

**Tutela, conservazione e valorizzazione del Fondo Iconografico dell'Osservatorio Astronomico di Roma.
Relazione di restauro e conservazione di un nucleo di stampe e carte da lucido.**

Tiziana Macaluso

Indice

1. Introduzione: strategie integrate di tutela, analisi e restauro	3
2. Patrimonio cartaceo e fotografico dell'Osservatorio Astronomico di Roma	3
3. Opere	4
4. Datazioni	6
5. Iscrizioni	6
6. Autori	6
Wilhelm Beer e Johann Heinrich von Mädler	
Giovanni Virginio Schiaparelli	
Carl Christian Vogel von Vogelstein	
7. Tecniche esecutive	9
Litografia	
Cromolitografia	
Xilografia	
Carte da lucido	
8. Principali forme e processi di deterioramento delle stampe	10
Deterioramenti di origine chimica	
Deterioramenti di origine ambientale	
Deterioramenti di origine biologica	
9. Stato conservativo	11
Stampe (alterazioni fisiche, chimiche e biologiche)	
Carte da lucido (alterazioni fisiche, chimiche e biologiche)	
10. Restauri pregressi	14
11. Interventi di restauro	14
Documentazione fotografica e compilazione della scheda di restauro	
Test preliminari	
Modalità d'intervento (stampe e carte da lucido)	
12. Indicazioni di conservazione preventiva	18
Definizione e ambiti operativi	
Materiali per la conservazione	
Parametri ambientali idonei (temperatura, umidità relativa, inquinamento atmosferico e illuminazione)	
Indicazioni sugli arredi a norma conservativa	
13. Bibliografia e sitografia	24

1. Introduzione: strategie integrate di tutela, analisi e restauro

Sul *corpus* di beni cartacei e fotografici afferenti al Fondo Iconografico dell'Osservatorio Astronomico di Roma sono state avviate, e risultano tuttora in corso, attività di conservazione preventiva, restauro e valorizzazione finalizzate alla salvaguardia di un insieme documentario di rilevante interesse storico e scientifico.

Il fondo presenta una storia conservativa complessa, in fase preliminare si è pertanto reso necessario procedere a una revisione sistematica dei materiali, finalizzata alla ricognizione e alla mappatura dello stato di conservazione dei manufatti. Parallelamente, è stata condotta un'analisi degli ambienti di deposito, orientata alla valutazione dei parametri microclimatici e all'individuazione delle criticità conservative, al fine di definire eventuali interventi di adeguamento.

Il nucleo di opere, inoltre, sono state oggetto di catalogazione secondo gli standard ICCD (schede S e F), mediante l'utilizzo del sistema gestionale SicapWeb. La documentazione prodotta comprende dati identificativi, descrizione morfologica e tecnologica dei beni, inquadramento storico e topografico, nonché informazioni relative allo stato conservativo e alla gestione amministrativa.

Attualmente, sono in corso interventi di restauro finalizzati alla stabilizzazione delle condizioni conservative dei materiali, eseguiti secondo il principio del minimo intervento, inteso come valutazione critica e scelta di procedure conservative compatibili, reversibili e non invasive. Gli interventi sono stati orientati, quindi al rallentamento dei processi di degrado e, ove possibile, al recupero della leggibilità funzionale e informativa dei manufatti.

Il restauro è stato supportato da indagini interdisciplinari finalizzate alla caratterizzazione dello stato di conservazione e alla comprensione delle fenomenologie di degrado, con identificazione delle cause dirette e indirette dei principali deterioramenti, oltre alla caratterizzazione della tecnica esecutiva e all'identificazione dei materiali costitutivi. Le alterazioni sono risultate riconducibile a fattori intrinseci (proprietà dei materiali costitutivi), estrinseci antropici e ambientali, con particolare riferimento all'esposizione a parametri deterioranti quali temperatura, umidità relativa, radiazione luminosa e contaminanti aerodispersi.

Le attività sono state, inoltre, svolte nell'ambito di collaborazioni didattiche e tirocini formativi attivati tramite convenzioni con istituzioni universitarie e centri di alta formazione nel settore della conservazione e del restauro, tra cui l'Università degli Studi di Torino, l'Università degli Studi di Palermo, per i corsi di laurea magistrale a ciclo unico in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali, il Centro Conservazione e Restauro "La Venaria Reale" e la SAF-ICRCPAL.

Nell'anno accademico 2025-2026 in corso, presso l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", corso di laurea magistrale a ciclo unico in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali (PFP5, III e V anno), è stato ulteriormente sviluppato il percorso di studio e intervento conservativo. Le operazioni hanno interessato, nello specifico, una serie di stampe su supporto cartaceo del XIX secolo, relativi alla produzione scientifica storica e due elaborati architettonici relativi alle planimetrie dell'Osservatorio.

2. Patrimonio cartaceo e fotografico dell'Osservatorio Astronomico di Roma

I manufatti sui quali è stato eseguito lo studio e l'intervento afferiscono alle collezioni dell'Osservatorio Astronomico di Roma che includono anche la Biblioteca antica e l'Archivio storico e che sono distribuite nella sede attuale dell'Osservatorio presso Monte Porzio Catone e la sede antica sulla collina di Monte Mario a Roma.




L'Archivio storico comprende documenti che testimoniano la storia dell'astronomia, principalmente a partire dal XIX secolo, costituito dal patrimonio ereditato dalle due più importanti specole romane, l'Osservatorio del Collegio Romano e l'Osservatorio del Campidoglio.



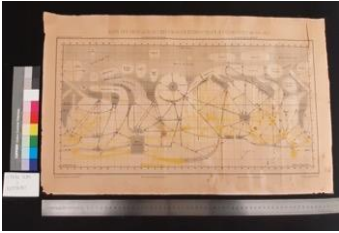

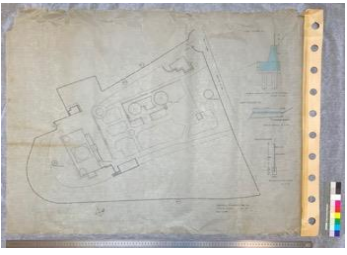
La documentazione archivistica include lettere di scienziati italiani e stranieri, manoscritti, fogli di osservazioni e di calcoli, registri, opuscoli a stampa a cui si aggiunge un Fondo iconografico composto da disegni, incisioni, stampe e fotografie, datati XVII al XX sec.

Le immagini raffigurano ritratti di astronomi e strumenti scientifici, tavole di documentazione scientifica, momenti di spedizioni astronomiche ottocentesche, oltre a materiali iconografici vari (atlanti, calendari).

A tale patrimonio, si associano anche i materiali raccolti dallo studioso polacco Artur Wolynski (1844-1893), che nel 1873 donò allo stato italiano le collezioni dedicate a Copernico e volle la costituzione di un Museo Astronomico e Copernicano. Oggi, il Museo ha sede a Villa Mellini, sulla collina di Monte Mario, sede dell'allora Osservatorio astronomico di Roma ed espone una vasta collezione di strumentazione scientifica.

3. Opere

<p>N. 443</p> 	<p>Illustrazione del <i>Calendarium Perpetuum</i> creato da Arnolt Muller nel 1607. Il calendario è al centro della stampa, sormontato da una ruota con lo zodiaco e circondato da vignette con didascalie. Il tutto è racchiuso da una base decorativa con linee intrecciate a losanghe. Dimensioni: 475 mm x 378 mm</p>
<p>N. 488</p> 	<p>Mappa selenografica della superficie lunare divisa in quarti, creata da Carolus Vogel e pubblicata da S. Schropp & Soc nel 1834. L'opera raffigura il terzo quarto (superiore destro) ed era inserita all'interno di una cornice lignea coeva. Dimensioni: 570 mm x 570 mm</p>
<p>N. 488a</p> 	<p>Mappa relativa alla "Livellazione geometrica di precisione", come indicato dal titolo in alto a destra. Mostra i capisaldi e le linee ferroviarie e di navigazione del Regno d'Italia. La mappa era inserita sul verso dell'opera n. 488 all'interno della cornice lignea. Dimensioni: 570 mm x 570 mm.</p>
<p>N. 489</p>	<p>L'opera raffigura uno dei quarti di luna che costituiscono la Mappa lunare. Si tratta di una stampa litografica ideata da Wilhelm Beer e Johann Heinrich von Mädler, con disegno di Carolus Vogel. Questa <i>Mappa Selenographica</i></p>

