

Diagnosi del degrado di una pergamena di interesse storico

Florio C., Naviglio B., Calvanese G., *Nicolella P., **Piccioli C.

*Stazione Sperimentale per l'Industria delle Pelli e delle Materie Concianti
(Azienda Speciale della Camera di Commercio di Napoli)*

**Stagista PLART; **Presidente AIES*

Il binomio ricerca scientifica-tutela del patrimonio culturale si identifica fin dalle origini del riconoscimento delle rispettive dignità concettuali dei due campi. Ne costituisce una conferma, la contestuale menzione di entrambi gli elementi del binomio nella Costituzione della Repubblica Italiana; l'articolo 9 del testo, infatti, recita: *La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica. Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione.*

Attualmente, in Italia, la tutela dei beni culturali è disciplinata dal *Codice dei Beni Culturali*, D. Lgs.42 del 22 gennaio 2004 e successive revisioni, noto anche come *Codice Urbani* che, sulla base di una definizione di bene culturale, precedentemente elaborata dalla *Commissione Franceschini* nel 1964, come "testimonianza materiale avente valore di civiltà", individua le tipologie di beni culturali da sottoporre a tutela. Tra le serie elencate, diverse comprendono manufatti in cuoio e pergamena (anche quando non espressamente indicato), designando tali materiali tra gli oggetti di studio privilegiati per restauratori e tecnici del settore, nonché ponendoli ad una crescente attenzione mediatica, suscitata dall'interessamento di storici e critici dell'arte, con conseguente risonanza positiva sul settore; ai tecnici del settore è per contro demandata la responsabilità morale di contribuire alla tutela del patrimonio culturale del Paese.

L'interesse della SSIP verso gli studi rivolti alla diagnosi del degrado di manufatti di interesse storico-artistico è andato maturando nel corso degli anni, non solo in considerazione della maggiore esperienza acquisita, ma anche in virtù del possibile utilizzo delle informazioni ottenute da tali studi, nell'ambito delle ordinarie attività di supporto al settore; i meccanismi di degrado di manufatti odierni, infatti, pur verificandosi su una scala dei tempi limitata, rimandano, concettualmente, al degrado dei manufatti antichi, quali sono normalmente i manufatti di interesse storico-artistico, oggetto del settore dei beni culturali. La comprensione dei meccanismi di degrado dei suddetti manufatti, costituisce pertanto uno strumento utile a migliorare le competenze tecniche di supporto al settore conciario. La pianificazione dei lavori di restauro, inoltre, prevede anche accurati studi di fattibilità sull'utilizzo di alcuni polimeri come materiali di consolidamento degli articoli degradati, che apportano un ulteriore contributo all'ampliamento del patrimonio di conoscenze in materia di compatibilità tra pelle/cuoio e polimeri di rifinitura, relativamente alla funzione di consolidamento e protezione al degrado svolta da questi.

In tempi recenti, le attività di ricerca e supporto, anche didattico, della SSIP al settore dei beni culturali, sono state principalmente rivolte all'approfondimento degli aspetti di degrado e consolidamento di pergamene, di cui si offre una panoramica nel presente lavoro.

***Advanced diagnosis of the degradation of a parchment
of historical concern***

The couple scientific research - conservation of cultural heritage has its roots since when the respective conceptual status of the two fields has been recognized. Both of them, indeed,

have been mentioned, simultaneously, in the Constitution of the Italian Republic, where the article 9 declaims: "The Republic promotes the development of culture and scientific and technical research. It safeguards landscape and the historical and artistic heritage of the Nation". Today, in Italy, the conservation of cultural heritage is regulated by the Code, Legislative Decree 42 of January 22 2004, known as "Urban Code" that, according to the definition of cultural heritage, given by the Franceschini Committee in 1964, as "material statement having a culture value", identifies the typologies of cultural heritage to be conserved. Some of these are leather and parchment artefacts (also when not clearly specified), designing these materials as the aim of the study of restorers and technicians, other that putting them at the centre of a growing media concern in this field, as confirmed by historians and critics interest in it; leather technicians, on the other hand, have the ethical duty of contributing to the conservation of the cultural heritage of the Nation.

The SSIP interest in the studies concerning the degradation of historical-artistic artefacts is grown up through the ages, not only according to the growing technical experience gotten, but also due to the possibility of using the information provided by these studies in the ordinary support activities to leather industry; although the degradation mechanisms of the modern items occur in a short range of times, they conceptually remind the degradation phenomena of the ancient artefacts, indeed.

Therefore, the understanding of the degradative mechanisms of these artefacts, can be considered a crucial tool to improve the technical knowledge useful for the support activities to leather industry.

The planning of the restoring activities, finally, need accurate feasibility studies too, particularly on the utilization of some polymers as stabilizing agents of degraded items, with consequent further contribution to the knowledge on leather/finishing polymers compatibility, with particular reference to polymers stabilizing capability.

Today, the SSIP research, educational and support activities, devoted to cultural heritage, are mainly finalized to an in depth study on the degradation and the stabilization of parchments, that is the topic of the present work.

INTRODUZIONE

Inizialmente confinata agli studi dei meccanismi di degradazione del cuoio per rilegatoria di libri antichi, l'attività della SSIP in materia di beni culturali è stata estesa a diversi altri tipi di manufatti, come scudi antichi, parati in cuoio dipinti del XVIII secolo rilevati da un palazzo vescovile veneziano (in collaborazione con il dipartimento di restauro dell'Accademia di Belle Arti di Venezia) e diversi altri tipi di articoli, tra cui vanno menzionate alcune pergamene. Numerosi manufatti saranno inoltre oggetto di futuri studi, in collaborazione con l'Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli. A partire dal 2012, inoltre, la SSIP è membro del Comitato Scientifico dell'organizzazione, costituita dalla Fondazione Plart, da numerosi

dipartimenti di note università italiane, da alcuni importanti istituti del CNR, nonché da alcune massime autorità nel campo della diagnosi e conservazione dei beni culturali, che ha presieduto alle attività di pianificazione del corso: *La Plastica nell'Arte e per l'Arte: i Polimeri come materiali di base e di Restauro per i Beni Culturali*. Tale corso di alta formazione interdisciplinare, che ha costituito un'occasione formativa estremamente esclusiva nel panorama nazionale ed internazionale, si è svolto nell'anno accademico 2012/2013 ed è stato destinato principalmente a: restauratori, operatori del restauro, conservatori, curatori, storici dell'arte, architetti, galleristi, collezionisti, studenti, chimici, fisici, ingegneri e biologi operanti negli enti pubblici e privati.

Lo svolgimento del corso ha previsto quattro

moduli formativi:

- Principi di scienza e tecnologia dei polimeri e delle materie plastiche.
- I fenomeni di degrado in relazione alla natura dei materiali costituenti i Beni Culturali.
- L'impiego dei polimeri nella conservazione dei Beni Culturali.
- Arte e Design in materiali polimerici - Diagnostica, conservazione e restauro.

