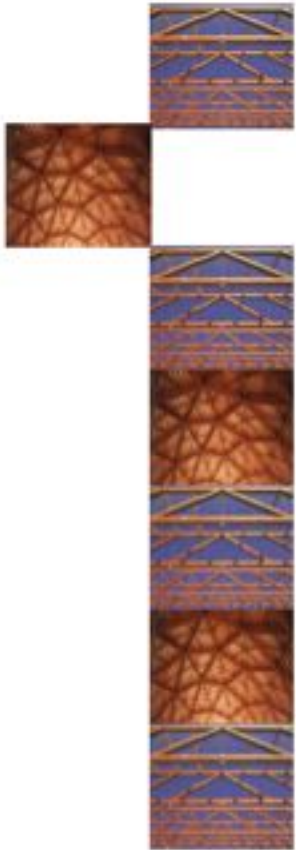


## Materiali per l' Architettura (6CFU)

Prof. Alberto De Capua, coll. DdR Valeria Ciulla



### IL LEGNO

- Informazioni storiche
- Informazioni specialistiche
- Informazioni sulla produzione
- Informazioni sul progetto

*Seminario tematico a cura di  
dott. ric. Valeria Ciulla*

## Definizioni e Caratteri primari

Il legno può definirsi un materiale composito naturale costituito da **cellulosa** e **lignina**;

- la cellulosa conferisce alla parete cellulare notevole resistenza alla trazione longitudinale, mentre
- la lignina rende la parete cellulare dura e resistente alla compressione.

La struttura del tronco risulta così composta:

**Corteccia**, strato esterno di protezione,

formato da cellule morte;

**Floema** (o Libro), strato sottile a contatto con

la corteccia;

**Cambio**, tessuto formato da poche cellule,

compreso tra floema e alburno;

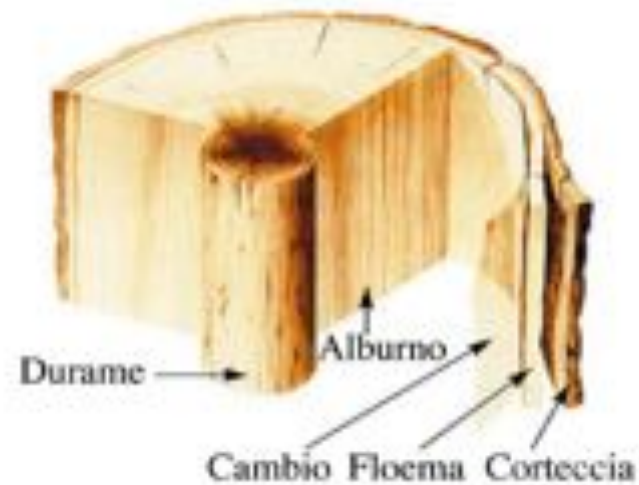
**Alburno**, legno di recente formazione

composto da anelli di accrescimento;

**Durame**, strato interno del tronco con fibre

ben serrate tra loro, ha elevata resistenza

meccanica.



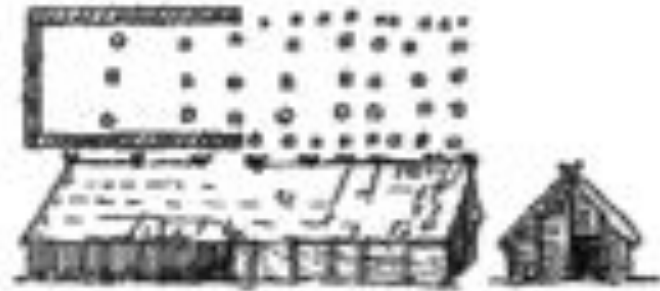
## architettura pre-romana

Il legno è insieme alla pietra il primo materiale naturale utilizzato dall' uomo data la sua disponibilità, le sue ottime capacità di resistenza e la possibilità di adattarlo agli usi più diversi per la sua facile lavorabilità.

