

ARTE E RESTAURO STRUMENTI

LA CARTA

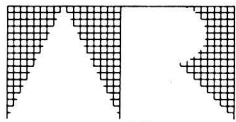
e il suo degrado



NARDINI EDITORE

Maurizio Copedé





ARTE E RESTAURO
strumenti

MAURIZIO COPEDÉ

LA CARTA E IL SUO DEGRADO



NARDINI EDITORE

ARTE E RESTAURO

collana diretta da
Andrea Galeazzi

Si ringrazia per la gentile collaborazione Camilla Roversi Monaco.

In copertina: Disegno a penna e a inchiostro bruno acquerellato realizzato su carta vergata, metà del XVI secolo; particolare durante il restauro.

Copertina della collana: progetto Andrea Biancalani,
realizzazione: Francesco Bertini

© 1991 Nardini Editore

© 2003 Nardini Editore - Firenze

Quarta edizione

PREMESSA

*... e pur troppo sempre cogli anni la carta si
oscura, e va l'inchiostro svanendo...*

Giovambattista Bodoni

Da quando la parola ha iniziato ad essere scritta, la *charta* ha segnato profondamente, con la sua presenza, ogni momento della civiltà. La conoscenza stessa dei passati e dei presenti avvenimenti è stata, ed è permessa, grazie alla circolazione e conservazione di questo supporto, che costituisce un fondamentale veicolo del sapere.

Ma una sorte diversa toccherà forse alla civiltà del nostro secolo, che rischia di essere tramandata in maniera distorta e labile, perché la carta, sulla quale documentiamo la nostra cultura ed ogni atto quotidiano, è diventata un prodotto estremamente fragile, destinato ad una vita molto breve.

Lo sforzo per mantenere il più a lungo possibile questo materiale scrittorio dovrà essere molto ampio e, soprattutto, sarà necessario creare un prodotto più duraturo per i nuovi documenti.

Si potrà avere un risultato più efficace ed ampio se ognuno di noi farà la sua parte, poiché, o come operatori o come fruitori, ne siamo tutti coinvolti.

Chi scrive ha composto questo testo per fornire a coloro che amano il libro e l'arte, ma anche a chi opera con ogni altro documento in carta, una informazione generale che, pur non avendo la pretesa di essere esaustiva, fornisca le ragioni e le interconnessioni che causano il degrado

delle opere cartacee, prime fra tutte la natura stessa della carta.

Si è cercato, inoltre, di fornire un panorama delle possibilità che oggi abbiamo per conservare questo materiale e per restaurarlo, quando i danni sopraggiunti non ne permettono una fruizione corretta.

L'autore non ha dunque voluto fare un «manuale» per apprendisti restauratori, anche perché ritiene che il restauro non può essere affrontato come una sorta di *bricolage*, ma, al pari di ogni altra professione molto specializzata, deve avere addetti seriamente preparati nelle opportune sedi.

Questo testo, pertanto, non si sofferma nella descrizione delle varie operazioni di restauro, né fornisce i nomi commerciali dei prodotti usati.

Tutto ciò forse non ha consentito di dare per alcuni argomenti quella estensione che avrebbe permesso di fornire un'analisi più accurata. Rimane la speranza che il corredo bibliografico possa in parte sopperire, fornendo una indicazione utile a chi voglia approfondire alcuni dei temi trattati.

Capitolo I

LA FABBRICAZIONE DELLA CARTA

IL MATERIALE CARTA

Il termine *carta* deriva dal latino *charta* ed è sinonimo sia di *foglio* che del materiale con cui questo è fabbricato.

Nel corso dei secoli è andato quindi ad indicare strutture scritte diverse, ovvero quelle che al momento erano preferite come supporto della scrittura: prima il papiro (dal quale derivano i vocaboli inglese, francese, tedesco e spagnolo), poi la pergamena ed infine il prodotto ricavato da un impasto lavorato di fibre cellulosiche¹, quello che ancor oggi definiamo *carta*.

Il componente principale della carta è la cellulosa: una

¹ Dagli impasti vegetali sono stati ricavati altri materiali, alcuni dei quali sono ancora oggi fabbricati ed utilizzati come supporto scrittorio.

Il più noto di essi è il papiro, la prima *charta* del mondo Occidentale; ma anche la *carta di riso* (che niente ha in comune con la famosa *carta giapponese*) e il *tapa*, per citare solo i più conosciuti.

Questi materiali sono ricavati da vegetali tagliati a strisce, che successivamente vengono unite fra loro per azione di ripetute «battiture», senza separazione quindi delle fibre.

Secondo la terminologia moderna questi prodotti sono da considerarsi materiali diversi dalla carta e, per tale ragione, non sono stati trattati in questa sede.

grossa molecola (*polimero*) formata da migliaia di molecole di glucosio. Questo, che è uno dei maggiori costituenti delle piante, è formato da una particolare combinazione di due composti molto semplici, l'anidride carbonica e l'acqua, uniti per il noto processo di *fotosintesi*.

La cellulosa chimicamente appartiene alla classe dei composti organici noti con il nome di *carboidrati*. È un *polissaccaride*, la cui formula chimica, $(C_6H_{10}O_5)_n$, fu identificata nel 1913 ed isolata nel 1938.

Le molecole di glucosio ($C_6H_{12}O_6$), che ne costituiscono l'unità di base (*monomero*), sono legate fra di loro in maniera rettilinea, come una catena, in un numero detto *grado di polimerizzazione* (*dp*), che può variare da 300 a 4.000, a seconda dell'origine della cellulosa e del sistema usato per la sua estrazione dalla pianta (il cotone, ad esempio, ha un *dp* sopra i 3.000 ed è la cellulosa nativa con il numero maggiore di molecole di glucosio).

Le catene di cellulosa sono fra loro legate chimicamente in fasci, come una corda, con parti più compatte (dette *zone cristalline*) ed altre meno regolari, più libere (dette *zone amorfe*).

Questi fasci, chiamati *fibrille elementari*, sono a loro volta uniti, formando filamenti piatti, detti *microfibrille*.

Con l'unione di più microfibrille si formano le *fibrille* (o *macrofibrille*), le quali, raggruppandosi, formano le *fibre*. Molte di queste, in diverse lunghezze e dimensioni, intrecciandosi fra loro formano il foglio di carta.

Le diverse caratteristiche che si riscontrano nella carta (aspetto esteriore, robustezza, adattabilità ad usi diversi, conservabilità nel tempo) sono fornite dalla lunghezza delle catene di cellulosa, dalla maggiore o minore presenza di zone cristalline e di zone amorfe, dall'esistenza e dalla particolarità di altre sostanze presenti con la cellulosa, che provengono dalla materia

di base da cui si estrae o dai processi di fabbricazione della carta ².

LA CARTA NEL PERIODO PRE-INDUSTRIALE

Origine

L'intero ciclo di fabbricazione della carta ha seguito, fino ai primi decenni del secolo scorso, una cadenza ed un ordine che si basavano sui ritmi imposti dal lavorante che manualmente formava il foglio. Nel corso dei secoli le procedure e la vita all'interno delle cartiere mutarono pochissimo.

L'aumento della richiesta del prodotto, soprattutto da parte dell'editoria, e la necessità di renderlo più economico, indusse nell'Ottocento, nel giro di pochissimi decenni, una serie di stimolanti iniziative (soprattutto in Francia ed in Inghilterra) che favorirono l'introduzione di nuove attrezzature le quali rivoluzionarono l'intero processo di fabbricazione della carta, trasformando questo materiale in un prodotto di largo consumo.

L'invenzione della carta viene attribuita al cinese Ts'ai Lun, nell'anno 105. Recenti scavi archeologici hanno però retrodatato l'esistenza di questo materiale ad alcuni secoli prima di Cristo.

Ts'ai Lun, personaggio realmente esistito, molto probabilmente ne perfezionò i processi costruttivi, renden-

² R.T. MORRISON, R.N. BOYD, *Chimica organica*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 1970.

V. VIDRICH, *Il legno e i suoi impieghi chimici*, Edagricole, Bologna 1988.

doli più adatti all'uso di materiale scrittorio³.

La fabbricazione della carta rimase circoscritta per molti secoli all'area cinese; nel VII secolo venne introdotta in Corea e, dopo poco, in Giappone. Nel 751, a seguito di una battaglia in Turkestan, gli arabi vincitori ne appresero i segreti di fabbricazione da alcuni prigionieri cinesi, e cominciarono in breve tempo ad erigere opifici nelle diverse città del loro territorio: da Samarcanda a Bagdad, Damasco, fino a Fez e, nei primi anni del XII secolo, nei territori occupati dell'Europa, Spagna (Jativa) e Sicilia (Palermo)⁴.

Forse è ancora all'opera di operai arabi, provenienti dalla Sicilia, che è dovuta la nascita delle prime cartiere di Fabriano, nei primi decenni del XIII secolo. Questa è la città dove si trova documentata la prima fabbricazione della carta con maestranze occidentali⁵.

³ Fra i testi che trattano in maniera ampia la storia della fabbricazione della carta in Oriente, citiamo: D. HUNTER, *Paper-making*, Alfred A. Knopf Inc., New York 1943; T. BARRETT, *Japanese papermaking: traditions, tools and techniques*, Weatherhill 1983; H.R. TINDALE, *The handmade papers of Japan*, 4 voll. Tokyo 1952; P'AN CHI-HSING, *Chung-Kuo tsao-chih chi-shu shihkao*, Beijing 1979.

⁴ Le cartiere di Jativa (oggi S. Philipe, piccolo paese vicino a Valenza) furono molto attive ed esportarono il loro prodotto in molti paesi. Qui, molto probabilmente, si ebbero alcune innovazioni nelle tecniche costruttive.

Alcuni autori indicano Jativa come primo luogo di fabbricazione della carta in Occidente, ma, a mio parere, forse le cartiere siciliane sono da ritenersi precedenti.

⁵ Il primo documento che ha un rapporto con questa cittadina è un contratto genovese del 1235, tra un maestro cartaiò originario di Fabriano ed un lavorante (Cfr. C.M. BRIQUET, *Papiers et filigranes des archives de Gênes 1154 à 1700*, in «Atti della Società Ligure di Storia Patria», XIX, 1887).

Altri documenti del 1264, conservati presso l'Archivio Storico di Matelica, trattano di una fornitura di carta bambagina, di prove-

Gli arabi migliorarono le tecniche, introducendo i magli mossi a mano, e sostituendo la materia prima, costituita da gelso ed altri vegetali, con gli stracci. Forse utilizzarono anche direttamente il cotone, pianta da loro ampiamente coltivata e sconosciuta ai cinesi. Incerte sono le modifiche che apportarono al telaio: quello cinese era costituito da canne di bamboo e strisce sottili di vegetali ⁶.

La materia prima

La materia prima per la fabbricazione della carta può essere costituita dallo straccio di origine vegetale (canapa, lino e cotone), o può essere ricavata direttamente dalla pianta (dalla quale si ricava la cellulosa) e, naturalmente, anche dalla carta stessa, che può essere riciclata.

Il primo materiale adoperato in Occidente fu lo straccio; questo, per essere utilizzato, doveva essere bianco, o di colore leggero, e di origine vegetale. Il tessuto di lino era il più comune in Europa e forniva carta di qualità migliore; anche se non si escludevano, soprattutto per carte di qualità inferiore, aggiunte di stracci colorati, cordami, reti da pesca ed anche tessuti di seta e lana.

Questo materiale, dopo una prima cernita per separare le diverse qualità e colori, veniva privato delle parti non utili (bottoni, cuciture metalliche, ecc.) e tagliato. Gli stracci venivano poi battuti per eliminare polvere e fango (nel Settecento si introdussero speciali botti ruotanti),

nienza fabrianese, acquistata per uso del notaio comunale (Cfr. *L'arte della carta a Fabriano*, Comune di Fabriano-Cartiere Miliani Fabriano, Fabriano 1985).

⁶ L'unica fonte araba medievale conosciuta ci è fornita da un trattato di Mu'izz ibn Badis (1007-1061) del secolo XII (Cfr. H. Martin, *Storia e potere della scrittura*, Laterza, Bari 1990).

lavati e liscivati. Questa ultima operazione, che non sempre veniva eseguita, serviva per sgrassare ed ammorbidire i tessuti; nei primi tempi era effettuata con acqua calda e cenere, in seguito con calce o soda ⁷.

Questo intervento procurava anche un leggero sbiancamento dei colori, che veniva accentuato dalla successiva asciugatura al sole.

Dopo un ulteriore lavaggio per eliminare la lisciva, gli stracci, con l'ausilio di lunghi coltelli, venivano ridotti in piccole strisce (questo lavoro poteva essere fatto anche prima della liscivatura, prassi generalmente adottata a seguito dell'introduzione della *pila olandese*).

Con il secondo decennio dell'Ottocento questa operazione venne effettuata per mezzo di tagliatrici meccaniche.

Gli stracci quindi venivano gettati in una vasca (*marcitoio*) contenente acqua, dove rimanevano dalle quattro alle sette settimane, a seconda della stagione e dalla qualità che se ne voleva trarre.

Questa operazione era molto importante e delicata: solo il maestro cartaio poteva stabilire quando la fermentazione, verificabile dalla temperatura dell'acqua, era arrivata al punto giusto.

La preparazione della pasta

Gli stracci, ridotti quasi a cellulosa pura, venivano inviati alla triturazione per separare le fibre ed essere così trasformati in pasta (*pesto*).

⁷ La scarsità di fonti ci impedisce di stabilire con precisione quando queste sostanze sono state introdotte. Purtroppo la mancanza di queste informazioni riguarda anche altri prodotti o lavorazioni che sono stati trattati più avanti.

I cinesi utilizzavano per questo lavoro mortai a mano di legno; gli arabi rinnovarono tale tecnica introducendo il cosiddetto *follo*, il quale era costituito da vasche di pietra (*pile*) con pestelli (*magli*) azionati a mano.

Ai fabrianesi viene assegnato, alla fine del XIII secolo, l'utilizzo della ruota idraulica per azionare i magli, nonché la chiodatura di questi ⁸.

I magli, che troviamo in funzione ancora nella metà del secolo scorso, erano costituiti da grosse mazze di legno, le quali, per mezzo di un albero a camme, azionato da una ruota idraulica, si alzavano e ricadevano nelle pile di legno o di pietra.

Le mazze variavano di forma e dimensione a seconda del tipo di pesto che dovevano produrre. Per una carta di buona qualità gli stracci venivano sfibrati con operazioni ripetute e differenziate: prima erano triturati in una pila con magli più grossi (*a cenci*), muniti di denti di ferro (*biette*) puntuti e taglienti; poi passavano in una seconda pila con magli muniti di biette con punta piatta (*da ripesto*). Tra la prima e la seconda pila, in certe cartiere si faceva soggiornare per alcuni giorni la pasta in contenitori con calce, per renderla più chiara e favorire l'eliminazione di ulteriori impurità.

Il pesto, infine, veniva introdotto in un'ultima pila con magli più piccoli e privi di biette (*a sfiorato*), che aveva il compito di stemperare bene le fibre con l'acqua.

Le pile, se di legno, erano generalmente ricavate da un unico tronco d'albero e le mazze erano azionate contemporaneamente dallo stesso albero a camme (anche questo ricavato da un tronco d'albero).

⁸ In un documento di Norimberga del 1395 si accenna all'uso, da parte degli italiani, di pile con ruote idrauliche (Cfr. *Carta*, in «Enciclopedia italiana di scienze, lettere ed arti», Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma 1951, p. 183).

L'acqua che entrava nella pila doveva essere filtrata per evitare l'ingresso di impurità (le sue caratteristiche influivano molto sulla qualità della carta); nel fondo della pila un canello, munito di setaccio per il trattenimento delle fibre, faceva fuoriuscire l'acqua.

Un *follo* di grandi dimensioni aveva, generalmente, cinque pile, entro le quali battevano un massimo di tre magli.

Nel 1680 in Olanda venne inventata una macchina per la triturazione degli stracci, chiamata appunto *pila olandese* (detta anche *pila a cilindro*). Si diffuse nel resto dell'Europa dopo il 1710, e andò sempre più a sostituire le pile a magli. In Italia la sua introduzione incontrò una certa resistenza⁹, e solo nell'Ottocento riuscì ad avere un largo uso, quando questa attrezzatura si rese necessaria per la fabbricazione a macchina della carta.

La pila olandese era composta da una vasca di pietra, nella quale ruotava un cilindro di legno ricoperto di lame d'acciaio; la triturazione degli stracci avveniva in maniera più rapida di quella che si aveva con i pestelli, la sfibratura era più fine, la perdita di materia prima molto più ridotta (con i magli la resa degli stracci era in media del 70%, mentre con la macchina olandese si arrivava al 95%), la collatura della carta era più uniforme, ed inoltre il suo uso poteva evitare il marcio. Il tempo della sfibratura durava circa 10 ore contro le 30-40 ore dei magli.

Questa macchina, però, produceva una carta con fibra più corta, quindi meno resistente; l'eliminazione dello stazionamento in acqua di calce ed i tempi più rapidi nella

⁹ Questo fu dovuto, molto probabilmente, ad una congerie di cause: alla mancanza di una forza motrice sufficiente (in Olanda veniva soprattutto usata la forza del vento), alla mancanza dei capitali necessari, alla staticità e pigrizia dell'intero settore, già da alcuni decenni in crisi.

preparazione della pasta, contribuirono anch'essi a realizzare una carta meno robusta e meno durevole. Di ciò erano già coscienti, anche nella prima metà dell'Ottocento, alcuni cartai, che preferivano continuare con il metodo tradizionale, almeno per le carte di migliore qualità. Altri, ancora nell'Ottocento, erano soliti usare la macchina a cilindro dopo una prima sfibratura con i magli.

A seguito della scoperta del cloro¹⁰ e del suo utilizzo per l'imbiancamento dei tessuti (ad opera di Berthollet nel 1789), si cominciarono ad utilizzare anche stracci colorati per la formazione di carte bianche fini.

Questi venivano usati, come abbiamo visto, già in epoca precedente; addirittura, se dopo la liscivazione rimaneva un po' di colore, per lo più un grigio più o meno intenso, si usava tingere queste carte in azzurro, generalmente con l'indaco, per conferire un aspetto migliore.

Nei primi anni si imbiancavano direttamente gli stracci, in seguito, dal 1798, si cominciò a sbiancare la pasta, eseguendo il processo in una fase intermedia della sfibratura. L'operazione era eseguita in speciali tini, utilizzando cloro gassoso o soluzioni di cloruro di calce; a questa faceva seguito una immersione più o meno lunga in acqua.

Questo lavaggio non riusciva però ad eliminare completamente il cloro: il degrado che si riscontrava con il tempo nelle carte impose, alcuni decenni dopo, uno speciale trattamento anticloro della pasta imbianchita. In una nota del 1857 si apprende l'uso, a questo scopo, di una soluzione di solfito di soda. In seguito si utilizzò iposolfito e bisolfito di sodio¹¹.

¹⁰ Ad opera dello svedese K.W. Scheele, nel 1774.

¹¹ L'uso di un lavaggio con una sostanza che neutralizza il cloro residuo viene descritto alla voce *Carta* nella «Nuova enciclopedia popolare italiana», vol. 4, 1857, p. 569. Non se ne trova ancora

Già nel periodo precedente al XII secolo, gli arabi solevano aggiungere, in alcuni casi, sostanze minerali alla polpa di fibre, per ottenere una carta più bianca, più pesante e più compatta (più adatta quindi alla scrittura manoscritta e, in seguito, alla stampa).

La sostanza più usata era la polvere di marmo (carbonato di calcio). Il minor costo di questo minerale rispetto alle fibre vegetali e la sua pesantezza ne favorirono forse anche un uso improprio, volto alla sofisticazione.

Se i dati in nostro possesso non ci permettono di dare per certe queste intenzioni da parte degli arabi, certamente l'introduzione di questa e di altre *sostanze di carica* fu in seguito giustificata dalla volontà di vendere con maggior profitto un prodotto di scarsa qualità.

E di ciò gli acquirenti si lamentavano, soprattutto quando, nella metà dell'Ottocento, i materiali aggiunti erano costituiti da sostanze che portavano ad un veloce degrado, come il gesso, il solfato di bario o il solfato di piombo, ed erano inseriti in quantità molto elevata, rendendo la carta molto fragile e presto imbrunita.

La formazione del foglio

La pasta, così ottenuta, veniva introdotta in un tino (*tina*) e diluita secondo il tipo di carta che si desiderava. Mescolando di tanto in tanto e mantenendo una temperatura costante (circa 25°C), ottenuta tramite un fornello posto nella parte inferiore, si manteneva omogenea la distribuzione delle fibre nell'acqua.

La tina, nel corso dei secoli, ha avuto poche innovazioni tecniche: forse la più importante è l'assicella forata

traccia nelle descrizioni della fabbricazione della carta degli anni Trenta.

poggiata sopra il bordo di essa (introdotta probabilmente nella metà del Seicento). Questa permetteva un passaggio più agevole della forma dal *lavorante* al *ponitore*¹².

Nei primi anni del XIX secolo sono aggiunti alla tinozza un mescolatore meccanico ed una vasca comunicante per la diluizione della pasta; quest'ultima permetteva di mantenere sempre costante il livello della soluzione nella tina.

In questo periodo l'attrezzatura più perfezionata è forse quella della cartiera francese di Canson.

Nella tina si effettuava la formazione del foglio: qui, più di ogni altro posto, era importante l'abilità manuale dell'operaio addetto (*lavorante*).

Il foglio veniva formato utilizzando un telaio rettangolare di legno (*forma*), con un piano filtrante formato da sottili fili di ottone (*vergelle*), posti molto vicini fra loro, orizzontalmente al lato maggiore, sovrapposti e legati da altri fili di ottone (*filoni*) più spessi e più distanziati fra loro, verticali alle vergelle; questi erano fissati a sottili assicelle di legno (*colonnelli*) che li sormontavano e fissavano.

¹² L'assegnazione dell'uso dell'assicella forata al XVII secolo viene data in base alla rappresentazione in una stampa di questo periodo, che raffigura un tino munito di questa tavoletta; mentre un'altra riproduzione in una stampa della fine del Cinquecento ne è sprovvista.

Questo «metodo» di datazione, proposto anche per altre attrezzature in campi diversi, è alquanto vago, in quanto ci permette solo di sapere che in tale periodo esisteva l'assicella forata. Non si può invece asserire con certezza che tale strumento fosse precedentemente assente dalle cartiere: possiamo solo affermare che era assente nel particolare tino visto dall'autore della stampa di fine Cinquecento, o che non era da lui conosciuto. L'incisore avrebbe inoltre potuto riprendere una raffigurazione precedente.

Questo telaio, trattenendo le fibre della pasta e filtrando l'acqua, formava il foglio di carta.

Per ricevere diversi quantitativi di pasta, ed ottenere in tal modo fogli di grossezza diversa, alla forma si apponeva una cornice di legno di spessore adeguato, il cosiddetto *cascio*, *casso*, o *coperta*. Questo elemento si diffuse nel corso del XVI secolo.

In corrispondenza dei fili del telaio, per il loro spessore, il foglio risultava più sottile; ciò rendeva la carta non uniforme, mostrando in trasparenza, molto chiaramente, questi assottigliamenti: la caratteristica filigranatura, come una «fotografia» in negativo del telaio¹³.

Per eliminare questo «difetto» fu ideato in Inghilterra da John Wattman¹⁴, nel 1757, un telaio con un piano filtrante costituito da una fitta rete metallica, che permetteva di produrre un foglio più uniforme e senza vergatura.

La carta prodotta con questo telaio fu chiamata *velina*, ricordando il *velino*, l'antica pergamena più pregiata ricavata da agnelli o vitelli nati morti: una pelle molto sottile e bianca, priva di difetti, più uniforme nell'aspetto e particolarmente resistente.

¹³ Un'altra disuniformità del foglio era causata dalla grana più accentuata della superficie che si formava a contatto con il piano filtrante, rispetto a quella superiore. Ciò era dovuto alla presenza, in questa parte, delle fibre di spessore maggiore: con il filtraggio dell'acqua, ottenuto sollevando il telaio dal tino, tendevano infatti a depositarsi per prime le fibre più grosse, mentre solo successivamente rimanevano intrappolate quelle più sottili.

Più le vergelle sono fra loro distanziate, maggiore è la differenza fra le due superfici. Anche il tipo di pasta, per la diversità delle fibre prodotte, influisce su questa caratteristica.

¹⁴ Forse su indicazione dello stampatore John Baskervill, che desiderava una carta più liscia per consentire una maggiore finezza di impressione per i suoi caratteri.

In Francia tale forma fu adottata per la prima volta nel 1781, probabilmente da Montgolfier e da lui migliorata (viene anche chiamata *telaio Montgolfier*). In Italia compare negli ultimi anni del secolo.

Probabilmente questo cambiamento fu necessario soprattutto per la maggior sottigliezza delle fibre prodotte dalla *pila olandese*, che filtravano più facilmente con l'acqua attraverso le vergelle.

La forma era immersa nella tina dal *lavorante*, che, estraendola con leggeri e precisi movimenti, facilitava la scolatura dell'acqua e distendeva uniformemente le fibre facendole intrecciare; il cascio permetteva di trattenere la giusta quantità di pasta per lo spessore richiesto della carta.

Dopo questa operazione, che era molto veloce, quattro o cinque secondi, il lavorante deponeva il telaio, togliendo il cascio, sull'asse della tina, dove un altro operaio (il *ponitore*) immediatamente lo prendeva e rovesciava su di un feltro; quindi lo restituiva e, dopo aver posto un altro feltro sul foglio appena posato, riprendeva subito una nuova forma dalla tina.

I movimenti dei due operai dovevano essere molto precisi e sincronizzati, per avere tempi uguali nelle due operazioni ed evitare inoltre malformazioni alla carta. Se ciò era ben eseguito, si potevano ottenere sette-otto fogli di media grandezza al minuto; con una produzione giornaliera (di 12 ore lavorative), per i formati medio-piccoli, di circa 4.250 fogli. Naturalmente la produzione variava molto in rapporto al formato della carta, alla sua qualità ed anche alle particolari innovazioni di volta in volta introdotte.

Il *ponitore* sovrapponeva i fogli fino a formare una pila, la cosiddetta *posta*, di 160-420 fogli (dipendentemente dal formato), intercalati da altrettanti feltri.

La filigrana

Nel piano filtrante del telaio veniva generalmente cucito alle vergelle ed ai filoni un sottile filo di rame, modellato in maniera tale da raffigurare un'immagine, un segno o una lettera. Questa cucitura, chiamata *filigrana*, è generalmente vista come il marchio di fabbrica della cartiera.

Lo spessore del filo, anche in questo caso, rendeva più sottile la pasta depositata sopra di esso, in tal modo nella carta risultava in trasparenza il disegno creato.

Verso la fine dell'Ottocento, per rimediare alle deformazioni subite dai fili delle filigrane per il ripetuto uso, si cominciò ad applicare al telaio figure create con fogli di ottone tagliati con il seghetto.

Le filigrane hanno origine probabilmente a Fabriano negli ultimi decenni del Duecento¹⁵. Questo marchio serviva ad accertare la provenienza della carta: ciò poteva rendersi necessario, oltre che per garantire la qualità del prodotto di alcune cartiere, anche per il fatto che l'ultima pressatura e la riduzione a risme dei fogli poteva essere fatta in uno stabilimento diverso, che riceveva la carta da più cartiere, e dove quindi potevano verificarsi confusioni. Il marchio aveva anche la funzione di individuare il tipo ed

¹⁵ La prima filigrana conosciuta, e che rappresenta una croce con cerchio, compare in una carta prodotta a Bologna nel 1282 da un artigiano originario di Fabriano (Cfr. H.J. MARTIN, *Storia e potere della scrittura*, cit., p. 221).

Fra i testi che trattano della storia e delle tecniche della filigranatura, citiamo: D. HUNTER, *Papermaking*, cit., *Briquet's Opuscola*, Paper Publications Society, Hilversum 1955. O. EMERY, *Storia e tecnica della filigranatura della carta*, Comunicazione presentata all'XI Congresso A.T.I.P., Le Toquet, S.p.A. Cartiere Miliani, Fabriano 1978. *L'arte della carta a Fabriano*, Comune di Fabriano – Cartiere Miliani Fabriano, Fabriano 1985.

il formato della carta (per esempio, la filigrana con le tre lune).

A questa filigrana *in chiaro* si aggiunse, verso la fine del XVIII secolo, in Francia (molto probabilmente con i primi telai «a rete»), la filigrana *ombrata* (o *in chiaro-scuro*), inizialmente utilizzata per la fabbricazione della carta moneta.

Era preparata con l'ausilio di un *punzone* di legno: su di una tavoletta di legno duro veniva scolpita in rilievo l'immagine da riprodurre; su questa si poneva la tela metallica che, dopo una «battitura», riceveva la riproduzione del rilievo.

Questa tecnica permetteva di avere filigrane più elaborate e precise, con effetti di chiaro-scuro, ed uguali nei diversi telai.

Piccole filigrane ombrate venivano anche ottenute marcando la tela con un punzone metallico su cui era inciso il disegno.

Nella seconda metà dell'Ottocento comparvero filigrane *in chiaro-scuro* molto particolareggiate che erano preparate con la tecnica della *cera perduta*.

Per prepararla si incideva in trasparenza una lastra di cera, che permetteva di ottenere sfumature molto delicate; si rivestiva quindi con un sottile strato di materiale terroso (*tonaca*) e si esponeva al calore per liquefare ed eliminare la cera. Nella *tonaca* si colava bronzo fuso che, raffreddato, costituiva il *punzone* per la riproduzione, con battitura, dell'immagine sulla tela.

Un altro metodo consisteva nel preparare un calco in gesso sul rilievo in cera: da questo si otteneva il *punzone* in bronzo. Rifacendo su questo un calco in gesso, si generava un *contropunzone* in bronzo. Inserendo la tela tra questi due punzoni, si ricavava, per pressione, il trasferimento del rilievo.

Oggi questo tipo di filigrana viene preparato con due

stampi in rame (negativo e positivo), ottenuti sottoponendo la lastra di cera ad un bagno galvanoplastico: la cera viene ricoperta di grafite, per renderla conduttrice di elettricità ed immersa in un bagno cuprico fino ad ottenere uno strato di rame; separato, spalmato di paraffina e ricoperto di grafite viene anch'esso immerso in un bagno cuprico: si forma così un nuovo deposito di rame sopra il primo (stampo e controstampo). I due stampi vengono quindi rinforzati con metallo per sopportare la pressione.

La tela metallica con l'immagine viene cucita sulla tela filtrante utilizzata per la preparazione del foglio.

Quando questa filigrana è usata nella macchina continua (vedi pag. 32), per evitare che la tela si spiani durante la fabbricazione della carta, viene fissata, con cucitura a fili metallici, su di un'altra tela a maglie più larghe e, tra le due, è applicata una specie di imbottitura con pezzi di tela variamente tagliati.

La pressatura

La pila di carta interfoliata con i feltri era sottoposta ad una pressatura molto forte; questa serviva per ottenere fogli ben spianati, privi di pieghe, per ridurre i tempi di asciugatura ed evitare la formazione di maculature.

A tale scopo di usavano torchi molto grandi che, con sistemi particolari, diversi da cartiera a cartiera, procuravano una fortissima pressione. Alcune cartiere adottarono anche sistemi idraulici, particolarmente complessi, per avere queste pressioni anche con l'utilizzo di poco personale ¹⁶.

¹⁶ Molto interessante è la pressa azionata da una ruota idraulica, vista e disegnata da Giuseppe Morosi, ingegnere del Granduca di Toscana (in un suo «viaggio tecnologico», nell'ultimo decennio del

Dopo la pressatura, la posta passava al *levatore*, il quale, servendosi di una tavola inclinata, toglieva i feltri e sovrapponeva uno su l'altro i fogli, formando una *posta bianca*.

Ogni 10-12 fogli venivano aggiunti uno o due feltri facendo, con le mani, una pressione su tutta la superficie (*soppestatura*) per evitare che i fogli, inclinati, scivolassero.

Formata così la posta di *quaderni bianchi*, si procedeva (ma non in tutte le cartiere) ad una ulteriore pressione, detta *scotolatura*. Questa serviva per eliminare l'acqua residua e, soprattutto, per ridurre la grana della carta procurata dallo spessore dei fili di ottone della forma. Questa pressatura permetteva inoltre una distribuzione più uniforme della colla ¹⁷.

Le maggiori cartiere giudicavano fondamentale, per la perfezione della carta, una buona *scotolatura*: per un migliore risultato la posta bianca veniva composta con i fogli collocati in ordine opposto a quello precedente e, dopo una prima pressione, erano nuovamente separati e posti in senso diverso da quello in cui erano, formando nuovi quaderni, i quali erano nuovamente pressati.

Questa particolare attenzione alla lisciatura della carta, soprattutto per quella destinata alla stampa ed al disegno, sappiamo essere eseguita nel Settecento, a seguito

1700), in una cartiera nei pressi di Basilea. Questa era azionata da un solo uomo e permetteva di eseguire fortissime pressioni, tali quanto quelle operate da sei operai con le normali presse [ms: 734, n. 41, Fondazione Scienza e Tecnica].

Dei torchi (o *strettoî*) idraulici utilizzati per pressare la carta vi è anche descrizione nel *Nuovo dizionario universale tecnologico o di arti e mestieri*, tomo XVIII, Giuseppe Antonelli Ed., Venezia 1837, p. 116.

¹⁷ Una accurata descrizione della *scotolatura* si ha alla voce *Carta*, in *Nuovo dizionario universale tecnologico o di arti e mestieri*, cit., tomo IV, 1832, p. 73.

dei perfezionamenti operati dagli olandesi e dai francesi.

I fogli venivano quindi separati e, a mazzi di cinque o più, posti ad asciugare negli *stenditoi*, sopra corde, generalmente di canapa. I locali adibiti a ciò erano ben areati e disposti nella parte alta dell'edificio.

L'asciugatura su telai di corde è una innovazione occidentale e non sappiamo se era praticata prima del XV secolo. I cinesi e gli arabi asciugavano i fogli disponendoli su pannelli o su muri esposti al sole: molto probabilmente anche a Fabriano, ed in altre città, si continuò, per un certo tempo, con questo sistema.

Nella seconda metà del Settecento anche in questa fase si ebbero, sempre ad opera dei francesi e degli olandesi, alcuni miglioramenti: le corde di canapa, che spesso macchiavano le carte, furono sostituite da corde di paglia palustre, più economiche, durevoli e che non lasciavano macchie.