	<p>fu la prima mappa lunare divisa in quadranti e la più completa dell'epoca. Era inserita all'interno di una cornice lignea coeva. Dimensioni: 570 mm x 570 mm</p>
<p>N. 535</p>	
	<p>Riproduzione delle mappe di Marte disegnate dall'astronomo Giovanni Schiaparelli, basate sulle osservazioni del 1877 e 1878. Queste mappe sono celebri per aver dato origine alla controversia sui "canali" marziani. L'opera era inserita all'interno di una cornice lignea coeva. Dimensioni: 246 mm x 197 mm</p>
<p>N. 539</p>	
	<p>Mappa della superficie di Marte basata sulle osservazioni condotte a Lussinpiccolo dal 1894 al 1903, stampata nel 1904. Riporta il titolo nella zona superiore. Dimensioni: 355 mm x 650 mm.</p>
<p>N. 3</p>	
	<p>Planimetria e tracciato della strada 23 bis (ristampa di lucido progettuale, datata 1 luglio 1981) che costeggia l'Osservatorio Astronomico di Roma. Presenta una striscia di carta forata sul margine sinistro per l'archiviazione. Dimensioni: 840 mm x 1110 mm</p>
<p>N. 4</p>	
	<p>Riproduzione su carta da lucido della planimetria del parco dell'osservatorio astronomico di Monte Mario in scala 1:200 così come indica il titolo, posto nell'angolo inferiore destro. Sono presenti dettagli realizzati in punta di china con l'aggiunta di un pennarello di colore azzurro. Dei tracciati in grafite incorniciano il disegno e mostrano alcune varianti progettuali e linee guida, soprattutto nella zona centrale. Presenta una striscia di carta forata sul margine sinistro per l'archiviazione. Dimensioni: 840 mm x 1053 mm.</p>

4. Datazioni

I lucidi, realizzati a mano o come copie da originali, possono essere circoscritti a un arco cronologico compreso tra gli anni Trenta e gli anni Ottanta del XX secolo. Raffigurano progetti, sia realizzati sia non realizzati, relativi a edifici pertinenti all'Osservatorio di Monte Porzio Catone e Villa Mellini. Le opere a stampa su carta, per la maggior parte eseguite mediante la tecnica della litografia su carta moderna, sono invece databili alla seconda metà del XIX secolo.

Nel dettaglio, si indicano le seguenti datazioni indicate sui manufatti:

- nel lucido contrassegnato con n. 3 è presente una nota manoscritta recante la data «1/7/1981»;
- nel lucido contrassegnato con n. 4 compare l'indicazione «luglio 1981».

5. Iscrizioni

- N. 3 “Planimetria e tracciato strada 23 bis” sul lato sinistro
- N. 4 in basso a sinistra è riportato il titolo

“Osservatorio Astronomico di Monte Mario / Planimetria del parco - luglio 1981 / scala 1:200”

Nella seconda metà di sinistra: “PART[.]COLARE A / MURO DI SOSTEGNO DELLA STRADA DI ACCESSO / SEZIONE R. 1:50”

“PARTICOLARE B/ SEZIONE STRADA R. 1:100”

“PARTICOLARE C/ RECINZIONE DEL PARCO R. 1:20”;

- N. 443 “Calendarum perpetuum” al centro
- N. 488 “III” sul lato destro
- N. 488a è presente sul verso un timbro che riporta la seguente frase: “OSSERVATORIO DELLA R' UNIVERSITA' DI ROMA”
- N. 489 in alto a sinistra è presente il numero romano “IV”
- N. 535 sul verso in grafite c'è il numero “09865” scritto al contrario
- N. 539 “Karte der oberfläche des mars nach beobachtungen in lussinpiccolo von 1894- 1903” in alto.



Iscrizione sull'opera n. 535, verso

6. Autori

Wilhelm Beer e Johann Heinrich von Mädler

Wilhelm Beer (Berlino, 1797 – 1850) fu un banchiere e astronomo dilettante tedesco, figura di rilievo nell'ambito della selenografia ottocentesca. Nonostante la sua formazione e attività professionale nel settore finanziario, coltivò la passione per gli studi astronomici realizzando un osservatorio privato a Berlino. L'osservatorio era dotato di strumentazione di elevata qualità, tra cui un telescopio rifrattore da 95 mm costruito da Joseph von Fraunhofer.

Johann Heinrich von Mädler (Hannover, 1794 – Hannover, 1874) fu un astronomo tedesco, noto principalmente per i suoi contributi alla selenografia ottocentesca.

Nel 1824 entrò in contatto con Wilhelm Beer, con il quale avviò una collaborazione scientifica e proseguì successivamente la propria attività scientifica dedicandosi anche allo studio della struttura della Via Lattea e alla determinazione dei moti stellari. Il suo lavoro contribuì in modo significativo allo sviluppo dell'astronomia osservativa moderna e alla definizione di metodi nell'analisi sistematica degli oggetti celesti.

La collaborazione tra Beer e Mädler, a partire dal 1829, condusse, tra il 1834 e il 1836, alla realizzazione di una dettagliata carta della superficie lunare, nota come *Mappa Selenographica*, pubblicata in quattro volumi e accompagnata, nel 1837, da un'opera descrittiva intitolata *Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen*. Poiché la carta completa di Lohrmann fu pubblicata soltanto nel 1878, il lavoro di Beer e Mädler è generalmente considerato la prima grande rappresentazione lunare basata su accurate misurazioni micrometriche.

La mappa, suddivisa in quattro tavole, presenta un diametro complessivo di quasi un metro, analogo a quello dell'opera di Lohrmann, ed è corredata da un volume esplicativo pubblicato nello stesso periodo. Essa rappresentò una delle più autorevoli pubblicazioni selenografiche dell'Ottocento e costituì un riferimento fondamentale per le successive carte di Thomas William Webb ed Edmund Neison. Si distingue, inoltre, come la prima mappa lunare realizzata mediante litografia e, ancora oggi, è considerata una delle migliori prodotte con tale tecnica.

Giovanni Virginio Schiaparelli

Giovanni Virginio Schiaparelli (Savigliano, 1835 – Milano, 1910) fu uno dei più eminenti astronomi italiani dell'Ottocento. Dopo aver sviluppato una precoce passione per l'astronomia, conseguì nel 1854 la laurea in Ingegneria idraulica e architettura civile presso il Politecnico di Torino. Successivamente perfezionò la propria formazione a Berlino e presso l'Osservatorio di Pulkovo, a San Pietroburgo.

A partire dal 1860, operò presso l'Osservatorio Astronomico di Brera, dove fu nominato primo astronomo nel 1862 e ricoprì la carica di direttore fino al 1900, contribuendo in maniera determinante al rinnovamento della strumentazione. In particolare, promosse l'acquisizione di telescopi rifrattori Merz, tra cui quello da 50 cm di apertura, che fu per lungo tempo il più grande in Italia.

Schiaparelli si distinse per rilevanti studi sulle stelle doppie e sulle stelle cadenti, che interpretò correttamente come frammenti di origine cometaria, nonché per le celebri osservazioni di Marte, condotte tra il 1876 e il 1890. Le sue mappe del pianeta, allora le più accurate disponibili, lo condussero a descrivere i cosiddetti "canali", fenomeno che egli stesso riconobbe in seguito come un'illusione ottica.

Negli ultimi anni della sua vita si dedicò prevalentemente alla storia dell'astronomia e della scienza, attività che proseguì fino alla morte, avvenuta a Milano nel 1910.

Carl Christian Vogel von Vogelstein

Carl Christian Vogel von Vogelstein (Wildenfels, 1788 – Monaco di Baviera, 1868), spesso indicato semplicemente come Vogel, fu un pittore tedesco di rilievo nell'ambito della ritrattistica romantica. Ricevette la prima formazione artistica dal padre, il pittore Christian Leberecht Vogel, e successivamente frequentò l'Accademia di Belle Arti di Dresda. Qui intraprese inizialmente l'attività di copista presso la Gemäldegalerie, per poi affermarsi come ritrattista apprezzato, riuscendo a imporsi come uno dei principali interpreti della pittura di ritratto in ambito romantico.