Per molti secoli il legno è stato l' elemento significativo del linguaggio strutturale, oltre ad essere un insostituibile elemento accessorio.

La fondazione su pali è una delle tecniche più antiche: essa ha consentito l' antropizzazione anche di terreni melmosi o di paludi come, in Italia, la zona di Ravenna.

È emblematico il caso di Venezia dove l' intera città poggia su pali.

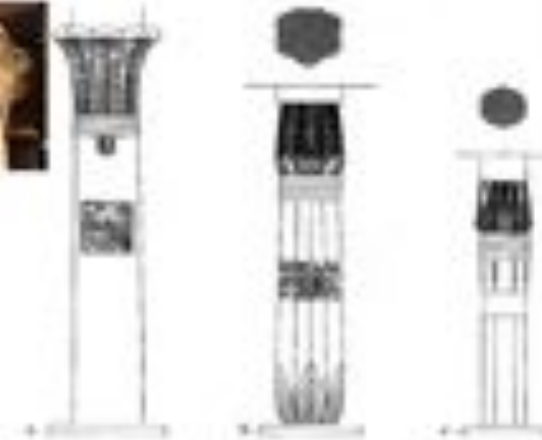


## architettura pre-romana

L'impiego di colonne e pilastri lignei nell'architettura è universalmente diffuso, data la forma tronco-conica allungata dei fusti.

L'architettura egizia, ad esempio, ha prodotto le seguenti tipologie di colonne:

- a. lotiforme;
- b. palmiforme rastremata;
- c. a fascio di papiri rastremata;
- d. a sostegno di tenda con rastremazione ;
- e. papiro a corolla aperta con rastremazione inversa



## architettura romana e paleocristiana

Il legno ha un grande ruolo nell'architettura diffusa

Si costruiscono le “insulae”, edifici di 4-5 piani:

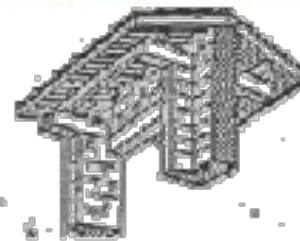
- con strutture a graticci
- con capriata e coperture di grandi luci.



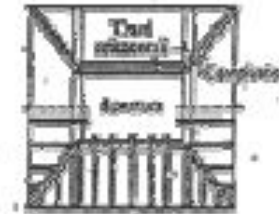
Tetto originario della Basilica di San Pietro a Roma 4 sec. d.C.



Tetto originario della Basilica di San Paolo fuori le Mura 5 sec. d.C.



Tetto a campata semplice



Tetto intorno un cortile

## architettura del novecento

**Balloon frame** (struttura a pallone) è una tecnica di costruzione inventata nei primi anni del 1900 ed utilizzata per la realizzazione di edifici in legno.

E' costituita da una serie:

- di listelli in legno di dimensioni unificate, unite mediante chiodatura e ritmate da sequenze modulari;
- di tavole disposte diagonalmente che assicurano il controventamento;
- di tavole disposte in orizzontale che proteggono l'edificio dall'esterno e formano la facciata.

Si differenzia dalle tradizionali strutture in legno per l'assenza di elementi principali e secondari.

Tale tecnica costruttiva permette di velocizzare la fase di costruzione in cantiere permettendo di svolgere buona parte delle lavorazioni in officina. Da essa infatti deriva l'attuale sistema di prefabbricazione di edifici in legno.





## architettura del novecento



Casa a struttura “balloon frame”

architettura contemporanea



Complesso polifunzionale a Vancouver - Bing Thom



## architettura contemporanea



Auditorium Parco della Musica, Renzo Piano, Roma 2002

**architettura contemporanea**



Tempio di komyo - JI - Tadao Ando

architettura contemporanea



Tempio di komyo - Ji - Tadao Ando



architettura contemporanea



Padiglione Svizzero, EXPO DI HANNOVER - Peter Zumthor

architettura contemporanea



Padiglione Svizzero, EXPO DI HANNOVER - Peter Zumthor



**architettura contemporanea**



Padiglione Svizzero, EXPO DI HANNOVER - Peter Zumthor

## Classificazione

Sono diversi i criteri di classificazione del legno,

**in base alla durezza** si distinguono in:

- Legni dolci: - Conifere leggere, legni a scarso contenuto resinoso, si degradano facilmente e vengono utilizzati per palificazioni, impalcature e casseformi; - Conifere medie, legni ad alto contenuto resinoso, sono molto resistenti agli agenti degradanti, utilizzati per infissi, palafitte e ponti.

