

SINDONE DI TORINO: LA RICERCA SCIENTIFICA

di Massimo Rogante



Nel presente articolo, dopo un'introduzione di carattere storiografico è rappresentato uno stato dell'arte relativo all'analisi della Sindone di Torino, con esposizione dei principali risultati ottenuti negli ultimi decenni dalla ricerca scientifica sul tessuto sindonico e la sua immagine. Sono quindi brevemente descritti gli studi e le sperimentazioni condotti dall'autore, impiegando le tecniche neutroniche per l'analisi di fibre di lino nuove e antiche e considerando tali tecniche per una potenziale investigazione della Sindone. L'attività è mirata a fornire informazioni utili e adatte ad essere inserite nel complesso mosaico di dati per comprendere il mistero del Telo sindonico.

La Sindone è un lenzuolo di lino di dimensioni medie 4,41×1,13 m, ove è impressa la figura del cadavere di un uomo torturato e crocifisso. Tale misterioso lenzuolo è per molti la più significativa delle Reliquie, per altri un oggetto il cui innegabile rimando alla Passione di Cristo ne fa una realtà unica dal punto di vista religioso, ma anche argomento d'interesse di studiosi di svariate discipline; da altri ancora è considerato solamente un tardo artefatto. Da secoli, eppure, ci si domanda quale sia la sua origine, e al di là delle posizioni estreme la Sindone ha sicuramente suscitato sin dal suo apparire grandi emozioni per la straordinaria figura che racchiude. Gli studi ultimamente compiuti, pur non avendone chiarito le modalità di formazione, tendono in maggior parte ad escludere un'origine manuale.

La ricerca sulla Sindone, sino alla fine dell'Ottocento, aveva praticato soprattutto percorsi storici e in parte teologici, ma tutto sommato il problema dell'autenticità rimaneva circoscritto a disquisizioni tra dotti, che difficilmente arrivavano a interessare il vasto pubblico. La gente, in realtà, era avvicinata alla Sindone dall'aspetto devozionale, particolarmente diffuso in Piemonte: solo dopo la fotografia del 1898 si sentì la necessità di un approccio rigidamente critico. La caratteristica straordinaria dell'impronta sulla Sindone, che sulla lastra impressionata da Secondo Pia dimostrò di comportarsi similmente ad un negativo fotografico, sollevò molti dubbi sull'ipotesi - sostenuta da alcuni storici - di un falso medievale, e parallelamente attrasse gli scienziati per cercare di capire la possibile origine di un fenomeno così particolare. E' ormai definitivamente accertato che l'immagine sindonica non può essere un dipinto, e al momento è largamente condivisa la conclusione che si tratti di un'impronta lasciata da un corpo umano. Le caratteristiche di tale impronta lasciano dedurre che quell'uomo era morto, come testimoniato sia dalla posizione insolita del corpo spiegabile con la rigidità cadaverica, sia da forma e natura delle lesioni presenti su quel corpo (in particolare, quella al costato), incompatibili con la vita. La morte dell'Uomo della Sindone avvenne certamente in seguito a torture e al supplizio della croce, come dimostrano con chiarezza le ferite procurate dai chiodi ai polsi e ai piedi. L'insieme di questi segni rimanda in modo assai preciso alle modalità per l'esecuzione di Gesù Cristo esposte nei Vangeli. Riguardo alle impronte che appaiono riferibili a coaguli di sangue, la presenza di sangue umano del gruppo AB è stata ipotizzata da ricerche parallele ma indipendenti di Baima Bollone in Italia e di Adler negli USA (Heller et al. 1981), ma non è stata provata in modo certo, causa l'indisponibilità ai tempi della misura di Baima di un antigene specifico (Kearse 2014). A Baima Bollone si devono le indagini sulla sua tipizzazione. Sulla Sindone, inoltre, sono stati individuati dei granuli di polline - compatibili con una provenienza mediorientale - e tracce d'aloè e mirra. Gli statunitensi Jackson e Jumper, nel 1977, dimostrarono che l'immagine sindonica contiene un'informazione tridimensionale evidenziabile mediante computer. Tamburelli e Balossino a Torino, impiegando tecniche più sofisticate, hanno perfezionato le elaborazioni tridimensionali ricavando tra l'altro - con studi successivi - l'immagine del volto ripulita dalle ferite ed evidenziando particolari riconducibili alla presenza sugli occhi di monete dell'epoca di Cristo. Grande incertezza regna ancora sulle modalità di formazione dell'impronta: se le immagini delle ferite sono certamente dovute al decalco di coaguli di sangue sul tessuto, l'impronta del corpo è dovuta all'ossidazione delle fibrille superficiali dei fili di lino, ma sull'origine di tale fenomeno non si è ancora fornita una spiegazione del tutto accettabile. Il problema è rilevante, poiché strettamente legato alla questione della conservazione del Telo sindonico: è difficilissimo,

infatti, studiare un sistema ottimale di conservazione di un'immagine d'origine ignota, anche se esistono tecnologie sperimentate per la conservazione di tessuti anche più antichi della Sindone. Il sistema di conservazione già posto in essere per l'Ostensione del 1998 tiene conto di tutti i risultati sperimentali sinora ottenuti, cercando d'ipotizzare i potenziali agenti negativi onde escludere possibili danni. La Sindone, perciò, è stata posta in una teca a tecnologia avanzata in atmosfera di gas inerte e a temperatura e umidità costanti, completamente distesa onde evitare le pieghe e i danni derivanti dalla precedente conservazione arrotolata su cilindro ligneo.

