



# La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

A cura di ASSOLEGNO

# **La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi**

A CURA DI  
ASSOLEGNO

©Copyright 2018

## Prefazione

L'uso del legno come materiale da costruzione è una delle prime tracce della civiltà, e oggi distingue le società più attente alla sostenibilità da quelle meno rispettose dell'ambiente.

Il “legno” (materia prima) diventa “legname” (prodotto per uso strutturale) quand'è classificato secondo la resistenza e fornito in cantiere da un produttore o da un centro di lavorazione qualificato. Questo termine, tradizionalmente usato anche in Italia (il Prof. Giordano parlava di “legname da opera”) richiama correttamente la differenza tra “wood” e “timber” tipica dei paesi anglofoni.

La classificazione secondo la resistenza è il processo di selezione attraverso il quale ogni singolo segato può essere inserito in una classe (o categoria), così da attribuirgli valori affidabili di resistenza e rigidità. L'elevata variabilità naturale delle caratteristiche morfologiche e meccaniche del legno ha comportato la necessità di definire regole oggettive e ripetibili per la sua classificazione in base alla resistenza, al fine di ottimizzarne gli impieghi in maniera coerente con l'evoluzione delle metodologie ed esigenze progettuali. Le regole di classificazione a vista attualmente in vigore sono state definite a seguito di migliaia di prove distruttive, successivamente codificate in norme tecniche condivise da operatori di varia provenienza (segherie, progettisti, assicurazioni, agenzie governative...) e convalidate da decenni di esperienza applicativa, sia in Europa che in Nordamerica. Un processo che è in costante evoluzione per rimanere al passo con i livelli di affidabilità e sicurezza richiesti alle strutture e che i prodotti a base di legno, correttamente selezionati dai carpentieri, hanno da sempre garantito.

Questa pubblicazione è basata sulle esperienze didattiche sviluppate fino ad oggi da Assolegno e costituisce un supporto per quelle future. Per questo motivo, dopo aver trattato brevemente gli aspetti generali (il quadro normativo e le caratteristiche della materia prima), descrive le metodologie di classificazione a vista prima in termini generali e poi con riferimento specifico alla norma italiana (UNI 11035) e a quelle che sono impiegate dai fornitori maggiormente presenti sul nostro mercato (DIN 4074 e NF B 52-001).

La trattazione è volutamente molto sintetica perché, nella pratica professionale, nessun testo didattico può sostituirsi alle norme applicabili, nella loro versione completa ed aggiornata.

## 1.1 CARATTERISTICHE DEL LEGNO STRUTTURALE

Le caratteristiche meccaniche del legno sono ben note:

- forte anisotropia di tutte le proprietà meccaniche, che quindi variano con la direzione anatomica considerata;
- elevata correlazione con la massa volumica (densità) e l'umidità;
- forte variabilità in funzione della specie legnosa e della quantità, posizione e natura dei difetti;
- variazioni di deformazione e di resistenza legate alla durata delle sollecitazioni applicate (comportamento reologico).

Tali caratteristiche, che ad un giudizio sommario appaiono tra i punti deboli di questo materiale, possono in realtà diventare vantaggiose per il progettista che conosce e sa cogliere le opportunità che esso offre:

- ottima efficienza strutturale (il rapporto tra prestazioni e peso è simile a quello dell'acciaio, ed è 5 volte migliore rispetto a quello del calcestruzzo armato);
- capacità di smorzamento delle vibrazioni;
- elevata resilienza, ovvero minore suscettibilità della struttura nei confronti di azioni dinamiche impulsive (urti);
- elevata deformabilità a rottura, che avviene per fasi successive, preavvisando gli utenti della struttura.

Le prescrizioni dei metodi di classificazione a vista sono giustificate in particolar modo dal comportamento del legno strutturale rispetto alla **flessione** e alla **trazione parallela alla fibratura** (Figura 1): mentre il legno “netto” (privo di difetti) ha un comportamento di tipo elastoplastico, in cui all'aumentare della sollecitazione la curva carico/deformazione abbandona l'andamento lineare, e l'aumento della deformazione diviene più che proporzionale all'incremento della tensione, per il legname in dimensioni d'uso strutturale il comportamento meccanico è notevolmente influenzato dalla presenza di difetti che, nel caso della flessione e trazione, riducono le capacità di resistenza del materiale, innescando prematuramente una rottura di tipo fragile. Per la presenza dei difetti, la rottura avviene quando il materiale è ancora praticamente in campo elastico, in cui c'è linearità fra tensioni e deformazioni. I nodi, soprattutto quelli non aderenti, causano una sensibile diminuzione della sezione resistente a trazione e possono inoltre, a seconda della loro posizione, spostare il baricentro della sezione: lo stato di trazione da

centrato diviene localmente eccentrico, con un conseguente aumento della tensione massima. Poiché, nella grande maggioranza dei casi, queste sono le sollecitazioni tipiche in opera, tutto il sistema di classificazione a vista e relative prove distruttive di supporto è basato su tale caratteristica.

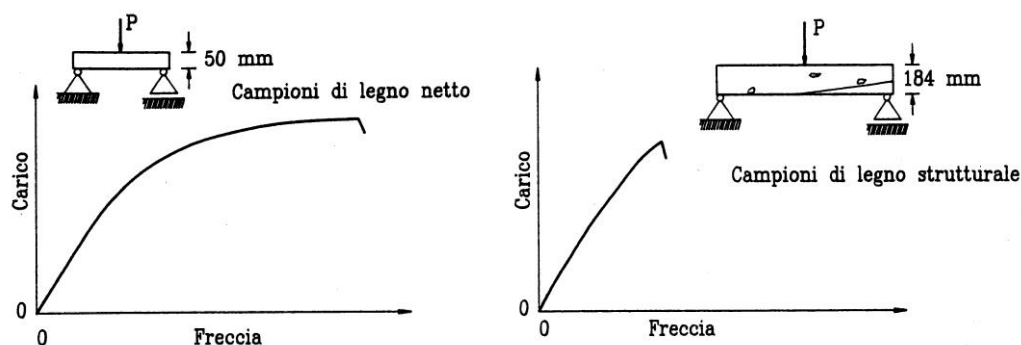


Fig. 1 - Differenza di comportamento a rottura di provini di piccole dimensioni senza difetti (sinistra), e di campioni in dimensioni d'uso di legno strutturale, con difetti (destra).

Per quanto riguarda la resistenza a **compressione assiale, parallela alla fibratura**, il legno mostra invece un comportamento elasto-plastico fino a rottura. Il fenomeno di cedimento in questo caso è dovuto all'instabilizzazione delle cellule del legno le quali, a causa della loro struttura fusiforme, si "imbozzano" piegandosi su sé stesse. Nel caso di elementi strutturali tozzi, o comunque con un grado di snellezza non elevato, la rottura per compressione avviene per corrugamento locale delle pareti cellulari. Se il legno viene compresso maggiormente, si hanno nuovi corrugamenti. Nel legno, tali corrugamenti sono spesso in condizioni di stabilità, se la sollecitazione rimane stabile. Risulta però importante evidenziare come i corrugamenti, pur essendo improbabile che si propaghino e causino una rottura in compressione, possiedono tuttavia una bassissima resistenza alla trazione, con le prevedibili conseguenze nei casi di inversione delle sollecitazioni. Per quanto riguarda l'influenza dei nodi sulla resistenza a compressione (nonché a trazione) assiale, si osserva che essi producono innanzitutto una sensibile diminuzione di sezione resistente con notevole aumento della tensione massima (a parità di sforzo applicato) ed inoltre determinano importanti deviazioni di fibratura proprio nelle zone dove si

#### La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

concentrano i valori tensionali massimi. Quando si comprime assialmente un elemento ligneo strutturale avente forma prismatica molto snella ed allungata (in pratica quando il rapporto fra la lunghezza assiale  $l$  e la minima dimensione trasversale  $d$  è maggiore di 11) anche se la sollecitazione è perfettamente centrata rispetto alla sezione trasversale, in corrispondenza di un certo “carico critico” l'elemento pressoinflesso raggiunge il collasso per instabilità ben prima del limite di rottura a compressione assiale del materiale. Questo tipo di comportamento riveste un notevole interesse poiché è tipico di molti elementi strutturali tradizionali, quali i puntoni di una capriata e i pilastri di un edificio.

