

Sabrina Palanti



Dario Flaccovio Editore

# Durabilità del legno

Diagnosi del degradamento,  
trattamenti preventivi e curativi

[Scheda sul sito >](#)



- Caratteristiche del legno come materia prima ✓
- Previsione della durata in servizio ✓
- Organismi responsabili e danni da essi causati ✓
- Direttive europee e Regolamenti, Norme tecniche ✓

Sabrina Palanti

# **DURABILITÀ DEL LEGNO**

**DIAGNOSI DEL DEGRADAMENTO  
TRATTAMENTI PREVENTIVI E CURATIVI**



Dario Flaccovio Editore

*A Sara, Silvia, Carla e Marco*

Sabrina Palanti

DURABILITÀ DEL LEGNO

ISBN 978-88-579-0143-5

© 2013 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686

www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Prima edizione: febbraio 2013

Palanti, Sabrina <19??->

Durabilità del legno / Sabrina Palanti. - Palermo : D. Flaccovio, 2013.

ISBN 978-88-579-0??-?

1. ??????

531 CDD-22

SBN Pal0247029

*CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"*

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo, febbraio 2013

#### RINGRAZIAMENTI

Ringrazio l'Editore Dario Flaccovio che mi ha proposto la stesura di un libro sulla durabilità naturale, questa importante opportunità mi ha permesso di raccogliere tutte le esperienze e le conoscenze acquisite fino ora presso il CNR IVALSALSA, e prima il CNR IRL, e di svilupparle in modo coerente.

Ringrazio tutti i colleghi del CNR IVALSALSA per la loro collaborazione nelle esperienze riportate nel libro, tra cui la collega dott.ssa Elisabetta Feci e la sig.ra Anna Maria Torniai, preziosissima collaboratrice tecnica del laboratorio di Biodegradamento e Preservazione.

Ringrazio il dott. Nicola Macchioni che ha accolto con entusiasmo l'invito a scrivere i capitoli sulla materia prima e sulla diagnostica delle strutture lignee.

Ringrazio il dott. Stefano Berti per i consigli che mi ha fornito, basati sulla sua profonda conoscenza della tecnologia del legno, durante la stesura del libro.

Inoltre un ringraziamento particolare alla dott.ssa Paola Cavallero, che ha svolto in maniera scrupolosa il ruolo di revisore linguistico del testo.

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

## INDICE

*Prefazione*

*Premessa*

<b>1. Caratteristiche fondamentali del legno come materia prima</b> <i>(di Nicola Macchioni)</i>	
1.1. Il legno quale insieme di cellule e tessuti vegetali.....	pag. 11
1.2. Il legno nel fusto .....	» 13
1.3. Identificazione delle specie legnose.....	» 16
1.4. Caratteristiche tecnologiche.....	» 17
1.5. Caratteristiche macroscopiche .....	» 18
1.5.1. Colore .....	» 18
1.5.2. Tessitura e fibratura .....	» 19
1.5.3. Altre caratteristiche .....	» 20
1.6. Caratteristiche fisiche.....	» 21
1.6.1. Relazioni legno-acqua .....	» 21
1.7. Caratteristiche meccaniche .....	» 26
1.8. Difetti del legno .....	» 27
<i>Bibliografia</i> .....	» 32
<b>2. Durabilità naturale del legno e previsione della sua durata in servizio</b> <i>(di Sabrina Palanti)</i>	
2.1. Definizione di durabilità naturale e durabilità conferita .....	» 33
2.2. Fattori responsabili della durabilità naturale .....	» 34
2.3. Norme europee sulla durabilità naturale e contesto legislativo europeo e nazionale .....	» 36
2.3.1. Direttive europee e Regolamenti.....	» 36
2.3.2. Norme tecniche .....	» 37
2.3.3. Norme, direttive e regolamenti che riguardano la durabilità naturale del legno .....	» 38
2.4. La previsione della durata in servizio ( <i>service life prediction</i> ).....	» 43
<i>Bibliografia</i> .....	» 55
<b>3. Degradamento biotico del legno in opera: organismi responsabili e danni da essi causati</b> <i>(di Sabrina Palanti)</i>	
3.1. Insetti .....	» 57
3.1.1. Introduzione .....	» 57
3.2. Coleotteri .....	» 58
3.2.1. Degradamento del legno ad opera dei coleotteri.....	» 61
3.3. Isotteri.....	» 64
3.3.1. Degradamento del legno ad opera di isotteri.....	» 67
3.4. Funghi.....	» 67
3.5. Organismi marini .....	» 74
3.5.1. Principali organismi marini xilofagi.....	» 75
3.5.1.1. Bivalvi .....	» 76
3.5.1.2. Crostacei.....	» 76
3.6. Degradamento abiotico .....	» 77
3.6.1. Introduzione .....	» 77
3.6.2. Fattori atmosferici del degradamento abiotico.....	» 77
3.6.3. Prodotti per contrastare l'invecchiamento dovuto agli agenti atmosferici.....	» 80
<i>Bibliografia</i> .....	» 83

<b>4. Metodologie diagnostiche su strutture di legno in opera</b> (di Nicola Macchioni)	
4.1. Introduzione .....	» 85
4.2. Peculiarità delle strutture di legno in opera .....	» 86
4.3. Procedure di ispezione .....	» 87
4.4. Procedura di ispezione di base.....	» 89
4.4.1. Scopo.....	» 89
4.5. Condizioni preliminari e limitazioni applicative .....	» 91
4.6. Identificazione della specie legnosa.....	» 92
4.7. Determinazione dell'umidità del legno.....	» 94
4.8. Determinazione delle condizioni ambientali e della classe d'uso .....	» 95
4.9. Descrizione generale e rilievo geometrico.....	» 95
4.9.1. Determinazione dell'estensione del degrado.....	» 98
4.10. Classificazione secondo la resistenza degli elementi.....	» 102
4.11. Ispezione dei giunti strutturali .....	» 104
4.12. Resoconto della diagnosi .....	» 106
4.13. Conclusioni .....	» 107
<i>Bibliografia</i> .....	» 109
<b>5. Metodi di prevenzione</b> (di Sabrina Palanti)	
5.1. Contesto legislativo europeo relativo ai preservanti del legno.....	» 111
5.2. Preservanti del legno.....	» 112
5.2.1. Mezzi chimici.....	» 112
5.2.2. Mezzi fisici .....	» 116
5.3. Trattamenti senza l'utilizzo di biocidi .....	» 118
5.4. Accorgimenti progettuali per incrementare la durabilità.....	» 118
5.4.1. Controllo dell'umidità .....	» 119
5.4.2. Manutenzione .....	» 122
5.5. Metodologie di intervento per la corretta eradicazione di un attacco in opera .....	» 124
5.5.1. Attacco da insetti coleotteri.....	» 124
5.5.2. Attacco da funghi .....	» 126
5.5.3. Attacco da termiti .....	» 128
<i>Bibliografia</i> .....	» 130
<b>6. Casi studio</b> (di Sabrina Palanti)	
6.1. Introduzione all'argomento.....	» 131
6.2. Classe d'uso 1: legno in interni in ambiente secco (umidità del legno < 20%) – attacco di lictidi su parquet in rovere.....	» 131
6.3. Classe d'uso 2: legno strutturale in interni in ambiente con possibilità di umidificazione (umidità del legno occasionalmente > 20%) – attacco di carie bruna su travi in larice e travetti in abete.....	» 133
6.4. Classe d'uso 2: legno strutturale in interni in ambiente con possibilità di umidificazione (umidità del legno occasionalmente > 20%) – attacco di insetti cerambicidi su orditura secondaria in robinia.....	» 136
6.5. Classe d'uso 3: infisso esterno in legno (umidità del legno frequentemente > 20%) – attacco di carie bruna su abete .....	» 138
6.6. Classe d'uso 4: legno non strutturale in esterno (umidità del legno permanentemente > 20%) – valutazione dell'adeguatezza della classe di ritenzione del preservante utilizzato in paleria per esterni .....	» 139
6.7. Classe d'uso 5: legno non strutturale per uso marino (umidità del legno sempre > 20%) – attacco di teredini su pali da ormeggio in larice.....	» 141
<i>Bibliografia</i> .....	» 143

