

MAURO BERNABEI<sup>1</sup>

## *Strumenti di indagine diagnostica nello studio delle opere d'arte in legno*

### *Introduzione*

Lo studio di un'opera d'arte, intesa in senso lato come manufatto di interesse storico-artistico, coinvolge molte discipline scientifiche che solitamente vengono prese in considerazione a seconda che si vogliono approfondire aspetti di tipo conservativo, storico, etnografico, antropologico, ecc. La chimica, ad esempio, si dimostra uno strumento fondamentale nello studio degli strati pittorici e la microelettronica si presta a importanti applicazioni per quanto riguarda il monitoraggio delle opere. Considerare, dunque, un'opera d'arte nei suoi diversi aspetti è sempre un'operazione complessa che trova grande vantaggio nelle diverse specifiche competenze. In questo contesto lo studio dei manufatti in legno da un punto di vista tecnologico riveste un ruolo di primaria importanza.

La sede IVALSA di S. Michele all'Adige, del Consiglio Nazionale delle Ricerche, sta portando avanti ricerche legate alla valorizzazione del legname del Trentino, fornendo nel contempo un utile riferimento alle industrie locali operanti nel settore.

Da qualche tempo, con l'avvio di progetti mirati finanziati dalla Provincia Autonoma di Trento, l'Istituto di San Michele ha iniziato la sua attività di ricerca nel campo dell'arte lignea. In questo modo l'Istituto va a colmare il vuoto esistente in ambito locale nel campo dello studio tecnologico del legno di manufatti di interesse storico artistico.

Il territorio Trentino più di altri, infatti, è ricchissimo di pregevoli opere in legno che vanno dall'architettura, alle sculture policrome, agli altari, ai cassoni e alle cassepanche e in generale a tutti quei manufatti dove, oltre alla funzione utilitaria, è evidente una decisiva componente estetica.

Le presenti pagine hanno l'obiettivo di far conoscere quali sono gli strumenti di indagine diagnostica attualmente impiegati presso la sede IVALSA di S. Michele nello studio delle opere d'arte in legno.

### *La determinazione della specie legnosa*

Il riconoscimento della specie legnosa rappresenta il passo fondamentale per molte delle successive fasi di studio dell'opera, sia per quanto riguarda gli aspetti conservativi sia altri aspetti di tipo conoscitivo (Fig. 1).

Ogni intervento di conservazione, manutenzione e restauro non può prescindere dall'esatta conoscenza delle specie che costituiscono l'opera sia per questioni di carattere tecnico (a ogni specie corrispondono caratteristiche tecnologiche peculiari) sia per questioni di tipo filologico legate al rispetto delle scelte operate dall'artigiano/artista.

In più, identificare le specie legnose impiegate in un manufatto ci da un segno del grado di conoscenze tecnologiche in possesso dell'artigiano/artista che ci inquadrano in maniera spesso determinante un ambito culturale, un contesto sociale.

<sup>1</sup> Lavoro svolto nell'ambito dei progetti finanziati dal Fondo Unico per la Ricerca della Provincia Autonoma di Trento.



Fig. 1 - L'Annunciazione dell'Olivieri (Castello del Buonconsiglio, Trento) in legno di salice.

Le varie specie legnose, infatti, hanno proprietà differenti che ne determinano l'attitudine ai diversi impieghi. Le principali caratteristiche distintive sono il colore, l'aspetto (che comprende tessitura, fibrazione e venatura), la densità, la stabilità dimensionale, la durabilità naturale (termine tecnico che riguarda la capacità di una specie di durare nel tempo senza trattamenti particolari), l'omogeneità, la lavorabilità.