- Legni duri: - Latifoglie leggere: acero, olmo, pioppo, platano, frassino; - Latifoglie medie: faggio bianco, faggio rosso, noce, mogano; - Latifoglie pesanti: quercia e rovere.

**in base alla provenienza** si distinguono in:

- Essenze europee;
- Essenze esotiche o extraeuropee.

## Caratteristiche fisiche

- **PESO SPECIFICO e di VOLUME.** Il peso specifico varia secondo l'essenza e il contenuto di umidità.
- **COEFFICIENTE di POROSITÀ.** E' una caratteristica di tutti i legnami teneri.
- **COEFFICIENTE di CONDUCIBILITÀ' o CONDUTTIVITA' TERMICA.** In genere è modesto.

## Caratteristiche tecniche e tecnologiche

- **DUREVOLEZZA** Dipende dalla natura del legno, dal taglio, dalla stagionatura, dal trattamento, e dall'ambiente in cui è esposto.
- **DURABILITÀ NATURALE** E' la potenzialità di resistere alle alterazioni biologiche.
- **COLORE** E' uno dei caratteri distintivi di ogni essenza e contribuisce all'aspetto estetico;
- **ASPETTO** Dipende dal colore, dalla lavorazione, dalla macrostruttura caratterizzata da: tessitura, fibratura, venatura, anomalie e difetti.
- **STABILITÀ DIMENSIONALE** Dipende dalla maggiore o minore rapidità con cui il legno assume o cede umidità all'ambiente esterno.
- **DENSITÀ** Dipende dallo spessore delle pareti cellulari del legno.
- **LAVORABILITÀ** Riguarda la facilità con cui un legname può essere lavorato.

## Caratteristiche fisiche

**PESO SPECIFICO O DENSITA'** -  $P = \text{g}/\text{cmc}$  o  $\text{kg}/\text{mc}$

E' il peso dell' unità di volume considerato allo stato di integrità (condiziona il progetto delle strutture e i costi di trasporto).

Si dice anche “peso specifico apparente” per distinguerlo dal “peso specifico reale”, che definisce la “densità assoluta” del materiale, cioè il peso del volume senza i vuoti.

Il rapporto tra questi due “pesi” determina la COMPATTEZZA del materiale che, di solito, è indicativa della sua resistenza meccanica.

Alcuni valori di P:

- legno: da 0,51 a 1,01 g/cmc
- laterizi pieni: da 1,60 a 1,80 g/cmc
- calcestruzzo: da 2,10 a 2,50 g/cmc
- acciaio: da 7,50 a 8,10 g/cmc

## Caratteristiche meccaniche

Dipendono dall'essenza dalla stagionatura dalla direzione del carico rispetto alla direzione delle fibre, in quanto il legno è un materiale anisotropo. In generale, la resistenza aumenta con l'aumentare del peso specifico e diminuisce con l'aumentare del tasso di umidità contenuta nel legno.

• **RESISTENZA A COMPRESSIONE.** I legni più densi sono in generale più resistenti. E' una caratteristica che interessa i pilastri, i puntoni di capriate, i pali di fondazione. Dipende dai seguenti fattori:

- angolo tra la fibratura e la direzione della sollecitazione;
- umidità;
- difetti;
- attacchi di funghi ed insetti, che inducono una diminuzione del peso specifico.