La stesa a mazzi portava ad un'asciugatura non uniforme in tutti i fogli, che per il restringimento della carta (di circa un trentesimo) procurava pieghe difficili da eliminare. Per rimediare a ciò, in alcune cartiere, in seguito si praticò un'asciugatura accoppiando solo due fogli, con lo stenditoio posto in ambienti meno ventilati ¹⁸.

La collatura

Quando le carte erano quasi asciutte, con ancora cioè un certo grado di umidità, si procedeva alla fase di *collatura*.

Questa operazione serviva a rendere la carta meno permeabile e ad impedire così all'inchiostro di spandere

¹⁸ *Nuovo dizionario universale tecnologico o di arti e mestieri*, 1832, cit., p. 74.

(la collatura poteva non essere fatta per la carta da stampa e da disegno con matita).

I cinesi, gli arabi e, nei primi tempi, le cartiere occidentali usarono come colla sostanze amidacee, per lo più farine raffinate. Intorno al 1337, a Fabriano, si cominciò a sostituire la colla vegetale con la gelatina animale, la migliore della quale era ricavata dal carniccio delle pelli.

La gelatina aveva il vantaggio di rendere la carta meno permeabile all'umidità e più resistente alle muffe.

Questa operazione era eseguita in un apposito tino, dove la colla veniva diluita con acqua e tenuta ad una temperatura di circa 35°C.

I fogli, sovrapposti come erano nell'asciugatura, si immergevano nel tino e, quindi, venivano asciugati singolarmente nello stenditoio.

Alcune cartiere solevano pressare leggermente le carte collate prima di inviarle allo stenditoio.

Per 100 kg di carta erano necessari circa 21 kg di carniccio; l'incollaggio poteva essere molto più leggero se la pasta per la carta era ricavata da stracci di canapa e lino non fermentati, perché in tal caso rimanevano le sostanze glutinose naturali di questi vegetali (come usavano fare nel Settecento e nei primi dell'Ottocento gli inglesi e gli olandesi, a cui si attribuivano le carte migliori)¹⁹.

La gelatina non penetrava all'interno delle fibre ma rimaneva in superficie: una leggera abrasione della carta poteva rendere questa nuovamente assorbente. Era inoltre facilmente deperibile, soprattutto nella stagione calda. Per eliminare tali difetti, nella prima metà del Seicento si cominciò ad aggiungere alla gelatina una certa quantità di allume (solfato di alluminio e potassio). Si può ritenere,

¹⁹ *Nuovo dizionario universale tecnologico o di arti e mestieri*, 1832, cit., p. 77.

però, che verso la fine del Settecento alcuni cartai non usassero ancora questa sostanza ²⁰.

L'allume diminuiva la solubilità della colla, fornendo una maggiore impermeabilizzazione ed un più forte legame fra le fibre.

Per 10 kg di gelatina erano necessari dai 2 ai 3 kg di allume.

A questa colla poteva essere aggiunto anche un certo quantitativo di solfato di ferro (*vetriolo verde*), il quale, per il suo basso costo, in alcune cartiere andava a sostituire completamente l'allume.

I fogli collati erano nuovamente posti, singolarmente, negli stenditoi e, dopo essere perfettamente asciutti, venivano impilati e pressati per un certo numero di ore, anche fino a quaranta.

La lisciatura

L'ultima operazione era costituita dalla *lisciatura*: epoche e luoghi diversi, caratteristiche della carta e metodi di lavorazione, hanno suggerito l'uso di strumenti differenti. Si potevano usare pietre di selce o di altro tipo, denti di animali, stecche d'osso, come anche una grossa mazza azionata da una ruota idraulica.

Verso la fine del Seicento si cominciò a fare uso, in alcune cartiere, di un cilindro metallico, di ferro o di bronzo, che scorreva sopra una lastra metallica: questo

²⁰ Ciò è ricavabile da alcuni testi della fine del Settecento e dei primi dell'Ottocento, così come in alcune note di acquisto di materiali in uso nelle cartiere che, pur essendo molto particolareggiate, non hanno presente questa sostanza.

L'allume non compare anche nelle descrizioni date da Giuseppe Morosi (*Viaggio tecnologico*, cit.).

permetteva una forte liscivatura in tempi molto veloci. In seguito furono accoppiati due cilindri, fra i quali, come in un laminatoio, passava il foglio di carta.

Questo tipo di liscivatura in Italia era conosciuto come alla «maniera francese», forse perché importato dalla Francia, anche se, molto probabilmente, si trattava di un metodo introdotto dalle cartiere olandesi.

L'operazione era generalmente ritenuta superflua quando la carta aveva subito una buona *scotolatura*.

L'ultima operazione, spesso eseguita insieme alla precedente in un altro edificio, era la *cernita*: si separavano i fogli difettosi, formando carte di prima e seconda scelta, e si preparavano le risme per la spedizione.

Come ci si può rendere conto nello scorrere l'evoluzione tecnica della fabbricazione della carta, si hanno diversi comportamenti fra cartiera e cartiera; non dobbiamo dunque pensare che le trasformazioni delle lavorazioni, e l'introduzione di alcuni materiali, si siano diffuse in tutta Europa nello stesso periodo.

Ancora oggi, nell'era del computer, troviamo in ditte, fabbriche e uffici attrezzature da altri ritenute obsolete: possiamo dunque ben immaginare quanto lenta sia stata secoli fa la diffusione di nuove macchine e quanta diffidenza si sia in esse riposta.

Generalizzare, ed accettare come prassi unica le informazioni fornite da un solo autore, che spesso si basava sugli elementi ricavati da una sola cartiera (e forse la più importante del suo paese), non ci permette di fare le giuste analisi su questo materiale, soprattutto ai fini delle indagini relative alla conoscenza delle cause che ne hanno fatto mutare lo stato di conservazione.

La tecnologia della fabbricazione della carta in Occidente, come abbiamo visto, ha ricevuto le sue prime innovazioni dalle cartiere di Fabriano. La qualità della carta prodotta in questa città fu imitata e ricercata in tutta Europa fino ai primi del Cinquecento, quando, perdendo nel giro di pochi anni le capacità produttive, Fabriano dovette cedere il passo alle cartiere liguri di Voltri²¹ (vicino a Fabriano rimasero attive, e con buona produzione, le cartiere di Foligno) e, soprattutto, alle aziende francesi, che sempre più stavano conquistando il mercato europeo, in special modo in quelle grandi aree (per la forte richiesta dell'editoria) della Germania e dell'Olanda.

Nella seconda metà del XVII secolo si manifestò, anche in questo campo, la forza produttiva e commerciale dei Paesi Bassi, unita a quel particolare dinamismo e superiorità tecnica che ne avevano fatto, già nei primi anni del secolo, un grande centro produttivo di molte mercanzie, fortemente concorrenziale con il resto dell'Europa e che, a causa anche del minor costo dei suoi prodotti, aveva costretto molte aziende a chiudere, in special modo quelle italiane.

Le grandi rivoluzioni sociali della fine del Settecento, soprattutto in Francia, con la liberalizzazione della scienza, fecero sorgere, nel giro di pochi anni, quei radicali cambiamenti dei ritmi produttivi che dovevano rispondere alle sempre più pressanti esigenze della nuova società che stava nascendo.

La conseguente ripresa dell'editoria, con la diffusione

²¹ M. CALEGARI, *La manifattura genovese della carta (sec. XVI-XVIII)*, Edizioni Culturali Internazionali, Genova 1986.

dei periodici, l'uso pedagogico e politico della stampa, comportarono un forte aumento d'interesse per l'industria della carta: questo prodotto doveva costare sempre meno ed essere fabbricato in quantità maggiore, con tempi più ristretti.

Le nazioni cercavano, inoltre, di ridurre gli acquisti all'estero e diventare autosufficienti.

È soprattutto in Francia ed in Inghilterra che si ebbero i maggiori risultati. Quest'ultimo paese nell'Ottocento acquistò decisamente il primato, grazie anche alla spinta fornita dalla notevole richiesta interna: la maggior abbondanza di capitali ed il minor prezzo del combustibile ne favorirono, inoltre, la rapida e maggior industrializzazione.

L'Italia, entrata in crisi nel Settecento, non riuscì a riprendersi nel secolo successivo. Nella seconda metà dell'Ottocento ancora la metà della carta veniva prodotta a mano, ed in cartiere di piccole dimensioni. In Inghilterra invece, già negli anni Cinquanta, la carta a mano costituiva solo la ventesima parte della produzione ²².

La mancata adozione del cilindro olandese, nel corso del Settecento, aveva mantenuto le cartiere italiane a dimensioni molto ridotte, rendendo difficile, in seguito, l'introduzione della macchina continua per la fabbricazione della carta, non più possibile con una semplice ristrutturazione dell'edificio, come invece avveniva in altri paesi. Ma anche la mancanza di una maggiore forza motrice, necessaria per le due macchine, impedì questa innovazione e causò la chiusura di molte cartiere, che stavano già sempre più perdendo il mercato per la loro produzione, divenuta ormai obsoleta e troppo costosa.

Una macchina continua, alla fine della prima metà

²² Cfr. D.C. COLEMAN, *The British Paper Industry 1495-1860*, Clarendon Press, Oxford 1958, p. 181.

dell'Ottocento, aveva una produzione equivalente a quella di circa dodici tini, e le migliori cartiere ne possedevano più di una. Le maggiori manifatture tradizionali raramente superavano l'ampiezza di cinque-sei tini.

LA MACCHINA CONTINUA IN PIANO

La prima attrezzatura che permise la fabbricazione della carta per mezzo di una macchina, rivoluzionando ritmi, tecnica e costi della cartiera, fu la macchina continua in piano, inventata nel 1798 dal francese Nicholas Louis Robert, capo operaio nella cartiera di Didot.

La macchina trovò la sua prima applicazione in Inghilterra, dove Didot, che ne aveva rilevato il brevetto, aveva incaricato suo cognato John Gamble di iniziarne la costruzione.

L'ingegnere Bryan Donkin, per conto dei fratelli Fourdrinier che avevano acquistato il brevetto, costruì nel 1803 il primo esemplare realmente funzionante.

Donkin apportò in seguito sostanziali modifiche alla macchina, installandola, nel secondo e terzo decennio, in vari paesi europei.

La macchina era composta da un tino nel quale entrava un nastro continuo, costituito da una tela metallica simile a quella per la preparazione della carta *velina*.

La pasta veniva depositata sul nastro da un cilindro a palette, dopodiché il foglio continuo si depositava su di un feltro.

Nelle prime macchine il movimento del nastro e del cilindro era fornito da una serie di ingranaggi, azionati a mano per mezzo di una manovella, che permetteva un movimento uniforme con velocità regolabile.

Le primissime macchine avevano un telaio con una larghezza di piccole dimensioni ed una velocità di pochi

metri al minuto; il nastro di carta doveva essere tagliato umido in fogli, per subire poi le stesse lavorazioni della carta a mano.

Donkin nel 1822 applicò alla macchina, dopo aver già fatto alcuni miglioramenti, dei cilindri di rame per l'essiccazione del nastro continuo di carta. Inizialmente essi erano riscaldati a fuoco diretto, in seguito lo furono per mezzo del vapore.

Nel 1824 il francese Canson applicò sotto il nastro delle cassette aspiranti per facilitare l'estrazione dell'acqua dalla carta; ciò permise anche una maggiore velocità (nel 1832 raggiunse un movimento di 60 metri al minuto).

Nel 1833 Donkin aggiunse i cilindri premitori, che eliminavano l'impressione della tela, ottenendo così una superficie della carta più liscia.

In una descrizione della macchina usata presso la cartiera Cini di S. Marcello Pistoiese nel 1843, si trova applicata una tagliatrice dove il nastro di carta veniva tagliato nei due lati e posto automaticamente in tanti scomparti quanti erano i tagli nella larghezza. Questa macchina era tenuta in lavorazione 24 ore su 24²³.

I miglioramenti che continuarono ad essere approntati portarono ad avere, nel giro di pochi anni, attrezzature sempre più grandi e veloci. La qualità della carta, però, non era più al livello di quella preparata con il metodo tradizionale a mano; in alcune cartiere si cercò, pertanto, per avere soprattutto un prodotto più resistente (richiesto anche dalle nuove macchine da stampa), di rallentare la velocità del cilindro ed imprimere una vibrazione alla tela continua; questi accorgimenti permettevano alle fibre di

²³ Cfr. I. PETITTI, *Relazione d'una visita fatta alla manifattura di carta senza fine e di panni feltrati, che sono a S. Marcello (Toscana)*, in «Annali Universali di Statistica, economia pubblica, storia, viaggi e commercio», vol. LXXIX, 1944, pp. 145-179.

intrecciarsi e di fornire una carta più omogenea (la velocità impediva la scuotimento della tela e le fibre si orientavano nel senso di marcia della macchina: questo avviene anche nelle macchine moderne). Naturalmente tale metodo come minimo raddoppiava i tempi, procurando un rialzo del prezzo.

I primi modelli di queste macchine non consentivano la formazione della filigrana: ciò fu possibile con l'invenzione inglese, nel 1827, del *rullo ballerino*, che permise la filigranatura dopo la formazione della carta.

Il procedimento, molto usato ancora oggi, è attuato per mezzo di un cilindro rivestito di tela con una impronta (punzone) che, «girando» sulla carta quando questa è ancora bagnata, sposta le fibre che passano sotto il punzone, andando così a formare la filigrana²⁴.

Oggi alle filigrane ottenute con il *rullo ballerino* si sono affiancate filigrane a secco, realizzate utilizzando le *mollette filigranatrici*: rotelle di metallo che incidono il segno sul rotolo di carta già formato.

Le macchine in piano moderne, pur mantenendo gli stessi principi di lavorazione, hanno, naturalmente, perfezionato tutti i meccanismi per rendere la produzione sempre più veloce e meccanizzata, nonché per conferire alla carta caratteristiche particolari in relazione al suo uso.

Le attrezzature moderne producono carta anche di 4 metri di larghezza raggiungendo velocità fino a 600 metri al minuto, con produzioni giornaliere di decine di tonnellate.

²⁴ Dalla relazione di ΡΕΠΠΙ, *Relazione d'una visita...*, cit., si può desumere che in Italia ancora negli anni Quaranta anche le cartiere più avanzate non conoscessero questo metodo di filigranatura.

Quasi contemporaneamente alla macchina continua in piano, veniva inventata, pare nel 1797 da Michael Leistenschneider, una macchina continua a cilindro (o a tamburo). Questa si rese operativa nel 1809 nella cartiera inglese di John Dickinson ²⁵.

Tale attrezzatura è utilizzata ancora oggi ed è pressoché composta come i primi modelli: il nastro in piano è qui sostituito da una intelaiatura cilindrica ricoperta da una graticola di fili di rame (nelle moderne il rame è stato sostituito da bronzo fosforoso), simile alla *forma* della carta a mano. Il cilindro, detto *tamburo creatore*, è immerso per circa tre quarti in una vasca contenente la pasta; ruotando produce una differenza di pressione fra interno ed esterno, l'acqua per tale causa penetra all'interno attraverso la tela, mentre le fibre sono trattenute sulla superficie e depositate come foglio su di un *feltro levatore*, che scorre sopra la vasca. Come nella macchina continua in piano, la diversa densità della pasta e la variazione della velocità producono un foglio più o meno spesso.

Applicando sul tamburo alcune strisce di cuoio (sostituite nelle macchine moderne da nastri di tela cerata) che interrompono la superficie filtrante, si possono ottenere fogli nelle dimensioni desiderate. Lo stesso si può avere disponendo delle corde attraverso il tamburo. In tal modo si ha, nei punti desiderati, un assottigliamento della pasta, che permette, dopo la collatura, una facile separazione della carta in fogli.

I primi esemplari di macchina continua a cilindro, a differenza di quella in piano, permettevano la formazione di carta con filigrana: questa veniva cucita sulla tela del

²⁵ Cfr. *Carta*, in «Enciclopedia Italiana...», cit., p. 184.

tamburo, come nel telaio a mano. La macchina cilindrica serve ancora oggi, per la preparazione della *carta a mano-macchina*, cosiddetta per essere un prodotto apparentemente simile a quello fatto a mano e che si pone, come qualità, ad un livello intermedio rispetto a quello ricavato con la *continua in piano*. È utilizzata per usi artistici, legatoria, edizioni pregiate e carte valori.

Questa macchina non ebbe immediatamente la fortuna di quella di Robert, per motivi che sono facilmente comprensibili: il costo del prodotto era superiore, la qualità inferiore rispetto a quella «tradizionale» ed il mercato molto più ridotto; fra l'altro sopravvivevano ancora molte attrezzature per la carta a mano.

Per questa ragione, ancora nella metà dell'Ottocento (soprattutto dove si possedeva una lunga tradizione) molte cartiere preferivano avere, accanto alla produzione con le macchine in piano, quella con la forma a mano per le carte di maggior pregio e per quelle che dovevano ricevere la filigrana (come, ad esempio, le carte da bollo).

LA COLLATURA

I ritmi veloci di produzione della carta a macchina in piano, soprattutto dopo l'applicazione dei cilindri essiccatori, resero sempre più necessaria l'opportunità di collare la carta contemporaneamente alla sua formazione.

Non potendo usare la gelatina, si utilizzò inizialmente la colla vegetale, come amido o fecola di patate (di questo uso si ha notizia ancora nel quarto decennio dell'Ottocento).

Già nel primo decennio del secolo però si fecero molti tentativi, soprattutto in Inghilterra, Francia e Germania, per trovare una collatura impermeabilizzante, che potesse essere adoperata sia con la pasta prodotta con i *marcatoi*

che con la *macchina olandese*. Ci si riuscì utilizzando un sapone resinoso a base di colofonia.

Il primo ad usare questa sostanza fu il tedesco Friedrich Illig nel 1800, il quale, però, divulgò il suo metodo solo nel 1807²⁶.

Il *sapone resinoso* era prodotto (così come fino a non molto tempo fa) trattando la colofonia in polvere con carbonato di sodio (in rapporto di circa 2:1) e bollendo il tutto in acqua²⁷. Si aggiungeva quindi amido (preventivamente trattato con soda caustica per renderlo più collante), allume²⁸ e, in alcuni casi, sapone bianco.

In alcune fabbriche, per particolari carte, si sostituiva il *sapone resinoso* con cera bianca.

La collatura della pasta era effettuata generalmente nel *cilindro olandese*, ma poteva essere fatta anche nella tinozza della macchina continua.

Sia nell'uno che nell'altro caso, quando, con l'agitazione della pasta, si produceva schiuma, veniva aggiunto, per abbatterla, olio di noce o di papavero, od anche del latte.

Per le carte prodotte con la macchina cilindrica la collatura era, ed è, generalmente fatta nell'impasto; quando si voleva però ottenere una carta con caratteristiche superiori che si avvicinassero più a quelle della carta a mano, si effettuava, come ancora oggi, una collatura in superficie con gelatina animale con aggiunta di allume (nella percentuale dal 12 al 14%).

²⁶ Evidentemente non rese completamente noto il metodo da lui adottato se ancora negli anni Venti in Francia venivano banditi concorsi per trovare un modo per usare il *sapone resinoso*.

²⁷ Gli acidi resinici, dei quali è composta la colofonia, si *saponificano* per azione della sostanza alcalina.

²⁸ La percentuale dell'allume era, generalmente, pari a quella del sapone resinoso, mentre l'amido era circa la metà.

Per evitare la formazione di macchie translucide procurate dall'allume, veniva aggiunta una piccola dose di sapone bianco.

Questa particolare collatura era fatta immergendo la carta già formata nella tinozza *gelatinatrice*²⁹.

Ancora oggi, pur usando speciali macchine per distribuire la gelatina, questa operazione ha una velocità molto più bassa (10-30 metri al minuto) rispetto a quella della formazione della carta; ciò procura prezzi decisamente più alti.

LA NUOVA MATERIA PRIMA

La difficoltà di reperimento degli stracci per i paesi come Germania, Olanda e Inghilterra, che erano costretti a forti acquisti all'estero³⁰, e la domanda sempre più crescente di carta, procurarono, con il XVIII secolo, una notevole spinta verso la ricerca di materie prime alternative.

Il perfezionamento degli studi sulla natura e la nascita della chimica come scienza favorirono, nella seconda metà del Settecento, i primi esperimenti sulle piante per ricavarne una pasta adatta alla fabbricazione della carta.

I primi risultati di un certo interesse si ebbero con le esperienze di G.C. Schoeffer, pubblicate a Ratisbona nel 1765. In queste si dimostrò la possibilità di fabbricare carte da diversi vegetali (legno di alcuni alberi, sarmenti di viti, ortiche, muschio, paglia, foglie varie, cavoli, ginestre, ecc.).

²⁹ La gelatina, se inserita nella macchina con la pasta, avrebbe danneggiato la tela metallica ed i feltri.

³⁰ Una gran parte dei tessuti di questi paesi conteneva lana, non adatta quindi alla preparazione della carta.

Altri esperimenti furono condotti in diverse parti d'Europa.

Nella British Library, ad esempio, è conservato un libro, in lingua olandese, stampato nel 1772 su 72 tipi diversi di carta ricavata da altrettante piante.

Nei primi tempi della ricerca, non conoscendo metodi di imbiancamento delle fibre vegetali e non possedendo ancora attrezzature idonee, l'uso di questi materiali fu escluso per la fabbricazione di carta bianca fine. Ciò fu possibile intorno al secondo decennio dell'Ottocento, quando, dopo l'introduzione del cloro e con il miglioramento delle tecniche, si cominciò a fabbricare carta bianca per stampa e scrittura dalla paglia.

I primi utilizzi del legno con risultati realmente pratici si ebbero a seguito delle prove di C. Fenerty nel 1838 e successivamente di F. Keller nel 1844.

Nella metà del secolo ed ancora per qualche decennio si preferiva, per avere carte di buona qualità, unire alle paste ricavate dai vegetali, la pasta preparata con stracci e/o corde di canapa, in una percentuale di quest'ultima variabile dal 10 al 40%.

Negli anni Cinquanta-Sessanta le carte migliori ricavate dai vegetali erano quelle che utilizzavano, come materia prima, l'erba *sparto* (pianta graminacea che cresceva in Spagna e nel Nord Africa). Questi fogli risultavano di un buon bianco, levigati, con superficie soffice. Essi furono utilizzati per stampare alcuni dei migliori periodici inglesi, come «Illustrated London News», «Graphic», «Sphere».

La preparazione della pasta dai vegetali, nei primi decenni di produzione, era fatta macerando questi materiali con prodotti come calce, soda e potassa caustica; venivano quindi lavati e pestati con i magli o con la macchina a cilindro. Per ricavare una carta più bianca, si imbiancavano le fibre vegetali con cloro,

lavandole successivamente con acido solforico diluito.

La pasta prodotta con tali trattamenti conteneva però tutte quelle sostanze non cellulosiche (*sostanze incrostanti*) presenti nella pianta (soprattutto nel legno) e che non servivano alla fabbricazione della carta, ma anzi ne danneggiavano fortemente la qualità.

Per questa ragione si cercò di modificare o estrarre con mezzi chimici tali sostanze per rendere il prodotto più ricco di cellulosa: le prime prove di *pasta chimica* furono fatte nel 1850-51 e cominciò ad essere prodotta dopo i brevetti di H. Burgess e C. Watt, ottenuti nel 1854; si diffuse ampiamente però solo dopo il 1880 con il processo al solfito di C.D. Ekman e con il contemporaneo processo al solfato di C.F. Dahl ³¹.

Con la metà dell'Ottocento iniziarono dunque quei grandi cambiamenti che portarono la carta ad essere uno dei prodotti più richiesti e che sempre più incisero nelle economie dei singoli paesi.

Giornali e libri poterono diventare beni di largo consumo; ma se da una parte la società ha tratto vantaggio da questi strumenti, dall'altra sono venute però sempre più a prodursi opere che, per la loro forte deperibilità, sono destinate ad una vita effimera. Ciò varrà soprattutto dal 1870, quando cominciò a diffondersi per la stampa dei libri l'uso di carta ricavata dal legno.

Le materie prime naturali impiegate oggi nella fabbricazione della carta sono derivate dai seguenti vegetali :

- 1) legno di conifere o resinose (abete, pino, larice, cipresso, ecc.);
- 2) legno di fogliuti o latifoglie (pioppo, faggio, betulla, eucalipto, ecc.);

³¹ Cfr. D.C. COLEMAN, *The British Paper...*, cit., p. 344.

- 3) foglie e culmo (grano, riso, segale, orzo, ecc.);
- 4) piante annuali (sparto, canna, ramie, cotone, canapa, lino, granoturco, ginestra, edera, ecc.).

Questi vegetali sono costituiti da fibre cellulosiche di lunghezza e caratteristica diversa fra loro.

Le fibre delle conifere hanno una lunghezza media di 2-4 mm, quelle delle latifoglie di 1-1,5 mm, quelle dello sparto, della paglia di grano e di altri vegetali hanno lunghezze variabili da 0,5 a 2 mm, quelle del cotone da 20 a 60 mm. Il ramie presenta fibre molto lunghe, da 60 a 260 mm (per questa ragione viene impiegato nella fabbricazione di carte molto resistenti e pregiate, come le *carte valori*).

La carta ricavata dal legno, in rapporto al grado di purezza della materia fibrosa ed in relazione al tipo di lavorazione per la sua estrazione, si può classificare in: *carta di pasta meccanica* (o *pasta legno*), *carta di pasta chimica*, *carta di pasta semichimica* o *chemi-meccanica*.

a) La *pasta meccanica* si ottiene con la sfibratura meccanica del legno, preventivamente scortecciato e privato dei nodi di colore scuro, che altrimenti provocherebbero punti neri nel foglio di carta. Essa contiene tutte le impurezze che sono presenti nel legno insieme alle fibre cellulosiche: emicellulose (polisaccaridi con basso grado di polimerizzazione), lignina, tannini, resine, gomme naturali.

Possiede fibre con bassa resistenza meccanica, ha una opacità alta ed è poco costosa. La resa della pasta rispetto al legno dal quale viene ricavata è alta, 90-95% (per questo si può anche chiamare *pasta legno*). È usata per la fabbricazione dei cartoncini e dei cartoni. A causa della sua bassa resistenza meccanica per l'utilizzo della carta da stampa deve essere addizionata con pasta chimica (con

una percentuale di quest'ultima del 20% nella carta da giornali e 30-40% nella carta da rotocalco).

b) La *pasta chimica* si ottiene trattando il legno, od altri materiali vegetali, con sostanze chimiche, allo scopo di eliminare le *sostanze incrostanti* presenti.

Dipendentemente dai processi e dai reattivi chimici usati si ha una liberazione più o meno completa delle fibre cellulosiche. Nella pratica, però, non si arriva mai ad una totale eliminazione delle sostanze estranee, ciò comporterebbe una perdita troppo elevata della cellulosa ed una sua eccessiva degradazione.

I reattivi chimici impiegati possono essere acidi (bisolfito di calcio o di sodio) o alcalini (soda-solfato, calce). Queste sostanze vengono fatte penetrare all'interno del materiale vegetale, in maniera rapida ed uniforme, per solubilizzare le sostanze incrostanti. A tale scopo si utilizzano autoclavi sotto pressione con temperature di 120-170°C.

I processi usati si diversificano dipendentemente dalle caratteristiche della carta che si vogliono ottenere.

La resa varia, in rapporto al processo impiegato, dal 40 al 50% rispetto al legno utilizzato. I processi chimici alcalini applicati alla paglia di grano, orzo, segale, ecc. forniscono paste ad *alta resa* (65-80%) di colore giallo, che vengono impiegate nella fabbricazione di cartoni semplici, cartoni ondulati e carte gialle da avvolgere.

Da materiali poco lignificati, come canne, sparto, ginestra, ecc. si possono ottenere sia paste di cellulosa a *media resa* (60-65%), utilizzate per la preparazione di cartoni ordinari o per «correggere» paste di bassa resa per carte da pacchi, sia paste a *bassa resa* (35-40%), usate per la preparazione di carte per stampa e per scrittura.

c) Le *paste semi-chimiche* e *chemi-meccaniche* si preparano in due fasi: in primo luogo si impregna il legno

con alcuni reattivi chimici, per indebolire la coesione fra le fibre cellulosiche; in seguito si esegue una sfibratura meccanica.

Se prevale la fase chimica si ottiene la *pasta semi-chimica*, se è più accentuata invece la fase meccanica si ha la *pasta chemi-meccanica*.

La prima ha una resa più bassa (65-75%) ed utilizza, generalmente, come reagente il solfato di sodio; viene impiegata nella fabbricazione di carte per stampa e scrittura. La seconda ha una resa più alta (75-85%), utilizza l'idrato di sodio e produce carte con caratteristiche molto simili a quelle preparate con pasta meccanica; si utilizza quindi per giornali o rotocalchi.

LA CARTA RICICLATA

Una materia prima che oggi, anche per ragioni ecologiche, viene sempre più ad essere utilizzata per la fabbricazione della carta è la *cartaccia*, o *carta da macero*, che in tal modo viene riciclata.

Il suo uso iniziò con il brevetto avuto da Mathias Koops, nel 1800, per estrarre l'inchiostro da vecchia carta, e con il successivo brevetto, che lo stesso ebbe nel 1801, per fare la pasta dalla cartaccia ³².

La carta da macero può avere provenienze diverse, fornendo un prodotto qualitativamente più o meno povero (anche la più pregiata fornisce sempre una materia di scarso valore tecnico). Può provenire da scarti industriali (dalla fabbricazione di carta e cartoni, dalle trasformazioni che la carta ed il cartone subiscono nelle industrie grafiche e cartotecniche), dalla cosid-

³² Cfr. D.C. COLEMAN, *The British Paper...*, cit., p. 172.

detta *cartaccia mista* (le rese di giornali e riviste, vecchie scatole da imballaggio), e dai rifiuti urbani.

La trasformazione delle carte bianche in pasta si ottiene per via meccanica con l'azione di *molazze* e *disintegratori*; mentre per la rigenerazione di carte stampate si deve ricorrere a liscivazioni e sbiancamenti ad ampio raggio, per le varietà molteplici della composizione degli inchiostri.

Le paste così prodotte contengono un'elevata percentuale di materiali impropri (la cosiddetta *frazione di fini*): metalli, materiali sintetici, cascami vari, colle, cere, resine, ecc. Questi abbassano le caratteristiche cartarie in generale, e qualora si volessero separare si avrebbero elevati aumenti dei costi e notevoli problemi ecologici.

La CEPAC (Confederazione Europea delle Industrie Produttrici di Carta e Cartoni) suddivide la carta da macero in circa cinquanta qualità.

GLI ADDITIVI

La ricerca di una economicità sempre più alta, di carte con «qualità commerciale» elevata e l'uso di macchine per la cartotecnica e la stampa sempre più sofisticate, diversificate e veloci, ha procurato, nel nostro secolo, l'immissione sul mercato di carte con caratteristiche molto diverse fra loro. La produzione di «paste povere» ha, inoltre, spinto ad un maggiore utilizzo di alcuni prodotti aggiunti alle fibre vegetali, le *sostanze di carica*, che, come abbiamo visto, erano già usate sin dai primi secoli della fabbricazione della carta.

Queste sostanze possono essere immesse nella pasta, oppure, unite a particolari leganti, distribuite in superficie, formando le cosiddette *carte patinate*.

Sono costituite da materiali inorganici naturali o artificiali finemente polverizzati: hanno lo scopo di migliorare ed impartire alcune caratteristiche della carta; quali il grado di bianco, l'opacità, la stampabilità (riempiono i vuoti esistenti tra fibra e fibra), il grado di liscatura, il carattere esteriore.

La quantità di carica può variare dal 2 al 40% del peso di pasta secca, conferendo al prodotto, come possiamo ben immaginare, caratteristiche e costi molto diversi (e purtroppo spesso «l'abito» apparentemente ricco nasconde un contenuto assai povero).

La sostanza che oggi viene maggiormente usata per questo scopo è il caolino: minerale con un ottimo potere coprente che impartisce alla carta un buon grado di bianco, di opacità.

Altre sostanze molto utilizzate sono: il talco (fornisce alla carta un buon grado di bianco), il carbonato di calcio (ha un elevato grado di bianco, ma scarso potere coprente), il solfato di bario, il solfato di calcio, la farina fossile (impiegata di recente per carte da disegno), il biossido di titanio (fornisce il miglior grado di bianco, ha una elevata opacità e potere coprente, ma per il suo alto costo ha un uso solo per carte di qualità alta).

Il legante maggiormente usato per la patinatura, già dal secolo scorso, è la caseina, disciolta in ammoniaca e soda caustica, unita, alcune volte, con altri materiali (cere, saponi, resine ureiche, ecc.).

Da alcuni anni l'introduzione di nuovi materiali sintetici fornisce una gamma di carte patinate con caratteristiche molto varie e fra loro differenziate, ma spesso, purtroppo, molto effimere.

I CARTONI

Un accenno, anche se breve, è necessario dedicarlo al cartone, trovandosi questo materiale molto frequentemente unito ai documenti di carta, oppure come costituente unico di «opere cartacee».

Anche questo prodotto può avere usi speciali e, pertanto, essere costruito in maniera particolare: qui si descrivono solamente i metodi «classici» del cartone normale.

Il cartone, innanzi tutto, è generalmente considerato tale quando supera il peso di 400 grammi al metro quadro (da 150 a 400 gr abbiamo il *cartoncino*).

La fabbricazione a mano del cartone (*cartone alla forma*) non si differenzia da quella della carta, se non per l'altezza del cascio e la maggior densità della pasta. La difficoltà di maneggiare il telaio e quella di alcune operazioni successive, in special modo per i cartoni di notevole spessore, hanno fatto preferire la preparazione di cartoni per sovrapposizione di più carte o cartoncini (*cartone alla pressa*), come i noti «cartoni» di papiro dell'antichità.

Questi, preparati a mano od ottenuti con la macchina (i migliori risultati si ottengono con la *macchina a tamburo*, fornita di più tamburi successivi che sovrappongono i fogli ottenuti), sono sovrammessi fino a raggiungere lo spessore voluto e fatti aderire, ancora umidi, per azione di una pressione.

I fogli possono essere accoppiati anche per mezzo della colla (*cartoni alla colla*) e fatti aderire sotto una pressa. L'adesivo usato è generalmente una soluzione di fecola.

I cartoni sono stati preparati utilizzando le stesse materie prime necessarie per la carta, ma, essendo considerati materiale di più scarso valore rispetto alle carte

bianche, erano di qualità più scadente. I cartoni con pasta legno vengono già prodotti dal 1870.

Da alcuni anni, per la necessità di avere un prodotto di lunga durata da utilizzare nel campo della conservazione dei beni culturali, sono stati introdotti sul mercato cartoni di puro cotone contenenti una riserva alcalina di carbonato di calcio³³.