Poiché il legno presenta un comportamento differente a trazione o compressione parallela alla fibratura, una volta superata la fase elastica, per elementi semplicemente inflessi la distribuzione delle tensioni in fase post-elastica è di forma asimmetrica con asse neutro spostato verso il lembo teso; anche in questo caso l'entità e la posizione dei difetti (nodi, deviazioni della fibratura ecc.) hanno quindi una forte influenza sul meccanismo di rottura e sulla resistenza di un elemento strutturale inflesso in dimensioni d'uso.

La resistenza a **compressione in direzione perpendicolare alla fibratura** è molto limitata. La fase elastica lineare è breve e quella plastica è più pronunciata. Inoltre, per tale tipo di sollecitazione, sia la resistenza che la deformabilità sono in funzione anche dell'orientazione degli anelli di accrescimento rispetto alla direzione della forza applicata. Questa è una delle caratteristiche più critiche in certe applicazioni (appoggi, zone di contatto legn-legno come il giunto puntone-catena della carpenteria tradizionale...) ma è anche la ragione per cui le strutture di legno, pur se costituite da un materiale “fragile” in trazione, hanno un comportamento globale molto duttile: nei collegamenti con elementi metallici il volume di legno più sollecitato a compressione perpendicolare cede (“*rifollamento*”) dissipando energia assieme allo snervamento dell'acciaio.

Molta attenzione richiede invece la resistenza a **trazione ortogonale alla fibratura**. Questa è la sollecitazione in cui il legno, soprattutto in presenza di difetti quali fessurazioni, nodi, brusche variazioni di accrescimento, ha i valori di resistenza minori. La resistenza del legno dipende inoltre, in larga misura, dal volume dell'elemento sollecitato: poiché la frattura si innesca sempre in corrispondenza delle zone più deboli di materiale, la probabilità di incontrare un difetto critico è direttamente proporzionale al volume del materiale sollecitato. Una buona progettazione dovrà quindi evitare scelte che comportino tensioni di trazione ortogonali alla fibratura. Sarà poi necessario accertarsi che stati secondari di tensione di tale tipo (ad es. quelli generati da trasferimenti di carico tramite collegamenti meccanici, quelli che si generano in travi a lembi non paralleli o travi curve...) siano compatibili con la resistenza del materiale.

Essendo il legno un materiale anisotropo, anche gli effetti dello sforzo di **taglio** variano a seconda della direzione della sollecitazione rispetto alla fibratura: se lo sforzo si propaga parallelamente alla fibratura si parla usualmente di scorrimento mentre se, invece, è orientato ortogonalmente si utilizza il termine taglio. Per quanto riguarda lo scorrimento, un caso tipico in cui si deve verificare questa sollecitazione è il “dente” di collegamento dei puntoni nelle catene delle capriate. In quest’ambito, interessa notare che la resistenza allo scorrimento può venire molto ridotta dalla presenza di fessurazioni dovute, ad esempio, al ritiro trasversale. I nodi, invece, per questo tipo di sollecitazione, costituiscono un elemento di rinforzo perché, essendo disposti in direzione ortogonale alla fibratura, si oppongono allo scorrimento dei vari strati di legno gli uni sugli altri. Per ciò che concerne lo sforzo di taglio, esempi di rottura si possono trovare in corrispondenza dei punti di appoggio delle travi, ad esempio dei solai, sulle murature. In questi casi, la rottura avviene in seguito a “tranciamento” delle fibre.

La **fissilità** esprime la tendenza del legno a spaccarsi in seguito all'azione di un cuneo spinto nel materiale in direzione assiale. La lavorazione a spacco viene utilizzata per ottenere legna da ardere, doghe per botti ecc. La fissilità è legata alla presenza di una struttura cellulare ben ordinata, alla rettilinearità della fibratura ed all'eventuale presenza di grossi raggi midollari; ad es. legni molto fissili sono il Larice e le Querce.

La **durezza** è un indice della resistenza che il legno oppone alla penetrazione da parte di un punzone di acciaio. Questa proprietà dipende quindi dal metodo di prova usato (ce ne sono vari) e rende sostanzialmente non confrontabili i risultati ottenuti con metodi diversi. La durezza è una proprietà che sintetizza in sé caratteristiche importanti per vari impieghi del legno, quali pavimentazioni, attrezzi sportivi ecc.

I fattori che influenzano le caratteristiche meccaniche del legno sono vari. I parametri essenziali sono: deformazioni sotto carico, durata del carico, umidità e temperatura del legno.

Il comportamento reologico del legno è caratterizzato da **deformazioni differite (creep)**: la deformazione dell'elemento sollecitato da azioni esterne costanti progredisce nel tempo e il fenomeno è correlato alla durata dell'azione, allo stato tensionale presente ed alle variazioni termoigrometriche. Le deformazioni così accumulate sono solo in parte reversibili (in tal caso si parla di deformazioni elastiche differite). Le deformazioni differite sono particolarmente evidenti in presenza di sollecitazioni di flessione e taglio, che provocano nel tempo lo scorrimento visco-elastico delle fibre legnose, nonché nel caso di sollecitazioni di compressione ortogonali alla fibratura. Nella verifica delle

#### La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

deformazioni degli elementi inflessi è necessario quindi considerare le deformazioni differite dovute ai carichi permanenti.

La **durata del carico** ha un effetto non trascurabile anche sulla resistenza del legno. In effetti i valori di resistenza che sono utilizzati nel caso di azioni permanenti (o di lunga durata) nelle nuove normative europee sono all'incirca il 60% dei valori ricavabili da prove (di laboratorio) di breve durata. Il fattore 0,60 deriva da prove che furono svolte negli anni '40 presso il Forest Products Laboratory di Madison (Wisconsin). In quella occasione, sulla base di prove a flessione, di 7 anni di durata, effettuate su provini di piccole dimensioni di legno netto, fu proposta una relazione tra tensioni di rottura e tempo (durata del carico) estrapolata a 10 anni. Tale relazione, chiamata curva di Madison, può essere approssimata da un segmento di retta in un diagramma semi-logaritmico, nel quale in ordinata è riportato il rapporto  $S_r$  tra la tensione di rottura al generico tempo  $t$  e quella determinabile mediante prova istantanea ed in ascissa il logaritmo del tempo  $t$  (ore). La curva di Madison è valida anche per le altre sollecitazioni sui provini di legno netto ed è stata adottata anche per gli elementi strutturali lignei in dimensioni d'uso. L'umidità del legno ha un effetto notevole nel modificare tale relazione: a parità di rapporto  $S_r$ , travi di legno con elevata umidità giungono a collasso prima di travi analoghe con bassi tenori di umidità. Le variazioni cicliche di umidità portano ad abbreviare i tempi di collasso previsti dalla curva di Madison.

Il parametro in funzione del quale si registrano le più sensibili variazioni di resistenza in uno stesso elemento è comunque **l'umidità del legno**: in generale, le resistenze diminuiscono all'aumentare dell'umidità e viceversa, cosicché le massime caratteristiche meccaniche del legno (ad eccezione della resilienza) si riscontrano allo stato anidro, mentre quelle minime si rilevano allo stato fresco. Per tale motivo tutte le prove, per dare risultati confrontabili, devono essere sempre effettuate su provini rigorosamente equilibrati ad "umidità normale" (corrispondente all'incirca al 12%). Infine, le variazioni di umidità ambientale con un periodo medio-lungo hanno un effetto marcato sull'umidità del legno e quindi sulle sue caratteristiche meccaniche.

