

Materials and Structures Testing and Research  
[www.associazionemaster.org](http://www.associazionemaster.org)

# **Cenni sulla tecnologia del legno**

## **Normativa in merito al controllo di accettazione dei prodotti a base di legno**

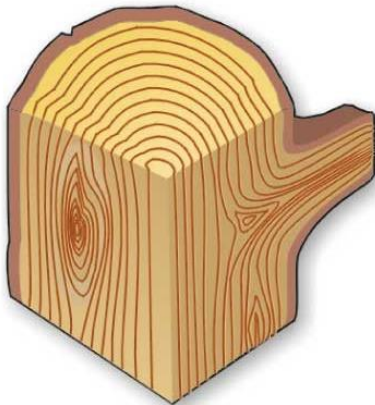
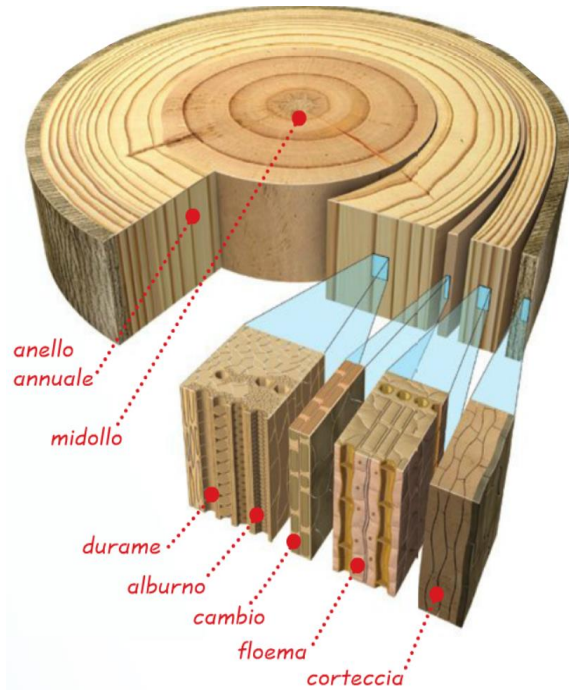
### **Esempio numerico con elaborazione dei risultati**

**Ing. Anna Marzo**

Responsabile Laboratorio tecnologie per la dinamica delle strutture e la  
prevenzione del rischio sismico e idrogeologico (SSPT-MET-DISPREV)  
ENEA Bologna

# Caratteristiche fisiche del legno

## Parti del tronco



## Difetti del legno

### Fenditure radiali



### Cipollature



### Nodi e fessurazioni



### Eccentricità



# Tecnologia del legno

## Legno massiccio



## Derivati

### COMPENSATO

**3 FOGLI  
UNO SOPRA  
L'ALTRO  
E INCOLLATI**



### PANIFORTE E FAESITE

**2 COMPENSATI  
CON UNO STRATO  
DI LISTELLI INCOLLATI**



**PANNELLI FATTI  
CON GLI SCARTI  
DEL LEGNO**



### TRUCIOLATO

**TRUCIOLI  
(pezzetti di legno)  
mescolati a colla**



### LAMELLARE

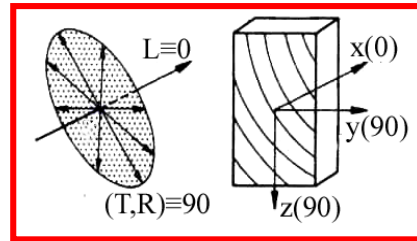
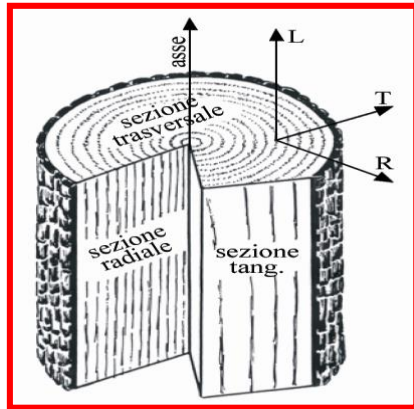
**ASSICELLE  
INCOLLATE FRA LORO**





# Caratteristiche meccaniche del legno

## ORTOTROPIA CILINDRICA



$$\begin{bmatrix} \frac{1}{E_0} & -\frac{\nu_{0,90}}{E_0} & -\frac{\nu_{0,90}}{E_0} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{0,90}}{E_0} & \frac{1}{E_{90}} & -\frac{\nu_{90}}{E_{90}} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{0,90}}{E_0} & -\frac{\nu_{90}}{E_{90}} & \frac{1}{E_{90}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{0,90}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{90}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{0,90}} \end{bmatrix}$$

Proprietà di resistenza		Proprietà di modulo elastico		Massa volumica	
Flessione	$f_{m,k}$	Modulo elastico parallelo medio **	$E_{0,mean}$	Massa volumica caratteristica	$\rho_k$
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	Modulo elastico parallelo caratteristico	$E_{0,05}$	Massa volumica media *, **	$\rho_{mean}$
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	Modulo elastico perpendicolare medio **	$E_{90,mean}$		
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	Modulo elastico tangenziale medio **	$G_{mean}$		
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$				
Taglio	$f_{v,k}$				

\* La massa volumica media può non essere dichiarata.

\*\* Il pedice *mean* può essere abbreviato con m



# Caratteristiche meccaniche del legno

## RESISTENZE DI CALCOLO E VERIFICHE

$$X_d = \frac{k_{mod} X_k}{\gamma_M}$$

$k_{mod}$  è un coefficiente che tiene conto dell'effetto sui parametri di resistenza della durata del carico e dell'umidità della struttura

$k_{def}$  tiene conto dell'aumento di deformabilità con il tempo causato dall'effetto combinato della viscosità, dell'umidità del materiale

**Trazione parallela**    **Compressione parallela**    **Compressione perpend.**

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,90,d} \leq f_{c,90,d}$$

**Flessione**

**Taglio**

**Torsione**

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{tor,d} \leq k_{sh} f_{v,d}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

**Deformazione a lungo termine**

$$u_{fin} = u_{inst} + u_{creep} = u_{inst} \times (1 + \psi_2 \times k_{def})$$

**Tab. 4.4.II - Classi di servizio**

Classe di servizio 1	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

## ❑ **Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2018)**

- Capitolo 4: Costruzioni civili e industriali – Par. 4.4 «Costruzioni di legno»  
Contiene i criteri generali di progettazione, i criteri di valutazione della sicurezza
- Capitolo 7: Progettazioni per azioni sismiche” – Par. 7.7 «Costruzioni di legno»
- Capitolo 11 “Materiali e prodotti per uso strutturale” – Par. 11.7 «Materiali e prodotti a base di legno»

*La presente norma può essere usata anche per le verifiche di strutture in legno esistenti purché si provveda ad una corretta valutazione delle caratteristiche del legno e, in particolare, degli eventuali stati di degrado*

## ❑ **Linee Guida per l'impiego di prodotti, materiali e manufatti innovativi in legno per uso strutturale approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**

## ❑ **Norme per la Classificazione secondo la resistenza**

- *UNI EN 14081-1* - Fissa i requisiti per la classificazione a vista e a macchina del legno strutturale con sezione rettangolare
- *UNI 11035* - Classificazione a vista dei legnami: parti 1-2 (travi spigolo vivo) UNI 11035 parte 3 (travi abete uso Fiume/Trieste)
- *UNI EN 408* – Determinazione di alcune proprietà fisiche e meccaniche

## § 11.7 MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO

### Obblighi del fabbricante

I materiali e prodotti a base di legno per usi strutturali devono essere qualificati secondo le procedure di cui al § 11.1:

- identificati univocamente a cura del fabbricante;
- qualificati sotto la responsabilità del fabbricante;
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

Caso C) ...il **fabbricante dovrà pervenire alla Marcatura CE** sulla base della pertinente “Valutazione Tecnica Europea” (ETA), oppure dovrà ottenere un “Certificato di Valutazione Tecnica” rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

### Obblighi del DL

Per gli elementi di **legno massiccio**, su ogni fornitura, dovrà essere eseguita obbligatoriamente una classificazione visuale **in cantiere su almeno il 5%** degli elementi costituenti il lotto di fornitura, da confrontare con la classificazione effettuata nello stabilimento (11.7.10.2)

Nel caso di **legno lamellare**, su almeno il **5%** del materiale pervenuto in cantiere, deve essere eseguito il **controllo della disposizione delle lamelle** nella sezione trasversale e la verifica della distanza minima tra giunto e nodo (UNI EN 14080)



## § 11.7 MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO

### Il Direttore dei Lavori:

- In fase di accettazione del materiale in cantiere, (definito dal progettista secondo le indicazioni del Cap. 11) deve accertarsi che sia **presente la marcatura CE**, che sia accompagnato dalla **documentazione comprovante** e dalla **Dichiarazione di Prestazione**, rifiutando eventuali forniture non conformi;
- In seguito all'accettazione, potrà far eseguire ulteriori prove di accettazione sul materiale pervenuto in cantiere e sui collegamenti (da **laboratori certificati**)
- Nei casi in cui non si è soddisfatti dai **controlli di accettazione**, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza dei materiali o dei prodotti, oppure qualora si tratti di elementi lavorati in situ, oppure non si abbiano a disposizione le prove condotte in stabilimento relative al singolo lotto di produzione, si deve procedere ad una valutazione delle caratteristiche prestazionali degli elementi attraverso una serie di **prove distruttive e non distruttive**

## **CASO DI ASSENZA DELLA MARCATURA CE (§ 11.7.10)**

Qualora non sia applicabile la procedura di marcatura CE, i fabbricanti di elementi in legno strutturale devono ottenere dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici l'**Attestato di Qualificazione**

**L'Attestato di Qualificazione** riporta il riferimento al prodotto, alla ditta, allo stabilimento, al marchio (proprio della ditta e depositato presso il Servizio Tecnico Centrale) che deve essere impresso in modo indelebile

**L'Attestato di Qualificazione** ha validità 5 anni oppure finché permangono le condizioni poste a base della qualificazione.

I **Centri di Lavorazione** del legno strutturale, ossia gli stabilimenti nei quali viene effettuata la lavorazione degli elementi base qualificati per dare loro la configurazione finale in opera, sia di legno massiccio che lamellare, devono documentare la loro attività al Servizio Tecnico Centrale, il quale rilascia un **Attestato di denuncia di attività**, recante il riferimento al prodotto, alla ditta, allo stabilimento, al marchio

## NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI (NTC 2018): LEGNO

- È prevista la sospensione o anche la revoca degli **attestati di qualificazione** e di **denuncia attività** ove il Servizio Tecnico Centrale accerti, in qualsiasi momento, **difformità tra i documenti depositati e la produzione effettiva**, oppure la mancata ottemperanza alle prescrizioni contenute nella vigente normativa tecnica
- Ciascun **prodotto** qualificato deve costantemente essere **riconoscibile** per quanto concerne le caratteristiche qualitative e **riconducibile allo stabilimento di produzione** tramite **marchiatura indelebile** depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, conforme alla relativa norma armonizzata.
- **Ogni prodotto deve essere marchiato** con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso fabbricante.
- La marchiatura deve essere **inalterabile nel tempo** e senza possibilità di manomissione
- Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti (fornitori intermedi), l'unità marchiata (pezzo singolo o lotto) viene scorporata, per cui una parte perde l'originale marchiatura del prodotto, **è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti** documentare la provenienza mediante i **documenti di accompagnamento** del materiale e gli estremi del deposito del marchio



- La documentazione di accompagnamento va conservata per almeno **10 anni** e devono essere **mantenute evidenti** le marchiature o etichette di riconoscimento

**Tutte le forniture di legno strutturale** devono essere accompagnate da:

- una copia della documentazione di **marcatura CE** oppure copia dell'**attestato di qualificazione** o del **certificato di valutazione tecnica** rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale;
- dichiarazione di prestazione in cui vengono riportate le caratteristiche meccaniche e prestazionali del prodotto resa dallo stabilimento (la classe di resistenza del materiale, l'euroclasse di reazione al fuoco e il codice identificativo dell'anno di produzione);
- Nel caso di prodotti provenienti da un **centro di lavorazione**, oltre alla suddetta documentazione, le forniture devono accompagnate da:
  - una copia dell'attestato di **denuncia dell'attività** del centro di lavorazione;
  - dichiarazione del Direttore tecnico della produzione inerente la **descrizione delle lavorazioni eseguite**;

## § 11.7 MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO

### □ *Legno massiccio*

La produzione di elementi strutturali di legno massiccio a sezione rettangolare dovrà:

- risultare conforme alla norma europea armonizzata **UNI EN 14081-1**
- recare la **Marcatura CE**
- qualora non sia applicabile la marcatura CE, i produttori di elementi di legno massiccio per uso strutturale, **devono essere qualificati** con le procedure di cui **al § 11.7.10**
- Il legno massiccio per uso strutturale è un prodotto naturale, selezionato e classificato in dimensioni d'uso secondo la resistenza, **elemento per elemento**
- La classificazione può avvenire assegnando all'elemento una **categoria**, definita in relazione alla qualità dell'elemento stesso con riferimento alla **specie legnosa** e alla **provenienza geografica**
- I legname così classificato si assegna uno specifico profilo resistente, armonizzato con le classi di resistenza proposte dalla **UNI EN 338**, utilizzando metodi di classificazione previsti.

