

Il legno

23.1 Generalità

Il legno è sempre stato considerato un materiale deperibile con una serie di difetti (nodi, malformazioni) che rendono aleatoria una stima delle sue proprietà meccaniche; queste ultime sono influenzate dalle condizioni climatiche, in particolare dall'umidità dell'ambiente circostante. Il legno, inoltre, è un materiale anisotropo, giacché la resistenza e il modulo elastico variano a seconda che gli sforzi siano applicati parallelamente alla direzione della fibratura o in altre direzioni; è soggetto agli attacchi dei microrganismi (funghi e insetti) che possono ridurre la resistenza meccanica.

Queste perplessità, però, sono state superate da qualche tempo. Infatti, a tutti questi inconvenienti ha posto rimedio l'introduzione di norme nazionali ed europee che assegnano al legno classi di resistenza. Il costruttore, così come fa con il calcestruzzo, può utilizzare materiali a resistenza caratteristica nota.

Un'accurata esecuzione delle strutture che eviti ristagni di acqua, un trattamento preventivo del legno con sostanze efficaci nei confronti di insetti e funghi, e un minimo di manutenzione sono sufficienti ad assicurare una buona difesa contro queste insidie. Per quanto attiene l'inflammabilità, una impregnazione con ritardanti e l'applicazione alle pareti di intonaci ignifughi riduce a limiti accettabili i rischi.

Il legno presenta molti vantaggi in fase costruttiva. Esso si presta molto bene alla produzione di elementi prefabbricati facilmente trasportabili e assemblabili. Il legno lamellare, grazie alla sua resistenza meccanica, permette di ottenere elementi strutturali di notevoli dimensioni.

Il legno, infine, è in grado di soddisfare esigenze ecologiste. Infatti, gli alberi, in genere, provengono da foreste razionalmente strutturate con piani di rimboschimento.

23.2 Fonti

La fonte di approvvigionamento del legno è costituita dagli alberi. I principali tipi di alberi sono costituiti dalle conifere e dalle latifoglie¹. I legni ricavati dalle conifere sono definiti dolci, mentre quelli ricavati dalle latifoglie sono definiti duri. La classificazione in legni dolci e duri è tradizionale e spesso non ha riscontro con la realtà: esistono, infatti, alcune latifoglie (pioppo e balsa) i cui legni sono molto più teneri (dolci) di quelli di alcune conifere (tasso e *pitch-pine*).

Tra i legni frequenti alle nostre latitudini, si utilizza la *quercia* (chiamata anche *rovere*), l'*abete*, il *pino*, il *larice*, il *faggio*, il *noce* e il *castagno*.

Tra le specie esotiche, di notevole importanza sono il *mogano*, l'*ebano* e il *teak*.

23.3 Struttura del legno

Se si osserva la *sezione trasversale* di un albero (Figura 23.1), si vede al centro, più o meno sviluppato, il midollo formato da un tessuto spugnoso circondato da una massa più o meno compatta e omogenea. Questa massa è formata da tanti anelli concentrici, corrispondenti agli strati aggiuntisi annualmente durante la vita della pianta. Essi sono di spessore variabile nelle diverse specie e secondo le condizioni di vita della pianta stessa. Poiché l'accrescimento della pianta avviene verso l'esterno, la parte interna, verso il midollo, finisce per morire. Questa parte che diviene dura, compatta e più scura prende il nome di *durame* o *massello*, mentre la parte esterna più leggera e più chiara è detta *alburno*.

La distribuzione fra durame e alburno mentre è netta in alcune piante (pino, larice, castagno) non lo è in maniera altrettanto netta nel pioppo e nell'abete perché col tempo gli strati annuali subiscono piccole variazioni. La larghezza degli anelli dipende dalla specie legnosa, dalle condizioni climatiche del luogo ove è cresciuta la pianta ecc. Il numero totale degli anelli corrisponde all'età della pianta.

In una *sezione tangenziale* di un tronco di legno si distinguono le *fi-bre*, filamenti sottili, più o meno lunghi, disposti parallelamente alla lunghezza del tronco e i *vasi* o *tubi*, canali continui, sottili, anch'essi paralleli alla lunghezza del tronco. I vasi rappresentano i condotti nei quali cir-

¹ Conifere: piante con foglie aghiformi e frutto a cono. Latifoglie: piante con foglie larghe.

