scala sempre più vasta della presenza di queste. Chi scrive crede che proprio nel confronto tra l'impossibilità ad interpretare in maniera univoca e troppo stringente i dati di analisi e contemporaneamente la possibilità di gestirne molti più di quanti in passato fosse immaginabile, verta uno dei filoni più floridi della ricerca attualmente in atto. Ne siano esempi gli esperimenti di identificazione della carta utilizzata come supporto per la stampa fotografica della metà del Novecento,¹²⁷ l'inventariazione delle differenti tipologie di telai per la creazione della carta da stampa,¹²⁸ lo studio del reimpiego delle matrici incise nella stampa sino all'identificazione dei monumenti scomparsi tramite l'analisi di migliaia di ore di girato cinematografico.¹²⁹ Queste ricerche, portate a titolo di esempio di un ambiente ancora molto ricco in termini di produzione, mostrano tutte come un accurato limite imposto alle capacità interpretative dell'analisi operata da software possa produrre informazioni sulle quali sia nuovamente compito della figura dello storico dell'arte o dell'umanista in senso lato definirne la valenza storica, evitando quindi il riduzionismo stringente e dando invece spazio ad un'analisi più vasta e contestuale di informazioni che non sarebbe stato possibile ottenere con strumenti basati sulle possibilità dell'elemento umano. Ne sia, unico esempio su tutti,

¹²⁵ P. BELL, B. OMMER, *Digital Connoisseur? How Computer Vision Supports Art History*, Stefan Albl, Alina Aggujaro (a cura di), in «Il metodo del conoscitore. Approcci, limiti, prospettive», Artemide, Roma, 2016, pp. 187–200.

¹²⁶ N. BRÜGGER; M. DAQUINO, F. MAMBELLI, S. PERONI, F. TOMASI, F. VITALI.

¹²⁷ C.R. JOHNSON ET AL., *Pursuing automated classification of historic photographic papers from raking light images*, in «Journal of the American Institute for Conservation», vol. 53, fasc. 3, 2014, pp. 159–170.

¹²⁸ S. GORSKE, C. JOHNSON, W. SETHARES, M. ELLIS, P. MESSIER, *Moldmate identification in pre-19th-century European paper using quantitative analysis of watermarks, chain line intervals, and laid line density*, in «International Journal for Digital Art History», 2021, pp. 614–635.

¹²⁹ F. CONDORELLI, F. RINAUDO, F. SALVADORE, S. TAGLIAVENTI «A Neural Networks Approach to Detecting Lost Heritage in Historical Video», *A Neural Networks Approach to Detecting Lost Heritage in Historical Video*, in «ISPRS International Journal of Geo-Information», vol. 9, fasc. 5, maggio 2020, p. 297.

il quantitativo di ore di girato analizzate in un progetto come iMediaCities¹³⁰ dove non sarebbe sufficiente la vita di svariate persone per garantire un'osservazione, anche solo superficiale, dei materiali digitalizzati. In appoggio a questa interpretazione può essere utile seguire velocemente lo sviluppo delle ricerche in ambito di *Computer Vision* riguardanti i sistemi di diagnostica medica che hanno rappresentato per anni l'avanguardia della ricerca nel campo. Dovendo constatare una differenza di passo molto marcata tra le ricerche in ambito medico rispetto alle applicazioni nel settore dei beni culturali è altresì possibile utilizzare questa prima disciplina come timone per interpretare con qualche anno d'anticipo gli sviluppi delle tendenze più comuni. Risulta infatti evidente come gran parte degli sforzi si siano concentrati da un lato sull'impiego dei più vari livelli informativi a disposizione nelle immagini, integrando come possibile svariate immagini diagnostiche ed analizzandone contemporaneamente i dati,¹³¹ al pari di come si sta tutt'ora operando nella disciplina del restauro,¹³² e contemporaneamente le sperimentazioni sul riconoscimento automatico delle strutture presenti nelle immagini si siano concentrate sempre di più sul riconoscimento preciso di forme minime e sulla quantificazione di tali informazioni.¹³³ Questo ragionamento sul limite da trovare nella complessità delle informazioni da estrarre contraddistinguerà anche applicazioni non mediche e vedrà grande impiego nei campi più svariati¹³⁴ potendo contare proprio sulla velocità di calcolo disponibile e sul grande numero di dati a disposizione di una rete ben strutturata. Sgomberando quindi il campo della ricerca dalle più ardite interpretazioni e riportando al campo della semiotica l'interpretazione dei dati raccolti è possibile ad oggi vedere un impiego estensivo dei risultati della *Computer Aided Analysis*, in campi sempre più vasti e con risultati particolarmente interessanti per quanto riguarda la gestione e la digitalizzazione delle informazioni storiche.¹³⁵

Partendo da questo quadro generale, lo studio della decorazione punzonata non poteva che essere visto come un terreno fecondo per la sperimentazione di un sistema di riconoscimento automatico delle forme per il quale si è tentata la strada del reimpiego di algoritmi già esistenti, procedendo gradualmente da una ricerca più elementare di applicazioni per i software già sviluppati verso una sempre più articolata serie di algoritmi per l'analisi delle immagini, possibile unicamente grazie alla collaborazione con il dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste, dovendo contare sulle competenze specialistiche ivi presenti. Potendo infatti contare su un quantitativo sufficiente di riproduzioni fotografiche di opere d'arte, sia acquisite digitalmente nell'arco degli ultimi anni che di un nutrito gruppo di immagini storiche, il reimpiego di queste nel verificare le potenzialità dell'analisi matematica è risultato essere un tema oltremodo interessante e foriero di problematiche.

¹³⁰ S. CARACENI, M. CARPENE, M. D'ANTONIO, G. FIAMENI, A. GUIDAZZOLI, S. IMBODEN, M.C. LIGUORI, M. MONTANARI, G. TROTTA, G. SCIPIONE, D. HANEGREEFS, *I-media-cities, a searchable platform on moving images with automatic and manual annotations*, in «23rd International Conference on Virtual System & Multimedia», IEEE, Dublin, 2017, pp. 1–8.

¹³¹ R. CUI, H. YU, T. XU, X. XING, X. CAO, K. YAN, J. CHEN, *Deep Learning in Medical Hyperspectral Images: A Review*, in «Sensors», vol. 22, fasc. 24, 2022, p. 9790.

¹³² Z. SABETSARVESTANI, B. SOBER, C. HIGGITT, I. DAUBECHIES, M.R.D. RODRIGUES, *Artificial intelligence for art investigation: Meeting the challenge of separating x-ray images of the Ghent Altarpiece*, in «Science Advances», vol. 5, fasc. 8, 2019; C.B. WILDA, A. BURNSTOCK, K. SUHLING, F. MATTIOLI DELLA ROCCA, R.K. HENDERSON, J. NEDBAL, *Visualising varnish removal for conservation of paintings by fluorescence lifetime imaging (FLIM)*, in «Heritage Science», vol. 11, fasc. 1, 2023, pp. 127–148.

¹³³ E.T. ARENA, C.T. RUEDEN, M.C. HINER, S. WANG, M. YUAN, K.W. ELICEIRI, *Quantitating the cell: turning images into numbers with ImageJ*, in «Wiley Interdisciplinary Reviews: Developmental Biology», vol. 6, fasc. 2, 2017.

¹³⁴ M.J. SHOTT, D. HABTZGHI, *Toward disentangling stages in mixed assemblages of flake debris from biface reduction: An experimental approach*, in «Journal of Archaeological Science», vol. 70, 2016, pp. 172–180; H. WRIGHT, G. GATTIGLIA; T. KATTENBORN, J. EICHEL, F.E. FASSNACHT, *Convolutional Neural Networks enable efficient, accurate and fine-grained segmentation of plant species and communities from high-resolution UAV imagery*, in «Scientific Reports», vol. 9, 2019, pp. 1–9.

¹³⁵ J. NOCKELS, P. GOODING, S. AMES, M. TERRAS; I. DI LENARDO.

5.3.2 Software preesistenti

Le prime sperimentazioni in ordine di tempo hanno cercato di sondare le possibilità di impiego di software già esistenti dall'utilizzo semplice ed accessibile a personale non specializzato a seguito di una breve formazione. La scelta iniziale in tal senso è da trovarsi nell'intento di sondare l'attuale situazione di interoperabilità possibile con i materiali prodotti negli ultimi anni senza dover ricorrere alla collaborazione interdipartimentale, scelta preferita in un secondo tempo, dopo aver toccato direttamente i limiti esistenti nell'impiego di materiali *out of the box* anche qualora ideati per un impiego molto vasto. Il caso in questione riguarda l'utilizzo di due software *open source* nati in ambiente accademico per l'impegno nel campo della ricerca come Icy,¹³⁶ Ilastik¹³⁷ e Meka¹³⁸.

Alle funzionalità di un programma per la visualizzazione e la modifica di immagini multilivello e di riprese video ottenute tramite un microscopio, Icy aggiunge alcuni strumenti di analisi delle immagini basati direttamente sull'impiego di algoritmi propri del dominio del *Machine Learning*, garantendo una base di accesso a semplici sistemi quali i *Random Forest* e permette, proprio grazie alla struttura aperta, di integrare all'occorrenza sistemi più evoluti o più complessi. La nascita di questo software per impieghi nei campi di ricerca delle scienze umane pone alcuni limiti nel suo impiego nella forma base pensata dagli sviluppatori ma è risultato essere un sistema estremamente versatile per valutare, in fase embrionale, le possibilità di identificazione dei punzoni e testare, come spiegato precedentemente, i migliori sistemi di illuminazione da utilizzare durante le riprese. Nato principalmente per lo studio e la classificazione ed il clustering di immagini e video di colture e campioni di cellule, non è stata sfruttata appieno la sua funzionalità di sistema di visione ed elaborazione immagini potendo contare sul più robusto ed efficiente *Adobe Photoshop* mentre sono state sondate immediatamente le capacità di riconoscimento dei singoli elementi all'interno di una fotografia. Plugin come *Spot Detector* e *HK-Means*,¹³⁹ nati per l'identificazione ed il conteggio delle cellule sono stati direttamente testati su ritagli di immagini dei fondi oro ottenendo risultati molto incoraggianti in termini di precisione, seppur afflitti in modo significativo da un'architettura software pensata per lavorare su immagini in bassa risoluzione. Semplici operazioni di segmentazione e rilevamento contorni basate sull'analisi dell'istogramma di tipo *K-Means* si sono rivelate estremamente dispendiose in termini di tempo nel dover gestire immagini ad alta risoluzione e nemmeno operazioni di riduzione dei dati hanno portato a significativi vantaggi. Alcuni tentativi di definire *ROI (Region Of Interest)* nelle quali limitare la ricerca hanno da subito evidenziato il problema che riguarderà buona parte delle sperimentazioni successive. Una definizione automatica delle ROI sulla base di caratteristiche dell'immagine come il colore dell'oro risultava essere una strada limitante in quanto prona ad abbandonare l'analisi delle decorazioni punzonate presenti in differenti aree rispetto lo sfondo, come nel caso degli elementi decorativi delle vesti oppure le aree soggette a distacco della lamina o ossidazione dei materiali, mentre una selezione manuale delle ROI avrebbe limitato già in fase iniziale lo sviluppo di un sistema in grado di analizzare in relativa autonomia le immagini, dovendo contare su un'osservazione umana e soprattutto sulle capacità informatiche di un operatore almeno in parte formato sull'impiego del software. In ogni caso la limitazione delle aree sulle quali effettuare la ricerca di contorni e, conseguentemente, dei punzoni si è rivelata essere una strada valida solo in parte in quanto le risoluzioni

¹³⁶ F. DE CHAUMONT, S. DALLONGEVILLE, N. CHENOUEARD, N. HERVÉ, S. POP, T. PROVOOST, V. MEAS-YEDID, P. PANKAJAKSHAN, T. LECOMTE, Y. LE MONTAGNER, T. LAGACHE, A. DUFOUR, J.-C. OLIVO-MARIN, *Icy: an open bioimage informatics platform for extended reproducible research*, in «Nature Methods», vol. 9, fasc. 7, 2012, pp. 690–696.