## ***“Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza – requisiti generali”***

Specifica i requisiti per la classificazione a vista e a macchina del legno strutturale con sezione rettangolare, sagomato in accordo alla UNI EN 336 (scostamenti consentiti dalle dimensioni target per il legname strutturale di conifere e latifoglie).

La norma 14081-1 riporta le caratteristiche che influenzano la resistenza e che vanno misurate sia per eseguire la classificazione sia per valutare che rispettino le limitazioni che definiscono se un segato sia ritenuto adatto all'impiego strutturale oppure no (Appendice A), esse sono:

- Nodi
- Deformazioni
- Inclinazione della fibratura
- Massa Volumica e Velocità di Accrescimento
- Eventuale danneggiamento meccanico
- Fessurazioni
- Smussi
- Altri difetti
- Attacchi biologici (carie, funghi)
- Legno di reazione

### **Classificazione secondo la resistenza con metodi a vista**

- La classificazione eseguita con metodi a vista assegna a ciascun segato una determinata classe di resistenza sulle base di alcune caratteristiche facilmente rilevabili e/o misurabili (es. ampiezza media degli anelli di accrescimento, nodi, inclinazione della fibratura....)
- Il metodo di classificazione a vista richiede personale esperto e qualificato e comporta generalmente una sottostima delle caratteristiche meccaniche (quindi a favore di sicurezza)



## “Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza – requisiti generali”

### Classificazione secondo la resistenza con metodi a macchina

- La classificazione a macchina deve sempre essere preceduta da una valutazione visiva, che valuta il rispetto delle limitazioni di alcune caratteristiche (lunghezza fessurazioni, deformazione, smussi, carie, danni da insetti, altri difetti), ossia l'utilizzabilità dell'elemento come strutturale
- Per ciascuna categoria, specie o combinazione di specie le regolazioni delle macchine classificatrici devono essere derivate per l'area di accrescimento totale dalla quale ha origine il legno strutturale
- La valutazione visiva completa quella a macchina, qualora quest'ultima non classifichi per intero il pezzo di legno. Le porzioni di estremità non classificate a macchina si classificano a vista

### Marchiatura

- Marchiatura del singolo pezzo (Metodo A)
- Marchiatura di ogni pacco mediante etichetta applicata al pacco (Metodo B) «... *la marchiatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione il prodotto sia riconducibile al fabbricante o al centro di lavorazione, al tipo di legname nonché al lotto di classificazione e alla data di classificazione*» (NTC 2018)

La marcatura deve essere chiara e indelebile e contenere: nome o marchio del fabbricante, simbolo M se classificato a macchina, simbolo DG se classificato a secco (essiccato prima della classificazione), codice identificativo corrispondente ai documenti di accompagnamento, prestazioni di alcune caratteristiche (E, fm, ecc.)

## ***“Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza – requisiti generali”***

### **Documenti di accompagnamento**

- Codice identificativo relativo al pezzo o pacco
- Numero della norma 14081-1 e anno di pubblicazione
- Tipo, lotto o numero di serie riferiti al lotto di produzione (es. data, turno lavorativo, ...)
- Descrizione del legno dichiarato
- Classe di resistenza
- Tipologia di classificazione e norma relativa
- Resistenza al fuoco
- Rilascio sostanze pericolose
- Trattamenti preservanti

data produzione	
CLIENTE	RIF.dop
	
1359	2015
Diro Legno SRL	
1359/CPR/0xxx	
UNI EN 14081-1:2005 + A1:2011	
legno massiccio ad uso strutturale classificato con sezione rettangolare	
Classe di resistenza meccanica	D24 (EN 338)
Classe a vista	S (UNI 11035)
Reazione al fuoco	D s2 d0
Resistenza al fuoco	vedi sezione dichiarata in DDT
Emissione di sostanze pericolose	NPD
Trattamenti preservanti	NPD
Specie	CTST (castanea sativa)
Durabilità ai funghi	2
Durabilità agli insetti	NPD
Durabilità alle termiti	NPD
Durabilità agenti marini	NPD
Umidità	fresco UR > 20%

## ***Legno strutturale – Determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e della massa volumica***

- Fornisce un metodo per la determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e della massa volumica per popolazioni definite di classi a vista e/o a macchina
- Fornisce indicazioni per le fasi di campionamento, test e presentazione dei risultati. In particolare:

### **☐ Campionamento**

- ✓ Deve essere rappresentativo della popolazione e delle pratiche commerciali;
- ✓ Bisogna tener conto di tutti i fattori che determinano differenze di comportamento e in proporzione al loro «peso» sulle caratteristiche meccaniche, con riferimento alla specifica popolazione considerata
- ✓ I campioni devono essere scelti tra legnami della stessa origine e classificati a vista o a macchina in sotto-campioni secondo la norma EN 14081-1
- ✓ .....
- ✓ Per la determinazione delle caratteristiche meccaniche perpendicolari alla fibratura bisogna considerare provini in legno netto

### **☐ Test**

- ✓ I test devono essere realizzati secondo la norma **EN 408**

### **☐ Condizioni di riferimento**

- ✓ Condizioni di riferimento standard alle quali eseguire le prove: es. contenuto di umidità a 20°C e 65% di umidità relativa (generalmente il 12%) misurato ad una profondità di 150 mm
- ✓ Adattamento dei risultati alle condizioni di riferimento standard, pezzo per pezzo



## Legno strutturale – Determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e della massa volumica

### ❑ Analisi dei dati

Per ogni sotto-gruppo di campioni fornisce le relazioni da utilizzare per ottenere i valori caratteristici delle proprietà analizzate (resistenza, modulo elastico e densità), nella classificazione a vista o a macchina.

### ❑ Relazione finale

Deve riportare tutte le informazione relative ai campioni, ai test condotti, alle assunzioni fatte e ad agli eventuali aggiustamenti, sintetizzando il tutto anche in uno schema tabellare suggerito dalla norma e riportato come allegato nella stessa

Table A.1 — Example of reporting of sample description

		Number of specimens per dimension					Total
Dimensions at grading [mm]		20 × 100	30 × 100	50 × 150	30 × 200	70 × 220	
Length span (min – max) [m]		3,0 – 4,2	3,0 – 4,5	5,2 – 5,5	5,2 – 6,0	4,0 – 4,5	
Sample ID	Origin						
1	"Area A"	20		20		20	60
2	"Area B"	20		20			40
3	"Area C"			30	27		57
4	"Area D"		30			20	50
5	"Area E"	20	20	20			60
Total		60	50	90	27	40	267

## ***Legno strutturale e legno lamellare incollato***

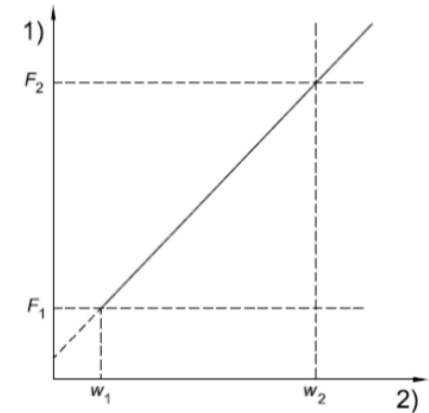
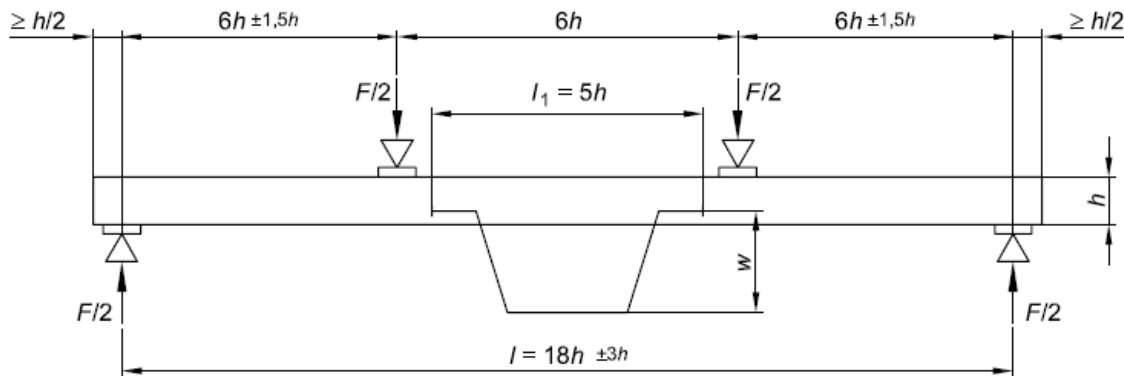
### ***Determinazione di alcune proprietà fisiche e meccaniche***

- ☐ Specifica i metodi di prova per la determinazione delle seguenti proprietà del legno massiccio e del legno lamellare incollato:
  1. Modulo di elasticità a flessione;
  2. Modulo di taglio;
  3. Resistenza a flessione;
  4. Modulo di elasticità a trazione parallela alla fibratura;
  5. Resistenza a trazione parallela alla fibratura;
  6. Modulo di elasticità a compressione parallela alla fibratura;
  7. Resistenza a compressione parallela alla fibratura;
  8. Modulo di elasticità a trazione perpendicolare alla fibratura;
  9. Resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura;
  10. Modulo di elasticità a compressione perpendicolare alla fibratura;
  11. Resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura e resistenza a taglio.
- ☐ Specificata la determinazione delle dimensioni, dell'umidità e dalla massa volumica dei provini
- ☐ I metodi si applicano a forme rettangolari e circolari di legno massiccio non giuntato o di legno massiccio giuntato a dita e di legno lamellare incollato
- ☐ I provini da testare devono essere condizionati, ossia essere in condizione di massa costante

## DETERMINAZIONE DEL MODULO DI ELASTICITÀ A FLESSIONE LOCALE

### Condizioni di prova

- Allo scopo di prevenire imbozzamenti, deve essere applicato un vincolo laterale, che deve consentire l'inflessione del pezzo senza attrito significativo;
- Il carico deve essere applicato a velocità costante;
- Il carico massimo applicato non deve essere maggiore di  $0,4 F_{\max}$
- Il carico di rottura medio ( $F_{\max}$ ) *del materiale sottoposto a prova si deve ottenere da prove su almeno 10 pezzi delle specie, dimensioni e classe appropriate o da dati esistenti appropriati*



$$E_{m,l} = \frac{al_1^2(F_2 - F_1)}{16l(w_2 - w_1)}$$

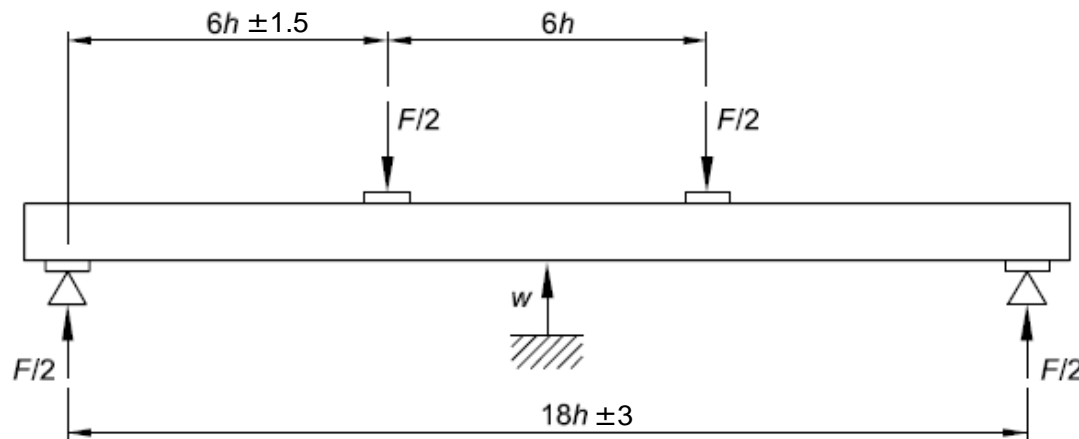
dove:

- $F_2 - F_1$  è un incremento del carico in newton sulla linea di regressione;
- $w_2 - w_1$  è l'incremento di deformazione in millimetri corrispondente a  $F_2 - F_1$
- Carico e deformazione vanno letti entro il campo di deformazione elastica

## DETERMINAZIONE DEL MODULO DI ELASTICITÀ A FLESSIONE GLOBALE

### Condizioni di prova

- Allo scopo di prevenire imbozzamenti, deve essere applicato un vincolo laterale, che consenta l'inflessione del pezzo senza attrito significativo
- Il carico deve essere applicato a velocità costante
- Il carico massimo applicato non deve essere maggiore di 0,4 F<sub>max</sub> o causare danno al pezzo



$$E_{m,g} = \frac{3al^2 - 4a^3}{2bh^3 \left( 2 \frac{w_2 - w_1}{F_2 - F_1} - \frac{6a}{5Gbh} \right)}$$

dove:

- $F_2 - F_1$  è un incremento del carico in newton sulla linea di regressione con un coefficiente di correzione di 0.99 o migliore
- $w_2 - w_1$  è l'incremento di deformazione corrispondente a  $F_2 - F_1$ , in millimetri
- $G$  è il modulo di taglio determinato da uno dei metodi indicati dalla presente norma

## DETERMINAZIONE DEL MODULO DI ELASTICITA' A COMPRESSIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA

### Condizioni di prova

- Il provino deve avere sezione trasversale corrispondente all'intera sezione strutturale, e lunghezza pari a 6 volte la dimensione minima della sezione trasversale
- Le superfici di estremità devono essere adeguatamente lavorate per essere piane e parallele e perpendicolari all'asse del pezzo
- Il provino deve essere caricato concentricamente utilizzando teste di applicazione del carico con alloggiamento sferico che permettano l'applicazione di un carico di compressione senza indurre flessione
- Il carico deve essere applicato a velocità costante e la velocità di spostamento della sezione caricata non deve essere maggiore di 0,00005mm/s
- La deformazione deve essere misurata (mediante due estensimetri) su un tratto centrale di riferimento pari a 4 volte la dimensione minima della sezione trasversale del pezzo

$$E_{c,0} = \frac{I_1(F_2 - F_1)}{A(w_2 - w_1)}$$

dove:

- $F_2 - F_1$  è un incremento del carico sul tratto rettilineo della curva di carico deformazione
- $w_2 - w_1$  è l'incremento di deformazione corrispondente a  $F_2 - F_1$ , in millimetri

## DETERMINAZIONE DEL MODULO DI ELASTICITA' A TRAZIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA

### Condizioni di prova

- Il provino deve avere sezione trasversale corrispondente all'intera sezione strutturale e una lunghezza sufficiente a presentare un tratto di prova non influenzato dagli afferraggi della macchina di prova pari ad almeno 9 volte la dimensione maggiore della sezione trasversale.
- Il provino deve essere caricato utilizzando dispositivi di afferraggio che permettano per quanto possibile l'applicazione di un carico di trazione senza indurre flessione.
- Il carico deve essere applicato a velocità costante e la velocità di deformazione del pezzo non deve essere maggiore di 0,00005/s
- Il carico massimo non deve essere maggiore del limite di proporzionalità o causare danno al provino
- La deformazione deve essere misurata su un tratto lungo 5 volte la larghezza del pezzo, posto ad una distanza dall'estremità degli afferraggi pari almeno a 2 volte la larghezza stessa

$$E_{t,0} = \frac{l_1(F_2 - F_1)}{A(w_2 - w_1)}$$

dove:

- $F_2 - F_1$  è un incremento del carico sul tratto rettilineo della curva di carico deformazione
- $w_2 - w_1$  è l'incremento di deformazione corrispondente a  $F_2 - F_1$ , in millimetri



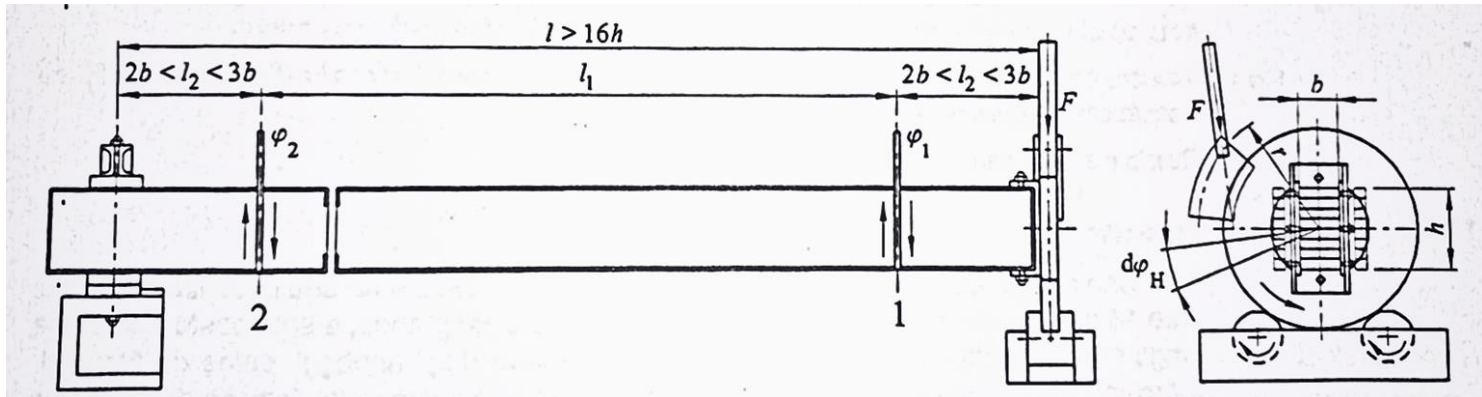
## DETERMINAZIONE DEL MODULO DI TAGLIO – Metodo della torsione

### Condizioni di prova

- Il momento torcente deve essere applicato a velocità costante e limitato al valore

$$T_r = \frac{2}{3} b^2 h f_{v,k} \chi$$

dove  $\chi$  è un coefficiente tabellato, funzione del rapporto  $h/b$



$$G_{tor} = \frac{k_{tor}}{\eta h b^3}$$

- dove  $\eta$  il fattore di forma (tabellato)
- $K_{tor}$  è la rigidezza torsionale

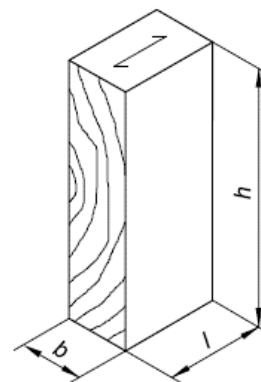
## DETERMINAZIONE DELLE RESISTENZE A TRAZIONE E A COMPRESSIONE PERPENDICOLARI ALLA FIBRATURA

### Condizioni di prova

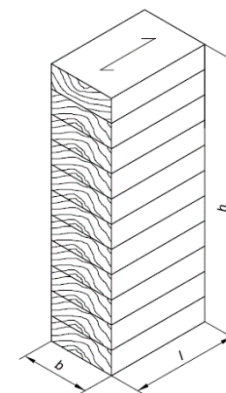
- La fabbricazione dei provini deve essere tale da consentire l'applicazione dei carichi al provino e deve rispettare rapporti dimensionali tabellati (prospetto 2 della norma)
  - Configurazioni adatte sono illustrate nelle appendici A e B della norma.
  - Per le prove di trazione il provino deve essere incollato a piastre di acciaio. Il processo di incollaggio deve essere in grado di garantire la posizione specificata del provino durante le prove (per esempio con una colla epossidica bicomponente)
  - Le superfici caricate devono essere accuratamente preparate per assicurare che siano piane e parallele tra loro e perpendicolari all'asse del provino. Questa preparazione deve essere eseguita dopo il condizionamento
- La velocità di applicazione del carico, costante per tutta la prova, deve essere regolata in modo che il carico massimo  $F_{c,90,max}$  o  $F_{t,90,max}$  sia raggiunto entro  $(300 \pm 120)$  s, con l'obiettivo di raggiungere  $F_{max}$  per ciascuno pezzo in 300 s

Caratteristiche dei provini						
Legname strutturale			Legno lamellare incollato			
B (mm)	h (mm)	l (mm)	Volume	b × l (mm <sup>2</sup> )	b minimo (mm)	h (mm)
Trazione						
45	180	70	0,01 m <sup>3</sup>	25 000	100	400
Compressione						
45	90	70	-	25 000	100	200
I simboli sono come indicato nel punto 4. Lo scostamento ammesso delle dimensioni del provino h, h e l deve essere dell'1%.						

**Configurazione per legname strutturale**



**Configurazione per legno lamellare incollato**



$$f_{c,90} = \frac{F_{c,90,max}}{bl}$$

$$f_{t,90} = \frac{F_{t,90,max}}{bl}$$

## DETERMINAZIONE DEL MODULO DI ELASTICITÀ PERPENDICOLARE ALLA FIBRATURA

### Condizioni di prova

- La forma e le dimensioni dei provini sono le stesse prescritte per quelli realizzati per la determinazione delle resistenze a trazione e a compressione perpendicolari alla fibratura;
- Il montaggio dei provini nell'apparecchiatura di carico e il procedimento di applicazione del carico sono gli stessi descritti per la determinazione delle resistenze a trazione e a compressione perpendicolari alla fibratura;
- La deformazione nella direzione di carico si riferisce al centro della sezione caricata ed è calcolata sulla base delle misurazioni su due lati opposti del provino.

$$E_{c,90} = \frac{(F_{40} - F_{10})h_0}{(w_{40} - w_{10})bl}$$

dove:

- $F_{40} - F_{10}$  è un incremento del carico sul tratto rettilineo della curva di carico deformazione, rispettivamente corrispondenti al 40% e al 10% di  $F_{c,90,max}$
- $w_{40} - w_{10}$  è l'incremento di deformazione corrispondente a  $F_{40}$  ed  $F_{10}$ , in millimetri.

- La forza massima  $F_{c,90,max}$  si calcola con un processo iterativo

## DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TRAZIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA

### Condizioni di prova

- Il provino deve avere sezione trasversale corrispondente all'intera sezione strutturale, e lunghezza sufficiente a presentare un tratto di prova non influenzato dagli afferraggi della macchina di prova



- Il provino deve essere caricato utilizzando dispositivi di afferraggio che permettano per quanto possibile l'applicazione di un carico di trazione senza indurre flessione.
- Il carico deve essere applicato a velocità costante e regolato in modo da raggiungere il massimo entro  $300 \pm 120$  s

$$f_{t,0} = F_{max}/A$$

## DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA

### Condizioni di prova

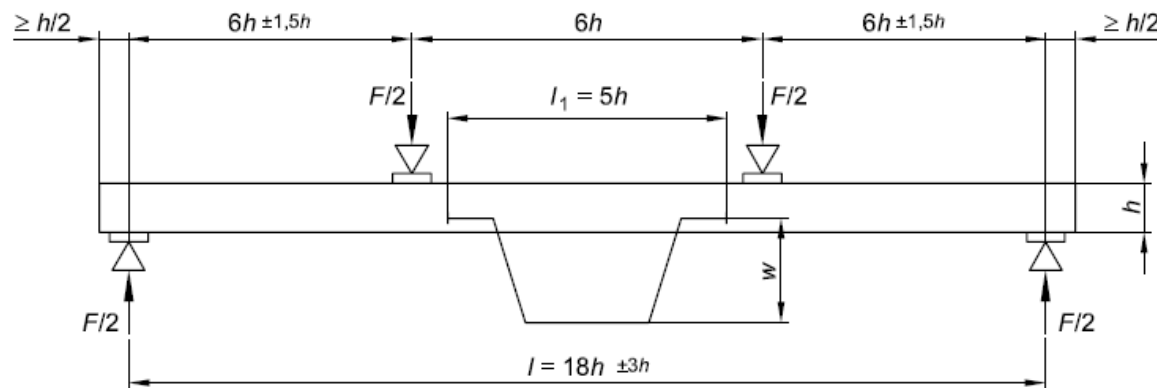
- Il provino deve avere sezione trasversale corrispondente all'intera sezione strutturale e una lunghezza pari a sei volte la dimensione minima della sezione trasversale.
- Le superfici di estremità devono essere accuratamente preparate per assicurare che siano piane e parallele tra loro e perpendicolari all'asse del pezzo.
- Il provino deve essere caricato concentricamente utilizzando teste di applicazione del carico con alloggiamento sferico o altri dispositivi che permettano l'applicazione di un carico di compressione senza indurre flessione.
- Il carico deve essere applicato con un movimento della testa di applicazione del carico costante, regolato in modo da raggiungere il carico massimo entro  $(300 \pm 120)$  s.
- L'obiettivo è quello di raggiungere  $F_{\max}$  per ciascuno pezzo in 300 s.
- Il tempo impiegato per arrivare alla rottura di ciascun pezzo deve essere registrato e il relativo valore medio deve essere riportato nel resoconto di prova.