• **RESISTENZA A TRAZIONE PARALLELAMENTE ALLA FIBRATURA** Riguarda catene e monaci di capriate, catene di archi e di volte. I fattori che la influenzano sono:

- presenza di nodi,
- deviazione della fibratura,
- umidità,
- temperatura.

• **RESISTENZA A FLESSIONE.** Riguarda: travi, mensole, colmi e terzere di orditi di copertura, catene di capriate. I fattori da cui dipende sono:

- inclinazione della fibratura,
- contenuto di umidità,
- temperatura,
- nodi, fenditure.



## Caratteristiche meccaniche

Dipendono dall'essenza dalla stagionatura dalla direzione del carico rispetto alla direzione delle fibre, in quanto il legno è un materiale anisotropo. In generale, la resistenza aumenta con l'aumentare del peso specifico e diminuisce con l'aumentare del tasso di umidità contenuta nel legno.

• **RESISTENZA A COMPRESSIONE.** I legni più densi sono in generale più resistenti. E' una caratteristica che interessa i pilastri, i puntoni di capriate, i pali di fondazione. Dipende dai seguenti fattori:

- angolo tra la fibratura e la direzione della sollecitazione;
- umidità;
- difetti;
- attacchi di funghi ed insetti, che inducono una diminuzione del peso specifico.

• **RESISTENZA A TRAZIONE PARALLELAMENTE ALLA FIBRATURA** Riguarda catene e monaci di capriate, catene di archi e di volte. I fattori che la influenzano sono:

- presenza di nodi,
- deviazione della fibratura,
- umidità,
- temperatura.

• **RESISTENZA A FLESSIONE.** Riguarda: travi, mensole, colmi e terzere di orditi di copertura, catene di capriate. I fattori da cui dipende sono:

- inclinazione della fibratura,
- contenuto di umidità,
- temperatura,
- nodi, fenditure.

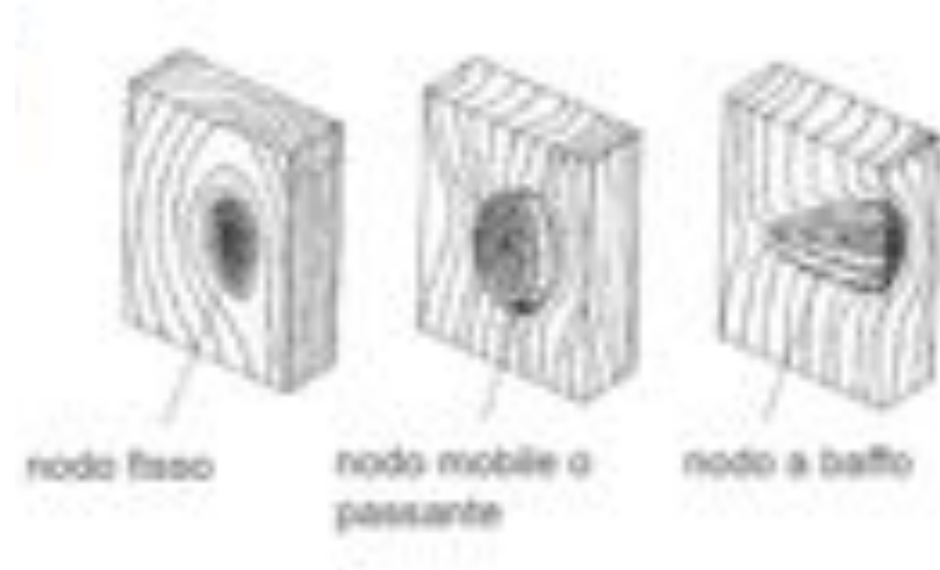
## Principali difetti del legno

Con il termine difetto si intende una anomalia o irregolarità a carico del materiale, tale da pregiudicare il suo utilizzo per un determinato impiego.

Nel caso del legname impiegato per usi strutturali, si considerano difetti tutte le irregolarità che causano uno scadimento delle prestazioni meccaniche, quali:

- nodo,
- fibratura deviata,
- cipollatura.