L'ultimo esame diretto sulla Sindone, compiuto nel 1988, è la datazione radiocarbonica che, come noto, farebbe risalire il tessuto sindonico ad una data compresa tra il 1260 e il 1390. Questo risultato ha creato un certo sconcerto tra gli studiosi, non tanto perché mette in dubbio la compatibilità della Sindone di Torino con la tradizione che la vuole essere il lenzuolo funerario di Cristo, quanto perché, da un punto di vista scientifico e logico, pone dei seri problemi di contrasto con quanto la ricerca ha già assodato: risultati di esperimenti mostrano che un artigiano medioevale non sarebbe stato in grado d'ottenere un'immagine superficiale a livello di fibrilla (Di Lazzaro et al. 2015). Svariate obiezioni di carattere scientifico circa l'effettivo valore da attribuire ai risultati dell'esame col Carbonio-14, d'altra parte, sono state sollevate da tempo, sia dal punto di vista generale, sia soprattutto nel caso particolare. Il possibile "ringiovanimento" radiocarbonico del tessuto sindonico potrebbe anche avere spiegazioni dovute alle sue vicissitudini e ad un possibile inquinamento di varia natura. La ricerca, quindi, rimane aperta ed oggi non vi sono elementi definitivi né per giungere all'epoca di Cristo, né per considerare chiusa la questione con la datazione medievale. Da un punto di vista logico e probabilistico, tuttavia, è certo che una provenienza medievale della sua origine pone più problemi di quanti ne presenti una più antica.

STATUS ATTUALE DELLA RICERCA SCIENTIFICA E PRINCIPALI TECNICHE IMPIEGATE

Le attività di ricerca scientifica vera e propria relative alla Sindone di Torino sono iniziate nel 1978, coinvolgendo numerose indagini (chimiche, spettroscopiche e forensi, nonché analisi dettagliate della possibile risoluzione dei vari problemi di conservazione), in particolare nell'ambito del cosiddetto *Shroud of Turin Research Project* (STURP). Esperti indipendenti, applicando tecniche diverse, hanno studiato il tessuto, l'immagine frontale e quella del corpo sulla sua superficie. In particolare, i risultati di ricerche chimiche e fisiche hanno confermato che l'immagine del corpo della Sindone non è un dipinto (Jumper et al. 1984). Di seguito, sono riportate le principali tecniche impiegate finora e i risultati conseguiti.

Studi fotografici

Tali studi, effettuati in varie regioni dello spettro elettromagnetico insieme a diverse analisi mediante vari tipi d'algoritmi informatici, hanno incluso:

- ▶ Microfotografie a colori, da cui si è scoperto che il colore giallo paglierino delle fibre d'immagine del corpo non corrisponde a quello di una qualsiasi delle forme note di ossidi ferrosi
- ▶ Immagini d'Albedo (semplici riflessioni), d'emissione fosforescente, da contatto chimico, termiche, di diffusione, elettrostatiche, da contatto con polvere secca e contatto scaldante con incisione
- ▶ Tecniche di sovrapposizione d'immagini polarizzate, per facilitare e meglio quantificare i confronti delle immagini

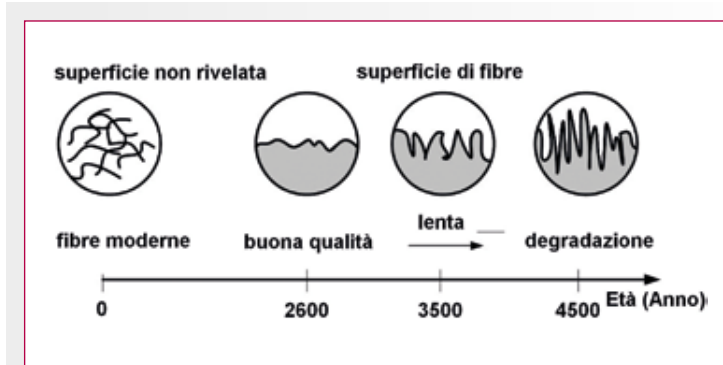


Fig. 1 - Possibile mutazione delle proprietà strutturali dei tessuti di lino rispetto alla loro età (Rogante et al. 2016a).

in studi iconografici

- ▶ Fotografie di riflessione e trasmissione mediante sorgenti luminose e filtri per ottenere una serie d'immagini fotografiche fluorescenti ultraviolette, confrontate poi con quelle fotografiche di riflessione a colori tratte dalle stesse aree (Miller et al. 1981).
- ▶ Termografia a infrarossi, esaminando dipinti per individuare eventuali evidenze provanti o descrittive struttura o composizione della vernice: nessuna evidenza è stata trovata, in accordo con la conclusione che le immagini del corpo non sono dipinti (Accetta et al. 1980)
- ▶ Emissione ultravioletta, riflettanza e fluorescenza ultravioletta-visibile, da cui sono stati ottenuti spettri di riflessione visibile e caratteristiche rosso-verde-blu delle immagini del corpo più simili alle aree leggermente bruciate (e all'area di cellulosa ossidata) rispetto ai controlli di lini con rivestimento d'ossido di ferro (Pellicori 1980; Gilbert et al. 1980)
- ▶ Assorbimetria a raggi X (radiografia), realizzando film d'alta qualità che hanno chiaramente evidenziato struttura e variazioni di densità del tessuto, margini della macchia d'acqua e cuciture del pannello di riparazione. I risultati hanno confermato l'adeguatezza di tale tecnica per distinguere i fili nel tessuto di lino: il diametro dei singoli filetti è stato stimato nell'ordine di 0,15 mm rispetto ad un intervallo da 0,1 a 0,45 mm per il tessuto di sostegno, e sono state rilevate inclusioni ad alta densità sparse per tutta la Sindone (Mottern et al. 1980).
- ▶ Spettrofotometria, riflettometria spettrale fotoelettrica e fluorimetria, effettuando analisi di diverse aree dell'immagine corporea (ad es., naso, guancia, polpaccio e collo) con misurazioni di riflessione su punti di sangue selezionati: i risultati hanno fornito i colori reali delle varie aree della Sindone (Pellicori 2000).



Fig. 2 - Campione riproduttivo del tessuto sindonico.



Fig. 3 - Campioni di tessuto e attrezzatura impiegati dall'autore per i primi esperimenti di radiografia neutronica.

Analisi dell'immagine mediante elaborazione elettronica con tecniche eidomatiche

Tale analisi ha consentito di dimostrare un rapporto costante tra l'intensità luminosa dell'impronta e il rilievo del corpo posto nel lenzuolo, consentendo di restituire la figura tridimensionale del corpo stesso (Jackson et al. 1977; Tamburelli 1978; Balossino 2000). Contestata e assai dubbia la presenza di segni grafici e tracce di oggetti (monete, fiori).