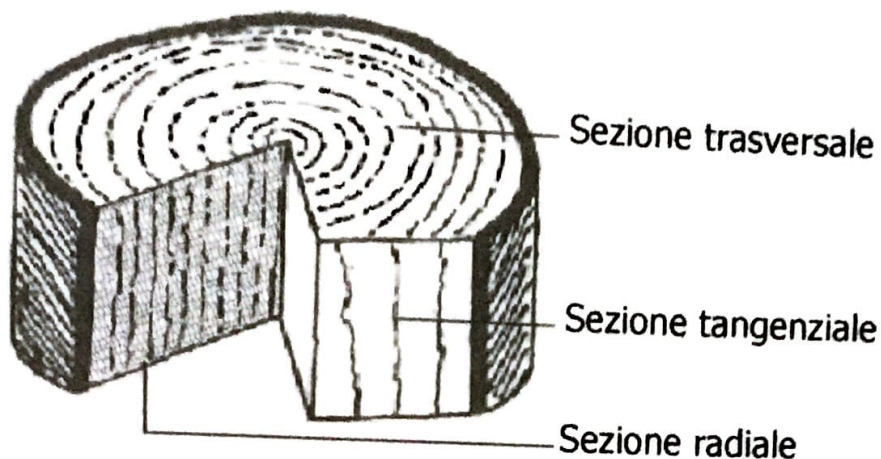


Figura 23.1 Sezioni fondamentali di un tronco.

colano i liquidi, mentre le fibre, dalle pareti più spesse, costituiscono i tessuti resistenti che conferiscono al legno elasticità.

Il rapporto fra vasi e fibre varia da una specie legnosa all'altra; nei legni più duri e più compatti abbondano le fibre mentre in quelli porosi e teneri i vasi.

In una *sezione radiale* sono visibili i raggi midollari, un insieme nastro-forme di cellule che s'irraggiano dal midollo come i raggi di una ruota. La loro funzione è di immagazzinare sostanze nutritive e convogliarle orizzontalmente all'interno della pianta. Per la minore aderenza che essi offrono con i tessuti circostanti, sono punti di debolezza. Il legno ha tendenza a fessurarsi proprio in corrispondenza a tali raggi.

Il legno è costituito essenzialmente di cellulosa, di lignina e di vari composti fra cui tannini, resine, oli essenziali. La cellulosa è un polimero naturale formato dall'unione di migliaia di molecole di glucosio, unite con legami primari. Perciò la resistenza meccanica di queste catene risulta elevata. Queste molecole di cellulosa, che costituiscono il 40-60% del legno, formano cavità tubolari che consentono il passaggio delle soluzioni nutritive e dell'acqua. Tali strutture sono tenute insieme dalla lignina – anch'essa un polimero – presente in quantità intorno al 25%.

Il legno, poiché è formato da aggregati di cellule orientate lungo l'asse dell'albero e da altri gruppi di cellule orientate radialmente, è un materiale anisotropo. La maggior parte delle sue caratteristiche fisiche è diversa nelle tre direzioni strutturali: longitudinale, radiale e tangenziale.

Il contenuto di acqua è elevato. La quantità di acqua, presente nei diversi legni appena abbattuti, varia con il tipo di legno, con le condizioni nelle quali gli alberi crescono e con la stagione di abbattimento. Di solito è fra il 30 e il 70% (riferita al secco). Quando il legno è posto in ambienti asciutti e ventilati, specialmente nella stagione estiva, il tasso di umidità scende al di sotto di questo valore, ma può aumentare di nuovo seguendo

le condizioni igrometriche dell'ambiente. L'acqua contenuta nel legno fresco in parte si trova nell'interno delle cavità cellulari ed è detta "acqua libera". Essa è la prima ad essere eliminata con la stagionatura e l'essiccamento. Vi è, inoltre, "l'acqua d'imbibizione" delle pareti cellulari, il cui tasso può raggiungere il 25-30%. Quest'acqua è eliminata più lentamente. Essa può essere riassorbita e determina le caratteristiche di igroscopicità del legno.

La variazione della quantità di acqua libera non comporta variazioni nelle dimensioni del legno. Invece, le variazioni dell'acqua di imbibizione provocano contrazioni o rigonfiamento. La contrazione lineare in senso longitudinale è piccola, a causa dell'orientamento longitudinale della maggior parte degli elementi cellulari del legno.

L'acqua influenza le caratteristiche tecnologiche del legno giacché la sua eliminazione provoca ritiri ai quali possono accompagnarsi deformazioni, spaccature ecc. Poiché la distribuzione delle umidità in un legno è diversa da punto a punto, anche la sua diminuzione non avviene in maniera uguale nelle varie zone del tronco e, quindi, se non eseguita con particolari accorgimenti, provoca deformazioni, fessurazioni, contorcimenti dei tronchi o dei prodotti da essi ritagliati.