- Il **NODO** è la parte di ramo che si raccorda al fusto e che vi rimane inglobata durante la crescita dell' albero. E' un difetto inevitabile, poiché non possono esistere alberi privi di chioma. I nodi vengono considerati un difetto perché la loro presenza provoca un indebolimento localizzato dell' elemento strutturale.



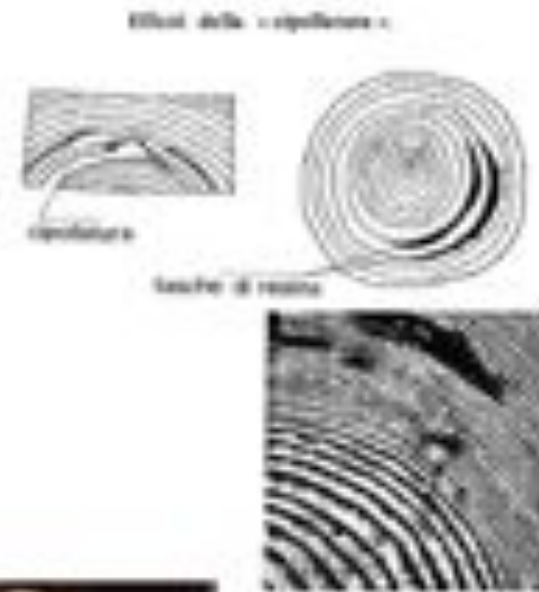
## Principali difetti del legno

- La **FIBRATURA DEVIATA** assume particolare rilevanza, a livello strutturale l'andamento della fibratura rispetto all'asse geometrico. Quando la fibratura è rettilinea e parallela al proprio asse geometrico l'elemento strutturale presenta le massime prestazioni meccaniche consentite.

Quando la fibratura è deviata, dette prestazioni diminuiscono in misura tanto più elevata quanto maggiore è l'inclinazione delle fibre.

- La **CIPOLLATURA** è la separazione lungo la fibratura tra due anelli di accrescimento contigui o all'interno dello stesso anello. Il nome deriva dall'aspetto che i diversi anelli assumono nei casi più gravi, quando tendono a sfogliarsi come le foglie della cipolla. La cipollatura può portare ad una diminuzione della resistenza dell'elemento: nei casi più gravi può portare alla separazione dell'elemento in due o più porzioni che reagiscono alle sollecitazioni in maniera indipendente.

- La **FENDITURA** è una spaccatura lunga e stretta



## Pregi del legno

- Buona resistenza meccanica;
- Elevata coibenza termica;
- Buona resistenza agli aggressivi chimici;
- Irrilevante sensibilità alle variazioni termiche per il suo bassissimo coefficiente di dilatazione termica;
- Buona lavorabilità.

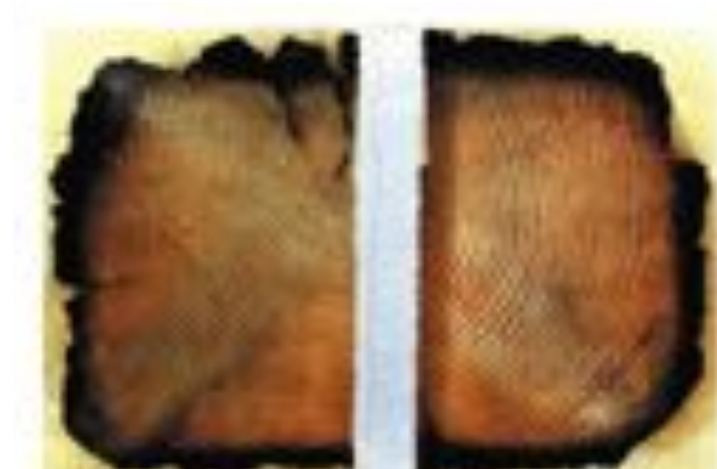
## Reazione al fuoco

La reazione al fuoco, nel legno, è molto elevata, poiché i tessuti legnosi subiscono modificazioni tali da poter alimentare un fuoco.