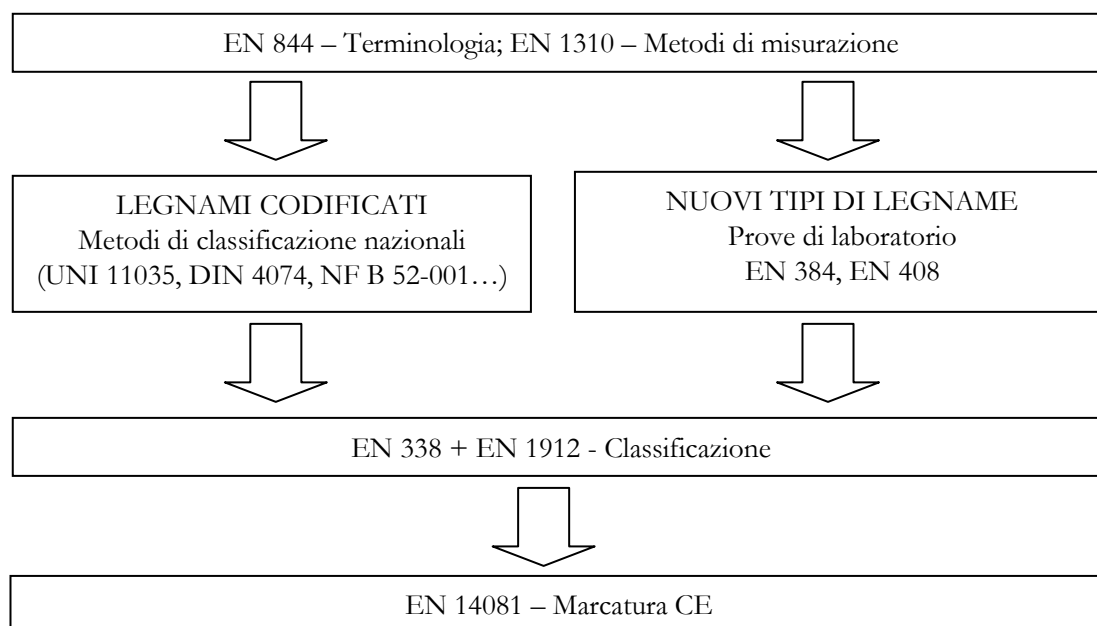
Sebbene l'influenza della **temperatura del legno** sulle proprietà meccaniche sia piuttosto complessa, si può in generale affermare che ad un aumento di temperatura corrisponde (a parità di tutto il resto) una diminuzione di resistenza. Tipicamente, l'esposizione prolungata ad una temperatura elevata, ad es. nella parte della sezione che supera i 200°C in caso d'incendio, può sortire effetti negativi sulla resistenza del materiale. Ma la porzione che rimane al di sotto di tale temperatura, per effetto della coibentazione prodotta dalla superficie carbonizzata, può considerarsi intatta dal punto di vista meccanico.



## 1.2 NORMATIVA APPLICABILE – CLASSIFICAZIONE CON METODI A VISTA

Attualmente a livello comunitario, la norma armonizzata è la EN 14081-1 “Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza – requisiti generali” che fa riferimento a vari metodi (o “regole”) di classificazione adottati a livello nazionale o locale, ma pur sempre coerenti con essa, in particolare con i requisiti di cui all’Allegato A. La classificazione può essere eseguita "a vista" o "a macchina". In entrambi i casi, lo scopo è l’attribuzione al singolo elemento di una classe di resistenza (gruppo di tipi di legname con proprietà di resistenza simili e quindi intercambiabili), normalmente armonizzata con quelle definite dalla EN 338 (“Legno strutturale - Classi di resistenza”). Per le esigenze di progettazione, la classificazione secondo la resistenza è espressa da una serie di profili prestazionali per le specie legnose e le classi di qualità più frequentemente usate. Il valore di riferimento che viene riportato nei profili prestazionali è un “valore caratteristico”, ovvero elaborato statisticamente sulla base dei risultati di prove distruttive. A titolo di completezza si precisa che per il legno lamellare e gli altri prodotti incollati o diversamente assemblati (chiodi, viti, graffe, caviglie...) la classificazione dei segati (lamelle, tavole o altro) dev’essere comunque effettuata con riferimento alla EN 14081-1 e al relativo metodo nazionale (o locale).

### La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi



**Fig. 2** – Norme applicabili al processo di classificazione secondo la resistenza con metodi a vista

#### 1.2.1 SCELTA DEL METODO DA UTILIZZARE

Le metodologie di classificazione “a vista” si basano su una grande mole di dati (prove di laboratorio) e di esperienze applicative, che ne confermano la validità, in piena coerenza con i livelli di affidabilità statistica attualmente prescritti sia in sede nazionale (Norme Tecniche per le Costruzioni) che in ambito Europeo (Eurocodici pertinenti). La scelta del metodo di classificazione, avviene per combinazione specie / provenienza, in quanto paesi diversi hanno sviluppato, per legname proveniente da specifici paesi o “macroaree” regole di classificazione che possono differire le une dalle altre. Tutte le regole di classificazione secondo la resistenza con metodi a vista devono però essere in linea con quanto definito nell’Allegato A della UNI EN 14081-1.

Di seguito si riporta breve tabella, desunta dalla UNI EN 1912 “Legno strutturale - Classi di resistenza - Assegnazione delle categorie visuali e delle specie”, che possa dare indicazione sulle correlazione tra categorie resistenti (con riferimento dalla norma di classificazione) e le relative classi di resistenza della UNI EN 338.

## La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

Specie legnosa	Provenienza	Norma di classificazione	Categoria	Classe di resistenza
Abete Rosso Picea Abies (PCAB)	CNE EUROPA	DIN 4074-1	S7, S10, S13	C18, C24, C30
	ITALIA	UNI 11035-1/2	S3, S2, S1	C18, C24, <sub>FLA</sub> C30*
	FRANCIA	NF B 52-001	ST III, ST II, ST I	C18, C24, C30
Abete Bianco Abies Alba (ABAL)	CNE EUROPA	DIN 4074-1	S7, S10, S13	C16, C24, C30
	ITALIA	UNI 11035-1/2	S3, S2, S1	C18, C24, <sub>FLA</sub> C30*
	FRANCIA	NF B 52-001	ST III, ST II, ST I	C18, C24, C30
Abete Rosso, Abete Bianco Picea Abies, Abies Alba (WPCA)	CNE EUROPA	DIN 4074-1	S7, S10, S13	C16, C24, C30
	ITALIA	UNI 11035-1/2	S3, S2, S1	C18, C24, <sub>FLA</sub> C30*
	FRANCIA	NF B 52-001	ST III, ST II, ST I	C18, C24, C30
Douglasia Pseudotsuga Menziesii (PSMN)	GERMANIA	DIN 4074-1	S7, S10, S13	C16, C24, C35
	ITALIA	UNI 11035-1/2	S1, S2, S2&better	C30, C22, <sub>FLA</sub> C24*
	FRANCIA	NF B 52-001	ST III, ST II	C18, C24
Rovere Quercus Petraea Quercus Robur (QCXE)	GERMANIA	DIN 4074-5	LS 10	D30
	FRANCIA	NF B 52-001	3, 2, 1	D18, D24, D30
Larice Larix Decidua (LADC)	ITALIA	UNI 11035-1/2	S3, S2	C18, C22
	CNE EUROPA	DIN 4074-1	S7, S10, S13	C16, C24, C30