Numerosi sono i documenti storici e letterari che ci indicano come fin dai tempi più antichi tali proprietà fossero ben conosciute e come ciascuno dei diversi legni fosse opportunamente impiegato. Basta osservare il corredo ligneo della mummia del Similaun, risalente a circa 5.300 anni fa (nella datazione della mummia ha decisamente contribuito la dendrocronologia!), che dimostra come l'uomo del neolitico avesse delle conoscenze tecnologiche veramente sorprendenti. Per citare solo alcuni dei legni impiegati (SULZENBACHER, 2001): il nocciolo, curvato nella struttura di una "gerla" e utilizzato nella struttura della faretra; il frassino nel manico del pugnale; il tiglio nell'impugnatura di uno degli strumenti più importan-

ti ovvero il "ritoccatore", utile per affilare le schegge di pietra; il tasso per il manico dell'ascia e per l'arco; getti lunghi e diritti di viburno scortecciato per le frecce. Appare evidente come ogni legno sia impiegato in funzione delle caratteristiche tecnologiche che di volta in volta diventano determinanti: resistenza ed elasticità per il frassino e il tasso, lavorabilità per il tiglio, flessibilità e curvabilità per il nocciolo, ecc.

La capacità dell'uomo di utilizzare i diversi legni negli specifici impieghi diventa così un importante segno di civiltà (cfr. UZIELLI, 1994).

L'identificazione della specie legnosa avviene solitamente secondo due metodi: esame macroscopico e/o esame microscopico.

Nell'esame macroscopico vengono presi in considerazione la presenza di durame differenziato, il colore, la venatura, la presenza di particolari elementi anatomici ben riconoscibili a occhio nudo (grandi raggi pluriseriati, anello poroso, ecc.), le anomalie o i difetti, l'odore, la densità, la durezza. Sebbene avere una certa esperienza nell'individuazione di tali caratteristiche sia molto utile, nella maggior parte dei casi si preferisce comunque far seguire l'indagine microscopica all'esame macroscopico.

Nell'esame microscopico si preleva con un bisturi un piccolo frammento di legno in zone non a vista delle opere. Poi in laboratorio si procede alla caratterizzazione anatomica del frammento, impiegando indifferentemente il microscopio ottico o il microscopio elettronico a scansione (SEM). La specie si determina in base a delle guide, ormai molto numerose e in formato sia cartaceo che digitale. Come esempio si riportano la guida del Nardi Berti (1979), valida per le specie arboree italiane, e quella di Schweingruber (1990), valida per le specie arboree e arbustive europee.

### *La datazione dendrocronologica*

La validità della dendrocronologia, scienza che si occupa della collocazione temporale degli anelli annuali di accrescimento degli

alberi, è oggi ampiamente riconosciuta. Infatti, tale disciplina ha oramai superato la fase di standardizzazione delle metodologie e di validazione dei risultati ed è divenuta un potente strumento con applicazioni in diversi ambiti della ricerca che vanno dalle ricostruzioni climatiche allo studio dell'ecologia, alla ricostruzione dei movimenti dei ghiacciai.

La datazione dendrocronologica è uno strumento indispensabile ai fini di una collocazione temporale delle opere d'arte in legno, attraverso l'identificazione del *terminus post quem*.

Determinare il *terminus post quem* di un manufatto significa stabilire una data prima della quale l'opera non può essere stata realizzata. Tale data corrisponde all'ultimo anello leggibile sul manufatto. Per ottenere una collocazione temporale si realizzano delle cronologie sul manufatto che vengono poi confrontate con cronologie campione di riferimento valide possibilmente per la stessa specie e per lo stesso ambito geografico. Quando la sincronizzazione statistica e visuale è elevata e il confronto con più di una cronologia di riferimento coincide con lo stesso anno, allora con ogni probabilità la cronologia del manufatto risulta datata.

Le cronologie di riferimento, costruite su un numero elevato di campioni, coprono per alcune regioni dell'Europa un arco temporale ininterrotto di circa 10.000 anni. Nel Trentino è possibile utilizzare cronologie utili ai fini della datazione lunghe più di 1.000 anni.

Il progetto di datazione dendrocronologica sviluppato in Trentino dall'IVALSA/CNR, con il supporto della Soprintendenza per i Beni Storico Artistici, ha come obiettivi:

- la datazione dendrocronologica di manufatti lignei di interesse storico e artistico del Trentino
- la realizzazione di un database di cronologie di riferimento valide per il Trentino.

Alla fine del primo anno di attività sono stati datati alcuni manufatti (BERNABEI, NEGRI, 2003), le cui cronologie vanno a incrementare l'archivio già in possesso dell'IVALSA/CNR (Fig. 2).