Analisi chimiche

Indagini chimiche e prove microchimiche sono state effettuate su materiali rimossi tramite varie tecniche di campionamento (principalmente, mediante nastro adesivo) per rilevare la presenza di proteine, confrontandosi con controlli di campioni chimici preparati in laboratorio, lini moderni, antichi, riscaldati, rivestiti con proteine, ecc. Il cromoforo che rappresenta il colore della fibra dell'immagine corporea è risultato una miscela di strutture carboniliche coniugate generate all'interno dello stesso polimero di cellulosa. Le indagini chimiche sono in pieno accordo con gli studi d'immagine, concludendo che le immagini del corpo non sono composte da macchie di pigmento applicate o coloranti e sono state prodotte con un processo diverso da quello dei segni di sangue (Heller et al. 1981; Jumper et al. 1984).

Analisi spettroscopiche

Tali analisi hanno incluso:

- ▶ Radiografia a raggi X, con studio delle macchie d'acqua, delle zone bruciate e dei dettagli della tessitura, e visualizzazione precisa dei margini delle macchie stesse
- ▶ Fluorescenza a raggi X, effettuando stime di variazioni elementali tra aree selezionate del tessuto (Morris et al. 1980). Quali risultati, sono state riscontrate: alte concentrazioni di Calcio, con contenuto distribuito più o meno uniformemente su tutto il tessuto; distribuzione uniforme di Ferro su tutto il tessuto, con alcune eccezioni, supportando la conclusione chimica che il tessuto deriva dalla produzione di biancheria di lino. Non esistono prove per minerali di traccia associati a forme mineralogiche di ossidi di ferro (come Cobalto o Nichel), e nessuna prova di pigmento applicato (Jenkins 2000).
- ▶ Diffrazione dei raggi X, per identificare i composti (fasi) e il grado di scorrimento: tale analisi ha mostrato la presenza sul tessuto di piccole quantità di materiale pigmentale cristallino, quale l'ematite (Jenkins 2000).
- ▶ Spettrometria a raggi X a dispersione d'energia, per identificare in modo comparabile gli elementi presenti nei campioni esaminati. L'ossido di ferro testato è risultato "puro", in contrasto con l'ipotesi che alcun artista possa

aver applicato ossido di ferro in zone del tessuto per creare macchie di sangue.

- ▶ Riflessione a infrarossi, da cui è stata mostrata chiara prova di uno stato d'ossidazione in aumento in fase di passaggio dal tessuto di fondo all'immagine corporea per creare le aree bruciate. Gli assorbimenti amidici tipici associati a proteine sono stati evidenziati negli spettri del segnale del sangue ma non in quelli delle immagini del corpo (Accetta et al. 1980).
- ▶ Micro-spettrofotometria ad alta risoluzione e spettroscopia a infrarossi a trasformazione di Fourier (FTIR), esaminando fibre e particelle estratte dai campioni di nastro adesivo prelevati dallo STURP. Ogni tipo di fibra ha mostrato un modello distintivo d'assorbimento, con indicazione di tre diverse possibili classificazioni chimiche di base, tra cui l'ossidazione progressiva. Monitorando i cambiamenti nell'intensità carbonilica degli spettri a infrarossi, è stata possibile una classificazione dell'ossidazione; ciò supporta un processo d'ossidazione per la formazione delle immagini, spiegando il trasferimento d'acqua di prodotti d'ossidazione. Tali risultati hanno confermato e ampliato quelli ottenuti dalla riflessione a infrarossi (Deblase 2000; Adler 1996).
- ▶ Colorimetria, misurando i fattori di riflessione spettrale di un certo numero di punti della Sindone attraverso uno spettrofotometro portatile, ottenendo una mappa a colori completa della Sindone, con facile rilevazione di qualsiasi deriva di colore. La Sindone è apparsa quasi monocromatica e le coordinate di cromaticità sono state collocate in una regione molto piccola del piano (x, y) (Soardo 2000).
- ▶ Microscopia ottica ed elettronica a scansione, valutando i modelli tipici di composizione elementale dei vari tipi di fibre presenti (Adler et al. 2002).

Datazione radiometrica mediante Carbonio-14

Effettuata nel 1988 in tre diversi laboratori (in Arizona, a Cambridge e a Zurigo) su un unico campione suddiviso in più parti, lo datò tra l'anno 1260 e il 1390 (Damon et al. 1989), ma sussistono svariate obiezioni scientifiche - ad es., (Riani et al. 2013; Fanti et al. 2010a; Di Lazzaro 2017). Non si prestò alcuna attenzione:

- ▶ al fatto che la Sindone aveva attraversato l'incendio della chiesa di Chambéry nel 1532, nonché una serie d'altri eventi suscettibili d'influenzare il contenuto di radiocarbonio per "carbossilazione" o per scambio d'isotopi, in modo ancora non compreso o ripetuto in condizioni di laboratorio
 - ▶ alle possibili contaminazioni per muffe, funghi, materiali organici quali residui batterici o insetti e particelle fini bloccati nella struttura di cellulosa (Ivanov 2000) e alla possibilità di un frazionamento isotopico anomalo, che può essere responsabile della modifica dell'età (Saillard 2000)
 - ▶ al gradiente termico osservabile, con possibili variazioni significative attraverso tutto il tessuto.
- Le stime iniziali delle costanti cinetiche per la perdita di vanillina dalla lignina nei filati d'ordito e di trama prelevati dal centro del campione prima della sua consegna ai laboratori per la datazione radiometrica indicano un'età molto più avanzata del tessuto rispetto a quella indicata dalle analisi di radiocarbonio. L'analisi mediante pirolisi-spettrometria di massa dall'area del campione, insieme ad osservazioni microscopiche e microchimiche, ha dimostrato addirittura che il campione usato per l'esame di radiocarbonio non ha fatto parte del tessuto originale della Sindone (Rogers 2005).
- Il verosimile "ringiovanimento" radiocarbonico del tessuto sindonico, inoltre, è spiegabile anche dalle sue vicissitudini

e a possibili inquinamenti di varia natura.