Nel 1807, si trasferì a Dresda presso la residenza del barone von Löwenstern, dove svolse l'attività di insegnante di disegno per i suoi figli. L'anno successivo si recò a San Pietroburgo, dove fondò un atelier di successo presso il palazzo dei principi Gagarin. In questo contesto acquisì notevole prestigio, divenendo ritrattista di numerosi esponenti dell'aristocrazia e del corpo diplomatico.

7. Tecniche esecutive

Il nucleo delle stampe è composto da opere a stampa eseguite con la tecnica xilografica, litografica, o cromolitografica, oltre due carte da lucido.

Xilografia

La xilografia è una tecnica di stampa a rilievo che si basa sull'incisione di una matrice lignea, nella quale le parti destinate alla stampa vengono lasciate in rilievo, mentre le superfici non stampanti sono asportate mediante intaglio.

L'impiego di matrici lignee incise per la decorazione dei tessuti è attestato già in Egitto tra il V e il VI secolo d.C., mentre la stampa xilografica su carta, di origine cinese, risale all'VIII secolo d.C. In Europa, le prime xilografie compaiono a partire dal XIV secolo. Nel corso del Cinquecento, tale tecnica si affermò come uno dei principali mezzi per l'illustrazione dei libri a stampa, anche in virtù della facilità con cui le matrici lignee potevano essere integrate nelle forme tipografiche. Nel XVI secolo si diffuse inoltre la xilografia a chiaroscuro, realizzata mediante l'impiego di due, tre o più matrici, ognuna destinata a una diversa tonalità.

Si distinguono due principali tipologie di xilografia: quella su legno di filo e quella su legno di testa (o di punta). La xilografia su legno di filo è eseguita su tavole ottenute da un taglio longitudinale del tronco (generalmente di essenze quali pero, noce, melo, ciliegio o faggio) e viene lavorata mediante strumenti quali il coltello e la sgorbia, utensile caratterizzato da un'estremità concava.

La xilografia su legno di testa, invece, utilizza matrici ricavate da sezioni trasversali del tronco (frequentemente di pero, acero, sorbo o bosso) nelle quali le fibre risultano perpendicolari alla superficie di incisione. Tale configurazione consente l'impiego del bulino e permette di ottenere un grado di dettaglio più elevato, nonché una più ampia gamma di modulazioni tonali.

Litografia

La litografia è una tecnica di stampa planografica basata su un principio chimico-fisico noto: l'incompatibilità tra acqua e sostanze grasse. Il procedimento fu messo a punto nel 1796 dall'austriaco Alois Senefelder, che impiegò una pietra calcarea proveniente dalle cave di Solnhofen, nei pressi di Monaco di Baviera.

La tecnica iniziò a diffondersi già a partire dal 1806, conoscendo una rapida espansione soprattutto in ambito artistico, grazie alla possibilità di riprodurre disegni eseguiti a mano libera con notevole fedeltà. A Parigi, nel 1818, si contavano già cinque officine litografiche, mentre nel 1831 il loro numero era salito a cinquantanove. In diversi contesti europei, quali la Francia, la Baviera e la Russia, furono gli stessi governi a promuovere l'introduzione e lo sviluppo della litografia, riconoscendone le potenzialità anche sul piano commerciale. Al contrario, in Gran Bretagna se ne ostacolò la diffusione, giungendo persino a vietare l'importazione delle pietre litografiche.

La pietra litografica consiste in una roccia calcarea a struttura granulare fine e regolare, caratterizzata da variazioni di colore e durezza dovute alla presenza di sali minerali. Estratta in banchi orizzontali, essa veniva tagliata in forme rettangolari e accuratamente levigata; nel processo di stampa assume la funzione di matrice.

Gli inchiostri litografici sono composti da nerofumo e da un legante oleoso, la cui viscosità varia in funzione delle esigenze tecniche, in particolare per evitare la dispersione nell'acqua e per adattarsi alle specificità del lavoro da eseguire. Le carte impiegate sono generalmente lisce e collate, in modo da resistere alla presenza di acqua sulla matrice e consentire una corretta resa delle superfici stampanti.

Il procedimento ha inizio con l'esecuzione del disegno direttamente sulla pietra, mediante matite o inchiostri grassi, prestando attenzione a mantenere prive di sostanze grasse le aree destinate a rimanere bianche. Successivamente, il disegno viene fissato e fatto penetrare nel supporto calcareo mediante l'applicazione, a pennello, di una soluzione di gomma arabica e acido nitrico. Tale

trattamento rende le parti non disegnate idrofile e repellenti ai grassi, mentre nelle aree tracciate si verifica la formazione di composti (saponi calcarei) insolubili in acqua e affini agli inchiostri grassi. Una volta preparata, la matrice è pronta per la stampa: la pietra viene inumidita con un sottile velo d'acqua e successivamente inchiostrata mediante un rullo; l'inchiostro aderisce esclusivamente alle parti disegnate, mentre viene respinto dalle superfici umide. Il foglio di carta viene quindi appoggiato sulla matrice e sottoposto a pressione. Il procedimento può essere ripetuto numerose volte, consentendo la realizzazione di molte copie prima che si verifichi un sensibile decadimento della qualità dell'immagine.

Cromolitografia

La cromolitografia, introdotta nel 1837, rappresenta un'evoluzione della litografia tradizionale, dalla quale si distingue per la possibilità di ottenere immagini policrome mediante l'impiego di più matrici, ciascuna destinata all'applicazione di un diverso colore.

Nelle fasi iniziali del suo sviluppo, tale tecnica fu prevalentemente utilizzata a scopo decorativo, trovando applicazione nella produzione e nell'ornamentazione di oggetti quali mobili, scatole, ventagli, album e quaderni. A partire dalla seconda metà dell'Ottocento, la cromolitografia conobbe ampia diffusione anche nel campo della comunicazione visiva, con la realizzazione di stampe su carta e cartoncino destinate in particolare alla pubblicità.

Agli inizi del Novecento, tuttavia, la tecnica fu progressivamente abbandonata, in concomitanza con la crescente affermazione della fotografia e dei procedimenti fotomeccanici, che offrivano soluzioni più rapide ed economicamente vantaggiose per la riproduzione delle immagini.

Carte da lucido

Le carte da lucido costituiscono una tipologia di supporto cartaceo semitrasparente, sviluppatasi in relazione con l'evoluzione delle pratiche del disegno tecnico e della riproduzione grafica. La loro funzione principale consiste nella possibilità di rendere visibile il tracciato sottostante, consentendo operazioni di ricalco, sovrapposizione e trasferimento del disegno con elevata precisione. Per tali caratteristiche, esse hanno assunto un ruolo centrale nei processi progettuali in ambito architettonico, ingegneristico e artistico, soprattutto tra la fine del XIX e la seconda metà del XX secolo.

Le origini di questi supporti possono essere ricondotte a pratiche anteriori basate sull'impiego di pergamene sottili e carte trattate con sostanze grasse o oleose, per aumentarne la trasparenza. Già in età tardomedievale e rinascimentale, tecniche descritte da Cennino Cennini nel *Libro dell'arte* testimoniano l'uso di oli siccativi, come l'olio di lino, e di trattamenti superficiali atti a modificare le proprietà ottiche dei supporti. Tra il XVI e il XIX secolo tali procedimenti rimasero prevalentemente artigianali, fondati sull'impregnazione della carta con oli vegetali, resine naturali o cere.

Dal punto di vista chimico, la trasparenza delle carte da lucido era ottenuta mediante la saturazione parziale delle fibre cellulosiche con sostanze a elevato indice di rifrazione o con composti oleosi (olio di lino, olio di tung), che riempivano gli interstizi tra le fibre riducendo la riflessione interna della luce. In alcuni casi, venivano impiegate anche resine naturali, come la colofonia, capaci di conferire maggiore compattezza e traslucidità al supporto.

A partire dalla seconda metà del XIX secolo si assiste alla progressiva standardizzazione della carta da lucido, con la produzione industriale di supporti ottenuti mediante raffinazione spinta della cellulosa e successiva calandatura, che compattava le fibre riducendo la porosità del foglio. In questa fase, si diffondono anche trattamenti chimici di collatura superficiale a base di amido, gelatina o derivati della cellulosa, per migliorare la resistenza meccanica e la stabilità dimensionale del supporto.