³³ In Italia vige una legge che detta le norme per l'uso di cartoni destinati al restauro ed alla conservazione del materiale soggetto a tutela, fornendo tutte le caratteristiche tecniche che tali cartoni devono possedere. Decreto Ministeriale 2 agosto 1983, pubblicato sulla «Gazzetta Ufficiale» n. 257 del 19.9.1983.

FABBRICAZIONE DELLA CARTA. DATE ESSENZIALI

105	In Cina Ts'ai Lun inventa il processo di fabbricazione della carta
751	Gli arabi apprendono dai cinesi il processo di fabbricazione della carta
Sec. XII	(primi decenni) Prime cartiere in Europa (Jativa e Palermo)
Sec. XIII	(prima metà) Prime cartiere a Fabriano (documento più antico del 1264)
1282	Prima filigrana conosciuta (croce e cerchio)
1337	Inizio della collatura con gelatina animale
Sec. XVII	(prima metà) Inizio uso dell'allume nella collatura
1680	Invenzione in Olanda del cilindro per la formazione della pasta
Sec. XVII	(fine) Si introduce la liscivatura della carta con un cilindro di bronzo
Sec. XVII	Introduzione nel tino della tavola per poggiare il telaio
1757	Introduzione della «velina» (in Inghilterra)
1764	Prime carte patinate
1789	Introduzione del cloro per la sbianca degli stracci

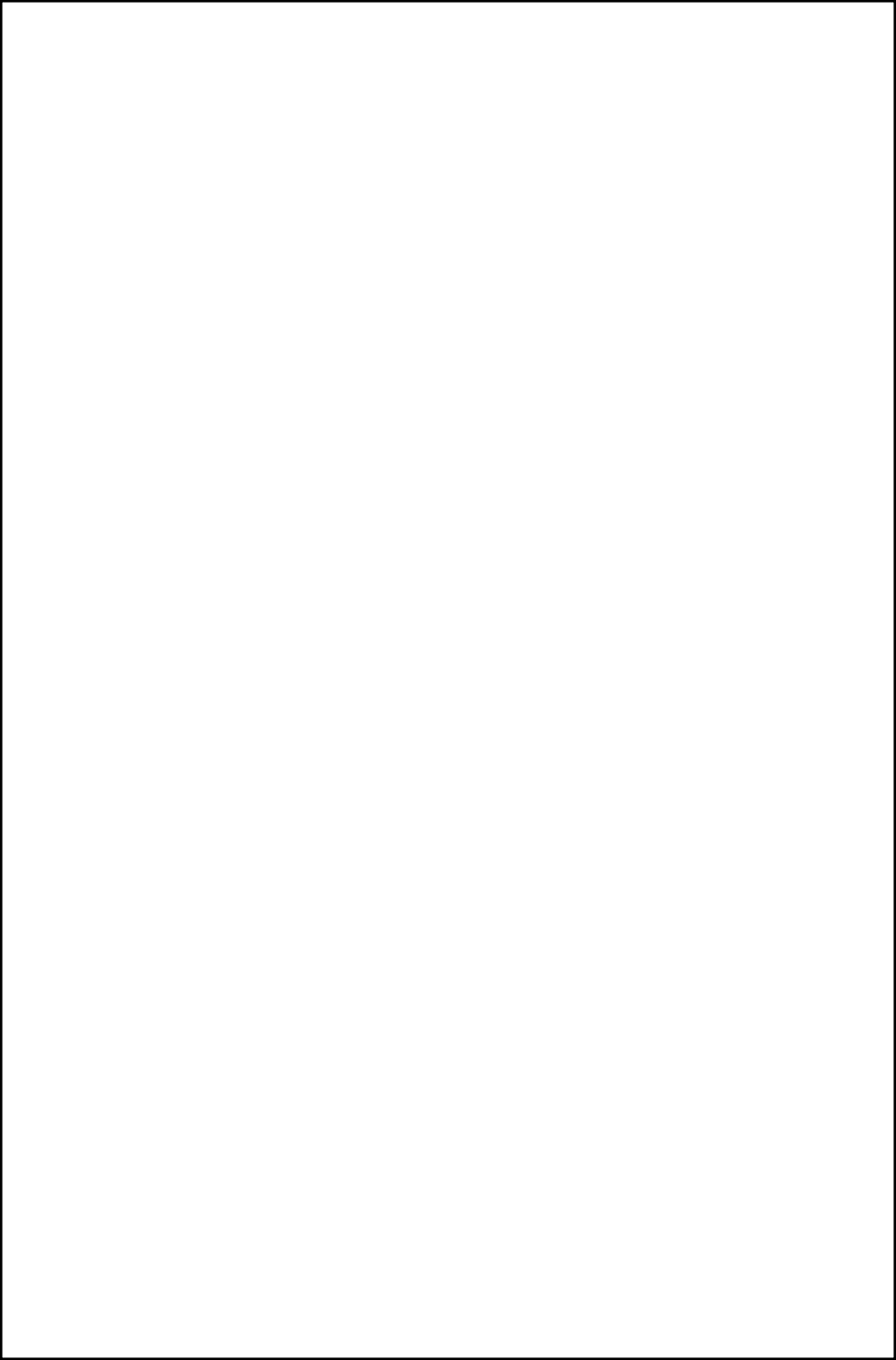
- 1797 Michael Leistenschneider inventa la macchina continua in tondo (diffusa nel 1809 da John Dickinson)
- 1798 Nicholas Louis Robert inventa la macchina continua in piano
- 1799 Sbianchimento della carta con cloro
- 1807 Diffusione dell'uso della colofonia per la collatura
- 1820 Carta dalla paglia
- 1820 – 1825 Diffusione in Europa delle macchine continue perfezionate dall'inglese Bryan Donkin
- 1822 Introduzione (da parte di Donkin) di cilindri essiccatori (prima riscaldati a fuoco, poi a vapore)
- 1824 Il francese Canson aggiunge alla macchina continua le cassette aspiranti per l'eliminazione dell'acqua e per aumentare la velocità
- 1820 – 1845 Passaggio in Italia dalla carta a mano alla carta a macchina
- 1833 Donkin aggiunge alla macchina cilindri premitori per togliere l'impressione della tela
- 1841 Charles Fenerty (Nuova Scozia) inizia la fabbricazione della carta dal legno
- 1851 Prime prove di pasta chimica
- 1860 Invenzione del raffinatore conico

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE
(Capitolo I)

FABBRICAZIONE DELLA CARTA

- A. ANNESI, *La nobile arte di fabbricare la carta*, Istituto Tumminelli, Roma 1969.
- L. BALDACCHINI, *Il libro antico*, Nuova Italia Scientifica, Roma 1982.
- A. BASANOFF, *Itinerario della carta dall'oriente all'occidente e sua diffusione in Europa*, Il Polifilo, Milano 1965.
- A. BLANCHET, *Essai sur l'histoire du papier et sa fabrication*, Paris 1900.
- H.H. BOCKWITZ, *Il cartone attraverso i secoli*, Milano 1957.
- G. BOTTO, *Industria della carta*, Torino 1960.
- L. BURGO, *Carta: storia e tecnica antica e moderna*, Pizzi, Milano 1955.
- Carta*, in «Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti». Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma 1951.
- Carta*, in «Nuovo dizionario universale tecnologico o di arti e mestieri», tomo IV, Giuseppe Antonelli Ed., Venezia 1832.
- G. CECONI, *Conoscere la carta*, Milano 1945.
- V.W. CLAPP, *The story of permanent/durable book-paper, 1115-1970*, in «Restaurator», supplement n. 3, 1972.
- D.C. COLEMAN, *The British Paper Industry 1495-1860*, Clarendon Press, Oxford 1958.

- P. CUDINI, *La cartiera*, Milano 1953.
- G. DANESE, *Fabbricazione della carta*, Genova 1952.
- N. DESMARETS, *Traité de l'art de fabriquer le papier*, Paris 1788.
- DIDEROT-D'ALEMBERT, *Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Neufchastel 1765.
- F. GRISELINI, *Cartiera*, in: «Dizionario delle arti e de' mestieri» tomo IV, Venezia 1769.
- D. HUNTER, *Papermaking*, Alfred A. Knopf Inc., New York 1943.
- J.J. DE LALANDE, *Art de faire le papier*, Paris 1761.
- C. MAGNANI, *Cartiere toscane*, Cartiere Enrico Magnani, Pescia 1960.
- M. PICCARDI, *I primi anni della cartiera della Briglia*, in «Archivio Storico Italiano», n. 537, Disp. III (1988), pp. 409-457.
- F. PISANI, *L'industria del feltro e della carta dalle origini ad oggi*, Pisani, Isola del Liri 1961.
- R. SABBATINI, *Di bianco lin candida prole. La manifattura della carta in età moderna e il caso toscano*, Franco Angeli, Milano 1990.



Capitolo II

DEGRADO DELLA CARTA

MECCANISMI GENERALI DI DEGRADO

La carta, al pari di tutte le strutture composte da materiali organici, subisce con il tempo una modificazione del suo stato originario. Le sostanze che la compongono cambiano la loro forma molecolare, alterando quelle caratteristiche iniziali appositamente finalizzate ad usi specifici.

Pertanto la carta perde il suo aspetto originario, acquista fragilità e favorisce modifiche ai medium grafici di cui costituisce il supporto.

Queste trasformazioni si sommano nel tempo, aggravando sempre più lo stato del materiale, costringendo ad una riduzione della fruizione dell'opera o causando perfino la sua completa distruzione.

La natura stessa delle sostanze che compongono la carta determina quel progressivo deterioramento del materiale che si è soliti chiamare «invecchiamento naturale». La diversità di tali sostanze, variamente miscelate, produce invecchiamenti con tempi molto diversi: una carta può distruggersi in settanta anni come un'altra in mille.

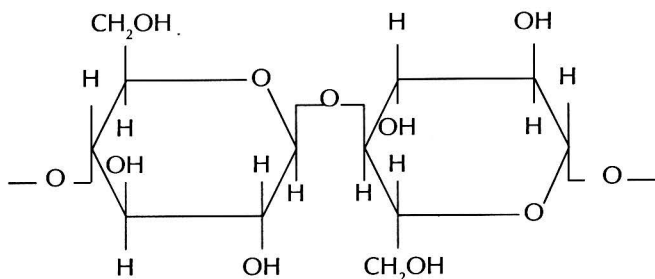
La vita dell'uomo non ha per tutti, come purtroppo ben sappiamo, una medesima durata: oltre ad essere determinata dalle singole caratteristiche genetiche, essa subisce le

conseguenze del nostro modo di vivere (cibo, lavoro, stress, esercizi fisici, ecc.); è sottoposta ad attacchi esterni (microrganismi, inquinamenti), che procurano malattie o morte; è soggetta, inoltre, ad «incidenti di percorso», che ne causano una maggiore o minore durata, o addirittura una fine improvvisa.

Così è anche per la carta: il suo uso particolare e differenziato, l'ambiente nel quale è conservata, cause esterne (microrganismi, inquinamenti), incidenti improvvisi portano ad un accentuarsi, più o meno intenso, del degrado.

Per comprendere meglio questi processi e le cause che li determinano, osserviamo innanzitutto, così come è stato fatto nel capitolo precedente, la struttura molecolare del costituente principale della carta: la cellulosa.

La cellulosa ha la formula $(C_6H_{10}O_5)_n$ e possiamo paragonarla ad una lunga catena, i cui anelli sono costituiti dalla molecola del glucosio ($C_6H_{12}O_6$).



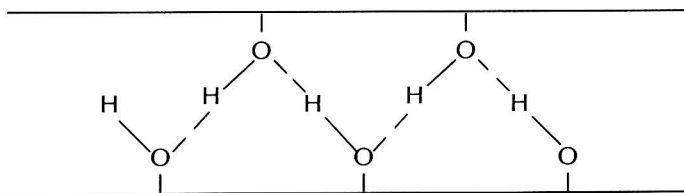
Queste molecole sono unite fra loro da particolari legami chiamati *β-glicosidici*, in un numero (*grado di polimerizzazione*), come abbiamo visto nel primo capitolo, molto variabile, determinato dalla qualità del vegetale dal quale si ricava e dal tipo di trattamento subito per l'estrazione e la lavorazione della cellulosa.

Il grado di polimerizzazione (dp) può subire una

riduzione del suo valore (*depolimerizzazione*) oltre che per i vari trattamenti che vengono effettuati, anche per la presenza di particolari sostanze che sono introdotte durante la fabbricazione della carta; così come può ridursi per cause provenienti dall'esterno (fattori ambientali o sostanze con le quali la carta viene a contatto), per sollecitazioni meccaniche, ecc.

La depolimerizzazione in pratica riduce una «catena» lunga in alcune «catene» più corte, producendo in tal modo un aumento della fragilità della carta con la conseguente riduzione della sua vita.

Oltre ai legami lungo l'asse principale, sono presenti forze laterali che creano una coesione tra le molecole non legate; tali forze sono procurate da atomi di idrogeno (*legami idrogeno*), i quali, a loro volta, possono essere soggetti a particolari reazioni che ne modificano lo stato, indebolendo tutta la struttura.



Estese su tutta la lunghezza delle fibre vi sono ancora altre forze di attrazione che tengono unite le molecole della cellulosa: le *forze di van der Waals*.

Queste, pur essendo deboli, giocano un ruolo importante nel mantenere la struttura nella sua forma originale. Piccole variazioni della distanza tra le molecole (causate da ragioni meccaniche, chimiche o dall'assorbimento o cedimento di umidità) possono annullare queste forze di attrazione o trasformarle in spinte di repulsione. Di conseguenza si indeboliscono le fibre di cellulosa, rendendole, fra l'altro, più soggette a quei

numerosi fattori che portano ad un degrado del materiale.

Le molecole di cellulosa sono riunite a fasci e presentano zone più compatte e regolari (*zone cristalline*) ed altre più diradate e sconnesse (*zone amorfe*). Nelle zone cristalline i legami e le forze che abbiamo visto in precedenza sono maggiormente presenti e meno influenzabili da elementi esterni, conferendo quindi una maggior resistenza alla struttura.

La zona amorfa, oltre a fornire la parte più fragile, è più sensibile a tutti i fattori alteranti: praticamente è il ricettacolo di ogni elemento esterno, che può entrare o combinarsi con la struttura della cellulosa. In queste zone, per esempio, le fibre assorbono più acqua e agenti inquinanti; qui, più che altrove, si inseriscono i microrganismi. Possiamo dunque ben capire quanta importanza abbia, per la durata della carta, la presenza di fibre di cellulosa che per loro natura possiedono un minor numero di zone amorfe.

Ma la cellulosa non è il solo costituente della carta: in essa sono presenti altre sostanze, ognuna delle quali è stata scelta e immessa con compiti ben precisi, conferendo al materiale quelle caratteristiche particolari che ne determinano l'uso e che, ci piacciono o no, dobbiamo mantenere.

Ognuna di queste sostanze possiede una sua specifica struttura molecolare (alcune anche più complesse di quella della cellulosa); a loro volta queste molecole sono legate in un particolare modo alle fibre di cellulosa.

La variazione di tale rapporto, per cause naturali, interne od esterne, fa mutare di conseguenza le caratteristiche della carta, in tal modo introducendo fattori di degrado. Inoltre, molti di questi prodotti utilizzati per la fabbricazione della carta sono essi stessi, per loro natura, causa di gravi danni.

I principali fenomeni che avvengono nella struttura

della cellulosa e che ne causano una modifica sono: l'idrolisi, l'ossidazione, la deformazione delle fibre, il biodeterioramento, il fotodeterioramento.

Idrolisi. L'idrolisi è un processo chimico dovuto all'intervento dell'acqua, che forma acido e base da un sale (es. $\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{KOH} + \text{HNO}_3$).

Questo fenomeno è causato dalla dissociazione dell'acqua per effetto della sua conduttività elettrica, la quale è tanto più piccola quanto più pura è l'acqua ($\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$).

La dissociazione della cellulosa per idrolisi¹ produce una rottura dei legami β -glucosidici che uniscono le molecole di glucosio, frazionando la struttura della cellulosa, procurando, in tal modo, una depolimerizzazione. Di conseguenza, la minor lunghezza della cellulosa riduce la resistenza della carta.

Questa scissione dei legami glucosidici produce acido glicolico ed esteri di cellulosa che sono, fra l'altro, più o meno solubili in acqua e, in special modo, in soluzioni alcaline.

Le reazioni di idrolisi² sono fortemente accelerate dalla presenza di acidi o di basi forti, e sono sinergicamente estese dalla presenza nella cellulosa di gruppi ossidati.

Queste reazioni chimiche si producono più veloce-

¹ W. K. WILSON, E.J. PARKS, *An analysis of the aging of paper: possible reactions and their effects on measurable properties*, in «Restaurator», vol. 3 nn. 1-2, 1979, pp. 37-61. D. ERHARDT, D. VON ENDT, W. HOPWOOD, *The Comparison of Accelerated Aging Conditions through the Analysis of Extracts of Artificially aged paper*, in «A.I.C. Preprints», 1987, pp. 43-55.

² V. VIDRICH, *Il legno e i suoi impieghi chimici*, Edagricole, Bologna 1988. R.T. MORRISON, R.N. BOYD, *Chimica organica*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 1970.

mente in corrispondenza delle *zone amorfe*; si formano, invece, con lentezza in quelle *cristalline*.

Le reazioni sono inoltre facilitate dal rigonfiamento delle fibre, che procura un aumento della superficie di contatto, una maggiore penetrazione del reattivo ed un allentamento dei legami intermicellari (legami H e forze di van der Waals).

Il rigonfiamento è causato sia dagli acidi che dalle sostanze fortemente alcaline, come anche dall'assorbimento di acqua³. La presenza di quest'ultima, tra l'altro, favorisce anche la formazione di acidi.

Le emicellulose, che forniscono un alto numero di legami nella pasta legno, sono più idrolizzabili della cellulosa e, di conseguenza, causano un allentamento dei legami interfibra della cellulosa: la loro presenza, pertanto, riduce sensibilmente la stabilità della carta.

Altre reazioni idrolitiche avvengono durante la preparazione della pasta dal legno e, soprattutto, durante la fase di imbiancamento, che, fra l'altro, se non condotta bene, forma acidi derivati del cloro che catalizzano nel tempo queste reazioni.

Ossidazione. L'ossidazione è una particolare reazione chimica⁴ che procura la perdita di uno o più elettroni ad un atomo o gruppi di atomi (es. $2\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}^+\text{O}^-$).

È così chiamata perché l'agente più diffuso in natura che ha la proprietà di agire in tal senso è l'ossigeno. Ma anche altre sostanze, purtroppo presenti nell'atmosfera per inquinamento, hanno questa facoltà: prime fra tutte i

³ Le fibre di cellulosa, assorbendo acqua, subiscono un rigonfiamento in senso trasversale, mentre non hanno variazioni sensibili in quello longitudinale. Più le fibre hanno subito una raffinazione più è alta la quantità di acqua che possono trattenere.

⁴ Vedi nota 2.

composti dello zolfo. Vi sono inoltre altri prodotti ossidanti e ossidabili che già si trovano sulla carta, ad esempio inchiostri e colori; ed ancora altre sostanze interne alla carta, introdotte durante la fabbricazione (come gli sbiancanti, che utilizzano proprio la reazione di ossidazione per annullare il colore; o l'allume, che è costituito da solfati di alluminio e potassio).

L'ossigeno che si trova nell'atmosfera⁵ è costituito soprattutto dalla molecola O_2 , che è poco attiva; molto energetico è invece l'ossigeno nella sua forma atomica O , condizione di forte instabilità che lo porta a reagire, in tempi molto brevi, con qualche sostanza.

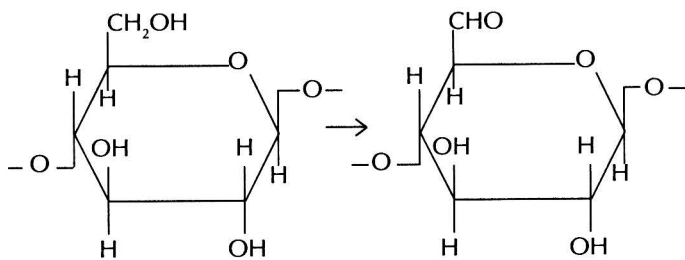
L'ossigeno atomico nell'aria può essere presente per la rottura della molecola O_2 ($O_2 \rightarrow 2O$) causata dalla luce del sole (questo è un ulteriore motivo per cui i materiali organici non devono essere investiti dalle radiazioni solari).

Le molecole molto ricche di elettroni, e con catene aventi molti atomi di carbonio con legami semplici e doppi (come ad esempio, quelle della cellulosa), sono molto soggette ad ossidazione, con la conseguente rottura di legami.

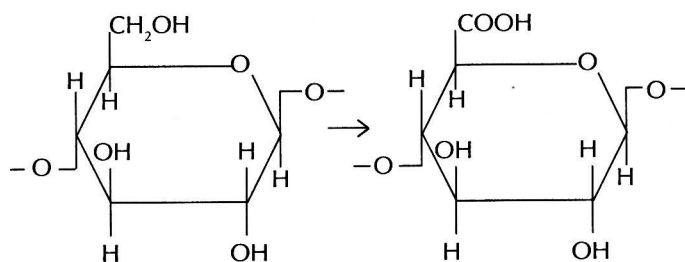
Le parti della struttura molecolare con questi caratteristici legami costituiscono i cosiddetti *gruppi cromofori*: sono cioè quelle parti che determinano il colore delle sostanze. Le rotture che avvengono con l'ossidazione possono procurare quindi una decolorazione della sostanza.

Nelle molecole complesse (come sono quelle che costituiscono la gelatina animale, certe resine e vernici, ma anche la cellulosa stessa) l'ossigeno può anche creare

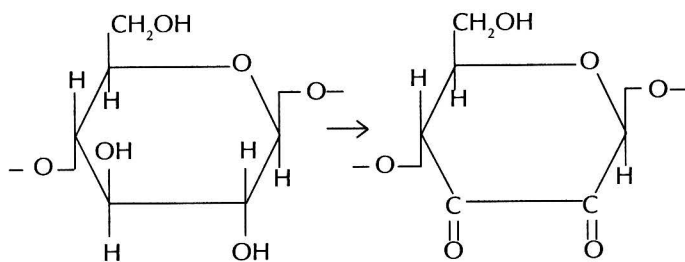
⁵ J.S. ARNEY, A.J. JACOBS, *A Study of the relative importance of oxidation by atmospheric oxygen in the aging chemistry of paper*, in «A.I.C. Preprints», 1978, pp. 3-11.



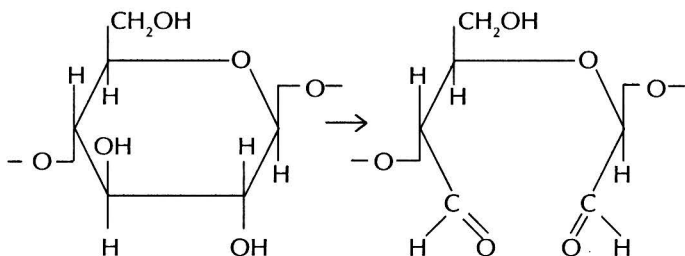
ossidazione dei gruppi alcoolici primari in gruppi aldeidici



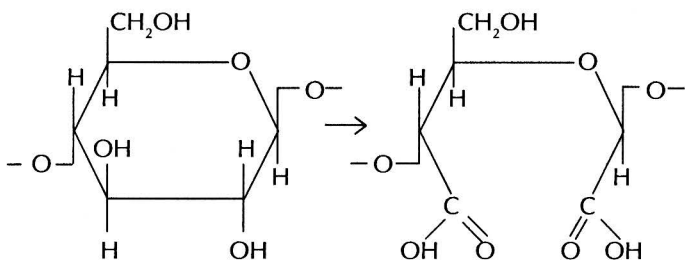
ossidazione dei gruppi alcoolici primari in gruppi carbossilici



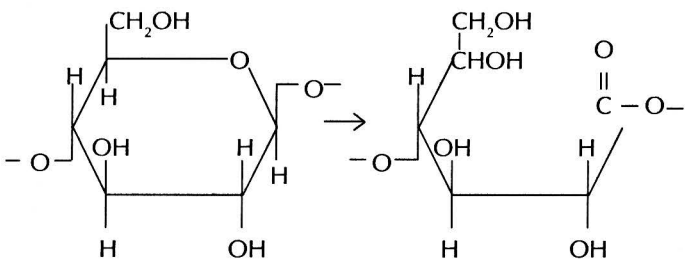
ossidazione dei gruppi alcoolici secondari in gruppi chetonici



ossidazione dei gruppi alcoolici secondari in gruppi aldeidici
con rottura del legame C - C



ossidazione dei gruppi alcoolici secondari in gruppi carbossilici
con rottura del legame C - C



ossidazione del gruppo C con rottura dell'anello e formazione
di un gruppo estere

*Principali reazioni di ossidazione nella molecola di
cellulosa*

nuovi legami, provocando, in tal caso, una polimerizzazione che causa l'imbrunimento della sostanza.

Vediamo dunque che l'ossidazione di una struttura molecolare, come quella della cellulosa, può avere diverse origini, modificando la struttura originale in varie forme, con caratteristiche diverse⁶: la carta può avere uno sbianchimento, come un inbrunimento; sempre, però, si produce una degradazione, con minore resistenza del materiale.

Le reazioni d'ossidazione generalmente producono anche acidi organici, i quali, a loro volta, catalizzano la reazione d'idrolisi della cellulosa. L'una e l'altra sono inoltre accelerate dalla presenza di metalli pesanti (che possono essere presenti nella carta, provenienti dall'acqua usata nella sua fabbricazione, o da frammenti staccatisi dagli strumenti utilizzati).

La sinergia esistente fra le due principali reazioni di degrado, l'idrolisi e l'ossidazione, rende estremamente complesso e diversificato il fenomeno di alterazione a cui la carta va soggetta. L'analisi in laboratorio, con opportune celle di invecchiamento artificiale, riproduce solo parzialmente questi meccanismi, anche se pur tuttavia queste prove sono di grande interesse e di ausilio.

Ma la carta, come sappiamo, non è costituita solo da cellulosa, e inoltre le opere sono formate dall'unione di più materiali, il cui processo di degrado avviene attraverso interazioni molto strette.

Tutto ciò ci fa capire quanto arduo sia il lavoro dei ricercatori e di quanti operano nel campo della conservazione dei materiali cartacei (così come, naturalmente, per tutto il settore dei beni culturali); ma anche come sia azzardato assegnare una particolare alterazione ad una sola specifica causa.

⁶ Vedi nota 1.

Deformazione delle fibre. L'assorbimento di acqua da parte delle fibre di cellulosa ⁷, come già è stato accennato, facilita non solo le reazioni di idrolisi e di ossidazione, ma è anche causa di un rigonfiamento delle fibre (vedi nota 3). Quest'ultimo effetto, allentando o spezzando i legami idrogeno e le forze di van der Waals, che costringono le catene di cellulosa ad associarsi ed intrecciarsi come una fune, diminuisce la resistenza meccanica della carta e, modificando la forma della struttura molecolare, ne cambia le caratteristiche chimico-fisiche.

Anche le *zone cristalline*, con questo rigonfiamento, tendono ad allentarsi rendendo il complesso più fragile.

Il rigonfiamento delle fibre, con il loro dilatamento per l'introduzione di acqua, aumenta le dimensioni del foglio di carta, procurando la perdita di elasticità e resistenza.

La rottura dei legami esistenti tra le catene e tra le fibre di cellulosa può essere procurata anche da una diminuzione del contenuto di acqua.

Il restringimento delle fibre e la riduzione dello spazio tra di esse procura una maggior rigidità, che riduce le proprietà meccaniche della carta, oltre a diminuirne le dimensioni.

L'espansione e la contrazione della carta, qualora si verifichi in tempi molto stretti ed in maniera sensibile, procura un vero e proprio collasso al materiale, con gravi conseguenze.

Ma la carta fa generalmente da supporto ad un medium grafico: scritture, stampe, disegni, miniature, o quanto altro. Ne consegue che ogni variazione nelle dimensioni

⁷ Per comprendere meglio il rapporto che intercorre tra l'acqua e la cellulosa, oltre a rimandare alla bibliografia già citata, vedi: P. CALVINO, *Metodologia di studio sulla cellulosa III. Interazioni acqua-cellulosa; aspetti strutturali e termodinamici...*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1978-1979, pp. 33-53.

della carta comporta anche una tensione sui materiali che veicola: inchiostri, colori, colle subiscono distorsioni, rotture e distacchi.

Biodeterioramento. Quando la carta possiede un contenuto di acqua al di sopra di un certo valore, si ha un'alta probabilità che si sviluppino microrganismi, i quali sono fonte di gravi alterazioni⁸.

Molti batteri e funghi⁹ utilizzano come terreno nutri-

⁸ Fra le molte pubblicazioni che trattano l'argomento, si cita: M. MONTANARI, *Agenti biologici che danneggiano i materiali librari ed archivistici*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1980, pp. 163-193. J.P. NYUKSHA, *Biological principles of book keeping conditions*, in «Restaurator», vol. 3, n. 3, 1979, pp. 101-108. F. GALLO, *I fattori che favoriscono gli attacchi degli agenti biologici nelle biblioteche e negli archivi e i metodi per prevenire ed arrestare tali attacchi*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1980, pp. 195-213. AA.VV., *Indagine sulla resistenza all'attacco microbico di carte aventi diversa igroscopicità*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1976-77, pp. 127-159. F. GALLO, P. GALLO, *Insetti e microrganismi nemici dei libri*, in «Bollettino dell'Istituto per la Patologia del Libro», lugliodicebre 1967, pp. 143-190. R. KOWALIK, *Microbiodeterioration of library materials*, in «Restaurator», vol. 4, n. 2, 1980, pp. 99-114 e vol. 4, nn. 3-4, 1980, pp. 135-219. A. TONOLO, M. MONTE, *Ricerche microbiologiche per la conservazione della carta*, «Quaderni del Gabinetto Nazionale delle Stampe», 1, Roma 1969. M.G. ALTI-BRANDI, M.C. SCLOCCHI, *La microbiologia negli archivi*, in *Le scienze applicate nella salvaguardia e nella riproduzione degli archivi*, Centro di Fotoriproduzione Legatoria e Restauro degli Archivi di Stato, Roma 1989, pp. 107-119. AA.VV., *Scripta volant. Il biodeterioramento dei beni culturali: libri documenti opere grafiche*, Edizioni Analisi, Bologna 1986. P. TIANO, *Elementi di biologia per il restauro di opere d'arte*, Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro, Firenze.

⁹ Per una conoscenza degli elementi di biologia relativi ai microrganismi che interessano la carta (batteri e funghi), si rimanda alla bibliografia citata nella nota precedente.

zionale e di riproduzione la carta; il loro ciclo vitale si svolge interamente all'interno e sopra questo materiale, trovandovi le sostanze necessarie alla loro sopravvivenza.

I fenomeni che accadono e gli effetti delle alterazioni prodotte sono strettamente connessi all'attività metabolica dei microrganismi, caratteristica per ogni specie e per le particolari condizioni in cui si trova il substrato ¹⁰.

I danni che si riscontrano possono essere di natura meccanica, chimica od estetica.

Le strutture filamentose dei funghi si insinuano all'interno delle fibre di cellulosa, soprattutto nelle zone amorfe, provocando indebolimenti e rotture della carta.

I microrganismi, con il loro metabolismo, producono enzimi idrolitici che spezzano i legami tra le fibrille: risulta così demolita la struttura delle fibre, che vengono in tal modo «assorbite» dalla cellula stessa con la fermentazione del glucosio (unità di base della cellulosa), creando composti intermedi idrosolubili.

Batteri e funghi producono, inoltre, pigmenti colorati, assumendo forme e colori diversi in dipendenza della specie, della loro crescita, della presenza di particolari sostanze che possono trovarsi all'interno della carta, della diversa aerazione e illuminazione ¹¹, della acidità o basicità più o meno accentuata della carta.

Questi pigmenti determinano cambiamenti cromatici anche molto forti, alterando sensibilmente l'estetica dell'opera cartacea.

Molte specie fungine producono acidi organici ¹², i quali

¹⁰ I microrganismi maggiormente presenti nella carta sono costituiti dai funghi (generalmente chiamati *muffe*), le cui specie carticole sono circa duecento. Per una loro identificazione si rimanda alla bibliografia citata.

¹¹ Alcuni ricercatori ritengono che le forti pigmentazioni in presenza di luce abbiano una funzione protettiva per i funghi.

¹² Gli acidi prodotti in quantità eccessiva possono essere usati

causano reazioni idrolitiche, che reagiscono con i gruppi ossidrilici della molecola della cellulosa modificandone la struttura, come già visto nelle pagine precedenti.

Molti funghi secretano, inoltre, particolari polisaccaridi che possiedono proprietà adesive, provocando in tal modo la saldatura dei fogli di carta che si trovano in contatto fra loro.

L'infezione naturalmente tende ad estendersi anche agli altri materiali di natura organica di cui la carta è composta o con i quali è in contatto, causando, come già osservato in casi analoghi, una interazione fra i diversi processi degenerativi.

Fotodeterioramento. La luce, sia naturale che artificiale, provoca particolari meccanismi di degrado molto complessi ed ancora non ben chiariti; questi si possono ricondurre ai fenomeni di *fotolisi*, *fotosossidazione* e *fotosensibilizzazione*.

La luce è costituita da un «pacchetto» di radiazioni elettromagnetiche visibili, caratterizzate da alcune *lunghezze d'onda*¹³ (distanza fra i due picchi di una oscillazione completa lungo la linea di proiezione del raggio) e

come sorgente nutritiva dopo l'esaurirsi di altri componenti del substrato.

¹³ La luce solare che viene percepita dall'occhio umano è una mistura di tutte le lunghezze d'onda comprese tra i 380 ed i 760 nm (campo del visibile). Ad ogni lunghezza d'onda corrisponde una «interpretazione» dell'occhio come un differente colore.

Quando la luce investe un oggetto, una parte di essa viene assorbita, l'altra è riflessa. Se tutte le lunghezze d'onda sono riflesse, l'oggetto appare bianco; se sono completamente assorbite, risulta nero. Così ad esempio, se un materiale assorbe il blu, questo appare giallo (il colore che otteniamo se dalla scala dei colori togliamo il blu).

Per le sostanze organiche l'assorbimento della luce dipende dal tipo di struttura molecolare: in particolare ne sono responsabili

da particolari *frequenze* (numero di onde al secondo).