¹³⁷ S. BERG ET AL., *ilastik: interactive machine learning for (bio)image analysis*, in «Nature Methods», vol. 16, fasc. 12, 2019, pp. 1226–1232.

¹³⁸ J. READ, P. REUTEMANN, B. PFAHRINGER, G. HOLMES, *MEKA: A Multi-label/Multi-target Extension to WEKA*, in «Journal of Machine Learning Research», vol. 17, fasc. 21, 2016, pp. 1–5.

¹³⁹ <https://icy.bioimageanalysis.org/plugin/spot-detector/>,

I. SMAL, M. LOOG, W. NIESSSEN, E. MEIJERING, *Quantitative Comparison of Spot Detection Methods in Fluorescence Microscopy*, in «IEEE Transactions on Medical Imaging», vol. 29, fasc. 2, 2010, pp. 282–301.

molto alte delle immagini dei politici hanno impedito un efficace impiego dei plugin anche a seguito della riduzione dei dati.

Proseguendo nella fase iniziale di sperimentazione, il secondo software preso in esame è stato invece *Meka*, sviluppato come plugin del più comune *Weka* (Waikato Environment for Knowledge Analysis) nato come sistema di selezione ed analisi via *Machine Learning* sviluppato dall'Università di Waikato in Nuova Zelanda. È infatti proprio la caratteristica di facile accesso allo sviluppo di un software che ha permesso ad un gruppo di ricercatori di implementarne alcune funzioni per meglio rispondere ai propri interessi. Anche in questo caso un programma nato per la visualizzazione di immagini scientifiche, in grado di gestire sia le estensioni più comuni che i file più complessi, siano essi composti da vari livelli o siano video sui quali operare su ogni singolo frame, è stato integrato con le funzionalità di *labeling*, per poter classificare sia in maniera binaria che tramite classi multiple immagini o parti di esse ed accedere quindi alle funzionalità di identificazione e riconoscimento disponibili tramite le librerie sviluppate in *Java*. L'idea alla base del progetto è quella di un'interfaccia semplice in grado di rendere accessibili le più comuni librerie di comandi ad un pubblico abituato all'utilizzo di *Weka*, riducendo in maniera importante la curva di apprendimento richiesta per poter operare compiti di *clustering* e classificazione su gruppi di immagini predisposti all'occorrenza.

La fase sperimentale di applicazione di questo software su immagini fotografiche di tavole dipinte ha interessato unicamente le poche immagini a colori prodotte al Museo Bandini di Fiesole in quanto non erano ancora disponibili né i materiali digitalizzati successivamente a Pisa e Siena né i negativi di Erling Skaug, digitalizzati l'anno successivo a queste prime prove. Il software in questione, a differenza del precedente, è strutturato come una semplice *GUI* per facilitare le operazioni di test e selezione degli algoritmi da impiegare, lasciando molto libero il campo dei materiali analizzabili. Occupandosi di analisi dei dati ad un livello più profondo rispetto ad *Icy*, *Weka* e *Meka* permettono l'analisi e l'elaborazione di qualsiasi genere di documento, sia esso testuale, sonoro o composto da immagini, variando unicamente le librerie richieste per l'interpretazione. Non occupandosi di visualizzazione e riproduzione dei materiali, il sistema è risultato essere ben più performante ed in grado di elaborare anche materiali molto pesanti contando unicamente sulla potenza di calcolo di normali *Workstation* dotate di processori grafici dedicati. In questo ambiente è stato possibile sperimentare i risultati di sistemi ML relativamente robusti e noti, dando una preferenza a metodi classici come il *Random Forest* senza entrare nel campo delle reti neurali più complesse. I risultati ottenuti con questo sistema, per quanto limitati comunque dalle contenute possibilità di intervento sulle strutture della rete, hanno evidenziato come l'affinità dei problemi di identificazioni di elementi ripetitivi nelle immagini possa essere analizzato correttamente tramite l'impiego di sistemi di apprendimento automatico, per quanto la casistica specifica limiti i sistemi *out of the box* a risultati promettenti ma imperfetti, suggerendo quindi i passi successivi nella sperimentazione, spostando il metodo di indagini su architetture costruite esattamente per rispondere alle esigenze del caso, e quindi in grado di gestire contemporaneamente sia risoluzioni molto elevate nelle immagini che la presenza di punzoni in aree differenti da quelle comunemente interessate dalla presenza di foglia d'oro. I risultati ottenuti a questo punto sono quindi stati utilizzati come guida iniziale per la costruzione di un sistema apposito grazie alla collaborazione con competenze specifiche provenienti dall'ingegneria informatica e dal campo della *Data Science*.

5.3.3 Sviluppo specifici

Potendo contare sulla collaborazione con il dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste ed in particolare Felice Andrea Pellegrino, professore associato del dipartimento e Marco Zulich, dottorando in Ingegneria Industriale e dell'Informazione, è stato possibile strutturare una ricerca più approfondita che riguardasse il riconoscimento di un campione contenuto di punzoni censiti da Erling S. Skaug all'interno di un dataset sufficientemente vasto creato per l'occorrenza, in modo da sperimentare estesamente i risultati ottenibili sia tramite i sistemi di ML più classici che con l'impiego di pratiche proprie del campo del *Deep Learning*.

Come accennato precedentemente, gli studi nella direzione del riconoscimento di forme artistiche tramite tecniche computazionali hanno una storia che affonda le sue radici in anni ancora precedenti la definizione del termine *Digital Humanities* mentre lo sviluppo esponenziale di queste metodologie è da collocarsi in un periodo più tardo, quando la disponibilità di dati sempre più ricchi e completi, l'abbondanza di immagini a disposizione all'interno dei database e la potenza di calcolo dei calcolatori ha raggiunto livelli tali da rendere sempre più semplice la realizzazione pratica di tali operazioni. Entrando nello specifico campo della *Computer Vision* applicata a casi simili, in modo da definire il quadro di riferimento in cui operare le successive prove, conviene concentrare qui l'attenzione sui sistemi sperimentati in anni più o meno recenti.

All'interno del campo più specifico della *Pattern Recognition*, ovvero la disciplina contenuta nel termine più ampio di *Machine Learning* che si occupa dell'identificazione di schemi ripetuti all'interno di gruppi di dati, per poter poi procedere ad una loro classificazione, possono essere identificati differenti approcci per quanto riguarda sia l'estrazione dei dati che la loro successiva classificazione. Nell'ambito dei beni culturali il problema è stato affrontato dagli angoli più vari evidenziando come sia la definizione stessa della struttura logica a determinare i risultati degli esperimenti. Le tecniche basate sull'estrazione e la raccolta di informazioni caratteristiche dai pixel delle immagini per poter confrontare questi risultati con gli stessi estratti da un campione noto e definito di altre immagini possono essere classificati come sistemi *Key-points-based* e rappresentano, sotto alcuni aspetti, il sistema più simile al procedimento logico umano per classificare delle immagini. I sistemi per estrarre da un'immagine determinate caratteristiche (*features*), e per confrontarle tra loro definendone il grado di somiglianza, ad esempio sulla base di valutazioni quali la consistenza di spostamenti fisici quali la rototraslazione o la differenza nel colore dei punti, determinano conseguentemente la qualità finale del risultato. Sistemi basati sulla comparazione di immagini tramite invece l'impiego dei sistemi di *Deep Learning*, pur dovendo contare su moli di calcolo ben maggiori e conseguenti difficoltà che verranno discusse nel dettaglio più avanti, hanno dimostrato a loro volta una valida potenzialità, come intuibile d'altra parte dal generale aumento di casi applicativi delle reti neurali in grado di dare, almeno in alcuni casi, risultati in grado di superare ampiamente quanto precedentemente ottenuto da sistemi *point-based*.

Questa differenza nella qualità dei risultati non deve portare automaticamente ad una definizione di sistemi migliori o peggiori per l'identificazione della decorazione punzonata e solamente uno studio approfondito su un *dataset* di dimensioni almeno sufficienti può portare alla scelta di un metodo rispetto agli altri come ben dimostrato da Giovanni Pinna nel suo lavoro di tesi.¹⁴⁰ Uno degli svantaggi principali dei sistemi basati su *Convolutional Neural Network (CNN)* infatti è quello di non poter determinare in prima istanza il posizionamento dell'oggetto identificato all'interno di una scena creando il problema secondario di doverne poi trovare la posizione in una fase successiva, a differenza dei sistemi più tradizionali di CV dove la definizione dei parametri della trasformazione tra punti noti dell'immagine di partenza rispetto a quella identificata nella scena studiata è in grado di definirne anche l'esatto posizionamento, definendo nel nostro caso il punzone e la sua localizzazione su un'immagine ad alta risoluzione.

Le ricerche condotte in questa fase iniziale per definire la qualità dei risultati ottenibili con i vari sistemi a disposizione hanno riguardato lo studio di tre opere d'arte depositate presso la Pinacoteca Nazionale di Siena e presenti nel database precedentemente illustrato.¹⁴¹ Sono state scelte opere di uno stesso autore, Lippo Memmi, che avessero tra loro alcuni punzoni in comune e che fossero rappresentative di due differenti livelli

¹⁴⁰ G. PINNA, *An Automatic Tool for the Recognition of Punches in Late-Medieval Panel Paintings*, Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica, Università degli Studi di Trieste. Dipartimento di Ingegneria e Architettura, , 2022.

¹⁴¹ <http://corpuspitturafioentina.bmlonline.it/s/punch/item/3059>
<http://corpuspitturafioentina.bmlonline.it/s/punch/item/3060>

di integrità dell'opera stessa nelle parti interessate dalla decorazione punzonata per poter meglio verificare i risultati in situazioni comuni e caratteristiche per delle opere del XIV secolo.

In queste tre immagini sono stati identificati tutti i punzoni presenti e questi sono stati isolati in una serie di nuovi livelli nel file tramite una procedura di ritaglio che ha generato 3159 livelli differenti dove per ogni punzone è stata utilizzata sempre la medesima dimensione della finestra di ritaglio, uniformando i risultati ottenuti per ogni dimensione del punzone. Questi sono stati esportati tramite uno script creato all'occorrenza in *OpenCV* in quanto le funzionalità interne di Adobe Photoshop per l'esportazione automatica dei livelli in file separati si è dimostrata non praticabile a causa dell'enorme mole di calcoli richiesti con l'aumentare dei livelli per ogni singolo file, risultando in operazioni della durata di svariati giorni. Una volta esportati i livelli in singoli file, questi sono stati raggruppati per tipologia in un totale di 17 classi corrispondenti ai 17 punzoni presenti nelle opere. Analizzando il dataset a disposizione in questa prima fase della ricerca conviene notare due caratteristiche generali che determineranno alcune problematiche della ricerca. La variabilità delle dimensioni dei singoli ritagli, legata ovviamente alla dimensione dei vari punzoni, porta alla presenza di immagini di dimensione differente e molto variabile, dai pochi millimetri (115X115 pixel) di un punzone di dimensioni molto piccole quale il 385 a dimensioni superiori ai due centimetri nel caso del gruppo 619 (550X500 pixel). Differente problema, legato in parte alla misura dei punzoni stessi ma più propriamente al loro impiego, riguarda l'importante differenza nel numero di istanze campionate. Per i punzoni utilizzati più estesamente, come nel caso del punzone 729 impiegato come elemento di riempimento per ampie parti della veste del San Luigi, per il quale sono stati prodotti 635 differenti ritagli mentre elementi di dimensioni maggiori o semplicemente utilizzati unicamente in situazioni specifiche hanno visto una presenza molto ridotta, 17 ripetizioni per il punzone 438 e 48 per il punzone 619. Questa disparità nel numero di istanze, qui esacerbata dalla presenza di alcune forme impiegate in maniera pressoché seriale in varie parti dell'opera rispetto ad altre utilizzate unicamente per la decorazione della parte centrale dei nimbi o delle parti periferiche delle tavole, rappresenta una delle problematicità che erano state intraviste nella fase iniziale di sperimentazione ma non ancora testate in casi specifici durante le prime prove svolte con i software *Weka* e *Icy*, in quanto le due opere utilizzate in questa fase proto-sperimentale, l'Evangelista di Bernardo Daddi¹⁴² e l'Annunciazione di Taddeo Gaddi¹⁴³ conservati a Fiesole, garantivano una presenza di punzoni più equamente distribuiti nella quantità di ripetizioni, seppur per un numero di classi molto inferiore.