Infine, stabilire quantità e dimensioni adeguate dei campioni e soprattutto garantirne la rappresentatività dell'oggetto studiato, per ottenere risultati credibili, sono principi vitali allorché si debba considerare l'analisi di un oggetto unico come la Sindone di Torino: tali principi scientifici, nel caso dell'investigazione effettuata mediante Carbonio-14, non sono stati seguiti.

Analisi forense

Tali attività hanno incluso lo studio delle caratteristiche strutturali della fibra di lino in generale e sul possibile ruolo della lignina nella formazione delle immagini (Cardamone 2000), nonché l'analisi tecnica del tessuto sindonico e della sua riproduzione con caratteristiche simili; tra i campioni investigati, è compresa una parte della striscia tagliata il 21 aprile 1988 per la datazione radiometrica (Vercelli 2000). Sono stati effettuati, inoltre, esperimenti d'irraggiamento laser a raggi ultravioletti e ultravioletti a vuoto, cercando una colorazione analoga a quella dell'immagine sindonica. Quali risultati, è stata ottenuta una colorazione molto superficiale, tipo quella della Sindone, di filati di lino in una gamma limitata di parametri d'irraggiamento, così come diversi processi fisici e fotochimici che rappresentano sia la colorazione stessa, sia quella latente, processi eventualmente coinvolti nella creazione dell'immagine sindonica (Di Lazzaro et al. 2011). I risultati sono coerenti con quelli di analisi chimiche, microscopiche, spettroscopiche (inclusa l'evidenza di livelli elevati di bilirubina indicativi di trauma) e mediante computer: le immagini del sangue penetrano nella tessitura, mostrando la cementazione delle fibre l'una all'altra e il flusso capillare sotto i fili d'attraversamento del tessuto.

Discussioni scientifiche su aspetti fisici, chimici, biologici, forensi e storici della Sindone di Torino, confrontandola con le possibili copie, hanno evidenziato che:

- ▶ la potenza radiante totale d'ultravioletto a vuoto (sotto i 200 nm) necessaria per colorare una superficie di lino corrispondente a un corpo umano rende impraticabile la riproduzione dell'intera immagine TS utilizzando un singolo laser, in quanto tale potenza non può essere erogata da alcuna delle sorgenti finora realizzate (Di Lazzaro et al. 2010)
- ▶ l'immagine sindonica non è stata certamente prodotta con mezzi che erano disponibili a un forgiatore medioevale, in quanto non in grado di produrre un'immagine con le caratteristiche più critiche di quella sindonica (Heimburger 2010).

È stato definito, infine, un elenco d'evidenze del tessuto sindonico su cui basare ulteriori discussioni sull'ipotesi di formazione dell'immagine corporea (Fanti et al. 2010b).

Altre analisi

Tali attività hanno incluso:

- ▶ Analisi chimiche per via umida (compresa l'analisi enzimatica e immunochimica), esaminando materiali rimossi dalla superficie della Sindone: in particolare, è stato evidenziato che il margine d'acqua presente non risulta opera artistica mediante uso d'ossido di ferro, poiché trattasi di cristalli d'ematite pura, non impiegati dagli artisti per dipingere "margini d'acqua".
- ▶ Immunofluorescenza, da cui è stata rilevata la presenza di aloe e mirra sui fili prelevati dalla Sindone subito dopo l'esposizione del 1978 (Rodante 2000).

PROSPETTIVE FUTURE

Nuove analisi proposte dallo STURP e altri

- ▶ Saggio biologico per la micro-flora e la micro-fauna
- ▶ Ricerche spettroscopiche con strumenti portatili a risoluzione maggiore e rapporti di segnale e rumore migliorati: la riflessione spettrale e le misurazioni della fluorescenza, rispetto a quelle già impiegate, possono essere estese a lunghezze d'onda più brevi, ove le specie organiche e inorganiche hanno un assorbimento elevato e presumibilmente distinto
- ▶ Fluorescenza a fibre ottiche
- ▶ Emissione ultravioletta visibile in punti designati
- ▶ Analisi spettrofotometrica all'infrarosso
- ▶ Tecniche avanzate d'imaging utilizzando appositi filtri e incluso l'imaging spettrale
- ▶ Misura del pH della superficie
- ▶ Risonanza Magnetica Nucleare ad alta risoluzione, per distinguere le diverse specie chimiche presenti fornendo anche informazioni strutturali sulle prossimità spaziali di diversi nuclei risonanti
- ▶ Tecnica di sovrapposizione dell'immagine polarizzata, utile nella valutazione e nella conferma nel caso di oggetti molto simili alle immagini del tessuto sindonico, quali le monete sugli occhi e alcune delle immagini floreali
- ▶ Nuova datazione radiometrica mediante Carbonio-14, esaminando pochi grammi del panno prelevati da tre o più posizioni (Meacham 2000).

Analisi mediante tecniche neutroniche

Le tecniche neutroniche contribuiscono alla soluzione d'importanti quesiti e problematiche correlati alle limitazioni metodologiche della caratterizzazione tradizionale: il basso assorbimento dei neutroni rappresenta una delle caratteristiche essenziali, e i dati ottenuti presentano un alto grado d'affidabilità, poiché mediati su un volume di materiale maggiore rispetto ad altre tecniche d'indagine (Rogante 2008; Rogante 1999).

Nello studio recentemente realizzato (Rogante et al. 2016a; Rogante et al. 2016b), sono discusse le possibili indagini e analisi della Sindone di Torino mediante tali tecniche, volte a valutare e determinare - in modo non distruttivo e complementare ai metodi finora impiegati o considerati per future campagne d'esame - alcuni parametri utili a perfezionare le attuali conoscenze e il database sulle caratteristiche e le proprietà del tessuto sindonico. Le tecniche considerate, in particolare, sono la diffusione neutronica a piccoli angoli (DNPA) (Rogante 2008a) e la diffrazione dei neutroni (Rogante 2008b).