Per evitare che tali deformazioni o fessurazioni si presentino in un legno già messo in opera, occorre che esso sia preventivamente stagionato, in pratica sottoposto a essiccazione. Con ciò si ottiene anche un miglioramento delle proprietà meccaniche. L'essiccazione non deve mirare alla completa eliminazione dell'acqua, perché un legno totalmente essiccato, esposto poi all'aria, assorbe dall'atmosfera nuovamente umidità, in quantità di solito pari a 10-12 % circa, che è il tenore di umidità in equilibrio con quella dell'ambiente. Il legno che si trova in queste condizioni viene anche definito *secco commerciale*.

Tabella 23.1 Contenuti di umidità nel legno quando è in equilibrio con i vari ambienti

Tipo di ambiente	Umidità nel legno (%)
In ambiente saturo di umidità.	30
In costruzioni esposte alle intemperie (pali, impalcature, membrature di parti scoperte).	12 ÷ 22
In costruzioni coperte, ma lateralmente aperte (pensiline ecc.).	16 ÷ 20
In costruzioni coperte, chiuse.	12 ÷ 15
In costruzioni coperte, chiuse, riscaldate.	8 ÷ 10

La velocità con la quale un pezzo di legno essicca dipende da diversi fattori: temperatura e umidità relativa dell'ambiente, velocità di circolazione dell'aria, tenore di umidità del legno da essiccare e infine dal tipo di legno e dal suo spessore.

In pratica, il tenore di umidità posseduto da un legno in opera, in equilibrio con l'ambiente circostante, varia con le condizioni di questo, come mostrato in Tabella 23.1.

23.4 Proprietà

Le principali caratteristiche che determinano il valore dei legnami sono elencate di seguito.

Massa volumica

È una caratteristica importante perché è in relazione con le proprietà meccaniche. Un'elevata massa volumica apparente è indice di un minore numero di cavità cellulari, di vuoti ecc. cioè di un aumento della quantità di sostanza legnosa e, quindi, comporta un aumento delle caratteristiche meccaniche. Mentre la massa volumica assoluta della sostanza legnosa è dell'ordine di 1,50-1,55, quella apparente è sempre minore di 1. Il suo valore dipende dal contenuto di umidità del legno. Per questo motivo i valori sono riferiti al secco commerciale.

Si dicono leggeri i legni con massa volumica apparente inferiore a 0,60, abbastanza pesanti quelli con valore compreso fra 0,60 e 0,80, pesanti quelli con massa volumica fra 0,80 e 0,95 e pesantissimi quelli con valore superiore a 0,95.

Comportamento al riscaldamento

Il legno secco, come gli altri materiali solidi, se riscaldato, subisce una dilatazione. Il coefficiente di dilatazione ha valore diverso a seconda se misurato parallelamente oppure no all'orientazione delle fibre. Nella direzione perpendicolare alle fibre, cioè lungo i raggi midollari, i valori sono maggiori di quelli che si riscontrano nella direzione parallela a esse. Le fibre, non essendo tenute insieme tra loro da legami atomici primari, risentono maggiormente l'azione del calore e sono allontanate le une dalle altre. I valori del coefficiente di dilatazione sono inferiori a quelli degli altri materiali strutturali: occorre però tenere presente che questa stabilità dimensionale è in gran parte annullata dalle variazioni di umidità. Se la temperatura muta di 50-70 °C l'effetto che si produce sulla variazione di-

zionali è pari a quella prodotta dall'1% circa del tenore di umidità.

L'allentamento, sotto l'azione del calore, delle forze di coesione fra le fibre, conferisce al legno plasticità. Questa è sfruttata nella piegatura. I pezzi di legno da curvare sono immersi in acqua calda (70-80 °C) per parecchie ore, in modo tale che tutte le parti raggiungano la stessa temperatura. Sono sottoposti in seguito a curvatura e quindi essiccati. Per abbreviare i tempi di lavorazione, il riscaldamento si può effettuare in autoclave con vapore sotto pressione (120-140 °C).