Nel corso del XX secolo, si affermano inoltre le cosiddette carte traslucide "solforate" o pergaminate vegetali, ottenute mediante trattamento della cellulosa con acido solforico o altri agenti che provocano la parziale gelificazione superficiale delle fibre. Questo processo riduce la porosità del materiale e aumenta la trasparenza, rendendo il supporto più uniforme e resistente all'azione dell'inchiostro. Parallelamente, l'introduzione di plastiche cellulosiche e successivamente di polimeri sintetici (come

acetato di cellulosa e poliestere) ha portato allo sviluppo di film trasparenti impiegati come supporti tecnici alternativi alla carta.

8. Principali forme e processi di deterioramento delle stampe

I principali fenomeni di deterioramento delle stampe cartacee possono essere ricondotti a tipologie di origine chimica, ambientale e biologica. Tali fattori non agiscono in modo isolato, ma spesso in maniera sinergica, accelerando i processi di degrado dei materiali cartacei e dei *media grafici*.

Deterioramenti di origine chimica: tali alterazioni dipendono sia dalle caratteristiche intrinseche dei materiali costitutivi della stampa (in particolare carta e *media grafici*), sia da condizioni di conservazione inadeguate, come il contatto con materiali non idonei o acidi. Tra i principali processi chimici si annoverano l'acidificazione della cellulosa, l'ossidazione dei componenti ligninici e la degradazione degli inchiostri, che possono determinare ingiallimento, fragilità del supporto e perdita di leggibilità dell'immagine.

Deterioramenti di origine ambientale: parametri quali umidità relativa, temperatura e radiazione luminosa influenzano in modo determinante la stabilità dei materiali cartacei. Condizioni non controllate possono provocare fenomeni di idrolisi della cellulosa, con conseguente indebolimento strutturale, oltre a ingiallimento e imbrunimento della carta. L'eccesso di umidità favorisce inoltre la formazione di gore e lo sviluppo di microrganismi, quali muffe e batteri, responsabili di ulteriori alterazioni cromatiche e strutturali.

Deterioramenti di origine biologica: Il deterioramento biologico delle opere cartacee è dovuto all'azione di organismi viventi che utilizzano il materiale cellulosico come fonte nutritiva o che ne compromettono l'integrità attraverso attività metaboliche e meccaniche. Tra i principali agenti biodeteriogeni si annoverano microrganismi quali funghi e batteri, oltre a insetti xilofagi e cartofagi. Le condizioni ambientali caratterizzate da elevata umidità relativa, scarsa ventilazione e temperature non controllate favoriscono in modo significativo lo sviluppo di tali organismi.

In particolare, le infestazioni fungine sono tra le più frequenti e si manifestano attraverso la formazione di colonie superficiali visibili come muffe, spesso accompagnate da alterazioni cromatiche, macchie e indebolimento strutturale delle fibre cellulosiche. I batteri, sebbene meno evidenti macroscopicamente, possono contribuire alla degradazione della cellulosa mediante processi enzimatici che ne determinano la progressiva depolimerizzazione.

Gli insetti, invece, provocano danni di natura prevalentemente meccanica, nutrendosi della carta o utilizzandola come supporto per la deposizione delle uova. L'attività trofica determina abrasioni, perforazioni e lacune anche estese, con conseguente perdita di leggibilità e integrità fisica del manufatto.

Il controllo del deterioramento biologico richiede pertanto strategie integrate di conservazione preventiva, basate sulla regolazione dei parametri microclimatici, sul monitoraggio ambientale e sull'adozione di adeguate procedure di stoccaggio e manipolazione dei materiali.

Oltre alle cause sopra descritte, il degrado delle stampe cartacee è il risultato di una complessa interazione di processi fisico-chimici e meccanici che si sviluppano nel tempo. Tra questi si annoverano la fotodegradazione, indotta dall'esposizione alla luce, in particolare ai raggi ultravioletti, che provoca alterazioni cromatiche e indebolimento delle fibre; l'idrolisi acida della cellulosa, responsabile della progressiva perdita di resistenza meccanica del supporto; l'ossidazione dei leganti organici presenti negli inchiostri, che può determinare sbiadimento o viraggio cromatico.

Ulteriori fattori di degrado includono le sollecitazioni meccaniche derivanti da manipolazione impropria, pieghe e tensioni interne del supporto, nonché i fenomeni di invecchiamento naturale dei

materiali costitutivi. In molti casi, tali processi si combinano tra loro, determinando un deterioramento cumulativo che accelera la perdita di stabilità chimico-fisica delle stampe.

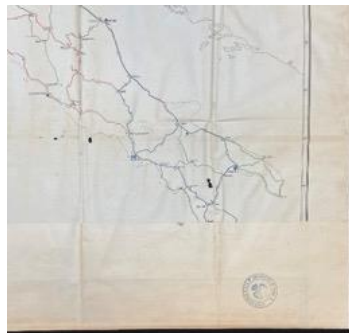
9. Stato conservativo

Stampe

Alterazioni fisiche

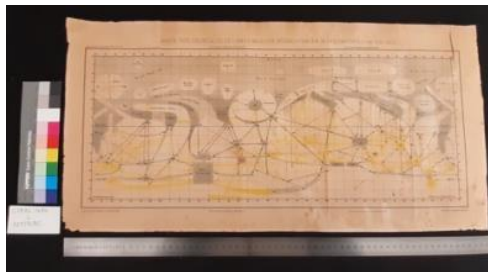
La maggior parte delle opere presenta alterazioni di tipo fisico-meccanico.

L'opera n. 488a è attraversata da importanti pieghe come conseguenza della sua conservazione ripiegata.



Pieghe, n. 488a

Sono presenti strappi e lacune su gran parte delle opere, di diversa entità, di derivazione meccanica o entomologica. In particolare l'opera n. 539 è affetta da diverse lacune e strappi lungo i margini, e macchie, diffuse presenti su tutta la superficie.



Ossidazione diffusa, n. 539

Alterazioni chimiche

Le opere presentano un livello di acidità della carta rilevante (pH 4.27/5.94) e risultano ossidate a un livello variabile: ne consegue un indebolimento delle catene di cellulosa e una feltrosità al tatto del supporto, oltre al consueto colore bruno della carta.



Ossidazione del verso, n. 535

Le opere, presentano *foxing*, ovvero la presenza di punti cromaticamente differenti dal supporto, tipicamente di colore bruno-aranciato, dovuto all'attivazione microbica o di impurità metallica intrinseche del supporto.



Foxing sul recto, n. 355



Foxing sul verso, n. 488

Alterazioni biologiche

Alcuni manufatti presentano macchie di colori inusuali e coerenti fra recto e verso, attribuibili per queste caratteristiche ad attacchi microbiologici di muffe, favorite da un ambiente umido e da un supporto già di per sé degradato. Sono riscontrabili in particolare nel gruppo delle parti di luna n. 487, 488, 489, 490.



Microrganismi, n. 489

Su gran parte sono presenti evidenti tracce di attacchi entomologici che hanno lasciato abrasioni superficiali e lacune di varia entità, attribuibili probabilmente alla famiglia *Lepismatidae*, nutritasi delle fibre di cellulosa della carta.



Lacune da attacco entomologico, n. 488

Carte da lucido

La mappatura dei deterioramenti relativa all'opera n. 4, qui riportata, può essere considerata rappresentativa delle alterazioni riscontrabili in maniera diffusa all'interno dell'intero *corpus* dei lucidi analizzati.



Mappatura dei degradi

Alterazioni fisiche

I lucidi presentano danni di natura fisica ricorrenti, tra cui ondulazioni dovute alla conservazione in forma arrotolata, strappi localizzati in corrispondenza dei margini, abrasioni e pieghe diffuse di entità variabile.

In particolare, il lucido n. 4 presenta una lacuna e diversi strappi, distribuiti principalmente lungo i margini del supporto.



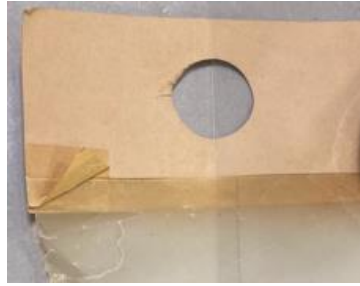
Danni meccanici

Alterazioni chimiche

Sono diffuse aree di imbrunimento della carta in corrispondenza dei punti di montaggio dei lucidi, provocate dal contatto con il nastro adesivo utilizzato per la giunzione dei supporti.