È un cattivo conduttore di calore per cui la combustione si propaga lentamente dall' esterno verso l' interno.

La velocità di propagazione superficiale delle fiamme dipende dalla massa volumica, dalla porosità, dalla permeabilità, dal contenuto di resina.

Il legno si accende solo se sottoposto all' azione di notevole e persistente apporto di calore.



## Produzione del legno

- Il taglio dell'albero viene effettuato prevalentemente in inverno, durante la pausa vegetativa. L'albero viene sfrondata, i tronchi sono lasciati integri o segati secondo le dimensioni dettate dai successivi impieghi.
- Dopo il taglio i tronchi vengono posti ad essiccare per eliminare l'acqua in essi contenuta. In questa fase, per evitare l'attacco di specie fungine, è necessario evitare il ristagno di acqua sulla superficie dei tronchi e il loro contatto con il suolo, favorendo una buona circolazione di aria.
- Il legno appena tagliato viene sottoposto ad essiccazione naturale per l'eliminazione parziale dell'acqua in esso contenuta. La durata di tale operazione è di tre anni circa.

La stagionatura conferisce:

- maggiore stabilità dimensionale e formale;
- minor peso specifico;
- elevato potere di isolamento termico;
- minore vulnerabilità agli attacchi di muffe;
- resistenza meccanica superiore.





## Tipologie di prodotto

### 1. PRODOTTI DI PRIMA LAVORAZIONE

I **segati** (travi, tavole, ecc.) possono essere usati nella forma originale o essere ulteriormente lavorati. I tipi più diffusi sono:

- tavole o assi, costituite da larghe strisce di legno a sezione rettangolare molto schiacciata, larghe da cm 12 a cm 25 o più, lunghe da m 1,00 a m 4,00 e dello spessore di cm 2-12;
- travi, travicelli e travetti, costituiti da aste prismatiche a sezione per lo più quadrata, lunghe da m 2,50 a m 8,00 e con sezione da cm 6x8 a cm 20x20;
- murali o mezzi murali, analoghi ai precedenti ma di lunghezza e sezione molto minori;
- listelli, analoghi ai murali ma con sezione rettangolare inferiore.

Questi prodotti sono impiegati per la costituzione di infissi, impalcature, ponteggi di cantiere, casseri per getti in calcestruzzo armato e per realizzare la struttura portante di edifici interamente realizzati in legno.

## Tipologie di prodotto

### 2. SFOGLIATI E TRANCIATI

- Gli sfogliati sono fogli di legno, dello spessore di 0,8/3,5 mm, ottenuti tagliando con una lama affilata posizionata tangenzialmente un tronco di legno rotante attorno al suo asse longitudinale.
- I tranciati sono fogli di legno, dello spessore di 0,5/3,5 mm, ottenuti tagliando un tronco o un blocco con lama affilata dotata di moto rettilineo e parallelo rispetto alle fibre del legno.

### 3. DERIVATI DEL LEGNO

Sono tutti i materiali legnosi ottenuti mediante lavorazione del legno massello. Vi sono:

- fogli: prodotti in lastra utilizzati per la formazione di compensati e paniforti.
- compensati: prodotti industriali in fogli, sono costituiti da più strati di legno sfogliato sovrapposti con fibature incrociate rese solidali con incollaggi.
- paniforti: hanno gli strati esterni in legno sfogliato, mentre la parte centrale “anima” è in legno massiccio.
- agglomerati: prodotti ottenuti per agglomerazione a pressione di legno, sfibrato o disgregato, da cui si ottengono pannelli in lana di legno (MDF, HDF).

## Elementi tecnici

### TRAVI

Le travi hanno sezione generalmente rettangolare o tonda (ricavata direttamente dal tronco), con o senza smussi.

### TIRANTI

Impiegati per assorbire forze orizzontali, ovvero per intelaiare le strutture in elevazione in casi di cedimenti fondali, ed impedire traslazioni o rotazioni.