Osservando le immagini dei tre dipinti, oltre ai differenti livelli qualitativi nella conservazione delle singole forme, si può notare come alcuni punzoni, quali ad esempio il 43 ed il 171 siano adoperati sia sull'oro, e quindi giacciono su uno sfondo dal colore giallo acceso, che su lamine d'argento ed appaiano quindi su sfondo scuro, nel caso di una ossidazione del materiale o arancio qualora il distacco totale o parziale della lamina renda visibile lo strato preparatorio sottostante. Questa differenza nell'apparenza delle singole tracce rappresenta un ulteriore grado di variabilità tra le immagini utilizzabili nel *training set* e problematizzano la questione del riconoscimento su un set più vasto qualora i materiali fotografati in questa fase iniziale rappresentino solamente una delle casistiche possibili, rendendo molto difforni gli elementi qui studiati da quelli provenienti da ulteriori campagne e futuri studi.

Per ovviare almeno in parte all'impossibilità di disporre di immagini per ognuna delle casistiche appena accennate e contemporaneamente migliorare i risultati nel riconoscimento di punzoni per i quali siano disponibili unicamente pochi ritagli è stata necessaria la sperimentazione degli effetti di processi di *Data Augmentation* sui materiali in nostro possesso. Tale pratica, consistendo nella generazione tramite processi artificiali di nuovi materiali di indagine per l'addestramento di una rete, è stata impiegata per sviluppare nuove immagini dei punzoni studiati, aventi variazioni specifiche definite in anticipo. Nel caso di studio qui proposto ci si è concentrati maggiormente sull'alterazione dei ritagli dei punzoni seguendo quattro direttrici

¹⁴² <http://corpuspitturafiorentina.bmlonline.it/s/punch/item/2619>

¹⁴³ <http://corpuspitturafiorentina.bmlonline.it/s/punch/item/2559>

principali in grado di simulare variazioni tra le immagini in qualche modo simili alle variazioni esistenti tra i punzoni realmente fotografati. L'ampliamento del bacino di immagini tramite *Data Augmentation* ha visto una rotazione delle immagini che simulasse la normale variabilità nell'inclinazione del punzone, l'applicazione di una sfumatura su una parte di esse, la variazione casuale dei colori ed infine la copertura di alcune aree dell'immagini con delle *patch* da forme e colori generati casualmente producendo una variabilità dei materiali come in Figura 130. Quest'ultima variazione è stata implementate per osservare i risultati nel riconoscimento di punzoni presenti in forma frammentaria, caso comune nelle aree caratterizzate da uno stato conservativo peggiore.

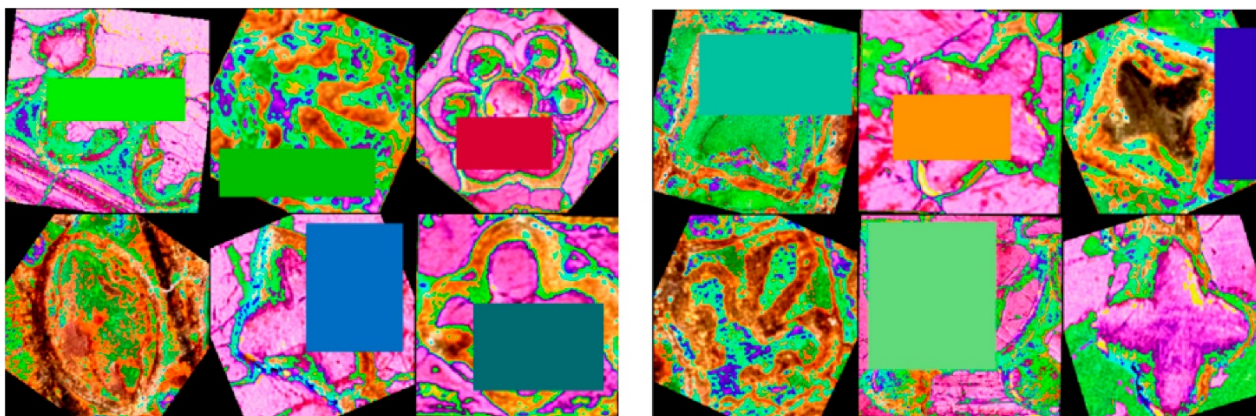


Figura 130 La selezione di 12 risultati della data augmentation illustra il tentativo di generare immagini in grado di coprire le più svariate casistiche, allentando profondamente il vincolo generato dal colore delle fotografie di partenza.

Un caso come quello preso in esame permette di introdurre il concetto di *Closed Set* ed *Open Set Learning* e la loro importanza nell'indagine delle tavole medievali. Questa distinzione tra metodi di riconoscimento automatico si basa su un concetto logico familiare ed importante nel campo dell'informatica la cui validità nell'analisi storico artistica risulta forse limitata se non su un piano puramente concettuale. La classificazione su sistemi chiusi (*CSL*) si basa sull'assunzione aprioristica di una conoscenza complessiva delle variabili del caso e che, nello specifico, le classi atte a definire i singoli punzoni siano tutte note già in una fase iniziale. Se questa conoscenza è in effetti possibile indagando un numero contenuto di tavole già ampiamente studiate, non vale lo stesso qualora si voglia applicare il ragionamento ad un insieme più vasto di immagini, rendendo impossibile l'identificazione di forme nuove della decorazione punzonata, richiedendo quindi una mappatura completa di ogni singola opera o dei punzoni in essa presenti prima dell'eventuale inserimento della stessa all'interno di una nuova indagine. Questo limite strutturale nell'interagire con nuove classi o elementi la cui ricchezza di informazioni sia troppo contenuta per profilarne correttamente le caratteristiche, come nel caso di punzoni la cui presenza sia riscontrabile con poche ripetizioni in un'unica opera identifica uno dei problemi riscontrati nell'uso di un sistema *CSL*. Sempre in relazione a questo sistema di classificazione è stato possibile notare come, qualora venissero inseriti tra i dati da analizzare anche elementi estranei la decorazione punzonata, siano essi ritagli di aree dell'immagine non interessati dalla presenza di punzoni o semplici immagini create artificialmente, il vincolo a classificare ogni elemento come appartenente ad una delle classi definite inizialmente ha generato forzature nei risultati che hanno portato come risultato ad un errata attribuzione, sia pur con una confidenza molto elevata anche in casi evidenti di incoerenza. Nel tentativo di superare questo problema logico alla base della classificazione, dovendo immaginare di costruire un'architettura in grado di analizzare opere dove siano presenti punzoni non precedentemente studiati, saranno successivamente analizzate le soluzioni in grado di gestire sistemi classificatori aperti.

Per quanto concerne i risultati iniziali della sperimentazione, tre metodi appartenenti alla famiglia dei sistemi *key-point based* sono stati testati con risultati interessanti ma non ancora del tutto soddisfacenti. L'estrazione

di *features* tramite l'impiego di un descrittore come l'*Hu's Moment*¹⁴⁴ ha permesso di identificare le immagini nelle classi date in partenza con un'accuratezza del 47,37% mentre l'impiego di un algoritmo come il *SIFT* ha migliorato i risultati portandoli ad un 62,8% sul campione. L'impiego di un descrittore molto noto ed utilizzato in compiti di CV come l'*Histogram of Oriented Gradients (HOG)*¹⁴⁵ basato sulla possibilità di definire il contenuto di un'immagine tramite la definizione dei gradienti di intensità dei pixel di un'immagine e la definizione dei bordi di un soggetto tramite lo stesso principio ha invece prodotto risultati meno soddisfacenti raggiungendo un'accuratezza del 20% dei risultati.

Risultati più incoraggianti per quanto riguarda la precisione nel riconoscimento dei punzoni sono stati ottenuti tramite l'impiego di reti neurali, accettando contemporaneamente di dover risolvere in un secondo momento il problema della localizzazione dei punzoni stessi sulla superficie di un'opera d'arte. Sempre nel lavoro di tesi di Giovanni Pinna¹⁴⁶ è stata indagata la possibilità di impiegare un'architettura ampiamente rodada come la rete ResNet50.

Se precedentemente si è accennato ai metodi classici di classificazione ed analisi, a questo punto della ricerca ci si è spostati verso la sperimentazione dei sistemi afferenti al Deep Learning, ovvero la branca del Machine Learning che sfrutta una moltiplicazione dei livelli interpretativi dei dati nel passaggio tra l'estrazione delle Low Level Features al raggiungimento del risultato della classificazione. Semplificando profondamente la teoria delle reti neurali, la base di funzionamento del sistema si fonda sulla definizione di una serie di nodi, interconnessioni tra i dati, raggruppati in serie di decine o centinaia di livelli. A differenza dei sistemi indagati precedentemente, la proliferazione dei livelli attraverso cui analizzare i dati, nel nostro caso immagini, permette di rifinire un modello su analisi sempre più puntuali del Training Set, determinando, sulla base dei dati di partenza, il "peso" di ogni singolo nodo (o neurone) all'interno della rete. La veloce proliferazione dei sistemi neurali nell'analisi dei dati è da trovarsi nell'elevata precisione dei risultati ottenibili in alcuni campi, unita alla semplificazione nella fase di definizione della features da estrarre, procedura svolta in questo caso in via automatica durante la fase di addestramento della rete stessa.¹⁴⁷

I risultati ottenuti tramite l'impiego di reti neurali, pur accettando l'impossibilità ad ottenere come dato il posizionamento dei singoli punzoni all'interno dell'immagine e quindi aprendo il campo ad una nuova serie di ricerche ancora in fase di sviluppo, ha prodotto risultati molto più soddisfacenti rispetto le prospettive iniziali. Il passaggio ad un sistema di *Open Set Learning* ha permesso di interagire anche con immagini che non siano punzoni, prodotte attraverso il ritaglio di aree in cui fosse presente la foglia d'oro ed il cretto ma mancasse interamente la traccia dei punzoni. L'integrazione di una forma aperta non vincolata alle classi inizialmente definite ha altresì dimostrato come i risultati iniziali in termini di precisione dell'identificazione (98% con l'impiego di ResNet50) andassero verso una diminuzione dell'accuratezza per quanto concerne le immagini non riguardanti la decorazione punzonata.

Alla luce dei positivi risultati conseguiti durante la realizzazione di questo lavoro di tesi, perfettamente in grado di confortare le aspettative riguardanti la creazione di un sistema automatico per il riconoscimento dei punzoni, la ricerca è stata ulteriormente ampliata modificando il numero di punzoni presi in esame unendo alla terna iniziale una quarta opera di un autore differente che non condivide alcun punzone con le tavole precedenti e che utilizzi uno stile decorativo differente. Riproponendo la ben nota distinzione operata da E.S. Skaug tra lo stile senese e quello fiorentino di decorazione dei nimbi, alle tavole di Lippo Memmi è stata

¹⁴⁴ MING-KUEI HU, *Visual pattern recognition by moment invariants*, in «IEEE Transactions on Information Theory», vol. 8, fasc. 2, 1962, pp. 179–187.