Fig. 2 - Statua di S. Corona in legno di pino cembro, datata dendrocronologicamente al 1823.

Infine, merita sottolineare come la datazione dendrocronologica dia i risultati migliori quando inserita in un quadro più complesso di studio dell'opera, in un rapporto di stretta cooperazione tra i vari studiosi. Anche se idealmente le datazioni fornite dal dendrocronologo dovrebbero essere completamente indipendenti da ogni considerazione archeologica, un rapporto di collaborazione tra storico e dendrocro-

nologo consente di capire e possibilmente risolvere i problemi connessi ai limiti delle competenze specifiche (ECKSTEIN, 2001).

### *Degrado del legno di origine biotica*

In genere, il legno non subisce gravi alterazioni nelle sue proprietà fisico-meccaniche per il solo trascorrere del tempo se non intervengono fattori biotici o abiotici a modificarne le caratteristiche. Per quanto riguarda gli usi strutturali, allo stato attuale delle conoscenze non ci sono prove che legni antichi sottoposti a sollecitazioni di ridotta intensità, risultino indeboliti rispetto a legno antico della stessa origine ma non sollecitato, o rispetto a legno moderno della stessa specie e provenienza (CECCOTTI, UZIELLI, 1989).

Dunque, molti capolavori lignei del passato si presentano fortemente danneggiati esclusivamente a causa delle condizioni di conservazione che hanno favorito il degrado del legno ad opera di agenti sia biotici che abiotici.

I principali agenti di degradazione biotica del legno sono gli insetti, i funghi, i batteri e, nel legno sommerso, alcuni organismi marini. L'attività di tali agenti degradatori è molto influenzata dalle condizioni di temperatura e umidità dell'ambiente in cui il manufatto è conservato e quindi dalle condizioni di temperatura e umidità del legno stesso.

L'azione dei batteri è trascurabile sul legno conservato in condizioni aerobiche, ma diventa importante nel caso di legni sommersi o sepolti in condizioni di scarsa presenza di ossigeno. L'attività di degrado iniziale da parte dei batteri sembra esercitarsi principalmente sulle membrane delle punteggiature, successivamente il legno che rimane a lungo in condizioni di scarsa aerazione viene distrutto nella sua componente cellulosa. Recentemente sono stati descritti i differenti modi in cui avvengono gli attacchi batterici e sono stati distinti in tre gruppi a seconda della loro azione sulla parete cellulare: batteri che formano tunnel nella parete secondaria fino a degradare an-

che la lamella mediana, batteri che generano erosione nella parete secondaria con la distruzione di cellulosa ed emicellulose e batteri che generano cavità di piccole dimensioni e forma irregolare nella parete secondaria (BLANCHETTE, 2000).

Gli animali marini che attaccano il legno sono alcuni generi appartenenti ai molluschi e ai crostacei. Ai molluschi appartengono le Tereidini e alcune specie della famiglia *Pholadidae*. Ai crostacei appartengono il genere *Limnoria* e *Chelura*.

Gli insetti xilofagi sono quelli le cui larve vivono nel legno da cui traggono il nutrimento scavando gallerie di varia forma e dimensione a seconda della specie. I legni in opera da lungo tempo non forniscono il giusto nutrimento per le larve visto che sostanze come vitamine e proteine si degradano con il passare del tempo. Soltanto gli Anobidi (*Anobiidae*), i comuni tarli, possono attaccare anche legni molto antichi, perché possiedono nell'apparato digerente dei simbionti che forniscono le vitamine ed gli amminoacidi necessari alle larve. La zona legnosa maggiormente attaccata è l'alburno, caratterizzato da una minore durabilità rispetto al durame.

Altri insetti particolarmente dannosi per gli antichi manufatti in legno sono alcune famiglie appartenenti all'ordine dei Coleotteri, come Lictidi (*Lyctidae*), Cerambicidi (*Cerambycidae*) e Curculionidi (*Curculionidae*), e altre dell'ordine degli Isotteri, come *Kalotermitidae* e *Rhinotermitidae* (le comuni termiti, ma in questo caso si tratta di adulti, non di larve).