$$f_{c,0} = F_{\max}/A.$$

## DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A FLESSIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA

### Condizioni di prova

- Allo scopo di prevenire imbozzamenti, deve essere applicato un vincolo laterale, che deve consentire l'inflessione del pezzo senza attrito significativo;
- Il carico deve essere applicato facendo muovere la testa di applicazione del carico ad una velocità costante, tale che il carico massimo sia raggiunto entro  $(300 \pm 120)$  s;
- L'obiettivo è quello di raggiungere  $F_{max}$  per ciascuno pezzo in 300 s;



$$f_m = \frac{3Fa}{bh^2}$$

dove:

-  $a$  è la distanza tra il punto di applicazione del carico e l'appoggio più vicino

N.B. La norma fornisce anche indicazioni relative ai casi in cui non si possono rispettare i limiti imposti e fornisce l'accuratezza richiesta per le misurazioni (carichi, deformazioni, ecc)

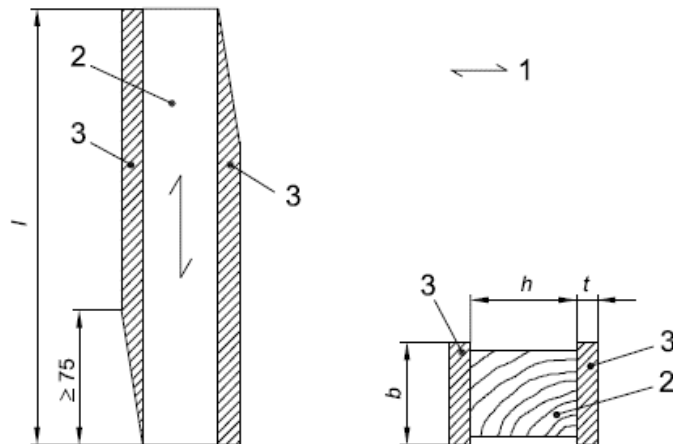


## DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO PARALLELO ALLA FIBRATURA

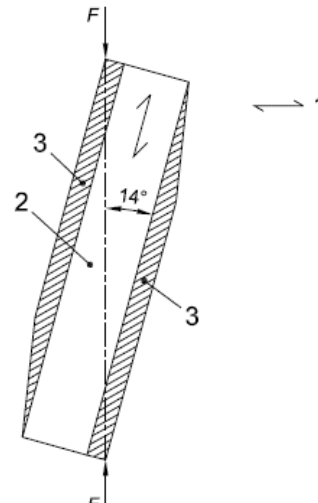
### Condizioni di prova

- Il provino deve essere incollato a piastre di acciaio (es. con colla epossidica bicomponente) e le piastre di acciaio devono essere rastremate come illustrato in figura e rispettare i rapporti dimensionali stabiliti dalla norma
- Tutte le superfici devono essere accuratamente preparate, dopo condizionamento, per assicurare l'adesione, quelle adiacenti devono essere perpendicolari e quelle opposte parallele tra loro
- Il provino deve essere montato in una macchina di prova in modo che il suo asse formi con la verticale di applicazione del carico un angolo di  $14^\circ$
- Il carico  $F$  deve essere applicato ad una velocità costante del movimento della testa di applicazione del carico, regolata in modo che il carico  $F_{\max}$  sia raggiunto entro  $(300 \pm 120)$  s.

**Configurazione provino**



**Configurazione di prova**



$$f_v = \frac{F_{\max} \cos 14^\circ}{lb}$$

## LEGNO STRUTTURALE - CLASSIFICAZIONE A VISTA DEI LEGNAMI SECONDO LA RESISTENZA MECCANICA

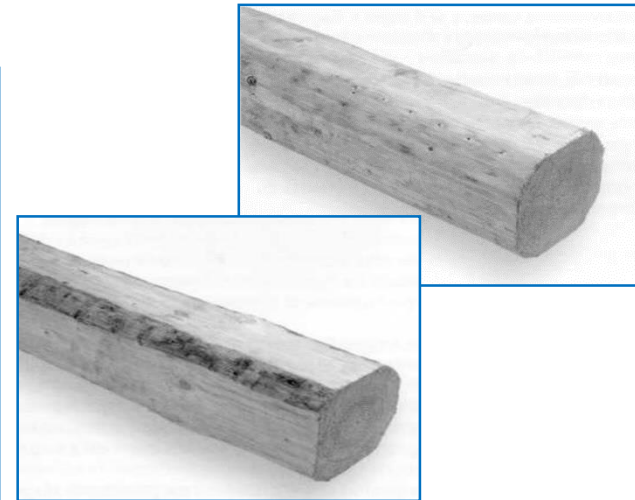
- ❑ 11035 - Parte 1: Legno massiccio di qualsiasi dimensione e umidità destinato ad uso strutturale – CONIFERE
- ❑ 11035 - Parte 2: Legno massiccio di qualsiasi dimensione e umidità destinato ad uso strutturale – LATIFOGLIE
- ❑ 11035 – Parte 3: Legno massiccio di qualsiasi dimensione e umidità destinato ad uso strutturale – TRAVI USO FIUME e USO TRIESTE

### 3.1 Trave Uso Fiume

Trave a sezione quadrata o rettangolare ottenuta da un tronco mediante squadratura meccanica, continua e parallela dal calcio alla punta su quattro le facce a spessore costante con smussi e contenente il midollo.

### 3.2 Trave Uso Trieste

Trave a sezione quadrata o rettangolare ottenuta da tronco mediante squadratura meccanica, continua dal calcio alla punta su quattro le facce seguendo la rastremazione del tronco, con smussi e contenente il midollo.



- ❑ La Parte 3 della norma può essere applicata ad elementi lignei in opera, purché:
  - La visibilità e l'accessibilità sia consentita almeno su 3 facce e ad una testata;
  - Non rientrano in ambito della UNI 11119 (Beni Culturali)

## LEGNO STRUTTURALE - CLASSIFICAZIONE A VISTA DEI LEGNAMI SECONDO LA RESISTENZA MECCANICA

### REGOLE PER LA CLASSIFICAZIONE

#### Modalità di esecuzione della classificazione a vista

La classificazione visuale deve essere condotta con le modalità seguenti:

- a) scelta della regola in funzione del tipo di legname;
- b) esame a vista di tutte le facce e delle testate di ciascun segato;
- c) applicazione a tutte le sezioni del segato di tutti i criteri di classificazione previsti dal prospetto;
- d) assegnazione del segato alla categoria peggiore fra quelle ottenute in c);
- e) se il segato non rientra nella categoria minima anche per uno soltanto dei criteri di classificazione, deve essere scartato in quanto non classificabile per uso strutturale.

**Per gli elementi incollati vanno classificate singolarmente tutte le lamelle, prima della fase di incollaggio**

## LEGNO STRUTTURALE - CLASSIFICAZIONE A VISTA DEI LEGNAMI SECONDO LA RESISTENZA MECCANICA

Per ciascun elemento da classificare si procede alla misura dell'umidità e dei valori delle caratteristiche che influenzano la resistenza meccanica

### CONIFERE (Parte 1) e LATIFOGIE (Parte 2)

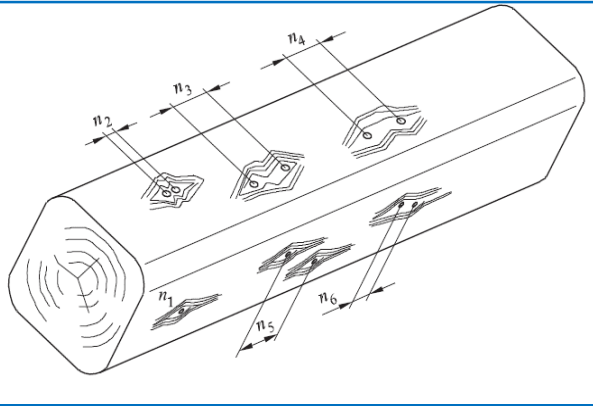
- Nodi (singoli o gruppo)
- Inclinazione della fibratura
- Ampiezza degli anelli
- Fessurazioni (ritiro, cipollatura, fulmine, gelo, lesioni)
- Smussi
- Deformazioni (imbarcamento, arcuatura, falcatura, svergolamento)
- Degrado (funghi e insetti)
- Legno di reazione
- Lesioni e danni meccanici

### TRAVI USO FIUME E USO TRIESTE (Parte 3)

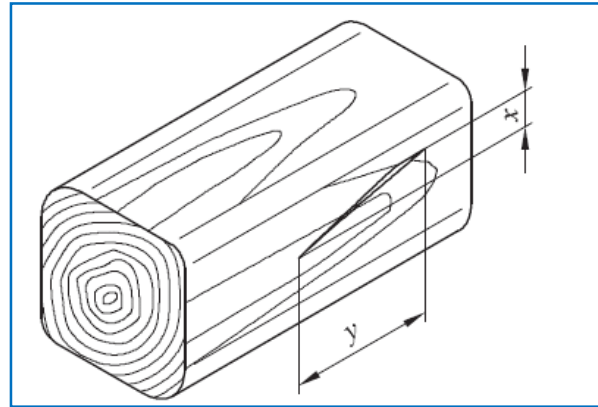
- Nodi (singoli)
- Inclinazione della fibratura
- Ampiezza degli anelli
- Fessurazioni (ritiro, cipollatura, fulmine, gelo, lesioni)
- Smussi
- Deformazioni (imbarcamento, arcuatura, falcatura, svergolamento)
- Degrado (funghi, insetti, carie)
- Vischio
- Legno di compressione
- Midollo eccentrico
- Differenza tra lato maggiore e lato minore