Durezza

La durezza è un criterio di classificazione dei legni. Essi si possono suddividere in:

tenerissimi	→	abete, pioppo, betulla
teneri	→	larice, pino
semiduri	→	castagno, platano
duri	→	acero, quercia, noce, faggio
durissimi	→	guaiaco

Con la durezza varia la facilità di lavorazione e spesso la resistenza all'usura. Questa caratteristica è importante per i legni usati nella preparazione di liste o blocchetti per pavimentazioni.

La durezza si misura in base alla resistenza opposta dalle zone superficiali del legno all'azione di un penetratore, sotto carico standard. La durezza è maggiore nella parte centrale del tronco rispetto a quella periferica ed è legata al tenore di umidità.

Resistenza meccanica

La resistenza a compressione dipende dal tipo di legno, dalla massa volumica, dal tenore di umidità. Mediamente, un aumento dell'1% di umidità comporta una perdita di circa il 4-5% della resistenza a compressione.

La resistenza è diversa se determinata parallelamente o trasversalmente alla direzione delle fibre. Analogamente alla resistenza a compressione anche quella a trazione, a flessione e al taglio presentano una dipendenza analoga dall'orientamento delle fibre e dal grado di umidità. La resistenza a trazione del legno nel senso della lunghezza delle fibre è elevata mentre notevolmente più bassa è quella nel senso normale a esse.

Le proprietà meccaniche variano con la temperatura: diminuiscono al crescere di questa ad eccezione della resilienza che aumenta al crescere della temperatura, almeno per legni con tenori piuttosto elevati di umidità.

I valori di resistenza del legno che si ricavano dalle determinazioni sperimentali hanno un ampio spettro di variazione e, pertanto, non sono molto

indicativi. Come per il calcestruzzo, anche per il legno è stato introdotto il concetto di resistenza caratteristica. A scopo indicativo, in Tabella 23.2 sono riportati i valori di resistenza meccanica, ricavati con prove standardizzate, per alcuni legni di uso comune.

Tabella 23.2 Resistenza meccanica di legnami di uso comune

	Resistenza determinata rispetto alle fibre (MPa)			
	Parallelamente			Perpendicolarmente
	Compressione	Trazione	Taglio	Compressione
Abete comune	30-45	90-120	3-4	6
Pino	35-50	100-150	3-4	7
Larice, tasso	40-55	100-150		10
Pioppo	25-35	80-100	4-6	9
Betulla, quercia, noce mogano	35 ÷ 50	80 ÷ 150	4-8	11-13
Leccio, olivo	60-80	120-180	6-8	15-25
<i>Pith-pine</i>	80-110	120-180		30-50

Modulo elastico

I moduli elastici del legno sono influenzati negativamente dal contenuto di umidità e dalla temperatura, mentre crescono all’aumentare della massa volumica. Con umidità dal 15 al 20% si trovano i seguenti limiti di variabilità:

– per i legni resinosi	in senso assiale	7500 < E < 12500	MPa
		900 < E < 1000	MPa
		400 < E < 500	MPa
– per le latifoglie dure	in senso assiale	8500 < E < 15000	MPa
		1900 < E < 2000	MPa
		900 < E < 1000	MPa

L’umidità deprime i valori dei moduli elastici. Questi si mantengono costanti fino a un contenuto di acqua del 7 ÷ 8%. Al di sopra di questi valori, essi diminuiscono all’aumentare della percentuale di acqua fino a raggiungere un valore minimo, per un contenuto di umidità pari a circa il 30%. Anche la presenza di nodi e di lesioni, dovute ad attacchi da parte di microrganismi, deprime i valori delle costanti elastiche.

Comportamento viscoelastico

Il legno mostra un comportamento viscoelastico. Ciò comporta due conseguenze. La prima è quella del lento e solo parziale recupero della deformazione del materiale sottoposto a un carico continuo; la seconda è che le resistenze meccaniche del legno dipendono dalla durata del carico. I fattori ambientali giocano poi un importante ruolo: il valore della deformazione totale, così come la velocità della deformazione, aumenta all'aumentare della temperatura e del contenuto di umidità.

Caratteristiche intrinseche

- Importante è la *fibra*, in base alla quale si hanno legnami a fibra grossa o corta e fina. I primi (quercia, olmo) nella rottura si scheggiano, i secondi (faggio) invece non si scheggiano.
- Il *volume* e la *regolarità* del tronco, elemento questo che ha molta importanza per i legnami da costruzione.

Difetti

Il legno può presentare vari difetti che ne riducono la resistenza. I principali, raggruppati secondo la causa di origine, sono elencati di seguito.