I funghi possono essere agenti di carie, le quali sono il risultato di alterazioni enzimatiche della parete cellulare e comportano generalmente un forte decadimento delle caratteristiche fisico-meccaniche, oltre che dell'aspetto del legno. Quando il fungo attacca il contenuto cellulare invece della parete cellulare si parla di funghi cromogeni. Da un punto di vista delle caratteristiche meccaniche i funghi cromogeni non sono molto dannosi (possono comportare una perdita di elasticità del legno fino al 15%), ma la loro azione risulta grave per le variazioni di colore assunte dal legno.

Per gli attacchi di funghi e insetti determinanti sono i valori di umidità del legno e di temperatura. I funghi prediligono umidità del legno superiori al 20% e si sviluppano in un intervallo di temperatura che va da 3°C ad un massimo di circa 35 – 39°C.

È molto importante quindi mantenere i locali condizionati e prestare particolari attenzioni alle zone a contatto con altri materiali, murature o metalli. La differente capacità termica dei diversi materiali fa sì che su quello più freddo si condensi l'umidità ambientale, che viene poi assorbita dal legno.

La determinazione dell'attacco degli agenti biotici può essere realizzata a vista o, preferibilmente, in maniera strumentale. Molto utile in questo caso risulta anche l'impiego del microscopio ottico o del microscopio elettronico a scansione che, con l'aiuto anche di strumenti a raggi x, consentono di identificare le specie di insetti che sono coinvolte nel degrado e valutare l'intensità dell'attacco.

### *Agenti abiotici*

L'alterazione del legno da agenti abiotici fa riferimento a condizioni ambientali non adatte alla conservazione e che comportano talvolta spaccature e deformazioni importanti in relazione sia alla naturale anisotropia del materiale, sia alla presenza di difetti nel legno. Tra le alterazioni abiotiche rientrano anche tutti i danni di tipo meccanico, su strutture, ma non solo.

L'aspetto stesso del legno non è invariabile, ma è suscettibile di modificazione sotto l'azione di fattori ambientali come l'umidità, la temperatura, la luce solare, ecc. Sebbene ciò valga in genere per tutte le specie, la cinetica delle variazioni differisce a seconda della specie considerata. Ad esempio, le modificazioni del colore nel legno di frassino sono visibili anche solo dopo qualche ora di esposizione solare.

Le caratteristiche intrinseche del materiale non sono coinvolte dall'azione della luce solare diretta che altera esclusivamente l'aspetto del legno generando delle rea-

zioni fotochimiche di superficie.

Tuttavia, nelle opere d'arte la situazione è spesso complicata dall'interazione tra legno e trattamento superficiale. Tale trattamento può essere costituito dallo strato di preparazione e dalla pittura o anche solo da uno strato di protezione trasparente (ad es. mobilia). Inoltre, spesso, non coinvolge tutta la superficie dell'opera ma solo parti di essa, generando delle disomogeneità nel comportamento del legno.

L'esposizione del legno alle intemperie comporta, in particolare su legni teneri, l'erosione di materiale cellulare dalle zone di legno primaticcio, generando delle superfici in cui emerge, in rilievo, la parte tardiva degli anelli. Tali alterazioni sono spesso presenti, ad esempio, sui tabernacoli con crocefissi lignei che caratterizzano i campi e i boschi dell'Alto Adige, ma anche nelle parti esposte di elementi strutturali antichi in legno. Lo studio delle alterazioni indotte su legni esposti alle intemperie per tre anni ha mostrato una variazione dell'aspetto visivo profonda da 0,05 a 2,5 mm (DEGLISE, MERLIN, 2001).

### *Difetti nel legno dell'opera d'arte*

La presenza di difetti nel legno, come il legno di reazione o la fibratura deviata, può comportare tutta una serie di problematiche legate alla corretta conservazione del manufatto e con il tempo divenire la causa di deformazioni o spaccature inaspettate.