Tale fenomeno è imputabile ai processi di degrado del materiale cartaceo, in particolare all'ossidazione della cellulosa.

L'ossidazione comporta la scissione delle catene polimeriche della cellulosa a seguito dell'interazione con ossigeno, radiazione luminosa e sostanze acide eventualmente presenti nel supporto o nei materiali adesivi. Ne deriva la formazione di gruppi funzionali cromofori, responsabili della tipica alterazione cromatica di tonalità giallo-brunastra, osservabile nel materiale degradato.



Ossidazione dei supporti

Alterazioni biologiche

Non sono stati riscontrati degni provocati dall'azione di agenti biologici.

10. Restauri pregressi

Sulle litografie n. 487, n. 488, n. 489, n. 490 è stata rilevata la presenza di interventi di restauro pregressi. Le lacune presenti erano state trattate mediante l'apposizione di rettangoli di carta incollati sul verso, intervento finalizzato a fornire supporto e stabilità. I rettangoli risultavano di dimensioni superiori a quelle delle lacune, e in alcuni casi erano fissati con materiali di fortuna, come colla non conservativa o nastri adesivi.

Alcuni di questi elementi presentavano distacchi parziali o residui dei materiali di fissaggio, che avevano causato indurimento o scolorimento del verso del supporto cartaceo, evidenziando criticità conservative legate al degrado dei materiali.



Recto e verso dell'opera n. 489

11. Interventi di restauro

L'intervento di restauro conservativo, eseguito con modalità operative di "minimo intervento", ha avuto obiettivo la stabilizzazione dello stato conservativo delle opere. È stato orientato, quindi, all'arresto o al rallentamento dei fattori di deterioramento, attraverso la valutazione critica e la scelta delle operazioni meno invasive. È stato definito lo stato di conservazione delle opere per l'approfondimento della fenomenologia di deterioramento, propedeutico alla scelta del metodo operativo.

Analisi preliminari all'intervento:

- studio delle opere per la definizione della tecnica esecutiva, del montaggio e dello stato conservativo.
- compilazione della scheda di restauro con indicata la descrizione delle opere, lo stato di conservazione e i trattamenti di restauro eseguiti con indicati prodotti e materiali utilizzati;
- riproduzione fotografica relativamente alla tecnica esecutiva, allo stato di conservazione e agli interventi eseguiti, PR, DR, FR.

Documentazione fotografica e compilazione della scheda di restauro

È stata realizzata una documentazione fotografica (luce visibile diffusa, radente, UV) attestante la tecnica esecutiva, lo stato conservativo, e i dettagli prima, durante e dopo l'intervento di restauro. Successivamente, è stata compilata la scheda di restauro con indicata la descrizione, lo stato di conservazione e i degradi rilevati e i trattamenti di restauro eseguiti, con l'indicazione dei prodotti e materiali utilizzati.

Test preliminari

Su ciascuna opera è stata condotta una serie di prove preliminari, tra cui il test di solubilità degli inchiostri e dei media grafici, oltre alla misurazione del pH.



Misurazione del pH

Modalità d'intervento

Stampe:

Per le opere su carta, si è proceduto con una pulitura a secco. In questa fase sono stati impiegati diversi strumenti: un aspiratore museale dotato di filtri HEPA, montato su un telaio con rete a maglia fine per evitare un'eccessiva aspirazione degli inchiostri, varie tipologie di gomme e spugne (spugna in lattice vulcanizzato Smoke-off, gomma Wishab, gomma in poliuretano, gomma Staedtler, anche in forma polverizzata), oltre pennelli a setole morbide.



Pulitura a secco



Successivamente sono state sottoposte a lavaggio per immersione e con piano inclinato (con eccezione dell'opera n. 514) e successivamente asciugate sotto peso.



Pulitura a umido per immersione e con piano inclinato

Le opere n. 488 e n. 489 presentavano sul verso interventi di restauro precedenti, costituiti da supporti cartacei. Per la rimozione di tali carte aggiunte, non eliminabili a secco, sono stati utilizzati impacchi di gomma di xantano 10% in acqua demineralizzata, applicati direttamente o tramite interposizione di bondina, prima della fase di lavaggio.



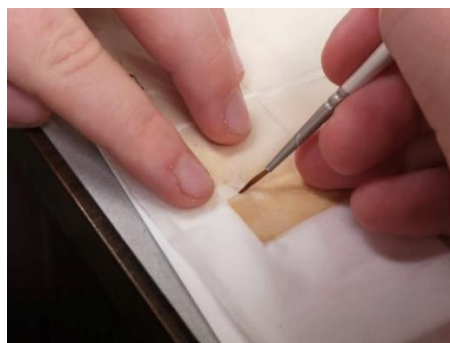
Rimozione restauri pregressi a secco e con Vanzan 10%

Una volta completata l'asciugatura, le opere che presentavano tracce di attacchi fungini sono state sottoposte a disinfezione e deacidificazione. La disinfezione è stata effettuata con nebulizzazione di una soluzione idroalcolica in rapporto 30-70%. Per la deacidificazione è stato utilizzato propionato di calcio 3,5% in soluzione alcolica, applicato per nebulizzazione.



Deacidificazione

Successivamente si è proceduto alla sutura degli strappi e alla reintegrazione delle lacune, impiegando carte giapponesi di grammatura e tonalità idonee, opportunamente adattate cromaticamente con acquerelli Winsor & Newton.



Integrazione delle lacune

Ove necessario, le lacune sono state armonizzate cromaticamente con polvere di pastelli CarbOthello. Per le opere n. 488, n. 489 e n. 539 sono stati realizzati passe-partout in cartone conservativo Canson, al fine di consentire il reinserimento in cornice secondo l'assetto originario.

Le opere sono state alloggiate in modo da rimanere completamente planari, evitando tensioni, compressioni o vincoli rigidi, e fissate con sistemi non invasivi e reversibili, nel rispetto dei principi del minimo intervento.

Montaggi conservativi:

I passe-partout sono stati realizzati utilizzando cartoni a norma conservativa, privi di acidi e lignina, con riserva alcalina 2%, selezionati in base alle dimensioni, alla tipologia e allo stato di conservazione di ciascuna opera. Particolare attenzione è stata posta alla scelta dei materiali a contatto diretto, al fine di evitare interazioni chimiche dannose e di garantire la reversibilità del sistema di montaggio.

Il passe-partout svolge, inoltre, una funzione di protezione perimetrale, schermando i bordi più vulnerabili e contribuendo a creare una barriera fisica contro polvere e urti accidentali.

La realizzazione dei passe-partout rappresenta quindi una fase fondamentale della conservazione, poiché consente di migliorare le condizioni di stoccaggio e di movimentazione delle opere, favorendo al contempo una corretta fruizione e valorizzazione del materiale iconografico, nel rispetto della sua integrità materiale e storica.

Carte da lucido:

Per le opere realizzate su carta da lucido si è proceduto con una pulitura a secco. In questa fase sono stati impiegati diversi strumenti: un aspiratore museale dotato di filtri HEPA, utilizzato su un telaio con rete a maglia fine per evitare un'eccessiva aspirazione degli inchiostri, varie tipologie di gomme e spugne (spugna in lattice vulcanizzato Smoke-off, gomma Wishab, gomma in poliuretano, gomma Staedtler, anche in forma polverizzata), oltre pennelli a setole morbide.

Nei casi in cui i nastri adesivi utilizzati per fissare la carta da lucido al supporto ausiliario risultavano instabili o parzialmente distaccati, sono stati rimossi a secco per mezzo di gomma Staedtler e spatola, al fine di eliminare i residui di adesivo cristallizzato presenti su entrambi i supporti. In una fase successiva, i nastri sono stati sostituiti con strisce di carta giapponese, cromaticamente adattate con acquerelli Winsor & Newton e applicate mediante Culminal MC 2000 in soluzione idroalcolica 4%. Le pieghe e le lacerazioni sono state consolidate sul verso con un velo di fibre di kozo 3,7 g/m², precollato con due stesure di adesivo Klucel G 2% in soluzione alcolica e successivamente riattivato

con alcol, oppure sono stati suturati con un velo da 6 g/m² e adesivo Klucel G 2% in soluzione alcolica.