I risultati preliminari delle investigazioni già effettuate su fibre di lino nuove e antiche - datate dall'antico regno d'Egitto all'epoca Tolemaica - illustrano alcune indicazioni che potrebbero essere acquisite in caso d'analisi della Sindone di Torino. Le caratteristiche nanostrutturali sono apparse assai differenti: il lino antico, diversamente da quello moderno, risulta composto da fibre che ne evidenziano il lento degrado causato dalla formazione di difetti. La struttura dei tessuti di lino a livello di nano-scala rivelata dalla DNPA, in particolare, può essere ben distinta:

- ▶ i tessuti di lino moderni, dai filamenti molto sottili (pochi nanometri di diametro), ramificati e intrecciati (struttura a rete), hanno dimostrato una natura piuttosto porosa in massa
- ▶ i tessuti di lino antichi, in cui la degradazione d'invecchiamento per difetti a livello molecolare conduce al restringimento dei pori, conseguendo così una struttura più densa, hanno dimostrato unità strutturali ben definite,

ossia fibre dense con bordi marcati; la superficie di queste fibre ha una dimensione frattale che si presenta con l'aumento dell'età del materiale.

La Figura 1 rappresenta uno schema di possibile evoluzione delle caratteristiche strutturali dei tessuti di lino rispetto alla loro età.

Tale modificazione da una densità minore propria del materiale nuovo ad una nanostruttura meno porosa riferibile ai lini antichi può essere studiata e utilizzata come misura del processo d'invecchiamento, fornendo approfondimenti utili, in tal modo, anche alle indagini sulla datazione.

Una prossima analisi che ho programmato d'effettuare mediante DNPA riguarda campioni di tessuti di lino di varie epoche immersi in acqua pesante (D₂O). I risultati stimati sono:

- ▶ informazioni aggiuntive sulla struttura, mediante sostituzione isotopica nel solvente, onde rivelare nuove caratteristiche delle fibre e mostrare meglio la presenza di regioni con bassa e alta densità di materiale
- ▶ individuazione dei sistemi di nanopori non visibili in H₂O e possibile evidenziazione della tecnologia di produzione impressa nella nano e mesostruttura del materiale antico, che può essere paragonata a quella moderna
- ▶ informazioni sulla geometria dei pori di dimensioni molecolari e loro distribuzioni dimensionali, individuate e analizzate in funzione dell'età
- ▶ rilevamento della presenza di pori aperti e chiusi.

Tra i campioni moderni in lino, è stato considerato anche quello di riproduzione del tessuto sindonico (vedasi la Figura 2), avente le seguenti caratteristiche (Vercelli 2010):

- ▶ Peso: 225 grammi/m²
- ▶ Armatura: saia da 4 con effetto a "spina di pesce" composta da 40 fili in spina destrorsa e 40 in sinistrorsa, ciascuna in 11 mm circa
- ▶ Ordito: 36 fili/cm
- ▶ Trama: 24 fili/cm.

Una prossima attività che ho programmato d'effettuare, infine, riguarda l'investigazione di campioni di tessuti di lino di varie epoche mediante tecniche radiografiche neutroniche (Rogante 2008c), e in particolare:

- ▶ l'investigazione dei processi d'idratazione e deidratazione e lo studio della permeabilità di acqua e altri liquidi nei campioni considerati
- ▶ l'acquisizione di nuove informazioni sulle caratteristiche morfologiche dei tessuti esaminati e per meglio comprendere lo stesso fenomeno della permeabilità, delineando anche la cinetica dell'essiccazione.

Studi di bagnatura di materiali porosi rivelano, in genere, proprietà quali dimensione effettiva dei pori e bagnabilità dal liquido utilizzato. I tessuti non possono essere protetti dall'evaporazione mediante rivestimento, senza cambiamenti sostanziali delle loro proprietà; a ragione dei loro piccoli spessori, tali sistemi possono considerarsi quasi-bidimensionali e l'evaporazione del liquido di bagnatura non può essere ignorata.

Studi sulla migrazione liquida idrogenata all'interno del tessuto di supporto di quello sindonico potrebbero essere utili in considerazione delle forme delle macchie nel tessuto sindonico originale. Le prime indagini sono state già compiute a livello di fattibilità mediante radiografia neutronica statica e dinamica sull'imbibizione spontanea di singole strisce di vari tessuti di dimensioni 20×130 mm disposti su telaio verticale in plexiglas, col lato piatto parallelo allo schermo del rivelatore. Il telaio è stato collocato in un contenitore d'alluminio, dal fondo riempibile con acqua onde bagnare l'estremità inferiore di ciascun campione. Il sistema è stato mantenuto a temperatura stabilizzata di 30° C. Il video radiografico durante il processo è stato registrato

on-line. In Figura 3 sono rappresentati il telaio con due campioni e il dispositivo impiegato.

I video riprodotti alle pagine web <https://youtu.be/HQP1L-L3HxE> e <https://youtu.be/Ci57vyWAttY> rappresentano la radiografia neutronica dinamica del processo d'imbibizione o assorbimento da parte dei due diversi tessuti di cui alla Figura 3 dell'acqua inviata al fondo del recipiente, rispettivamente in versione originale e in seguito ad opportuna elaborazione onde meglio evidenziare le parti bagnate. Anche se il Telo sindonico è attualmente tenuto in condizioni d'umidità e temperatura controllate, l'attività considerata potrebbe fornire un contributo allo studio in generale delle problematiche inerenti la conservazione e la preservazione: per meglio comprendere quanto verificatosi durante i periodi di conservazione passati (ad es., nello studio della cinetica delle gore d'acqua visibili sul Telo), e per valutare la possibile incidenza d'eventuali circostanze imprevedute in particolare legate all'umidità (Rogante 2017).