Lunghezza d'onda (λ) e *frequenza* (ν) sono inversamente proporzionali e ad esse corrisponde una particolare energia (ϵ), che aumenta con l'aumentare della frequenza: $\epsilon = h \cdot \nu$ (dove h è un numero costante) e $\nu = c/\lambda$ (dove c è un numero costante).

Pertanto, quando un materiale è investito dalla luce, acquista maggiore o minore energia a seconda della «qualità» della luce stessa e del tempo di esposizione.

La sorgente di luce naturale (sole) e la maggior parte di quelle artificiali (lampade di vario tipo) producono, oltre alle radiazioni visibili, anche altre onde elettromagnetiche, con lunghezze d'onda maggiori e minori di quelle visibili: le *radiazioni infrarosse*, più lunghe (comprese tra i 760 e i 400.000 nm), e le *radiazioni ultraviolette*, più corte (comprese tra 380 e i 100 nm).

L'energia assorbita da un materiale investito dalla luce accelera tutte le reazioni ed i movimenti in atto nelle molecole, aggravando in tal modo i processi di degrado.

Quando una molecola assorbe energia, un elettrone può eccitarsi e trasferirsi in un'altra orbita, procurando così un fenomeno di *fotossidazione*.

Se l'energia è forte, come quella delle radiazioni ultraviolette, essa può causare la rottura di alcuni legami

alcune sue parti, soprattutto quelle caratterizzate da legami doppi (es. $-C=O$, $-C=C-$), chiamate *gruppi cromofori*.

Per tale ragione la rottura di questi legami, ad opera per esempio dell'ossigeno, provoca la decolorazione delle sostanze organiche. Ciò avviene ad esempio in alcune strutture molecolari complesse (come vernici e colle), dove l'ossigeno formando nuovi legami fra le molecole può provocare la formazione di gruppi cromofori, che a loro volta causano un imbrunimento di tali sostanze. Anche talune reazioni chimiche (alcune delle quali utilizzate anche nel campo del restauro), nel momento in cui modificano la struttura molecolare, possono ingenerare antiestetici cambiamenti di colore.

chimici (C=C, C=O, C-C), provocando reazioni *fotochimiche* con relativa decolorazione dei materiali (vedi nota 13).

Particolari radiazioni molto intense (quelle più corte delle ultraviolette) pongono in forte stato di eccitazione la molecola, determinando, con la conseguente scissione dei legami interatomici, atomi o gruppi di atomi instabili e ricchi di energia, (*radicali liberi*) che si rivelano particolarmente reattivi.

La loro forte tendenza a creare nuovi legami chimici induce la modificazione delle molecole vicine (soprattutto di sostanze diverse), con formazione di nuovi composti: la relativa cessione di energia ingenera a sua volta nuovi radicali liberi, producendo così una reazione a catena.

Particolari costituenti ed impurità della carta, come la lignina, le emicellulose e gli sbiancanti ottici, posseggono forti capacità di assorbire le radiazioni più corte; in tal modo generano, in tempi anche molto brevi, prodotti di degradazione che, oltre a reagire con la cellulosa, imbruniscono la carta.

Da questa pur ridotta panoramica degli effetti degenerativi indotti dall'esposizione della carta alla luce, si può notare come gli elementi che determinano le alterazioni siano tali e tanti da rendere difficile una loro piena valutazione. D'altra parte, per i complessi rapporti d'interazione che si instaurano, non è possibile utilizzare processi di fotoreazione per pilotare particolari risultati, come ad esempio l'imbiancamento per mezzo della luce solare, o la disinfezione della carta con raggi γ (radiazioni queste ancora più corte delle ultraviolette).

Le reazioni fin qui descritte indicano quanto diverse e molteplici siano le componenti che agiscono nel degrado della carta, e quanto complesse siano anche le sinergie che fra loro intercorrono. Tutto ciò rende difficile, spesso

impossibile, non solo approntare un adeguato risanamento delle opere cartacee, ma anche rallentarne i processi di degrado.

Ma qualcosa è pur sempre possibile fare: soprattutto è necessario operare affinché si riducano le cause che provocano o favoriscono questi processi di alterazione, con interventi in primo luogo di prevenzione e quindi di restauro.

Per realizzare queste operazioni è indispensabile conoscere, oltre le caratteristiche delle reazioni chimico-fisiche che avvengono nella carta e nei medium grafici, anche tutte le possibili cause che determinano l'insorgere di tali meccanismi. Queste possono essere riconducibili alle seguenti categorie: natura dei materiali, condizionamento ambientale, uso, eventi eccezionali ed imprevedibili.

NATURA DEI MATERIALI

L'elemento base della carta, l'intreccio delle fibre di cellulosa, subisce, per la sua naturale costituzione, una trasformazione chimico-fisica più o meno accentuata, in stretta relazione alla sua natura e al tipo di lavorazione.

Le ragioni ed i meccanismi di tali cambiamenti sono stati illustrati nelle pagine precedenti. Appare chiaro che la presenza di carta di qualità diversa provoca una differente alterazione nei documenti e nelle opere cartacee: il progresso tecnologico, spinto dalla ricerca di un prodotto più economico e più abbondante, ha portato purtroppo nel contempo un regresso nella durabilità del materiale. Ciò è soprattutto avvertito con l'introduzione del legno come materia prima, in sostituzione degli stracci.

La presenza della lignina, più di ogni altra, è causa di un forte incremento delle reazioni chimiche (vedi pagine

precedenti). Essa infatti, idrolizzandosi, dà luogo anche ad alcuni composti diversi, che catalizzano le reazioni acide, e provocano un imbrunimento della carta.

La degenerazione delle fibre di cellulosa diventa poi più rapida quando, con l'introduzione di alcune macchine (come, ad esempio, l'*olandese*), le fibre che si producono sono più corte e meno resistenti. Altre particolari lavorazioni, soprattutto lo *sbianchimento*, che utilizza sostanze ossidanti o riducenti, provocano una forte alterazione della struttura originaria.

Ma anche gli additivi che vengono aggiunti alla carta, colle, cariche e colori, interagiscono con i normali meccanismi di deterioramento della cellulosa, potenziandone gli effetti degenerativi.

Fra le sostanze usate nelle carte antiche la più dannosa è certamente l'allume di rocca ¹⁴ (solfato di alluminio e potassio), che per idrolisi forma acido solforico.

Grave danno arrecano anche gli acidi resinici presenti nella colofonia, utilizzata per la collatura con *sapone resinoso* (che fra l'altro richiede un quantitativo maggiore di allume) ¹⁵.

Molti additivi presenti nelle carte moderne sono anch'essi causa di degrado: perfino una sostanza, come il carbonato di calcio, che per sua natura dovrebbe stabilizzare la carta tamponando le reazioni acide, se usato in quantità eccessive (da notare come il suo costo sia inferiore a quello della pasta di cellulosa), riduce le proprietà meccaniche della carta.

Alcuni processi di lavorazione, inoltre, possono lasciare dei residui fra le fibre della carta ¹⁶: i più dannosi e fre-

¹⁴ Vedi il capitolo I.

¹⁵ Vedi il capitolo I.

¹⁶ Particelle di ferro e rame si possono trovare come residui delle parti metalliche delle attrezzature utilizzate nei vari processi di

quenti sono alcuni metalli pesanti (ferro, rame, zinco, alluminio, ecc.), i quali catalizzano le reazioni acide della cellulosa: macchie ed imbrunimenti denunciano spesso queste presenze.

Se le sostanze introdotte nella carta all'atto della sua fabbricazione sono spesso causa di degrado, anche quelle utilizzate come medium grafici per veicolare particolari informazioni o immagini possono concorrere significativamente ad aggravarne lo stato di conservazione; talvolta ne costituiscono addirittura la causa principale.

Inchiostri, colori, vernici, ed altro ancora, possono essere composti da sostanze chimiche che provocano reazioni più o meno forti a danno della carta. L'inchiostro ferro-tannico, ad esempio, (il più usato per molti secoli) forma acido solforico, acidificando fortemente il foglio fino a perforarlo come una bruciatura.

CONDIZIONAMENTO AMBIENTALE

Le condizioni fisiche di un documento cartaceo sono influenzate in maniera determinante, ed in tempi molto brevi, dalle caratteristiche del luogo entro cui viene a trovarsi.

Gli elementi della tipologia ambientale utili ai fini della conservazione delle opere cartacee sono: il clima, l'illuminamento, l'inquinamento atmosferico e la polvere.

Il clima è certamente il «fattore esterno» più incisivo nell'alterazione delle opere cartacee: i suoi parametri, umidità e temperatura, sono le cause principali della

lavorazione della carta. Possono anche essere presenti, talvolta in quantità molto elevata, nell'acqua usata durante la fabbricazione (ciò si rileva soprattutto in certe regioni europee, in special modo nella Germania).

distruzione o del degrado di innumerevoli documenti ed opere d'arte.

L'alta igroscopicità della carta provoca una stretta dipendenza tra il suo contenuto di acqua e l'umidità esterna: l'acqua incide fortemente, come abbiamo visto nelle pagine precedenti, nelle reazioni chimiche che sono causa dei cambiamenti strutturali; così come provoca deformazioni e indebolimenti fisici delle fibre.

L'assorbimento di acqua sopra particolari valori determina inoltre l'insorgere di infezioni microbiche¹⁷. Queste, quando i valori dell'umidità dell'ambiente rimangono alti (sopra il 75%), provocano la distruzione della carta anche in brevissimo tempo.

L'aumento della temperatura accelera tutti i processi chimici: se la temperatura non supera però – come generalmente accade all'interno degli edifici – i 40°C (soglia limite al di sopra della quale si potenziano i processi degenerativi), tale fattore non induce danni di natura chimica nel supporto cartaceo. Valori sopra i 18°C favoriscono, però, il metabolismo dei microrganismi e degli insetti.

L'umidità dell'aria¹⁸ è data dal contenuto di vapore d'acqua che questa possiede, ma ciò che interessa conoscere, e quindi misurare, non è tanto la quantità di vapore esistente (*umidità assoluta*), quanto la percentuale di vapore che c'è in rapporto alla concentrazione massima raggiungibile ad una specifica temperatura (*valore di*

¹⁷ La maggior parte dei funghi – che sono i microrganismi maggiormente presenti nella carta – ha necessità per svilupparsi di un contenuto di acqua nella carta sopra l'8-10%.

¹⁸ Per una conoscenza più approfondita delle relazioni che intercorrono tra l'umidità dell'aria e gli ambienti interni degli edifici si rimanda a: G. MASSARI, *Risanamento igienico dei locali umidi*, Ulrico Hoepli, Milano 1967.

saturazione): questo rapporto è chiamato *umidità relativa* ¹⁹.

Con l'innalzamento della temperatura aumenta la possibilità dell'aria del locale di ricevere vapore acqueo (aumenta cioè il punto di saturazione), e di conseguenza diminuisce l'umidità relativa.

Se l'ambiente riceve una maggiore quantità di vapore (anche per effetto, ad esempio, di una differenza di temperatura con l'esterno o con un altro locale)²⁰, e viene superato il punto di saturazione relativo alla temperatura esistente, il vapore si condensa.

Questo passaggio di stato si può verificare anche per il semplice abbassamento della temperatura: questa è la ragione per cui «corpi freddi», quali, ad esempio, marmo, metallo, o vetro, possono procurare effetti di condensa, danneggiando le opere che sono a contatto con essi.

La temperatura ha dunque una notevole rilevanza dal momento che interagisce significativamente con l'umidità dell'aria; il suo controllo è della massima importanza per il mantenimento delle condizioni ambientali di un locale entro i valori richiesti per una buona conservazione del materiale cartaceo.

¹⁹ Più precisamente l'umidità relativa (UR) è il rapporto in percentuale fra la quantità del vapore di un volume d'aria, ad una data temperatura (UA), e l'umidità massima che potenzialmente quel volume potrebbe contenere a quella stessa temperatura (S): $UR = UA/S \cdot 100$.

²⁰ La possibilità dello scambio di aria è molto importante, soprattutto tra l'esterno e l'interno di un edificio, per effetto della differenza di temperatura. L'aria fredda invernale esterna, entrando, abbassa l'umidità relativa di una stanza (anche in una giornata piovosa); mentre, al contrario, l'aria esterna estiva può apportare forte umidità anche in una giornata di sole.

Se questi aspetti possono essere sfruttati per correggere il clima di un locale, potrebbero anche, se sottovalutati, ostacolare il raggiungimento delle condizioni ambientali giuste e creare situazioni molto gravi.

La carta, per non subire danni, dovrebbe essere conservata in ambienti con umidità relativa compresa tra 45 e 65%, cercando di evitare anche all'interno di questi due valori repentine variazioni, che potrebbero causare gravi scompensi fisici alla sua struttura.

La temperatura dovrebbe essere compresa tra i 16 ed i 20°C, preferendo, per non favorire l'insorgere di infezioni, temperature piuttosto sotto i 16°C che sopra i 20°C.

Le opere ed i documenti, durante il loro soggiorno in un ambiente, sono soggetti, inoltre, alle influenze che l'illuminamento provoca sui materiali cartacei²¹: la luce (vedi nota 13) naturale e artificiale, in dipendenza della sua lunghezza d'onda, potenza e tempo di esposizione, danneggia la carta in virtù di quei meccanismi già illustrati nel paragrafo relativo al *fadeterioramento*.

La luce del sole è, più di ogni altra, pericolosa a causa della forte presenza di radiazioni ultraviolette (UV); ma anche le radiazioni infrarosse (IR) possono a loro volta causare gravi danni, a causa dell'innalzamento della temperatura.

La luce artificiale oggi è generata da lampade commercializzate in tipologie sempre più diversificate: le più usate

²¹ Fra i molti testi che trattano i problemi generali dell'illuminamento in relazione alla conservazione dei beni culturali, citiamo: *Conservazione nei musei: illuminazione*, International Centre for Conservation, Roma 1975.

La conservazione nei musei. Il controllo dell'illuminazione, il controllo del clima, Istituto per i Beni Artistici Culturali Naturali della Regione Emilia Romagna-ICCROM, 1982. G. DE GUICHEN, *Protezione degli oggetti contro i danni della luce*, Edizioni Polistampa, Firenze 1982. G.F. COCCITTO, *La conservazione nei musei: questioni relative a illuminazione, microclima, sicurezza antincendio, sicurezza antifurto*, Regione Toscana, Firenze 1985.

rimangono comunque quelle ad incandescenza ed a fluorescenza.

Le lampade ad incandescenza (a filamento o alogene) sono le più utilizzate nelle abitazioni private: esse emanano un contenuto minimo di UV ma, per la forte produzione di IR, riscaldano molto, e devono quindi essere tenute lontane dalle opere e non usate in spazi ridotti (come, ad esempio, vetrine o bacheche).

Le lampade a fluorescenza (i cosiddetti tubi al neon) sono molto pericolose per la forte emanazione di UV; quindi, se usate, devono essere opportunamente schermate con particolari filtri. Il contenuto di IR è molto basso.

L'illuminamento di un manufatto in carta, per una buona conservazione, non dovrebbe superare i 50 lux/ora²² e dovrebbe essere privo delle radiazioni ultraviolette, o, quantomeno, non superiori a 75 µwatt/lumen.

L'ambiente di oggi è, come tutti noi ben sappiamo, fortemente inquinato: è il prezzo che paghiamo per una industrializzazione forsennata e per la mancanza di una politica ecologica.

I guasti procurati da questo inquinamento all'ambiente, alle opere d'arte, ai monumenti ed all'uomo sono abbastanza noti, ed in questi ultimi anni sono saliti spesso agli «onori della cronaca». Non molto conosciuti dall'«uomo della strada» sono invece i danni che subiscono i materiali cartacei ad opera di alcune sostanze presenti nell'aria (è ciò anche se detti materiali si trovano conservati nel chiuso dei depositi).

Fra tali sostanze, quelle che più hanno effetto sui materiali cartacei sono l'anidride solforica e solforosa,

²² A titolo d'esempio, una carta esposta in pieno sole estivo riceve circa 60.000 lux.

l'acido solforico e solfidrico, gli ossidi di azoto, l'ozono, l'acido cloridico. Le più dannose sono i composti dello zolfo, in special modo l'anidride solforosa²³.

Queste sostanze causano ossidazioni alla cellulosa, fortemente favorite da particolari materiali presenti nella carta (come il ferro, il rame ed il manganese) che catalizzano queste reazioni.

Con la presenza di acqua la maggior parte degli agenti inquinanti si converte in acidi, procurando degradi molto elevati. Questi effetti possono essere riconoscibili dall'imbrunimento delle pagine dei libri, più intenso nei bordi rispetto alle parti interne.

Anche in questo caso le carte moderne sono più soggette delle altre al deterioramento: quelle di cellulosa chimica assorbono una quantità di anidride solforosa circa dieci volte maggiore di quelle di straccio o di cotone, mentre le carte di pasta legno ne ricevono una quantità circa venticinque volte maggiore.

Oltre ai gas e agli aerosol inquinanti, molto dannosa è anche la presenza nell'aria del pulviscolo, che può depositarsi sugli oggetti: la polvere infatti, oltre a «sporcare», causa gravissimi degradi di natura chimica e biologica.

Una particella di polvere può infatti essere paragonata ad una spugna, che assorba tutto ciò che incontra nell'aria: di conseguenza, nel momento in cui si deposita su una superficie cartacea, tende a concentrare in un'area ristretta alte quantità di sostanze inquinanti.

La polvere, sempre come una spugna, assorbe anche molto vapore acqueo: per tale ragione, anche con umidità relativa dell'ambiente entro i valori ottimali, si può avere un'alta percentuale di acqua nella carta (anche fino a dieci

²³ M.G. PLOSSI ZAPPALÀ, *Inquinamento e materiali librari. Aspetti chimici del problema*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 38, 1982-1983, pp. 93-102.

volte superiore a quella contenuta in una parte non interessata dalla polvere).

I danni da essa indotti risultano così ulteriormente aggravati: tutto ciò si concretizza in imbrunimenti e macchie che si formano sulla carta in tempi molto brevi.

Il pulviscolo è, inoltre, veicolo di microrganismi e insetti che, trovando nella carta un terreno favorevole (anche per l'aumento dell'umidità), contribuiscono ad incrementarne il degrado.

Negli ambienti in cui si custodisce il materiale cartaceo possono poi verificarsi particolari situazioni che favoriscono l'insorgere, oltre che di infezioni microbiche (argomento che abbiamo già affrontato nel paragrafo relativo al *biodeterioramento*), anche di infestazioni di insetti, ulteriore fonte di degenerazione per la carta.

Gli insetti²⁴, come i microrganismi, sono favoriti da particolari condizioni climatiche (caldo e umido), anche se molti di essi possono diffondersi con basse temperature e scarsa umidità. Trovano il loro nutrimento ed habitat

²⁴ Tra le numerose pubblicazioni specifiche, si cita: F. GALLO, P. GALLO, *Insetti e microrganismi nemici dei libri*, cit., pp. 143-190. L. BRAVI, *Catalogo degli insetti e artropodi amici e nemici delle biblioteche, degli archivi e dei musei*, in «Bollettino dell'Istituto di Patologia del Libro», gennaio-giugno 1968, pp. 3-28. M. MONTANARI, *Agenti biologici che danneggiano i materiali librari ed archivistici*, cit., pp. 163-193. N. HICKIN, *Bookworms. The insect pests of book*, Sheppard Press, London 1985. *Scripta Volant. Il biodeterioramento dei beni culturali: libri documenti opere grafiche*, cit., 1986. E. VECA, *L'entomofauna negli archivi*, in «Le scienze applicate nella salvaguardia e nella riproduzione degli archivi», Centro di Fotoreproduzione Legatoria e Restauro degli Archivi di Stato, Roma 1989, pp. 121-126. P. TIANO, *Elementi di biologia per il restauro di opere d'arte*, cit.

nella carta, e genericamente preferiscono ambienti riparati dalla luce.

Il numero delle specie di insetti che interessano il materiale cartaceo è di circa un centinaio²⁵, ma varia molto in relazione alle condizioni climatiche: i paesi tropicali e subtropicali ne sono naturalmente più interessati.

Alcuni si possono anche trovare in strutture in legno o in tessuti occasionalmente in contatto con la carta (legature dei libri, scaffalature, armadi, cornici, ecc.).

Il tipo di danno varia molto in rapporto alla specie: alcuni insetti spesso possono essere identificati, entro certi limiti, anche proprio dalla tipicità dei camminamenti prodotti.

Fra le numerose specie che interessano la carta, per la identificazione delle quali rimandiamo alla bibliografia citata in nota, ne elenchiamo solo alcune fra le più comuni.

Gli insetti più dannosi, fra quelli presenti in Italia, sono dell'ordine dei Coleotteri ed appartengono alle famiglie degli Anobidi e dei Dermestidi; comunemente sono indicati con il nome di *tarli*.

Nello stadio larvale si presentano simili a dei vermi biancastri o rossicci, a seconda della specie; nella fase adulta hanno un corpo duro, di colore scuro, di lunghezza dai 3 ai 5 mm circa. Questi insetti depongono le uova in piccoli fori che praticano nel legno o nella carta. Le larve che escono da queste si trovano già a contatto con il loro cibo e cominciano così a nutrirsi voracemente, causando i caratteristici camminamenti che percorrono la carta. Quando raggiungono lo stadio adulto escono dal materiale per accoppiarsi e deporre le uova.

²⁵ In Italia sono presenti circa settanta specie, di cui una ventina molto comuni nei depositi di biblioteca ed archivi.

Fra i più comuni e pericolosi *tarli* presenti in Italia, vi sono l'*Anobium punctatum*, il *Dermestes lardarius* e l'*Anthrenus museorum*.

Un altro insetto molto comune, appartenente alla famiglia dei Lepismatidi, è il *Lepisma saccharina*, comunemente detto *pesciolino d'argento* per le squame grigie con riflessi metallici che rivestono il suo corpo. Non ha metamorfosi durante il suo ciclo vitale ed arriva ad una lunghezza massima di 10-12 mm. Procura erosioni a contorni irregolari sulla superficie della carta e degli altri materiali di cui si nutre.

Fra i più piccoli insetti che abitano nei materiali cartacei vi è il *Liposcelis divinatorius*, della famiglia dei Liposcelidi, comunemente indicato con il nome di *pidocchio del libro*.

Questo è appena visibile ad occhio nudo, ha un corpo di colore giallo-bruno, quasi trasparente, lungo 1-2 mm. Vive soprattutto in ambienti molto umidi, in presenza di funghi microscopici, di cui si nutre. Il danno da esso causato è molto limitato.

L'insetto che più di ogni altro costituisce una minaccia per il materiale cartaceo (come del resto per quello ligneo), appartiene alla famiglia delle Tèrmiti (in Italia è conosciuto soprattutto il *Calotermes flavicollis*). Questo è un insetto che al solo evocarlo porta alla mente gravissime distruzioni con le immagini terrificanti delle sue colonie. Sono insetti che nella forma ricordano le formiche; come queste vivono in società molto numerose con una forte organizzazione sociale. Preferiscono ambienti al riparo dalla luce, pertanto spesso è difficile individuare il danno prodotto per l'integrità in cui lasciano la parte superficiale dell'oggetto. In Italia le tèrmiti sono quasi completamente debellate, ma in alcuni paesi tropicali costituiscono ancora una delle maggiori minacce al patrimonio storico-artistico.

Altri danni sono procurati al materiale cartaceo dal regno animale più evoluto: topi e ratti. Se per fortuna oggi la presenza di questi roditori nei depositi pubblici e privati è quasi scomparsa, non così era nel passato, così che molti libri e fogli ci sono giunti rosicchiati (la carta, una volta sbriciolata, era infatti utilizzata da questi animali per la costruzione del nido). Il buon bibliotecario o archivista aveva sempre l'accortezza di tenersi un gatto (il quale, però, non mancava di procurare altri danni!).

Uso

Fra tutti gli esseri del regno animale certamente il più funesto è stato ed è l'uomo: con la sua negligenza ed incuria, il suo abuso, la sua ignoranza, le sue volontarie distruzioni ha causato (e continua a causare) la perdita o il danneggiamento di enormi quantità di libri, manoscritti, disegni, stampe ed altre opere ancora.

In realtà anche il comportamento più diligente è fonte di degrado per una qualsiasi opera che viene utilizzata. Tuttavia, poiché volumi, documenti ed altro sono conservati in quanto ci veicolano delle informazioni, tale patrimonio cartaceo deve necessariamente essere «usato»: esso deve così essere consultato e studiato, e non venerato come reliquia.

Pertanto l'analisi dell'uso, fermo restando che la fruizione e l'immagazzinamento costituiscono momenti di possibile degrado, può permettere l'individuazione di strumenti o procedure atte a contenere al minimo i danni che si vanno a procurare.

La consultazione, la fotocopiazione, l'esposizione, i trasferimenti sono tutti momenti nei quali, con i sistemi di raccolta e deposito, si articola la fruizione ed il godimento dei beni cartacei (ma, ovviamente, non solo di questi).

Questi usi comportano sollecitazioni meccaniche, stress, cambiamenti ambientali, esposizioni alla luce che, ripetendosi, procurano o aggravano il degrado dell'opera.

EVENTI ECCEZIONALI E IMPREVEDIBILI

Per completare la panoramica degli elementi e delle occasioni che procurano alterazioni al materiale cartaceo, si devono inserire, anche se in breve accenno, quegli eventi eccezionali ed imprevedibili che sono spesso all'origine di danni di varia entità, fino alle distruzioni di intere collezioni: inondazioni, incendi, terremoti, eruzioni vulcaniche, atti bellici, atti vandalici.

Troppo lunga sarebbe la sequenza degli esempi da riportare; molti di questi sono nella mente di tutti noi: l'Italia, anche per la sua alta concentrazione di beni storico-artistici, è uno dei paesi che maggiormente ha subito questi eventi.

Per tale ragione, anche se definiti imprevedibili, essi dovrebbero sempre essere contemplati nei programmi di prevenzione, con specifici piani di emergenza.

I danni arrecati, pur con qualche particolarità, sono riconducibili a quelle alterazioni che sono state esposte nelle pagine precedenti. Naturalmente libri che diventano «mattoni» o una massa informe ricoperta di fango, carte bruciate o squarciate, non sono danni normalmente riscontrabili al di fuori di questi eventi.

Le pubblicazioni specifiche che trattano questa materia sono molte, soprattutto editate negli Stati Uniti ²⁶, e ad esse

²⁶ In Italia si possiede ancora poca sensibilità verso questo problema: quasi nulla è stato fatto e quindi le pubblicazioni sono pressoché inesistenti.

Nel momento della stesura di questo libro sono in fase di stampa

si rimanda per una conoscenza dei problemi e dei rimedi relativi alle varie situazioni ²⁷.

gli atti del convegno svoltosi a Firenze nel 1986, nell'organizzazione del quale era anche lo scrivente, *Dal 1966 al 1986. Interventi di massa e piani di emergenza per la conservazione del patrimonio librario e archivistico*.

²⁷ Si citano fra le tante: P. WATERS, *Salvage of water-damaged library materials*, Library of Congress, Washington, D.C. 1975. J. MORRIS, N.D. IRVIN, *Managing the library fire risk*, University of California, Berkeley 1979. J.E. MCINTYRE, *Planning manual for disaster control in scottish libraries and record office*, National Library of Scotland, Edinburgh 1985. E.G. LUNDQUIST, *Salvage of water damaged books, documents, micrographic and magnetic media*, Document Reprocessors Publications, San Francisco 1986. K.D. METCALF, *Planning academic and research library buildings*, American Library Association, Chicago-London 1986. J. MORRIS, *The Library disaster preparedness handbook*, American Library Association, Chicago 1986. S.A. BUCHANAN, *Disaster planning, preparedness and recovery*, Unesco, Paris 1988. J.M. MCCLEARY, *Vacuum freeze-drying, a method used to salvage water-damaged archival and library materials: a RAMP study with guidelines*, General Information Programme and UNISIST, United Nations Educational, Paris 1987.

Capitolo III

IL RESTAURO

INTRODUZIONE

Questo capitolo non vuole essere una raccolta di tecniche ed operazioni, inerenti il restauro della carta, ad uso di *manuale*, bensì una esposizione di metodologie e comportamenti tesa ad illustrare le possibilità che oggi si hanno per curare le alterazioni delle opere cartacee, per rallentarne i degni e ripristinarne l'uso; con ciò presentare i limiti ed i problemi connessi a tali operazioni. Per una informazione più specialistica dei singoli interventi di restauro si rimanda alla bibliografia relativa, allegata a questo capitolo.

Il restauro non è una sorta di chirurgia plastica che ricopre malefatte del tempo e dell'«ingiuria degli elementi» – come si soleva dire una volta – né, tantomeno, il restauratore è uno sciamano od un alchimista che riesce con decotti, o «prodotti chimici», a risanare piaghe e deturpamenti.

Dai capitoli precedenti appare chiaro che il nostro oggetto di carta può alterarsi per una moltitudine di cause: alcune di queste fanno parte della sua natura intrinseca o del suo habitat, altre sono causate dall'incuria dell'uomo o da eventi accidentali: compito del restauro è trovare ed applicare la cura giusta per ogni tipo di degrado, cercando

di salvaguardare quei valori e quelle valenze che compongono la vita dell'opera; cioè quella congerie di elementi che renderanno l'oggetto utile anche in futuro, e quindi valevole di essere preservato.

Una cura, quale essa sia, è però efficace se viene individuato il reale motivo che ha procurato il deterioramento; quindi, oltre a risanare gli effetti che si riscontrano, deve essere eliminata o perlomeno rallentata questa causa. Di conseguenza sorge la necessità di eseguire analisi e possedere ampia conoscenza dei materiali sui quali si va ad intervenire.

Non tutte le alterazioni hanno necessità di restauro, alcune possono essere risanate o tamponate con semplici operazioni di manutenzione; ma è soprattutto con accurate e mirate azioni di prevenzione che la maggior parte dei degradi può essere contenuta ed in parte evitata.

Il restauro si pone come una sorta di medicina chirurgica, e, come tale, cura estrema ed evento traumatico: curando, procura nel contempo esso stesso un'alterazione, spesso una modifica della struttura dell'opera: la consapevolezza da parte del restauratore dei valori da questa posseduti, permette di operare (qui la parola è nel suo duplice significato) correttamente, anche trovandosi di fronte scelte difficili e penose. I due piatti della bilancia, che soppesano da una parte gli effetti del restauro, e dall'altra quelli di un mancato intervento, devono essere sempre valutati con estrema cautela e con la consapevolezza delle conseguenze che seguono la scelta operata.

Ma cosa e perché restauriamo? Domanda che sembrerebbe priva di senso, soprattutto pensando che poche righe sopra è stato posto il restauro come una cura; ma sapendo la fragilità, spesso estrema, dei nostri materiali, l'impossibilità, per certi documenti, di durare per tempi lunghi e l'obliterazione di alcune parti con l'intervento di

restauro, si impone per tutto ciò una seria riflessione per identificare tutte le potenziali valenze (o, se si preferisce, informazioni) che l'opera trasporta in sé.

Non pochi studiosi hanno versato fiumi di parole per dare un significato ed inquadrare le particolari «valenze» da salvaguardare, soprattutto riguardo alle opere d'arte. Certe teorizzazioni del restauro non rappresentano altro che tortuosi labirinti verbali, che si rivelano spesso assai problematici. Non mancano nuove parole coniate per l'occasione (questo potrebbe anche non essere male, data la specifica povertà del vocabolario italiano), con le quali si suole indicare un particolare volo intellettualistico: forse non a caso la spiegazione teorica del significato del restauro viene comunemente indicata come *politica del restauro*.

Volendo arrivare, con breve tragitto, a spiegare le ragioni e le scelte di un restauro, diciamo che, quando viene presa la decisione di conservare un oggetto, e vengono a tal fine stanziati dei fondi e consumate energie, è perché si ritiene che esso ci sia utile per uno o più scopi: sono questi «scopi» che il restauratore deve salvaguardare. Essi possono essere intrinseci all'opera: possono essere quelli che hanno dettato la nascita dell'opera; come possono essersi formati nel tempo e andati a stratificarsi su di essa, costituendo così la sua storia. L'opera, manufatta o prodotto industriale, è anche esempio di una particolare epoca, di un modo di pensare e agire, e come tale da preservare.

Quella struttura che il restauratore riceve per curare è l'insieme di tutte queste componenti. Qualora non fosse possibile mantenerle tutte (e ciò accade, purtroppo, spesso), dovrà esserci sicurezza che gli aspetti che verranno salvaguardati siano effettivamente predominanti rispetto a quelli che sacrifichiamo; cercando, il più possibile, di documentare ciò che andremo a perdere.

Vediamo dunque che la conoscenza dell'anatomia dell'opera, delle trasformazioni da essa subite, e delle cause che le hanno determinate, non è sufficiente per il restauratore.

Come esempio molto semplice per una migliore comprensione di quali potrebbero essere questi particolari aspetti, poniamo il caso di avere alcuni esemplari di un'edizione del 1950 di un libro di scienze naturali: tali esemplari si trovano uno in una biblioteca di pubblica lettura; un altro in una biblioteca nazionale; un altro in un fondo librario, appartenuto ad un personaggio illustre, confluito in un istituto; un altro ancora nella casa di una persona qualsiasi.

Tutti i volumi presentano, per un aspetto o per un altro, deterioramenti che ne pregiudicano la buona conservazione: ebbene, gli interventi che essi subiranno, per mantenere intatti i valori che vogliamo preservare, all'interno di ogni singolo istituto o spazio posto come esempio, saranno nettamente diversi fra di loro.

Nel primo caso, visti gli scopi e lo spazio in cui opera la biblioteca di pubblica lettura, la conservazione di quelle informazioni che hanno determinato l'acquisizione del libro renderebbe necessaria l'eliminazione di questo testo, per sostituirlo con un altro di edizione più aggiornata, onde evitare di fornire una informazione inesatta. Quindi abbiamo come atto di conservazione un intervento che ne è apparentemente in antitesi: l'eliminazione fisica del libro.

La biblioteca nazionale dovrà salvaguardare tutti gli aspetti del libro che potranno essere fonte di informazione per studiosi di diverse discipline, che potrebbero essere interessati non solo al testo, ma anche al tipo di carta, di legatura, di veste editoriale, ecc. Se la lettura del testo venisse a pregiudicare la conservazione degli altri elementi, il volume cartaceo potrebbe ad esempio essere sostituito.

tuito da un microfilm, ed essere garantito l'accesso all'originale solo a particolari studiosi.