Consolidamento di lacerazione

Le lacune sono state reintegrate tramite una tecnica a doppio intarsio, utilizzando due strati di glassina colorata con acquerelli Winsor & Newton, tra i quali è stato interposto un velo precollato. Eventuali deformazioni sono state eliminate tramite distensione sotto peso, previa umidificazione del supporto con umidificatore a ultrasuoni.

Infine, i lucidi sono stati conservati arrotolati attorno a un tubo di cartone rivestito con carta barriera, separati da strati di tessuto non tessuto. Il rivestimento in carta barriera e l'interfoliazione in TNT ha garantito una superficie morbida, chimicamente neutra e priva di sostanze dannose, in grado di proteggere i supporti durante la movimentazione e di evitare abrasioni o deformazioni. L'approccio segue i principi di minimo intervento e reversibilità, assicurando protezione e facilità di consultazione, ed è applicato ai supporti flessibili che non possono essere alloggiati in cassette o cornici rigide.

12. Indicazioni di conservazione preventiva

Conservazione preventiva

DM10 maggio 2001 (D. Lgs. N.112/98 art. 150 comma 6)

“Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei”. Standard minimi, corrispondenti cioè all'insieme dei requisiti essenziali, necessari a garantire l'esistenza e il buon funzionamento di un museo. Linee guida per una corretta gestione delle collezioni.

Definizione e ambiti operativi

Facendo riferimento al Codice dei beni culturali e del paesaggio, la conservazione del patrimonio culturale è garantita mediante una coerente, coordinata e programmata attività di studio, prevenzione, manutenzione e restauro. In tale quadro, la prevenzione è definita come il complesso delle attività idonee a limitare le situazioni di rischio connesse al bene culturale nel suo contesto, mentre la manutenzione comprende l'insieme delle azioni e degli interventi finalizzati al controllo delle condizioni del bene e al mantenimento della sua integrità materiale, efficienza funzionale e identità. Entrambe le categorie si configurano come misure indirette, in quanto non comportano interventi invasivi sui materiali costitutivi né modifiche dell'aspetto delle opere, ma agiscono sulle condizioni esterne e sui fattori di rischio. In questa prospettiva, la conservazione preventiva assume una dimensione sistemica e interdisciplinare, coinvolgendo tutte le figure professionali che, a vario titolo, interagiscono con i beni: conservatori, archivisti, bibliotecari, tecnici della movimentazione e personale addetto alla gestione degli spazi.

I principali ambiti di intervento della conservazione preventiva possono essere così articolati:

- analisi e monitoraggio delle caratteristiche dell'edificio e degli impianti tecnologici (climatizzazione, illuminazione, sicurezza);
- controllo dei locali di deposito e conservazione, con particolare riferimento alla qualità dell'aria, all'illuminamento, ai parametri termo-igrometrici, alla presenza di agenti biologici (infestazioni e microrganismi), nonché all'ordine e alla pulizia degli ambienti;
- preferenza di arredi e sistemi di conservazione adeguati, progettati secondo criteri di stabilità, sicurezza e compatibilità con i materiali;
- scelta di idonei sistemi di montaggio, contenitori e materiali di protezione, conformi alle normative tecniche internazionali (ad esempio ISO 16245);
- corretto alloggiamento dei beni, in funzione delle loro caratteristiche fisiche, dimensionali e conservative;
- adozione di procedure appropriate per la manipolazione, movimentazione, imballaggio e trasporto;
- conoscenza dei principali fattori di rischio e predisposizione di protocolli di emergenza per la gestione di eventi critici (incendi, allagamenti, infestazioni).

A supporto di tali attività, è fondamentale predisporre strumenti di pianificazione e controllo, quali cronoprogrammi delle operazioni periodiche di monitoraggio e manutenzione, nonché modelli standardizzati di documentazione tecnica, utili a garantire la tracciabilità degli interventi e la valutazione nel tempo delle condizioni conservative.

Il conservatore deve possedere competenze specifiche nella conoscenza delle diverse tipologie di beni, nella loro descrizione materiale e strutturale e nella diagnosi dei fenomeni di degrado. Tale competenza consente non solo di individuare precocemente eventuali criticità, ma anche di intervenire sulle cause del deterioramento o, laddove necessario, di attivare un dialogo interdisciplinare con restauratori e altri specialisti per la progettazione di interventi diretti.

Si raccomanda, infine, una verifica periodica e sistematica delle condizioni ambientali e conservative, che includa l'analisi dei parametri microclimatici, dei sistemi di alloggiamento e degli arredi, nonché delle modalità di esposizione e dei sistemi di condizionamento. Un approccio metodologico basato sul monitoraggio continuo e sull'adeguamento delle strategie conservative rappresenta un presupposto essenziale per una gestione sostenibile e consapevole del patrimonio culturale.

Materiali per la conservazione

La conservazione preventiva dei beni cartacei rappresenta un ambito cruciale nell'ambito della tutela del patrimonio culturale, in cui la scelta dei materiali conservativi riveste un ruolo determinante. In particolare, l'utilizzo di buste e scatole idonee costituisce una misura fondamentale per garantire la stabilità chimico-fisica dei documenti nel tempo, riducendo l'esposizione a fattori di degrado quali luce, polveri, inquinanti e variazioni termoigrometriche.

I materiali destinati alla realizzazione di contenitori conservativi devono rispondere a requisiti di inerzia chimica, stabilità e compatibilità con il supporto cartaceo. A tal proposito, le normative tecniche elaborate da enti quali ISO e UNI forniscono linee guida precise. In particolare, la norma ISO 9706 stabilisce i criteri per la permanenza della carta, mentre la ISO 16245 definisce i requisiti per contenitori quali scatole e cartelle.

Le buste conservativo-archivistiche devono essere realizzate in carta o cartone privo di acidi (acid-free) e lignina, con un pH neutro o leggermente alcalino (generalmente compreso tra 7,0 e 8,5). Spesso si raccomanda l'impiego di materiali tamponati con riserva alcalina (ad esempio carbonato di calcio) per contrastare l'acidificazione nel tempo. Nel caso di materiali sensibili agli alcali, come alcune carte fotografiche o inchiostri particolari, è preferibile optare per materiali non tamponati.

Le scatole di conservazione, oltre a condividere i medesimi requisiti chimici, devono garantire anche adeguate caratteristiche meccaniche. La rigidità strutturale è essenziale per proteggere i documenti da deformazioni e sollecitazioni fisiche. I cartoni utilizzati devono quindi avere grammature elevate

e buona resistenza alla compressione. Inoltre, le scatole devono facilitare la manipolazione e l'estrazione dei documenti, riducendo il rischio di danni meccanici.

Un ulteriore aspetto normativo riguarda i test di idoneità dei materiali, tra cui il Photographic Activity Test (PAT), previsto dalla norma ISO 18916, che valuta l'interazione tra materiali conservativi e supporti sensibili come fotografie e carte speciali.

Dal punto di vista applicativo, la scelta tra diversi tipi di buste (a quattro lembi, con finestra, a tasca) e scatole (a conchiglia, a cassetto, a ribalta) deve essere effettuata in base alle caratteristiche del bene, alle modalità di consultazione e alle condizioni ambientali del deposito. È inoltre fondamentale che tutti i materiali utilizzati siano certificati e accompagnati da schede tecniche che ne attestino la conformità alle normative vigenti.

In conclusione, l'adozione di buste e scatole conformi agli standard internazionali rappresenta un metodo essenziale nella conservazione preventiva dei beni cartacei. L'attenzione alla qualità dei materiali e alla loro compatibilità con i documenti contribuisce significativamente a prolungarne la stabilità, riducendo la necessità di interventi conservativi invasivi.

Principali normative internazionali per la definizione dei prodotti e materiali di conservazione

ISO18902:2013

Imaging materials – Processed imaging materials – Albums, framing and storage materials.

Norma relativa ai materiali impiegati per l'alloggiamento, l'incorniciatura e la conservazione, con indicazioni utili anche per la gestione della luce e dei materiali a base cellulosa.

ISO16245:2009

Information and documentation – Boxes, file covers and other enclosures, made from cellulosic materials, for storage of paper and parchment documents.

Definisce le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei materiali utilizzati per contenitori, camicie e sistemi di protezione per manufatti cartacei.