CONCLUSIONI

Dagli inizi del secolo scorso, in qualche modo, la questione dell'autenticità della Sindone è quasi diventata una forma di ossessione, e si è rischiato di perdere il senso reale e il significato della Sindone e di quell'immagine, soffocandoli sotto il problema dell'autenticità: quindi, uscendo completamente fuori dal giusto approccio scientifico e dal sano rapporto tra scienza e fede, oggetto della Pastorale nei confronti della Sindone che a partire dal 1996 ha portato all'allestimento delle varie ostensioni che ci sono state in questi anni. Qualunque siano i giudizi da parte della scienza, e al di là dell'epoca cui possa risalire, la Sindone è sicuramente un importante punto d'incontro: essa è l'immagine della sofferenza e del supplizio, e rappresenta un grande motivo di riflessione.

RINGRAZIAMENTI

L'autore ringrazia il Prof. Gian Maria Zaccone, Direttore del Centro Internazionale di Sindonologia, e il Prof. Paolo Di Lazzaro per utili discussioni.

ABSTRACT

In this article, after a historiographical introduction, a state of the art concerning the analysis of the Turin Shroud is represented, with an exposition of the main results obtained in recent decades by scientific research on the Shroud and its image.

The studies and experiments conducted by the author are therefore briefly described, employing neutron techniques for the analysis of new and old linen fibers and considering these techniques for a potential investigation of the Shroud. The activity is aimed at providing useful and suitable information to be included in the complex mosaic of data to understand the mystery of the Shroud.