### SOLAI

Composti da membrature (principali, secondarie, ausiliarie), elementi complementari e collegamenti.

### CAPRIATE

### INFISSI

Sia esterni che interni

### RIVESTIMENTI

In particolare le pavimentazioni

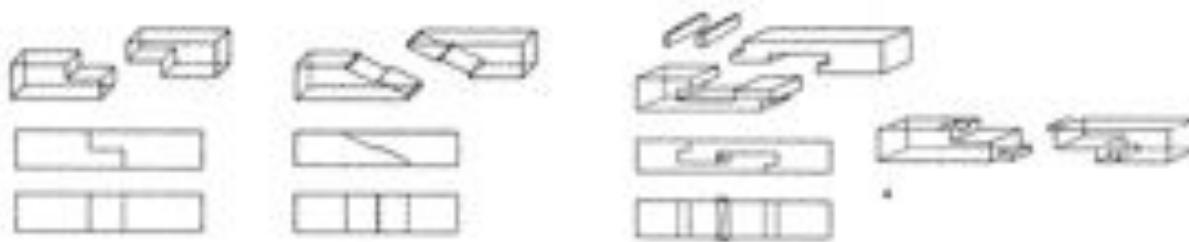


## Connessioni

Gli elementi in legno possono essere uniti tra loro con metodi tradizionali (incastro, bullonatura) o mediante sistemi più semplici e razionali (chiodatura, elementi metallici, incollaggio).

**Connessioni ad incastro** Metodo della carpenteria classica caratterizzato da incastri realizzati con diversi metodi. Le connessioni possono essere consolidate da chiodi, viti, incollature e si distinguono in :

- Connessioni di punta, in cui i pezzi risultano uno il prolungamento dell' altro (con dente, a coda di rondine, a denti e cunei);
- Connessioni ad angolo (a coda di rondine, a tenone e mortasa);
- Connessioni complanari (a giunto piano, a scanalatura e linguetta).

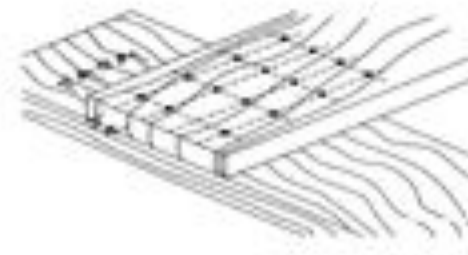


## Connessioni

### Connessioni per chiodatura

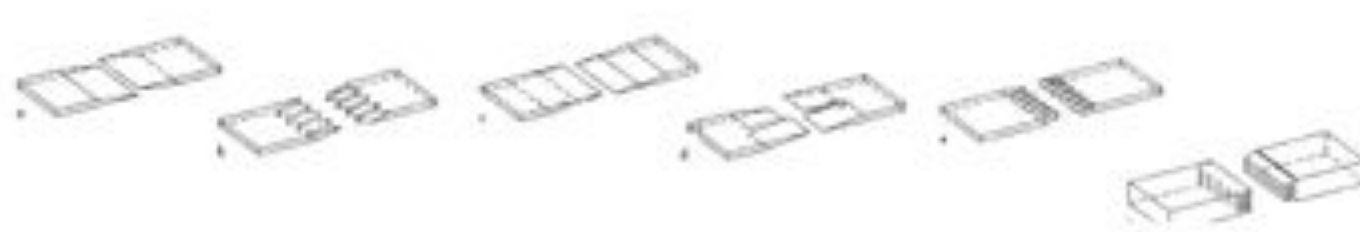
Travi e tavole vengono collegate tra di loro con chiodi in acciaio di diametro di 2,5-7 mm, scelto in relazione allo spessore della tavola ed alla durezza del legno per evitare fessurazioni.

Ogni collegamento deve avere almeno quattro chiodi, che non devono trovarsi sulla stessa fibra, con uno spazio tra uno e l'altro che non deve essere inferiore a 5 volte il diametro del chiodo.