La SSIP ha fornito, nello specifico, attività di docenza nell'ambito del secondo modulo, affrontando gli aspetti della diagnosi del degrado di: pergamene e cuoio, carta, tessuti, pigmenti, inchiostri, coloranti e leganti, esaminando, per ciascuno di questi, le seguenti cause di degradazione:

- Biologica;
- Fisica e meccanica;
- Fotochimica e Foto-ossidativa;
- Termica e Termo-ossidativa;
- Chimica.

Sono stati poi affrontati gli aspetti relativi all'approccio diagnostico, con una particolareggiata descrizione dell'utilizzo delle tecniche strumentali maggiormente utilizzate. Al termine del corso, l'istituto è stato inoltre scelto quale struttura ospitante per l'attività di stage di una partecipante, in tema di *diagnosi del degrado di una pergamena di interesse storico*, i cui risultati verranno esposti nel seguito.

La scelta della pergamena come oggetto di studio dello stage è stata maturata, oltre che in virtù della consolidata esperienza dell'Istituto in materia, anche in considerazione della valenza storica, artistica e culturale attribuita alle pergamene.

Testimonianze dell'utilizzo di tale materiale risalgono a duemila anni prima di Cristo, principalmente derivanti dalle civiltà Egizie, Ebee, Assire e Persiane, sebbene in *Naturalis Historia* XIII 11, Plinio il Vecchio riferisce che la tecnica di lavorazione della pelle per ottenere la pergamena fu eseguita per la prima volta a Pergamo (da cui il nome pergamena), su iniziativa del re Eumene II (195-158 a.C.), in

risposta al faraone Tolomeo Epifanio che aveva proibito l'esportazione del papiro dall'Egitto.

Il processo produttivo della pergamena, rimasto a lungo invariato, consisteva nello specifico nella lavorazione delle pelli (prevalentemente di montone, pecora agnello e vitello), sostanzialmente consistente nella depilazione con calce, seguita da una lunga essiccazione in trazione.

La pergamena è andata poi sostituendosi al papiro, a partire dal IV sec. d.C., in ragione dei numerosi vantaggi economici e prestazionali derivanti dal suo utilizzo, stravolgendo irreversibilmente l'unico paradigma del processo produttivo dei supporti di scrittura, fino ad allora esistente. Anche dopo la diffusione della carta stampata (a partire dal XV sec., nel quale cominciò a diffondersi l'utilizzo di lettere di piombo per stampa), la pergamena è riuscita a continuare ad imporsi nell'ambito delle scritture di particolare solennità e con carattere di rilevanza ufficiale, garantendo la durata nel tempo di tali documenti.

Tra le pergamene storiche di maggior rilievo, figurano numerosi atti notarili imperiali, bolle papali e testi sacri di enorme importanza, tra cui il celebre *Codex Purpureus Rossanensis* (VI secolo), manoscritto contenente un evangelario miniato con testi di Matteo e Marco, annoverabile tra i più antichi vangeli miniati conservati. Di vasta rilevanza, figurano inoltre numerose mappe e carte di navigazione storiche, tra cui vale la pena di citare l'enigmatica mappa di Piri Reis (1513), dipinta su una pergamena in pelle di gazzella, il cui autore, un controverso ammiraglio turco, può essere identificato come uno tra i più scomodi revisionisti storici del suo tempo, per aver messo in discussione l'attribuzione a Colombo della scoperta delle Americhe. Altri misteriosi aspetti attinenti alla mappa possono identificarsi con la presenza di zone fino ad allora ritenute inesplorate, nonché con la dettagliata raffigurazione di terre antartiche, attualmente coperte dai ghiacci.

I frammenti di pergamena analizzati nel corso dell'attività di stage svolta, costituiscono invece parte di un drappeggio rilevato da alcune

statue abruzzesi di interesse religioso, del tardo medioevo, a rimarcare la varietà degli utilizzi di tale materiale, nell'ambito delle molteplici produzioni di interesse storico, artistico e culturale nei quali è stato impiegato. Va inoltre aggiunto che la pergamena analizzata, nel manufatto originario, risultava essere assemblata ad altri materiali, che hanno costituito oggetto di ulteriori approfondimenti; sono stati in particolare analizzati frammenti di tessuti, gesso e legno decorato con la tecnica dell'*estofado*, una particolare tecnica decorativa utilizzata prevalentemente per ornare manufatti in legno, raffiguranti soggetti sacri, nell'ambito di molte produzioni religiose, a partire dal medioevo. La tecnica veniva realizzata ricoprendo la

superficie interessata con una sottile lamina d'oro o d'argento, che veniva prima ricoperta di colori e poi ulteriormente lavorata (graffiata), in modo da far riaffiorare la brillante parte metallica sottostante. Va inoltre riferita l'opinione ampiamente condivisa e accreditata degli storici dell'arte che il termine *estofado* (di origine spagnola) possa essere derivato dal termine italiano "stoffa" e fa riferimento alla tecnica di decorazione che si applica alla superficie lignea delle statue per imitare le stoffe pregiate. I frammenti analizzati, infatti, sono stati prelevati, come detto in precedenza, proprio da un drappeggio dell'abito di alcune statue lignee, di cui si riporta un'illustrazione in figura 1.

Figura 1 - Statue abruzzesi di interesse religioso da cui sono stati prelevati i reperti analizzati



MATERIALI E METODI

I principali metodi di indagine strumentale utilizzati per la diagnosi del degrado dei reperti sono i seguenti:

- Spettroscopia Infrarossa in modalità ATR (ATR-IR: Attenuated Total Reflection Infrared Spectroscopy) - *Spectrum One ATR-IR Spectrometer*;
- Microscopia Elettronica a Scansione con sonda a raggi-X (SEM-X-ray probe) - *Zeiss EVO MA10 Scanning Electron Microscope* con rivelatore *INCA X-act*;
- Tecniche gas-cromatografiche, con particolare riferimento alla tecnica GC-MS con sistema di campionamento Purge & Trap - *HP GC System/6890 - Rivelatore HP/5973 Mass Selective - campionatore O-I Analytical/*