¹⁴⁵ N. DALAL, B. TRIGGS, *Histograms of Oriented Gradients for Human Detection*, in «2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)», vol. i, IEEE, San Diego, 2005, pp. 886–893.

¹⁴⁶ C. JOHNSON, E. HENDRIKS, I. BEREZHNOY, E. BREVDO, S. HUGHES, I. DAUBECHIES, J. LI, E. POSTMA, J. WANG, *Image processing for artist identification*, in «IEEE Signal Processing Magazine», vol. 25, fasc. 4, 2008, pp. 37–48.

¹⁴⁷ Y. LECUN, Y. BENGIO, G. HINTON, *Deep learning*, in «Nature», vol. 521, fasc. 7553, 2015, pp. 436–444.

avvicinata la riproduzione dell'Evangelista di Bernardo Daddi conservata a Fiesole per poter meglio osservare i risultati su un dataset più complesso. Il numero complessivo di ritagli è stato portato a 3815 per un totale di 19 classi come riassunto in Figura 131 dove è possibile trovare anche il riferimento al disegno proposta da E.S. Skaug nei suoi volumi.






































Punzone	Ripetizioni	Immagine	Disegno
43	252		
72	250		
96	74		
171	314		
178	79		
274	202		
296	109		
330	258		
371	160		
385	610		
390	399		
438	17		
554	132		
570	55		
619	48		
655	158		
657	63		
659	22		
729	613		

Figura 131 L'elenco dei punzoni indagati illustra chiaramente la grande variabilità nel numero di immagini a disposizione per ogni singola forma.

In questa seconda fase si è scelto di testare anche dei sistemi in grado di ridurre i tempi di elaborazione dei dati, motivo per il quale sono stati osservati i risultati qualora le immagini di partenza venissero uniformate ad una singola dimensione, senza sfruttare il dato relativo la dimensione dei singoli punzoni. Nonostante l'uniformazione di tutte le immagini complessive e, conseguentemente, dei loro ritagli ad una risoluzione di 1000dpi questo dato è stato scartato, convertendo quindi ogni raffigurazione dei punzoni in un'immagine di 256x256 pixel. Questo ha permesso di sfruttare la capacità delle reti neurali di elaborare gruppi di immagini simultaneamente qualora queste non differiscano nelle dimensioni. Questa scelta, operata al seguito dei risultati molto soddisfacenti ottenuti precedentemente, non rappresenta *tout court* un abbandono dell'analisi spaziale delle informazioni in quanto il problema potrà poi essere affrontato tramite altri procedimenti, in particolare quelli tesi ad identificare le forme della decorazione punzonata all'interno di singole immagini in alta risoluzione. Inoltre la sperimentazione dei risultati ottenibili attraverso questa uniformazione ha permesso, almeno in ambito sperimentale, di sondare i risultati del riconoscimento di punzoni dalle forme molto simili come nel caso delle classi di appartenenza dei punzoni 72 e 96, entrambi archetti, le foglie 657 e 659 e soprattutto le pentarosette 385 e 390 dove le dimensioni molto contenute degli elementi hanno reso difficoltoso anche il discrimine operato ad occhio umano in quanto lo stato di conservazione delle tavole, la presenza del cretto e le dimensioni di pochi millimetri, hanno evidenziato similarità molto forti tra gli elementi.¹⁴⁸

Per quanto concerne l'identificazione di istanze esterne invece, queste possono essere riconosciute attraverso due sistemi differenti nella logica e nell'utilizzo, seppur simili nell'effetto. Da una parte il risultato di una bassa confidenza del riconoscimento per ognuna delle classi sulle quali il modello sia addestrato può essere utilizzato come discrimine per la non identificazione dell'immagine come punzone, mentre un'altra strada percorribile è quella della definizione di una predizione iniziale che identifichi unicamente l'immagine come punzone o "non-punzone" prima di procedere alla classificazione, tecnicamente definibile come un approccio *discriminatorio*. La seconda strada, tramite Il-Loss, è stata usata nella ricerca precedente mentre in questo caso si scelto, dopo sperimentazione e confronto dei risultati, la strada dell'impiego di una *Generative Adversarial Network* o *GAN*¹⁴⁹. Il funzionamento di questi particolari modelli di *Machine Learning* si basa sull'impiego di due strutture distinte tra loro, un generatore di informazione ed un discriminatore. Il compito della prima struttura è quello di generare informazioni, in questo caso immagini le quali, sulla base delle informazioni raccolte durante la fase di addestramento su dataset originale, assomiglino il più possibile alle entità ricercate, in termini semplicistici, false immagini di punzoni. È invece compito del discriminatore generato, almeno nel caso specifico della *OpenGAN*¹⁵⁰ qui impiegata, tramite *overfitting*¹⁵¹ dei dati di partenza, quello di distinguere i dati reali da quelli costruiti artificialmente. Una rete così addestrata potrebbe essere quindi in grado di rispondere con precisione al compito di escludere gli elementi non correttamente classificabili, siano essi generati artificialmente o reali, evitando l'errore già illustrato di un riconoscimento forzoso. A questo punto del lavoro conviene spendere qualche parola su una scelta operata nella costruzione del sistema di identificazione degli elementi classificati come OOD (*Out Of Distribution*) che ha richiesto una valutazione di carattere più prettamente storico-

¹⁴⁸ Non nuoce notare come punzoni di dimensioni molto ridotte sono spesso accompagnati da una elevata ridondanza nel loro utilizzo, nel caso specifico, 610 e 399 istanze rispettivamente per i punzoni 385 e 390, dato che ha indubbiamente favorito l'addestramento della rete neurale nell'identificazione delle piccole differenze. È probabile, anche se non è stato estesamente testato il caso in questione, che una riduzione a poche istanze di anche solo una di queste immagini avrebbe portato ad un calo complessivo nell'accuratezza del discrimine.

¹⁴⁹ I. GOODFELLOW, J. POUGET-ABADIE, M. MIRZA, B. XU, D. WARDE-FARLEY, S. OZAIR, A. COURVILLE, Y. BENGIO, *Generative Adversarial Nets*, Z. Ghahramani et al. (a cura di), in «Advances in Neural Information Processing Systems», vol. xxvii, Curran Associates, Inc., , 2014.

¹⁵⁰ S. KONG, D. RAMANAN, *OpenGAN: Open-Set Recognition via Open Data Generation*, in «2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)», IEEE, Montreal, 2021, pp. 793–802.

¹⁵¹ M. FIORUCCI, M. KHOROSHILTSEVA, M. PONTIL, A. TRAVIGLIA, A. DEL BUE, S. JAMES.

artistico che ingegneristico. Nella definizione di una classificazione binaria come quella qui proposta, punzone o non-punzone, dovendo tenere in considerazione la presenza di errori, seppur ridotta, da parte della rete neurale in sperimentazione, la scelta sul come gestire le eventualità dei falsi positivi e dei falsi negativi a richiesto un ulteriore approfondimento. Considerando i falsi positivi come immagini che non ritraggono punzoni identificate erroneamente e per falsi negativi le immagini di punzoni non riconosciuti come tali, si è scelto di attuare una scelta in favore dei secondi per motivi propri dell'utilità pratica di un tale sistema. Potendo contare sempre sulla presenza di almeno qualche ripetizione nell'utilizzo di un punzone, seppure molto contenuta nel caso di elementi di grandi dimensioni, l'eventuale presenza di un mancato riconoscimento di un punzone all'interno di un'opera causerebbe unicamente una riduzione nel conteggio complessivo delle istanze presenti mentre non escluderebbe in alcun modo il rilevamento della presenza di una determinata forma. Diverso discorso deve farsi invece qualora punzoni non presenti nel *dataset* iniziale e quindi non classificati o ritagli generici di un'opera, in particolare aree interessate dal cretto o da decorazioni eseguite manualmente (come nel caso del falso punzone 225 identificato in un'opera di Allegretto Nuzi) venissero erroneamente definite come appartenenti alla classe di qualche punzone esistente. Seppure il mantenimento di un livello generale di errore su percentuali molto basse non rischi di inficiare l'efficacia del metodo proposto, si è ritenuto comunque importante ridurre ove possibile questa eventualità dando quindi maggior peso ai casi di falsi negativi, considerati come meno dannosi al fine di poter utilizzare questo strumento al di fuori dell'ambiente sperimentale in cui è stato sviluppato.¹⁵²

Il risultato promettente per quanto riguarda il riconoscimento degli elementi estranei alle classi predeterminate ha aperto la strada ad un approfondimento specifico sul tema potendo infine ragionare sulla capacità della rete così addestrata di determinare l'esistenza o meno di decorazione punzonata nelle immagini analizzate. Potendo contare sulla capacità di determinare la presenza di un punzone su un qualsiasi ritaglio generico di un'immagine, le ricerche portate avanti nella fase finale del triennio hanno potuto finalmente spostarsi sull'indagine generale delle immagini in alta risoluzione. Se infatti l'identificazione di oggetti all'interno di parti delle immagini è una caratteristica propria di molte reti neurali quali YOLO,¹⁵³ questi sistemi sono stati sviluppati per l'analisi di immagini in bassa risoluzione e non sono in grado di produrre risultati validi analizzando nel suo complesso file caratterizzati da dimensioni pari alle decine di migliaia di pixel per lato. La soluzione che verrà sperimentata nel prossimo futuro si basa quindi su un processo sezionamento automatico delle immagini in unità più piccole per procedere successivamente al riconoscimento dei punzoni all'interno di ognuna di esse.¹⁵⁴

Giungendo alla conclusione di questo testo conviene quindi provare ad osservare i materiali prodotti da una distanza lievemente superiore e contestualizzarli con lo stato attuale delle ricerche. La possibilità di rendere accessibili i materiali dell'archivio di E.S. Skaug, non unicamente nella forma di tabelle e riferimenti incrociati ma collegando a questi dati le digitalizzazioni delle immagini da cui la ricerca è iniziata può finalmente permettere di contestualizzare correttamente il lavoro dello storico dell'arte norvegese e di trattare l'argomento con maggior attenzione in futuro. La posizione interlocutoria di Skaug a riguardo del suo stesso lavoro può finalmente essere confortata dalle evidenze da lui raccolte e potrà in futuro venir ulteriormente ampliata attraverso il ricorso a nuove campagne di immagini. La standardizzazione nella visualizzazione dei file ed il ricorso ad architetture aperte come nel caso di IIIF permettono di utilizzare un database così strutturato come centro di gravità anche per campagne di digitalizzazione svolte da altri operatori, senza con questo dover costruire un server in grado di conservare tutte le immagini prodotte negli anni a venire.

¹⁵² M. ZULLICH, V. MACOVAZ, G. PINNA, F.A. PELLEGRINO, *An Artificial Intelligence System for Automatic Recognition of Punches in Fourteenth-Century Panel Painting*, in «IEEE Access», vol. 11, 2023, pp. 5864–5883.

¹⁵³ J. REDMON, S. DIVVALA, R. GIRSHICK, A. FARHADI, *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*, presentato al 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE, Las Vegas, 2016, pp. 779–788.

¹⁵⁴ J. BRUEGGHER, *SWORDSIMP: Sliding Window Object Recognition and Detection for Stamp-punches impressed in Medieval Paintings*, Tesi di laurea, 2023, University of Groningen.