## Prefazione

La crescente sensibilità nei confronti dei problemi ambientali e la conseguente necessità di prendere in sempre maggiore considerazione le materie prime rinnovabili in grado di dare garanzie di sostenibilità, non solo ambientale, ma anche tecnica ed economica, hanno condotto alla “riscoperta” dell’uso del legno sia come fonte energetica che come materiale da costruzione e per l’edilizia in generale.

Questa positiva tendenza si scontra però con una grave realtà rappresentata dall’attuale scarsa conoscenza, in generale, del legno sia da parte degli utilizzatori finali che dei professionisti.

Nel recente passato, lo sviluppo industriale, supportato dalla ricerca verso materiali costruiti appositamente per garantire prestazioni e comportamenti costanti e quindi facili da impiegare, ha infatti prodotto una sempre maggiore sfiducia nei confronti dei materiali tradizionali considerati vecchi e sorpassati, facendo perdere molte di quelle conoscenze di base che si erano tramandate nel corso dei secoli.

Diventa quindi fondamentale, per supportare il rinnovato interesse per il materiale legno, fornire una adeguata formazione, non solo ai professionisti, ma anche a tutti gli altri operatori del settore fino al privato cittadino, mettendo a disposizione opportuni strumenti di supporto in grado di recuperare le conoscenze del passato ma anche di fornire informazioni sull’evoluzione della ricerca e degli strumenti normativi.

In questo contesto ben si colloca il nuovo “manuale sulla durabilità e sul degradamento biologico del legno” pensato proprio per recuperare e approfondire le conoscenze sulla materia prima legno, focalizzando su una delle caratteristiche peculiari che può garantire la corretta e duratura conservazione di un manufatto.

È noto infatti che il legno, in quanto materiale di origine biologica, è soggetto al decadimento in presenza di agenti di degrado che possono essere biotici (principalmente funghi e insetti) e/o abiotici (condizioni ambientali in cui è mantenuto); meno comune è la conoscenza del diverso comportamento che le varie specie legnose, per loro propria natura, hanno nei confronti di tale degrado.

Spesso una sapiente progettazione può permettere di utilizzare specie legnose con una durabilità naturale modesta per realizzare manufatti da collocare anche in condizioni ritenute difficili; per contro, non approfondire gli aspetti legati all’ambiente in cui il materiale dovrà soggiornare può

portare a risultati pessimi anche in presenza di specie legnose conosciute per la loro resistenza al degrado.

Merita sottolineare che la recente pubblicazione del Regolamento UE 305/2011, che aggiorna la Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106/CEE relativa ai requisiti richiesti ai prodotti per la immissione sul mercato, introduce un nuovo requisito di base: uso sostenibile delle risorse naturali; nell'allegato relativo si fa espresso riferimento alla "durabilità delle opere di costruzione".

Il manuale, curato da Sabrina Palanti con la collaborazione di Nicola Macchioni, ricercatori presso l'Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree (IVALSA) del CNR, rappresenta un importante contributo alla divulgazione delle conoscenze sul legno e prosegue la tradizione della scuola di Tecnologia del Legno iniziata dal prof. Guglielmo Giordano, nel lontano 1954, con la creazione dell'allora Istituto Nazionale del Legno di Firenze che, per il settore specifico della durabilità e preservazione, si avvale successivamente della competenza di Anna Gambetta e Elisabetta Orlandi.

Il lavoro, dopo un'analisi delle caratteristiche fondamentali della materia prima legno, affronta il tema della durabilità naturale e di quella conferita anche all'interno del contesto legislativo nazionale ed europeo. Sono descritti gli agenti responsabili del degradamento del legno in opera a cui segue un'attenta disamina delle metodologie diagnostiche disponibili attualmente per verificare lo stato di conservazione dei manufatti. Particolare attenzione è rivolta ai metodi di prevenzione, compresi gli accorgimenti progettuali in grado di garantire un incremento della durabilità, e ai possibili interventi per debellare gli attacchi biotici eventualmente intervenuti su legnami in opera.

Pur scritto con rigore scientifico, il manuale presenta un approccio divulgativo interessante grazie al criterio essenziale con cui sono trattati gli argomenti e ai casi di studio riportati nell'appendice che fungono da esempi di riferimento per le varie situazioni operative in cui il manufatto ligneo può essere, o è stato, collocato.

Nel complimentarmi per il lavoro realizzato, auspico che il manuale possa veramente contribuire ad aumentare la fiducia nei confronti del legno, sfruttando l'opportunità di utilizzare e valorizzazione un materiale veramente unico e rinnovabile, e concludo ricordando un motto caro al prof. Giordano: il legno, materiale antico ma mai vecchio.

Ottobre 2012  
*Stefano Berti*

## Premessa

Il presente libro è indirizzato a tutti coloro che si occupano di legno e lo utilizzano come materia prima per la realizzazione di opere civili e pubbliche, in particolare architetti, ingegneri e costruttori. Nell'ultimo decennio anche in Italia, dove tradizionalmente le case sono in muratura, sono aumentate le opere di edilizia pubblica e civile realizzate in legno. Si tratta per lo più di strutture a pannelli incrociati e incollati in cui il legno rappresenta la struttura portante, ma non è visibile all'esterno. In generale è incrementato l'utilizzo del legno in edilizia (coperture di tetti con travi in legno massiccio o lamellare, parquet, rivestimenti, pavimentazioni esterne). I vantaggi dell'utilizzo del legno sono la sua capacità di coibentazione, che permette un risparmio energetico e le sue proprietà antisismiche.

Inoltre l'utilizzo del legno deve essere incentivato perché si tratta di un materiale eco-sostenibile e rinnovabile: è ecosostenibile perché permette la riduzione della produzione di gas-serra tramite lo stoccaggio dell'anidride carbonica fino a quando rimane sotto forma di legno e quindi per tutto il suo ciclo produttivo.

Spesso quando si parla di durabilità del legno la domanda che viene posta agli esperti è: quanti anni dura? Proprio tale aspetto è in questa sede preso in considerazione mostrando quello che esiste in letteratura per poter dare delle risposte in termini di durata e di previsione della stessa.

Il libro analizza tutti gli aspetti del legno legati alla sua durabilità, iniziando con le caratteristiche della materia prima, la definizione di queste caratteristiche e i fattori responsabili. Inoltre evidenzia che la durabilità è una proprietà intrinseca fortemente legata all'utilizzo che viene fatto del legno e dell'ambiente in cui viene impiegato.