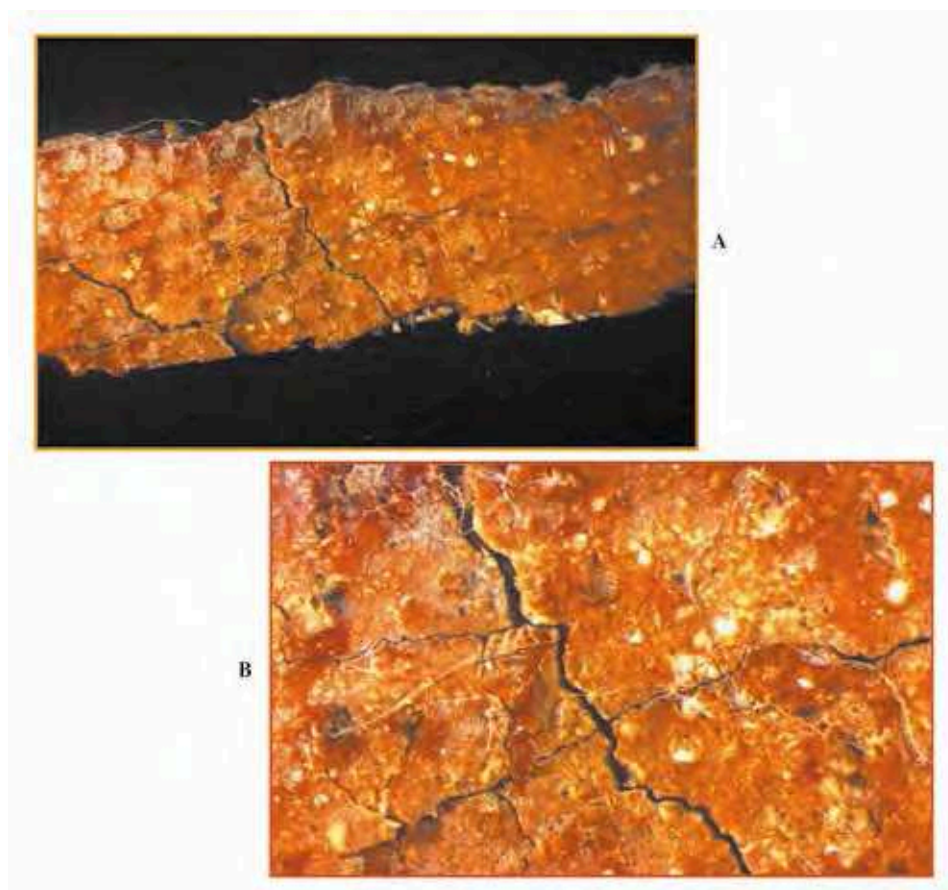
Eclipse 4660;

- Analisi termica mediante sistema DSC/ TGA accoppiato a spettrometria di massa - *STDQ600 TA. Instrument* con rivelatore *THERMOSTAR™ Mass Spectrometer*.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Un frammento di pergamena antica è stato in primo luogo esaminato con l'ausilio di microscopia ottica (figura 2), attraverso cui è stato possibile riscontrare la presenza, in superficie, di numerose e profonde screpolature del fiore. È stata inoltre identificata la presenza di numerose formazioni biancastre, oltre che di piccolissime macchie nere e filamenti chiari. Attraverso questo primo esame non è stato possibile effettuare il riconoscimento della specie animale e identificare o escludere la presenza di possibili attacchi microbiologici.

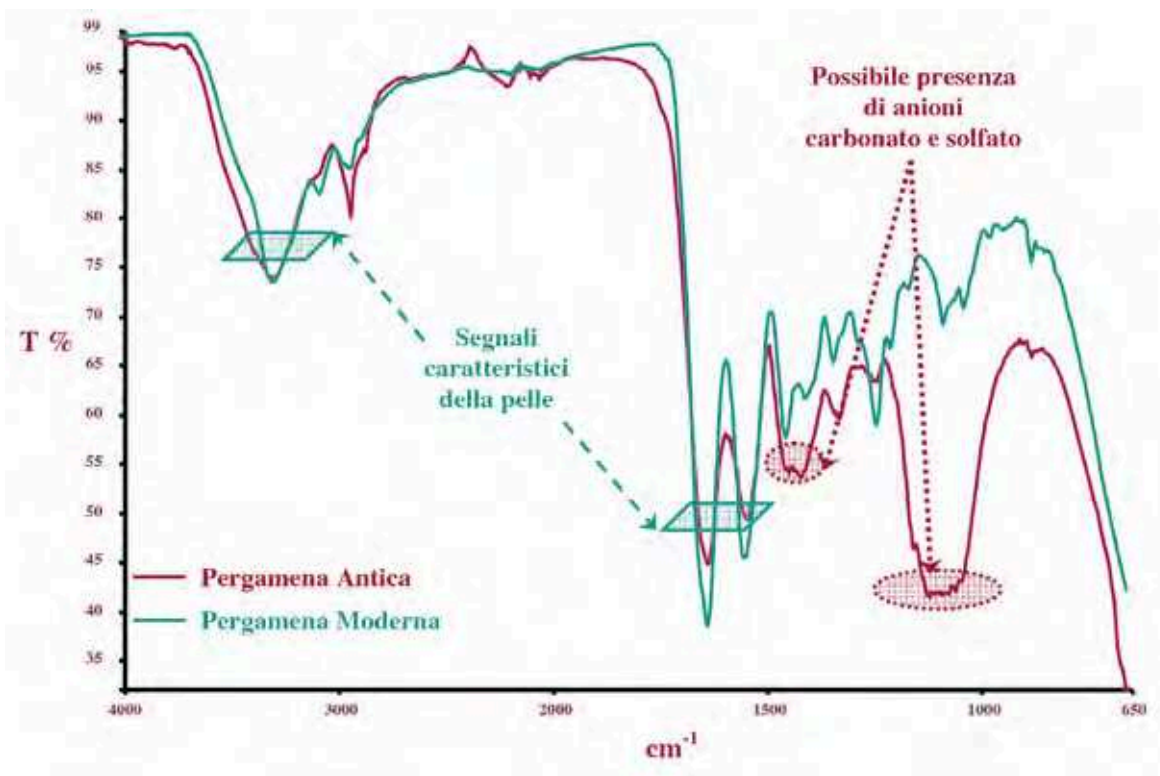
Figura 2 - Immagini allo stereoscopio della pergamena antica - Ingrandimento 16x (A) e 40x (B)



L'indagine sul campione è proseguita con l'esame della superficie di questo mediante spettroscopia ATR-IR. Tale esame, oltre che sulla pergamena antica, è stato effettuato anche, per confronto, su di un campione di "pergamena" di recente produzione, costituito nello specifico da pelle non conciata ed essiccata in trazione, realizzato pertanto con un processo produttivo simile a quello che veniva utilizzato per la produzione di pergamene antiche e destinato

alla realizzazione di moderni articoli di arredo (paralumi). Come si può riscontrare dalla figura 3, il confronto spettroscopico delle superfici dei due campioni, ha innanzitutto consentito di evidenziare la presenza, nel materiale antico, di una matrice proteica, quale quella del collagene, a conferma della natura del materiale. È stata inoltre riscontrata la presenza, nel solo materiale antico, di segnali caratteristici degli anioni carbonato e solfato.

Figura 3 - Sovrapposizione degli spettri IR della pergamena antica e della pergamena moderna



L'analisi termica comparativa degli stessi campioni ha confermato la possibile presenza di solfati e carbonati nel campione antico, come suggerito dal picco endotermico riscontrato a circa 750 °C, solo per tale campione, compatibile con il processo di allontanamento di CO₂ ed SO₂ (figura 4). Tale indagine ha inoltre evidenziato

un minore contenuto di umidità, a carico del campione antico, laddove la disidratazione di una pergamena rappresenta uno dei più noti fattori di degrado di tali materiali. La presenza di segnali indicativi di un maggiore contenuto di sostanze organiche-grasse, relativo al campione moderno, è stato invece messo in relazione

all'aggiunta di prodotti a base cerosa, utilizzati per conferire a questo particolari caratteristiche merceologiche.