- *Difetti dovuti ad agenti atmosferici (vento e gelo).*
Provocano sfaldature interne dovute alla precoce morte di gruppi di tessuto.
- *Difetti dovuti ad agenti patogeni (funghi e insetti).*
I funghi provocano il disfacimento di gruppi di cellule, mentre gli insetti scavano “gallerie” all’interno della massa legnosa, intaccandone la resistenza.
- *Difetti dovuti ai rami.*
I rami, aventi un andamento diverso dell’asse principale del fusto, presentano gruppi di tessuti diversamente orientati. Si creano i *nodi*, particolarmente dannosi, che provocano distorsioni del legno in opera. I nodi possono, in alcuni casi, costituire un pregio. Il diverso e irregolare andamento di alcuni gruppi di tessuti forma suggestivi disegni ampiamente sfruttati a scopo decorativo.
- *Difetti insiti nella crescita.*
In conseguenza del distacco di anelli annuali dai contigui, si generano screpolature circolari, dette *cipollature*.
- *Difetti dovuti a una cattiva stagionatura.*
Le tavole possono *imbarcarsi*, *curvarsi* o *svergolarsi* (Figura 23.2).

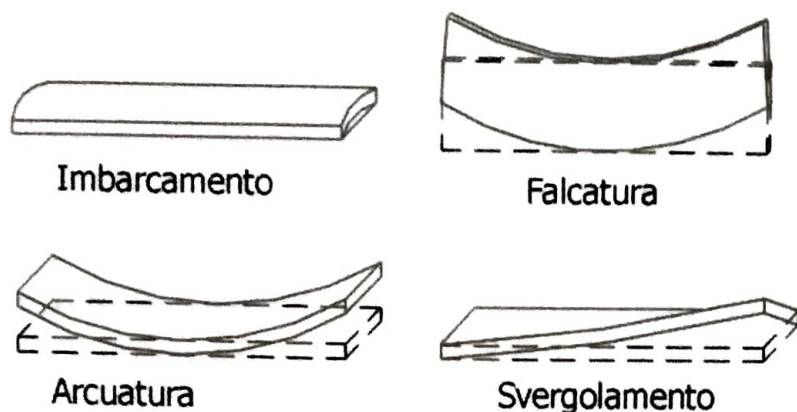


Figura 23.2 Tipologie di deformazioni.

23.5 Classificazione e usi

Per quanto attiene i legnami utilizzati in edilizia, essi sono classificati secondo gli usi.

1. Legni duri.

Legno di quercia. È di lunga durata e si trova in commercio in grandi dimensioni per la rilevante mole dell'albero dal quale si ottiene. Si adopera in ambienti umidi. Presenta ritiri marcati. Si utilizza per pali e travi.

Legno di castagno. Può sostituire il legno di quercia in ambienti umidi. Si tarla facilmente. Leggero, abbastanza elastico.

Legno di olmo. È incorruttibile nell'acqua.

Legno di noce. È poco usato in lavorazioni di carpenteria, mentre è assai diffuso in lavori di ebanisteria e di falegnameria.

Legno di faggio e frassino. Essendo legnami che si alterano facilmente se esposti all'azione degli agenti atmosferici, sono poco usati in carpenteria. Sono invece utilizzati per scale e per rivestimenti di interni. Si presta ad essere facilmente curvato.

2. Legni resinosi.

Legno di abete bianco. Ha basso prezzo e lunga durata; se adoperato in luoghi asciutti è assai resistente. È molto utilizzato nelle costruzioni, sia sotto forma di travature sia nella fabbricazione di pannelli.

Legno di abete rosso. Apparentemente simile al precedente, è però meno pregiato poiché presenta un accrescimento più irregolare, con conseguente riduzione delle caratteristiche meccaniche, maggior cipollatura e minore durabilità.

Legno di larice. Le caratteristiche essenziali sono la durezza, le buone caratteristiche meccaniche e il suo aspetto particolarmente gradevole. Per questo è di largo uso. La sua durata supera quella dell'abete. È utilizzato nelle costruzioni sotto forma di grosse travi e tavole. È adatto per serramenti di finestre. Sotto forma di tavolette è utilizzato per coperture di tetti: il calore solare fa essudare la resina che così ricopre le tavolette

di una patina protettrice. Varianti esotiche si hanno nei larici rossi americani, detti *pith-pine*, che presentano alta resistenza meccanica, scarsa nodosità e ottima durabilità a causa dell'elevato contenuto di resine che lo rendono anche inattaccabile da parte dei tarli.