#### La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

Specie legnosa	Provenienza	Norma di classificazione	Categoria	Classe di resistenza
	FRANCIA	NF B 52-001	ST III, ST II, ST I	C18, C24, C27
Pino Silvestre Pinus Sylvestris (PNSY)	CNE EUROPA	DIN 4074-1	S7, S10, S13	C18, C24, C30
	FRANCIA	NF B 52-001	ST III, ST II	C18, C24
Pino laricio Pinus nigra subs. Laricio (PNNL)	ITALIA	UNI 11035-1/2	S3, S2 & better	C14, C24
Castagno Castanea Sativa (CTST)	ITALIA	UNI 11035-1/2	S	D24, <sub>FLA</sub> C30*, <sub>FLA</sub> D27*

**Tab. 1** – Provenienza, Norme di classificazione e correlazione con le classi di resistenza

**Note:**

- Con il simbolo “\*” sono indicate le classi di resistenza ottenute tramite report di prova privati redatti conformemente alla UNI EN 384 “Legno strutturale - Determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e della massa volumica” dal CNR IVALSA per conto di FederlegnoArredo al fine di valorizzazione delle specie italiane;
- Con la sigla “CNE” si intende l’acronimo di Centro Nord Est Europa.

#### 1.2.2 PRINCIPI GENERALI PER LA CLASSIFICAZIONE SECONDO LA RESISTENZA CON METODI A VISTA

Come accennato precedentemente le norme relative alla classificazione indicano quali sono le caratteristiche ed i difetti ammissibili nelle diverse classi di resistenza, per una data specie legnosa (o gruppo di specie) e per una provenienza geografica.

I metodi di misurazione delle varie caratteristiche sono generalmente quelli prescritti dalla norma EN 1310, salvo quanto diversamente specificato nelle singole norme di classificazione. In particolare le caratteristiche o i difetti che devono essere valutati sono:

- l'ampiezza media degli anelli di accrescimento, o eventualmente la massa volumica del legno;
- la tipologia, posizione, frequenza e dimensione dei difetti quali:
  - nodi, misurati tramite il rapporto tra il diametro e la sezione di riferimento
  - deviazione della fibratura
  - legno di reazione
  - attacchi di insetti o agenti di carie del legno
  - deformazioni
  - smussi
  - fessurazioni da ritiro
  - lesioni meccaniche
  - cipollature (ammesse con limitazioni solo dalla norma UNI 11035 per il legname italiano di castagno, larice, abete centro Italia, mentre sono escluse da tutte le altre norme di classificazione)
  - altro (inclusioni di corteccia, vischio...).

Inoltre si precisa che:

- La classificazione rimane valida con lavorazioni (piallatura e levigatura generalizzate) superficiali fino a 5 mm per dimensioni  $\leq 100$  mm e fino a 10 mm per dimensioni superiori. Se le lavorazioni eccedono tali limiti, l'elemento dev'essere riclassificato.
- Qualora richiesto può essere eseguita una misura dell'umidità, con metodo elettrico (EN 13183-2 "Umidità di un pezzo di legno segato - Stima tramite il metodo elettrico") anche se già si prevede la possibilità di usare igrometri a contatto all'interno della nuova UNI EN 14081-1: 2016 (in attesa di essere pubblicata in GUCE).

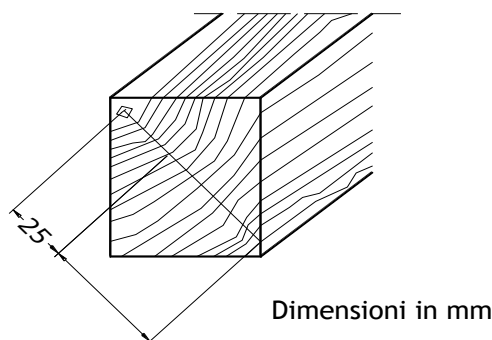
### 1.2.3 DIFETTI E METODI DI MISURAZIONE

Le prestazioni di un elemento di legno strutturale sono in gran parte influenzate dalla presenza e dalla posizione di alcune caratteristiche naturali che sono considerate, per questa applicazione, dei difetti. Una breve descrizione della loro origine e del loro effetto sulla resistenza del legno è certamente utile per comprendere meglio le regole di

#### La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

misurazione e le prescrizioni sviluppate nelle varie normative nazionali. Di seguito si fa riferimento alla EN 1310 “Legno tondo e segati - Metodo di misurazione delle caratteristiche” e alla UNI 11035-1/2 (norma di classificazione per legname di provenienza italiana).

**Ampiezza degli anelli di accrescimento:** Questo parametro, di facile valutazione sulle superfici trasversali, è in parte correlato con la massa volumica del legno e quindi con la sua rigidità e la sua resistenza meccanica. Generalmente, per le Conifere, ad un aumento di ampiezza degli anelli corrisponde una diminuzione della massa volumica e quindi delle resistenze meccaniche. Per questo motivo, varie normative per la classificazione dei segati secondo la resistenza considerano l'ampiezza media degli anelli di accrescimento un indice diretto di valutazione delle resistenze meccaniche dell'elemento ligneo. Ma la regolarità di accrescimento è un fattore ancora più importante. In climi freddi o con moderate escursioni termiche, come quello Scandinavo o di alcune vallate Alpine, cresce il legno di Conifera considerato di maggior pregio, caratterizzato da anelli sottili e regolari. Per le Latifoglie, invece, la suddetta relazione è più articolata: ad esempio nel caso di quelle ad anello poroso (Querce caducifoglie) anelli ampi sono generalmente indice di un legno più denso.