La successiva analisi morfologica al SEM della pergamena antica ha in primo luogo consentito di escludere la presenza di attacchi microbiologici in atto e di identificare i filamenti riscontrati sulla superficie, piuttosto che con possibili ife fungine, con frammenti del tessuto sottostante la pergamena, a questa ancora parzialmente assemblata a mezzo di sostanze collanti. È stato inoltre possibile effettuare il riconoscimento della specie animale e classificare il campione

come di origine ovi-caprina.

L'esame morfologico della sezione del campione antico ha poi consentito di identificare profonde crepe nella superficie lato fiore, oltre che di discontinuità e aperture delle fibre del derma, laddove è stata anche riscontrata la disposizione lineare di queste, nella parte lato carne del campione; tale disposizione lineare delle fibre è infatti caratteristica delle pergamene e deriva dalla procedura di essiccazione sotto trazione delle pelli, prevista nell'ambito del processo di produzione delle pergamene (figura 5).

Figura 4 - Analisi termica dei campioni di pergamena

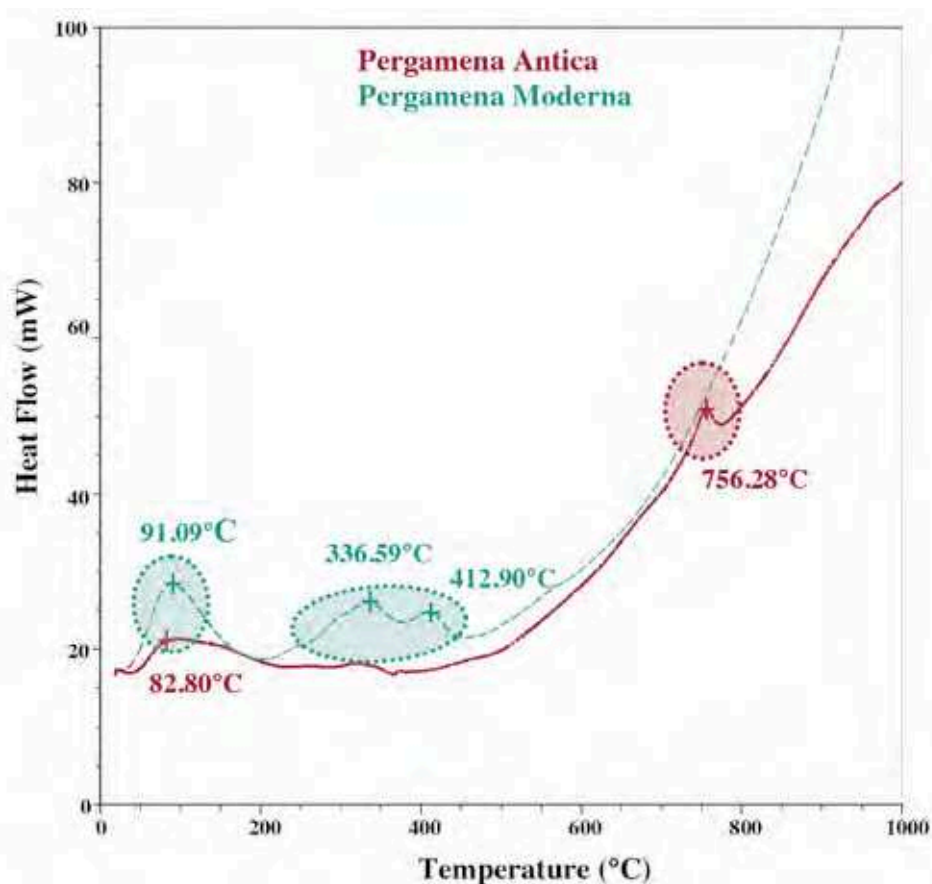
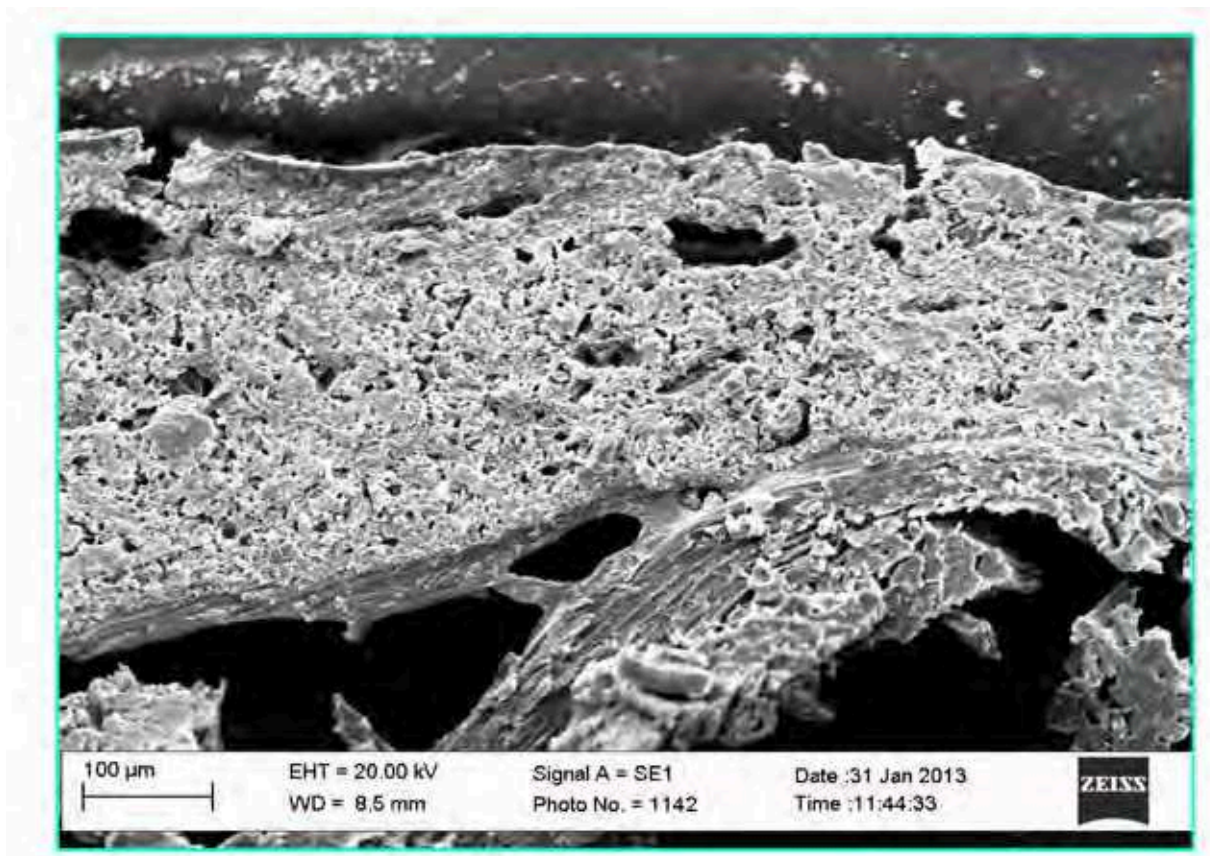