PAROLE CHIAVE

SINDONE DI TORINO; TECNICHE NEUTRONICHE; NANOSCALA

AUTORE

MASSIMO ROGANTE
MAIN@ROGANTEENGINEERING.IT
STUDIO D'INGEGNERIA ROGANTE
WWW.ROGANTEENGINEERING.IT

BIBLIOGRAFIA

- Accetta J.S. & Baumgart J.S. (1980) Infrared Reflectance Spectroscopy and Thermographic Investigations of the Shroud of Turin. *Appl. Opt.* 19/12, 1921-1929
- Adler A.D. (1996) Updating Recent Studies on the Shroud of Turin *Archaeological Chemistry: Organic, Inorganic and Biochemical Analysis, ACS Symposium Series 625/17*, 223-228
- Adler A.D., Selzer R. & Deblase F. (2002) Further spectroscopic investigations of samples of the Shroud of Turin *The Orphaned Manuscript - A Gathering of Publications on the Shroud* Torino: Effatà, 93-102
- Balossino N. (2000) Computer processing of the body image *The Turin Shroud: past, present and future. Proc. Int. Scientific Symposium Turin, 2-5 March 2000* Torino: Centro Internazionale di Sindonologia, 111-124
- Cardamone J. (2000) Structural features on the flax fiber in general and the possible role of lignin in image formation *The Turin Shroud: past, present and future. Proc. Int. Scientific Symposium Turin, 2-5 March 2000* Torino: Centro Internazionale di Sindonologia, 143-148
- Damon P.E. et al. (1989) Radiocarbon dating of the Shroud of Turin *Nature* 337, 611-615
- Deblase N. (2000) Characterization of fibers by Fourier transform IR microspectroscopy *The Turin Shroud: past, present and future. Proc. Int. Scientific Symposium Turin, 2-5 March 2000* Torino: Centro Internazionale di Sindonologia, 265-272
- Di Lazzaro P., Murra D., Santoni A. & Baldacchini G. (2010) Sub-micrometer coloration depth of linens by vacuum ultraviolet radiation *Proc IWSAI, ENEA*, 3-10
- Di Lazzaro P., Murra D., Santoni A., Nichelatti E. & Baldacchini G. (2011) *Colorazione simil-sindonica di tessuti di lino tramite radiazione nel lontano ultravioletto* Report RT/2011/14/ENEA Frascati, Rome: ENEA UTFUS-DITE
- Di Lazzaro P. & Murra D. (2015) A Ray of Light on the Shroud of Turin *Proc. Conf. "FIAT LUX - Let there be light"* Hauppauge: Nova Science publisher, p. 15 <https://www.shroud.com/pdfs/stlkearseabstract.pdf>
- Di Lazzaro P. (2017) Qualche ragionamento scientifico elementare sulla datazione della Sindone di Torino tramite C-14 p. 12 <http://www.academia.edu/25550887>
- Fanti G., Crosilla F., Riani M. & Atkinson A. (2010a) A robust statistical analysis of the 1988 Turin Shroud radiocarbon dating results *Proc IWSAI, ENEA*, 249-255 <http://www.acheiropoietos.info/proceedings/RianiWeb.pdf>
- Fanti G., Botella J.A., Crosilla F., Lattarulo F., Svensson N., Schneider R. et al. (2010b) List of evidences of the Turin Shroud *Proc IWSAI, ENEA*, 67-75
- Gilbert R. & Gilbert M.M. (1980) Ultraviolet-visible reflectance and fluorescence spectra of the Shroud of Turin. *Appl. Opt.* 19/12, 1930-1936
- Heimbürger T. & Fanti G. (2010) Scientific comparison between the Turin Shroud and the first handmade whole copy *Proc IWSAI, ENEA*, 19-27
- Heller J. & Adler A. (1981) A Chemical Investigation of the Shroud of Turin *Canadian Forensic Society Scientific Journal* 14/3, 81-103
- Ivanov A. (2000) Carbon dating of the Turin Shroud: reasons for scepticism, alternative approaches, prospects and further research *The Turin Shroud: past, present and future. Proc. Int. Scientific Symposium Turin, 2-5 March 2000* Torino: Centro Internazionale di Sindonologia, 479-494
- Jackson J.P., Jumper E. & Devan D. (1977) Investigations of the Shroud of Turin by Computer Aided Analysis. *Proc. 1977 United States Conference of Research on the Shroud of Turin, Colorado Springs*, 74-94
- Jenkins R. (2000) X-ray radiography and fluorescence on the Shroud *The Turin Shroud: past, present and future. Proc. Int. Scientific Symposium Turin, 2-5 March 2000* Torino: Centro Internazionale di Sindonologia, 75-88
- Jumper J., Adler A., Jackson J., Pellicori S., Heller J. & Druzic J. (1984) A Comprehensive Examination of the Various Stains and Images on the Shroud of Turin *Archaeological Chemistry III, ACS Advances in Chemistry Series 205/22*, 447-476
- Kearse K.P. (2014) A critical (re)evaluation of the Shroud of Turin blood data: strength of evidence in the characterization of the bloodstains *Proc. Int. Conf. on the Shroud of Turin, St. Louis, Missouri* p. 10 <http://www.shroud.com/pdfs/stlkearsepaper.pdf>
- Meacham W. (2000) Thoughts on the Shroud ¹⁴C debate" *The Turin Shroud: past, present and future. Proc. Int. Scientific Symposium Turin, 2-5 March 2000* Torino: Centro Internazionale di Sindonologia, 441-454
- Miller V.D. & Pellicori S.F. (1981) Ultraviolet fluorescence photography of the Shroud of Turin. *J. Biol. Photogr.* 49, 71-85
- Morris R.A., Schwalbe L.A. & London J.R. (1980) X-Ray Fluorescence Investigation of the Shroud of Turin *X-Ray Spectrom.* 9, 42-47
- Mottern R.W., London R.J. & Morris R.A. (1980) Radiographic Examination of the Shroud of Turin - a Preliminary Report. *Mat. Eval.* 38, 39-44
- Pellicori S. (2000) Spectrophotometry of the Shroud: a critical review *The Turin Shroud: past, present and future. Proc. Int. Scientific Symposium Turin, 2-5 March 2000* Torino: Centro Internazionale di Sindonologia, 101-110
- Pellicori S.F. (1980) Optical Properties of the Shroud of Turin. *Appl. Opt.* 19/12, 1913-1920
- Riani M., Atkinson A., Fanti G. & Crosilla F. (2013) Regression analysis with partially labelled regressors: carbon dating of the Shroud of Turin *Statistics and Computing* 23, 551-561
- Rodante S. (2000) The genesis of the Shroud imprints: experimental *The Turin Shroud: past, present and future. Proc. Int. Scientific Symposium Turin, 2-5 March 2000* Torino: Centro Internazionale di Sindonologia, 167-168
- Rogante M. (1999) *Caratterizzazione, mediante scattering neutronico, di materiali e componenti per l'impiantistica nucleare ed industriale*. Tesi di Dottorato in Ingegneria Nucleare, Università di Bologna
- Rogante M. (2008) Applicazioni Industriali delle Tecniche Neutroniche *Proc. 1st Italian Workshop for Industry AITN 2008* Civitanova Marche: Rogante Engineering, 40-120
- Rogante M. (2008a) Caratterizzazione di materiali e componenti a livello di micro- e nano-scala mediante diffusione neutronica a piccoli angoli, http://www.roganteengineering.it/pagine_servizi/servizi2.pdf (Retrieved: 28.12.2017)
- Rogante M. (2008b) Determinazione delle tensioni residue mediante diffrazione neutronica, http://www.roganteengineering.it/pagine_servizi/servizi1.pdf (Retrieved: 28.12.2017)
- Rogante M. (2008c) Radiografia Neutronica, http://www.roganteengineering.it/pagine_servizi/servizi4.pdf (Retrieved: 28.12.2017)
- Rogante M. (2017) La Sindone di Torino: la ricerca scientifica, Presentazione al Convegno "La Sacra Sindone di Torino", Treia, 15 Settembre 2017, <http://www.accademiageorgica.it/eventi/2017/sindone.html> (Retrieved: 28.12.2017)
- Rogante M. & Rosta L. (2016a) Feasibility Study for Neutron Beam Investigation of the Turin Shroud. *IJNTR* 2/3, 86-95
- Rogante M. & Rosta L. (2016b) *Studio di fattibilità per l'investigazione della Sindone di Torino mediante tecniche neutroniche*, Torino: Centro Internazionale di Sindonologia, p. 13.
- Rogers R.R. (2005) Studies on the radiocarbon sample from the Shroud of Turin. *Thermochim. Acta* 425/1-2, 189-194
- Saillard Y. (2000) Isotopic fractionation required for explanation of Turin Shroud's age by contamination during 1532 fire *The Turin Shroud: past, present and future. Proc. Int. Scientific Symposium Turin, 2-5 March 2000* Torino: Centro Internazionale di Sindonologia, 523-530
- Soardo P. (2000) Colourimetry of the Shroud *The Turin Shroud: past, present and future. Proc. Int. Scientific Symposium Turin, 2-5 March 2000* Torino: Centro Internazionale di Sindonologia, 89-100
- Tamburelli G. (1978) An Image Resurrection of the Man on the Shroud, *Shroud Spectrum Int.* 15, 3-6
- Vercelli P. (2000) The cloth of the Holy Shroud: a technical product analysis of the cloth and its reproduction with similar characteristics *The Turin Shroud: past, present and future. Proc. Int. Scientific Symposium Turin, 2-5 March 2000* Torino: Centro Internazionale di Sindonologia, 169-176.
- Vercelli P. (2010) *La Sindone nella sua struttura tessile*. Torino: Effatà Editrice, p. 123

IN QUESTO NUMERO



In copertina l'immagine emblematica della Sindone di Torino per la quale è stata realizzata una datazione radiometrica mediante Carbonio-14 nel 1988 in tre diversi laboratori (in Arizona, a Cambridge e a Zurigo) su un unico campione suddiviso in più parti, che arrivò a datare l'immagine tra l'anno 1260 e il 1390, ma sussistono diverse obiezioni scientifiche e la ricerca è ancora in corso.