L'utilizzo di standard come *Dublin Core*, pur dovendone evidenziare i limiti in una descrizione così specifica delle voci di un database, rende le informazioni accessibili ad impieghi futuri attraverso la creazione di semplici tabelle di conversione, senza per questo dover accedere direttamente ai dati conservati sui server. In particolare per quanto riguarda le immagini sino a qui digitalizzate, il collegamento fotografia-punzone è un dato esportabile via API anche qualora non si potesse accedere ai fogli di calcolo che hanno dato forma all'archivio e similmente si procederà con quanto verrà in futuro integrato. Poter identificare ed osservare i pochi errori a cui è andato incontro E.S. Skaug durante gli anni del suo lavoro non deve però ingannare sull'affidabilità di quanto qui riportato online. Nonostante le numerose attenzioni poste al controllo ed alla verifica dei materiali utilizzati per creare tutti gli *Item* che costituiscono la veste digitale di questo lavoro, l'errore umano rimane una problematica non completamente risolvibile. Se le verifiche incrociate svolte da chi scrive e l'aiuto avuto da collabori in grado di vedere con occhi più neutri il lavoro ed in alcuni casi evidenziare problemi nella gestione dei file da parte di software come *Microsoft Excel*, anche l'impiego di altri software per la verifica e la comparazione dei dati non possono essere considerati come sistemi perfetti. Interpretare questo database come una traduzione in una nuova forma e non come una copia esatta dei materiali di partenza è la posizione più corretta per identificarne i limiti e meglio sfruttarne le caratteristiche, senza per questo cadere nell'errore di un utilizzo acritico, sconsigliato dal carattere stesso dei dati e dalle problematiche esposte precedentemente.

La possibilità di impiegare fotografie storiche per integrare i dati utilizzati dalle reti neurali sino a qui sviluppate rimane una possibilità interessante, in particolare per quanto riguarda i punzoni presenti in numero elevato mentre si stima poco utile l'addestramento di nuove classi su istanze poco ripetute. Rimane oltremodo interessante invece la possibilità di utilizzare questi materiali nel miglioramento delle prestazioni dei discriminanti discussi precedentemente, potendo inserire centinaia di ritagli di punzoni non appartenenti a classi indagate estesamente ma pur sempre caratterizzati dalla loro tipica conformazione. Nello specifico la struttura aperta di un archivio come quello prodotto su Omeka S mantiene aperte le possibilità di interrogare i dati presenti tramite l'impiego di API create all'occorrenza, rendendo *de facto* completamente accessibili e reimpiegabili tutte le informazioni contenute nel sito.

Si spera infine di aver dimostrato come i limiti evidenziati nell'applicabilità delle reti neurali in un campo così vasto quale l'identificazione di centinaia di differenti forme punzionate sia da ascrivere unicamente alle limitate energie investite nella preparazione dei dataset e nei tempi di sviluppo richiesti per una simile preparazione. Il ricorso all'impiego di reti neurali complesse ha posticipato il problema della localizzazione ad una fase successiva e sperimentazioni in questa direzione sono in corso in questi mesi presso l'Università di Groningen in Olanda nel tentativo di superare i limiti di reti quali YOLO. Per questa ricerca sono stati prodotti nuovi ulteriori ritagli di immagini di punzoni portando il totale delle opere d'arte investigate a 11 ed il numero di istanze ad un valore superiore le 10.000 immagini per le quali, qualora i risultati di confidenza ed accuratezza rispecchino quanto precedentemente ottenuto, sarà possibile cominciare a concepire un effettivo utilizzo pratico e non solo sperimentale del sistema.

Il necessario approccio multidisciplinare qui illustrato deve inoltre tenere in considerazione, nei tentativi di sviluppo generalizzato di applicazioni simili, al limite imposto dalle condizioni della ricerca scientifica nei campi specifici e di come le esigenze di completezza nella raccolta dei dati cozzino con esigenze differenti da parte dei singoli studiosi. Non è infatti possibile garantire nella realizzazione di un progetto simile che l'interesse scientifico proveniente dal campo della *Computer Vision* possa seguire le tempistiche invece richieste da una posizione storico artistica e similmente la speranza di raggiungere una completezza dei dati raccolti in termini di opere fotografate e punzoni schedati con molta probabilità è questione che rimarrà legata al mondo delle possibilità e non della realtà, pur potendo indicare nell'interoperabilità dei file *IIIF compliant* una possibile via maestra per il reperimento di grandi moli di informazioni. Come illustrato brevemente nell'introduzione alle tecniche di *Computer Vision* i numeri utilizzati per l'addestramento di

grandi ed efficienti reti neurali per compiti generici si aggira attorno alle centinaia di migliaia di immagini¹⁵⁵ se non di centinaia di milioni¹⁵⁶ e la possibilità di operare regolazioni fini, pur essendo uno strumento molto potente, non permette di risolvere con precisione questioni come l'identificazione di forme per le quali sia presente solamente un'immagine d'archivio. La possibilità di operare su sempre più immagini in alta risoluzione ed integrare sempre più classi è altresì la possibile soluzione all'ampliamento di questi studi per quanto concerne le opere non investigate da Skaug e gli autori non censiti nei suoi volumi, in particolare per quanto nel caso dei musei interessati negli anni futuri a campagne estensive di documentazione o casi fortuiti dove a mostre monografiche possa seguire una campagna di digitalizzazione in alta risoluzione.

Giunti a questo punto rimane da notare come nuovamente il campo delle *Digital Humanities* sia percorso da una rinnovata energia a seguito degli incoraggianti risultati ottenuti da vari progetti legati all'intelligenza artificiale e che questa nuova spinta può essere paragonabile, almeno nel breve periodo di osservazione concesso ad oggi, a quella avutasi tra gli anni Ottanta e Novanta con la creazione degli archivi digitali. Anche in questo caso una possibilità offerta da studi e ricerche avanzati nei campi dell'informatica ha dovuto lavorare sottotraccia per alcuni decenni prima di poter diventare uno strumento di uso semplice, comune ed alla portata dei chiunque ne trovi la necessità. Similmente gli studi legati all'intelligenza artificiale trovano la loro teorizzazione in anni molto distanti a quelli attuali e la loro sperimentazione, seppur più recente, ha visto lunghi periodi di tempo durante i quali la comprensione e l'applicazione pratica è stata appannaggio di esperti estremamente specializzati rendendo contestualmente complesso il lavoro di gruppo e la multidisciplinarietà. Potendo ragionare unicamente su quanto si può comprendere nell'oggi, con il modesto aiuto di alcune pratiche e ricerche citate in questo testo, non è impossibile pensare ad uno sviluppo analogo, ad un aumento delle possibilità di applicazione ed a una futura semplificazione di alcuni compiti. Ed ora come allora è facile immaginare rimarranno fondamentali le figure specialistiche, come non esiste database degno di nota che non abbia ben radicate dentro di sé le conoscenze ed esperienze di qualche specialista della disciplina, pare improbabile pensare si possa costruire un progetto valido che si basi sull'intelligenza artificiale senza l'apporto fondamentale di chi la disciplina la conosce nel profondo. Ma, proprio come credo abbia ben dimostrato l'archivistica digitale, la maggiore semplificazione e la possibilità di calcare un campo nuovo, di compiere dei passi in direzioni inesplorate per la consueta formazione da storici dell'arte, non potrà che facilitare sempre di più la comunicazione reciproca e la germinazione delle idee. È con questa convinzione che si dà alle stampe il volume qui presentato.

¹⁵⁵ M.C. BURL, *Mining Large Image Collections*, Robert L. Grossman et al. (a cura di) , in «Data Mining for Scientific and Engineering Applications», vol. ii, Massive Computing, Springer, Boston, 2001, pp. 63–84.

¹⁵⁶ <https://www.image-net.org/>

BIBLIOGRAFIA

- ANSEL ADAMS, *La stampa*, Zanichelli, Bologna, 1988.
- LEON BATTISTA ALBERTI, *De pictura*, Cecil Grayson (a cura di), Laterza, Roma-Bari, 1975.
- MATTHIAS ALFELD, JOSÉ A.C. BROEKAERT, *Mobile depth profiling and sub-surface imaging techniques for historical paintings—A review*, in «Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy», vol. 88, 2013, pp. 211–230.
- FRANCESCA ANICHINI, GABRIELE GATTIGLIA, *Big Archaeological Data. The ArchAIDE project approach*, in «Conferenza GARR_17», 22–25, presentato al The Data Way To Science, Associazione Consorzio GARR, Montefiascone, 2018.
- ELLEN ARENA, CURTIS RUEDEN, MARK HINER, SHULEI WANG, MING YUAN, KEVIN W ELICEIRI, *Quantitating the cell: turning images into numbers with ImageJ*, in «Wiley Interdisciplinary Reviews: Developmental Biology», vol. 6, fasc. 2, 2017.
- ALESSANDRO BAGNOLI, ROBERTO BARTALINI, LUCIANO BELLOSI, MICHEL LACLOTTE (a cura di), *Duccio, alle origini della pittura Senese*, Silvana, Roma, 2003.
- ALESSANDRO BAGNOLI, ROBERTO BARTALINI, MAX SEIDEL (a cura di), *Ambrogio Lorenzetti*, Silvana, Roma, 2017.
- LAURA BALDELLI, *Una proposta di classificazione dei punzoni su tavola nei dipinti del XIV e del XV secolo nelle Marche*, in «Storia dell'arte», vol. 72, 1991, pp. 145–182.
- SOFIA BARONCINI, MARILENA DAQUINO, F. TOMASI, *Modelling Art Interpretation and Meaning. A Data Model for Describing Iconology and Iconography*, in «arXiv», 2021, pp. 1–16.
- ELIZABETH H. BEATSON, NORMAN E. MULLER, JUDITH B. STEINHOFF, *The St. Victor Altarpiece in Siena Cathedral: A Reconstruction*, in «The Art Bulletin», vol. 68, fasc. 4, 1986, pp. 610–631.
- PETER BELL, BJÖRN OMMER, *Digital Connoisseur? How Computer Vision Supports Art History*, Stefan Albl, Alina Aggujaro (a cura di), in «Il metodo del conoscitore. Approcci, limiti, prospettive», 187–200, Artemide, Roma, 2016.
- ROBERTO BELLUCCI, CECILIA FROSININI, *Reading underdrawing in Early Italian panel painting*, in «The panel paintings of Masolino e Masaccio. The role of technique», 5 Continents, Milano, 2002.
- ANNA BENTKOWSKA-KAFEL, *Debating Digital Art History*, in «International Journal for Digital Art History», fasc. 1, 2015, pp. 51–64.
- BERNARD BERENSON, *Documents in the History of Visual Documentation*, in «Visual Resources», vol. 3, fasc. 2, 1986, pp. 131–138.
- BERNARD BERENSON, *Italian Pictures of the Renaissance - Florentine School*, Phaidon, Londra, 1963.
- STUART BERG, DOMINIK KUTRA, THORBEN KROEGER, CHRISTOPH N. STRAEHLE, BERNHARD X. KAUSLER, CARSTEN HAUBOLD, MARTIN SCHIEGG ET AL., *ilastik: interactive machine learning for (bio)image analysis*, in «Nature Methods», vol. 16, fasc. 12, 2019, pp. 1226–1232.
- SILVIA BERSELLI, LAURA GASPARINI, *L'archivio fotografico: manuale per la conservazione e la gestione della fotografia antica e moderna*, Zanichelli, Bologna, 2000.
- CLAIRE BISHOP, *Against Digital Art History*, in «International Journal for Digital Art History», fasc. 3, 2018, pp. 123–131.
- BEATRICE VON BISMARCK, HANS-PETER FELDMANN, HANS ULRICH OBRIST, *Archival practices and sites in the contemporary art field*, König, Köln, 2002.
- CHRISTIAN BIZER, TOM HEATH, TIM BERNERS-LEE, *Linked Data: The Story So Far*, in «International Journal on Semantic Web and Information Systems», vol. 5, fasc. 3, 2009, pp. 1–22.
- BLOUIN, WILLIAM G. ROSENBERG, *Processing the Past: Contesting Authorities in History and the Archives*, Oxford University Press, Oxford, 2011.
- JAY DAVID BOLTER, RICHARD GRUSIN, *Remediation: understanding new media*, MIT Press, Cambridge, 1999.
- ANNALENA BRINI, SARA PIOPI, *La collezione Siries: tecnica e catalogazione di 1902 punzoni donati al Museo dell'Opificio delle Pietre Dure*, in «OPD Restauro», fasc. 22, 2010, pp. 180–188.
- NIELS BRÜGGER, *Digital Humanities in the 21st Century: Digital Material as a Driving Force*, in «Digital Humanities Quarterly», vol. 10, 2016.