Figura 5 - Esame al SEM della sezione della pergamena antica



L'utilizzo della sonda a raggi X a corredo del SEM, ha inoltre consentito di effettuare un'approfondita microanalisi della superficie del campione. Tale approfondimento, come è possibile osservare dalle figure 6 e 7, ha fornito utili informazioni sulla natura dei depositi riscontrati sulla superficie della pergamena antica. Nello specifico, in corrispondenza dei depositi bianchi, è stato riscontrato un significativo contenuto di calcio; tale informazione, unitamente ai risultati ottenuti dalle precedenti indagini, ha suggerito che i suddetti depositi bianchi fossero sostanzialmente costituiti da solfati e carbonati di calcio. In corrispondenza dei depositi scuri è stata inoltre riscontrata la presenza di tracce di altri metalli, con particolare riferimento al ferro. Il ruolo dei sali di metalli come il calcio nell'insorgenza dei fenomeni degradativi del collagene, sia

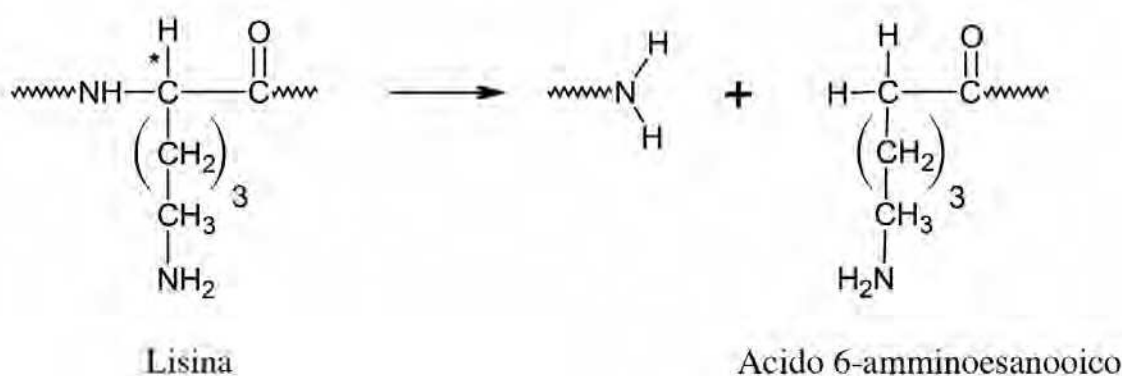
dal punto di vista chimico che meccanico, è stato ampiamente discusso nell'ambito di alcuni precedenti lavori della SSIP, come risulta da riferimenti bibliografici, così come il ruolo svolto dalla presenza di tracce di altri metalli in superficie, nei meccanismi in grado di favorire la degradazione delle strutture dei materiali a base proteica.

Nello specifico, si ritiene che la formazione dei suddetti sali di calcio possa essere messa in relazione, da un lato, allo stesso processo di produzione, che prevede un massiccio utilizzo di calce, seguito direttamente dall'essiccazione degli articoli (senza quindi decalcinazione) e dall'altro alla trasformazione di CO_2 ed SO_2 atmosferici in carbonati e solfati, rispettivamente.

Un ulteriore contributo alla comprensione dei fenomeni degradativi a carico del reperto in pergamena analizzato è derivato

dalla determinazione delle sostanze volatili del campione, eseguita mediante gascromatografia GC-MS, con sistema di campionamento tipo Purge & Trap. Tale esame ha rilevato la presenza di tracce di possibili prodotti di degradazione del campione, come gli acidi γ -amminobutirrico e 6-amminoesanoico, che possono essere messi in relazione a meccanismi di degrado ossidativi del collagene; quest'ultimo, infatti, può subire processi di degradazione secondo

due possibili tipologie di meccanismi: quella idrolitica e quella ossidativa, laddove, come da riferimenti bibliografici, tali fenomeni possono essere favoriti dal contatto delle fibre di collagene con alcuni metalli. Nello specifico caso, potrebbero essere stati privilegiati meccanismi di tipo ossidativo a carico del collagene, che avrebbero generato i suddetti prodotti, come l'acido 6-amminoesanoico, secondo il seguente possibile schema, riportato a titolo di esempio:



Al fine di ottenere un più completo quadro sullo stato di degradazione del reperto, alcune indagini sono state eseguite anche sugli altri materiali. Da tale approfondimento, è innanzitutto risultato che le fibre del tessuto sottostante, verosimilmente di origine vegetale, a base cellulosica (come canapa o juta), come suggerito dall'analisi spettroscopica infrarossa, non sono risultate interessate, similmente alla pergamena, da attacchi microbiologici; viceversa, sono risultate parzialmente danneggiate, in seguito a possibili fenomeni degradativi di tipo chimico-fisico, analogamente a quanto descritto per le fibre collageniche della pergamena. In figura 8 sono riportate, a titolo di esempio, alcune immagini al SEM del campione di tessuto, che mostrano il parziale stato di degrado in cui versa quest'ultimo.

Si è proceduto quindi con la mappatura

della composizione superficiale in elementi, mediante SEM, di un campione decorato con la tecnica dell'*estofado*. Tale indagine ha in primo luogo evidenziato la presenza localizzata di metalli come piombo e arsenico (figura 9). A tale proposito, va riferito che alcuni composti di tali metalli venivano comunemente utilizzati, specialmente in passato, come pigmenti; molto utilizzato, infatti, è stato l'ossido misto di piombo (II) e piombo (IV), rosso, e le forme allotropiche del solfuro di arsenico, As_4S_4 , note come *Realgar* ed *Orpimento*, dalle colorazioni rosse e giallo-oro, rispettivamente. È stato inoltre possibile riscontrare una distribuzione dei metalli, tale da ricondurre il processo degradativo, a carico di tale campione, prevalentemente a possibili fenomeni migratori, comprendenti la possibile migrazione dell'argento dello strato sottostante, verso la superficie colorata.