ISO 9706:1994 requisiti per la permanenza della carta

ANSI Standard IT9.16 Photographic Activity Test (P.A.T.) ANSI IT 9.2

Parametri ambientali idonei per la conservazione dei beni cartacei

Negli ambienti destinati alla conservazione dei beni cartacei, il controllo dei parametri ambientali costituisce un presupposto essenziale per garantire condizioni conservative adeguate e durature. I principali fattori da monitorare sono la temperatura, l'umidità relativa, la qualità dell'aria (inquinamento atmosferico) e l'illuminazione, in linea con le raccomandazioni del Ministero della Cultura e con gli standard tecnici internazionali.

Temperatura e umidità relativa

La temperatura (T) e l'umidità relativa (UR) sono parametri strettamente interdipendenti: a ogni variazione della temperatura corrisponde una modifica della capacità dell'aria di trattenere vapore acqueo, con conseguenti variazioni dell'umidità relativa. Tale relazione ha un impatto diretto sui processi di degrado dei materiali cartacei.

L'aumento della temperatura accelera le reazioni chimiche di degradazione della carta, in particolare i processi di ossidazione e idrolisi della cellulosa. Quando a valori elevati di temperatura si associano livelli alti di umidità relativa, tali reazioni risultano ulteriormente intensificate, poiché l'acqua agisce da catalizzatore nei processi idrolitici. Pertanto, condizioni termoisometriche non controllate possono determinare un rapido decadimento delle proprietà meccaniche e chimiche del supporto cartaceo.

Ulteriormente critiche risultano le fluttuazioni repentine di temperatura e umidità relativa, che inducono sollecitazioni dimensionali nel materiale. La carta, essendo un materiale igroscopico, assorbe e rilascia umidità in funzione delle condizioni ambientali, causando fenomeni di dilatazione e contrazione che, nel tempo, possono compromettere la struttura fisica del manufatto, provocando deformazioni, imbarcamenti e indebolimento delle fibre.

In termini conservativi, si raccomanda di mantenere l'umidità relativa entro un intervallo generalmente compreso tra il 45% e il 60%, evitando valori estremi: livelli inferiori al 40% rendono i materiali fragili e suscettibili a rotture, mentre valori superiori al 65% favoriscono deformazioni e creano condizioni favorevoli allo sviluppo di microrganismi e infestazioni entomologiche. Analogamente, la temperatura dovrebbe essere mantenuta su valori moderati, stabili e controllati, indicativamente tra i 18 °C e i 24 °C per ambienti di deposito.

Fondamentale è la stabilità dei parametri: più che il valore assoluto, è infatti la limitazione delle oscillazioni a breve termine a garantire una migliore conservazione. Il monitoraggio continuo può essere effettuato attraverso strumenti quali termoigrografi e data logger, che consentono la registrazione e l'analisi nel tempo delle condizioni ambientali.

La climatizzazione degli ambienti di conservazione deve essere affidata a impianti progettati secondo criteri conservativi specifici.

Valori di T e UR di riferimento per la conservazione di beni cartacei:

T: 19°-24° C

UR: 50%-60%

Inquinamento atmosferico

L'inquinamento atmosferico rappresenta uno dei principali fattori di rischio per la conservazione dei beni cartacei, in quanto gli inquinanti gassosi e il particolato presente nell'aria possono innescare o accelerare processi di degrado, di natura chimica e biologica. La loro azione risulta particolarmente dannosa quando combinata con condizioni ambientali non controllate, quali elevati livelli di umidità relativa, temperature inappropriate e presenza di radiazione luminosa.

Tra i principali inquinanti gassosi si annoverano il biossido di zolfo (SO₂), gli ossidi di azoto (NO_x), tra cui il biossido di azoto (NO₂), e l'ozono (O₃). Tali composti, reagendo con l'umidità presente nell'aria, possono generare acidi forti (ad esempio acido solforico e acido nitrico) responsabili di fenomeni di acidificazione della carta e conseguente idrolisi della cellulosa. L'ozono, inoltre, è un potente agente ossidante che contribuisce alla degradazione delle componenti organiche, causando ingiallimento e perdita di resistenza meccanica dei materiali.

Oltre agli inquinanti gassosi, un ruolo significativo è svolto dal particolato atmosferico, costituito da una miscela eterogenea di particelle solide e liquide sospese nell'aria. Comprende frazioni inorganiche, quali ossidi metallici (ad esempio ferro), solfati, silicati, carbonati, e una componente organica prevalente, composta da pollini, frammenti vegetali, fibre tessili e microrganismi. Il particolato si deposita sulle superfici dei materiali cartacei, favorendo fenomeni di abrasione, accumulo di sostanze reattive e sviluppo di colonie microbiche. In particolare, la presenza di spore fungine e batteri rappresenta un fattore critico per l'insorgenza di biodeterioramento, soprattutto in condizioni di elevata umidità.

Per mitigare l'impatto degli inquinanti atmosferici, è necessario adottare sistemi efficaci di filtrazione e trattamento dell'aria all'interno degli ambienti di conservazione. I sistemi di climatizzazione dovrebbero essere dotati di filtri ad alta efficienza per il particolato (ad esempio filtri a base di fibre di cellulosa o sintetiche) e di dispositivi specifici per l'assorbimento dei gas inquinanti, quali filtri a carbone attivo o a base di resine assorbenti.

Ulteriori fonti di contaminazione interna devono essere attentamente considerate. Tra queste rientrano i prodotti utilizzati per la pulizia degli ambienti (che possono rilasciare composti organici volatili), le vernici e i materiali da costruzione, le apparecchiature d'ufficio quali fotocopiatrici e stampanti (potenziali emettitori di ozono e particolato fine), nonché arredi e contenitori non idonei, in grado di emettere sostanze nocive.

Limiti della concentrazione di inquinanti nell'aria:

SO₂ 1 ppb: 2,7 µg/ m³

NO₂ 2,6 ppb: 5,0 µg/ m³
ozono, 2 ppb 4,0 µg/ m³
formaldeide 4 ppb 5,0 µg/ m³
acido acetico 4 ppb 10,0 µg/ m³

Illuminazione

L'illuminazione costituisce un fattore critico nella conservazione dei beni cartacei, in quanto un'esposizione non controllata alla luce può determinare fenomeni di degrado fotochimico e foto-fisico irreversibili. Le radiazioni luminose, in particolare quelle nelle bande dell'ultravioletto (UV) e dell'infrarosso (IR), sono responsabili di processi di alterazione della cellulosa e dei materiali costitutivi (inchiostri, coloranti, leganti), con conseguenti variazioni cromatiche, ingiallimento e perdita di resistenza meccanica.

Il danno indotto dalla luce è di natura cumulativa: gli effetti si sommano nel tempo in funzione della quantità totale di energia assorbita dal materiale. Inoltre, la luce agisce in sinergia con altri fattori ambientali, quali temperatura elevata e umidità relativa non controllata, accelerando le reazioni di ossidazione e idrolisi. È importante sottolineare che i processi di degradazione possono proseguire anche dopo la cessazione dell'esposizione luminosa, determinando alterazioni permanenti.

L'entità del danno è correlata principalmente a due parametri: l'intensità dell'illuminamento e la durata dell'esposizione. Ne consegue che la gestione dell'illuminazione deve basarsi su una riduzione controllata di entrambi i fattori, limitando sia i livelli di luce (espressi in lux) sia i tempi di esposizione. In ambito conservativo, si raccomanda generalmente di mantenere livelli di illuminamento contenuti (ad esempio ≤50 lux per materiali particolarmente sensibili) e di adottare strategie di esposizione temporizzata.

La luce naturale e quella artificiale differiscono per composizione spettrale e intensità delle radiazioni UV e IR. La luce solare rappresenta la fonte più critica, in quanto contiene elevate quantità di radiazioni energetiche dannose. Per mitigarne gli effetti, è opportuno adottare sistemi di schermatura quali tende filtranti, vetri inattinici (in grado di ridurre significativamente la componente UV) e pellicole protettive applicate alle superfici vetrate.

Per quanto concerne l'illuminazione artificiale, è preferibile impiegare sorgenti a bassa emissione di radiazioni UV e IR, quali lampade LED, opportunamente selezionate per uso museale e archivistico. In alternativa, possono essere utilizzate lampade fluorescenti dotate di filtri UV o sistemi a fibra ottica, che consentono di separare la sorgente luminosa dal punto di emissione. In ogni caso, le sorgenti luminose devono essere posizionate a distanza adeguata dai manufatti e integrate con sistemi di diffusione e controllo dell'intensità.