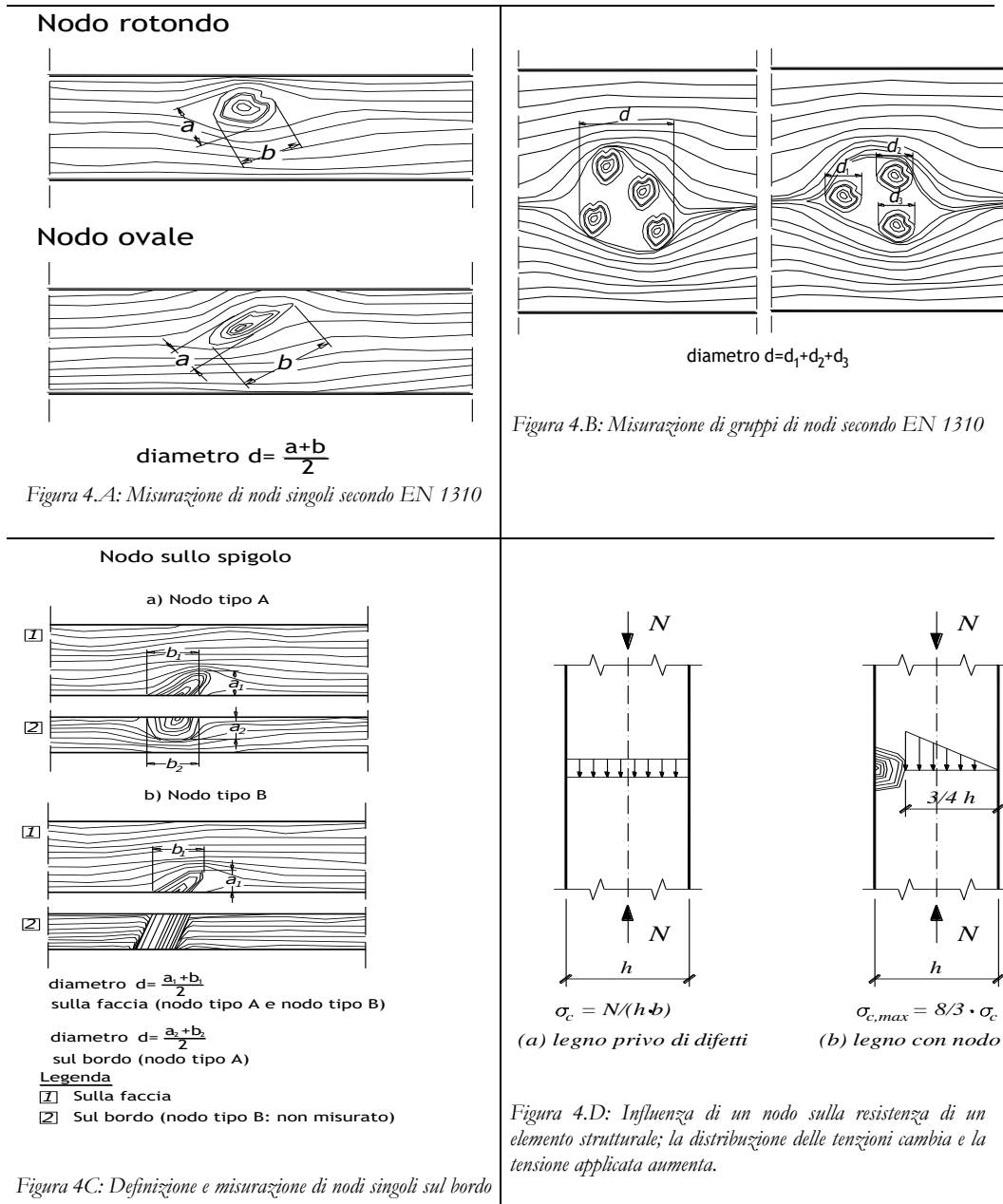


**Fig. 3** – Misurazione dell'ampiezza degli anelli di accrescimento secondo EN 1310; si considera il valore medio misurato su almeno 10 anelli escludendo quelli a meno di 25 mm dal midollo (se presente).

**Nodi.** I nodi rappresentano l'inclusione della parte basale di un ramo all'interno di un fusto. Esistono due tipologie prevalenti:

- nodi cadenti (nodi morti) sono quelli che possono staccarsi dalla superficie del semilavorato: al momento dell'inclusione nel legno, il ramo era già morto (secco) e durante il successivo accrescimento dell'albero è stato inglobato dal legno circostante;
- nodi aderenti (nodi sani) sono invece quelli in cui c'è continuità tra il legno del nodo e quello del fusto, e derivano dall'inclusione di rami ancora vivi.

I nodi possono avere forma e dimensioni molto diverse: le Figure 4.A – 4.C illustrano alcune tipologie di nodo e le relative modalità di misurazione secondo EN 1310, mentre la Figura 4.D descrive l'influenza di un nodo (sano o cadente non fa differenza) sulla sezione resistente dell'elemento. In alcune norme per la classificazione del legno secondo la resistenza, vedi ad es. la norma UNI 11035, le dimensioni dei nodi invece devono essere rilevate misurandone il diametro minore. La resistenza meccanica del legno può risultare considerevolmente ridotta a causa dei nodi, in base soprattutto al tipo, alle dimensioni (soprattutto in rapporto alla sezione), alla loro posizione e alle modalità di applicazione delle sollecitazioni. I nodi, inoltre, possono influenzare anche la lavorabilità, l'essiccazione e le possibilità di incollaggio del legno. Le caratteristiche dei nodi costituiscono quindi un importante criterio di riferimento per la classificazione dei segati, tanto in funzione della loro resistenza che del loro impiego in falegnameria. Nel caso di legno strutturale i nodi con diametro inferiore ai 5 mm vengono ritenuti ininfluenti sulla resistenza meccanica.





secondo En 1310	
-----------------	--

**Midollo.** Il midollo corrisponde alla traccia lasciata dalla gemma apicale dell'albero all'interno del tronco: da un punto di vista dell'impiego del legno, costituisce un difetto, in quanto la sua presenza può ridurre la resistenza meccanica dei semilavorati. Ciò è dovuto alla diversa struttura cellulare e chimica di questo tessuto rispetto al legno circostante. Inoltre, in prossimità del midollo si riscontra spesso un'elevata frequenza di nodi e, nei fusti degli alberi più vecchi, possono a volte presentarsi fessurazioni del cuore e marcescenze. La segagione di un tronco può includere od escludere la presenza di midollo, e determinarne la posizione nel segato. Occorre ricordare che i segati con midollo incluso, nel corso della stagionatura tendono a manifestare le tipiche fessurazioni da ritiro a "V".

**Inclinazione della fibratura.** L'inclinazione della fibratura rappresenta l'orientamento longitudinale delle cellule dei tessuti legnosi rispetto all'asse principale del fusto. L'angolo di inclinazione può essere molto variabile, da pochi gradi fino ai 90° in alcuni casi eccezionali. La fibratura inclinata è un difetto molto comune sia del legno di conifere che di latifoglie (che in molte specie legnose può presentare anche deviazioni localizzate); in realtà fusti con fibratura perfettamente dritta sono piuttosto rari.

La fibratura inclinata può avere conseguenze anche rilevanti sulle possibilità d'impiego del legno: la resistenza meccanica può diventare considerevolmente inferiore a quella del legno normale in funzione del valore dell'angolo di inclinazione e del tipo di sollecitazione e, soprattutto, viene ridotta la sua resilienza, cioè la capacità del legno di assorbire urti. La fibratura inclinata influenza ugualmente la stabilità dimensionale e le deformazioni, la lavorabilità, l'essiccazione e la finitura delle superfici del legno. A titolo di esempio, si riportano i fattori di riduzione della resistenza a flessione  $f_{m,\alpha,k}$  in funzione dell'angolo  $\alpha$  di deviazione della fibratura rispetto all'asse longitudinale dell'elemento (Tabella 2). Una fibratura leggermente inclinata può prodursi anche a partire da legno con fibratura perfettamente dritta, in seguito alla segagione dei tronchi secondo una certa angolazione (in particolare nel caso di fusti molto rastremati o che presentano una circonferenza irregolare o un accrescimento eccentrico).

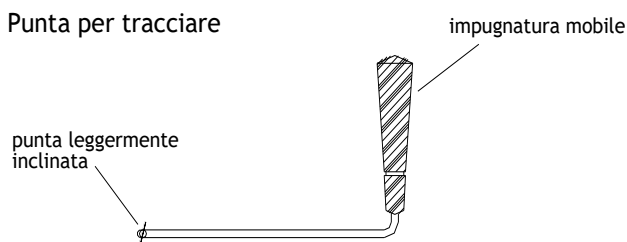
pendenza	0	1:25	1:20	1:15	1:10
$f_{m,\alpha,k} / f_{m,k}$	1,00	0,88	0,86	0,78	0,62

**Tab. 2.** - Influenza dell'inclinazione della fibratura sulla resistenza a flessione. Valori applicabili a segati in dimensioni d'uso strutturale, per deviazioni della fibratura presenti in maniera diffusa sull'elemento

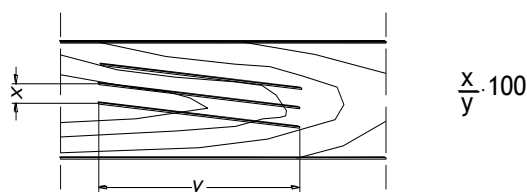
Secondo la norma EN 1310 l'inclinazione della fibratura può essere misurata sulla faccia di un elemento di legno con una punta per tracciare, munita di un braccio e di un'impugnatura mobile (vedi Figura 5). L'esperienza pratica dimostra però che questo metodo risulta spesso poco attendibile, per cui per una valutazione più precisa dell'angolo di inclinazione della fibratura si consiglia di valutare, quando si manifestano, l'andamento delle fessurazioni da ritiro.