Il manuale riporta le ultime disposizioni su direttive e norme in vigore, correlate alla durabilità del legno che rendono più facile la lettura anche a chi non è esperto di tale materia.

Sono inoltre presi in rassegna gli organismi responsabili del degradamento, con lo scopo di evidenziare il danno che il legno subisce da parte di questi ultimi, con fotografie, trattamenti da utilizzare per contrastarli, la procedura diagnostica che dovrebbe essere effettuata prima di qualsiasi intervento di restauro conservativo e infine alcuni casi studio, che esemplificano, con situazioni estrapolate da casi reali, quello che dovrebbe essere fatto per un corretto uso del legno nelle differenti condizioni di servizio.

# 1. Caratteristiche fondamentali del legno come materia prima

di Nicola Macchioni

## 1.1. Il legno quale insieme di cellule e tessuti vegetali

Sotto la denominazione *legno* viene comunemente intesa la materia prima fornita dai fusti degli alberi. Questi sono costituiti da un complesso di cellule differenziate che provengono da fasci fibrovascolari la cui parte esterna, detta *libro*, serve alla discesa della linfa elaborata dalla chioma e alla protezione del fusto dall'essiccamento e dagli attacchi di parassiti (corteccia), mentre la parte interna (legno propriamente detto o *xilema*) serve all'ascesa della linfa grezza e conferisce resistenza al fusto. Tra libro e legno è inserito il tessuto generatore, detto *cambio*, che verso l'esterno forma nuovi strati di libro e verso l'interno strati di legno in anelli concentrici.

I costituenti delle pareti cellulari sono sempre gli stessi in tutte le specie legnose e variano entro limiti non molto distanti (tabella 1.1).

**Tabella 1.1. Costituenti principali del legno**

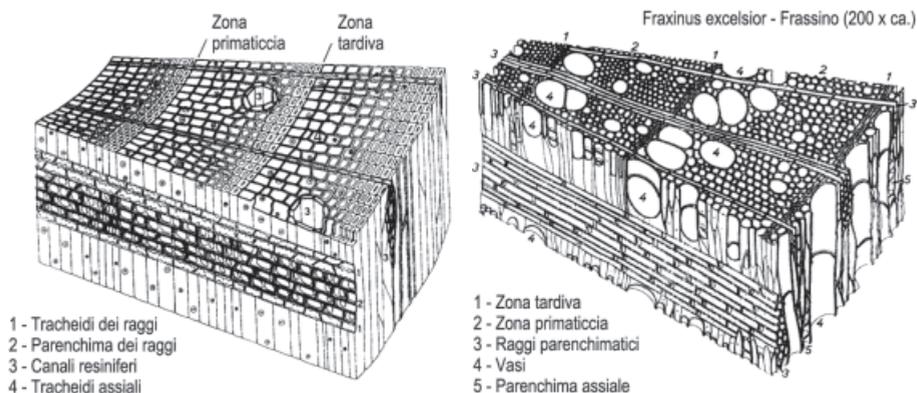
Costituenti legno	Percentuale
Lignina	Dal 22% al 30%
Emicellulose	Dal 13% al 27%
Cellulosa	Dal 42% al 50%

Oltre a questi composti si hanno poi sostanze depositate sulle pareti cellulari o addirittura insinuate nelle pareti stesse, le quali differiscono in entità e composizione da specie a specie e a seconda dell'età dell'albero; esse sono i cosiddetti *estrattivi*, a cui sono riconducibili parecchie caratteristiche dei legni che li contengono. I composti chimici che più frequentemente fanno parte degli estrattivi sono terpeni, fenoli, tannini, carboidrati,

composti azotati; compaiono infine sostanze minerali in quantità non maggiore dell'1%.

Le cellule costituenti i fusti legnosi non sono tutte uguali, ma – prescindendo dalle variazioni individuali – si differenziano nella forma e nella distribuzione spaziale per poter rispondere alle diverse funzioni loro assegnate. L'insieme delle cellule atte a un certo ufficio viene detto *tessuto* e i tessuti fondamentali presenti in ogni fusto lignificato sono quelli di sostegno, di conduzione e di riserva.

Il tessuto di sostegno è formato da cellule allungate e a lume esiguo, comunemente dette *fibre*, generalmente orientate in direzione parallela all'asse del fusto; il loro compito è quello di assicurare la resistenza meccanica dell'albero a tutte le sollecitazioni. Tale funzione è esclusiva per il legno dei fusti di latifoglia, mentre per il legno di conifera alla funzione puramente meccanica si aggiunge quella di conduzione; per tale motivo è diversa la denominazione delle cellule del tessuto di sostegno: *fibre* nelle latifoglie, *tracheidi* nelle conifere (figura 1.1).



**Figura 1.1. Immagini tridimensionali di legno di conifera (pino, a sinistra) e di latifoglia (frassino, a destra) (da Nardi Berti, 2006)**

Il tessuto conduttore delle latifoglie è costituito da cellule allungate, a lume ampio, orientate parallelamente all'asse del fusto e disposte una sull'altra in modo da formare lunghi tubi detti *vasi* o *trachee* nei quali le pareti di fondo delle singole cellule sono state parzialmente o totalmente riassorbite. La grandezza dei vasi e la loro distribuzione sono elementi fondamentali per poter stabilire l'appartenenza di un legno a una data specie.

I tessuti di riserva sono formati da cellule contenenti al loro interno granuli d'amido e altre sostanze utili per la formazione di nuove cellule legnose; essi possono essere costituiti da aggregati di cellule orientate assialmente (*parenchima verticale*) oppure in serie disposte in nastri orientati radialmente dalla periferia verso il midollo (*parenchima dei raggi*). La presenza più o meno abbondante di parenchima verticale e la grandezza e frequenza dei raggi sono anch'esse elementi assai utili per il riconoscimento dei vari legnami.

All'eterogeneità del legno derivante dall'essere le cellule diverse fra loro per forma e orientamento, si aggiunge un altro tipo di eterogeneità derivante dalla formazione di nuovi strati di cellule legnose per successivi accrescimenti anulari influenzati dalle condizioni climatiche e ambientali; anche l'età dei tessuti inoltre ha grande importanza, perché influenza le dimensioni delle singole cellule, la compattezza e la resistenza meccanica dei tessuti, la presenza o meno di sostanze – non facenti parte della parete cellulare – che si originano durante il manifestarsi del fenomeno di *duramificazione*.

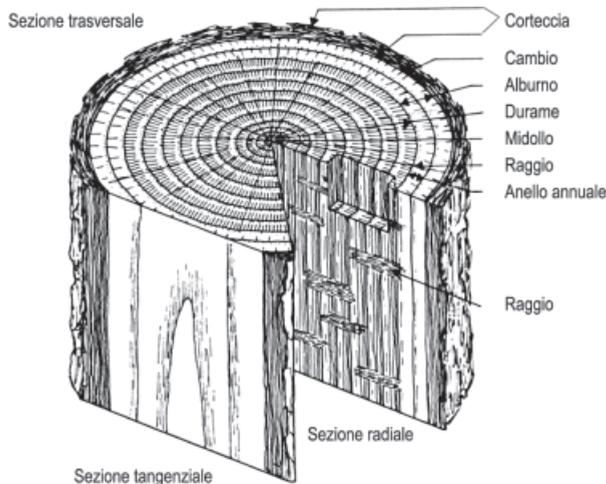
## 1.2. Il legno nel fusto

La forma dei fusti arborei è quella di un solido di rotazione, nella maggior parte dei casi un paraboloide, che nelle conifere arriva fino al vertice estremo (cimale); nelle latifoglie invece si ha a un certo punto del fusto la suddivisione in due o più grossi rami.