Valori consigliati di illuminamento:

negli ambienti di deposito e negli ambienti espositivi: 50-150 lux
nelle sale di lavoro: 200-300 lux sui piano di lavoro

Alcune normative di riferimento relative ai parametri ambientali:

British Standard: 5454

ISO18900:2016

Imaging materials – Processed imaging materials – Storage practices.
Fornisce linee guida generali per la conservazione di materiali sensibili alla luce e ai fattori ambientali, con particolare attenzione agli effetti dell'esposizione luminosa.

ISO 11799/2003E, Information and documentation — Document storage requirements for archive and library materials (fa riferimento alle ISO 12606, ISO 18911, ISO 18918, ISO 18920, ISO 18923, ISO 18925 consigliandone l'uso degli standard)

UNI 10969/2002, Principi generali per la scelta e il controllo del microclima per la conservazione dei beni culturali in ambienti interni

D. M. 10 maggio 2001, Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei (art. 150, comma 6, D.L. n. 112/1998)

UNI 10829/1999, Beni di interesse storico e artistico. Condizioni ambientali di conservazione, misurazione ed analisi

UNI 10586/1997, Condizioni climatiche per ambienti di conservazione di documenti grafici e caratteristiche degli alloggiamenti.

UNI10586:1997

Condizioni climatiche per ambienti di conservazione di documenti grafici e materiali librari. Norma italiana che stabilisce i valori raccomandati di temperatura e umidità relativa per la conservazione dei materiali cartacei, tuttora utilizzata come riferimento nel contesto nazionale.

Dpr 30 giugno 1995, n. 418, Regolamento concernente norme di sicurezza antincendio per gli edifici di interesse storico-artistico destinati a biblioteche ed archivi.

Indicazioni sugli arredi a norma conservativa

La progettazione degli spazi destinati a deposito conservativo di beni archivistici e librari deve essere orientata a criteri di funzionalità, sicurezza e compatibilità con i materiali conservati. L'organizzazione degli ambienti deve mirare non solo all'ottimizzazione della capacità di stoccaggio, ma anche alla gestione efficiente delle attività correlate, quali la movimentazione, la consultazione, le operazioni di monitoraggio e la manutenzione ordinaria, inclusa la pulizia sistematica degli spazi e degli arredi.

Il quadro normativo di riferimento, fornisce indicazioni puntuali per l'allestimento di depositi con arredi idonei sotto il profilo conservativo. Tali indicazioni riguardano sia aspetti strutturali sia requisiti di sicurezza per i beni e per gli operatori.

Un principio fondamentale è l'inerzia chimica dei materiali costitutivi degli arredi: questi non devono emettere sostanze volatili o composti reattivi che possano interagire con i beni conservati. Devono inoltre garantire un basso rischio di combustibilità e non favorire la proliferazione biologica. Sono pertanto da considerarsi inadatti materiali quali legno non trattato, pannelli derivati del legno (truciolato, compensato, multistrato, masonite), plastiche espanse e laminati sintetici (ad esempio formica), in quanto potenziali fonti di emissioni nocive (come formaldeide e altri composti organici volatili).

È invece raccomandato l'impiego di arredi metallici, preferibilmente trattati per garantire stabilità e resistenza nel tempo. I materiali più idonei includono:

- alluminio anodizzato;
- acciaio inossidabile;
- acciaio verniciato con sistemi a polveri termoindurenti (laccatura a forno), caratterizzati da elevata resistenza alla corrosione e all'abrasione.

Per quanto riguarda la configurazione degli arredi, si suggerisce l'impiego di scaffalature aperte per favorire la ventilazione e l'ispezione visiva dei materiali, integrate, ove necessario, da armadi chiusi dotati di sistemi di aerazione controllata per la protezione da polveri e luce. Le cassettiere risultano particolarmente indicate per la conservazione di materiali di formato speciale o di particolare fragilità. Ulteriori dotazioni funzionali includono tavoli di consultazione e carrelli per la movimentazione, progettati per garantire stabilità e sicurezza durante le operazioni.

Dal punto di vista distributivo, è opportuno prevedere adeguati spazi di passaggio tra le scaffalature, al fine di consentire una movimentazione agevole e ridurre il rischio di urti o cadute accidentali. Gli arredi dovrebbero essere sollevati da terra (mediante piedini o basamenti) per proteggere i materiali da eventuali infiltrazioni d'acqua e facilitare le operazioni di pulizia.

Alcune normative di riferimento relative anche agli arredi:

British Standard: 5454

ISO 11799/2003E, Information and documentation — Document storage requirements for archive and library materials (fa riferimento alle ISO 12606, ISO 18911, ISO 18918, ISO 18920, ISO 18923, ISO 18925 consigliandone l'uso degli standard)

UNI 10586 DEL 1997, Condizioni climatiche per ambienti di conservazione di documenti grafici e caratteristiche degli alloggiamenti.

Dpr 30 giugno 1995, n. 418, Regolamento concernente norme di sicurezza antincendio per gli edifici di interesse storico-artistico destinati a biblioteche ed archivi.

13. Bibliografia e sitografia

C. James, C. Corrigan, M. C. Enshaian, M. R. Greca, *Manuale per la conservazione e il restauro di disegni e stampe antichi*, Leo S. Olschki, Firenze, 1991;

G. Mariani (a cura di), *Le tecniche d'incisione a rilievo. La xilografia*, De Luca, Roma, 2001;

Maurizio Copedè, *La carta e il suo degrado*, Nardini editore, Firenze, 2003;

P. Cremonesi, L. Montalbano, *Nuove metodologie nel restauro del materiale cartaceo*, collana I talenti, Il prato, Padova, 2003;

R. Carrarini, C. Casetti Brach (a cura di), *Libri & carte. Restauri e analisi diagnostiche*, Editore Gangemi, Roma, 2006;

G. Mariani (a cura di), *Le tecniche in piano. Litografia, serigrafia*, De Luca, Roma, 2006;

M. Plossi, A. Zappalà (a cura di), *Libri e documenti. Le scienze per la conservazione e il restauro*, Edizioni della Laguna, Mariano del Friuli, 2007;

M. Montanari, E. Ruschioni, P. Trematerra, *Archivi & biblioteche. Sugli infestanti e le infestazioni*, Editore Gangemi, Roma, 2008;

F. Pinzari (a cura di), *Scienza & ricerca per i beni culturali. Microscopia elettronica a scansione e microanalisi*, Editore Gangemi, Roma, 2008;

L. Residori (a cura di), *Indagini scientifiche e metodi di restauro, Materiali archivistici, grafici, fotografici e pittorici*, Mibact, Roma, 2008;

C. Casetti Brach (a cura di), *Gli itinerari della carta. Dall'oriente all'occidente: produzione e conservazione*, Roma, Gangemi Editore, 2010;

Iannuccelli S., Sotgiu S., *La pulitura superficiale di opere grafiche stampa con gel rigidi polisaccaridici*, in "Materiali prodotti per il restauro librario", Quaderni ICPL 2, Gangemi, Roma, 2010;

Simonetta Iannuccelli, Silvia Sotgiu, voce *Metodologie di restauro dei beni librari*, in *XXI Secolo*, vol. II, Istituto della Enciclopedia italiana fondata da Giovanni Treccani, Roma 2010, pp. 625-634;

[http://www.treccani.it/enciclopedia/metodologie-di-restauro-dei-beni-librari_\(XXI-Secolo\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/metodologie-di-restauro-dei-beni-librari_(XXI-Secolo)/)

R. Rotili (a cura di), *Materiali & prodotti per il restauro librario. Nuove ricerche*, Roma, Gangemi Editore, 2010;

"Capitolato Speciale Tecnico Tipo", Laboratorio di restauro, website.

http://www.icpal.beniculturali.it/allegati/2009/Capitolato_Speciale_Tecnico_Tipo.pdf

Istituto Centrale per il Restauro e la Conservazione del Patrimonio Archivistico e Librario, "Foglio di calcolo", Laboratorio di restauro, website.

http://www.icpal.beniculturali.it/lab_restauero.html