- MICHAEL C. BURL, *Mining Large Image Collections*, Robert Grossman, Chandrika Kamath, Philip Kegelmeyer, Vipin Kumar, Raju R. Namburu (a cura di), in «Data Mining for Scientific and Engineering Applications», vol. 2. Massive Computing, Springer, Boston, 2001, pp. 63–84.
- GIANCARLO BUZZANCA, *Computer-based art: conservazione e restauro*, in «OPD Restauro», fasc. 29, 2017, pp. 196–207.
- ILARIA. CACCIARI, PIERLUIGI. NIERI, SALVATORE. SIANO, *3D Digital Microscopy for Characterizing Punchworks on Medieval Panel Paintings*, in «Journal on Computing and Cultural Heritage», vol. 7, fasc. 4, 2014, pp. 1–15.
- SIMONA CARACENI, MICHELE CARPENE, MATTIA D'ANTONIO, GIUSEPPE FIAMENI, ANTONELLA GUIDAZZOLI, SILVANO IMBODEN, MARIA CHIARA LIGUORI, MARGHERITA MONTANARI, GIUSEPPE TROTTA, GABRIELLA SCIPIONE, DAVY HANEGREEFS, *I-media-cities, a searchable platform on moving images with automatic and manual annotations*, in «23rd International Conference on Virtual System & Multimedia», 1–8, IEEE, Dublin, 2017.
- MARCO CARDINALI, *Digital Tools and Technical Views: The Intersection of Digital Art History and Technical Art History in a Digital Archive on the Painting Technique of Caravaggio and His Followers*, in «Visual Resources», vol. 35, fasc. 1–2, 2019, pp. 52–73.
- LISBETH CASTELNUOVO-TEDESCO, JACK SOULTANIAN, *Italian Medieval Sculpture in the Metropolitan Museum of Art and the Cloisters*, Metropolitan Museum of Art, New York, 2010.
- MAURO CAVALLINI, *Fortuitum & sordidum opus. Appunti di storia della metallurgia*, Crace, Perugia, 2005.
- PIERANGELO CAVANNA, FRANCESCA MAMBELLI (a cura di), *Un patrimonio da ordinare: i cataloghi a stampa dei fotografi*. Nuovi diari di lavoro 6, presentato al Patrimonio da ordinare, i cataloghi a stampa dei fotografi, Fondazione Federico Zeri, Università di Bologna, Bologna, 2019.
- BENVENUTO CELLINI, *I trattati dell'oreficeria e della scultura / di Benvenuto Cellini; nuovamente messi alle stampe secondo la originale dettatura del codice Marciano per cura di Carlo Milanese; si aggiungono i Discorsi e i Ricordi intorno all'arte, le Lettere e le Suppliche, le Poesie*, Le Monnier, Firenze, 1857.
- GIORGIO CENCETTI, *Il fondamento teorico della dottrina archivistica*, in «Fonti e Studi di Storia e Legislazione e tecnica degli archivi moderni», vol. 3, 1970, pp. 38–55.
- CENNINO CENNINI, *Il libro dell'arte*, Fabio Frezzato (a cura di), Neri Pozza, Vicenza, 2009.
- ANTOINE CHÉNÉ, PHILIPPE FOLIOT, GÉERARD RÉVEILLAC, *La fotografia in archeologia*, Jaka Books, Milano, 1999.
- GRAZIANO CONCIONI, CLAUDIO FERRI, GIUSEPPE GHILARDUCCI, *Arte e pittura nel medioevo lucchese*, Lucca, 1994.
- FRANCESCA CONDORELLI, FULVIO RINAUDO, *Cultural Heritage reconstruction from historical photographs and videos*, in «International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences», vol. 42, fasc. 2, 2018.
- FRANCESCA CONDORELLI, FULVIO RINAUDO, FRANCESCO SALVADORE, STEFANO TAGLIAVENTI, *A Neural Networks Approach to Detecting Lost Heritage in Historical Video*, in «ISPRS International Journal of Geo-Information», vol. 9, fasc. 5, maggio 2020, p. 297.
- FRANCESCA CONDORELLI, FULVIO RINAUDO, FRANCESCO SALVADORE, STEFANO TAGLIAVENTI, *Architectural heritage recognition in historical film footage using neural networks*, in «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», vol. 42, 2019, pp. 343–350.
- ANTONINO COSENTINO, *Panoramic infrared reflectography. Technical recommendations*, in «International Journal of Conservation Science», vol. 5, 2014, pp. 51–60.
- ANTONINO COSENTINO, *Panoramic, Macro and Micro Multispectral Imaging: An Affordable System for Mapping Pigments on Artworks*, in «Journal of Conservation and Museum Studies», vol. 13, fasc. 1, 2015, pp. 1–17.
- RONG CUI, HE YU, TINGFA XU, XIAOXUE XING, XIAORUI CAO, KANG YAN, JIEXI CHEN, *Deep Learning in Medical Hyperspectral Images: A Review*, in «Sensors», vol. 22, fasc. 24, 2022, p. 9790.
- N. DALAL, B. TRIGGS, *Histograms of Oriented Gradients for Human Detection*, in «2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition », 1:886–893, vol. 1, IEEE, San Diego, 2005.
- MARIJA DALBELLO, *A genealogy of digital humanities*, in «Journal of Documentation», vol. 67, 2011, pp. 480–506.

- MARILENA DAQUINO, FRANCESCA MAMBELLI, SILVIO PERONI, FRANCESCA TOMASI, FABIO VITALI, *Enhancing Semantic Expressivity in the Cultural Heritage Domain: Exposing the Zeri Photo Archive as Linked Open Data*, in «Journal on Computing and Cultural Heritage», vol. 10, fasc. 4, 2017, pp. 1–21.
- MARILENA DAQUINO, FRANCESCA TOMASI, *Linked Cultural Objects: dagli standard di catalogazione ai modelli per il web of data. Spunti di riflessione dalla Fototeca Zeri*, in «Umanistica Digitale», fasc. 1, 2017.
- FABRICE DE CHAUMONT, STÉPHANE DALLONGEVILLE, NICOLAS CHENOUIARD, NICOLAS HERVÉ, SORIN POP, THOMAS PROVOOST, VANNARY MEAS-YEDID, PRAVEEN PANKAJAKSHAN, TIMOTHÉE LECOMTE, YOANN LE MONTAGNER, THIBAUT LAGACHE, ALEXANDRE DUFOUR, JEAN-CHRISTOPHE OLIVO-MARIN, *Icy: an open bioimage informatics platform for extended reproducible research*, in «Nature Methods», vol. 9, fasc. 7, 2012, pp. 690–696.
- ANDREA DE MARCHI, MATTEO MAZZALUPI, *Allegretto Nuzi e il '300 a Fabriano. Oro e colore nel cuore dell'Appennino*, Silvana, Milano, 2021.
- UTE DERCKS, FEDERICO PONCHIO, ROBERTO SCOPIGNO, *CENOBIUM 10 years after: an evolving platform for Digital Humanities*, in «Archeologia e Calcolatori. Supplementi», vol. 10, fasc. Progetti digitali per la storia dell'arte medievale-Digital Projects in Medieval Art History, 2018, pp. 123–141.
- ISABELLA DI LENARDO, *The Replica Project: Co-Designing a Discovery Engine for Digital Art History*, in «Multimodal Technologies and Interaction», vol. 6, fasc. 11, 2022, pp. 1–18.
- FÁTIMA DÍEZ-PLATAS, *Researching illustrated books in art history: a brief history of the Biblioteca Digital Ovidiana project*, in «Dynamic research support for academic libraries», Facet, London, 2016.
- UMBERTO DORINI (a cura di), *Statuti dell'Arte di Por santa Maria del tempo della repubblica*, L.S. Olschki, Firenze, 1934.
- HANS VAN DORMOLEN, *Metamorfoze Preservation Imaging Guidelines, Version 2.0*, in «Archiving Conference». Society for Imaging Science and Technology, 2019, pp. 9–11.
- JOHANNA DRUCKER, *Humanities Approaches to Graphical Display*, in «Digital Humanities Quarterly», vol. 5, fasc. 1, 2011, pp. 1–22.
- MARTIN EVENING, *Adobe Photoshop 2020 for photographers*, Routledge, Taylor & Francis Group, New York, 2020.
- CHARLES M. FALCO, *Invited Article: High resolution digital camera for infrared reflectography*, in «Review of Scientific Instruments», vol. 80, fasc. 71301, 2009, pp. 1–10.
- TREVOR FAWCETT, *Graphic Versus Photographic in the Nineteenth-Century Reproduction*, in «Art History», vol. 9, fasc. 2, 1986, pp. 185–212.
- MARIA TERESA FILIERI (a cura di), *Sumptuosa tabula picta: pittori a Lucca tra gotico e Rinascimento*, Sillabe, Livorno, 1998.
- ANDREA FIORINI, *Il metodo fotografico RTI (Reflectance Transformation Imaging) per la documentazione delle superfici archeologiche. L'applicazione ai materiali di età protostorica*, in «Archeologia e Calcolatori», vol. 29, 2018.
- MARCO FIORUCCI, MARINA KHOROSHILTSEVA, MASSIMILIANO PONTIL, ARIANNA TRAVIGLIA, ALESSIO DEL BUE, STUART JAMES, *Machine Learning for Cultural Heritage: A Survey*, in «Pattern Recognition Letters», 2020, pp. 102–108.
- WOLFGANG M. FREITAG, *Early Uses of Photography in the History of Art*, in «Art Journal», vol. 39, fasc. 2, 1979, pp. 117–123.
- FRANZISKA S. FREY, JEFFREY WARDA, DAWN HELLER, DAN KUSHEL, TIMOTHY VITALE, GAWAIN WEAVER, AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS DIGITAL PHOTOGRAPHIC DOCUMENTATION TASK FORCE, *The AIC guide to digital photography and conservation documentation*, American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Washington (DC), 2017.
- MOJMÍR SVATOPLUK FRINTA, *A note on Theophilus, maker of many wonderful things*, in «The Art bulletin», vol. 46, 1964, pp. 525–529.
- MOJMÍR SVATOPLUK FRINTA, *A Seemingly Florentine Yet Not Really Florentine Altar-Piece*, in «The Burlington Magazine», vol. 117, fasc. 869, 1975, pp. 527–535.
- MOJMÍR SVATOPLUK FRINTA, *An investigation of the punched decoration of mediaeval italian and non-italian panel paintings*, in «The Art Bulletin», vol. 47, 1965, pp. 261–265.
- MOJMÍR SVATOPLUK FRINTA, *An investigation of the punched decoration of mediaeval Italian and non-Italian panel paintings*, in «The Art bulletin», vol. 47, 1965, pp. 261–265.