Figura 6 - Microanalisi al SEM (A); immagini al microscopio ottico delle zone investigate (B)

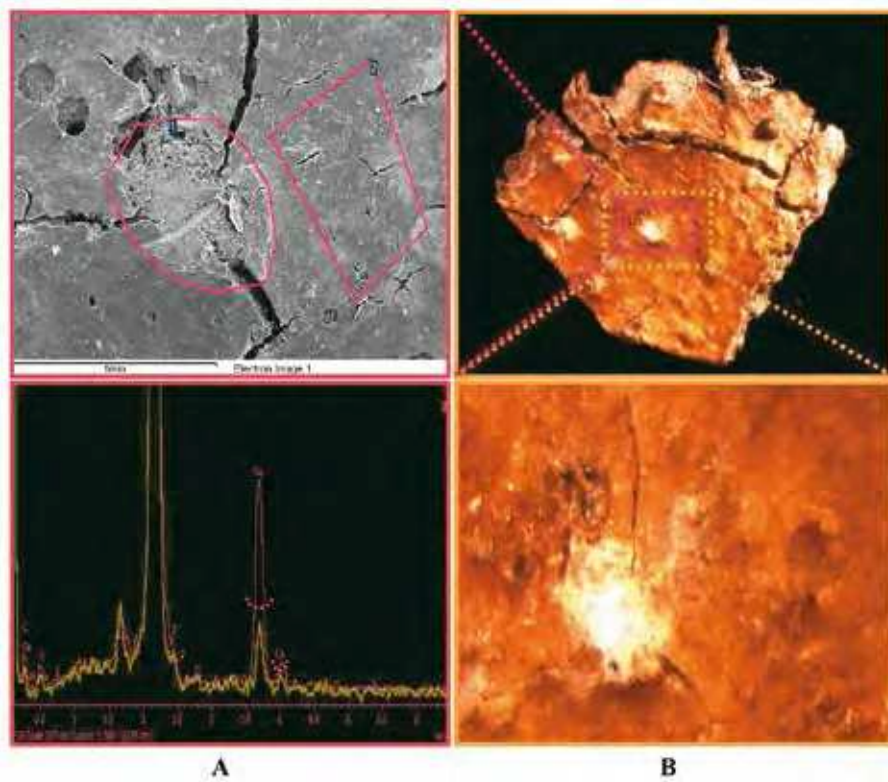


Figura 7 - Microanalisi al SEM

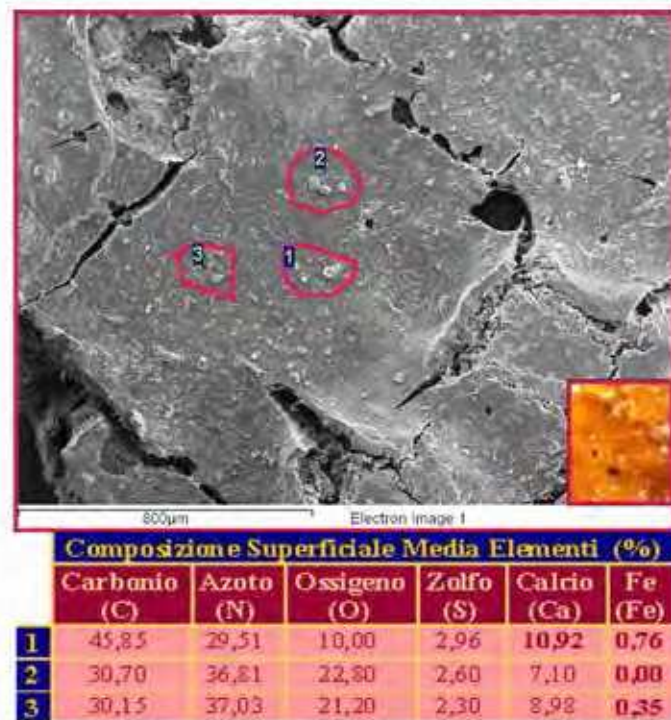
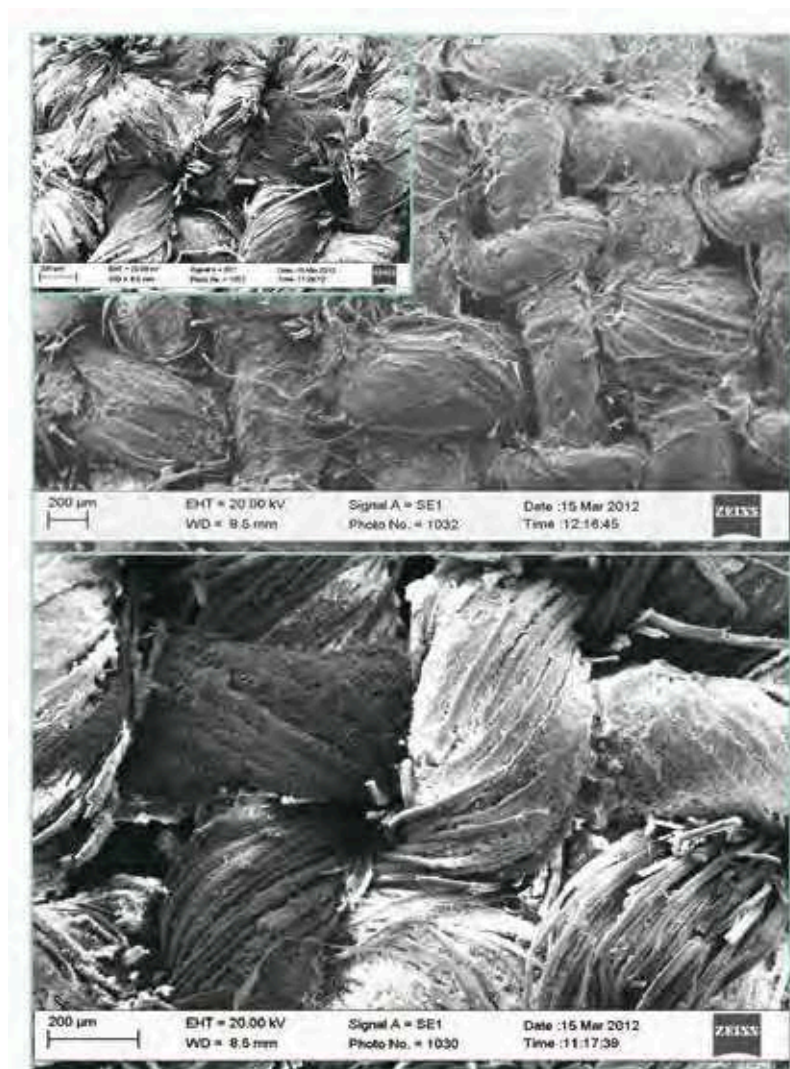