### Incollaggio

Con tale sistema si realizza un collegamento più rigido e meno ingombrante, utile per il collegamento di tavole di modesto spessore (3-4 cm) che costituiscono travi lamellari.



## Legno lamellare

È un prodotto costituito da lamelle di legno di un certo spessore, incollate fra loro in posizione sfalsata, in modo da realizzare una resistenza uniforme grazie alla eliminazione degli effetti negativi dovuti alla presenza di imperfezioni.

Per la sua versatilità, può essere impiegato come materiale da costruzione per molteplici applicazioni:

edifici pubblici;

edifici residenziali;

edifici industriali e artigianali;

infrastrutture (ponti, passerelle pedonali e pensiline.)





materie prime impiegate per produrre il legno lamellare

#### Legname

L'essenza usata è l'abete rosso. Tra le altre conifere è utilizzabile il larice. Il legname proviene principalmente dall'Austria, dalla Germania e dalla Scandinavia.

#### Colle

Vengono impiegate: Colle fenol-resorciniche, Colle melamminiche, Colle ureiche.



#### Preservanti

Sono impregnanti speciali per proteggere il legno da funghi xilofagi, funghi della marcescenza, insetti, raggi UV

### protezione del legno lamellare

Nel legno lamellare, i processi di essiccazione artificiale ed eliminazione delle sezioni intaccate riducono preliminarmente il pericolo di sviluppo di funghi e insetti nei manufatti.

Il legno viene sempre trattato mediante preservanti (impregnanti) applicati a pennello o a rullo.



### esposizione all'acqua

Per strutture a contatto con l'acqua, quali ponti o passerelle non coperte, vengono impiegate sostanze idrorepellenti in fase liquida e permeabili al vapore per consentire al legno di "respirare".

Si tratta di soluzioni liquide a base di resine siliconiche e idrocarburi, capaci di formare un film protettivo.



## Compositi a base di legno

Sono formati da materia prima naturale, da dei collanti, che garantiscono l'aggregazione degli elementi base, e da altre sostanze in grado di migliorare specifiche prestazioni.

Presentano le seguenti caratteristiche:

- eliminazione dei difetti dovuti a: variazione di densità, deviazione di fibratura, nodi, fenditure;
- riduzione dei difetti di igroscopicità (rigonfiamenti, ritiri, deformazioni e conseguenti perdite di planarità);
- non subiscono variazioni al modificarsi delle condizioni ambientali (temperatura e umidità).

Vengono impiegati per realizzare:

Infissi,  
elementi della struttura portante.

E sono applicati per la realizzazione:

edilizia residenziale/industriale/scolastica, edilizia legata al terziario.



## Parallam

Il Parallam è definito composito in quanto è formato da elementi-base unitari di legno (strands), disposti seguendo la lunghezza dell'elemento e da adesivi che garantiscono la loro aggregazione.

È un materiale privo di particolari difetti, esente da variazioni di densità, da deviazioni di fibrature e da nodi; non presenta imbarcature e tendenze alle fenditure, sono ridotti al minimo i difetti di igroscopicità.

Gli elementi di diverse dimensioni sono connessi fra loro mediante viti e chiodature, per le sezioni più piccole, attraverso bullonature, anelli e piastre in acciaio per le sezioni maggiori.



## Microglam

È un composito multistrato formato da sfogliati di altezza fino a 600 mm e spessore fino a 120 mm, per una lunghezza massima di 24 m. La specie legnosa impiegata è il legno di Douglas.

L'incollaggio avviene a caldo ed a pressione.

L'applicazione ideale del Microglam è per realizzare travi. Con tale materiale si realizzano le ali delle travi a doppio T.





### Intrallam

È composto da schegge di pino americano, della lunghezza massima di 300 mm, unite con resine idrorepellenti, fino a formare sezioni di travi di spessore massimo di 24 cm. È impiegato come nucleo interno per i profilati in legno (serramenti), oppure per costruire l'anima delle travi a doppio T.