- MOJMÍR SVATOPLUK FRINTA, *Deletions from the oeuvre of Pietro Lorenzetti and related works by the Master of the Beata Umiltà, Mino Parcis da Siena, and Jacopo di Mino del Pellicciaio*, in «Mitteilungen des Kunsthistorischen Instituts in Florenz», vol. 20, 1976, pp. 271–300.
- MOJMÍR SVATOPLUK FRINTA, *Observations on the Trecento and Early Quattrocento Workshop*, in «Studies in the History of Art», vol. 38, 1993, pp. 18–34.
- MOJMÍR SVATOPLUK FRINTA, *On the punched decoration in medieval panel painting and manuscript illumination*, M Bromelle, P Smith (a cura di), in «Conservation and restoration of pictorial art», 54–60, Butterworths, London ; Boston, 1976.
- MOJMÍR SVATOPLUK FRINTA (a cura di), *Punched decoration on late medieval panel and miniature painting. Catalogue raisonné of all punch shapes*, Maxdorf, Prague, 1998.
- MOJMÍR SVATOPLUK FRINTA, *Punzonatura*, in «Enciclopedia dell'arte medievale», Treccani, Roma, 1998.
- MOJMÍR SVATOPLUK FRINTA, *Quest for a restorer's shop of beguiling invention: restorations and forgeries in Italian panel painting*, in «Art Bulletin», vol. 60, 1978, pp. 7–23.
- CECILIA FROSININI, ALESSIO MONCIATTI, GERHARD WOLF, *La pittura su tavola del secolo XII: Riconsiderazioni e nuove acquisizioni a seguito del restauro della Croce di Rosano*, vol. i. Dal restauro agli studi, EDIFIR, Firenze, 2012.
- EDITH GABRIELLI, *Pietro Toesca: misurare l'arte con l'obiettivo fotografico*, in «Pietro Toesca e la fotografia. Saper vedere», 234, Skira, Milano, 2009.
- ROBERTO GALASSO, ELISABETTA GIFFI (a cura di), *La documentazione fotografica delle schede di catalogo: metodologie e tecniche di ripresa*, Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione, Roma, 1998.
- MARCO GARGANO, DUILIO BERTANI, *Infrared reflectography: test of a panoramic scanning technique*, in «E-Conservation Magazine», 2013, pp. 53–64.
- LUCIA GIAGNOLINI, MARILENA DAQUINO, FRANCESCA MAMBELLI, FRANCESCA TOMASI, *Exploratory Methods for Relation Discovery in Archival Data*, in «Digital Scholarship in the Humanities», 2022.
- IAN GOODFELLOW, JEAN POUGET-ABADIE, MEHDI MIRZA, BING XU, DAVID WARDE-FARLEY, SHERJIL OZAIR, AARON COURVILLE, YOSHUA BENGIO, *Generative Adversarial Nets*, in «Advances in Neural Information Processing Systems», vol. 27, Curran Associates, Inc., 2014.
- SARA GORSKE, CHARLES JOHNSON, WILLIAM SETHARES, MARGARET ELLIS, PAUL MESSIER, *Moldmate identification in pre-19th-century European paper using quantitative analysis of watermarks, chain line intervals, and laid line density*, in «International Journal for Digital Art History», 2021, pp. 614–635.
- MICHAEL GRABNER, HELMUT GRABNER, HORST BISCHOF, *Fast Approximated SIFT*, P. J. Narayanan, Shree K. Nayar, Heung-Yeung Shum (a cura di), in «ACCV 2006», 3851:918–927, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- ALESSANDRO GUIDOTTI, *Battiloro e dipintori a Firenze fra Tre e Quattrocento: Bastiano di Giovanni e la sua clientela (dal Catasto del 1427)*, in «Scritti di storia dell'arte in onore di Roberto Salvini», Sansoni, Firenze, 1994, pp. 239–249.
- EUMELIA HERNANDE, KILIAN LACLAVETINE, R ALVARADO, ANABELLE KRIZNAR, MARIA MUÑOZ, M. VEGA, ELSA ARROYO, JOSE LUIS RUVALCABA, MIGUEL RESPALDIZA, *Infrared reflectography (IRR) for large formats: comparison of various capture and mosaic assembly methodologies for large format easel paintings*, in «11th International Conference on non-destructive investigations and microanalysis for the diagnostics and conservation of cultural and environmental heritage», 2014, pp. 1–8.
- KRASSIMIRA IVANOVA, EVGENIA VELIKOVA, PETER STANCHEV, ILIYA MITOV, *Automated Metadata Extraction from Art Images*, in «Access to Digital Cultural Heritage: Innovative Applications of Automated Metadata Generation», 97–152, Plovdiv University Publishing House «Paisii Hilendarski», Plovdiv, 2012.
- WILLIAM MILLS IVINS, *Prints and visual Communication*, Harvard University Press, Harvard, 1953.
- C. JOHNSON, ELLA HENDRIKS, IGOR BEREZHNOY, EUGENE BREVD, SHANNON HUGHES, INGRID DAUBECHIES, JIA LI, ERIC POSTMA, JAMES WANG, *Image processing for artist identification*, in «IEEE Signal Processing Magazine», vol. 25, fasc. 4, 2008, pp. 37–48.
- RICHARD JOHNSON, PAUL MESSIER, WILLIAM A. SETHARES, ANDREW G. KLEIN, CHRISTOPHER BROWN, ANH HOANG DO, PHILIP KLAUSMEYER, *Pursuing automated classification of historic photographic papers from raking light images*, in «Journal of the American Institute for Conservation», vol. 53, fasc. 3, 2014, pp. 159–170.

- ASHISH KARMACHARYA, STEFANIE WEFERS, *Ontology-Based Structuring of Spectral and Spatial Recording Strategies for Cultural Heritage Assets: Background, State of Affairs, and Future Perspectives*, Anna Bentkowska-Kafel, Lindsay MacDONALD (a cura di), in «Digital Techniques for Documenting and Preserving Cultural Heritage», Arc Humanities Press, York, 2017, pp. 159–174.
- TEJA KATTENBORN, JANA EICHEL, FABIAN EWALD FASSNACHT, *Convolutional Neural Networks enable efficient, accurate and fine-grained segmentation of plant species and communities from high-resolution UAV imagery*, in «Scientific Reports», vol. 9, 2019, pp. 1–9.
- KATRIEN KEUNE, VICTOR GONZALEZ, ANNELIES VAN LOON, FREDERIQUE BROERS, NOUCHKA DE KEYSER, PETRIA NOBLE, FREDERIK VANMEERT, STEVEN DE MEYER, KOEN JANSSENS, *Operation Night Watch: macro- and microscale X-ray imaging studies on the Rembrandt masterpiece The Night Watch in the Rijksmuseum*, in «Acta Crystallographica Section A Foundations and Advances», vol. 77, 2021, pp. 503–514.
- SHU KONG, DEVA RAMANAN, *OpenGAN: Open-Set Recognition via Open Data Generation*, in «2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision», 793–802, IEEE, Montreal, 2021.
- JASON KUCSMA, KEVIN REISS, ANGELA SIDMAN, *Using Omeka to Build Digital Collections: The METRO Case Study*, in «D-Lib Magazine», vol. 16, fasc. 3/4, 2010.
- ASHISH KUMAR, *Image Retrieval using SURF Features*, Master of Engineering in Computer Science and Engineering, Thapar Institute of Engineering and Technology, Punjab, India, 2011.
- IRINA KUNINA, ALEKSEY VOLKOV, SERGEY GLADILIN, DMITRY NIKOLAEV, *Demosaicing as the problem of regularization*, Antanas Verikas, Petia Radeva, Dmitry Nikolaev (a cura di), in «Eighth International Conference on Machine Vision», Barcelona, Spain, 2015.
- ANDREW LADIS, *Taddeo Gaddi: Critical Reappraisal and Catalogue Raisonné*, University of Missouri Press, Columbia, 1982.
- MICHAEL LANGFORD, *Fotografia professionale*, Zanichelli, Bologna, 1991.
- STEFANO LAURETI, CLAUDIA COLANTONIO, PIETRO BURRASCANO, MARCELLO MELIS, GIUSEPPE CALABRÒ, HAMED MALEKMOHAMMADI, STEFANO SFARRA, MARCO RICCI, CLAUDIA PELOSI, *Development of integrated innovative techniques for paintings examination: The case studies of The Resurrection of Christ attributed to Andrea Mantegna and the Crucifixion of Viterbo attributed to Michelangelo's workshop*, in «Journal of Cultural Heritage», vol. 40, 2019, pp. 1–16.
- YANN LECUN, YOSHUA BENGIO, GEOFFREY HINTON, *Deep learning*, in «Nature», vol. 521, fasc. 7553, 2015, pp. 436–444.
- DAVID G. LOWE, *Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints*, in «International Journal of Computer Vision», vol. 60, fasc. 2, 2004, pp. 91–110.
- DAVID G. LOWE, *Object recognition from local scale-invariant features*, in «Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision», vol. 2, 1999, pp. 1150–1157.
- LEV MANOVICH, *Data Science and Digital Art History*, in «International Journal for Digital Art History», fasc. 1, 2015.
- LEV MANOVICH, *Media After Software*, in «Journal of Visual Culture», vol. 12, fasc. 1, 2013, pp. 30–37.
- LEV MANOVICH, *Software takes command: extending the language of new media*. International texts in critical media aesthetics, Bloomsbury, London, 2013.
- LEV MANOVICH, *The Language of New Media*, MIT Press, Cambridge (MA), 2001.
- MICHELE MARINCOLA, *Riemenschneider's Use of the Decorative Punch in Unpolychromed Sculpture*, in «Studies in the History of Art», vol. 65, 2004, pp. 131–148.
- RUBÉN ALCARAZ MARTÍNEZ, *Omeka S como alternativa para el desarrollo de colecciones digitales y proyectos de humanidades digitales*, in «BiD: textos universitarios de biblioteconomía e documentación», fasc. 48, 2022.
- MILLARD MEISS, *Painting in Florence and Siena after the Black Death*, Princeton, NJ, 1951.
- THOMAS MELZER, PAUL KAMMERER, ERNESTINE ZOLDA, *Stroke detection of brush strokes in portrait miniatures using a semi-parametric and a model based approach*, in «Proceedings. Fourteenth International Conference on Pattern Recognition», vol. 1, IEEE, Montreal, 1998, pp. 474–476.
- MING-KUEI HU, *Visual pattern recognition by moment invariants*, in «IEEE Transactions on Information Theory», vol. 8, fasc. 2, 1962, pp. 179–187.
- JENNIFER MONTAGU, *The «Ruland/Raphael Collection»*, in «Visual Resources», vol. 3, fasc. 3, 1986, pp. 167–183.