## LEGNO STRUTTURALE - CLASSIFICAZIONE A VISTA DEI LEGNAMI SECONDO LA RESISTENZA MECCANICA

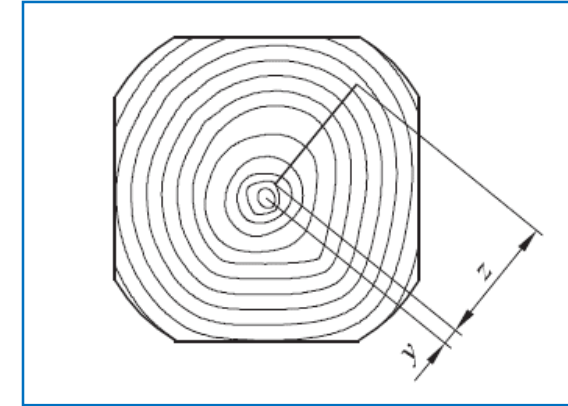
### Nodi



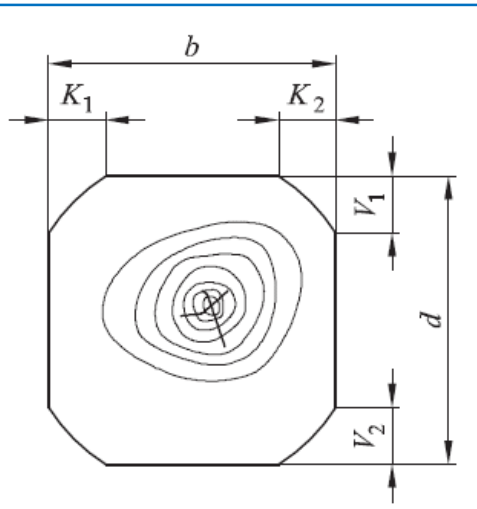
### Inclinazione della fibratura



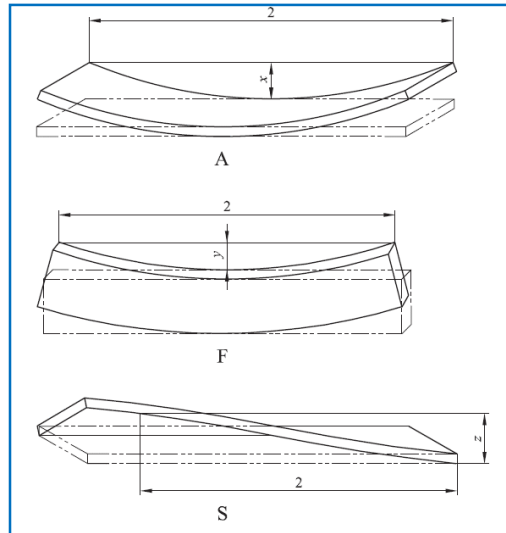
### Ampiezza anelli



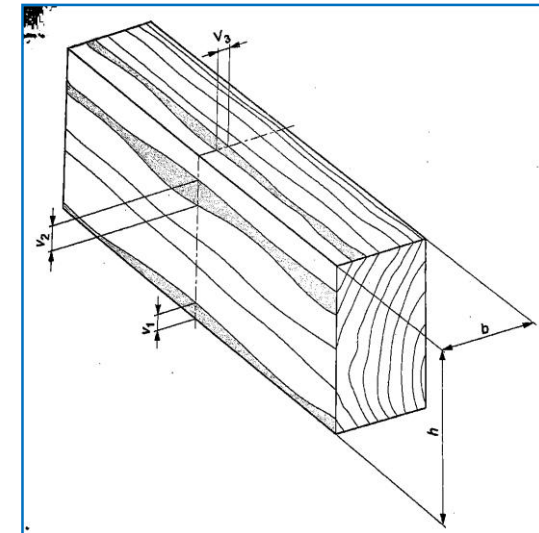
### Smussi



### Deformazioni

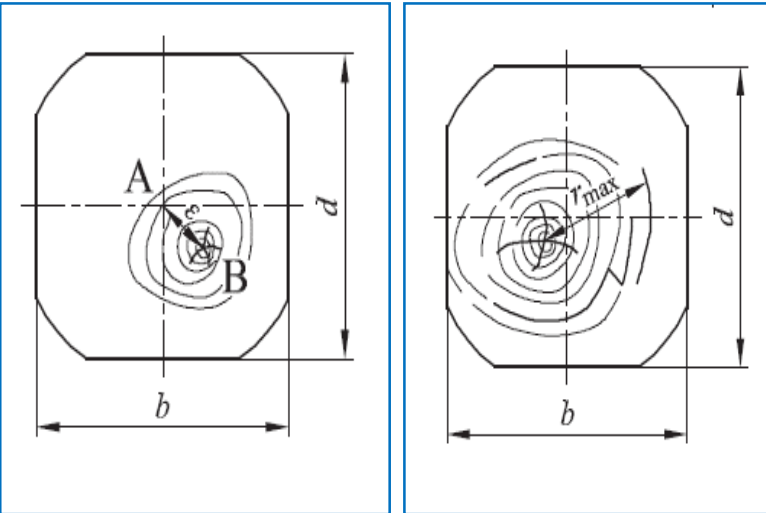


### Legno di reazione

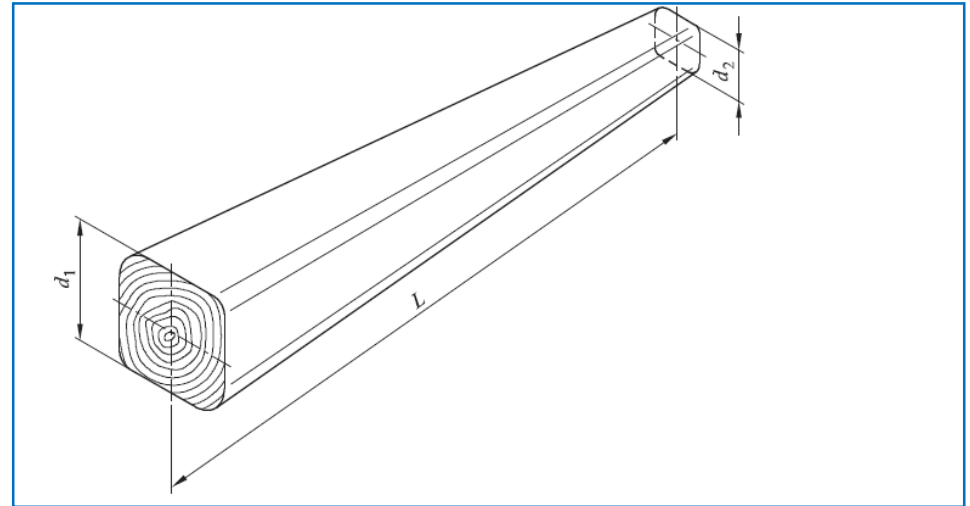


## LEGNO STRUTTURALE - CLASSIFICAZIONE A VISTA DEI LEGNAMI SECONDO LA RESISTENZA MECCANICA

Cipollatura



Rastremazioni

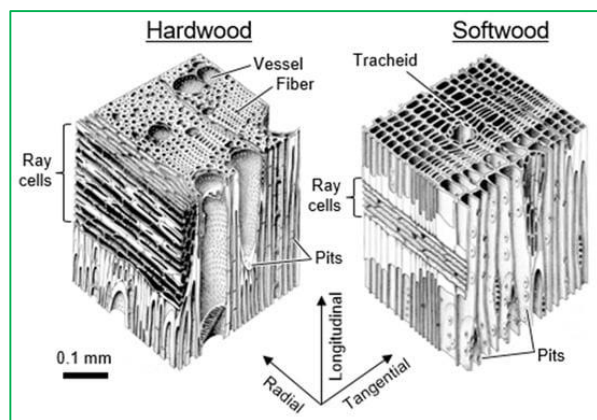




## Esempio prospetto regole di classificazione Conifere 1 (tutte le conifere tranne la douglasia)

Sono previsti 4 prospetti di classificazione, due per conifere e due per latifoglie:

- Conifere 1 (tutte le conifere tranne la douglasia); Conifere 2 (douglasia);
- Latifoglie 1 (Castagno); Latifoglie 2 (Faggio)



"Conifere 1"			
Criteri per la classificazione	Categorie		
	S1	S2	S3
Smussi <sup>1)</sup>	$s \leq 1/4$	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/3$
Nodi singoli <sup>2)</sup>	$A \leq 1/5$ e comunque $d < 50$ mm	$A \leq 2/5$ e comunque $d < 70$ mm	$A \leq 3/5$
Nodi raggruppati <sup>3)</sup>	$A_g \leq 2/5$	$A_g \leq 2/3$	$A_g \leq 3/4$
Ampiezza anelli	$\leq 6$ mm	$\leq 15$ mm	
Inclinazione fibratura	$\leq 1:14$ (7,0%)	$\leq 1:8$ (12,5%)	$\leq 1:6$ (16,5%)
Fessurazioni: - da ritiro - cipollatura - da fulmine, gelo, lesioni	ammesse, se non passanti non ammessa non ammesse	ammesse. Se passanti con limitazioni <sup>6)</sup> ammessa con limitazioni <sup>4)</sup> non ammesse	
Degrado da funghi: - azzurrimento - carie bruna e bianca	ammesso non ammesse		
Legno di compressione	fino a 1/5 del perimetro sulle facce o della sezione	fino a 2/5 del perimetro sulle facce o della sezione	fino a 3/5 del perimetro sulle facce o della sezione
Attacchi di insetti	non ammessi	ammessi con limitazioni <sup>5)</sup>	
Vischio	non ammesso		
Deformazioni: - arcuatura - falcatura - svergolamento - imbarcamento	10 mm ogni 2 m di lunghezza 8 mm ogni 2 m di lunghezza 1 mm ogni 25 mm di lunghezza nessuna restrizione		20 mm ogni 2 m di lunghezza 12 mm ogni 2 m di lunghezza 2 mm ogni 25 mm di larghezza nessuna restrizione

## Esempio prospetto regole di classificazione Conifere 2 (douglasia)

Regola per la classificazione a vista secondo la resistenza dei segati di Conifera corrispondenti alla definizione "Conifere 2" del prospetto 1

"Conifere 2"		
Criteri per la classificazione	Categorie	
	S1	S2
Smussi <sup>1)</sup>	$s \leq 1/4$	$s \leq 1/3$
Nodi singoli <sup>2)</sup>	$A \leq 1/5$ e comunque $d < 50$ mm	$A \leq 3/5$
Nodi raggruppati <sup>3)</sup>	$A_g \leq 2/5$	$A_g \leq 3/4$
Ampiezza anelli Massa volumica	nessuna limitazione $\rho > 380$ kg/m <sup>3</sup>	
Inclinazione fibratura	$\leq 1:14$ (7,0%)	$\leq 1:8$ (12,5%)
Fessurazioni: - da ritiro - cipollatura - da fulmine, gelo, lesioni	ammesse. Se passanti ammesse con limitazioni <sup>6)</sup> non ammessa <sup>5)</sup> non ammesse	
Degrado da funghi: - azzurramento - carie bruna e bianca	ammesso non ammesse	
Legno di compressione	fino a 1/5 del perimetro sulle facce o della sezione	fino a 3/5 del perimetro sulle facce o della sezione
Attacchi di insetti	non ammessi	ammessi con limitazioni <sup>4)</sup>
Vischio	non ammesso	
Deformazioni: - arcuatura - falcatura - svergolamento - imbarcamento	10 mm ogni 2 m di lunghezza 8 mm ogni 2 m di lunghezza 1 mm ogni 25 mm di larghezza nessuna restrizione	

# DETERMINAZIONE PROPRIETÀ FISICHE E MECCANICHE: UNI EN 11035 (2022)

## LEGNO STRUTTURALE - CLASSIFICAZIONE A VISTA DEI LEGNAMI SECONDO LA RESISTENZA MECCANICA

### VALORI CARATTERISTICI PER TIPI DI LEGNAME DI PROVENIENZA ITALIANA

Proprietà		Abete / Nord			Abete / Centro Sud			Larice / Nord			Douglasia / Italia		Altre Conifere / Italia			Castagno / Italia	Querce caducifoglie / Italia	Pioppo e Ontano / Italia	Altre Latifoglie / Italia
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2/S3	S1	S2	S3	S	S	S	S
Flessione (5-percentile), MPa	$f_{m,k}$	29	23	17	32	28	21	42	32	26	40	23	33	26	22	28	42	26	27
Trazione parallela alla fibratura (5-percentile), MPa	$f_{t,0,k}$	17	14	10	19	17	13	25	19	16	24	14	20	16	13	17	25	16	16
Trazione perpendicolare alla fibratura (5-percentile), MPa	$f_{t,90,k}$	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.4	0.5
Compressione parallela alla fibratura (5-percentile), MPa	$f_{c,0,k}$	23	20	18	24	22	20	27	24	22	26	20	24	22	20	22	27	22	22
Compressione perpendi-colare alla fibratura (5-percentile), MPa	$f_{c,90,k}$	2.9	2.9	2.9	2.1	2.1	2.1	4.0	4.0	4.0	2.6	2.6	4.0	4.0	4.0	3.8	5.7	3.2	3.9
Taglio (5-percentile), MPa	$f_{v,k}$	3.0	2.5	1.9	3.2	2.9	2.3	4.0	3.2	2.7	4.0	3.4	3.3	2.7	2.4	2.0	4.0	2.7	2.0
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (medio), MPa ( $\times 10^3$ )	$E_{0,mean}$	12	10.5	9.5	11	10	9.5	13	12	11.5	14	12.5	12.3	11.4	10.5	11	12	8	11.5
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (5-percentile), MPa ( $\times 10^3$ )	$E_{0,05}$	8	7	6.4	7.4	6.7	6.4	8.7	8	7.7	9.4	8.4	8.2	7.6	7	8	10.1	6.7	8.4
Modulo di elasticità perpen dicolare alla fibratura -(medio), MPa ( $\times 10^3$ )	$E_{90,mean}$	4	3.5	3.2	3.7	3.3	3.2	4.3	4	3.8	4.7	4.2	4.1	3.8	3.5	7.3	800	5.3	7.7
Modulo di taglio (medio), MPa ( $\times 10^3$ )	$G_{mean}$	7.5	6.6	5.9	6.9	6.3	5.9	8.1	7.5	7.2	8.8	7.8	7.7	7.1	6.6	9.5	750	5	7.2
Massa volumica (5-percentile), kg/m <sup>3</sup>	$\rho_k$	380	380	380	280	280	280	550	550	550	400	420	530	530	530	465	760	420	515
Massa volumica (media), kg/m <sup>3</sup>	$\rho_{mean}$	415	415	415	305	305	305	600	600	600	435	455	575	575	575	550	825	460	560