Figura 8 - Esame al SEM del tessuto

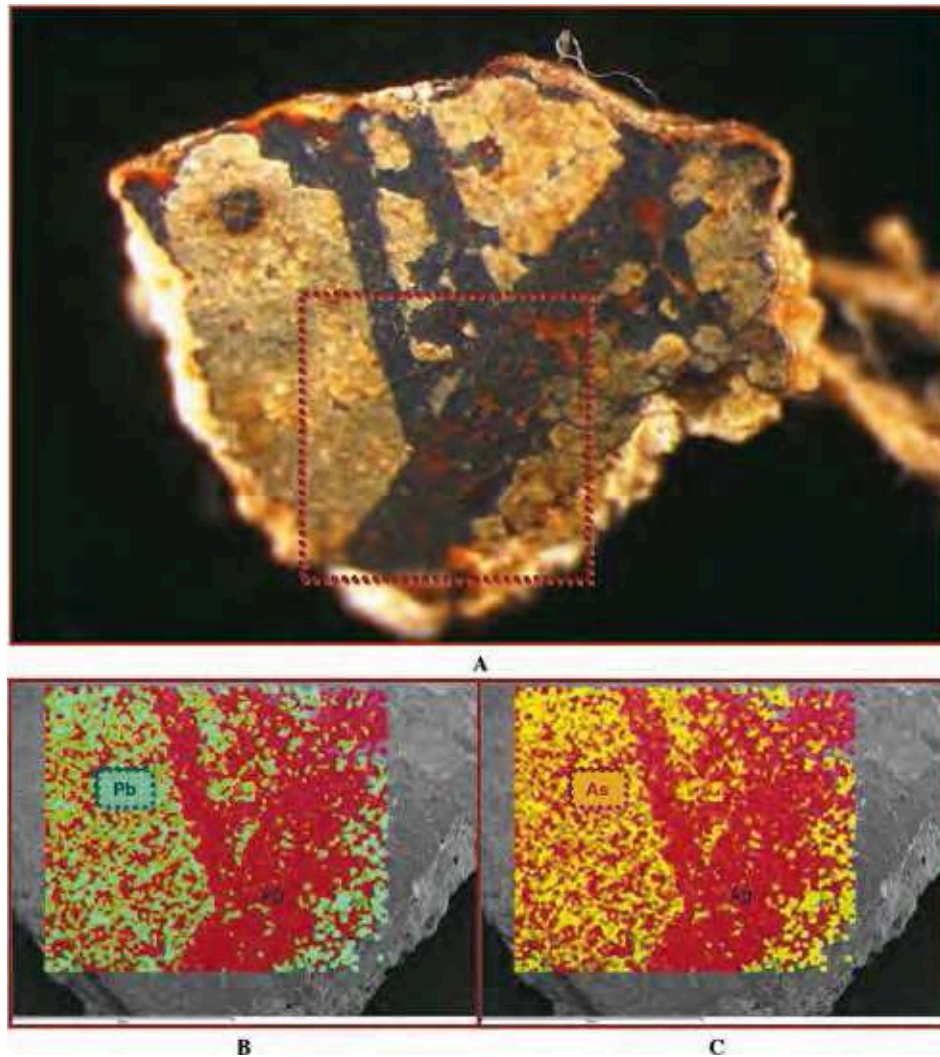


Per maggiore completezza, è stato infine esaminato il campione di gesso colorato, utilizzato per realizzare il viso dei manufatti. L'analisi al microscopio ottico ed elettronico del campione hanno evidenziato una disomogeneità nel colore e nella morfologia di questo: è stata nello specifico riscontrata una colorazione variabile dal rosso al rosa e all'arancio. Una colorazione rossa particolarmente intensa è stata rilevata in corrispondenza di numerose formazioni

granulari, di aspetto prevalentemente cristallino, presenti all'interno della massa amorfa del materiale, di dimensione variabile (diametri variabili tra circa 1 µm e circa 1 mm).

La microanalisi al SEM del campione ha evidenziato la presenza di piombo e tracce di ferro ed arsenico, da mettersi in relazione ai pigmenti utilizzati, laddove ferro e piombo sono risultati essere prevalentemente abbondanti in corrispondenza dei grani cristallini (figura 10).

**Figura 9 - Immagine al microscopio ottico del campione decorato con la tecnica dell'*estofado* (A)
Microanalisi al SEM di un particolare del campione (B e C)**



Allo scopo di approfondire l'indagine su tale reperto, alcuni frammenti di questo sono stati sottoposti ad un processo di microestrazione in esano in bagno a ultrasuoni. L'estratto organico ottenuto è stato quindi analizzato mediante gascromatografia GC-MS. I risultati ottenuti con questa tecnica sono riportati in tabella 1, dalla quale è possibile in primo luogo riscontrare la presenza nel campione di acidi grassi, laddove questi possono essere considerati indice di una

contaminazione antropica del reperto. Sono stati altresì identificate paraffine e cloroparaffine, che possono essere messe in relazione all'utilizzo di prodotti nobilitanti e/o pulenti. È stata infine riscontrata la presenza di una sostanza ad azione neurotossica, nota come *Permetrina*, normalmente utilizzata per la produzione di insetticidi.

Figura 10 - Immagine al microscopio ottico del campione in gesso colorato (particolare del viso) e microanalisi al SEM di un particolare dello stesso campione