- WALTER NICODEMI, CARLO MAPELLI, *Archeometallurgia: ovvero Breve storia dei metalli dal Neolitico alla Rivoluzione industriale*, Associazione italiana di metallurgia, Milano, 2009.
- JOE NOCKELS, PAUL GOODING, SARAH AMES, MELISSA TERRAS, *Understanding the application of handwritten text recognition technology in heritage contexts: a systematic review of Transkribus in published research*, in «Archival Science», vol. 22, fasc. 3, 2022, pp. 367–392.
- TERESA NUMERICO, DOMENICO FIORMONTE, FRANCESCA TOMASI, *L'umanista digitale*, Il Mulino, Bologna, 2010.
- RICHARD OFFNER, *A Critical and Historical Corpus of Florentine Painting. 4: The Fourteenth Century. 2: Nardo di Cione*, section 4, vol. 2. A critical and historical corpus of Florentine painting, New York, NY, 1960.
- PIERFABIO PANAZZA, *Dürer e l'arte della medaglia: considerazioni sulla documentazione bresciana*, in «Albrecht Durer: i simulacri della memoria. Opere a confronto», Consolandi Roberto, Roccafranca, 2015, pp. 49–87.
- TONI PETERSEN, *The Aat in the Online Catalog Environment*, in «Art Documentation: Journal of the Art Libraries Society of North America», vol. 1, fasc. 6, 1982, pp. 183–185.
- MARCELLO PICOLLO, COSTANZA CUCCI, ANDREA CASINI, LORENZO STEFANI, *Hyper-Spectral Imaging Technique in the Cultural Heritage Field: New Possible Scenarios*, in «Sensors», vol. 20, fasc. 10, 2020, p. 2843.
- GIOVANNI PINNA, *An Automatic Tool for the Recognition of Punches in Late-Medieval Panel Paintings*, Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica, Università degli Studi di Trieste. Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Trieste, 2022.
- KES VAN DER PLOEG (a cura di), *Sienese altarpieces. 1: 1215 - 1344. With a contribution by Kees van der Ploeg «On architectural and liturgical aspects of Siena cathedral in the middle ages»*. Mediaevalia Groningana, Forsten, Groningen, 1988.
- GIANLUCA POLDI, GIOVANNI CARLO FEDERICO VILLA (a cura di), *Dalla conservazione alla storia dell'arte: riflettografia e analisi non invasive per lo studio dei dipinti*. Strumenti 3, Edizioni della Normale, Pisa, 2006.
- JOSEPH POLZER, *A question of method: quantitative aspects of art historical analysis in the classification of early Trecento Italian painting based on ornamental practice*, in «Mitteilungen des Kunsthistorischen Instituts in Florenz», vol. 49, 2005, pp. 33–100.
- FEDERICO PONCHIO, MATTEO DELLEPIANE, *Multiresolution and fast decompression for optimal web-based rendering*, in «Graphical Models», vol. 88, 2016, pp. 1–11.
- FEDERICO PONCHIO, MARCO POTENZIANI, MATTEO DELLEPIANE, MARCO CALLIERI, ROBERTO SCOPIGNO, *ARIADNE Visual Media Service: Easy Web Publishing of Advanced Visual Media*, in «CAA 2015», 2016, pp. 433–441.
- GIUSEPPE PREVITALI, *Che cosa sono le digital humanities*, Carrocci, Roma, 2023.
- HAFIZUR RAHAMAN, ERIK CHAMPION, *To 3D or Not 3D: Choosing a Photogrammetry Workflow for Cultural Heritage Groups*, in «Heritage», vol. 2, fasc. 3, 2019, pp. 1835–1851.
- JESSE READ, PETER REUTEMANN, BERNHARD PFAHRINGER, GEOFF HOLMES, *MEKA: A Multi-label/Multi-target Extension to WEKA*, in «Journal of Machine Learning Research», vol. 17, fasc. 21, 2016, pp. 1–5.
- JOSEPH REDMON, SANTOSH DIVVALA, ROSS GIRSHICK, ALI FARHADI, *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*, 779–788, in «2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition», IEEE, Las Vegas, 2016.
- THOMAS RIEGER, KRISTIN A. PHELPS, HANA BECKERLE, TANYA BROWN, RACHEL FREDERICK, SARAH MITRANI, *Technical Guidelines for Digitizing Cultural Heritage Materials*, FADGI, New York, 2016.
- STUART ROBSON, SPIKE BUCKLOW, NEIL WOODHOUSE, HELEN PAPADAKI, *Periodic photogrammetric monitoring and surface reconstruction of a historical wood panel painting for restoration purposes*, in «International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», vol. 35, 2004.
- Z. SABETSARVESTANI, B. SOBER, C. HIGGITT, I. DAUBECHIES, M. R. D. RODRIGUES, *Artificial intelligence for art investigation: Meeting the challenge of separating x-ray images of the Ghent Altarpiece*, in «Science Advances», vol. 5, fasc. 8, 2019.
- TERESA-M. SALA, MARIONA BRUZZO (a cura di), *I-Media-Cities: Innovative e-environment for research on cities and the media*, Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, 2019.
- GIOVANNA SANSONI, MARCO TREBESCHI, FRANCO DOCCHIO, *State-of-The-Art and applications of 3D imaging sensors in industry, cultural heritage, medicine, and criminal investigation*, in «Sensors», vol. 9, fasc. 1, 2009, pp. 568–601.

- JOSEPH THOMAS SCHEINFELDT, *Hacking the Academy: New Approaches to Scholarship and Teaching from Digital Humanities*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 2013.
- JORGE SEBASTIÁN LOZANO, *Digital Art History at the Crossroads*, in «Critical Approaches to Digital Art History», vol. 4., 2017, pp. 1–14.
- ISHWAR K. SETHI, IOANA L. COMAN, DANIELA STAN, *Mining association rules between low-level image features and high-level concepts*, in «Data Mining and Knowledge Discovery: Theory, Tools, and Technology III», 279–290, International Society for Optics and Photonics, 2001.
- WLADIMIRO SETTIMELLI, FILIPPO ZEVI (a cura di), *Gli Alinari fotografi a Firenze 1852-1920*, Edizioni Alinari, Firenze, 1977.
- MICHAEL J. SHOTT, DESALE HABTZGHI, *Toward disentangling stages in mixed assemblages of flake debris from biface reduction: An experimental approach*, in «Journal of Archaeological Science», vol. 70, 2016, pp. 172–180.
- ERLING SIGVARD SKAUG, *The «St. Anthony Abbot» Ascribed to Nardo di Cione at the Villa I Tatti, Florence*, in «The Burlington Magazine», vol. 117, fasc. 869, 1975, pp. 540–543.
- ERLING SIGVARD SKAUG, *Contributions to Giotto's workshop*, in «Mitteilungen des Kunsthistorischen Instituts in Florenz», vol. 15, 1971, pp. 141–160.
- ERLING SIGVARD SKAUG, *Giotto and the flood of Florence in 1333: a study in catastrophism, guild organisation and art technology*, Giunti, Milano, 2013.
- ERLING SIGVARD SKAUG, *Notes on the chronology of Ambrogio Lorenzetti and a new painting from his shop*, in «Mitteilungen des Kunsthistorischen Instituts in Florenz», vol. 20, 1976, pp. 301–332.
- ERLING SIGVARD SKAUG, *Punch marks - what are they worth?: problems of Tuscan workshop interrelationships in the mid-fourteenth century ; the Ovile Master and Giovanni da Milano*, in «Atti del XXIV congresso internazionale di Storia dell'Arte», 3:253–282, vol. iii, 1983.
- ERLING SIGVARD SKAUG, *Punch marks from Giotto to Fra Angelico. Attribution, chronology, and workshop relationship in tuscan panel painting with particular consideration to Florence, c.1330-1430*, 2 voll., IIC Nordic Group, Oslo, 1994.
- I. SMAL, M. LOOG, W. NIESSEN, E. MEIJERING, *Quantitative Comparison of Spot Detection Methods in Fluorescence Microscopy*, in «IEEE Transactions on Medical Imaging», vol. 29, fasc. 2, 2010, pp. 282–301.
- JUDITH B. STEINHOFF, *Artistic working relationships after the Black Death: a Sienese compagnia, c. 1350-1363(?)*, in «Renaissance Studies», vol. 14, 2000, pp. 1–45.
- DAVID G. STORK, *Computer Vision and Computer Graphics Analysis of Paintings and Drawings: An Introduction to the Literature*, in «Computer Analysis of Images and Patterns», vol. 5702, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009, pp. 9–24.
- L. GEORGE STOUT, *A puzzling piece of gold leaf tooling*, in «Notes (Fogg Art Museum)», vol. 2, fasc. 4, 1929.
- CARL BRANDON STREHLKE, CECILIA FROSININI, ROBERTO BELLUCCI, MASOLINO, MASACCIO, *The panel paintings of Masolino and Masaccio: The Role of Technique*, 5 Continents, Milano, 2002.
- ANGELO TARTUFERI, *Note in margine a un trattato sulla decorazione punzonata dei dipinti trecenteschi*, in «Arte cristiana», vol. 83, 1995, pp. 478–482.
- THEOPHILUS, *De diversis artibus*, Charles Reginald Dodwell (a cura di), Nelson, London, 1961.
- PIETRO TORRITI, *La Pinacoteca nazionale di Siena: i dipinti*, Sagep, Genova, 1990.
- MICHELE VACCHIANO, *La riproduzione fotografica di documenti*, Zanichelli, Bologna, 1987.
- JORIS VAN ZUNDERT, *On Not Writing a Review about Mirador: Mirador, IIF, and the Epistemological Gains of Distributed Digital Scholarly Resources*, in «Digital Medievalist», vol. 11, fasc. 1, 2018, pp. 1-49.
- WILLIAM VAUGHAN, *Automated Picture Referencing: A Further Look at 'Morelli'*, in «Computers and the History of Art», vol. 2, 1992, pp. 7–18.
- DIEGO VÁZQUEZ, *Hyperimage and Art History in the digital era*, in «Vitam. Revista de Investigación en Humanidades», 2019, pp. 46–63.
- PAOLA VITOLO (A CURA DI), *Progetti digitali per la storia dell'arte medievale*, Supplemento 10, Archeologia e Calcolatori, All'Insegna del Giglio, Firenze, 2018.
- CARLO VOLPE, *Pietro Lorenzetti*, Mauro Lucco (a cura di), Electa, Milano, 1991.
- XIQI WANG, SHUNYI ZHENG, CE ZHANG, RUI LI, LI GUI, *R-YOLO: A Real-Time Text Detector for Natural Scenes with Arbitrary Rotation*, in «Sensors», vol. 21, fasc. 888, 2021, pp. 1–20.

- STEFANIE WEFERS, FRANK BOOCHS, ASHISH KARMACHARYA, *Development of a platform recommending 3D and spectral digitisation strategies*, in «Virtual Archaeology Review», vol. 7, fasc. 15, 2016, pp. 18–27.
- DAVID WEINBERGER, *Everything is miscellaneous: the power of the new digital disorder*, Times Books, New York, 2007.
- FLORIAN WIENCEK, *Digital Mediation of Art and Culture. A Database Approach.*, Jacobs University Bremen, Bremen, 2019.
- CHRISTINE B. WILDA, AVIVA BURNSTOCK, KLAUS SUHLING, FRANCESCO MATTIOLI DELLA ROCCA, ROBERT K. HENDERSON, JAKUB NEDBAL, *Visualising varnish removal for conservation of paintings by fluorescence lifetime imaging (FLIM)*, in «Heritage Science», vol. 11, fasc. 1, 2023, pp. 127–148.
- HOLLY WRIGHT, GABRIELE GATTIGLIA, *ArchAIDE: Archaeological automatic interpretation and documentation of ceramics*, in «Proceedings of the Workshop on Cultural Informatics», 2018, pp. 60–65.
- MARCO ZULLICH, VANJA MACOVAZ, GIOVANNI PINNA, FELICE ANDREA PELLEGRINO, *An Artificial Intelligence System for Automatic Recognition of Punches in Fourteenth-Century Panel Painting*, in «IEEE Access», vol. 11, 2023, pp. 5864–5883.
- BENJAMIN ZWEIG, *Forgotten Genealogies: Brief Reflections on the History of Digital Art History*, in «International Journal for Digital Art History», fasc. 1, 2015, pp. 39–48.
- Jheronimus Bosch - The Garden of Earthly Delights*, s.d. <https://tuinderlusten-jheronimusbosch.ntr.nl/en>.
- Linee guida per la digitalizzazione del patrimonio culturale. Piano nazionale di digitalizzazione del patrimonio culturale*, in «Docs Italia», <https://docs.italia.it/italia/icdp/icdp-pnd-digitalizzazione-docs/it/v1.0-giugno-2022/index.html>.
- Mirador — Home*. <https://projectmirador.org/>.
- Release AdvancedSearch-3.3.6.18 · Daniel-KM/Omeka-S-module-AdvancedSearch*, in «GitHub», <https://github.com/Daniel-KM/Omeka-S-module-AdvancedSearch/releases/tag/3.3.6.18>.