#### Inclinazione della fibratura

##### Punta per tracciare



##### Uso della punta per tracciare

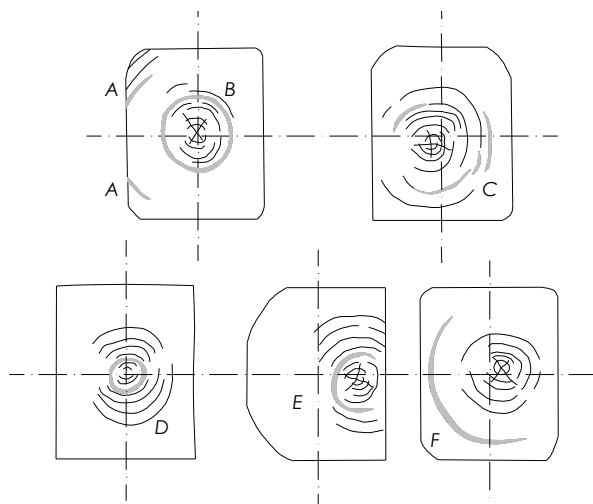


x è la deviazione della fibratura, in mm;

y è la lunghezza sulla quale è stata effettuata la misurazione, in mm.

**Fig. 5** - Metodo per la misurazione dell'inclinazione della fibratura (EN 1310). In alto particolare dell'utensile; in basso uso dell'utensile

**Cipollatura.** La cipollatura è una separazione tra i tessuti legnosi, che segue l'andamento di uno o più anelli di accrescimento; questo difetto probabilmente è già presente sugli alberi in piedi, ma può progredire ulteriormente dopo l'abbattimento e la stagionatura in seguito allo sviluppo di tensioni interne da accrescimento o da ritiro. Le cipollature possono essere complete o parziali, singole o multiple (Figura 6).



**Fig. 6** - Modalità secondo le quali può presentarsi la cipollatura (da UNI 11035. A = cipollatura affiorante; B = cipollatura completa e inclusa; C = cipollatura multipla; D = cipollatura ammissibile; E = cipollatura inammissibile per eccessiva eccentricità; F = cipollatura inammissibile per eccessivo diametro)

Le cipollature si possono verificare all'interno di anelli particolarmente ampi o in coincidenza di un'improvvisa variazione di ampiezza tra due anelli contigui. Alcune specie

#### La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

legnose, soprattutto se provenienti da determinate aree geografiche, sono particolarmente soggette a cipollatura: Castagno, Abete bianco, Larice ed alcuni Eucalipti sono le più note. Se la causa di tale difetto non è ancora completamente nota, l'effetto è ben conosciuto: una grave soluzione di continuità che comporta una forte diminuzione della resistenza meccanica dell'elemento e l'impossibilità di ottenere determinate sezioni dalla segagione dei tronchi (a causa della separazione degli anelli in corrispondenza della cipollatura).

**Fessurazioni (o cretti) da ritiro.** Le fessurazioni da ritiro si manifestano quando l'umidità del legno scende sotto il 30% (ovvero il punto di saturazione delle fibre), e sono più evidenti quando nel segato è presente il midollo. L'origine delle fessurazioni è da attribuirsi al ritiro dimensionale del legno, che è maggiore nella direzione tangenziale rispetto a quella radiale. Durante la stagionatura si sviluppano delle tensioni all'interno del legno che portano all'apertura di fessurazioni con sezione a "V", aperta verso la corteccia e chiusa verso il midollo. La presenza di fessurazioni è dunque indice del fatto che il legno è almeno parzialmente stagionato. L'andamento longitudinale delle fessurazioni da ritiro fornisce, come già ricordato, un'indicazione precisa dell'inclinazione della fibratura.

**Rimargini (cicatrizzazioni), inclusioni di corteccia.** L'albero in genere reagisce ad una ferita formando una massa di cellule denominate "callo cicatrizziale" grazie al quale, gradualmente, in base alla sua estensione e gravità, la ferita viene rimarginata. Una lesione esterna può anche determinare la produzione di sacche e canali traumatici: resiniferi, nel legno di conifere, e gommiferi, in quello di latifoglie. I canali resiniferi traumatici si possono tra l'altro formare anche nel legno di Abete bianco, Cedri, Cipressi e di altre specie prive di canali resiniferi. Durante il processo di cicatrizzazione, alcune porzioni di corteccia possono essere inglobate nel legno determinando le "inclusioni di corteccia"; inclusioni di corteccia si hanno anche in corrispondenza di una biforcazione dell'asse principale e di un concrescimento di due o più rami/fusti. A volte è possibile riscontrare nel fusto la formazione di zone di barriera (tessuti di compartimentazione generati in seguito a traumi) che effettuano un'azione di protezione nei confronti di un ulteriore sviluppo di lesioni o infezioni di agenti patogeni. Tali zone, tuttavia, sono spesso considerate come difetti del legno in quanto presentano una struttura del legno meccanicamente più debole e possono dare origine alla formazione di cipollature.

**Legno di reazione.** Questo difetto può formarsi sia nel legno di Conifera (legno di compressione) che in quello di Latifoglia (legno di tensione). In genere il legno di compressione si forma nella parte inferiore (compressa o sottovento) della sezione trasversale di un fusto inclinato di Conifera, mentre il legno di tensione si forma in quella superiore (tesa o sopravvento) di un fusto inclinato di Latifoglia. Entrambi sono comunemente noti anche con il termine più generico di “legno di reazione”, per evidenziare che essi si formano per annullare gli effetti di una forza esterna che agisce sollecitando il fusto. Il legno di compressione e quello di tensione (Tabella 3) presentano alcune similitudini, tuttavia essi differiscono per molte particolarità.

	<b>Legno di compressione (Conifere)</b>	<b>Legno di tensione (Latifoglie)</b>
Composizione	più lignina	più cellulosa
Colore	rosso scuro	bianco, cotonoso
Ritiri	assiale molto elevato; radiale e tangenziale inferiore al normale	assiale elevato; radiale e tangenziale normale
Comportamento	tende a separarsi dal legno normale	Presenta forti fessurazioni e collassi

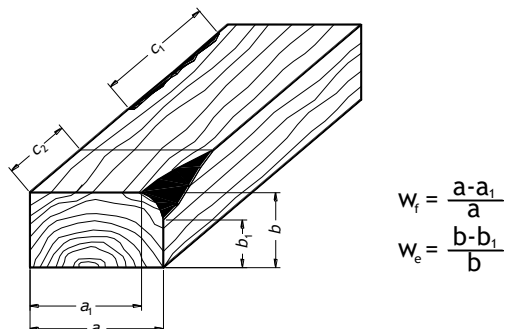
**Tab. 3** - Caratteristiche del legno di reazione

**Colorazioni anomale.** Le colorazioni anomale del legno possono avere varia origine: possono essere dovute ad attacchi parassitari, a ferite, o essere associate a legno di reazione ma, in alcuni casi, la causa non è certa. Esse non hanno generalmente conseguenze dal punto di vista meccanico. Alcuni esempi sono: inclusioni di alborno nel durame del legno di Larice, Abete rosso, Douglasia, Rovere ed Eucalipto; "cuore rosso" del Faggio; "cuore bruno" del Frassino; "cuore verde" di molti Pioppi, vena verde del ciliegio vena nera del noce.

**Smussi.** Gli smussi sono una superficie arrotondata che raccorda due facce di un elemento e quindi rappresentano una riduzione della sezione in un segato ricavato nella parte periferica del tronco, oppure non completamente prismatico. In alcuni assortimenti per uso strutturale (travi uso Fiume e uso Trieste), gli smussi vengono tollerati ed anzi ne costituiscono una particolarità estetica. Gli assortimenti contenenti smussi necessitano di particolari accorgimenti nel caso di unione con altri elementi strutturali.