Per descrivere e definire un qualsiasi legno occorre esaminare la superficie di quelle che vengono chiamate le *sezioni anatomiche* (figura 1.2), e cioè:

- le sezioni trasversali, fatte normalmente all'asse midollare, in cui si vedranno chiaramente gli anelli di incremento annuale;
- la sezione longitudinale radiale, fatta con un piano passante per l'asse midollare, in cui le tracce di incremento annuale compariranno secondo linee grosso modo parallele;
- le sezioni longitudinali tangenziali, fatte secondo piani paralleli all'asse midollare e tangenti alle circonferenze costituite dagli anelli di accrescimento: a causa della rastremazione del fusto le tracce degli incrementi compariranno come rami di iperbole.

Prendendo in considerazione la sezione trasversale di un fusto arboreo delle zone temperate sarà possibile vedere dunque la successione di una serie di anelli di accrescimento, ognuno dei quali corrisponde di regola a un periodo annuale di vegetazione (dalla primavera all'autunno).



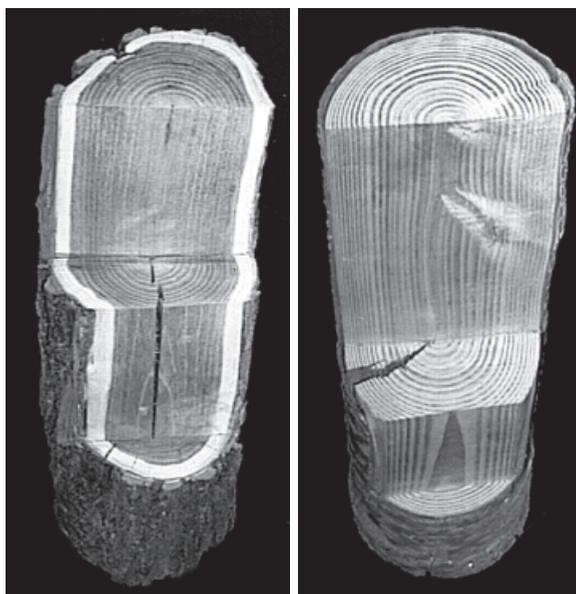
**Figura 1.2. Le direzioni principali del legno e la relativa disposizione dei tessuti (da Schweingruber, 1990, modificato)**

Tale regola non è però assoluta dato che in caso di forti siccità estive o di defogliazioni (da grandine, da attacchi parassitari o altro) si possono anche avere due o più anelli nell'anno: essi non sono però generalmente estesi a tutto il perimetro, cosicché avendo a disposizione l'intera sezione trasversale è possibile identificarli. Nel caso di condizioni ambientali estremamente sfavorevoli per una data stagione vegetativa la formazione dell'anello corrispondente può anche mancare del tutto. Nei climi tropicali, dove la vegetazione non subisce mai un netto arresto, la formazione dei nuovi tessuti nei fusti avviene con continuità perciò non si può facilmente fare una stima, anche approssimativa, dell'età.

La visibilità degli anelli nelle zone temperate è resa possibile dal fatto che tra la zona formatasi in primavera (zona primaticcia) e quella estivo-autunnale (zona tardiva) vi è una differenza che, pur essendo più o meno netta da specie a specie, è però sempre chiaramente visibile: nel legno di conifera infatti al risveglio della vegetazione si formano tracheidi a lume ampio e parete sottile mentre verso il termine del periodo vegetativo si hanno tracheidi schiacciate, con lume ridottissimo e pareti spesse; ne consegue che mentre la prima zona è biancastra la seconda assume colorazione bruna molto evidente. Nelle latifoglie la necessità di una facile e rapida circolazione dei succhi alla ripresa vegetativa porta alla formazione di vasi a lume particolarmente ampio oppure a un loro maggior numero per unità

di sezione trasversale; a mano a mano che la stagione procede, diametro e numero dei vasi diminuiscono e in definitiva la percezione dei singoli anelli è per queste specie affidata più a una differenza di compattezza che non a tonalità diverse di colore.

L'ampiezza degli anelli di incremento, cioè il loro spessore in direzione radiale, è un elemento macroscopico fondamentale per poter giudicare la rapidità di accrescimento del fusto in esame; essa è in stretta correlazione con le condizioni stazionali del sito in cui l'albero si trova e particolarmente con il clima, con la profondità, l'umidità e la pendenza del suolo, con l'altitudine e l'esposizione. In genere il fattore climatico che più condiziona l'ampiezza degli anelli è quello che limita maggiormente le possibilità di vegetazione: così in climi caldi e aridi sarà la scarsità di precipitazioni, mentre in climi freddi saranno le basse temperature e una breve durata del periodo vegetativo.



**Figura 1.3.** Tronchetto di robinia (*Robinia pseudoacacia*, a sinistra) e di douglasia (*Pseudotsuga mensiesii*, a destra). Ambedue le specie posseggono un durame differenziato che risulta ben visibile nella robinia, mentre nel campione di douglasia il durame non si è ancora formato

Le cellule formate per ultime dall'attività della zona cambiale verso l'esterno del fusto non durano per lungo tempo in vita né prendono parte per-

manentemente alle funzioni di conduzione della linfa grezza dalle radici verso la chioma, ove l'attività clorofilliana elabora le sostanze richieste dall'accrescimento dell'albero. Ad un certo momento dunque dette cellule interrompono ogni attività o intervento diretto nella vita dell'albero e in esse si compiono delle trasformazioni consistenti nella deposizione nel lume cellulare (e in parte anche all'interno delle pareti cellulari) di particolari sostanze che modificano alcune fondamentali caratteristiche del legno. Il fenomeno collegato con l'invecchiamento dei tessuti nell'albero vivente è detto *duramificazione*: da esso deriva che negli alberi di una certa età la parte interna del fusto, detta *durame*, si comporta diversamente dalla parte esterna periferica detta *alburno* (figura 1.3). Nel durame si ha una maggior densità da cui conseguono anche resistenze meccaniche superiori, inoltre la possibilità di attacco e l'alterabilità da parte di funghi e insetti sono minori grazie alle proprietà antisettiche delle sostanze duramificanti.

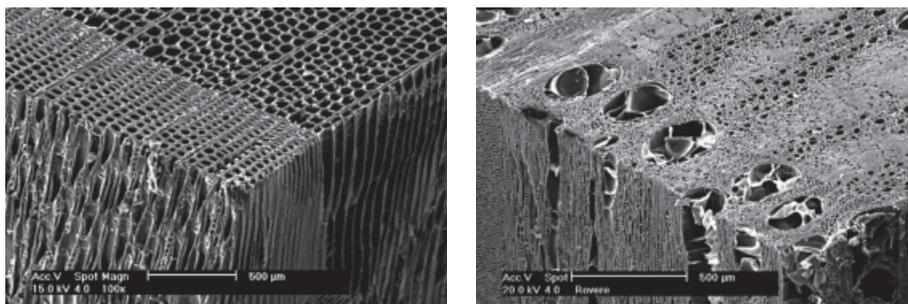
In alcune specie (abete rosso per esempio) le due zone, pur diverse nelle loro funzioni e caratteristiche, hanno lo stesso colore: tali specie vengono perciò dette *a durame indifferenziato*; in altre (larice, querce) durame e alburno differiscono per il colore con cui si presentano nelle sezioni, particolarmente in quelle trasversali: sono le specie *a durame differenziato*.