Una certa importanza riveste anche la presenza di alborno, e in taluni casi persino di corteccia, nel manufatto. Tali tessuti, che tecnicamente non è corretto definire difetti del legno, possono tuttavia comportare col tempo dei problemi per la conservazione dell'opera. Infatti, alborno e corteccia sono caratterizzati da una bassa durabilità naturale e quindi sono i primi ad essere attaccati dagli agenti del degrado che ne possono causare anche la completa distruzione. Tipico è il caso degli antichi cassoni e cassettoni, generalmente costruiti con grandi tavole di noce, che di solito presentano una

striscia più chiara fortemente attaccata da insetti xilofagi corrispondente all'alburno e una zona più scura, pressoché intatta, corrispondente al durame.

Sulle opere d'arte possono trovarsi inoltre: tasche di resina, cipollatura più o meno marcata, gravi irregolarità negli andamenti anulari. Molto spesso la scelta del materiale da parte del costruttore del manufatto è stata legata alla conoscenza tecnologica del legno e, in qualche caso, anche al prestigio dell'opera. Talvolta, degni di nota sono anche gli accorgimenti attuati dall'artigiano/artista volti a impedire che la presenza di difetti nel legno (chiaramente individuati, ma ugualmente accettati!) potesse creare problemi di tensioni nel futuro. In questo modo il costruttore dimostra di aver conosciuto bene i problemi che il manufatto avrebbe incontrato nel tempo e di averli saputi risolvere nel miglior modo possibile (Madonna di Ognissanti di Giotto conservata presso la Galleria degli Uffizi, FIORAVANTI, UZIELLI, 1992).

### *Caratteristiche fisico-chimiche su legni antichi*

Su legni archeologici è importante determinare alcune caratteristiche fisiche, tra cui la densità e il massimo contenuto di umidità (MWC), in quanto direttamente collegati alla misura del degrado del legno e utili quindi nella scelta delle strategie di consolidamento e conservazione (MACCHIONI, 2003). Oltre a questo, una volta determinata la specie legnosa, è possibile arrivare ad una caratterizzazione fisico-chimica attraverso metodologie analitiche che consentono di arrivare a buoni risultati anche su campioni di pochi milligrammi (GIACHI *et al.*, 2003).

### *Relazioni con altri materiali*

In qualche caso il contatto tra legno e metallo può dare problemi con la formazio-

ne di macchie causate dalle reazioni chimiche con i vari estrattivi del legno e principalmente con i tannini. Nel caso in cui invece occorra realizzare giunzioni o collegamenti con legni diversi, una particolare attenzione va posta nella scelta di legni con caratteristiche tecnologiche simili al fine di evitare l'insorgenza di tensioni localizzate. Purtroppo, nei vecchi interventi di restauro non sempre si è tenuto conto di tali differenze (FIORAVANTI, 1994).

### *Conclusioni*

Le implicazioni che legano la tecnologia del legno allo studio delle opere d'arte sono molto numerose e possono coinvolgere ancora ulteriori aspetti come la valutazione delle tecniche di lavorazione adottate dal costruttore del manufatto oppure le applicazioni della dendrocronologia volte a determinare la provenienza del materiale legnoso (cfr. WAZNY, 2002).

Da quanto sopra esposto appare evidente come gli strumenti di diagnostica oggi impiegati presso l'IVALSA/CNR di S. Michele all'Adige su manufatti lignei di interesse storico-artistico forniscano elementi utili per un corretto restauro, una appropriata conservazione e manutenzione dell'opera. Ma non solo. Molto importante risulta anche il loro contributo nel fornire indicazioni per una lettura "profonda" dell'opera, con informazioni che possono aiutare a riportare un manufatto alla sua forma originaria, con l'individuazione di intromissioni e rimaneggiamenti, a interpretarla, a precisarne l'autore quando vi siano dubbi, il periodo e l'ambiente culturale.

### **Mauro Bernabei**

IVALSA/CNR

Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle specie  
Arboree/ Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Via Biasi 75, San Michele all'Adige - Trento  
e-mail: bernabei@ivalsa.cnr.it