Il libro che proviene dalla biblioteca di un personaggio illustre (e qui più che in ogni altro caso il libro è parte inscindibile della collezione: come un elemento architettonico rispetto all'edificio al quale appartiene) sarà sottoposto ad un trattamento differente: se il degrado, anche grave, fosse ad esempio da attribuire alla sua frequente consultazione, non si dovrà in alcun modo intervenire. Lo stato di conservazione del libro (legatura rotta, pagine sgualcite e strappate) sarà una fonte di informazione molto importante per lo studioso di quel personaggio: dovrà quindi – per quanto possibile – essere «fissato» a futura memoria. Anche in questo caso abbiamo un ribaltamento dei compiti classici del restauro.

Il libro che si trova nella nostra casa forse rappresenta il ricordo di un determinato studio, forse solo un elemento decorativo, o forse sarà rilevante per il solo contenuto testuale. Il restauro in questo caso considererà il libro come un semplice oggetto, oppure cercherà, nella maniera più pratica, senza curarsi della sua specifica originalità, di consentire la lettura del testo.

Pur nella semplicità degli esempi, i casi qui esposti rendono palesi i problemi deontologici che si devono affrontare prima di un qualsivoglia intervento di restauro. L'opera non può essere presa come un oggetto a sé stante, ma deve essere collocata in un particolare contesto, che non sempre è semplice da individuare.

I libri ed i documenti d'archivio (forse al pari degli edifici nei contesti urbani) risentono più di ogni altra opera storica o artistica di questi diversi approcci; di conseguenza necessitano di trattamenti differenziati, non solo per il loro restauro, ma anche per la loro complessiva gestione.

Ma se il restauro del libro è particolarmente complesso per le molteplici valenze che lo compongono, non da

meno è l'opera d'arte moderna, e più ancora quella contemporanea: il restauro di queste opere pone quesiti ancora non risolti, con problemi forse insormontabili.

Il dibattito, che solo da pochissimi anni si è aperto, ci mostra una moltitudine di aspetti diversi e di casi affrontati nella maniera più varia: dalla sostituzione quasi giornaliera di parti che compongono l'opera; ai «ritocchi» da parte dello stesso artista autore dell'opera; all'impossibilità di eseguire gli interventi necessari per la mancanza di conoscenza degli aspetti formali presenti in origine (l'arte moderna non segue, a differenza dell'arte antica, parametri particolari, che permettono invece a quest'ultima di fornire alcune direttive, che portano a regolare e controllare certe operazioni di restauro).

Certamente sono saggi i direttori di quei musei che hanno cominciato a rifiutare l'acquisto di opere contemporanee prive di quelle caratteristiche tecniche che ne permettono una conservazione per tempi lunghi.

Ma ci sarebbe anche da chiedersi se sia giusto museificare e mantenere un «prodotto artistico» che è stato creato volutamente con mezzi effimeri: forse ciò che dobbiamo conservare è il solo gesto dell'artista, o, meglio, la documentazione di quel gesto.

È un problema, come si può ben immaginare, che pone molti quesiti e che richiederebbe di essere trattato molto ampiamente, ma, esulando dagli scopi di questa pubblicazione, lo lasciamo ad altri spazi.

Purtroppo una grandissima parte delle opere d'arte contemporanee sono fatte su o con carta, ed abbiamo visto quanto effimera è la vita della carta moderna.

Parafasando il titolo di una pubblicazione apparsa alcuni anni fa, *La civiltà della carta*, ritengo che la testimonianza della nostra civiltà possa quasi completamente sparire in un prossimo futuro proprio in virtù dell'estrema deteriorabilità della carta.

Ma se spariranno in pochi decenni milioni di documenti, ciò non sarà semplicisticamente da imputare alla carta come elemento fragile: essa può essere fabbricata con qualità migliore e, soprattutto, può essere conservata in un modo migliore rispetto a quanto è stato fino ad oggi fatto.

È dunque l'uomo il responsabile principale di queste perdite: oggi che conosce questo problema ed ha i mezzi per rimediare, deve assolutamente agire: come la legge non ammette l'ignoranza, così a tutti coloro che hanno la possibilità di porre un freno a questa gravissima situazione si dovrebbe imporre di operare affinché questa catastrofe sia ridotta il più possibile.

Ogni oggetto specifico (libro, documento, disegno, stampa, ventaglio, globo, ecc.) porta con sé particolarità materiali e strutturali che lo rendono differente da ogni altro: ciò comporta, al di là di quell'approccio deontologico presentato, una serie di operazioni di restauro molto specifiche. In questa sede tali tecniche non saranno esaminate, così come non verranno descritti i problemi relativi ai materiali che normalmente sono veicolati dalla carta, come, ad esempio, inchiostri o colori; ma verranno presentate solamente quelle operazioni proprie della carta, in rapporto ai degradi esposti nel capitolo precedente.

Alcune caratteristiche della natura della carta, come è stato illustrato nelle pagine precedenti, possono procurare una minor resistenza del materiale, che, per cause esterne e per l'uso a cui è soggetto, può diventare fortemente fragile ed andare soggetto a rotture. Questo degrado, come è stato visto, continua a progredire nel tempo, quindi il restauratore, oltre ad intervenire con rinsaldi ed eventualmente risarcimenti della carta, dovrà anche far sì che la causa, o le cause, siano eliminate o quantomeno poste in condizioni di essere meno dannose.

Vediamo dunque che la conoscenza approfondita dei processi di fabbricazione della carta, con le relative sostanze usate ed i meccanismi di degrado a cui va soggetta, sono di fondamentale importanza per poter individuare gli interventi necessari e sapere gli effetti che essi daranno.

Certamente non sarà possibile modificare o sostituire alcuni componenti della carta ed alcune sue caratteristiche, ma è possibile creare un ambiente interno ed esterno atto a rallentare certe reazioni chimiche.

L'ambiente esterno idoneo è possibile crearlo con opportune climatizzazioni e risanamenti dei locali, raggiungendo e mantenendo quelle caratteristiche che sono state descritte nel capitolo precedente. Per l'ambiente interno si interviene invece con un'operazione di restauro che annulli o riduca la/le causa/e che procurano le reazioni di degrado. Qui di seguito sono presentati i principali tipi di intervento.

DEACIDIFICAZIONE

Fra le reazioni chimiche che determinano un cambiamento nella struttura della cellulosa, una delle più energiche e diffuse è quella che porta alla formazione di acidi. In questo caso l'intervento di restauro dovrà annullare o ridurre l'acidità presente, costituendo nel contempo una sorta di barriera che tamponi le reazioni di acidificazione che successivamente possono ripresentarsi dato che l'inquinamento atmosferico si può ridurre ma non eliminare, e certe sostanze acide veicolate dalla carta non possono essere tolte (così come non sono eliminabili certi costituenti presenti in essa).

Le operazioni di deacidificazione sono fra gli interventi maggiormente eseguiti nei laboratori di restauro, ma, nonostante ciò (o forse proprio per questo), vengono

ancora eseguite con eccessiva leggerezza e troppo scarsa conoscenza di taluni effetti negativi indotti.

Le sostanze alcaline, che vengono utilizzate per annullare gli acidi presenti, causano una dilatazione delle fibre, con la rottura di alcuni legami interfibra; favoriscono l'ossidazione della cellulosa (anche se inibiscono la reazione di ossidazione catalizzata dalle tracce di metallo); accelerano particolari fenomeni di degrado della fotossidazione; possono sciogliere eventuali sostanze grasse presenti nei medium grafici.

Oltre ciò, è ancora incerto il ruolo che svolgono nel tempo gli ioni di metallo (es. Ca e Mg) che sono associati alla deacidificazione.

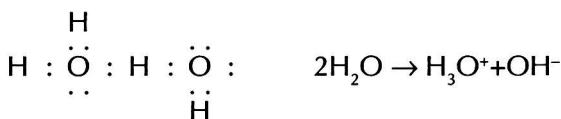
Tutto questo dovrebbe essere sufficiente a suggerire la massima cautela nell'intraprendere operazioni di deacidificazione, e dovrebbe scongiurare una loro esecuzione a scopo preventivo: troppe volte nel passato sono stati svolti interventi che, con il tempo ed il progredire degli studi, si sono rivelati deleteri per il materiale restaurato. Certamente, qualora si abbia la certezza della perdita di un'opera in tempi brevi, è sempre preferibile intervenire, anche se ciò implica operazioni di dubbia efficacia.

Il grado di acidità di una carta è misurabile con un apposito strumento, il pHmetro. Esistono in realtà anche metodi più semplici ed economici, come ad esempio l'uso di cartine indicatrici o sostanze particolari, ma questi metodi (che si avvalgono del viraggio di alcune sostanze organiche al variare dell'acidità) non forniscono misure precise, e possono inoltre macchiare la carta.

L'unità di misura dell'acidità (o dell'alcalinità) è il pH, che letteralmente significa parte di idrogeno, in quanto gli ioni idrogeno caratterizzano la presenza degli acidi.

La molecola di acqua pura (H_2O) possiede gli ioni che determinano l'alcalinità (OH^-) e quelli dell'acidità (H_3O^+) in equilibrio; pertanto questa sostanza, quando è pura,

viene considerata neutra e presa come riferimento per la misurazione del pH.



In base al suo comportamento con l'acqua una sostanza viene individuata come acido o base.

La conduttività elettrica dell'acqua (che è molto bassa) fa dissociare la molecola $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$. Questo fenomeno, per quanto piccolo, produce un effetto chimico importante, chiamato *idrolisi*. In virtù di tale reazione i sali possono originare soluzioni acide o basiche: è acido una sostanza che in soluzione dà ione idrogeno, è base una sostanza che in soluzione dà gruppi ossidrilici (OH). Pertanto l'elemento caratteristico degli acidi è l'idrogeno (sostituibile da metallo) e quello delle basi è il gruppo ossidrilico (sostituibile da radicale acido).

L'acqua pura a 25°C possiede 10^{-7} (1/10.000.000) ioni H^+ (ed altrettanti gruppi OH) per litro: pertanto il suo pH, considerato neutro, è 7.

Aumentando, ad esempio, la quantità di ioni H^+ di dieci volte, si hanno 10^{-6} (1/1.000.000) ioni H^+ , quindi con un pH=6.

La scala dei valori di pH è dunque 0-14, con acidità sotto il 7 e basicità se il valore è superiore.

Il pHmetro, tramite un apposito elettrodo che viene appoggiato sulla superficie della carta preventivamente bagnata, misura la conduttività e la dissociazione dell'acqua, misurando la quantità di ioni H^+ . Il valore del pH riscontrato (tenendo conto di tutte quelle considerazioni precedentemente riportate) determina la decisione di intervenire con una deacidificazione.

La scelta della sostanza e del metodo necessario è in rapporto al tipo di materiale sul quale si opera: in primo luogo deve essere conosciuta la natura degli inchiostri e dei colori mediati dalla carta (è sempre sconsigliabile la deacidificazione quando siano presenti colori di natura organica). Deve inoltre essere valutata l'incidenza di alcuni interventi preventivi (come ad esempio la scucitura di un libro), nonché la quantità del materiale da trattare, elemento anch'esso decisivo ai fini della scelta della tecnica di restauro.

All'intervento di deacidificazione si richiede, oltre la neutralizzazione degli acidi presenti nella carta, anche la creazione di un residuo alcalino che possa tamponare le reazioni acide future. Tale residuo dovrà penetrare il più possibile tra le fibre e legarsi saldamente con esse, per essere il più stabile possibile e non ridurre la resistenza interfibra della carta.

Il sale depositato deve danneggiare il meno possibile la cellulosa e non far salire il pH della carta ad un valore superiore a 8,5, per evitare a questa danni troppo elevati. Il composto che ha mostrato di possedere maggiormente le qualità sopra esposte è il carbonato di calcio (CaCO_3).

Il metodo che più di ogni altro riesce a neutralizzare gli acidi presenti, e ad inserire il deposito alcalino, è l'immersione della carta in una soluzione basica acquosa.

Il lavaggio in acqua permette la solubilizzazione degli acidi liberi formati, ed elimina quei prodotti di degradazione della cellulosa che diminuiscono la resistenza della carta; inoltre l'allargamento delle fibre ad opera dell'acqua facilita la migrazione del sale alcalino verso l'interno della carta.

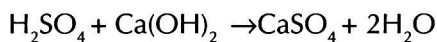
L'acqua però, se da una parte procura vantaggi, dall'altra causa anche particolari alterazioni alla struttura del substrato (vedi cap. II); oltre ciò l'immersione richiede tempi lunghi di lavorazione (quindi anche costi elevati) e,

nel caso di fogli cuciti, la scucitura di libri e documenti d'archivio. Inoltre molti inchiostri che portano acidità alla carta sono anch'essi solubili in acqua.

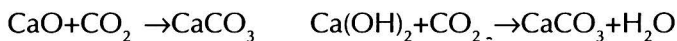
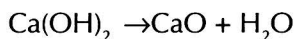
Per tale ragione, soprattutto per i libri ed i manoscritti, ci si orienta sempre più verso le soluzioni alcaline in mezzi non acquosi. Attualmente, però, questi metodi presentano ancora alcuni grossi difetti: scarsa penetrazione (che richiede un'attenta valutazione della porosità della carta per la scelta del metodo), utilizzo di sali con garanzie inferiori al carbonato di calcio, tossicità dei solventi, difficoltà maggiori dell'intervento.

Il metodo più pratico, e più seguito nei laboratori di restauro per la deacidificazione con carbonato di calcio, è l'immersione della carta, per 30 minuti, nella soluzione acquosa semisatura (sol. satura: 1,5 gr/litro) di idrossido di calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Portando come esempio degli acidi presenti l'acido solforico, la reazione di annullamento di questo è la seguente:

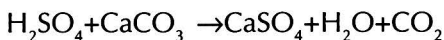
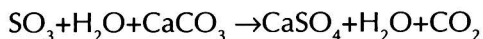
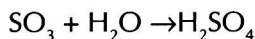


Il tempo di immersione e la percentuale della soluzione permettono di non utilizzare tutto l'idrossido di calcio: una certa quantità si deposita fra le fibre della carta. Con l'asciugatura del foglio una parte di tale sostanza viene convertita in ossido: questo deposito si combina con l'anidride carbonica (CO_2) dell'aria, formando carbonato di calcio:

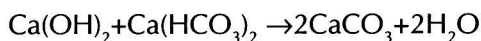


Questo sale alcalino ha il compito di tamponare le

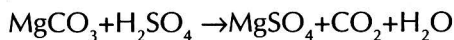
formazioni acide che si formerebbero con il passare del tempo. Così ad esempio:



Alcuni ricercatori ritengono che l'alcalinità di questa soluzione sia troppo elevata, soprattutto in caso di presenza di inchiostri manoscritti metallotannici: consigliano pertanto di immergere, per 30 minuti, la carta in una soluzione satura di idrossido di calcio, e portarla immediatamente dopo in un secondo bagno di bicarbonato di calcio, sempre per 30 minuti e in soluzione di 1,5 gr/litro (il bicarbonato è ottenuto facendo gorgogliare l'anidride carbonica in una soluzione di carbonato di calcio).



Un altro metodo di deacidificazione molto seguito utilizza il bicarbonato di magnesio ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$) in soluzione acquosa (il bicarbonato è ottenuto facendo agire l'anidride carbonica in una soluzione all'1% di carbonato). Il foglio viene immerso per 30 minuti.



Il metodo non acquoso forse più praticato utilizza il carbonato di metilmagnesio ($\text{CH}_3\text{OMgOCO}_2\text{CH}_3 \cdot \text{CO}_2$). Questo è ottenuto immettendo anidride carbonica in una soluzione al 4,32% di metossido di magnesio (preparato

facendo reagire magnesio con alcool metilico). La soluzione è diluita al 5% in triclorotrifluoroetano: in essa la carta viene immersa per 10 minuti, oppure trattata a spray con un vaporizzatore (in tal caso alla soluzione è aggiunto Freon).

Un sistema più pratico ed economico è attualmente in fase di studio presso l'Istituto Centrale per la Patologia del Libro: esso consiste nell'immergere la carta per un'ora in una soluzione al 3,3% di acetato di calcio in alcool metilico con il 30% di acqua.

La grande quantità di libri acidi ha determinato la necessità di una deacidificazione che possa essere fatta sul libro intero, e nel contempo ad un alto numero di volumi: questi interventi *di massa* non danno purtroppo ancora dei risultati equivalenti a quelli ottenibili con l'immersione dei singoli fogli, ed inoltre l'attrezzatura necessaria è ancora molto costosa, impedendone la diffusione in molti laboratori di restauro.

Questi processi possono utilizzare una base liquida o gassosa. Nel primo caso, quello che fornisce i migliori risultati, viene utilizzata una soluzione di idrossido di magnesio disciolta in particolari solventi. Questo metodo è stato messo a punto da Richard D. Smith, per il Public Archives of Canada in Ottawa, e da lui commercializzato. Si basa sulla preliminare disidratazione dei libri con aria calda, seguita da un soggiorno in cella sottovuoto, dal trattamento con la soluzione basica all'interno di una cella sotto pressione, e dalla successiva eliminazione dei residui di solvente tramite una pompa a vuoto (operazione questa eseguita in un'altra cella apposita).

Il processo con base gassosa più noto è invece quello utilizzato dalla Library of Congress di Washington, che utilizza il dietil zinco: i libri vengono posti per tre giorni in una cella, dove, per mezzo del vuoto (35 mmHg) e ad una

temperatura di circa 45°C, la carta viene disidratata (operazione necessaria per una maggiore penetrazione del gas e per evitare una violenta reazione che si avrebbe tra il dietil zinco e l'acqua), e quindi deacidificata. Infine nella cella viene aggiunta anidride carbonica per 24 ore, fino al raggiungimento della pressione atmosferica. Il ciclo completo dura otto giorni e la cella ha una capacità di circa 5000 volumi.

Qualora si avessero carte di natura non acida, ma con una leggera acidità procurata per il degrado della cellulosa e della colla, è possibile ottenere un innalzamento tra 1 e 1,5 del valore del pH anche con una semplice immersione in acqua: questo mezzo solubilizza gli acidi liberi ed alcuni elementi degradati della cellulosa e delle colle, abbassando anche l'imbrunimento operato da questi (la presenza e la conseguente solubilizzazione di queste sostanze che imbruniscono la carta è riscontrabile anche dalla gora che si forma qualora la carta venga bagnata in un punto).

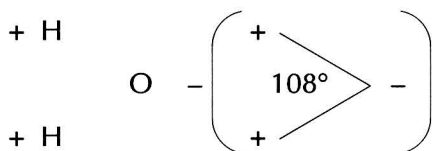
LAVAGGIO

L'operazione di lavaggio si può intendere come un intervento di pulitura, con immersione della carta in un mezzo liquido, dove le sostanze che vogliamo eliminare sono solubilizzate.

Il liquido (*solvente*) maggiormente utilizzato per questo scopo è l'acqua: ciò è dovuto non tanto all'economicità e alla facile reperibilità in grandi quantità di questa sostanza, quanto piuttosto al fatto che essa possiede alcune caratteristiche chimico-fisiche che le permettono di essere un ottimo solvente con un ampio campo d'azione.

La molecola dell'acqua ha gli elettroni più spostati ver-

so l'atomo di ossigeno: questo la rende dipolare (+○-), permettendole di «attirare», come una calamita, una sostanza sia di carica positiva che negativa (ioni). Inoltre la sua particolare forma facilita la «cattura» degli ioni dello sporco.



Queste proprietà fanno sì che l'acqua riesca a solubilizzare molte sostanze: è per tale ragione che l'acqua naturale non è mai pura, ma vi si trovano disciolte molte delle sostanze che essa incontra lungo il suo percorso.

Pertanto, quando si vuole che questa sostanza abbia pienamente tutte le sue proprietà, deve essere privata dalle impurezze, distillandola o demineralizzandola ¹.

Nel lavaggio della carta, per evitare che vengano solubilizzate anche sostanze che non lo dovrebbero, si preferisce utilizzare non acqua pura ma parzialmente demineralizzata; il miglior sistema sarebbe quello di renderla pura e poi aggiungere un quantitativo minimo di carbonato di calcio.

Queste operazioni naturalmente portano ad un aumento del costo delle lavorazioni: per tale ragione in molti laboratori non vengono eseguite e si utilizza normalmente l'acqua dell'acquedotto. In questo caso si consiglia co-

¹ I due processi forniscono un prodotto simile, cambia solamente il metodo di lavorazione: l'acqua distillata si ottiene per evaporazione e successiva condensazione; la demineralizzazione si ricava facendo passare l'acqua attraverso due resine: una trattiene gli ioni positivi, l'altra quelli negativi. Quest'ultimo processo è il più utilizzato e permette di ottenere una purezza a diversi gradi.

munque di farla analizzare per conoscere le sostanze che vi sono disciolte, potendovene essere alcune dannose alla carta.

L'acqua, però, pur avendo queste ottime qualità, non riesce a penetrare bene all'interno di alcune carte, specie se poco porose (soprattutto se la bagnatura avviene per assorbimento capillare), a causa della sua alta *tensione superficiale*²: per tale ragione, in alcuni casi, è consigliabile far precedere il lavaggio con un *prelavaggio* in una soluzione 1:1 acqua-alcool etilico (l'alcool, avendo una tensione superficiale più bassa, riesce a favorire la penetrazione dell'acqua nella carta).

Una riduzione della tensione superficiale è possibile ottenerla anche aumentando la temperatura dell'acqua; ciò, fra l'altro, facilita il distacco dello sporco dalla carta, perché procura un allentamento dei suoi legami molecolari³.

L'acqua non riesce a dissolvere sostanze con molecole molto complesse, che si legano fortemente con la struttura della carta (come, ad esempio, i grassi): per facilitare il distacco e la solubilizzazione di questo sporco, oltre ad aumentare la temperatura (evitando di superare i 40°C, altrimenti si avrebbe un forte degrado della carta), possono

² La tensione superficiale è una forza che agisce nei liquidi e spinge questi a prendere, a parità di volume, la minor superficie possibile, che è data dalla forma di sfera. Quando i liquidi sono in grande massa risentono maggiormente della forza di gravità e tendono quindi ad assumere una superficie orizzontale (parallela, cioè, alla superficie terrestre).

³ Per la vibrazione degli atomi, che aumenta con l'aumentare della temperatura, i legami nelle molecole si allungano e si contraggono: questo permette agli atomi ed alle molecole di muoversi anche attraverso la massa di un solido, il quale si può quindi «legare» con un altro solido. Questo movimento, chiamato *diffusione*, è sfruttato, ad esempio, per gli adesivi.

essere aggiunte particolari sostanze, a loro volta con struttura molecolare molto complessa, che riescono a vincere ed allentare i legami che tengono unito lo sporco alla superficie da lavare. Queste sostanze sono i *saponi* (sali di acidi organici con molti gruppi carbossilici, COOH) ed i *detergenti* (stesso tipo di struttura dei saponi ma derivati da acidi minerali).

I detergenti non devono avere una forte polarità, altrimenti gonfiano eccessivamente la carta e, dopo il lavaggio, sono difficili da rimuovere.

Generalmente, per evitare danni alle sostanze mediate dalla carta, soprattutto gli inchiostri, si preferisce evitare l'uso di questi additivi e lavare con una soluzione alcalina, che *saponifica* i grassi, rendendoli solubili in acqua (in pratica ciò che facevano le nostre nonne prima dell'uso del sapone, quando lavavano i panni con acqua e cenere). Questa soluzione previene, fra l'altro, la formazione di sali di metallo insolubili.

Un additivo invece molto utilizzato per pulire carte con sporco tenace, come per esempio tracce di vecchie colle, è la carbossimetilcellulosa (la sostanza di base di alcune colle utilizzate nel campo del restauro cartaceo). Questa sostanza porta in sospensione lo sporco e ne evita la ricaduta, cosa che renderebbe difficile la sua successiva rimozione. Essa è anche molto utilizzata per pulizie locali, nelle quali è spesso addizionata con idrato di calcio o ammoniaca.

Qualora gli additivi non fossero sufficienti per rimuovere sostanze particolarmente tenaci, si può procedere utilizzando solventi specifici diversi dall'acqua. La tossicità di questi mezzi e la tecnica di utilizzo ne limitano generalmente l'uso ad operazioni locali che interessano solo la parte della carta che deve essere pulita.

Molti ricercatori consigliano di lavare sempre, quando possibile, tutte le carte; tale operazione, a loro giudizio, è

generalmente vantaggiosa, in quanto solubilizza le sostanze degradate presenti, che hanno soprattutto formazione acida e sono apportatrici di ulteriore aggravamento dei danni: la carta risulterebbe, in tal modo, più resistente e di maggior durata.

Per quanto riguarda la carta antica a mano, a parere dello scrivente, è necessario valutare appieno lo stato del degrado ed i danni procurati dal lavaggio (vedi cap. II), poiché spesso questi ultimi sono più elevati.

Nelle carte a macchina, invece, la fragilità del materiale, dovuto in parte all'orientamento parallelo delle fibre, può essere ridotta per la dilatazione dovuta all'immersione in acqua ed il successivo restringimento con l'asciugatura; tali movimenti scompongono le fibre facendole in parte intrecciare e procurando così una maggior resistenza meccanica.

SMACCHIAMENTO/IMBIANCAMENTO

Per la pulitura che interessa più in particolare le singole macchie è fondamentale individuare la sostanza estranea o la causa dell'alterazione cromatica: ciò permette di scegliere il tipo di intervento ed il mezzo chimico da utilizzare.

I metodi di smacchiamento chimico possono essere eseguiti per solubilizzazione o per reazione chimica.

La solubilizzazione, nella quale è compreso anche il *lavaggio*, prevede che la sostanza da eliminare (*soluta*) possa essere allontanata dalla carta ed essere dispersa in un mezzo liquido (*solvente*). Tale operazione naturalmente non deve procurare alterazioni ai materiali che vengono trattati e non deve creare problemi di tossicità per l'operatore (l'uso di guanti protettivi e cappa aspirante è sempre consigliabile).

Volendo evitare, per le ragioni già esplicate nella prefazione, di fare una tabella dei solventi adatti alle principali macchie che si possono riscontrare sulla carta, si rimanda, per tutti i problemi relativi alla solubilità, alla bibliografia specifica allegata.

La tecnica maggiormente utilizzata è l'estrazione della macchia per tamponamento: con un batuffolo di cotone imbevuto di solvente viene bagnata la sostanza da estrarre, cercando di farla assorbire da una carta assorbente posta sotto il foglio.

Per facilitare l'estrazione si può «ammorbidire» la macchia esponendola per un certo numero di ore ai vapori del solvente; oppure si può utilizzare un piano aspirante, che favorisca la fuoriuscita della soluzione e la concentrazione del solvente solo nel punto desiderato, evitando in tal modo la formazione di gore o aloni.

I solventi sono utilizzati anche per il distacco di carte incollate, vecchi rammendi e nastri adesivi. Il problema che si riscontra in questo caso non si differenzia da quello dello smacchiamento: il fine è quello di allentare i legami che tengono unito il soluto (in questo caso la colla) alla superficie della carta distendendone i legami intermolecolari con la solubilizzazione (quello che genericamente viene detto «ammorbidimento» della colla).

A seconda del tipo di adesivo e di carta presente si utilizza un determinato solvente ed una particolare tecnica: le colle sintetiche richiedono generalmente un mezzo organico, quelle di origine vegetale e animale un mezzo acquoso.

Le tecniche maggiormente seguite sono: l'immersione, la bagnatura locale (per tamponamento o con l'ausilio di particolari paste), l'umidificazione calda o fredda (con vaporizzatore normale o ad ultrasuoni, per azione locale o in apposite celle), l'uso del calore.

In alcuni laboratori si utilizzano anche particolari

enzimi, che agiscono specificatamente con le colle animali o vegetali: è questa, però, una tecnica che non trova chi scrive consenziente, giudicandola troppo pericolosa per la carta ed i materiali da essa mediati.

Non tutte le macchie possono essere tolte con l'ausilio di un solvente: per alcuni smacchiamenti è necessario intervenire con una reazione chimica. La sostanza che ha procurato l'alterazione cromatica deve cioè subire una trasformazione molecolare che porti, come conseguenza, l'annullamento del colore (vedi nota 13 del cap. II).

Fra le macchie di questo tipo che si riscontrano più frequentemente sulla carta vi sono quelle procurate dai microrganismi, il cosiddetto *foxing* (macchie brune, più o meno piccole e generalizzate, che possono avere origini diverse), e gli imbrunimenti, spesso diffusi su tutta la superficie del foglio.

La reazione chimica che generalmente viene utilizzata per questa operazione è l'*ossidazione*, e l'intervento è chiamato *imbiancamento* o *sbianchimento*.

Su questo argomento sono state fatte molte ricerche e pubblicati molti articoli; ciò è dipeso soprattutto dal fatto che, restituendo alla carta il biancore e la pulizia originale, si possono causare gravi danni alla cellulosa e agli altri materiali presenti.

Le sostanze utilizzate non possono operare una ossidazione selettiva: reagendo solo con le sostanze colorate, è tutta la cellulosa e ciò che è presente nella e sulla carta che viene ad essere attaccato. Questo accade durante il trattamento, ma può anche continuare nel tempo se sono utilizzati particolari ossidanti oppure se non vengono prese alcune precauzioni.

Per tale ragione, prima di prendere la decisione di intervenire, è necessario fare accuratamente alcune indagini per stabilire se le condizioni che sussistono permettono di

operare senza eccessivi danni e, qualora si decidesse di sbiancare, per individuare anche il reagente più opportuno ed i modi ottimali d'impiego.

Già nel Settecento cominciarono a circolare «ricette» che, basandosi su risultati empirici, utilizzavano le sostanze più disparate; ma è soprattutto nel secolo passato, con la scoperta del cloro, che si iniziò a praticare in maniera diffusa lo sbianchimento delle carte.

È facile immaginare che questi interventi, se pur hanno sul momento portato ad effetti estetici migliori, con il tempo hanno compromesso seriamente la vita delle opere trattate.

Ancora oggi, purtroppo, in molti ambienti si privilegia il risultato estetico immediato alla durabilità del documento, con operazioni di sbiancamento eseguite a ritmi continui, utilizzando prodotti e metodi che ormai da molti anni ricercatori ed istituti specializzati hanno escluso per la loro dannosità, dimostrando ed avvertendo ripetutamente dei seri pericoli cui la carta va soggetta.

La decisione di intraprendere questo intervento di restauro deve essere presa solo nel caso in cui l'imbrunimento o le macchie abbiano seriamente compromesso la leggibilità dell'opera. Inoltre deve essere individuata chiaramente la causa che ha determinato la formazione di queste alterazioni cromatiche, poiché, se l'agente che le ha procurate rimanesse attivo nella carta, si rischierebbe di avere, oltre il danno procurato dall'intervento, un risultato che verrebbe ad annullarsi in breve tempo.

Un caso del genere, ad esempio, si riscontra frequentemente con le macchie o gli imbrunimenti causati dall'ossidazione catalizzata da metalli pesanti (vedi nota 16 del cap. II). In questo caso, qualora si operasse un imbiancamento, non si verrebbero a neutralizzare queste sostanze (allo stato attuale delle ricerche non è ancora

possibile estrarle). Di conseguenza esse continuerebbero ad agire, ed in maniera addirittura accelerata a causa delle modificazioni apportate alla cellulosa: le macchie e gli imbrunimenti potrebbero quindi riformarsi in tempi veloci.

Gli ossidanti utilizzati nel campo del restauro che forniscono più garanzie sono: il perossido di idrogeno, l'ipoclorito di sodio, l'ipoclorito di calcio, il diossido di cloro e l'acido ipocloroso.

Il perossido di idrogeno (H_2O_2), conosciuto soprattutto come acqua ossigenata, è la sostanza sbiancante meno dannosa, e pertanto da preferire; ma è anche un mezzo che non riesce ad eliminare molte macchie presenti sulla carta. Generalmente si usa per gore, imbrunimenti e poche altre macchie.

Il trattamento può essere fatto con una bagnatura completa (immersione, spennellatura, spray) o locale.

Le proprietà ossidanti dell'acqua ossigenata sono dovute alla sua scomposizione con formazione di acqua mentre si libera un atomo di ossigeno ($H_2O_2 \rightarrow H_2O + O$).

Il prodotto che normalmente si trova in commercio è leggermente acidificato con acido solforico; questa aggiunta viene fatta per conferire all'acqua ossigenata una maggiore stabilità e poter così essere conservata più a lungo. Per tale ragione, al momento d'uso deve essere addizionata una piccola quantità di ammoniaca che, oltre a neutralizzare l'acido, porti la soluzione ad un pH alcalino (8,5-9,5), rendendo l'acqua ossigenata più instabile e quindi più reagente.

Alcuni ricercatori ritengono che l'ambiente alcalino possa danneggiare meno la carta durante l'imbiancamento, e pertanto consigliano di deacidificare il foglio prima del trattamento. Ma altre analisi riferiscono di particolari degradi che si hanno invece quando l'ossidazione è eseguita con un pH superiore a 7. Certa-

mente si hanno vantaggi e svantaggi nell'uno come nell'altro caso.

Ciò dimostra, ancora una volta, quanto siano rischiosi certi interventi, anche quelli che apparentemente sembrano «leggeri».

La concentrazione d'uso dell'acqua ossigenata non deve superare il 7% (corrispondente a circa 24 volumi).

Per eliminare le cause che hanno determinato le macchie (l'ossidante riduce od annulla solamente il colore), ed evitare che queste ricompaiano nel tempo, è consigliabile far seguire all'imbiancamento una deacidificazione, poiché l'acidità è una delle cause principali degli imbrunimenti e delle macchie trattate con acqua ossigenata.

L'ipoclorito di sodio (NaOCl), per la sua facile reperibilità in commercio e per il suo alto potere sbiancante, è la sostanza ossidante più utilizzata nei laboratori di restauro.

Questa alta capacità, però, lo rende fortemente degradante: il suo uso è pertanto consigliabile solo in casi estremi, quando le macchie compromettono molto seriamente la leggibilità dell'opera. Conseguentemente è ancora più importante che le procedure da seguire per questo intervento siano molto curate, onde ridurre al minimo i danni.

La forte alcalinità dell'ipoclorito di sodio (circa pH 11,4), e la pericolosità di eventuali residui del sodio, fanno consigliare la sua sostituzione con l'ipoclorito di calcio (Ca(OCl)_2) anche se questo ha un potere sbiancante leggermente inferiore.

Il processo di imbiancamento con ipoclorito di sodio o di calcio è così articolato:

— lavaggio del foglio in acqua corrente per circa mezz'ora (preferibilmente preceduto da un prelavaggio in acqua e alcool etilico 1:1); deacidificazione per 20 minuti in idrato di calcio semisaturo; immersione nell'ipoclorito,

con una concentrazione massima di 1,5% di cloro attivo e per un tempo massimo di 20 minuti (qualora si sbiancassero più carte, si deve fare attenzione a mantenere il valore del pH della soluzione a 9,5-10,5, cercando di correggerlo, man mano che scende, con l'aggiunta di idrato di calcio).