### 1.3. Identificazione delle specie legnose

Il riconoscimento di un legno può apparire un compito semplice; riflettendo però su come spesso proprio quei caratteri macroscopici su cui si potrebbe basare l'identificazione siano soggetti a modificazioni per fattori ambientali intervenuti durante la vita dell'albero, per esposizione del legno ad agenti atmosferici o ad attacco di agenti patogeni che alterano colore e consistenza, e infine per la variabilità naturale che esiste anche all'interno della stessa specie legnosa, ci si può rendere conto di come tale problema non vada affrontato con leggerezza.

È quindi opportuno che l'identificazione visiva, effettuata da un esperto, sia accompagnata in caso di dubbio da più approfondite analisi in laboratorio. Soltanto alcune specie presentano, infatti, una serie di caratteri macroscopici ben evidenti e peculiari per cui la loro identificazione non richiede né esami accurati né l'uso del microscopio; ad esempio le querce caducifoglie grazie alla presenza dell'anello poroso e dei grandi raggi parenchimatici ben visibili ad occhio nudo possono essere riconosciute con sicurezza, mentre l'abete bianco e l'abete rosso presentano entrambi un legno a durame e alburno indifferenziato, color bianco crema, non facilmen-

te attribuibile a una delle due specie. Il sistema più rigoroso per giungere all'identificazione di una specie legnosa è però rappresentato dall'osservazione microscopica della struttura anatomica del legno, durante la quale, esaminando un campione di materiale, l'anatomista sfrutta le peculiarità con cui i diversi tipi di cellule si presentano all'interno del tessuto legnoso (figura 1.4).



**Figura 1.4. Immagini al microscopio elettronico a scansione (SEM) di legno di abete rosso (*Picea abies*, a sinistra) e di rovere (*Quercus petraea*, a destra). La disposizione degli elementi cellulari consente in molti casi di giungere all'identificazione delle specie legnose (foto CNR-IVALSA)**

Nonostante lo stato di avanzamento delle ricerche abbia consentito di approfondire le conoscenze sulla struttura microscopica delle diverse specie, rimangono tuttavia in alcuni casi serie difficoltà: ad esempio è molto difficile giungere a una sicura determinazione di campioni appartenenti a larice e abete rosso.

È necessario dunque essere ben coscienti dell'entità del problema, anche fino al punto di non esitare a decretare la non identificabilità del campione qualora persistano dubbi dopo ripetuti esami, in modo da operare all'interno dei margini di sicurezza.

#### **1.4. Caratteristiche tecnologiche**

La tecnologia del legno si occupa del materiale dal momento in cui l'albero è stato abbattuto e accompagna le sue trasformazioni e lavorazioni fino al momento dell'impiego finale.

Sin dall'antichità il legno è stato usato dall'uomo per far fronte a molte e diverse esigenze; dalle primarie – un tetto, attrezzi di uso quotidiano,

il fuoco per scaldarsi e cuocere i cibi – all'espressione di sensibilità individuali e dell'arte di un'epoca – sculture, intarsi, decorazioni di mobili o elementi architettonici.

La multiforme e continua presenza del legno intorno a noi è possibile proprio grazie alle sue caratteristiche tecnologiche, o meglio alle caratteristiche delle diverse specie legnose.

È noto infatti come non tutti i legni possano essere adoperati per determinati impieghi, ma ognuno sia particolarmente adatto a un uso specifico: il pioppo per gli imballaggi, il rovere per le botti, il legno di conifere per gli infissi, l'ebano per intarsi e così via.

È dunque molto importante imparare a conoscere le caratteristiche intrinseche delle specie legnose, che ne determinano le possibilità di impiego; solo in questo modo il materiale verrà usato correttamente e darà i risultati migliori.

## 1.5. Caratteristiche macroscopiche

Le caratteristiche macroscopiche del legno sono legate all'aspetto del materiale e sono rilevabili a vista dopo un attento esame.

### 1.5.1. Colore

Il colore dei legni allo stato fresco dipende da due fattori, uno dei quali è pressoché costante mentre l'altro è variabile. Il primo è il colore proprio delle pareti cellulari, che sono di tonalità bianco-giallognola; il secondo fattore è costituito dal colore delle sostanze non facenti parte della struttura cellulare, ma presenti nei succhi, nelle secrezioni all'interno del lume cellulare in dipendenza dell'attività fisiologica della pianta.

Se queste sostanze – i cosiddetti *estrattivi* del legno – sono almeno in gran parte incolori la tinta d'insieme del legno sarà ancora bianco-giallognola, in caso contrario sarà quella delle sostanze in questione, o da esse influenzata.

Con il fenomeno della duramificazione il contenuto in estrattivi può, nella parte interna del tronco, essere modificato in quantità e composizione ed è questo il motivo per cui un certo numero di legni si presenta, come abbiamo visto, con durame di colore diverso dall'alburno; tale differenza è uno degli elementi su cui si basa il riconoscimento delle specie legnose.

La colorazione del legno è inoltre una caratteristica variabile nel tempo, nel senso cioè che l'esposizione del legno all'aria e alla luce comporta mo-

dificazioni per effetto della perdita di umidità, e mutamenti di colore delle pareti cellulari e delle sostanze in esse contenute in conseguenza di azioni fisico-chimiche più o meno complesse.

Il problema delle alterazioni di colore nel tempo, cui si è posto solo in parte rimedio con l'applicazione superficiale di sostanze protettive che arrestano i raggi ultravioletti, riguarda naturalmente in maggior misura le industrie del mobile e dell'arredamento.

È bene accennare a un particolare cambiamento di colore, dovuto ad attacchi di funghi (si veda capitolo 3), i quali possono esplicare solamente un'azione cromogena, oppure causare una progressiva alterazione delle pareti cellulari; nel primo caso vi è, sia in superficie che nell'interno del legno, un'estensione di micelio intensamente colorato, o con filamenti talmente sottili da provocare fenomeni di diffrazione della luce. Un esempio è dato, su legni di conifere e particolarmente di pino, dal manifestarsi di colorazioni verdi, azzurre o nerastre, dovute ad ascomiceti.

Nel secondo caso invece altri funghi – generalmente basidiomiceti – provocano in una prima fase di attacco una modificazione del colore delle pareti cellulari, che può permanere anche nella fase finale, distruttiva, dell'attacco, in cui poi prevarrà comunque il colore bianco (carie bianca) o il bruno (carie bruna).

Le alterazioni cromatiche della prima fase di attacco possono essere così tipiche da aver fatto nascere denominazioni particolari, come *rosatura* dell'abete o *grigiatura* del faggio.

### 1.5.2. Tessitura e fibratura

I termini tessitura e fibratura servono a definire caratteristiche visibili soprattutto nelle sezioni longitudinali di un pezzo di legno.