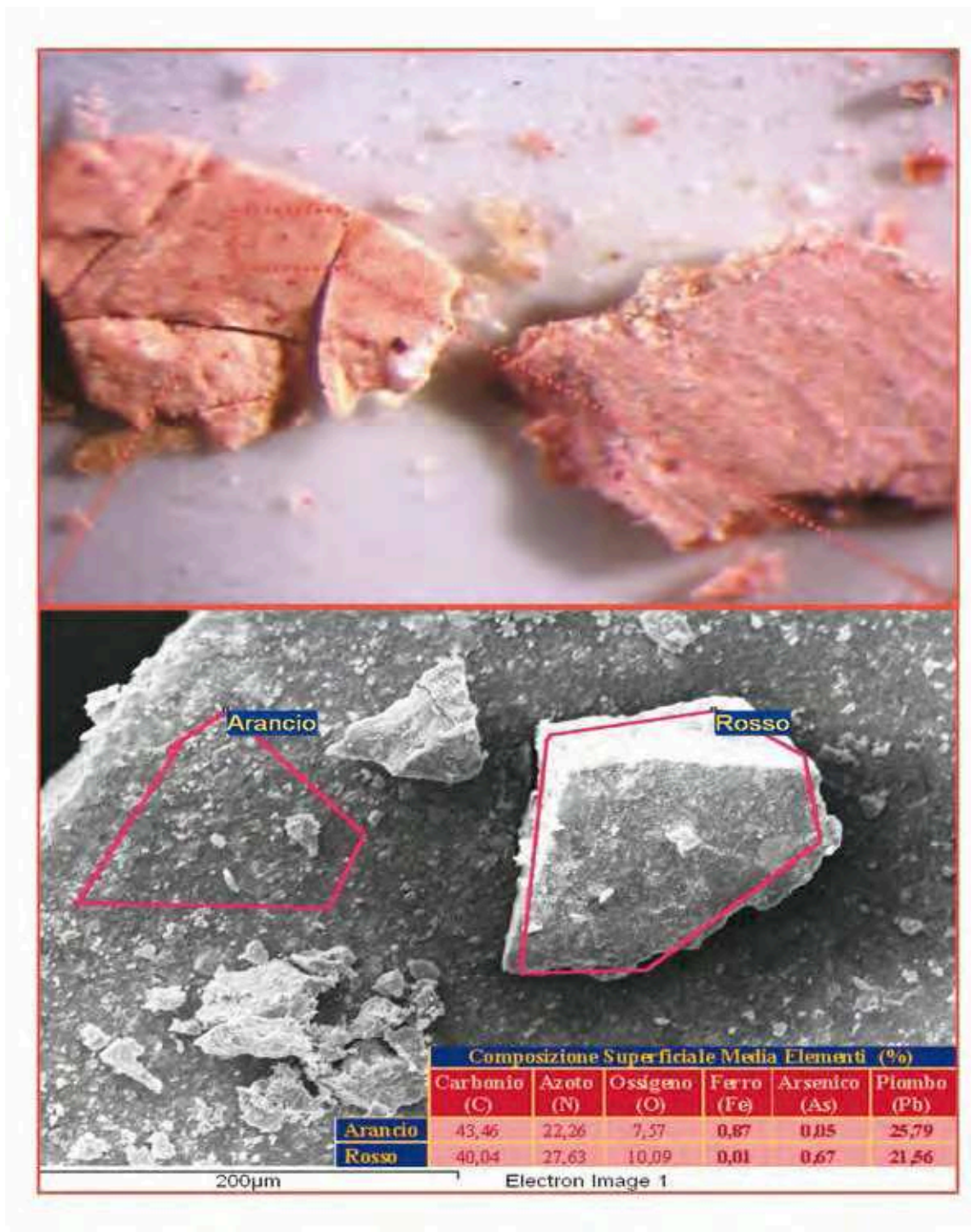


Tabella 1 - Analisi gas-cromatografica dell'estratto organico del gesso colorato

Sostanza	t _r (min)	CAS	Riconoscimento %	Area %
Hep tanoic acid	6,4	000111-14-8	46	1,44
Octanoic Acid	7,3	000124-07-2	94	8,14
n-Decanoic acid	8,1	000354-08-6	64	9,67
Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)-, acetate	8,9	000124-17-4	90	7,99
Cyclotetradecane	12,5	000295-17-0	97	4,86
9-Tricosene, (Z)-	22,6	027619-02-4	97	4,49
Z-10-Tetradecen-1-ol acetate	22,9	1000130-99-3	89	2,46
7,11-Hexadecadienal	26,2	1000130-95-7	86	1,08
2-Hep tadecenal	27,9	1000143-08-6	80	1,49
Prop anamide, 3-phenyl-N-[2-(2-tolyloxy) ethyl]-	28,4	294653-07-9	15	1,68
Oleic Acid	29,3	000112-80-1	53	3,85
Octadec ane	32,4	000893-45-3	91	2,67
Permethrin	33,0	052645-53-1	81	3,52
Eicosane	36,4	000112-95-8	96	12,31
Hexadecane, 1-(ethoxyloxy)-	38,5	000822-28-6	90	1,53
Undecane	40,0	001120-21-4	70	3,19
Hexadecane, 1-chloro-	40,1	004860-03-1	91	2,47
Tetradec ane, 2,6,10-trimethyl-	41,3	014905-56-7	60	3,49
Tetradec ane, 1-chloro-	42,6	002425-54-9	70	2,61
Hexadecane, 1-(ethoxyloxy)-	43,4	000822-28-6	90	14,14
1-Octadecanethiol	47,0	002885-00-9	83	4,11
1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene	47,4	017151-09-6	55	1,28
Z-6-Pentadecen-1-ol acetate	47,5	068760-72-6	47	1,64

CONCLUSIONI

Le indagini svolte sulla pergamena, unitamente agli approfondimenti effettuati sugli altri materiali dei reperti a questa assemblati, hanno fornito informazioni cruciali per la comprensione dei meccanismi del degrado dei manufatti e, conseguentemente, per la pianificazione di appropriate operazione di recupero e consolidamento delle statue.

I reperti in pergamena sono risultati interessati

da un significativo stato di degradazione, associato a fattori di degrado prevalentemente di tipo chimico/ossidativo, termo-climatico e meccanico.

Un ruolo particolarmente significativo è stato attribuito alla presenza di metalli in grado, per un verso, di intervenire meccanicamente nel processo di deterioramento delle fibre proteiche, per l'azione meccanica potenzialmente svolta da alcuni loro sali e, d'altro canto, di intervenire nel chimismo dei fenomeni ossidativi a carico

del collagene, con conseguente degradazione chimica di questo.

L'origine di tali metalli può essere ricercata sia nello stesso processo di produzione della pergamena, come nel caso del calcio, sia nell'utilizzo di pigmenti utilizzati per decorare gli altri materiali a questa assemblati, oltre che in eventuali fonti esterne.

Un altro ruolo significativo è stato inoltre attribuito alle condizioni termo-climatiche in cui sono stati conservati i manufatti, laddove l'eventuale presenza di particolari condizioni di temperatura ed umidità costituisce un fattore in grado di favorire l'instaurarsi di fenomeni degradativi. L'esposizione a CO₂ ed SO₂ atmosferici, costituisce inoltre un ulteriore fattore potenzialmente cruciale, per la possibile

trasformazione delle suddette sostanze nei rispettivi solfati e carbonati.

Gli approfondimenti sugli altri materiali hanno rilevato la presenza di possibili fattori di contaminazione antropica dei manufatti, suggerendo anche la possibile esposizione di questi a fattori di degrado derivanti dall'utilizzo di formulati chimici.

Relativamente ai reperti in pergamena è stata inoltre ipotizzata una possibile attività di recupero e consolidamento, basata su una moderata reidratazione del materiale, seguita dal consolidamento di questo mediante applicazione di film polimerici, con note proprietà di affinità verso la matrice collagenica, come ad esempio poliuretani e poliacrilati.

BIBLIOGRAFIA

- (¹) Florio C., Calvanese G., Naviglio B., Siani B., Metal based defects - Resolving actions and their planning through the instrumental diagnosis of the semi-processed leathers, *Cuoio Pelli e Materie Concianti (CPMC)*, 88, 5, 261-276, 2012, LX AICC National Congress, Ravello (SA) - June 15 2012.
- (²) Florio C., Aveta R., Tortora G., Naviglio B., Calvanese G., Advanced approaches in leather research using SEM microscopy X-ray probe equipped, *Cuoio Pelli e Materie Concianti (CPMC)*, 88, 1/2, 7-21, 2012, XXXI IULTCS Congress, Valencia - September 27- 30 2011.
- (³) Naviglio B., Florio C., Calvanese G., Diagnostic investigation for the evaluation of the deterioration of an ancient leather artefact, *Cuoio Pelli e Materie Concianti (CPMC)*, 87, 5/6, 253-255, 2011, II International Congress "Diagnosis for the conservation and valorization of cultural heritage", Naples, December 15-16 2011.
- (⁴) Naviglio B., Aveta R., Florio C., Calvanese G., The valorization of the historic leather: deterioration, characterization and conservation, *Cuoio Pelli e Materie Concianti (CPMC)*, 86, 6, 341 - 352, 2010, I International Congress "Diagnosis for the conservation and valorization of cultural heritage", Naples, December 9-10 2010.
- (⁵) Naviglio B., Calvanese G., Aveta R., Florio C., Romagnuolo M., Microscopy techniques for the characterization of animal hair, *Cuoio Pelli e Materie Concianti (CPMC)*, 85, 3, 145-151, 2009.
- (⁶) Naviglio B., Aveta R., Comite G., bacteria and moulds in tanning industry: identification, causes and damage prevention, *Cuoio Pelli e Materie Concianti (CPMC)*, 79, 2, 93-103, 2003.
- (⁷) Naviglio B., Deterioration and restoration of leather, *La Conceria*, 18, 29, 1996.