## LEGNO STRUTTURALE - CLASSIFICAZIONE A VISTA DEI LEGNAMI SECONDO LA RESISTENZA MECCANICA – PARTE 1 E PARTE 2

### CLASSIFICAZIONE E CONVERSIONE DELLE CLASSI DI RESISTENZA

Proprietà		Abete/Italia			Pino laricio/Italia			Larice/Nord Italia			Douglasia/Italia		Altre conifere/Italia			Castagno/Italia	Querce caducifoglie/Italia	Pioppo e Ontano/Italia	Altre latifoglie/Italia
Corrispondenza con le Classi di resistenza della UNI EN 338			C24	C18	C40	C22	C14		C22	C18	C35	C22				D24			
Categorie resistenti		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2/S3	S1	S2	S3	S	S	S	S
Flessione (5-percentile), N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,k}$		25	18	40	22	15		23	18	35	22	33	26	22	28	42	26	27
Trazione parallela alla fibratura (5-percentile), N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,0,k}$		15	11	24	13	9		14	11	21	13	20	16	13	17	25	16	16
Trazione perpendicolare alla fibratura (5-percentile), N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,90,k}$		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6
Compressione parallela alla fibratura (5-percentile), N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$		21	18	26	20	17		20	18	25	20	24	22	20	22	27	22	22
Compressione perpendicolare alla fibratura (5-percentile), N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,90,k}$		2,6	2,6	3,2	3,0	3,0		3,6	3,6	3,2	2,9	3,7	3,7	3,7	7,3	11	6,3	7,7
Taglio (5-percentile), N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,k}$		4,0	3,4	4,0	3,8	3,0		3,8	3,4	4,0	3,8	4,0	4,0	3,8	4,0	4,0	2,7	4,0
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (medio), kN/mm <sup>2</sup>	$E_{0,mean}$		11,8	10,5	15	12	11		12,5	11,5	15,8	13	12,3	11,4	10,5	12,5	12,0	8,0	11,5
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (5-percentile), kN/mm <sup>2</sup>	$E_{0,05}$		7,9	7,0	10	8,0	7,4		8,4	7,7	11	8,7	8,2	7,6	7,0	10,5	10,1	6,7	9,7
Modulo di elasticità perpendicolare alla fibratura (medio), kN/mm <sup>2</sup>	$E_{90,mean}$		0,39	0,35	0,50	0,40	0,37		0,42	0,38	0,53	0,43	0,41	0,38	0,35	0,83	0,80	0,53	0,77
Modulo di taglio (medio), kN/mm <sup>2</sup>	$G_{mean}$		0,74	0,66	0,94	0,75	0,69		0,78	0,72	0,99	0,81	0,77	0,71	0,66	0,78	0,75	0,50	0,72
Massa volumica (5-percentile), kg/m <sup>3</sup>	$\rho_k$		375	375	455	425	430		510	520	450	415	530	530	530	485	760	420	515
Massa volumica (media), kg/m <sup>3</sup>	$\rho_{mean}$		450	450	550	520	520		610	620	540	500	575	575	575	580	825	460	560

Non per tutte le categorie esiste una corrispondenza alla UNI EN 338

Non tutte le categorie sono assegnabili, ad esempio l'Abete S1 e il Larice S1

## Esempio prospetto regole di classificazione Conifere Uso Fiume

Conifere Uso Fiume	
Criteri per la classificazione	Categoria unica
	UFS/A
Smussi <sup>1)</sup>	$s \leq 9/10$
Nodi singoli <sup>2)</sup>	$A \leq 2/5$ e comunque $d < 70$ mm
Ampiezza anelli	$< 6$ mm
Inclinazione fibratura	$\leq 1:8$ (12,5%)
Fessurazioni: - da ritiro - cipollatura - da fulmine, gelo, lesioni	Ammesse. Se passanti ammesse con limitazioni <sup>3)</sup> Ammissa con limitazioni <sup>4)</sup> Non ammesse
Degrado da funghi: - azzurrimento - carie bruna e bianca	Amnesso Non ammesse
Midollo eccentrico	$< 20\%$ <sup>5)</sup>
Differenza lato maggiore - lato minore	$< 2$ cm
Legno di compressione	Fino a 2/5 della sezione
Attacchi di insetti	Ammessi con limitazioni <sup>6)</sup>
Vischio	Non ammesso
Deformazioni: - Arcuatura - Falcatura - Svergolamento	10 mm ogni 2 m di lunghezza 8 mm ogni 2 m di lunghezza 1 mm ogni 25 mm di larghezza
Rastremazione	Non ammessa

1)  $s$  è espresso come rapporto tra la proiezione dello stesso smusso su un lato e la sua dimensione.

2) Si considera il nodo più grande dell'elemento ligneo, e il rapporto  $A$  fra il suo diametro minimo  $d$  e il lato del quadrilatero circoscritto alla sezione su cui tale diametro viene misurato. Per i nodi sullo smusso si calcola il rapporto  $A$  fra il diametro minimo  $d$  e il lato minore del quadrilatero circoscritto alla sezione.

3) Fessurazioni passanti ammesse solo alle estremità, per una lunghezza non maggiore della larghezza dell'elemento ligneo.

4) Generalmente non ammessa; soltanto per Abete la cipollatura visibile o probabile è ammessa se  $r_{max} < b/3$  ed  $\varepsilon < b/6$ , dove:  
 $r_{max}$  è il raggio massimo della cipollatura;  
 $b$  è il lato minore della sezione;  
 $\varepsilon$  è l'eccentricità, cioè la distanza massima del midollo rispetto al centro geometrico della sezione.

5) Il midollo eccentrico è espresso come rapporto percentuale tra l'eccentricità  $\varepsilon$  e il lato maggiore del quadrilatero circoscritto alla sezione.

6) Ammessi solo fori con alone nerastro, oppure fori rotondi, senza alone nerastro, di diametro compreso tra 1,5 e 2,5 mm (di Anobidi), purché l'attacco sia sicuramente esaurito, per un max. di 10 fori, distribuiti uniformemente, per metro di lunghezza (somma di tutte e quattro le facce).

Sono previsti 2 prospetti di classificazione:  
Conifere Uso Fiume e e Conifere Uso Trieste



## Valori caratteristici raggruppati nei Profili resistenti per i tipi di legname considerati

Proprietà		Abete Uso Fiume	Abete Uso Trieste <sup>1)</sup>
Categorie resistenti		UFS/A	UTS/A
Flessione (5-percentile) N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,k}$	28	28
Trazione parallela alla fibratura (5-percentile), N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,0,k}$	16,8	11
Trazione perpendicolare alla fibratura (5-percentile), N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5
Compressione parallela alla fibratura (5-percentile), N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	22,4	18
Compressione perpendicolare alla fibratura (5-percentile), N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,90,k}$	2,6	2,2
Taglio (5-percentile), N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,k}$	4	3,4
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (medio), kN/mm <sup>2</sup>	$E_{0,mean}$	10,8	8,7
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (5-percentile), kN/mm <sup>2</sup>	$E_{0,05}$	7,2	5,8
Modulo di elasticità perpendicolare alla fibratura (medio), kN/mm <sup>2</sup>	$E_{90,mean}$	0,4	0,3
Modulo di taglio (medio), kN/mm <sup>2</sup>	$G_{mean}$	0,7	0,5
Massa volumica (5-percentile), kg/m <sup>3</sup>	$\rho_k$	380	365
Massa volumica (media), kg/m <sup>3</sup>	$\rho_{mean}$	455	435
Corrispondenza con le Classi di resistenza della UNI EN 338		C24	C18
1) Per l'Uso Trieste i valori caratteristici indicati nel prospetto sono riferibili alla sezione nominale in base alla quale essi sono stati ricavati.			



[illegible]

# NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI (NTC 2018): LEGNO

## LEGNO LAMELLARE

- Gli elementi strutturali di legno **lamellare incollato** e legno massiccio incollato debbono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14080 e recare la marcatura CE
- Le singole tavole, per la composizione di legno lamellare, dovranno soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 14081-1

**Tabella 18-4**-Classi di resistenza per legno lamellare di conifera omogeneo e combinato(EN1194)

Valori caratteristici di resistenza e modulo elastico		GL24h	GL24c	GL28h	GL28c	GL32h	GL32c	GL36h	GL36c
Resistenze (MPa)									
flessione	$f_{m,g,k}$	24		28		32		36	
trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,g,k}$	16.5	14.0	19.5	16.5	22.5	19.5	26	22.5
trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,g,k}$	0.40	0.35	0.45	0.40	0.50	0.45	0.60	0.50
compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,g,k}$	24.0	21.0	26.5	24.0	29.0	26.5	31.0	29.0
compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,g,k}$	2.7	2.4	3.0	2.7	3.3	3.0	3.6	3.3
taglio	$f_{v,g,k}$	2.7	2.2	3.2	2.7	3.8	3.2	4.3	3.8
Modulo elastico (GPa)									
modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,g,mean}$	11.6	11.6	12.6	12.6	13.7	13.7	14.7	14.7
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,g,05}$	9.4	9.4	10.2	10.2	11.1	11.1	11.9	11.9
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	$E_{90,g,mean}$	0.39	0.32	0.42	0.39	0.46	0.42	0.49	0.46
modulo di taglio medio	$G_{g,mean}$	0.72	0.59	0.78	0.72	0.85	0.78	0.91	0.85
Massa volumica (kg/m <sup>3</sup> )									
Massa volumica caratteristica	$\rho_{g,k}$	380	350	410	380	430	410	450	430

## CLASSIFICAZIONE A VISTA: Caratteristiche del campione di provini da testare

Esempio di travi in legno esistente per la cui classificazione si procede come segue:

- Misurazione delle caratteristiche facilmente rilevabili e/o misurabili: nodi, inclinazione della fibratura, fessurazioni, tracce di attacchi biologici attivi o pregressi
- Confronto delle grandezze misurate con le limitazioni che ne determinano la classificazione e anche l'idoneità all'impiego strutturale oppure no (in accordo alle norme 14081-1 e 11035-1)



LUOGO:				DATA:				AMBIENTE:													
Elemento	Dimensioni							Specie	Smussi [cm]				Nodi [cm]								
	L [cm]	Sezione media [cm]											Facce								S/G <sup>(1)</sup>
		Sx		Mean		Dx							A		B		C		D		
		b	h	b	h	b	h		A-B	B-C	C-D	D-A	d <sub>min</sub>	H <sub>f</sub>	d <sub>min</sub>	H <sub>f</sub>	d <sub>min</sub>	H <sub>f</sub>	d <sub>min</sub>	H <sub>f</sub>	
B1	374	13.0	14.0	13.5	15.0	15.0	13.5	Quercia	-	-	3	-	3.5	15.0	2.8	14.5	3.0	14.0	3.0	13.5	S
B2	334	15.0	15.0	15.5	13.5	15.0	15.0	Quercia	-	-	-	-	4.5	13.5	4.5	15.5	5.0	13.5	-	-	S
B3	322	12.5*	15.5	12.5	15.5	13.0	15.5	Quercia	3-4	-	-	-	-	-	4.0	14.0	3.5	13.0	4.0	15.5	S
B4	315	12.5	19.5	12.5	19.0	12.5	20.0	Quercia	-	-	-	-	5.0	12.5	1.0	18.5	-	-	-	-	S
B5	282	12.0	14.5	11.0	13.5	11.0	11.0	Quercia	-	-	-	-	0.6	12.7	2.0	12.0	4.0	12.3	-	-	S
B6	272	17.5	14.0	17.5	14.5	16.0	13.5	Quercia	-	-	-	-	4.0	13.0	1.5	14.5	3.5	18.0	-	-	S**

\* Sezione non perfettamente rettangolare a partire dall'estremità a **sx** e per oltre metà trave. Presenta uno smusso tra le facce A e B

\*\* Si rilevano tracce di nodi caduti di piccoli rami (circa 2cm) ed anche fori circolari ai quali era fissato qualche elemento di completamento del solaio