La tessitura indica le dimensioni degli elementi cellulari che formano i tessuti legnosi. Si riconducono i legni a tre tipi:

- a tessitura fine quelli di aspetto omogeneo e compatto, in cui non si riesce a distinguere alcuna cellula a occhio nudo (bosso, faggio, pino cembro ecc.);
- a tessitura grossolana quelli nei quali si vedono agevolmente striature longitudinali più o meno sottili, derivanti dai vasi nei legni di latifoglie e dai canali resiniferi nei legni di conifere resinose (quercia, olmo, castagno, pino domestico ecc.);
- a tessitura media quelli in cui i tessuti non hanno aspetto del tutto com-

patto, anche se non sono singolarmente visibili i vari elementi (pioppo, noce, abete ecc.).

La fibratura si riferisce alla direzione con cui sono disposti gli elementi cellulari, in relazione all'asse del fusto; si parla di:

- fibratura diritta quando gli elementi cellulari sono ad esso paralleli;
- fibratura inclinata o deviata o elicoidale nel caso in cui gli elementi cellulari siano inclinati rispetto all'asse del tronco;
- fibratura intrecciata quando le inclinazioni siano discordanti fra loro per ogni successivo accrescimento;
- fibratura ondulata quando siano riscontrabili ondulazioni parallele e regolari;
- fibratura irregolare nel caso in cui gli elementi cellulari siano variamente disposti, senza che si possa individuare una qualche regolarità.

Per poter riconoscere il tipo di fibratura di un pezzo di legno segato o piallato può essere necessario strapparne una scheggia, in quanto solo così le cellule risultano separate le une dalle altre e se ne può seguire l'andamento; infatti la sega e la pialla tagliano le cellule e, rendendo la superficie piana e liscia, non danno la possibilità di valutare la fibratura, che è invece evidente quando il legno è stato lavorato "a spacco", con l'accetta; caso questo che si può riscontrare frequentemente qualora si considerino manufatti, come travature e incavallature, piuttosto antichi, oppure quando si abbia a che fare con tecnologie "povere" (tipica lavorazione a spacco è quella per la produzione delle scandole).

Le particolarità della fibratura non sono solo dipendenti dalla specie legnosa, ma spesso da caratteri ereditari o da influenze avute dalla pianta nel corso della sua crescita.

### *1.5.3. Altre caratteristiche*

Altre caratteristiche macroscopiche, che hanno però minore importanza, se non per casi molto particolari, sono:

- la venatura: dovuta all'alternanza di tonalità del colore delle zone primaverile e tardiva del legno, che può essere da molto evidente a per nulla evidente;
- il disegno: l'aspetto assunto dalla venatura nelle sezioni longitudinali, che è diverso a seconda che la sezione sia radiale o tangenziale;
- l'odore: rilevabile su legno fresco di abbattimento, dovuto alla presenza di sostanze volatili all'interno del lume cellulare.

## 1.6. Caratteristiche fisiche

### 1.6.1. Relazioni legno-acqua

Vi è una forte affinità tra legno e acqua, dovuta al fatto che nella composizione delle pareti cellulari vi sono lignina e polisaccaridi, nelle cui molecole entra un forte numero di gruppi idrossilici, ai quali l'acqua si collega rapidamente. Inoltre la superficie interna di contatto fra materia legnosa e acqua è enorme, per via della complessa struttura della parete cellulare; alcuni autori parlano di oltre duecento metri quadrati per grammo. A causa di tali caratteristiche il legno è definibile come materiale igroscopico.

Il contenuto di acqua nel legno è soggetto a variazioni continue: il massimo si ha quando l'albero è ancora in piedi e attraverso le cellule passano i succhi che salgono dalle radici verso la chioma, riempiendo completamente il lume cellulare e permeando le pareti.

Dopo il taglio dell'albero molto lentamente l'acqua libera all'interno delle cellule evapora e dopo un certo periodo di tempo al suo posto si trovano solo più aria e vapore; a questo punto, se l'aria dell'ambiente circostante ha uno stato igrometrico che le consente di assumere altra umidità, anche parte dell'acqua che permea le pareti cellulari potrà evaporare, fino a un momento in cui vi sarà equilibrio tra il contenuto d'acqua delle pareti cellulari e quello dell'aria: si sarà così attuato il processo di essiccazione naturale o stagionatura.

Per i motivi esposti all'inizio del paragrafo è impossibile che in condizioni ambientali normali tutta quest'ultima parte di acqua possa andarsene; se si vuole ottenere questo risultato bisogna ricorrere a particolari trattamenti (essiccazione artificiale).

L'acqua collegata alle pareti cellulari viene detta *acqua di saturazione*, quella libera all'interno delle cellule *acqua di imbibizione* o *acqua libera*; vi è poi l'*acqua di costituzione*, che è uno dei componenti della parete cellulare e la cui liberazione è legata alla distruzione della parete stessa.

È molto importante stabilire quale sia il contenuto d'acqua di un pezzo di legno, in quanto, come si vedrà, l'umidità influisce soprattutto sulle sue dimensioni e su particolari caratteristiche, come la resistenza meccanica e la possibilità di degrado ad opera di funghi e insetti. Le norme nazionali e internazionali prescrivono l'espressione dell'umidità in valore percentuale riferito al peso del legno completamente secco:

$$U\% = (P_u - P_0)/P_0 \cdot 100$$

in cui  $P_u$  è il peso del campione di cui si vuole determinare l'umidità,  $P_0$

il peso dello stesso campione assolutamente secco, e  $P_u - P_0$  è l'umidità assoluta.

In Italia è generalmente considerata normale un'umidità percentuale  $U^0\% = 12\%$ , corrispondente in teoria a legno in equilibrio igrometrico con aria a temperatura di 20 °C e umidità relativa del 65%.

Nel momento in cui si ha lo stato di saturazione totale delle pareti cellulari l'umidità si aggira fra il 28% e il 40% del peso secco; orientativamente si considera il 32%. Quindi nel caso di umidità percentuale normale (12%) c'è solo una parte dell'acqua di saturazione delle pareti, e non c'è affatto acqua libera.

L'immediata conseguenza della perdita di umidità del legno durante l'adeguamento alle condizioni igroscopiche ambientali è il ritiro, mentre il fenomeno contrario (acquisizione di umidità) dà luogo al rigonfiamento; la variazione del contenuto d'acqua implica dunque variazioni dimensionali nel legno.

Ma ciò avviene soltanto in un campo preciso che va dallo stato di essiccazione totale (umidità zero) al punto di totale saturazione delle pareti cellulari; infatti solo dal momento in cui vengono coinvolti i legami fra l'acqua e i componenti delle pareti cellulari si hanno modificazioni fisiche a livello delle cellule, che sommandosi portano a modificazioni dimensionali non trascurabili.

È importante notare che qualsiasi pezzo di legno è soggetto a ritiro e rigonfiamento, anche se in opera da molto tempo: il legno non è mai inerte sotto l'influenza dell'umidità.

Caratteristica di questo materiale è poi una marcata anisotropia nei ritiri, cioè un comportamento non omogeneo secondo le tre direzioni anatomiche assiale, radiale e tangenziale. Non si tratta di differenze qualitative, ma quantitative: passando dallo stato fresco allo stato secco si ha in direzione assiale una diminuzione dimensionale quasi sempre inferiore all'1%; in direzione radiale una variazione che va dal 3% al 7,5%; la maggiore è in direzione tangenziale, dal 5,5% al 15%.