Dopo la sbianca, il foglio deve essere risciacquato in acqua corrente per 5-10 minuti; si immerge quindi in una soluzione anticloro; si lava ed infine si deacidifica.

La soluzione anticloro è assolutamente indispensabile per evitare che l'ipoclorito continui ad agire nel tempo, formando acido idroclorico.

Le sostanze che possono essere utilizzate a questo scopo sono il tiosolfato di sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), l'acido acetico (CH_3COOH) ed il boroidruro di sodio (NaBH_4).

L'uso dell'una o dell'altra sostanza porta vantaggi e svantaggi: i ricercatori, a tal proposito, sono alquanto in disaccordo fra loro. Le prove effettuate nei laboratori di ricerca hanno dato spesso risultati molto discordanti: ciò è dovuto alle diverse metodologie utilizzate nelle analisi e, soprattutto, alla diversità dei campioni utilizzati. Certamente non potranno mai essere esaustive le ricerche condotte su campioni di carta moderna, o là dove il degrado è «riprodotto» artificialmente con celle di invecchiamento: le alterazioni che effettivamente si riscontrano nelle opere, siano esse antiche o moderne, sono in realtà causate da innumerevoli fattori, che interagiscono strettamente fra loro. Inoltre l'attività pratica (non sempre correttamente tenuta presente dai ricercatori) incorre frequentemente in problemi particolari, soprattutto correlati alla natura della carta ed al suo stato di conservazione, che possono portare all'esclusione di una sostanza o di un'altra.

Il tiosolfato di sodio, come anticloro, è impiegato nella soluzione al 2% ed il foglio vi è immerso per 15-20 minuti. Il lavaggio successivo in acqua corrente dovrà non essere

inferiore alle 3 ore: questa sostanza è infatti difficile da rimuovere.

L'acido acetico viene diluito al 5% e la carta vi deve rimanere immersa per 5 minuti. Il lavaggio che segue sarà di un'ora.

Il boroidruro di sodio (che alcuni usano anche come agente sbiancante riducente) è utilizzato in soluzione all'1%, con un bagno di un'ora. Il lavaggio in acqua corrente dovrà durare un minimo di 3 ore.

Alcune cautele devono essere prese nel caso si abbiano carte fortemente ossidate: queste possono essere ancora più seriamente danneggiate dall'ambiente alcalino dell'ipoclorito. Anche la presenza di lignina potrebbe causare altri danni, per la formazione di macchie rossastre sul foglio, dovute, molto probabilmente, all'azione del cloro con questa sostanza.

Il diossido di cloro (ClO_2) viene utilizzato sia con trattamento acquoso che con gas. È ottenuto facendo agire 20-25 ml di formalina (soluzione acquosa al 40% di formaldeide (HCHO)) con 980 ml di una soluzione acquosa contenente 20 gr di clorito di sodio (NaClO_2).

La carta viene immersa o sottoposta all'azione del gas per 15 minuti. Anche in questo caso è necessario un trattamento anticloro, utilizzando il boroidruro di sodio, seguito da un lavaggio in acqua corrente per un'ora e da una deacidificazione.

L'acido cloroso (HClO_2) è ottenuto acidificando con acido acetico, o solforico, una soluzione di clorito di sodio, nella concentrazione massima del 5%. L'acidificazione è effettuata fino al raggiungimento di un pH 3,6-4.

La carta viene immersa in questa soluzione per circa 15 minuti, dopo di che è lavata in acqua corrente per 30 minuti e deacidificata.

PULITURA MECCANICA

Prima di eseguire la pulizia con mezzi liquidi è opportuno procedere ad una rimozione a secco, con mezzi meccanici, dell'eventuale sporco presente sulla carta, soprattutto se questa è stata tenuta per molto tempo esposta senza protezione.

Questo intervento, apparentemente semplice e privo di rischi, può determinare abrasioni, a volte visibili solo con forti ingrandimenti; oppure può causare danni per il deposito delle sostanze utilizzate.

La pulitura meccanica deve essere eseguita prima del lavaggio, in quanto la dilatazione delle fibre, per effetto dell'acqua, potrebbe far penetrare all'interno della carta il particolato molto fine che può trovarsi depositato sopra di essa. L'acqua, od altro solvente, inoltre, potrebbe solubilizzare lo sporco e farlo precipitare, rendendo molto difficile la sua rimozione.

L'operazione a secco è certamente l'intervento di pulizia più leggero e, qualora vengano usati correttamente tutti i mezzi a disposizione, potrebbe, se non evitare, almeno ridurre la portata dell'intervento più drastico, che utilizza mezzi liquidi.

Lo sporco che è possibile rimuovere con questo metodo è costituito principalmente da polvere, tracce d'uso, escrementi di insetti, micelio di muffe, colle ed altre sostanze solide depositate sulla carta.

I mezzi che normalmente vengono utilizzati sono: pennelli, spazzole aspiranti, gomme abrasive, bisturi, carta abrasiva.

La maggior parte di tali strumenti asporta lo sporco per abrasione: è perciò consigliabile, per avere più chiaro l'effetto procurato alle fibre superficiali della carta, osservare di tanto in tanto, con un microscopio stereoscopico (od almeno una lente contafili) la parte che viene trattata.

Una particolare attenzione dovrà essere rivolta alle gomme che si utilizzano: quelle oggi in commercio sono generalmente composte da cloruro di polivinile con materie più o meno abrasive, olio vegetale o plastificanti esterni. Alcune di queste, in special modo quelle con presenza di olio vegetale, lasciano sul foglio tracce che arrecano danno; altre depositano un particellare molto fine che può insinuarsi fra le fibre della carta.

Alcuni ricercatori hanno esaminato i più diffusi prodotti commerciali ed hanno individuato le gomme che meglio rispondono ai requisiti richiesti.

Ditte specializzate in prodotti per il restauro hanno inoltre introdotto, già da alcuni anni, gomme particolari, cuscinetti abrasivi e gomma in polvere. Quest'ultima, utilizzata con un pennello molto morbido, è senz'altro il mezzo più delicato per una pulitura a secco con abrasione.

La polvere può anche essere preparata da una normale gomma utilizzando una grattugia: ciò permette, fra l'altro, di ottenere la granulometria desiderata.

RINSALDO E SPIANAMENTO

Il degrado sopravvenuto nel tempo rende l'opera, generalmente, più delicata e più soggetta con l'uso a rotture meccaniche; del resto, anche gli interventi precedentemente descritti comportano quasi sempre per la carta una condizione di maggior fragilità. Di conseguenza in molti casi è necessaria un'operazione che ha lo scopo di rendere il foglio più saldo e resistente ad una prolungata fruizione.

La scelta dell'intervento è legata al tipo di carta ed ai medium grafici presenti, al grado di fragilità che si riscontra, alle condizioni particolari dell'opera, ed all'uso specifico che di questa viene fatto.

La tecnica più frequentemente adottata è la *collatura*, generalmente effettuata per mezzo di un pennello, con una colla a base di metilcellulosa in soluzione acquosa.

Qualora fossero presenti inchiostri o colori solubili, si procede a ripetute nebulizzazioni della stessa soluzione, ma con una concentrazione più bassa. Oppure si utilizzano altre sostanze solubilizzate in mezzi non acquosi (si preferisce in genere l'alcool etilico); fra queste una delle più utilizzate è l'idrossipropilcellulosa.

Quando la sola colla non è sufficiente per fornire la giusta consistenza al foglio, si procede con la cosiddetta *velinatura*.

Tale approccio prevede l'applicazione sul verso del documento di un velo molto sottile (9-11 gr/mq) di carta giapponese. Le tecniche utilizzate per questo intervento variano in rapporto allo stato di conservazione, alla solubilità degli inchiostri o dei colori, al formato e all'utilizzo dell'opera.

Se la velinatura fornisce un'ottima resistenza al foglio, pur tuttavia ne cambia l'aspetto esteriore e rende meno leggibile l'opera qualora venisse a coprire il testo. L'asciugatura sotto forte pressione della velinatura comporta poi una maggiore trasparenza (ma anche una minor reversibilità dell'intervento ed una più forte variazione delle caratteristiche esterne della carta). La tipologia del documento costituirà un valido ausilio per suggerirci la scelta migliore.

Anche in questo caso l'adesivo più utilizzato è una soluzione acquosa a base di metilcellulosa.

Quando la solubilità di inchiostri o colori impedisce l'uso diretto della colla, si utilizza un velo precollato con un adesivo a base di copolimeri di acrilati. L'adesione alla carta avviene per mezzo del calore o di un particolare solvente, ed è eseguita sotto pressione.

Queste veline precollate possono essere preparate in laboratorio, oppure acquistate da ditte specializzate: alcune di esse hanno anche sostituito il velo giapponese con un tessuto sintetico di ugual peso e trasparenza.

Questo metodo è molto usato in alcuni paesi per la conservazione dei giornali, dove vengono utilizzate anche sofisticate attrezzature che consentono un trattamento di massa molto veloce ed economico.

Per opere di grande formato è necessario spesso un sostegno ancora più resistente: a tal fine viene incollato un supporto costituito da una carta giapponese di spessore variabile, generalmente intorno ai 35 gr/mq.

Naturalmente in questo caso il verso dell'opera deve essere privo di qualsiasi segno importante, in quanto la carta applicata lo ricopre completamente senza lasciare trasparenze.

Un metodo per applicare questa *controfondatura* consiste nel distribuire uno strato di colla sulla carta giapponese, poggiata su di una tavola di legno (l'assorbimento dell'acqua da parte del legno facilita la distribuzione uniforme e leggera della colla); quindi la carta si fa aderire al verso dell'opera, preventivamente inumidita.

Questa tecnica, che è pure consigliabile per la velinatura, può servire anche per la spianatura del foglio. In tal caso la carta di supporto deve sporgere di alcuni centimetri sui quattro lati dell'opera: tale bordo sporgente viene poi incollato su di un telaio o su un piano di legno. La carta, dilatata per l'assorbimento di acqua, viene fatta essiccare, operando in tal modo un'azione di restringimento e tiraggio del supporto.

Incollando la carta giapponese all'originale con una colla più leggera (più diluita od altra meno adesiva), è possibile ottenere una spianatura di questo anche senza mantenere la controfondatura: la carta giapponese, al termine dell'intervento, quando il foglio è teso e condi-

zionato con l'ambiente ⁴, si può distaccare meccanicamente con facilità.

Questo spianamento ha il vantaggio, rispetto alla classica pressa, di non procurare deleteri schiacciamenti, oltre a poter essere eseguito anche con i grandi formati. Tale tecnica ha però lo svantaggio di un tiraggio eccessivo, con la possibilità di variazioni delle misure originali ed anche rotture più o meno gravi ⁵.

Un altro metodo di rinforzo e spianamento, molto utile per carte fragili o *lucidi*, consiste nel far aderire ad un vetro la velina o la carta giapponese, e su di essa incollare il foglio originale inumidito. Il restringimento, in tal caso, non avviene per *tiraggio*: la carta scivola piuttosto sul vetro, rimanendo ad esso aderente e quindi in piano.

Per carte particolarmente fragili o di grande formato è consigliabile interporre tra l'originale ed il vetro (sostituibile con un laminato plastico) un velo di tessuto sintetico. Anche questi due metodi, però, causano una sensibile variazione delle misure originali e conseguente maggior fragilità della carta.

Un documento può essere reso più resistente anche senza intervenire fisicamente su di esso, inserendolo tra due film di plastica trasparenti, saldati fra di loro lungo

⁴ Il condizionamento è necessario per evitare che la carta diventi ondulata dopo il suo distacco dal telaio. A seconda dallo spessore dell'opera, la permanenza in tensione deve durare dai tre ai cinque giorni, od anche di più per formati particolarmente grandi e composti da diversi fogli giuntati.

⁵ Per le velinature e controfondature è di grande importanza valutare bene la dilatazione che subiscono le carte giapponesi di supporto e quella dell'originale, quando sono bagnati; come anche l'orientamento delle fibre delle due carte, che devono trovarsi parallele.

I forti scompensi che si creano fanno, però, sconsigliare sempre più l'uso del tiraggio con un supporto di carta giapponese.

i quattro bordi per mezzo di ultrasuoni o nastro biadesivo.

Questo metodo, chiamato *incapsulamento*, è molto semplice ed economico e non arreca alcun danno all'opera se vengono prese alcune precauzioni.

Innanzitutto la plastica utilizzata deve essere assolutamente priva di acidi: l'unico materiale che fornisce questa garanzia è il polietilene tereftalato, più comunemente conosciuto come *poliestere*⁶. Altra attenzione dovrà essere fatta nell'evitare di incapsulare carte acide o con sospetta infezione (a meno che non sia un intervento provvisorio): ciò causerebbe, per il microclima creato, un acceleramento del fenomeno degenerativo.

RATTOppo

Non è un caso che, ancora oggi, il risarcimento delle lacerazioni di una carta venga definito come «restauro della carta»: esso è l'intervento più appariscente, che necessita di una grande abilità da parte del restauratore. E ciò potrebbe essere vero, se si relegasse l'attività di questo ad una mera abilità artigiana: ma abbiamo già visto che il restauro è ben altro e, se si richiede una buona «manualità», questa può essere paragonabile, in un certo qual modo, a quella necessaria ad un medico chirurgo.

Ma il desiderio di cancellare gli aspetti deturpanti dell'opera, (e spesso anche gli interessi economici sottesi a tale operazione), pone ancora molti freni ad un approccio più serio e scientifico alla pratica del restauro.

⁶ Non tutti i poliesteri possiedono appieno tale caratteristica: anche in questo caso alcuni ricercatori hanno analizzato le qualità in commercio, individuando i tipi e le ditte costruttrici che rispondono meglio a questa necessità.

Ecco perché in molti laboratori, così come si praticano smacchiamenti spinti e troppo frequenti, allo stesso modo si pone eccessiva attenzione al risarcimento esteriore della carta.

Il *rattoppo*, o *rammendo* che dir si voglia, se eseguito con i materiali giusti e con la tecnica appropriata, è l'intervento meno traumatico per l'opera, in quanto non interferisce chimicamente con essa, né va ad alterarne la struttura. Basterebbe dunque solo questo per definire *soft* questa operazione e relegarla fra gli interventi cosiddetti minori.

Ciò non deve naturalmente portare ad una sottovalutazione di tale tecnica, soprattutto quando sia predominante il valore estetico dell'opera.

Anche nel rattoppo valgono gli stessi principi degli altri interventi e dobbiamo porci le stesse domande, non dimenticando che si tratta di una prassi di restauro, e che in quanto tale si prefigge ben determinati scopi.

Gli strappi devono essere risarciti in quanto altrimenti potrebbero compromettere l'uso e la consultazione del documento, o, nel caso la manipolazione continuasse, potrebbero comportare un ulteriore aggravamento dello stato di conservazione. Le parti mancanti invece, a seconda della loro conformazione, possono essere o meno sostituite: si interviene quando risulta compromessa la normale fruizione dell'opera, od è presente l'eventualità di ulteriori danni e lacerazioni.

Il restauro degli strappi e delle lacune deve dunque essere *funzionale*, senza naturalmente escludere la «funzione» estetica, quando questa sia presente. Ogni intervento non utile è un costo non necessario.

Gli strappi possono essere saldati con sola colla, oppure, soprattutto se ampi e su carta spessa, possono essere rinforzati da uno od ambo i lati con una sottilissima striscia di velina giapponese con i bordi sfran-

giati (per renderla meno visibile).

Importante è far sì che tali lacerazioni non si riproducano con l'uso; pertanto la tipologia dell'opera ed il suo futuro condizionamento determinano la scelta del metodo più adatto.

Ad esempio, lo strappo in un disegno, che sarà conservato in un passepartout, può essere risarcito in maniera meno salda, se ciò avvantaggia l'aspetto estetico, rispetto ad uno strappo in una carta di un libro, dove la visibilità dell'intervento ha meno importanza e le sollecitazioni meccaniche sono maggiori.

Se normalmente per una lacerazione si tende a rendere meno visibile la riparazione, non così viene fatto per il risarcimento di una parte che manca.

Dovendo sostituire un materiale originale, anche se si tratta di un piccolo frammento, si cerca di non falsare in alcun modo la correttezza della lettura e dell'interpretazione del documento: quindi un restauro visibile ma, nello stesso tempo, anche obliterazione della lacuna.

Per far ciò si scelgono carte adatte allo scopo e tecniche di resa cromatica che restituiscano la continuità interrotta dalla mancanza.

Il nuovo elemento deve inserirsi nell'opera come una *protesi*, poiché è questa la sua vera funzione. Come nella sostituzione di arti ed organi nel corpo umano non è tanto importante il tipo di materiale usato e la sua forma, quanto il ripristino di una funzione, così per la nostra protesi possiamo scegliere il materiale e la tecnica che meglio ci permettono di raggiungere l'obiettivo sopra citato.

Infatti il materiale che generalmente viene utilizzato per questo scopo, la *carta giapponese*, è ben diverso da quello originale.

Tale carta, utilizzata in Occidente nel campo del restauro in questi ultimi trenta anni, ha continuato a diffondersi diventando molto comune ed economica; ma

con ciò è venuta sempre più a mancare una delle caratteristiche che la rendevano adatta allo scopo: la bontà delle materie prime con la quale in origine era fabbricata.

Fatta oggi a macchina, con sistemi industriali, non utilizza più solo le tradizionali piante orientali, divenute ormai rare, ma anche alberi di conifere (provenienti dal Nord dell'Europa), fino a quasi il 70% delle fibre contenute. Per tale ragione molte di esse risultano addirittura acide ⁷.

Il loro consumo continua perché sono più «lavorabili» delle carte occidentali, almeno per la maggior parte dei casi in cui si usano. Ciò è dovuto soprattutto alla lunghezza delle loro fibre, all'alta permeabilità e all'ampia disponibilità in varie grammature, anche molto basse.

Questo non toglie, però, la possibilità di utilizzare, quando il caso lo permette, anche carte occidentali, tessuti sintetici, o quanto altro faccia allo scopo.

Le carte giapponesi sono generalmente bianche, ma per evitare che il risarcimento rimanga troppo evidente, qualora si abbiano degli originali più scuri o di diverso colore, si possono anche inscurire o tinteggiare.

A tal fine si usano acquarelli, aniline o speciali colori per tessuti; molto usati sono anche gli infusi di caffè o tè.

Qualunque sia il colore, la soluzione deve però rimanere neutra o leggermente alcalina: le sostanze in essa contenute non devono influire negativamente sulla durata della carta, mentre la tonalità non deve alterarsi nel tempo.

Gli adesivi maggiormente utilizzati sono la metilcellulosa e la carbossimetilcellulosa in emulsioni acquose.

Per incollaggi su carte particolarmente spesse e resi-

⁷ In questi ultimi anni alcune ditte hanno, però, messo in commercio alcune carte che, se pur fabbricate a macchina, presentano, per la natura delle fibre ed il tipo di lavorazione, un pH neutro o alcalino.

stenti queste colle possono essere addizionate con acetato di polivinile.

L'adesivo deve possedere le seguenti caratteristiche: buona adesività, alta trasparenza senza formazione di film, elasticità, innocuità per la carta, inalterabilità nel tempo, resistenza ai microrganismi, reversibilità e facile uso.

In alcuni paesi, soprattutto a seguito della diffusione di alcune tecniche giapponesi di velinatura e controfondatura, è molto usato l'amido. Viene preferito alla metilcellulosa per il suo maggior potere adesivo e perché, avendo una formula chimica molto vicina a quella della cellulosa, viene ritenuto più «naturale» per la carta.

Questa colla, però, è facilmente attaccabile dai microrganismi, non si distribuisce uniformemente sulle fibre, si altera più velocemente della metilcellulosa e procura una maggior rigidità alla carta.

Ancora più dannosa è la colla ricavata dalla farina, che purtroppo è ancora usata in alcuni laboratori.

Il rattoppo può essere eseguito con tecniche diverse, ma quella consigliata dallo scrivente è stata messa a punto nel laboratorio di restauro del Gabinetto G.P. Vieusseux. Tale tecnica consiste nel coprire la lacuna con una velina giapponese, che si sovrappone, incollandola, alla carta per alcuni millimetri. Dalla parte opposta, si posiziona poi una carta giapponese di identico spessore all'originale, modellata come la parte mancante, ma di una misura leggermente più grande, in maniera tale da scavalcare di due-tre millimetri il bordo della lacuna. Questa sagoma viene incollata distribuendo l'adesivo dalla parte della velina, che, a differenza della carta dell'originale, lo lascia filtrare. La parte della carta giapponese che si sovrappone oltre la mancanza, e che non si è incollata, viene strappata per mezzo di una pinzetta acuminata.

Una successiva collatura ed il passaggio di una stecca d'osso per meglio disporre le fibre marginali, completano l'opera.

Questa tecnica è veloce e permette di coprire perfettamente lacune anche con bordi molto irregolari, senza sovrapposizioni o vuoti.

Per fogli pesanti è preferibile usare due carte giapponesi che, giuntate a sandwich nei due lati della velina, raggiungono lo spessore dell'originale.

Negli ultimi quindici anni è andata sempre più diffondendosi una macchina che consente di *rattoppare* coprendo contemporaneamente tutte le lacune presenti in una o più carte, con un tempo di pochissimi minuti.

Il funzionamento di questa attrezzatura è basato sullo stesso principio della fabbricazione a mano del foglio di carta: le carte da risarcire vengono poste su di un telaio ed immerse in una vasca contenente fibre di cellulosa disciolte in acqua (la quantità di cellulosa è in rapporto allo spessore del foglio). Per mezzo di una pompa si pratica una aspirazione sotto il telaio, in maniera tale che la pasta, aspirata, non rimanga sulla carta, ma vada a coprire le parti vuote che corrispondono alle lacune. La pressatura successiva del foglio completa l'operazione.

Le macchine più moderne sono accoppiate a computer che permettono di avere in tempi veloci la giusta soluzione di fibre e dei coloranti necessari.

DISINFEZIONE E DISINFESTAZIONE

La disinfezione e la disinfestazione sono due operazioni che molto frequentemente sono richieste a livello di intervento di massa: intere collezioni, soprattutto di libri e documenti d'archivio, si trovano spesso per lungo tempo

in ambienti con condizioni climatiche inadatte; ciò favorisce e sviluppa velocemente infezioni microbiche ed infestazioni da insetti (vedi capitolo II). Si deve dunque intervenire in tempi veloci per bloccare il degrado e far sì che questo non progredisca nel tempo.

Dal momento che sono le condizioni ambientali a procurare tale stato, è soprattutto su di esso che è necessario intervenire per evitare che, anche dopo la disinfezione, insorgano nuove infezioni.

Bisogna inoltre considerare che se le carte sono condizionate entro determinati valori di umidità e temperatura (45-65% e 16-18°C), i microrganismi non proliferano, e pertanto la disinfezione si potrebbe anche rendere non necessaria. Se invece l'intervento è eseguito con alcuni prodotti, per esempio ossido di etilene (che è il mezzo più utilizzato perché ritenuto il più efficace), il materiale trattato, se successivamente posto in un clima non idoneo, è ancor maggiormente soggetto ad essere infettato.

Le sostanze utilizzate per la disinfezione sono diverse e tutte molto tossiche; il loro uso deve quindi essere fatto solo prendendo ben precise precauzioni e, per certi prodotti, sotto il controllo di personale specializzato.

L'ossido di etilene è il biocida più utilizzato e con spettro di azione più vasto. Ha un'efficacia sia per i microrganismi che per gli insetti. L'intervento è svolto in una cella sottovuoto, miscelando questa sostanza con freon o anidride carbonica e mantenendo una umidità relativa molto bassa.

Un altro gas molto usato è la formaldeide; ottenuta per vaporizzazione della formalina o per sublimazione di un suo copolimero. La disinfezione, anche in questo caso, è svolta all'interno di una cella sottovuoto o climatizzata.

Altri prodotti possono essere impiegati allo stato liquido e dati a spray o diluiti nelle soluzioni di lavaggio. Fra

questi, quelli che rispondono meglio alla varie esigenze sono l'ortofenilfenolo ed il paraclorometacresolo.

La disinfestazione più efficace, oltre l'ossido di etilene, è ottenuta con il bromuro di metile; anch'essa eseguita, quando possibile, in una cella sottovuoto.

La tossicità di questi prodotti, la loro non completa innocuità verso i materiali trattati e l'inquinamento ambientale, stanno dirigendo la ricerca verso mezzi più pratici e meno dannosi. Fra questi, forse quello che desta maggior interesse è l'anidride carbonica: un gas innocuo alla carta, alla pergamena ed ai medium grafici, di facile uso e non tossico.

SCHEDA DI RESTAURO

Come è stato esposto all'inizio di questo capitolo, il restauro è corretto quando permette il mantenimento o il ripristino delle informazioni veicolate dall'opera. Per arrivare a ciò è necessario non solo individuare gli interventi che meno danneggiano la carta e gli altri materiali (e naturalmente applicare tali procedure in maniera corretta), ma anche considerare gli effetti negativi del restauro ed eseguire solo le operazioni che garantiscono quanto prefissato.

A tal fine si deve in primo luogo procedere ad una serie di analisi conoscitive volte alla precisa valutazione dell'opera, della sua storia, della ragione per cui essa deve essere mantenuta, dei materiali di cui è composta.

Dopo di che si procede ad una verifica accurata dello stato di conservazione, identificando i processi di degrado che sono in atto e le cause che ne hanno provocato l'insorgere e favorito lo sviluppo.

Tutto ciò porta ad individuare gli interventi giusti che, una volta eseguiti, dovranno essere accuratamente registrati.

Titolo/Soggetto		
Autore/Inv	Incisore	
Stampatore	Editore	
Luogo		Data
Misure		Consistenza
Fascicolatura	Composito	Miscellaneo
Volume a stampa <input type="checkbox"/>	Manoscritto <input type="checkbox"/>	Stampa <input type="checkbox"/>
Disegno <input type="checkbox"/>	Stampato vario <input type="checkbox"/>	Altro <input type="checkbox"/>
Proprietà	Collocazione	Segnatura

ANALISI TECNOLOGICA

(a. tipologia, b. materiale, c. colore, d. altro)

1 Materiale scrittorio	<input type="text"/>
2 Montatura	<input type="text"/>
3 Tecnica	<input type="text"/>
4 Qualità / Difetti	<input type="text"/>
5 Marginatura	<input type="text"/>
6 Scrittura	<input type="text"/>
7 Ornamentazione	<input type="text"/>
8 Tipologia	<input type="text"/>
9 Vernice	<input type="text"/>
10 Carte fuori testo	<input type="text"/>
11 Allegati	<input type="text"/>
12 Filigrana	<input type="text"/>
13 Exlibris	<input type="text"/>
14 Marche / Sigilli	<input type="text"/>
15 Segnature	<input type="text"/>
16 Segnacoli	<input type="text"/>
17 Sguardie	<input type="text"/>
18 Cucitura	<input type="text"/>
19 Capitelli	<input type="text"/>
20 Quadranti	<input type="text"/>
21 Dorso	<input type="text"/>
22 Coperta tecnologia	<input type="text"/>
23 Coperta decorazione	<input type="text"/>
24 Taglio	<input type="text"/>
25 Sovraccoperta	<input type="text"/>
16 Contenitore	<input type="text"/>
27 Ritrovamenti	<input type="text"/>
28 Altro	<input type="text"/>

Tecniche di indagine

Note

STATO DI CONSERVAZIONE
(a. descrizione, b. posizione, c. diffusione, d. causa)

- 1 Deformazioni
- 2 Rotture
- 3 Lacune
- 4 Infezioni / Infestazione
- 5 Acidità
- 6 Mancanze
- 7 Rifilature
- 8 Saldature
- 9 Distacchi
- 10 Abrasioni
- 11 Indebolimento materiali
- 12 Indebolimento struttura
- 13 Sbiadimenti
- 14 Imbrunimenti / macchie
- 15 Viraggio del colore
- 16 Restauri
- 17 Altro

Tecniche di indagine

Condizionamento

Note

INTERVENTI

(a. prova, b. tecnica, c. sostanza / materiale, d. percentuale)

1 Disinfezione / Disinfestazione	<input type="text"/>
2 Scucitura	<input type="text"/>
3 Distacco montatura	<input type="text"/>
4 Distacco carte	<input type="text"/>
5 Rimozione rattoppi	<input type="text"/>
6 Fissaggio	<input type="text"/>
7 Pulizia meccanica	<input type="text"/>
8 Pulizia chimica	<input type="text"/>
9 Deacidificazione	<input type="text"/>
10 Ricollatura	<input type="text"/>
11 Rammendo / Protesi	<input type="text"/>
12 Compensazione carte	<input type="text"/>
13 Testimoni	<input type="text"/>
14 Rinforzo	<input type="text"/>
15 Spianatura	<input type="text"/>
16 Integrazione cromatica	<input type="text"/>
17 Montatura	<input type="text"/>
18 Trattamento supporto	<input type="text"/>
19 Trattamento exlibris	<input type="text"/>
20 Trattamento sigilli	<input type="text"/>
21 Trattamento segnacoli	<input type="text"/>

- 22 Trattamento ritrovamenti
- 23 Sguardie
- 24 Cucitura
- 25 Capitelli
- 26 Quadranti
- 27 Dorso
- 28 Distacco coperta
- 29 Pulizia coperta
- 30 Trattamento pelle
- 31 Trattamento elementi di supporto
- 32 Rammendo / Protesi coperta
- 33 Nuova coperta
- 34 Decorazione
- 35 Contenitore
- 36 Altro

Scrittura in dorso Tassello

Documentazione fotografica tipo Riproduzione

Indicazione per la manutenzione / controlli:

Al laboratorio il Terminato il Consegnato il

Lo strumento che permette di far conoscere a successivi restauratori e ricercatori i risultati di quanto sopra esposto è la *scheda di restauro*.

Essa dovrebbe essere organizzata in modo tale da descrivere in ordine cronologico le analisi eseguite, con una descrizione standardizzata per una comprensione immediata e scevra da interpretazioni equivoche.

Purtroppo ancora pochissimi istituti utilizzano una scheda che possieda queste caratteristiche; generalmente essa riporta alcuni dati sommari dell'opera e del suo stato di conservazione, con le indicazioni per il restauro.

Se si arrivasse all'adozione di una scheda comune, che utilizzasse anche il computer, si potrebbe avere una grande banca-dati che permetterebbe una lettura ed una estrapolazione dei rilevamenti immagazzinati, fornendo una enorme massa di informazioni per restauratori, conservatori, ricercatori e storici.

La scheda qui presentata è stata ideata dallo scrivente per il Gabinetto G.P. Vieusseux, ed ora adottata anche da altri istituti.

Questa è stata predisposta per una memorizzazione elettronica dei dati.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE
(Capitoli II e III)

OPERE DI CARATTERE GENERALE

- AA.VV., *Contributi per un corso di conservazione e restauro*, Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Firenze 1977.
- N. P. BANKS, *Preservation of Library Materials*, Newberry Library, Chicago 1978.
- J. BRUCE, *Notes on paper conservation*, The State Library of Queensland, Queensland 1979.
- A.F. CLAPP, *Curatorial care of works of art on paper*, Intermuseum Conservation Association, Oberlin 1978.
- Conservation and collection management*, The British Library, London 1988.
- Conservation of library and archive materials and the graphic arts*, Society of Archivists, Institute of Paper Conservation, Butterworths, London 1987.
- La conservazione del libro contemporaneo: esigenze e problemi*, a cura di M. Copedé, Gabinetto Scientifico Letterario G.P. Vieusseux, Firenze 1991.
- Conservazione e restauro nelle biblioteche. Principi generali*, IFLA (FIAB), Firenze 1980.
- Contributi ai problemi della conservazione: alcuni strumenti*, a cura di G. Guasti e L. Rossi, Giunta Regionale Toscana, La Nuova Italia, Firenze 1982.
- M. COPEDE', *Norme per la conservazione di raccolte librarie*

- e consigli per un pronto intervento*, Gabinetto G.P. Viesseux, Firenze.
- L. CROCETTI, *Il restauro del libro*, Gabinetto G.P. Viesseux, Firenze 1975.
- G.M. CUNHA, D.G. CUNHA, *Conservation of library materials*, vol. 2, The Scarecrow Press Inc., Metuchen, New York 1971.
- Un'esperienza di restauro*, Coop. L.A.T., Firenze 1974.
- C. FEDERICI, L. ROSSI, *Manuale di conservazione e restauro del libro*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1983.
- F. FLIEDER, M. DUCHEIN, *Livres et documents d'archives: sauvegarde et conservation*, UNESCO, Paris 1986.
- J. GREENFIELD, *Books: Their Care and Repair*, H.W. Wilson Co., New York 1983.
- P. INNOCENTI, *Principi generali di conservazione del libro. Applicazioni pratiche di restauro*, Giunta Regionale Toscana, La Nuova Italia, Firenze 1982.
- H. JEDRZEJEWSKA, *Principi di restauro*, Opus Libri, Fiesole 1983.
- A.W. JOHNSON, *Il restauro del libro*, MEB, Padova 1989.
- L.M. KANE, *A guide to the care and administration of manuscripts*, The American Association for State and Local History, Nashville 1981.
- H. KYLE, *Library Materials Preservation Manual*, Nicholas Smith, Bronxville, NY 1983.
- A.W. LEWIS, *Basic Book Binding*, Dover, New York 1959.
- A. LIÉNARDY, P. VAN DAMME, *Interfolia. Manual de conservation et de restauration du papier*, Institut Royal du Patrimoine Artistique, Bruxelles 1989.
- C. C. MORROW, *Conservation Treatment Procedures: A Manual of Step-by-Step Procedures for the Maintenance and Repair of Library Materials*, CO: Libraries Unlimited, Littleton 1986.
- Oltre il testo. Unità e strutture nella conservazione e nel restauro dei libri e dei documenti*, Istituto per i Beni Art.