3D TARGET	2
COULTOUR ACTIVE	43
GEOGRÀ	23
HERITAGE	6
LABTAF	47
SALONE DI FERRARA	48
TESTO	29
VIRTUALGEO	43

DOCUMENTAZIONE



6 Sindone di Torino: la ricerca scientifica

DI MASSIMO ROGANTE



GUEST PAPER

12 The city hall of Camposanto and the conservation of its decorative concrete finishing

BY ALESSANDRA ALVISI, GIANCARLO GRILLINI



RESTAURO

18 La Fontana della Piazza di Castel Gandolfo Progetto di salvaguardia e recupero del valore artistico

originario della Fontana berniniana

DI ATONINO TINÈ, ELISABETTA CICERCHIA, MARIO CAPORALE

ARCHEOMATICA
TECNOLOGIE PER I BENI CULTURALI
ANNO VIII, N° 4 - DICEMBRE 2017

Archeomatica, trimestrale pubblicata dal 2009, è la prima rivista italiana interamente dedicata alla divulgazione, promozione e interscambio di conoscenze sulle tecnologie per la tutela, la conservazione, la valorizzazione e la fruizione del patrimonio culturale italiano ed internazionale. Pubblica argomenti su tecnologie per il rilievo e la documentazione, per l'analisi e la diagnosi, per l'intervento di restauro o per la manutenzione e, in ultimo, per la fruizione legata all'indotto dei musei e dei parchi archeologici, senza tralasciare le modalità di fruizione avanzata del web con il suo social networking e le periferiche "smart". Collabora con tutti i riferimenti del settore sia italiani che stranieri, tra i quali professionisti, istituzioni, accademia, enti di ricerca e pubbliche amministrazioni.

DIRETTORE
RENZO CARLUCCI
DIR@ARCHEOMATICA.IT

DIRETTORE RESPONSABILE
MICHELE FASOLO
MICHELE.FASOLO@ARCHEOMATICA.IT

COMITATO SCIENTIFICO
ANNALISA CIPRIANI, MAURIZIO FORTE,
BERNARD FRISCHER, GIOVANNI ETTORE GIGANTE,
SANDRO MASSA, MARIO MICHELI, STEFANO MONTI,
FRANCESCO PROSPERETTI, MARCO RAMAZZOTTI,
ANTONINO SAGGIO, FRANCESCA SALVEMINI

REDAZIONE
REDAZIONE@ARCHEOMATICA.IT

GIOVANNA CASTELLI
GIOVANNA.CASTELLI@ARCHEOMATICA.IT
ELENA LATINI
ELENA.LATINI@ARCHEOMATICA.IT
VALERIO CARLUCCI
VALERIO.CARLUCCI@ARCHEOMATICA.IT
DOMENICO SANTARSIERO
DOMENICO.SANTARSIERO@ARCHEOMATICA.IT
LUCA PAPI
LUCA.PAPI@ARCHEOMATICA.IT

24 Analisi acustica della cattedrale di Carinola

DI GINO IANNACE, FRANCESCO MIRAGLIA



30 Il restauro della Fontana del Nettuno a Bologna - Un sistema 3D web per la documentazione e la gestione dei dati

DI FABRIZIO IVAN APOLLONIO, VILMA BASILISSI, GABRIELE BITELLI, MARCO CALLIERI, DORA CATALANO, MATTEO DELLEPIANE, MARCO GAIANI, FEDERICO PONCHIO, FRANCESCA RIZZO, ANGELO RAFFAELE RUBINO, ROBERTO SCOPIGNO



MUSEI

36 Il progetto "D12" - Prumuovere il rilievo 3D per stimolare la ricerca

DI FEDERICA GUIDI, MARINELLA MARCHESI, GIACOMO VIANINI, PIER CARLO RICCI, MICHELE AGNOLETTI, ANDREA ROSSI



RUBRICHE

22 AGORÀ

Notizie dal mondo delle Tecnologie dei Beni Culturali

44 AZIENDE E PRODOTTI

Soluzioni allo Stato dell'Arte

46 EVENTI

 SEGUICI SU TWITTER:
[TWITTER.COM/ARCHEOMATICA](https://twitter.com/ARCHEOMATICA)

 SEGUICI SU FACEBOOK
[FACEBOOK.COM/ARCHEOMATICA](https://facebook.com/ARCHEOMATICA)

una pubblicazione

mediaGEO
Science & Technology Communication

MARKETING E DISTRIBUZIONE
ALFONSO QUAGLIONE
A.QUAGLIONE@ARCHEOMATICA.IT

DIFFUSIONE E AMMINISTRAZIONE
TATIANA IASILLO
DIFFUSIONE@ARCHEOMATICA.IT

MEDIA GEO SOC. COOP.
VIA PALESTRO, 95
00185 ROMA
TEL. 06.64.87.12.09
FAX. 06.62.20.95.10
WWW.ARCHEOMATICA.IT

PROGETTO GRAFICO E IMPAGINAZIONE
DANIELE CARLUCCI
DANIELE@ARCHEOMATICA.IT

EDITORE
MEDIA GEO SOC. COOP.
Archeomatica è una testata registrata al Tribunale di Roma con il numero 395/2009 del 19 novembre 2009
ISSN 2037-2485

STAMPA
SPADAMEDIA S.R.L.
VIALE DEL LAVORO 31 - 0043 CIAMPINO (ROMA)

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO

La quota annuale di abbonamento alla rivista è di € 45,00. Il prezzo di ciascun fascicolo compreso nell'abbonamento è di € 12,00. Il prezzo di ciascun fascicolo arretrato è di € 15,00. I prezzi indicati si intendono Iva inclusa. Per abbonarsi: www.archeomatica.it

Gli articoli firmati impegnano solo la responsabilità dell'autore. È vietata la riproduzione anche parziale del contenuto di questo numero della Rivista in qualsiasi forma e con qualsiasi procedimento elettronico o meccanico, ivi inclusi i sistemi di archiviazione e prelievo dati, senza il consenso scritto dell'editore.

DATA CHIUSURA IN REDAZIONE: 28 febbraio 2018

Tecnologie per i Beni Culturali

ARCHEOMATICA



DATAZIONE RADIOMETRICA AL CARBONIO-14

CONSERVATION OF DECORATIVE CONCRETE FINISHING

RILIEVO 3D PER STIMOLARE LA RICERCA

WEB 3D PER ARCHIVIARE DATI DI RESTAURO

NUVOLE DI PUNTI E MODELLAZIONE PER REINTEGRARE ELEMENTI LAPIDEI