---

Smusso



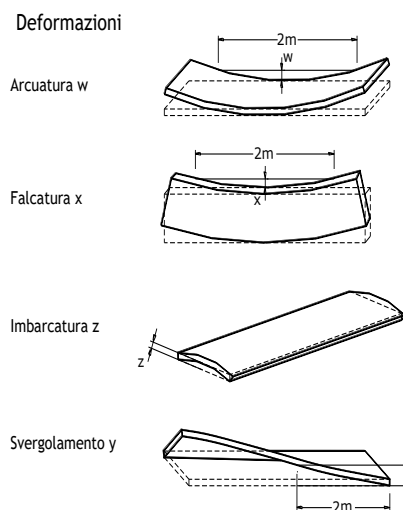
$w_f$  è la larghezza dello smusso sulla faccia, come frazione decimale;  
 $w_e$  è la larghezza dello smusso sul bordo, come frazione decimale;  
 $a$  è la larghezza totale della faccia, in mm;  
 $a_1$  è la larghezza della faccia ridotta dallo smusso, in mm;  
 $b$  è la larghezza totale del bordo, in mm;  
 $b_1$  è la larghezza del bordo ridotto dallo smusso, in mm;  
 $c$  è la lunghezza dello smusso, in cm oppure in percentuale della lunghezza.

---

**Fig. 7** – Misurazione dello smusso

---

**Deformazioni.** Le deformazioni sono variazioni della forma geometrica di un elemento rispetto a quella di un prisma e si manifestano con la stagionatura del legname, in conseguenza di fibratura deviata oppure per la presenza di legno di reazione.



**Fig. 8** – Diverse tipologie di deformazioni che possono manifestarsi su una tavola nel corso della stagionatura/essiccazione del legno

#### 1.2.4 NORMA UNI 11035-1/2: 2010

In relazione al legname a spigolo vivo di provenienza italiana, le parti che sono di riferimento per il classificatore sono le seguenti:

- UNI 11035-1 “*Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 1: Terminologia e misurazione delle caratteristiche*”;
- UNI 11035-2 “*Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 2: Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza meccanica e valori caratteristici per tipi di legname strutturale*”;

Le pagine seguenti sintetizzano i requisiti e le principali metodologie di misurazione della UNI 11035-2:2010. Si ricorda che questa pubblicazione ha finalità didattiche. Per scopi professionali si deve fare riferimento ai testi originali della norma, nell'edizione vigente o specificata nel contratto/progetto.

Presenta tre diverse categorie resistenti per la regola Conifere 1 (S1=la migliore; S2; S3=la peggiore); due categorie per la regola Conifere 2 (S1 e S2/S3) e una sola categoria per le latifoglie (S).

### La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

	CONIFERE 1			CONIFERE 2		LATIFOGLIE
DIFETTI	S1	S2	S3	S1	S2/S3	S
Smussi (1)	$s \leq 1/4$	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/4$	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/3$
Nodi singoli (2)	$A \leq 1/5$ d < 50 mm	$A \leq 2/5$ d < 70 mm	$A \leq 3/5$	$A \leq 1/5$ d < 50 mm	$A \leq 3/5$	$A \leq 1/2$ d ≤ 70 mm, D ≤ 150 mm
Nodi raggruppati (3)	$Ag \leq 2/5$	$Ag \leq 2/3$	$Ag \leq 3/4$	$Ag \leq 2/5$	$Ag \leq 3/4$	$W \leq 1/2$ t ≤ 70 mm
Ampiezza anelli	≤ 6 mm	≤ 15 mm		Non specificata		
Massa volumica	Non specificata			$\rho > 380 \text{ kg/m}^3$		$\rho > \rho_{\min} \text{ (4)}$
Incl. fibratura	≤ 1:14	≤ 1:8	≤ 1:6	≤ 1:14	≤ 1:8	≤ 1:6
Fessurazioni - da ritiro - cipollatura (6) - lesioni	non pass. non amm. non amm.	ammesse con limit. non ammesse		ammesse non amm. non amm.	ammesse non amm. non amm.	con limitazioni (5) con limitazioni non ammesse
Degrado da funghi - azzurramento - carie	ammesso non ammesse					
Legno di reazione	≤ 1/5	≤ 2/5	≤ 3/5	≤ 1/5	≤ 3/5	ammesso
Attacchi di insetti	non amm.	con limitazioni (7)		non amm.	con limitazioni	
Vischio	non ammesso					
Deformazioni - arcuatura - falcatura - svergolamento - imbarcamento	10 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1 mm / 25 mm larg. nessuna limitazione		20 mm / 2 m 12 mm / 2 m 2 mm/25mm nessuna lim.	10 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1 mm / 25 mm larg. nessuna limitazione		10 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1mm/25mm larg. nessuna limitaz.

(1)  $s$  = rapporto fra dimensione obliqua dello smusso e lato maggiore della sezione;  $S$  = porzione di lato della sezione con smusso

(2) Si considera il nodo più grande del segato, e se ne misura il diametro minimo  $d$ , nonché il diametro massimo  $D$ . Si definisce inoltre  $A$  il rapporto fra  $d$  e la larghezza della faccia su cui  $d$  stesso viene misurato.

(3) Conifere: Non considerare questo criterio per Abete/Nord e Larice/Nord. Per le altre combinazioni specie/provenienza considerare il rapporto  $Ag$  fra la somma dei diametri minimi dei nodi compresi in un tratto di 150 mm e la larghezza della faccia su cui compaiono. Latifoglie: Si considera la somma  $t$  dei diametri minimi dei nodi compresi in un tratto di 150 mm. Si definisce inoltre  $W$  il rapporto fra tale somma e la larghezza della faccia su cui compaiono.

(4) Si applicano i seguenti valori di  $\rho_{\min}$ : 395 kg/m<sup>3</sup> per Castagno/Italia; 415 kg/m<sup>3</sup> per Pioppo e Ontano/Italia; 510 kg/m<sup>3</sup> per Altre latifoglie/Italia; 740 kg/m<sup>3</sup> per Querce caducifoglie/Italia.

(5) Se passanti, sono ammesse solo su una testata, e con lunghezza max. pari a due volte la larghezza della sezione

(6) Conifera: di norma non ammessa. Solo per Larice/Nord e Abete/Centro Sud, si considerano: il rapporto  $r_{\max}$  fra il raggio massimo della cipollatura e il lato minore  $b$  della sezione; l'eccentricità  $\epsilon$  cioè la distanza massima del midollo rispetto al centro geometrico della sezione. Latifoglia: La cipollatura è ammessa se  $r_{\max} < b/3$  ed  $\epsilon < b/6$ . Di norma non ammessa. Solo per Castagno/Italia, si considerano: il rapporto  $r_{\max}$  fra il raggio massimo della cipollatura e il lato minore  $b$  della sezione; l'eccentricità  $\epsilon$  cioè la distanza massima del midollo rispetto al centro geometrico della sezione. La cipollatura è ammessa se  $r_{\max} < b/3$  ed  $\epsilon < b/6$ .

(7) Ammessi solo fori con alone nerastro, oppure fori 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).



Tab. 4 – UNI 11035-2 regole di classificazione

Infine si precisa che:

- La regola Conifere 1 si applica a Abete bianco, Abete rosso, Larice, Pino Laricio
- La regola Conifere 2 si applica alla Douglasia
- La regola Latifolia trova applicazione attualmente solo per il Castagno

#### 1.2.5 NORMA DIN 4074-1: 2012

La DIN 4074-1 (“Legno strutturale classificato secondo la resistenza - legname di Conifera”) è certamente, in Italia, il riferimento più diffuso a livello commerciale.