La conseguenza della diversità dei ritiri nelle tre direzioni anatomiche è che un solido di legno essiccandosi non mantiene un rapporto di similitudine nello spazio.

Se si vuole avere un'idea del perché ciò avvenga, si deve ricordare (si veda paragrafo 1.1) che il legno deriva da un materiale vivente, che deve rispondere a una determinata funzione nella pianta in piedi, assicurando la resistenza meccanica e lo svolgimento delle attività di nutrizione e sviluppo; per assolvere a questi scopi i tessuti legnosi non possono essere costituiti

omogeneamente, ma devono avere differenze al loro interno tra un punto e l'altro, sia nella disposizione strutturale che nella grandezza delle cellule. Le condizioni ambientali variabili nel corso della vita dell'albero portano poi a differenze nello spessore degli anelli di accrescimento, e quindi nel peso volumico del legno, che è determinante sull'entità del ritiro.

All'atto del taglio della pianta entrano in gioco le differenze di umidità fra i vari punti, in particolare secondo la distanza dal centro, e lo scaricarsi di tensioni interne esistenti nel fusto in piedi; inoltre gli elementi sottoposti a stagionatura hanno sempre un certo spessore e la perdita di umidità può avvenire, soprattutto in direzione longitudinale, soltanto attraverso la superficie. Qui si attuerà un rapido equilibrio con l'aria ambiente, mentre solo molto lentamente l'acqua si sposterà dalle parti più interne verso l'esterno: viene così a stabilirsi il cosiddetto *gradiente di umidità*, che dà luogo a sensibili divergenze nel ritiro, e quindi a tensioni da un punto all'altro del legno.

Proprio le tensioni causate dall'irregolarità del ritiro sono all'origine di svariate conseguenze, diverse a seconda dell'assortimento cui appartiene l'elemento considerato.

Nel caso di tronchi non squadrati si possono verificare "cretti" a zampa di gallina sulle testate, con origine nell'asse midollare, dovuti alla differenza fra le tensioni da ritiro della parte interna del tronco, ancora umida, e quelle della parte periferica più secca: in tutte e tre le direzioni il ritiro sulle testate è maggiore che nella parte interna, quindi esse, poste fortemente in tensione, a un certo punto si spaccano, cominciando dal midollo e seguendo le linee di minore resistenza, i raggi parenchimatici.

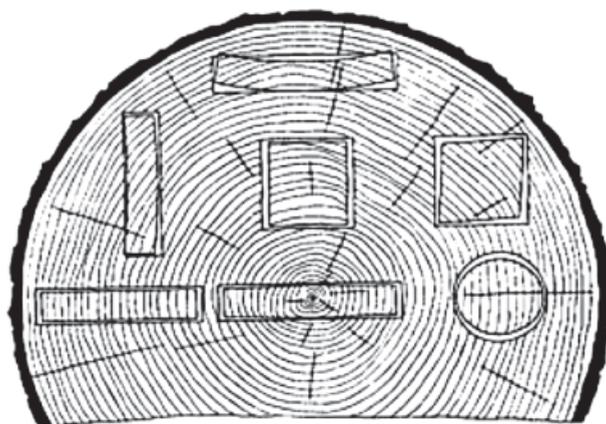
Analogamente sulla superficie esterna dei tronchi l'essiccazione è più rapida che all'interno, i ritiri avvengono prima e come conseguenza si hanno fini fessurazioni radiali longitudinali, le quali, se non sono molto profonde, non costituiscono un grave inconveniente.

Il fatto che il ritiro tangenziale sia maggiore di quello radiale porta alla formazione di spacchi o cretti in direzione radiale, aperti a V dal midollo verso l'esterno, che non c'è modo di prevenire; la presenza di una sola spaccatura indica in genere che è avvenuta un'essiccazione lenta e regolare: è la situazione preferibile anche in vista delle successive lavorazioni, perché il materiale risulta essere meno danneggiato (figura 1.5).

Molti sono gli effetti del ritiro anche nel caso di assortimenti segati e asciati (travi, tavole, listelli ecc.) fra cui i più evidenti sono: diminuzione dimensionale, imbarcamento, fessurazioni sulle testate, svergolamento.



**Figura 1.5. Cretto da ritiro su una trave in opera**



**Figura 1.6. Deformazioni del legno dovute al processo di essiccazione o di stagionatura (da Tsoumis, 1991)**

La diminuzione delle dimensioni con l'essiccazione è inevitabile e di essa va tenuto conto al momento del taglio del pezzo: si deve calcolare una maggiorazione di spessori e larghezze all'atto della lavorazione che va dal 2% al 6%, a seconda della specie legnosa e dell'umidità presente al momento.

È evidente che la differenza da considerare sarà tanto più importante nel caso di pezzi dalle dimensioni notevoli.

Un'altra conseguenza inevitabile, perché dipendente da caratteristiche intrinseche del materiale, è l'imbarcamento, che può però essere ridotto al minimo con una vaporizzazione subito dopo il taglio – per uniformare l'umidità in tutto l'elemento – e con un'essiccazione lenta e regolare (figura 1.6). L'imbarcamento riguarda soprattutto le tavole ed è di diversa entità a seconda della posizione che esse hanno nel tronco rispetto al midollo; la caratteristica curvatura, con la concavità verso la parte opposta al centro del tronco, è dovuta infatti alle coppie di forze che si stabiliscono a causa dei ritiri radiale e tangenziale.

Nella tavola diametrale, contenente il midollo, le forze in gioco sono minime e passano per il baricentro, quindi non vi sarà alcun imbarcamento, ma solo diminuzioni dimensionali; a mano a mano che la tavola si allontana dalla posizione diametrale per assumere la posizione di corda via via più piccola, la prevalenza della coppia dovuta alle forze di ritiro tangenziale si farà più forte e la tavola subirà un imbarcamento maggiore, nel senso che il raggio di curvatura si farà più piccolo.

Anche lo sciavero, cioè la parte più esterna del tronco, che ha una sezione a forma di segmento circolare, è soggetto all'imbarcamento e viene così ad avere dopo l'essiccamento sezione a forma lenticolare.

Analogamente a quanto già detto a proposito dei tronchi, l'essiccazione più rapida delle testate rispetto alla parte mediana porta su tavole e travi alla formazione di fenditure di testa in direzione longitudinale, che si possono evitare avendo cura di non esporre le testate al sole durante l'essiccazione o proteggendole con sostanze che ritardino l'uscita di umidità localizzata.

Un fenomeno con conseguenze particolarmente negative è lo svergolamento: esso si ha quando il ritiro assiale della zona mediana longitudinale di una tavola è molto superiore a quello delle zone laterali, ma non è accompagnato da tensioni sufficientemente forti da provocare distacco tra due parti laterali; gli spigoli assumono allora andamento elicoidale. Lo stesso effetto si può avere quando la tavola sia stata ricavata da un albero con fibratura elicoidale.

## 1.7. Caratteristiche meccaniche

Le proprietà meccaniche del legno sono la misura della sua resistenza alle forze esterne che tendono a deformarlo. La resistenza del legno a tali forze dipende dalla loro grandezza e dalle modalità di carico (trazione, compressione, taglio, flessione ecc.). A differenza dei metalli e di altri materiali omogenei, il legno, essendo un materiale anisotropo, mostra proprietà meccaniche differenti a seconda delle direzioni anatomiche (assiale, radiale, tangenziale) nelle quali viene caricato.