## BIBLIOGRAFIA

- BERNABEI M., NEGRI M., 2003 – *Dendrochronological analysis of some wooden sculpture from Tonadico (Trento – Italy)*. Atti del Convegno Eurodendro 2003, 10 – 15 settembre, Oberurgl, Austria.
- BLANCHETTE R. A., 2000 – *A review of microbial deterioration found in archaeological wood from different environments*. International Biodeterioration & Biodegradation, 46: 189-204.
- CECOTTI A., UZIELLI L., 1989 – *Sul grado di affidabilità delle strutture lignee antiche*. In: Il restauro del legno. A cura di Gennaro Tampone. Nardini Ed. Firenze. Vol. 2: 111-128.
- DEGLISE X., MERLIN A., 2001 – *Comportement photochimique du bois non traité*. In: *Durabilité des bois*. A cura di Dirol D. e Deglise X. Hermes Science, Paris. Pp: 315-334.
- ECKSTEIN D. (a cura di), 2001 – *Manuale di dendrocronologia per archeologi*. Museo Civico di Rovereto. Edizioni Osiride. Rovereto. 50 pp.
- FIORAVANTI M., 1994 – *Le specie legnose dei supporti: implicazioni per la conoscenza, la conservazione ed il restauro dei dipinti su tavola*. In: *Conservazione dei dipinti su tavola*. A cura di Uzielli L. e Casazza O. Nardini Ed. Firenze. Pp: 83-109.
- FIORAVANTI M., UZIELLI L., 1992 – *Il supporto ligneo*. Gli Uffizi. Studi e Ricerche. 8: 105-117.
- GIACHI G., BETTAZZI F., CHIMICHI S., STACCIOLI G., 2003 – *Chemical characterisation of degraded wood in ships discovered in a recent excavation of the Etruscan and Roman harbour of Pisa*. Journal of Cultural Heritage, 4: 75-83.
- MACCHIONI N., 2003 – *Physical characteristics of the wood from the excavations of the ancient port of Pisa*. Journal of Cultural Heritage, 4: 85-89.
- MEUCCI C., D'URBANO S., CAMPANELLA L., TOMASSETTI M., 1989 – *Una procedura analitica semplificata per la caratterizzazione dei legni archeologici e del loro degrado*. In: *Il restauro del legno*. A cura di Gennaro Tampone. Nardini Ed. Firenze. Vol. 1: 71-78.
- NARDI BERTI R., 1979 – *La struttura anatomica del legno ed il riconoscimento dei legnami italiani di più corrente impiego*. Contributi scientifico-pratici per una migliore conoscenza ed utilizzazione del legno. CNR, Firenze. 155 pp.
- SCHWEINGRUBER F.H., 1990 – *Anatomy of European woods*. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Birmensdorf Bern, Stuttgart, Haupt. 800 pp.
- SULZENBACHER G., 2001 – *La mummia dei ghiacci. Con Ötzi alla scoperta del Neolitico*. Museo Archeologico dell'Alto Adige. Folio Ed. Bolzano. 64 pp.
- UZIELLI L., 1994 – *La conoscenza delle specie legnose*. In: *Progetto cultura: il legno nell'arte: Umbria*. Ministero delle Risorse Agricole Alimentari e Forestali – Federlegno/Arredo, pp: 39-50.
- WAZNY T., 2002 – *Baltic timber in Western Europe - an exciting dendrochronological question*. Dendrochronologia, 20/ 3: 313-320.

### Riassunto

L'articolo descrive alcuni dei più importanti strumenti di indagine diagnostica su manufatti di interesse storico-artistico in uso presso l'IVALSA/CNR di S. Michele all'Adige. Questi sono: l'identificazione della specie legnosa, l'indagine dendrocronologica, la valutazione e lo studio del degrado biotico e abiotico del legno, dei difetti nel legno dell'opera d'arte, delle relazioni con altri materiali, fino alla determinazione delle caratteristiche fisico-chimiche su legni antichi. Tali ricerche possono fornire elementi utili per una corretta conservazione del manufatto e dare indicazioni per una lettura "profonda" dell'opera.

### Summary

The paper reviews scientific tools mastered at the IVALSA/CNR in S. Michele all'Adige (Italy) devoted to research on historical and artistic wooden artefacts. The techniques presented are suitable for wood species identification, dendrochronological dating, appraisal of biotic and abiotic decay, identification of wood defects on the art works, the physical and chemical characterization of archaeological timber and also for understanding links between wood and other materials. Results of the studies undertaken provide valuable recommendations for a proper conservation of the wooden art works and also improve the general knowledge about these.