- Cult. Nat. della Regione Emilia-Romagna, Bologna 1981.
- H.S. PLENDERLEITH, *The conservation of antiquities and works of art*, Oxford University Press, London 1957.
- Restauro e conservazione delle opere d'arte su carta*, Leo S. Olschki, Firenze 1981.
- Il restauro fra metodo e prassi*, Regione Emilia-Romagna, Assessorato alla Cultura, Istituto per i Beni Culturali, Bologna 1980.
- M.L. RITZENTHALER, *Archives & manuscripts: conservation. A manual on physical care and management*, Society of American Archivists, Chicago 1983.
- L. ROSSI, G. GUASTI, *Dal restauro alla conservazione. La gestione del patrimonio librario*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1987.
- Le scienze applicate nella salvaguardia e nella riproduzione degli archivi*, Centro di Fotoriproduzione Legatoria e Restauro degli Archivi di Stato, Roma 1989.
- La tradizione benedettina nel restauro del libro*, Provincia di Padova, Padova 1983.
- H.W. TRIBOLET, *Rare book & paper repair techniques*, American Association for State and Local History, Nashville 1970.
- La tutela del patrimonio bibliografico: norme, problemi e prospettive*, Atti del Convegno, Provincia di Padova, Padova 1984.
- D.B. WARDLE, *Document repair*, Society of Archivists, London 1971.
- A. ZAPPALÀ, *Introduzione agli interventi di restauro conservativo di beni culturali cartacei*, Del Bianco Editore, Udine 1990.

DEACIDIFICAZIONE

- J.S. ARNEY, A.J. JACOBS, R. NEWMAN, *The influence of calcium carbonate deacidification on the deterioration of paper*, in «A.I.C. Preprints», 1979, pp. 10-17.
- J.M. ARNOULT, *Mass deacidification in France*, in «Restaurator», vol. 8, n. 2/3, 1987, pp. 100-105.
- I. BLOCK, *The effect of an alkaline rinse on the aging of cellulosis textiles*, in «A.I.C. Preprints», 1981, pp. 37-45.
- Book preservation technologies*, Office of Technology Assessment, Washington D.C. 1988.
- M. BORTOLANI, L. BOTTI, O. MANTOVANI, L. RESIDORI, *La cromatografia di permeazione sul gel ad alta prestazione ed altri saggi chimici e fisici per valutare la stabilità della carta trattata con idrossido di calcio, carbonato di calcio e borace*, in «Le scienze applicate nella salvaguardia e nella riproduzione degli archivi», Centro di Fot. Leg. e Rest. degli Archivi di Stato, Roma 1989, pp. 83-99.
- K. BREDERECK, A. HABERDITZL, A. BLÜHER, *Paper deacidification in large workshops: effectiveness and practicability*, in «Restaurator», vol. 11, n. 3, 1990, pp. 165-178.
- P. CALVINI, V. GROSSO, M. HEY, L. ROSSI, L. SANTUCCI, *Deacidification of paper. A more fundamental approach*, in «The paper conservator», vol. 12, 1988, pp. 35-39.
- F. DANIEL, F. FLIEDER, F. LECLERC, *The effects of pollution on deacidified paper*, in «Restaurator», vol. 11, n.3, 1990, pp. 179-207.
- ID., *Étude de l'effet de la pollution sur des papiers désacidifiés*, in «Les documents graphiques et photographiques. Analyse et conservation. 1986-1987», Archives Nationales, Paris 1988, pp. 53-92.
- V. DANIELS, *Aqueous deacidification of paper*, in «Con-

- servation of library and archive materials and the graphic art», Butterworths, London 1987, pp. 109-115.
- R.N. DUPUIS, J.E. KUSTERER JR., R.C. SPROULL, *Evaluation of Langwell's vapor phase deacidification process*, in «Restaurator», vol. 1, n. 3, 1970, pp. 149-164.
- M. HEY, *The deacidification and stabilisation of iron gall inks*, in «Restaurator», vol. 5, n. 1-2, 1981-1982, pp. 24-44.
- ID., *The washing and aqueous deacidification of paper*, in «The paper conservator», vol. 4, 1979, pp. 66-80.
- G.B. KELLY JR., *Non-aqueous deacidification of books and paper*, in «Conservation of library and archive materials and the graphic arts», Butterworths, London 1987, pp. 117-123.
- G.B. KELLY JR., J.C. WILLIAMS, *Mass deacidification with diethyl zinc, large-scale trials*, in «A.I.C. Preprints», 1978, pp. 81-92.
- A. LIÉNARDY, P. VAN DAMME, *Practical deacidification*, in «Restaurator», vol. 11, n. 1, 1990, pp. 1-21.
- D. MIHRAM, *Paper deacidification: a bibliographic survey*, in «Restaurator», vol. 7, nn. 2-3, 1986, pp. 81-98 e 99-118.
- G. MORROW, *Mass deacidification: operational experience at the National Archives and the National Library of Canada*, in «The paper conservator», vol. 12, 1988, pp. 40-46.
- M.G. PLOSSI ZAPPALÀ, *Effetto sulla cellulosa di soluzioni acquose di idrossido di calcio*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1981, pp. 29-40.
- L. ROSSI, *Studio della deacidificazione non acquosa con acetato e formiato di calcio in soluzioni alcooliche*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1981, pp. 41-54.

- L. SANTUCCI, *Degradazione della cellulosa in presenza di composti inorganici. II. Conseguenze del trattamento con bicarbonati di magnesio e di calcio ai fini della deacidificazione*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1973-1974, pp. 73-89.
- Science for Conservators. Book 2. Cleaning*, Crafts Council, London 1983.
- A. SCIMIA, *Sperimentazione per una soluzione idroalcolica deacidificante. Parte I*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1981, pp. 67-72.
- M. SCOTT, *Mass deacidification at the National Library of Canada*, in «Restaurator», vol. 8, n. 2/3, 1987, pp. 94-99.
- R.D. SMITH, *Deacidifying library collections: myths and realities*, in «Restaurator», vol. 8, n. 2/3, 1987, pp. 69-93.
- ID., *Mass deacidification at the Public Archives of Canada*, in «Conservation of library and archive materials and the graphic arts», Butterworths, London 1987, pp. 125-137.
- ID., *Non-aqueous deacidification: its philosophies, origin, development and status*, in «The paper conservator», vol. 12, 1988, pp. 31-34.
- J.C. WILLIAMS, *Paper permanence: a step in addition to alkalisiation*, in «Restaurator», vol. 3, n. 3, 1979, pp. 81-90.

LAVAGGIO

- A.F. CLAPP, *Curatorial care of works of art on paper*, Intermuseum Conservation Association, Ohio 1978.
- C. FEDERICI, L. ROSSI, *Manuale di conservazione e restauro del libro*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1983.

- M. KEMP WEIDNER, *Water treatments and their uses within a moisture chamber on the suction table*, in «A.I.C. Preprints», 1985, pp. 127-138.
- A. LIÉNARDY, P. VAN DAMME, *Paper washing*, in «The paper conservator», vol. 14, 1990, pp. 23-30.
- Y.P. NYUKSHA, L.A. KARPENKO, *Investigation of fermentative cleaning processes in book restoration*, in «Restaurator», vol. 7, n. 1, 1986, pp. 22-35.
- Science for conservators. Book 2. Cleaning*, Crafts Council, London 1983.

SMACCHIAMENTO/IMBIANCAMENTO

- E. ALLODI, *Problemi di restauro dei materiali cartacei: trattamenti sbiancanti e conservazione*, in «Kermes. Arte e tecnica del restauro», n. 5, maggio-agosto 1989, pp. 46-64.
- P. N. BANKS, *Paper cleaning*, in «Restaurator», n. 1, 1969, pp. 52-66.
- H.D. BURGESS, *The colour reversion of paper after bleaching*, in «Conservation library and archive materials and the graphic arts», London 1987, pp. 57-70.
- H. BURGESS, J.F. HANLAN, *Degradation of cellulose in conservation bleaching treatments*, in «Journal of the International Institute for Conservation Canadian Group», n. 4/1979, pp. 15-22.
- C. FEDERICI, M. HEY, F.S. DI LAPIGIO, *Conservazione e restauro delle opere d'arte su carta. I procedimenti di pulitura*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale di Patologia del Libro», 1984-1985, pp. 57-74.
- A. GIULIANI, M. LUCIANI, *Imbianchimento e degradazione meccanica della carta nei procedimenti di sbianca*, in «Quaderni del Gabinetto Nazionale delle Stampe», n. 3, 1972, pp. 71-94.

- M. HEY, *Paper Weaching: its simple chemistry and working procedures*, in «The paper conservator», vol. 2, 1977, pp. 10-23.
- A. LIÉNARDY, P. VAN DAMME, *A bibliographical survey of the bleaching of paper*, in «Restaurator» vol. 9, n. 4, 1988, pp. 178-198.
- Id., *Resultats de recherches experimentales sur le blanchiment du papier*, in «Studies in conservation», vol. 34, n. 3, August 1989, pp. 123-136.
- M. LUCIANI, L. CORSI, *Effetti dei trattamenti di sbianca da laboratorio su carte invecchiate*, in «Quaderni del Gabinetto Nazionale delle Stampe», n. 3, 1972, pp. 25-56.
- L. MASSCHELEIN-KLEINER, *Les solvants*, Institut Royal du Patrimoine Artistique, Bruxelles 1981.
- L. SANTUCCI, V. GROSSO, *Aspetti chimici dello sbiancamento della carta. Effetti secondari di ipoclorito e clorito di sodio, e ossidanti coesistenti e derivati*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale di Patologia del Libro», 1984-1985, pp. 165-186.
- Science for conservators. Book 2. Cleaning*, Crafts Council, London 1983.
- G. TORROCA, *Solubilità e solventi: note per restauratori*, Centro di Studi per la Conservazione della Carta, 1989.

PULIZIA MECCANICA

- P.N. BANKS, *Paper cleaning*, in «Restaurator», n. 1, 1969, pp. 52-66.
- J. COWAN, *Dry methods for surface cleaning of paper*, Canadian Conservation Institute, Ottawa 1986.
- C. FEDERICI, M. HEY, F.S. DI LAPIGIO, *Conservazione e restauro delle opere d'arte su carta. I procedimenti di*

- pulitura*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1984-1985, pp. 57-74.
- K. McINNIS, *Study 2: dry cleaning of paper*, in «Institute for the Conservation of Cultural Material. Bulletin», vol. 6, n.2, June 1980, pp. 43-52.
- E.J. PEARLSTEIN, D. CABELLI, A. KING, N. INDICTOR, *Effects of eraser, treatment on paper*, in «Journal of the A.I.C.», n. 22/1982, pp. 1-12.
- Science for conservators. Book 2. Cleaning*, Crafts Council, London 1983.

RINSALDO E SPIANAMENTO

- AA.VV., *Adhesives and coatings*, Crafts Council, London 1983.
- AA.VV., *The aging behavior of impregnating agent-paper systems as used in paper conservation*, in «Restaurator», vol. 2, n. 1, 1972, pp. 5-23.
- AA.VV., *Changes in paper surface morphology caused by resizing treatments*, in «Restaurator», vol. 11, n. 4, 1990, pp. 219-235.
- AA.VV., *Etude de la stabilité d'un produit de doublage de documents: l'area bonded fibre*, in «Nouvelles de l'ARSAG», n. 4, Juillet 1988, pp. 7-8.
- Adhésifs et consolidants*, Paris, X^e Congrès International, 2-7 septembre 1984.
- M.G. BLANK, *The effect of polymer additives on the strength of paper of different compositions*, in «Restaurator», vol. 2, nn.3-4, 1978, pp. 155-162.
- D.W.G. CLEMENTS, *Emerging technologies-paper strengthening*, in «Restaurator», vol. 8, nn. 2-3, 1987, pp. 124-128.
- Controllo della velatura a secco eseguita con carta giapponese «502» preventivamente trattata con «Primal AC*

- 34» e «*Primal AC 61*», in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1978-1979, pp. 204-207.
- P. CRISOSTOMI, M. PLOSSI ZAPPALÀ, *Alcune applicazioni nelle tecniche di restauro di polimeri sintetici puri*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro, Quaderni», 1, 1983, pp. 57-76.
- I.L. ECKMANN, *The lining of a super sized contemporary drawing*, in «A.I.C. Preprints», 1985, pp. 36-43.
- D.M. EVETTS, A. LOCKWOOD, N. INDICTOR, *Evaluation of some impregnating agents for use in paper conservation*, in «Restaurator», vol. 10, n. 1, 1989, pp. 1-15.
- C. FEDERICI, L. ROSSI, *Manuale di conservazione e restauro del libro*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1983.
- F. GALLO, *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri. VI. Saggi su collanti puri o addizionati di fungicidi*, in «Bollettino dell'Istituto di Patologia del Libro», gennaio-giugno 1969, pp. 9-47.
- F. GALLO, C. MARCONI, *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri. VII. Saggi su materiali impiegati per la velatura a secco*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1982-1983, pp. 49-60.
- B.J. HUMPHREY, *The application of parylene conformal coating technology to archival and artifact conservation* in «Studies in conservation», vol. 29, n. 3, August 1984, pp. 117-123.
- Id., *Paper strengthening with gas-phase parylene polymers: practical considerations*, in «Restaurator», vol. 11, n. 1, 1990, pp. 48-68.
- M. HUXTABLE, P. WEBBER, *Some adaptations of oriental techniques and materials used in the prints and drawings conservation department of the Victoria and Albert Museum*, in «The paper conservator», vol. 11, 1987,

pp. 46-57.

- J. MCAUSLAND, P. STEVENS, *Techniques of lining for the support of fragile works of art on paper*, in «The paper conservator», vol. 4, 1979, pp. 33-44.
- K. MIZUSHIMA KEYES, *A method of conserving a work of art on a deteriorated thin surface laminate*, in «The paper conservator», vol. 10, 1986, pp. 10-17.
- Modern Art: the restoration and techniques of modern paper and paints*, The United Kingdom Institute of Conservation, London 1989.
- Problems of conservation in museums. Problèmes de conservation dans les musées*, Ed. Eyrolles – G. Allen & Unwin Ltd, Paris-London 1969.
- P. RAVINES, N. INDICTOR, D.M. EVETTS, *Methylcellulose as an impregnating agent for use in paper conservation*, in «Restaurator», vol. 10, n. 1, 1989, pp. 32-46.
- M. REGNI, *Restauro di un manoscritto cartaceo già velato con la seta*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1978-1979, pp. 169-189.
- L. RESIDORI, M. BORTOLANI, P. RONCI, *Indagine comparata sulle caratteristiche del Calaton, del Paraloid e del PVA come agenti di rinforzo dei materiali cartacei*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1982-1983, pp. 103-120.
- L. SANTUCCI, G. MARTINELLI, *Resistenza e stabilità della carta. IX. Collatura con gelatina, alcool polivinilico e ossietilcellulosa; venti anni dopo*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1981, pp. 55-66.
- V. VIÑAS, *Lamination in Spain*, in «The Abbey Newsletter», oct. 1990, vol. 14, n. 6, pp. 109-111.
- O. WÄCHTER, *Paper strengthening. Mass conservation of unbound and bound newspapers*, in «Restaurator», vol. 8, nn. 2-3, 1987, pp. 111-123.
- W. WILSON, K. PARK, J. EDWIN, *Historical survey of research*

- at the National Bureau of Standard on materials for archival records, in «Restaurator», vol. 5, nn. 3-4, 1983, pp. 191-241.
- S.A. YATES, *The conservation of nineteenth-century tracing paper*, in «The paper conservator», vol. 8, 1984, pp. 20-39.
- A. ZAPPALÀ, *Velatura a secco di documenti fragili. Messa a punto di una apparecchiatura per l'impregnazione automatica di carta giapponese*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1978-1979, pp. 93-110.
- M. ZAPPALÀ PLOSSI, L. SANTUCCI, *Resistenza e stabilità della carta. VIII. Indagini sulla collatura*, in «Bollettino dell'Istituto di Patologia del Libro», gennaio-giugno 1969, pp. 97-117.

RATTOPO

- AA.VV., *Conservation of library and archive materials and the graphic arts*, Society of Archivists Inst. of Paper Cons., Butterworths, London 1987.
- H. BANSA, *Computerized leafcasting*, in «Restaurator», vol. 11, n. 2, 1990, pp. 69-94.
- H. BANSA, H. SCHÖNUNG, *Filler for leafcasting*, in «Restaurator», vol. 10, n. 2, 1989, pp. 74-82.
- M. BICCHIERI, C. PROSPERI, *Il restauro meccanico dei documenti cartacei*, in «Rassegna degli Archivi di Stato», XLV, 3(1985), pp. 606-611.
- D. BLUNN, G. PETHERBRIDGE, *Leafcasting. The mechanical repair of paper artefacts*, in «The paper conservator», vol. 1, 1976, pp. 26-32.
- J. BRUCE, *Notes on paper conservation*, The State Library, Queensland 1979.
- A. CLAPP, *Curatorial care of works of art on paper*, Inter-

- museum Conservation Association, Oberlin 1978.
- J. CLARE, F. MARSH, *A dry repair method for islamic illuminated manuscript leaves*, in «The paper conservator», vol. 4, 1979, pp. 3-9.
- R. DU MEER, *Construction of a leaf caster for small laboratories*, in «A.I.C. Preprints», 1978, pp. 67-72.
- C. FEDERICI, L. ROSSI, *Manuale di conservazione e restauro del libro*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1983.
- M. JONES, *Traditional repair of archival documents*, in «The paper conservator», vol. 3, 1978, pp. 9-17.
- F. LECLERC, F. FLIEDER, F. BULLE, L. POURTALÉ, *Leaf-casting of losses in deteriorated paper*, in «The paper conservator», vol. 11, 1987, pp. 22-31.
- F. LECLERC, M. LEROY, *Le colmatage mecanique des papiers d'archives contemporains*, in «Nouvelles de l'AR-SAG», n. 6, juillet 1990, pp. 4-5.
- J. MCAUSLAND, *Facsimile paper repairs for works of art on paper*, in «The paper conservator», vol. 3, 1978, pp. 28-32.
- J. MCINTYRE, *Leaf-casting in the National Library of Scotland*, in «The paper conservator», vol. 11, 1987, pp. 32-35.
- O. McMULLEN, *Paper repair in older printed books*, in «The paper conservator», vol. 3, 1978, pp. 18-27.
- K. MIZUSHIMA KEYES, *A manual method of paper pulp application in the conservation of works of art on paper*, in «The paper conservator», vol. 1, 1976, pp. 33-34.
- M. L. RITZENTHALER, *Archives & manuscripts: conservation. A manual on physical care and management*, Society of American Archivists, Chicago 1983.
- H.W. TRIBOLET, *Rare book & paper repair techniques*, American Association for State and Local History, Nashville 1970.
- D.B. WARDLE, *Document repair*, Society of Archivists, London 1971.

- M.W. BALLARD, N.S. BAER, *Ethylene oxide fumigation: results and risk assessment*, in «Restaurator», vol. 7, n. 4, 1986, pp. 143-168.
- C.A. BRANDT, *Planning an environmentally benign fumigator/freeze dryer for the Provincial Archives of Manitoba*, in «A.I.C. Preprints», 1983, pp. 1-8.
- M. DERSAKISSIAN, M. GOODBERRY, *Experiments with non-toxic anti-fungal agents*, in «Studies in conservation», vol. 25, n. 1, February 1980, pp. 28-36.
- F. FLIEDER, M. DUCHEIN, *Livres et documents d'archives: sauvegarde et conservation*, UNESCO, Paris 1986.
- F. GALLO, *Disinfezione e disinfestazione: problematiche ed esperienze*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale di Patologia del Libro», 1984-1985, pp. 75-96.
- Id., *Esperienze nel campo della disinfezione e disinfestazione del materiale librario*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del libro», 1976-1977, pp. 53-93.
- Id., *I fattori che favoriscono gli attacchi degli agenti biologici nelle biblioteche e negli archivi e i metodi per prevenire ed arrestare tali attacchi*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1980, pp. 195-213.
- F. GALLO, P. GALLO, *Disinfezione dei libri con ossido di etilene e formaldeide*, in «Bollettino dell'Istituto di Patologia del Libro», gennaio-giugno 1971, pp. 35-69.
- N. HICKIN, *Bookworms. The insect pests of books*, Shephard Press, London 1985.
- H. HORÁKOVÁ, F. MARTINEK, *Disinfection of archive documents by ionizing radiation*, in «Restaurator», vol. 6, nn. 3-4, 1984, pp. 205-216.
- R. KOWALIK, *Microbiodegradation of library materials. Part 2. Microbiodecomposition of basic organic library*

- materials*, in «Restaurator», vol. 4, nn. 3-4, 1980, pp. 135-219.
- ID., *Some remarks of a microbiologist on protection of library materials against insects*, in «Restaurator», vol. 3, n. 3, 1979, pp. 117-122.
- R. KOVALIK, I. SADURSKA, *The disinfection of infected stores or rooms in archives, libraries and museums*, in «Bollettino dell'Istituto di Patologia del Libro», gennaio-dicembre 1965, pp. 121-128.
- O.V. KOZULINA, Z.P. BARYSHNIKOVA, *The use of synthetic insecticides against the vermin in books*, in «Restaurator», vol. 2, nn. 3-4, 1978, pp. 191-202.
- K. NESHEIM, *The Yale non-toxic method of eradicating book-eating insects by deep-freezing*, in «Restaurator», vol. 6, nn. 3-4, 1984, pp. 147-164.
- V. NIEVES, *Biodeterioration of library materials disinfection methods and new alternatives*, in «The paper conservator», vol. 10, 1986, pp. 40-45.
- M.G. PLOSSI ZAPPALÀ, *Trattamento della carta con bromuro di metile e formaldeide in erogazione simultanea. Neutralizzazione della formaldeide con ammoniaca gassosa*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», 1973-1974, pp. 43-55.
- L. RESIDORI, P. RONCI, *Preliminary study of the use of ethylene oxide for the sterilisation and disinfestation of books and documents*, in «The paper conservator», vol. 10, 1986, pp. 49-54.
- M. SCORRANO, *La disinfezione e la disinfestazione*, in «Le scienze applicate nella salvaguardia e nella riproduzione degli archivi», Centro di Fotoriproduzione Legislativa e Restauro degli Archivi di Stato, Roma 1989, pp. 135-148.
- R. SMITH, *The use of redesigned and mechanically modified commercial freezers to dry water-wetted books and exterminate insects*, in «Restaurator», vol. 6, nn. 3-

4, 1984, pp. 165-190.

- E. STEWART, *Freeze disinfection of the McWilliams collection*, in «CAN», n. 32, January 1988, pp. 10-11, 25.
- P. TIANO, *Problemi biologici nella conservazione del patrimonio culturale*, in «Kermes. Arte e tecnica del restauro», n. 10, gennaio-aprile 1991, pp. 56-73.
- L. TRIOLO, R. DI TRAPANI, L. SANTUCCI, *Resistenza e stabilità della carta. VII. Trattamento con composti fungicidi*, in «Bollettino dell'Istituto di Patologia del Libro», luglio-dicembre 1968, pp. 207-224.
- N. VALENTIN, F. PREUSSER, *Insect control by inert gases in museums, archives and libraries*, in «Restaurator», vol. 11, n. 1, 1990, pp. 22-33.
- N. VALENTIN, M. LIDSTROM, F. PREUSSER, *Microbial control by low oxygen and low relative humidity environment*, in «Studies in conservation», vol. 35, n. 4, November 1990, pp. 222-230.

SCHEDA DI RESTAURO

- J. ABT, *A computer-based approach to conservation administration*, in «A.I.C. Preprints», 1984, pp. 1-10.
- S. BABBI, A. FILIPPINI, N. SCIANNA, *Una proposta di scheda per il restauro di disegni e stampe*, in «IBC-Informazioni», set.-ott. 1986, pp. 37-41.
- I. BOGOVČIČ, *Symboles graphiques dans la documentation concernant la restauration*, 6th Triennial Meeting of the ICOM Committee for Conservation, Ottawa 1981.
- V. BUSCAROLI, *La conservazione dei materiali bibliografici e archivistici*, in «IBC-Informazioni», set.-dic. 1985, pp. 41-47.
- A. CAINS, *Book conservation workshop manual. Part fire: specification and observation*, in «The new bookbinder», vol. 4, 1984, pp. 61-81.

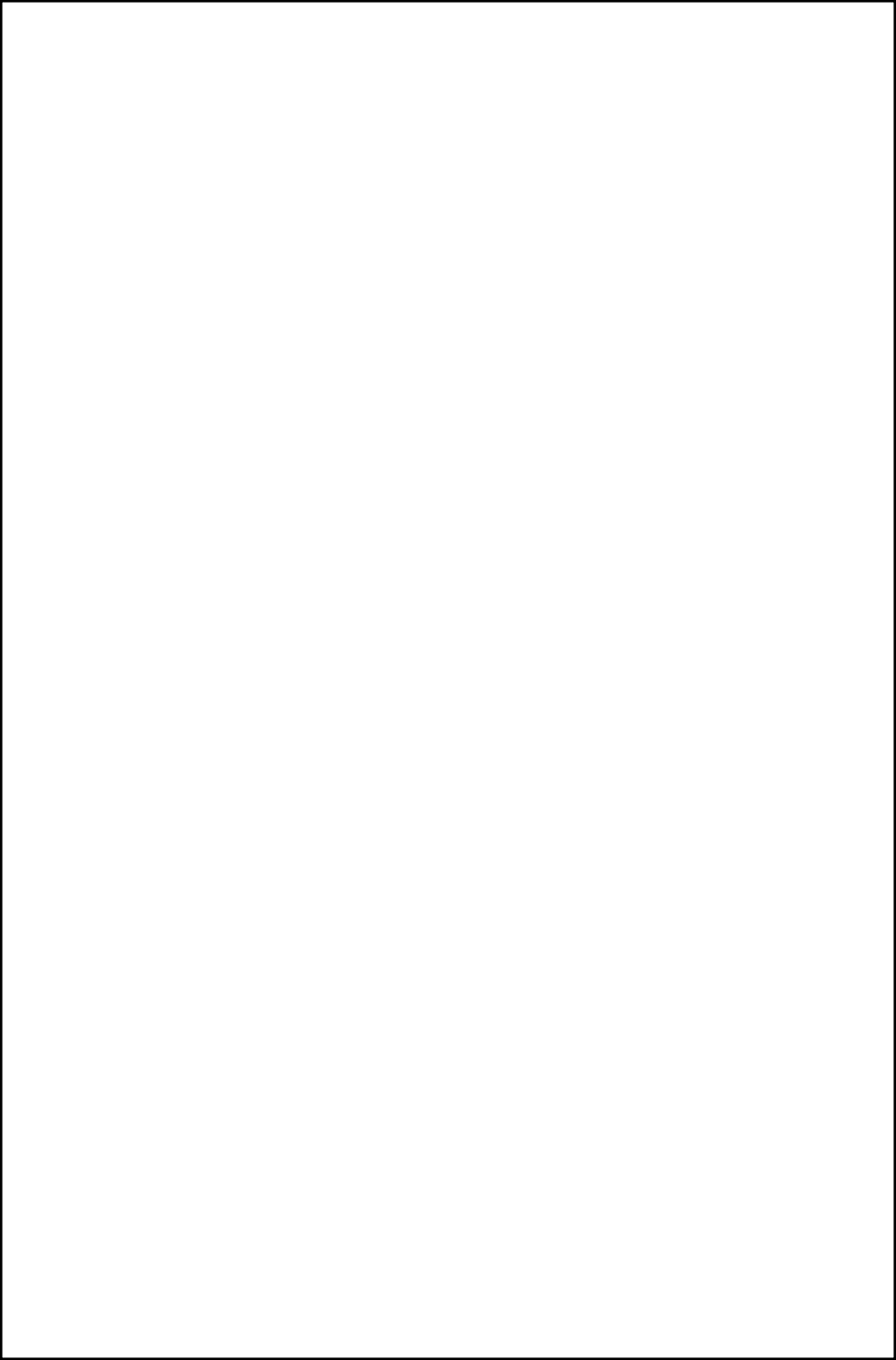
- M. COPEDÉ, *Il laboratorio di restauro del Gabinetto Vieusseux di Firenze*, in «La conservazione delle carte antiche», anno I, n. 1/1981, pp. 17-20.
- M. FILETI MAZZA, G. RASARIO, M.G. VACCARI, *Organizzazione informatica della scheda di restauro*, in «OPD Restauro», 2, 1990, pp. 49-66.
- M. LYNN, *Archives & manuscripts: conservation. A manual on physical care and management*, Society of American Archivists, Chicago 1983.
- Oltre il testo. Unità e strutture nella conservazione e nel restauro dei libri e dei documenti*, Istituto per i Beni Artistici Culturali Naturali della Regione Emilia Romagna, Bologna 1981.
- L. ROSSI, G. GUASTI, *Dal restauro alla conservazione. La gestione del patrimonio librario*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1987.

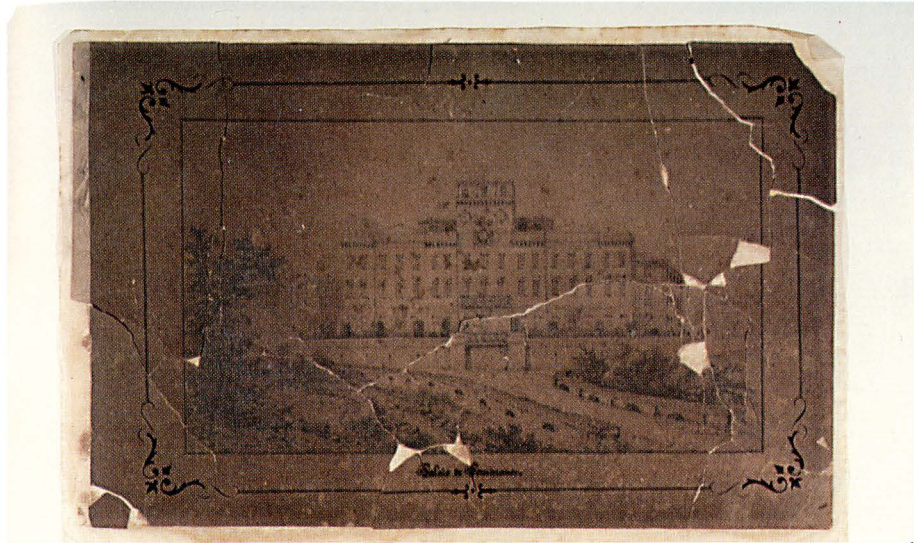
PERIODICI SPECIALIZZATI

- «The Abbey Newsletter: Bookbinding and Conservation», Abbey Publications, 320 E. Center St., Provo, UT 84606 (801/373-1598), USA.
- «Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro», Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, P.za Verdi 10, 00100 Roma.
- «Conservation Administration News», The University of Tulsa, McFarlin Library, 600 South College Avenue, Tulsa, Oklahoma 74104, USA.
- «Conservation News», International Council on Archives. Conservation Committee, 11-A/37 Western Extension, Karol Bagh, New Delhi 110005, India.
- «La conservazione delle carte antiche», Biblioteca Trivulziana, Castello Sforzesco, 20121 Milano.
- «International Preservation News», The Library of Congress,

- IFLA PAC Core Programme, National Preservation
Program Office, Washington, D.C. 20540, USA.
- «Library Conservation News», British Library. National
Preservation Office, Great Russell Street, London WC1B
3DG, Inghilterra.
- «Nouvelles de l'ARSAG», A.R.S.A.G., 36 rue Geoffroy
Saint-Hilaire, 75005 Paris, Francia.
- «The Paper Conservator» e «Paper Conservation News»,
The Institute of Paper Conservation, Leigh Lodge,
Leigh, Worcestershire, WR6 5LB, Inghilterra.
- «Restaurator», Munksgaard International Publishers, 35
Nørre Søgate, Postbox 2148, DK-1016 Copenhagen K,
Danimarca.

TAVOLE



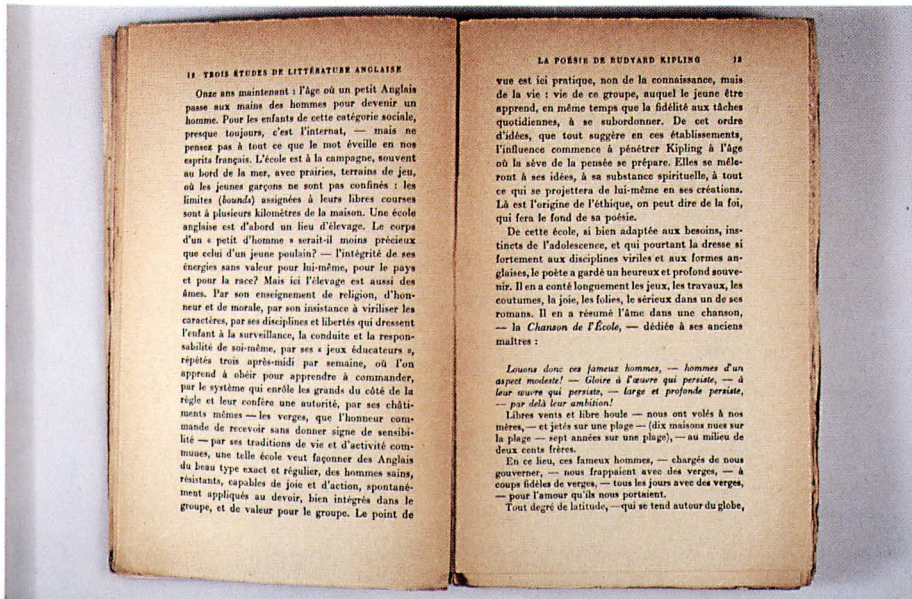


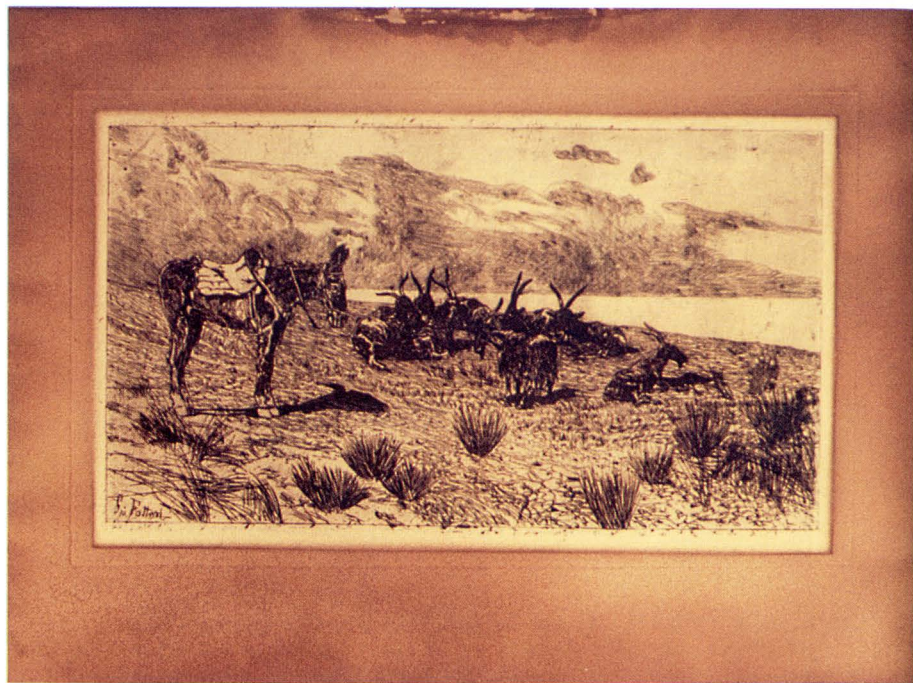
1

1. Carta a macchina di pasta stracci della seconda metà del 1800, recante un disegno a matita nera. La carta si presenta fortemente imbrunita e fragile a causa di una o più sostanze introdotte nella sua fabbricazione.