La resistenza del legno alla trazione è sensibilmente differente se il carico viene applicato assialmente o trasversalmente, per cui la resistenza alla trazione assiale è fino a 50 volte più elevata rispetto a quella trasversale. Per i legnami delle regioni temperate la resistenza alla trazione assiale varia tra 50 e 160 N/mm<sup>2</sup>, mentre in direzione perpendicolare oscilla tra 1 e 7 N/mm<sup>2</sup>.

Anche per la compressione la resistenza meccanica del legno mostra valori differenti se caricato assialmente o trasversalmente; in direzione assiale i valori variano tra 25 e 95 N/mm<sup>2</sup>, mentre in direzione trasversale essi si stabiliscono tra 1 e 20 N/mm<sup>2</sup>. È stato inoltre osservato che nelle conifere la resistenza alla compressione tangenziale è più elevata di quella radiale, mentre nelle latifoglie il comportamento è opposto.

Lo sforzo di taglio può essere applicato in direzione longitudinale o trasversale; tensioni di taglio longitudinali sono ad esempio presenti quando gli elementi di legno sono sottoposti a flessione. La resistenza dei diversi legni al taglio assiale varia tra 5 e 20 N/mm<sup>2</sup>. La resistenza al taglio in direzione trasversale è 3-4 volte maggiore di quella assiale, ma essa assume poca importanza poiché il legno tende a rompersi prima per il taglio assiale o per il cosiddetto *rolling shear* che per il taglio trasversale.

La resistenza alla flessione statica è una proprietà meccanica particolarmente importante perché nella maggior parte delle strutture gli elementi di legno sono caricati a flessione. Il caso più tipico è quello di una trave inflessa per un carico trasversale al proprio asse. Sotto tale azione si sviluppano tre tipi di tensioni in direzione assiale: compressione, taglio e trazione. La resistenza del legno alla flessione è normalmente espressa tramite il modulo di rottura (MOR), che rappresenta le tensioni più elevate che si sviluppano sulle porzioni esterne della sezione dell'elemento, quando l'elemento si rompe sotto un determinato carico, applicato gradualmente in pochi minuti. Nei diversi legni il modulo di rottura varia tra 55 e 160 N/mm<sup>2</sup>, cioè tra valori molto vicini a quelli della resistenza alla trazione.

Le caratteristiche meccaniche del legno sono influenzate da numerosi fattori, soprattutto vanno sottolineati il contenuto di umidità, la densità, la durata del carico e i difetti. I valori riportati fanno riferimento a prove eseguite su provini di piccole dimensioni privi di difetti e a umidità del 12%. In particolare l'umidità influenza le caratteristiche meccaniche al di sotto del punto di saturazione delle fibre: al diminuire dell'umidità del legno la resistenza meccanica aumenta e viceversa. L'importanza dell'influenza dell'umidità varia a seconda di quali proprietà si considerano, per cui per ogni punto percentuale di variazione dell'umidità si ha una variazione del 6% nella compressione assiale, del 5% nella flessione statica (MOR) e del 2% nel modulo di elasticità (MOE) a flessione statica.

La densità è l'indicatore migliore e più semplice delle resistenze del legno privo di difetti: al crescere della densità si ha un aumento delle prestazioni meccaniche perché la densità (massa volumica) è la misura della sostanza legnosa contenuta all'interno di un determinato volume. Infatti una maggiore densità deriva da una maggiore proporzione di cellule a parete spessa e lumi ridotti, da cui discende una resistenza più elevata di un legno più denso (sempre che sia privo di difetti).

La durata del carico ha una elevata influenza sulla resistenza del legno, cioè sulla grandezza del carico che una certa struttura può sopportare. Sotto l'azione di un carico permanente il legno mostra il fenomeno dello scorrimento (*creep, fluage*), per cui si ha un aumento della deformazione con il passare del tempo e quindi una riduzione della resistenza. Le ricerche hanno dimostrato che un carico permanente riduce la resistenza al 50-75% dei valori ottenuti da prove statiche di breve durata. In generale il comportamento del legno alla durata del carico è influenzato da vari fattori collegati al legno (specie, densità, umidità) e alle condizioni di carico (quantità, durata, periodicità).

### 1.8. Difetti del legno

Con il termine *difetti* si intende ogni e qualsiasi modificazione della composizione cellulare e della struttura normale dei tessuti, che provochi un'alterazione e un decremento nelle caratteristiche fondamentali del legno.

---

#### FUSTI DI FORMA ANOMALA

L'anomalia può riguardare la sezione trasversale o l'andamento assiale. Una sezione trasversale non circolare può essere abbastanza frequente in determinate specie (cipresso, ginepro, carpino) e i raccordi delle radici

principali col tronco possono poi presentare contrafforti particolarmente estesi soprattutto nelle specie tropicali di grandi dimensioni.

#### LEGNO DI REAZIONE

---

È legato a un andamento assiale non rettilineo del tronco, che conduce a sezioni trasversali ellittiche od ovali a una certa altezza dal suolo, dove l'albero è radicato in maniera simile a una mensola incastrata. Le conifere e le latifoglie presentano caratteri molto diversi nelle sezioni trasversali, per quanto il fenomeno non sia ancora stato sufficientemente studiato: le prime hanno uno sviluppo radiale maggiore del legno nella zona compressa, il cui aspetto è corneo, di colore bruno, a causa di un aumento percentuale della lignina (legno di compressione o "canastro"); alcune latifoglie invece hanno uno sviluppo radiale maggiore nella zona tesa, dove per l'aumento percentuale della cellulosa il legno ha aspetto cotonoso e colore bianco (legno di tensione o "legno cotonoso"). In ambedue i casi comunque il legno presenta ritiri assai maggiori a quelli del legno normale e lavorazioni meno agevoli.

#### DEVIAZIONE DELLA FIBRATURA

---

In condizioni normali la fibratura, vale a dire la direzione lungo la quale si susseguono le fibre, è parallela all'asse midollare del fusto, cioè verticale. Nei tronchi che hanno già un certo grado di stagionatura l'andamento della fibratura è visibile grazie alle minute fessurazioni longitudinali che derivano dall'essere il ritiro tangenziale superiore a quello radiale. Per diverse ragioni (per esempio il vento persistente in una data direzione su una chioma asimmetrica) l'andamento della fibratura può deviare dalla verticale e presentare un andamento chiaramente elicoidale; quando si procede alla squadratura del tronco per farne delle travi o alla segagione in tavole le fibre vengono tagliate trasversalmente dando luogo al "controfilo" superficiale e, sugli spigoli, a scheggiature e inizi di fenditure oblique molto dannose agli effetti delle resistenze alle sollecitazioni, particolarmente a quelle di flessione.

#### ETEROGENEITÀ DEGLI ANELLI DI INCREMENTO E CIPOLLATURE

---

Se un albero cresce in condizioni di clima uniforme e in un bosco gestito in modo da assicurare un afflusso regolare di luce gli anelli di incremento saranno dapprima piuttosto larghi, digradando poi piuttosto lentamente con il crescere dell'età; il legno di quest'albero avrà caratteristiche omoge-