Legno di pino. Come tutti i resinosi e di alto fusto è assai impiegato nelle costruzioni. Utilizzato per segati da falegnameria e infissi, è meno apprezzato in campo strutturale, data l'elevata nodosità, la frequente presenza di tasche di resina e fibratura deviata. Ha caratteristiche variabili a seconda che si ricavi al Nord (pino silvestre) e allora è molto resistente, o in latitudini medie (pino calabrese) e allora è molto adatto per resistere in luoghi asciutti o (pino marittimo) adatto in vicinanza del mare.

Legno di cipresso. Adattissimo per le costruzioni essendo molto duro e compatto. Però è di lento sviluppo e, pertanto, la sua disponibilità è scarsa.

Legno di eucalipto. È pregevole quanto la quercia ed essendo duro e tenace è adatto a essere utilizzato in edilizia. Tuttavia è facilmente tarlabile.

3. Legni bianchi teneri.

Legno di pioppo. Idoneo per lavori di falegnameria e sotto forma di tavole per cassoni. Tenero, è facile da sfibrare.

Legno di ippocastano. Per le sue grandi dimensioni è usato per ossature di volte.

Legno di betulla. Ha il pregio di avere grande elasticità. È adatto per la costruzione di tramezzi e ossature di tetti.

Legno di ontano. È ricercato per impiego in costruzioni in presenza di acqua o di elevata umidità.

4. Legni fini.

Legno di pero, melo, ciliegio, sambuco, mogano, ebano, palissandro, teak. Sono legnami di pregio per bellezza del tessuto e finezza di fibre, ma non sono utilizzabili in edilizia perché hanno dimensioni modeste.

23.6 Colore

Il colore del legno varia da specie a specie di pianta. Inoltre, nella stessa specie, è soggetto all'influenza degli agenti atmosferici, dell'ambiente, dell'età della pianta ed è diverso nell'alburno e nel massello.

23.7 Durabilità

Il legno può mantenere, in condizioni ambientali favorevoli, le sue caratteristiche meccaniche ed estetiche per molto tempo. Se esposto alle intemperie e non opportunamente protetto, la sua colorazione si altera fino ad assumere un colore grigiastro. L'applicazione di uno strato protettivo (vernici, pitture) aumenta la resistenza nei confronti dell'ambiente circostante, ma non lo impermeabilizza completamente. Pitture e vernici possono in ogni modo essere veicoli di sostanze capaci di difendere il legno dalle aggressioni di organismi viventi.

I principali nemici del legno sono i funghi e alcuni tipi di insetti che, nutrendosi di cellulosa, portano a un disfacimento della struttura del materiale. A parità di condizioni, le varie specie arboree presentano una differente sensibilità a queste aggressioni.

I funghi si sviluppano solamente in particolari condizioni, cioè quando il contenuto di acqua nel legno si aggira intorno al 20% e le temperature tra 15 e 20 °C. Di conseguenza, le travi nelle costruzioni sono di solito attaccate nella zona incastrata nella muratura, dove più è facile il contatto con l'umidità. Contro i funghi, come pure contro gli insetti, l'unica difesa è il trattamento preventivo con apposite sostanze. Le sostanze impregnanti capaci di difendere il legno dagli attacchi degli organismi viventi si possono dividere in due categorie. La prima è costituita da creosoto, pentaclorofenolo, composti metallorganici solubilizzati in veicoli oleosi; la seconda è costituita da soluzioni acquose contenenti sali di cromo, zinco, arsenico. Questi agenti protettivi possono essere applicati sotto pressione in autoclave. Un trattamento simile assicura una difesa completa del manufatto, ma è costoso e difficilmente effettuabile su oggetti di grosse dimensioni, per cui i preservanti vengono molto spesso applicati mediante pennellatura, spruzzo o aggiunti alle vernici e alle colle, ottenendo, naturalmente, una protezione solo parziale.

Il legno è infiammabile. A temperature superiori ai 200 °C cominciano a innescarsi processi di combustione. Si forma sul legno uno strato di materiale carbonizzato, mentre la pirolisi libera gas. L'alta coibenza del legno abbassa di molto la temperatura immediatamente dietro il fronte di combustione, per cui strutture non completamente combuste possono mantenere buone caratteristiche meccaniche dopo la cessazione dell'incendio. Il legno può essere trattato con sostanze ignifughe o in ogni caso capaci di ridurre la velocità del processo di combustione. Questo trattamento è imposto da norme di legge nel caso di pavimenti di corridoi, di pareti interne di sale di riunione ecc.