2. Carta di un libro del 1921, contenente una percentuale di pasta meccanica, imbrunita, con una più forte accentuazione lungo i margini per un maggior assorbimento delle sostanze inquinanti dell'atmosfera.

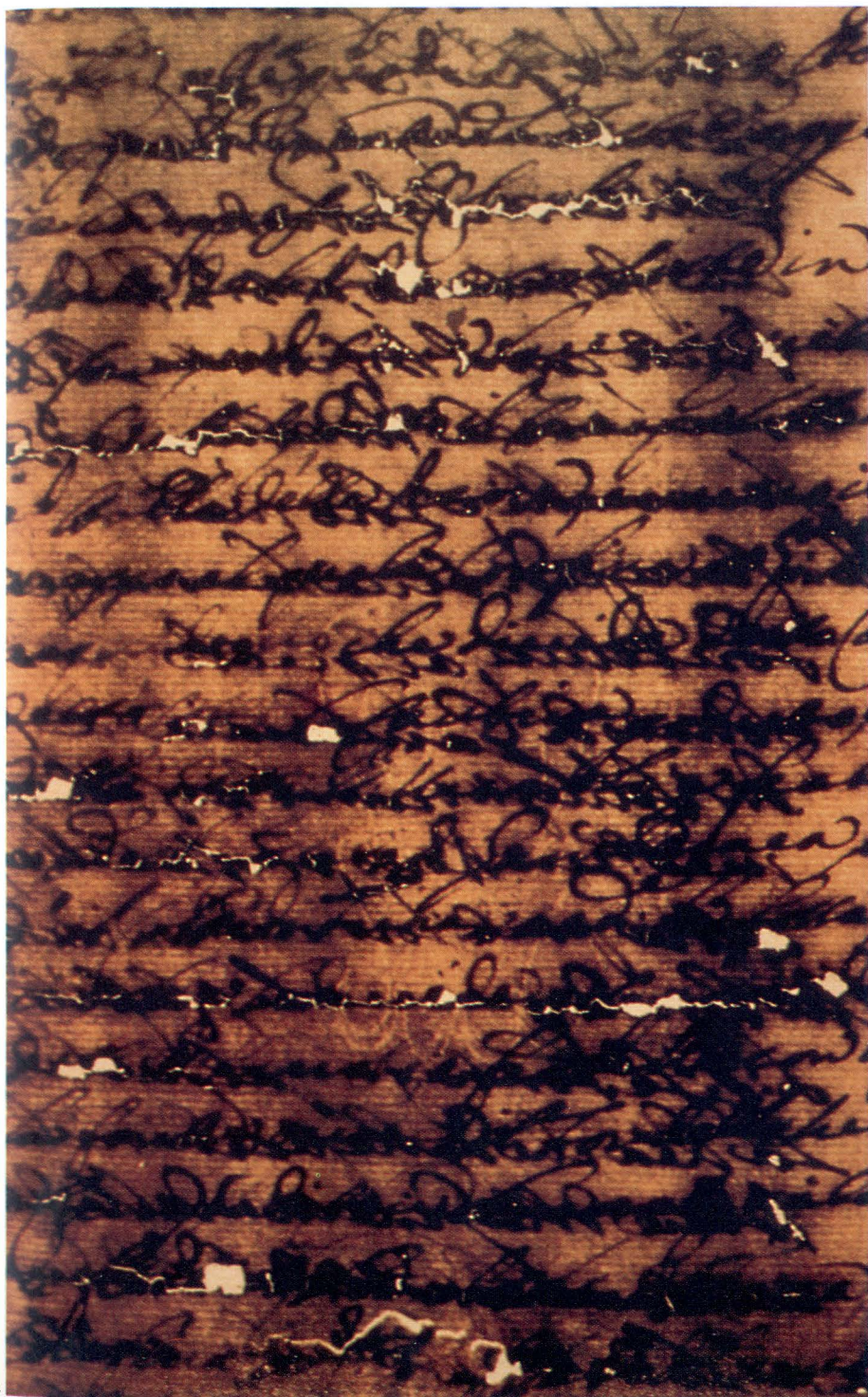
2





3

3. Stampa (di G. Fattori) molto imbrunita nei margini per il contatto con un cartone di pasta meccanica (molto acido) usato come passepartout.
4. Manoscritto della metà Ottocento con la carta perforata per la presenza di inchiostro (metallotannico) molto acido.





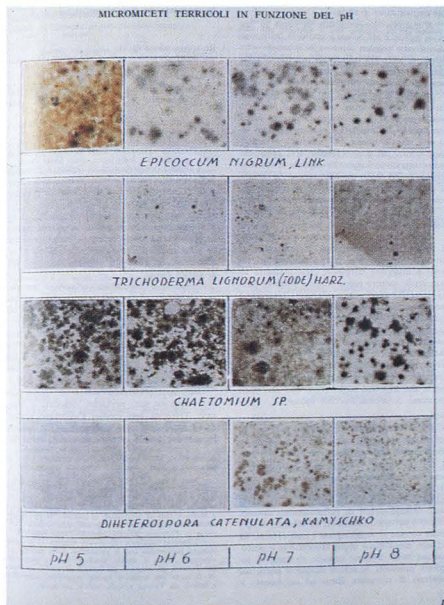
5

5. Volume manoscritto del XVII secolo completamente distrutto dai microrganismi. Il documento è stato conservato per lungo tempo in un ambiente molto umido.

6. Variazione del colore delle maculature prodotte sulla carta da alcuni micromiceti in funzione del pH (da O. Verona, M. De Bertoldi, *Annotazioni su di alcuni funghi del terreno causa di alterazioni maculicole della carta*, in «Cellulosa e Carta», vol. 11, nov. 1970).

7. Particolare di ife miceliche sulla fibra (X 312).

6



7



Genn. Febb.
AUTORE

Vol IV

1922
Coll. 1922

ARCHIVES DES SCIENCES...

<i>178 Tabbr.</i>	X	8) CONTROLLO PAGINE 11	
		9) RATTOFFO	X
		10) CONTROLLO RATTOFFO	
		11) LEGATORIA	
	X	12) CELLA DI PUNIGAZIONE	
	X	13) LAVORAZIONE INTERROTTA	
		per.....	
		BUSTE ALLEGATE	
		SPIANAMENTO	

Matteo

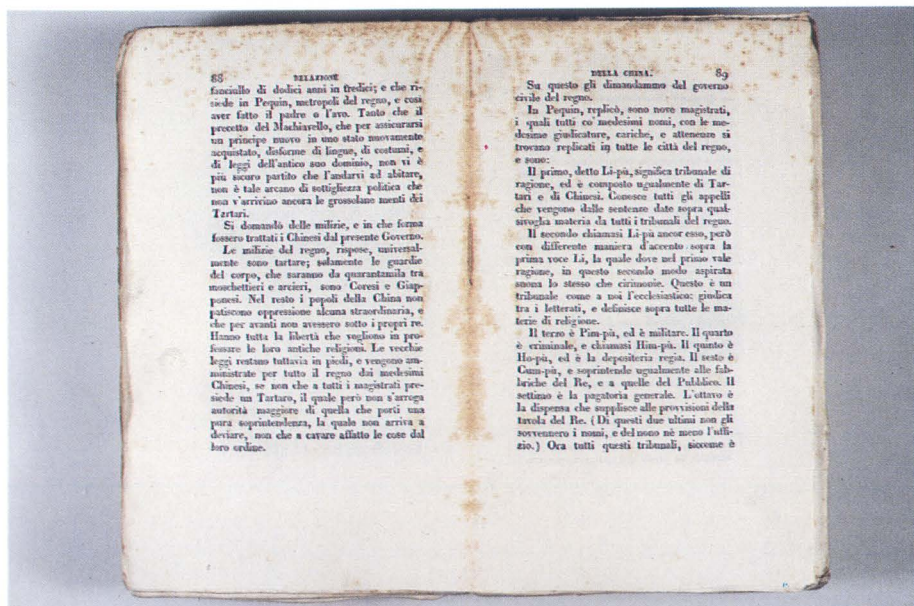
Vagjell.

8

8. Imbrunimento e macchie brune (foxing) in una parte di carta esposta per dieci anni alla luce ed alla polvere. Il degrado è stato provocato da luce indiretta e molto tenue.

9. Macchie brune (foxing) formatesi in alcune carte di un libro e causate dalla penetrazione di polvere tra le pagine.

9



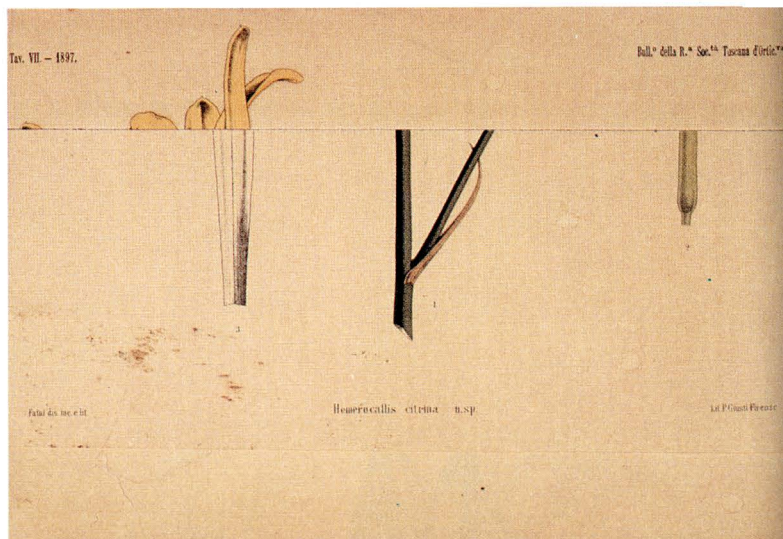
10. Disegno a tempera (fine Ottocento) conservato arrotolato ed accatastato, in un ambiente con condizionamento non idoneo. Come si può vedere presenta con ampie lacerazioni e ondulazioni.

11. Una stampa del 1897, con il foglio piegato, fortemente imbrunita per esposizione alla luce.

12. La stessa stampa della fig. 11 con il foglio aperto. Si nota chiaramente il forte imbrunimento avvenuto nella parte esposta.



10



11



Tab. VII - 1897

Hemerocallis citrina R. Sp.

La F. G. Foresti



13

13. Imbrunimento dovuto per l'esposizione alla luce solare delle copertine di libri conservati in una scaffalatura. La carta celeste prima di imbrunirsi ha subito una decolorazione.



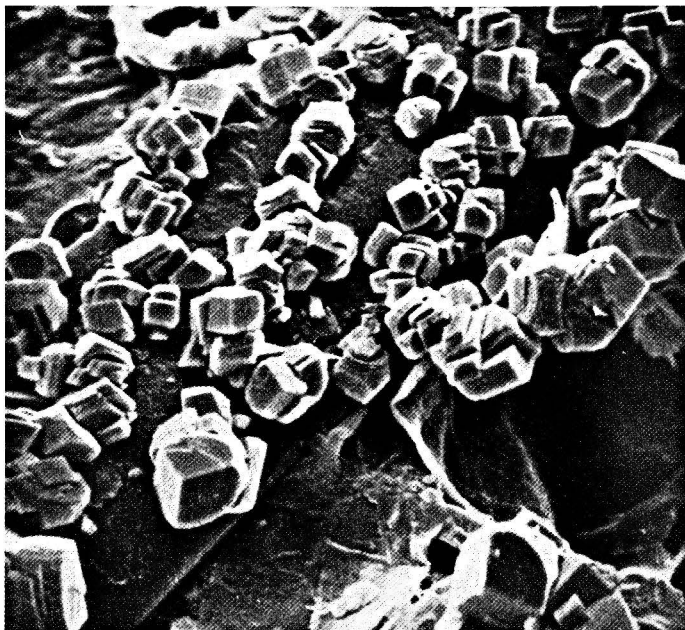
14

14. Carta perforata da insetti.

15. Vecchi rammendi in un libro che, per l'alterazione della colla vegetale utilizzata, si sono imbruniti, causando macchie e danni anche alla carta del volume.

15



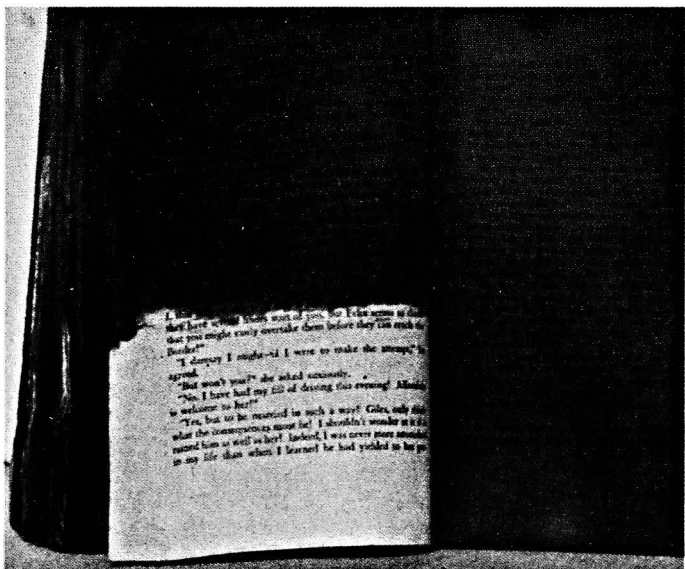


16

16. Cristalli di carbonato di calcio depositati tra le fibre di cellulosa dopo l'intervento di deacidificazione.

17. Risultato di smacchiamento con solvente. La parte inferiore della carta è stata *tamponata* con tricloroetilene (il libro dal quale è stata tratta la carta è stato investito dalla nafta durante l'alluvione di Firenze).

17

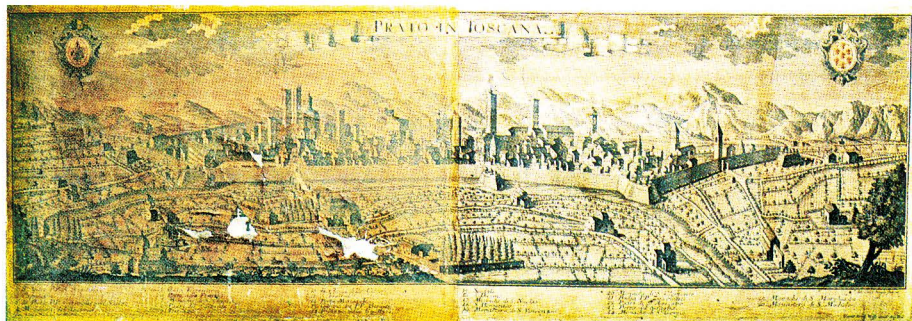




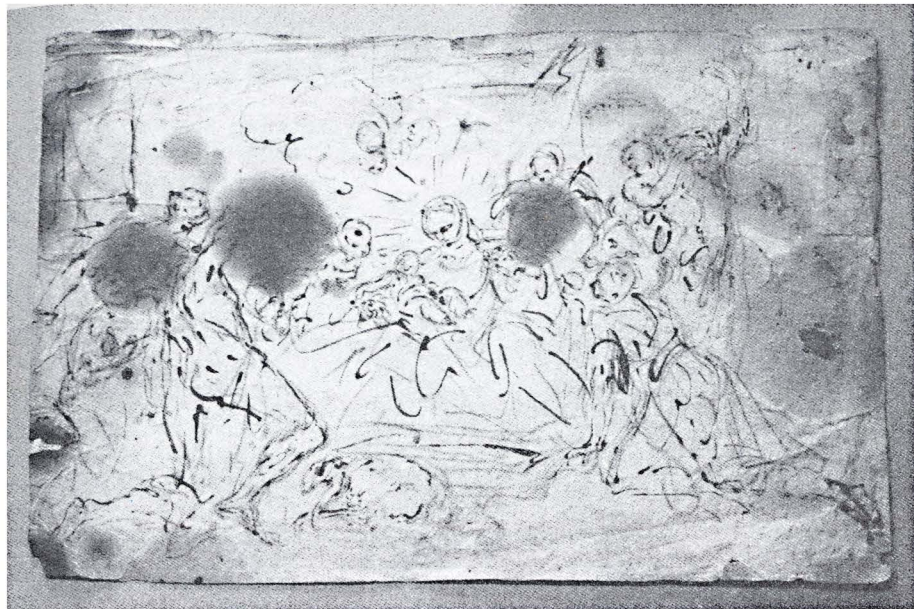
18

18. Operazione di smacchiamento con solvente per tamponamento operate all'interno di una cappa aspirante.

19. Stampa con un saggio di pulitura con solvente di una vernice sovrammessa ossidata.



19



20

20. Disegno a penna e matita nera con macchie brune di olio.

21. Lo stesso disegno di fig. 20 dopo smacchiamento meccanico e chimico eseguito con ammoniacà.

21





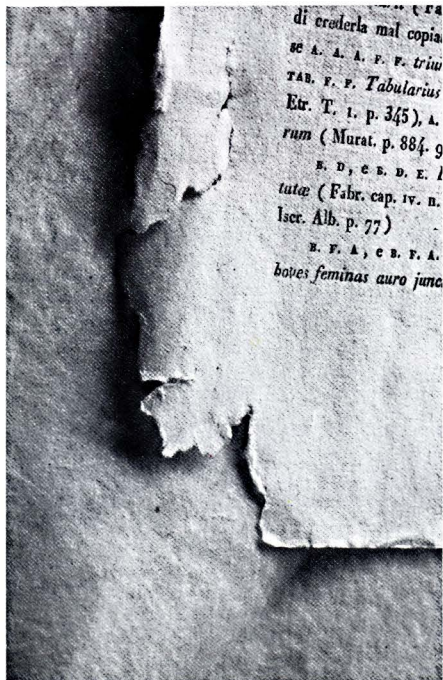
24

24. A sinistra disegno con lacune causate da camminamenti di insetti. A destra i risultati ottenuti sullo stesso disegno dopo il restauro.

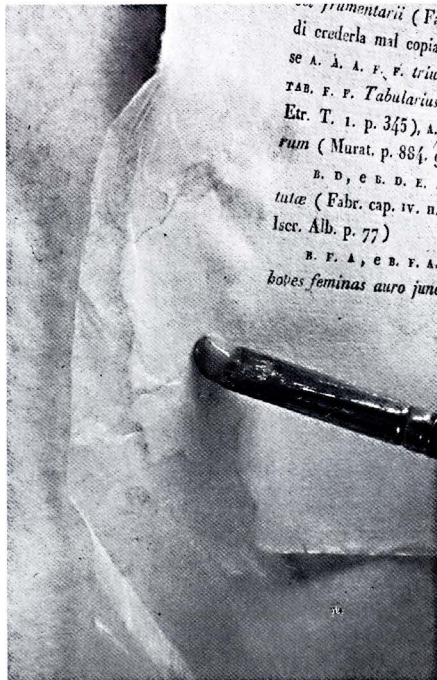
25. Lacuna in una carta di libro.

26. La stessa carta durante la fase del rattoppo mentre viene incollata la velina di supporto.

25



26



di eroderla mal copia
 se A. A. A. F. F. triu
 TAB. F. F. Tabularius
 Etr. T. 1. p. 345), A.
 rum (Murat. p. 884. 9
 B. D., C. E. D. E. I
 tute (Fabr. cap. iv. n.
 Iscr. Alb. p. 77)
 B. F. A., C. E. F. A.
 boves feminas auro juna

mentarii (F
 di eroderla mal copia
 se A. A. A. F. F. triu
 TAB. F. F. Tabularius
 Etr. T. 1. p. 345), A.
 rum (Murat. p. 884. 9
 B. D., C. E. D. E. I
 tute (Fabr. cap. iv. n.
 Iscr. Alb. p. 77)
 B. F. A., C. E. F. A.
 boves feminas auro juna

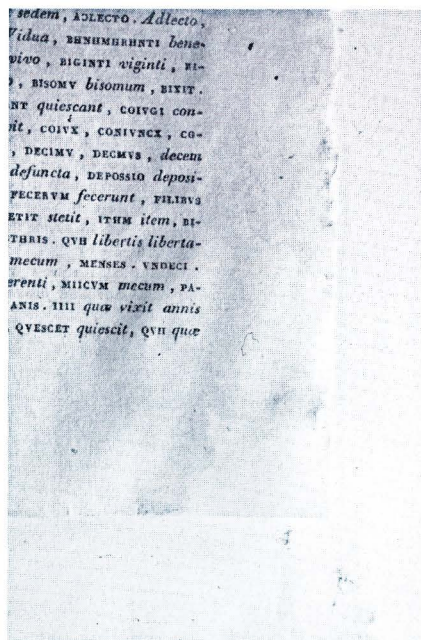


27

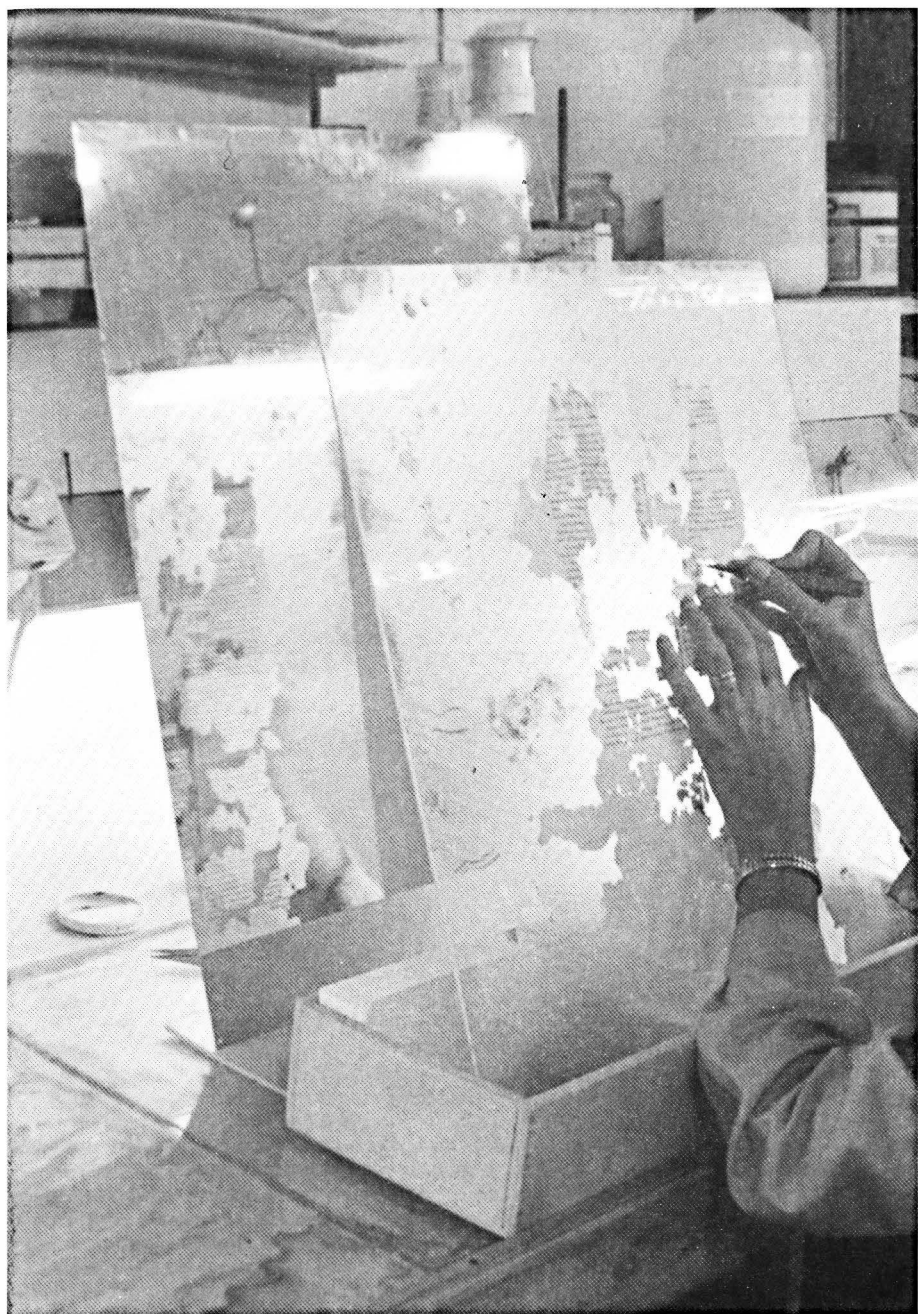
27. Preparazione di una sagoma di carta giapponese per la reintegrazione della lacuna.

28. La lacuna mostrata nella fig. 26 dopo il restauro.

29. Ricomposizione di una carta stampata molto frammentata. I frammenti sono posizionati incollandoli su di una velina fatta aderire ad un vetro; uno specchio permette la visione del verso della carta facilitando in tal modo l'individuazione della posizione.

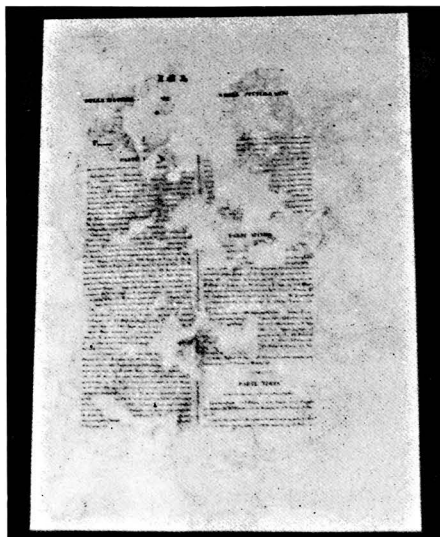


28

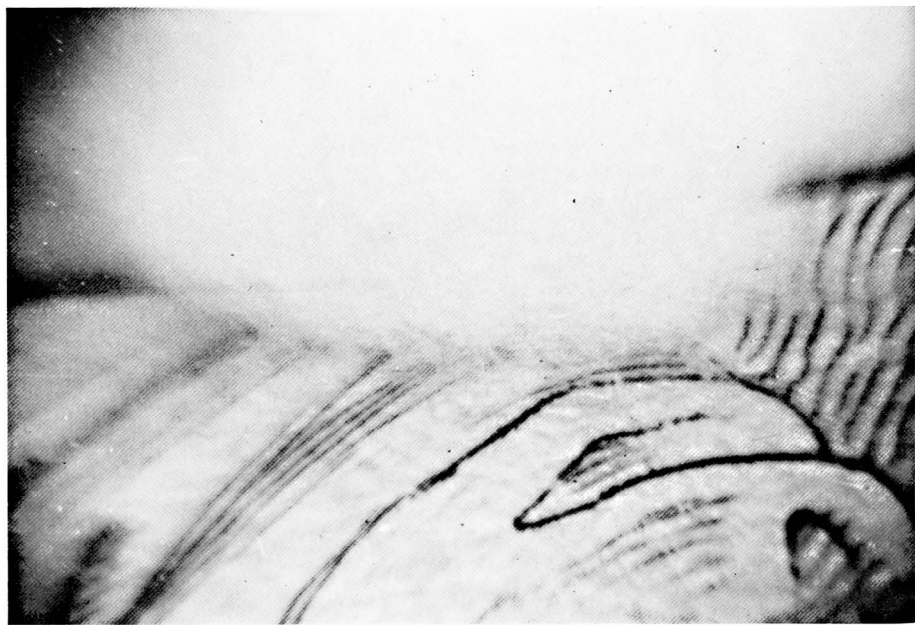


30. La stessa carta fotografata della fig. 29, dopo il restauro.

31. Ingrandimento del punto di congiunzione di una protesi in carta giapponese con la carta (stampa) originale.

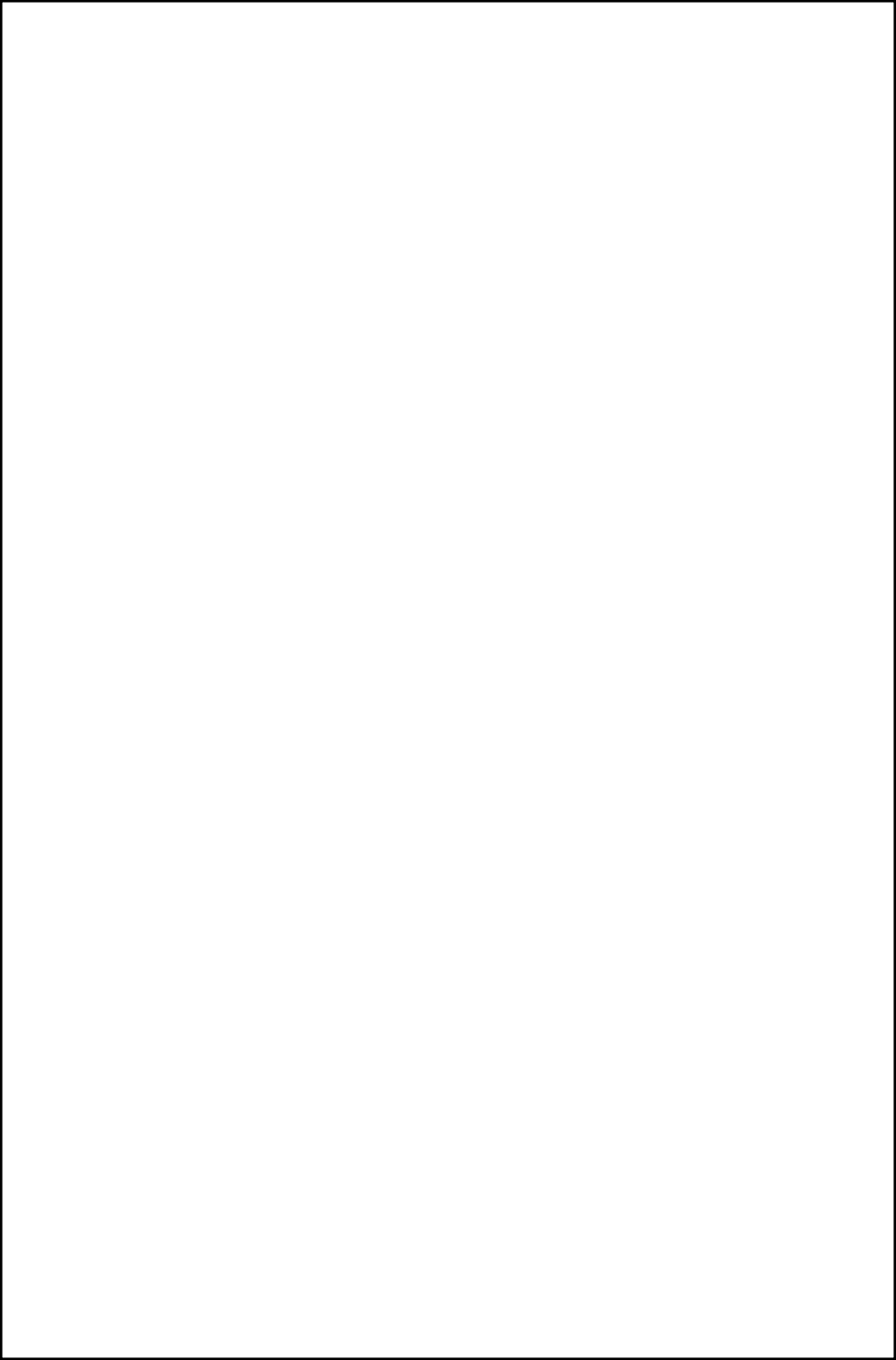


30



31

INDICE



Premessa	Pag.	5
----------------	------	---

Capitolo I

LA FABBRICAZIONE DELLA CARTA

Il materiale carta	7
La carta nel periodo preindustriale	9
<i>Origine</i>	9
<i>La materia prima</i>	11
<i>La preparazione della pasta</i>	12
<i>La formazione del foglio</i>	16
<i>La filigrana</i>	20
<i>La pressatura</i>	22
<i>La collatura</i>	24
<i>La lisciatura</i>	26
La carta preparata a macchina e l'industrializzazione delle cartiere	28
La macchina continua in piano	30
La macchina continua a cilindro	33
La collatura	34

La nuova materia prima	Pag. 36
La carta riciclata	41
Gli additivi	42
I cartoni	44
Fabbricazione della carta. Date essenziali ...	46
Bibliografia essenziale (Cap. I)	48

Capitolo II

IL DEGRADO DELLA CARTA

Meccanismi generali di degrado	51
Natura dei materiali	67
Condizionamento ambientale	69
Uso	78
Eventi eccezionali e imprevedibili	79

Capitolo III

IL RESTAURO

Introduzione	81
Deacidificazione	88
Lavaggio	95
Smacchiamento/imbiancamento	99
Pulitura meccanica	107
Rinsaldo e spianamento	108
Rattoppo	112

Disinfezione e disinfestazione	117
Scheda di restauro	119
Bibliografia essenziale (Capp. II e III)	125
Tavole	143

Quanti amano il libro e l'arte e quanti operano con ogni tipo di documento e prodotto di carta, trovano in questo volume un'informazione generale per individuare e comprendere le cause, molteplici ed interconnesse, che concorrono al degrado delle opere cartacee. Dalla considerazione delle diverse fasi tecniche della produzione della carta e dei meccanismi di degrado – alcuni generali altri eccezionali e di difficile previsione – il lettore è portato nel vivo delle possibilità operative che oggi esistono per conservare e restaurare il materiale carta nelle sue diverse forme. L'ampio corredo bibliografico aiuta con precisione a reperire gli approfondimenti tematici necessari nell'affrontare un campo di intervento che è ormai altamente specializzato. Al termine del volume viene presentato il modello per la "Scheda di restauro", strumento già adottato da vari istituti, al fine di giungere alla formazione di un significativo archivio generale.

Maurizio Copedé è responsabile del Servizio conservazione del Gabinetto Scientifico Letterario G.P. Vieusseux e dirige l'annesso laboratorio di restauro. Collabora con l'Istituto per l'Arte ed il Restauro di Firenze per i corsi accademici di restauro della carta.

Autore di numerose pubblicazioni è stato, dopo l'alluvione di Firenze del 1966, uno dei protagonisti dei lavori di studio e coordinamento per le nuove metodologie di intervento che portarono alla nascita del moderno restauro dei materiali cartacei.

ISBN 88-404-4013-5



9 788840 440132

€ 15.00