# ESEMPIO NUMERICO CON ELABORAZIONE DEI RISULTATI

## CLASSIFICAZIONE A VISTA: Rilievo delle caratteristiche

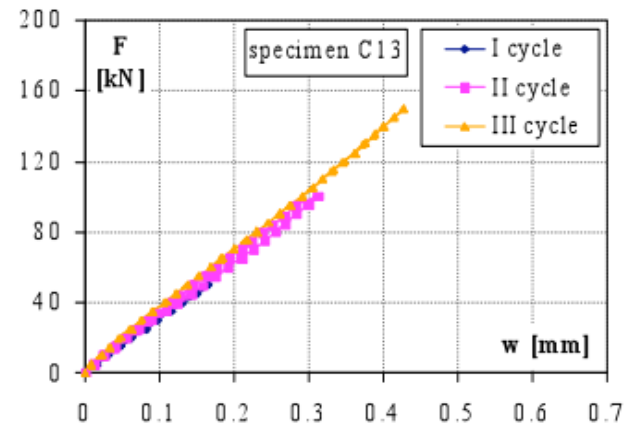
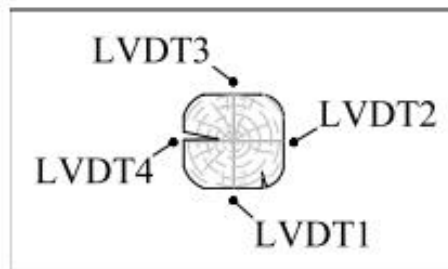
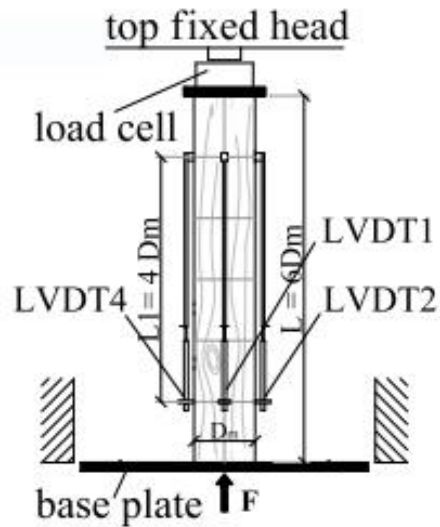
+

Elemento	Inclinazione della fibratura [°]	Fessurazioni [cm]						Deformazioni				Degrado da funghi			Attacchi di insetti (Presenza/Tipologia/Estensione)
		Ritiro				Altre						Az	CBi	CBr	
		Lato	Dir.	Apert.	P	C	L	A	F	S	I	Az	CBi	CBr	
B1	Lieve deviazione in corrispondenza dei nodi  Forte deviazione sulla faccia D, a circa metà trave (>10%)	A	<u>Orizz</u>	0.2-0.5	2	X	-	-	-	Lieve	-	-	X*	Si rilevano estesi attacchi pregressi di insetti per la presenza diffusa di gallerie e fori di uscita	
		B	<u>Orizz</u>	0.2-0.5	2		-				-	-			
		C	<u>Orizz</u>	0.2-0.5	5		<u>Dx</u>				-	-	-		
		D	<u>Orizz</u>	0.3-1.2	> 4		<u>Dx</u>				-	-	-		
B2	Forte lungo il lato B (>10%) Lieve lungo i lati A-C-D	A	<u>Orizz</u>	0.2	N.R.	-	-	X	-	X	X	-	-	-	Si rilevano tracce di attacchi pregressi di insetti (fori di uscita)
		B	<u>Inclin.</u>	0.4	3-4	-	-					-	-	-	
		C	<u>Orizz</u>	0.2	N.R.	-	-					-	-	-	
		D	<u>Inclin.</u>	0.6-0.7	3-4	-	-					-	-	-	
B3	Lieve deviazione in corrispondenza dei nodi	A	<u>Orizz</u>	< 0.2	N.R.	X	-	-	-	X**	-	-	-	Si rilevano tracce di attacchi pregressi di insetti (fori di uscita), sulle facce A e D	
		B	<u>Orizz</u>	< 0.2	N.R.		-				-	-	-		
		C	<u>Orizz</u>	< 0.2	N.R.		-				-	-	-		
		D	<u>Orizz</u>	< 0.2	N.R.		-				-	-	-		
B4	Forte deviazione in corrispondenza dei nodi	A	<u>Orizz</u>	< 0.2	N.R.	-	-	-	-	-	X	-	-	X	Si rilevano tracce di attacchi pregressi di insetti (fori di uscita), sulle facce A, B e C, che diventano molto diffusi sulla faccia D
		B	<u>Orizz</u>	< 0.2	N.R.	X***	-					-	-	-	
		C	<u>Inclin.</u>	0.6	7	X***	-					-	-	-	
		D	<u>Fibrat.</u>	0.5	6.5	-	-					-	-		
B5	Deviazione in corrispondenza dei nodi	A	<u>Orizz</u>	0.5	N.R.	X	-	X	-	-	-	-	-	Si rilevano tracce di attacchi pregressi di insetti e macchie di umidità	
		B	<u>Orizz</u>	0.3	N.R.		-				-	-	-		
		C	<u>Orizz</u>	0.2	N.R.		-				-	-	-		
		D	<u>Orizz</u>	0.3	N.R.		-				-	-	-		
B6	Deviazione in corrispondenza dei nodi	A	<u>Orizz</u>	0.4	N.R.	X	-	-	-	-	-	-	X	Si rilevano tracce di attacchi pregressi di insetti (fori di uscita) L'estremo <u>Sx</u> della trave risulta fortemente deteriorato da attacchi biologici	
		B	<u>Orizz</u>	0.4	N.R.		-				-	-	-		
		C	<u>Orizz</u>	0.3	N.R.		-				-	-	-		
		D	<u>Orizz</u>	0.5	N.R.		-				-	-	-		

## CLASSIFICAZIONE A VISTA: Classificazione

	CATEGORIA IN OPERA IN FUNZIONE DELLA SINGOLA CARATTERISTICA						
ELEMENTO							
	Smussi	Lesioni varie Cretti da gelo Cipollature	Nodi		Inclinazione della fibratura (pendenza %)	Fessurazioni radiali da ritiro	CLASSE ELEMENTO
			Singoli	Gruppi			
B1	S3	S3	S1	S1	S2	N.S.	S3
B2	S1	S3	S1	S1	S3	S3	S3
B3	S3	S3	S1	S1	S1	S3	S3
B4	S1	S3	S1	S1	S1	S3	S3
B5	S1	S3	S1	S1	S1	S3	S3
B6	S1	S3	S1	S1	S1	S3	S3

## DETERMINAZIONE DEL MODULO DI ELASTICITA' A COMPRESSIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA

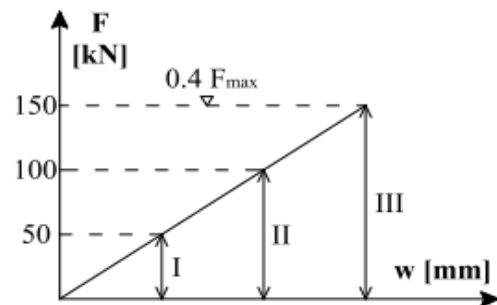


$$E_{c,0}(I) = 9268 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{c,0}(II) = 9948 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{c,0}(III) = 11016 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{c,0}(\text{mean}) = 10078 \text{ N/mm}^2$$



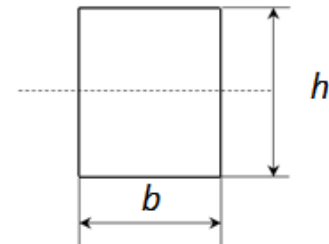
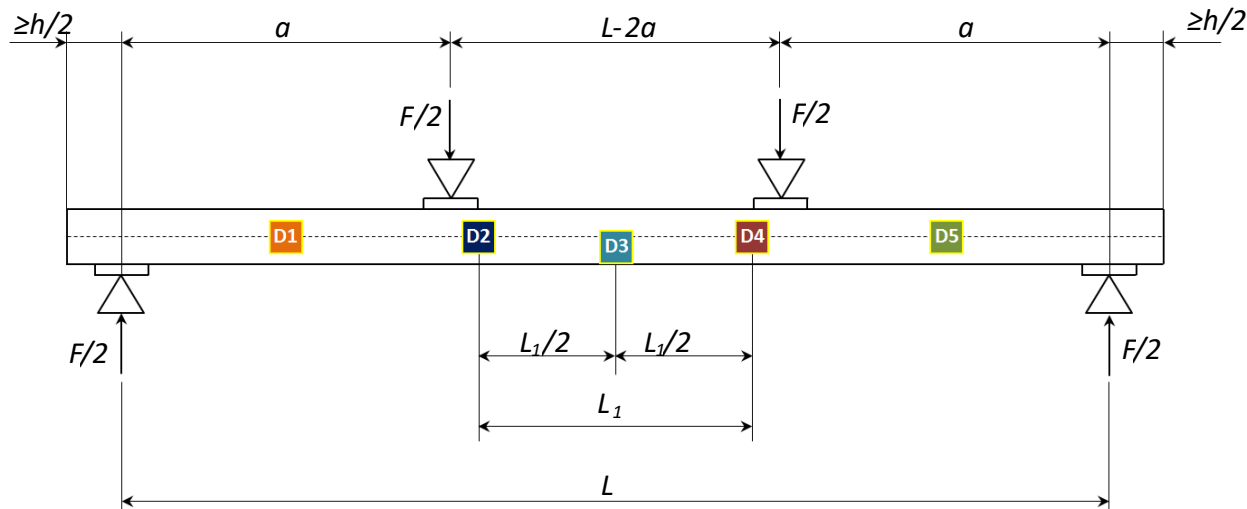
elasticity modulus

$$E_{c,0} = \frac{L_1 \Delta F}{A \Delta w}$$



## DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A FLESSIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA

Set up di prova (*UNI EN 408*) con indicazione dei punti di misura



Beam	b	h	$L_1$	a
1	138	142	708	830
2	152	145	725	830
3	127	155	775	830
4	125	195	975	830
5	113	130	650	890
6	170	140	700	830

\*Measures are expressed in [mm]

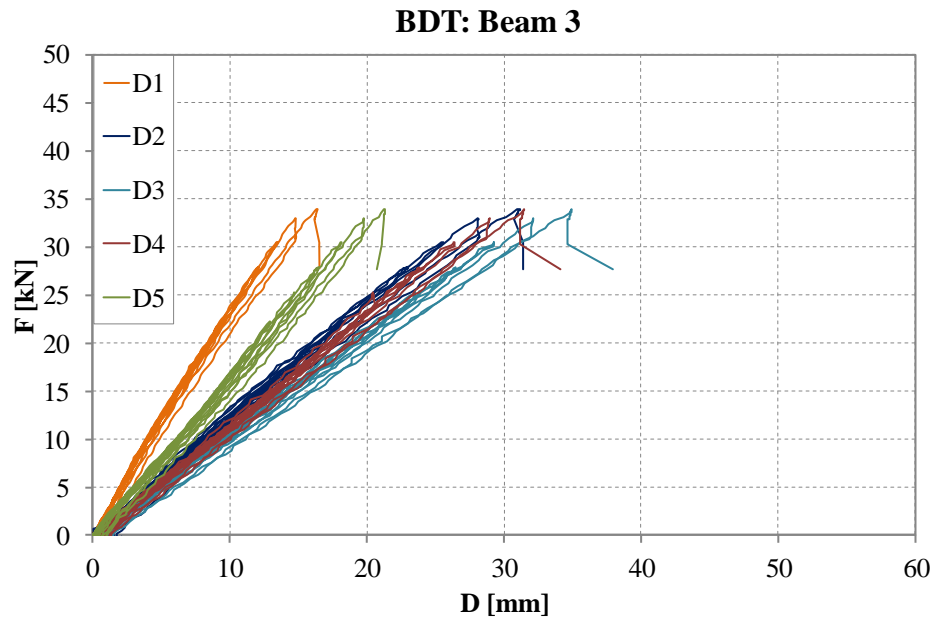
### Modalità di applicazione del carico

- 1) Cicli di carico in campo elastico per determinare il modulo elastico a flessione parallela alla fibratura
- 2) Cicli a rottura per verificare la forza massima e determinare la resistenza a flessione parallela alla fibratura



## DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A FLESSIONE

Diagramma tipo Forza-Spostamento per spostamenti letti nei 5 punti di misura (L/6; L/3; L/2; 2/3L; 5/6L)



$$F_{\max} = 33,93 \text{ kN}$$

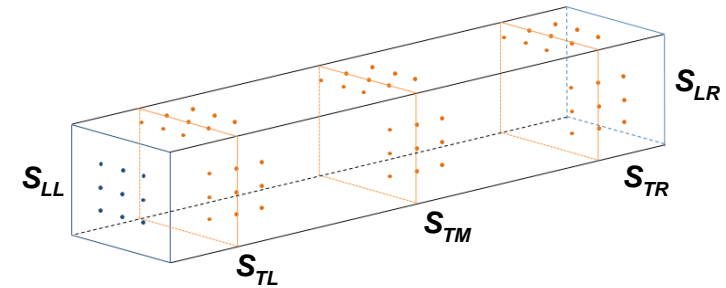
$$E_m = 7,37 \text{ GPa}$$

$$f_m = 28 \text{ MPa}$$

$$E_{m,g} = \frac{3al^2 - 4a^3}{2bh^3 \left( 2 \frac{w_2 - w_1}{F_2 - F_1} - \frac{6a}{5Gbh} \right)}$$

$$f_m = \frac{3Fa}{bh^2}$$

## PROVE NON DISTRUTTIVE IN SITO: Sclerometro per legno (Woodpecker)



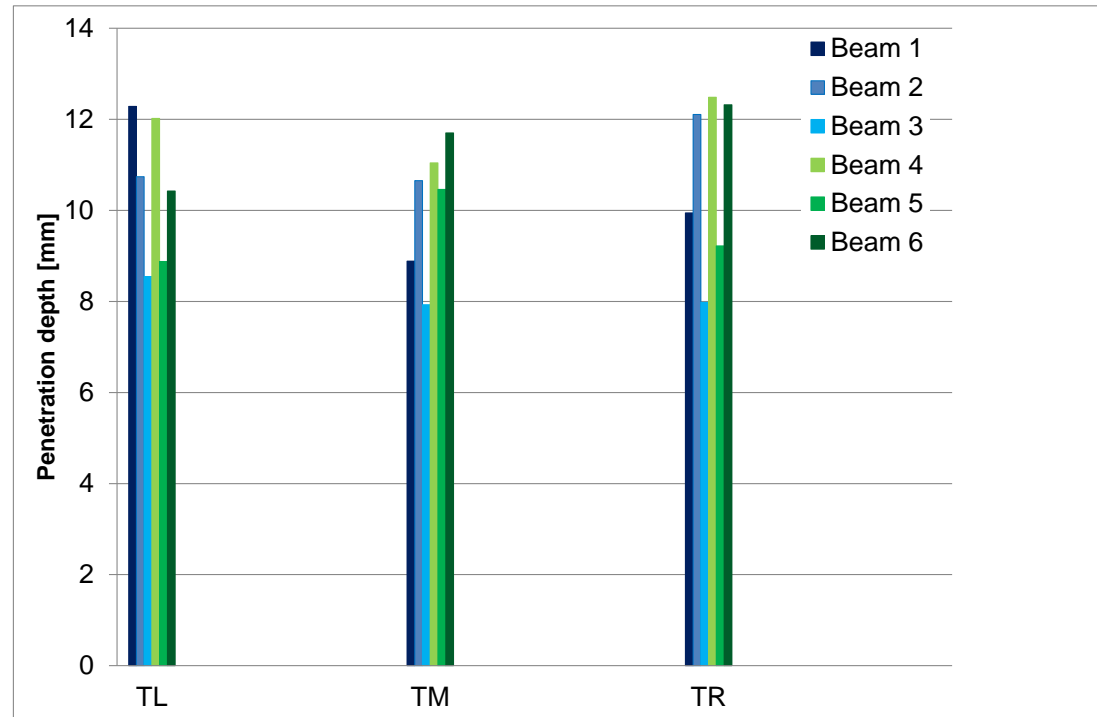
### REMARKS

- $D_{T,mean} = 10,40 \text{ mm}$
- $D_{L,mean} = 11,42 \text{ mm}$



- $E_{T,mean} = 11,84 \text{ GPa}$
- $E_{L,mean} = 11,43 \text{ mm}$

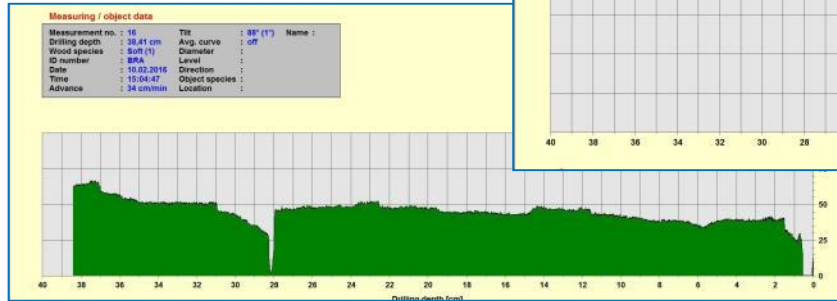
*In accordo alle ispezioni  
visive*



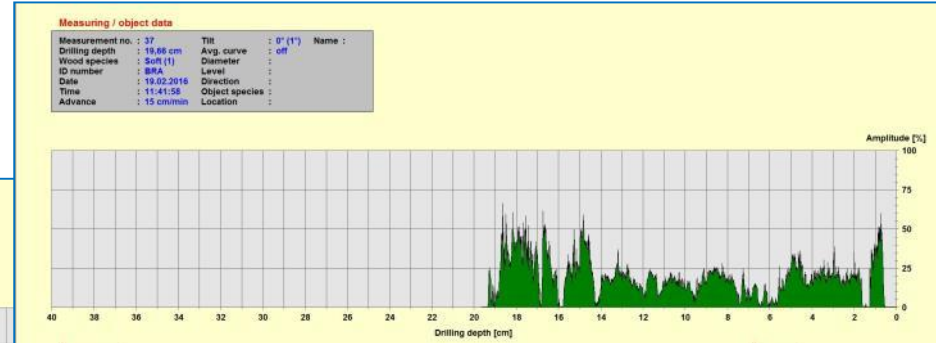
## PROVE NON DISTRUTTIVE IN SITO: Penetrometro (resistograph)



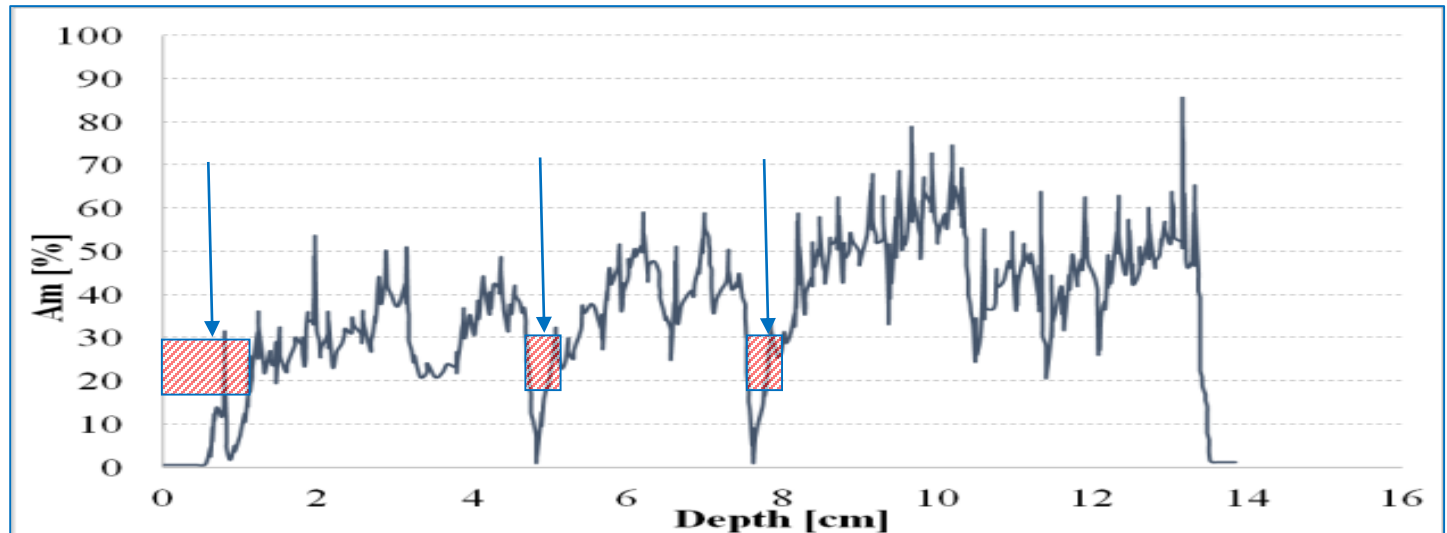
Direzione longitudinale



Direzione Trasversale

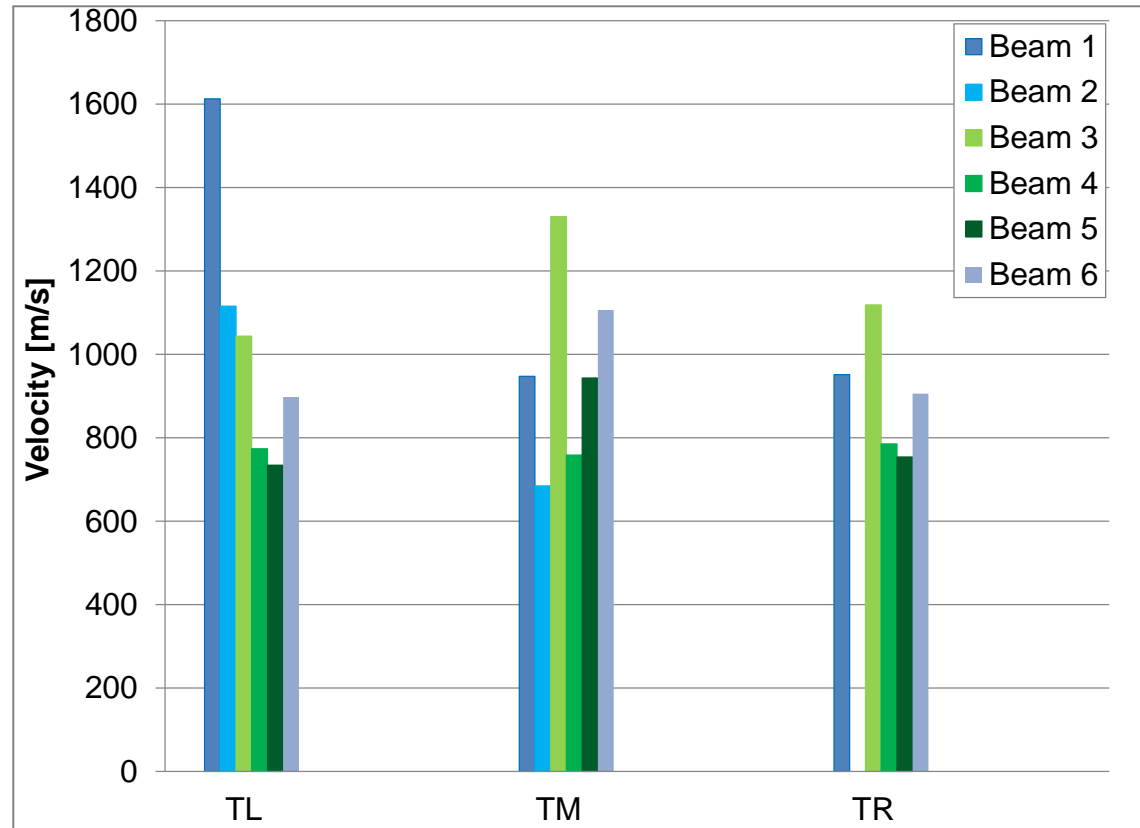
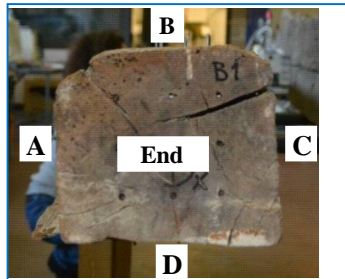


$$RM = \frac{\int_0^l \text{Area}}{l}$$



## PROVE NON DISTRUTTIVE IN SITO: Ultrasuoni

METODO DIRETTO



GRAZIE PER LA  
VOSTRA ATTENZIONE!