I criteri di classificazione sono differenziati nel caso di:

- Travi e altri elementi squadrati sollecitati di “bordo” (identificati con il suffisso “K”);
- Tavole sollecitate di piatto ( $b > h$ );
- Lamelle (tavole destinate all’incollaggio);
- Listelli.

La norma è applicabile al legno di provenienza Centro Nord Est Europa, con la sola esclusione della Douglasia di cui si considera solo la provenienza Tedesca. Include la suddivisione della qualità resistente degli elementi in tre categorie, quali S7 (la peggiore), S10 e S13 (la migliore).

All’interno della presente pubblicazione si farà riferimento alla sola regola dedicata ad elementi sollecitati di bordo. Si ricorda che questa pubblicazione ha finalità didattiche. Per scopi professionali si deve fare riferimento ai testi originali della norma, nell’edizione vigente o specificata nel contratto/progetto.

### La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

DIFETTI	S7K	S10K	S13K
Smussi	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/4$
Nodi singoli	$A \leq 3/5$	$A \leq 2/5$	$A \leq 1/5$
Ampiezza anelli	$\leq 6 \text{ mm}$	$\leq 6 \text{ mm}$	$\leq 4 \text{ mm}$
- per Douglasia	$\leq 8 \text{ mm}$	$\leq 8 \text{ mm}$	$\leq 6 \text{ mm}$
Incl. fibratura	$\leq 16\%$	$\leq 12\%$	$\leq 7\%$
Fessurazioni			
- da ritiro (b)	ammesse $\leq 3/5$	ammesse $\leq 1/2$	ammesse $\leq 2/5$
- Da gelo/fulmine e cipollature	non ammesse	non ammesse	non ammesse
Degrado da funghi	ammesso non ammesse		
- azzurramento			
- carie			
Legno di reazione	$\leq 3/5$	$\leq 2/5$	$\leq 1/5$
Attacchi di insetti	Ammessi sino a 2 mm Ø		
Vischio	non ammesso		
Deformazioni (b)	8 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1 mm / 25 mm larg. nessuna limitazione		
- arcuatura			
- falcatura			
- svergolamento			
- imbarcamento			
Midollo (a)	Ammesso	Ammesso	Non ammesso (a)
(a) Ammesso per travi con larghezza $b > 120 \text{ mm}$			
(b) questa caratteristica non è visibile su legno non essiccato ( $u > 20\%$ )			
<b>Tab. 5 – DIN 4074-1 regole di classificazione</b>			

### 1.2.6 NORMA DIN 4074-5: 2008

La norma in questione si applica al legname di latifolia, con particolare riferimento al Quercia. Anche in questo caso si farà esclusivo riferimento alla regola dedicata agli assortimenti sollecitati di “bordo” identificati con il suffisso “K”.

Anche in questo caso ha tre categorie denominate come LS7 (la peggiore), LS10 e LS13 (la migliore); non tutte le categorie in funzione della specie legnosa considerata possono avere una corrispondenza con le classi di resistenza della UNI EN 338.

Si ricorda che questa pubblicazione ha finalità didattiche. Per scopi professionali si deve fare riferimento ai testi originali della norma, nell'edizione vigente o specificata nel contratto/progetto.

DIFETTI	LS7K	LS10K	LS13K
Smussi	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/4$
Nodi singoli	$A \leq 3/5$	$A \leq 2/5$	$A \leq 1/5$
Per la Quercia	$A \leq 3/5$	$A \leq 2/5$	$A \leq 1/5$
Ampiezza anelli	Nessuna limitazione		
Incl. Fibratura (a)	$\leq 16\%$	$\leq 12\%$	$\leq 7\%$
Fessurazioni - da ritiro (c) - Da gelo/fulmine e cipollature	ammesse $\leq 3/5$ non ammesse	ammesse $\leq 2/5$ non ammesse	ammesse $\leq 1/5$ non ammesse
Degrado da funghi - azzurrimento - carie	ammesso non ammesse		
Rosato (inizio di carie)	$\leq 3/5$	$\leq 2/5$	$\leq 1/5$
Attacchi di insetti	Non ammessi		
Vischio	Non ammesso		
Deformazioni (c) - arcuatura - falcatura - svergolamento - imbarcamento	12 mm / 2 m 8 mm / 2 m 2 mm / 25 mm nessuna limitazione	8 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1 mm / 25 mm larg. nessuna limitazione	8 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1 mm / 25 mm larg. nessuna limitazione
Midollo (a)	Non ammesso (b)	Non ammesso (b)	Non ammesso

(a) Questa caratteristica non è da tenere in considerazione per legname di Faggio

(b) Ammesso per travi con larghezza  $b > 100$  mm

(c) questa caratteristica non è visibile su legno non essiccato ( $u > 20\%$ )

**Tab. 6** – DIN 4074-5 regole di classificazione

### 1.2.7 NORMA NF B 52-001: 2011

La norma si applica al legno proveniente dalle foreste francesi (comprese quelle in area tropicale). La versione in vigore è quella del 2011 a cui sono stati aggiunti vari aggiornamenti (l'ultimo è quello del 2016).

### La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

I legnami europei considerati sono: Quercia (Farnia e Rovere), Douglasia, Larice europeo, Abete di Sitka, Abete bianco, Abete rosso, Pini (Marittimo e Laricio) e Pioppo. Prossimamente la Norma sarà aggiornata includendo il legname di Faggio e di Castagno.

La principale particolarità della norma NF B 52-001 è che differenzia le regole di classificazione in funzione della sezione che presentano gli elementi oggetto di selezione: questo rende molto complesso il compito sia del Classificatore stesso, ma anche del Direttore Lavori nel definire la conformità del lotto.

La norma prevede, in generale ma non per tutte le specie mantiene tale suddivisione, tre categorie denominate come: STI (la migliore), STII, STIII (la peggiore).

Le pagine seguenti sintetizzano i requisiti e le principali metodologie di misurazione della NF B 52-001:2011 per Abete Rosso e Bianco. Si ricorda che questa pubblicazione ha finalità didattiche. Per scopi professionali si deve fare riferimento ai testi originali della norma, nell'edizione vigente o specificata nel contratto/progetto.

	ST I	ST II	ST III
Ampiezza anelli	≤6 mm	≤8 mm	≤ 10 mm
Diametro dei nodi Sulla faccia	≤ 35 mm e	≤ 75 mm e ≤ 1/2 della larghezza	≤ 100 mm e ≤3/4 della larghezza
Diametro dei nodi Sul lato	≤1/4 di l	≤ 40 mm e ≤2/3 dello spessore	
Fessure passanti	Lunghezza della fessura ≤a due volte la larghezza del pezzo		Lunghezza della fessura ≤ a 600 mm
Fessure non passanti	Lunghezza della fessura≤a metà della lunghezza del pezzo		Non limitate
Tasche di resina	Non ammesse	Ammesse fino alla lunghezza di 80 mm	
Inclinazione della fibra localizzato	1:10	1:4	
Inclinazione della fibra generale	1:14	1:6	
Corteccia	Non ammessa		
Smusso longitudinale	Non ammesso	< 1/3 della lunghezza dell'elemento e < 100 cm	
Smusso larghezza	Non ammesso	< 1/3 dello spessore del lato	
Degrado da funghi azzurramento	Ammesso		
Degrado da funghi carie bruna e bianca	non ammesse		

**La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi**

Attacco di insetti forellini neri	AmMESSO se presente solo su una sola faccia	
Arcuatura	< 10 mm	< 12 mm
Falcatura	< 8 mm	< 20 mm
Svergolamento	Fino a 1 mm ogni 25 mm di larghezza	Fino a 2 mm ogni 25 mm di largh.

**Tab. 7** – NF B 52-001 regole di classificazione (Abete)

### 1.2.8 Esempi

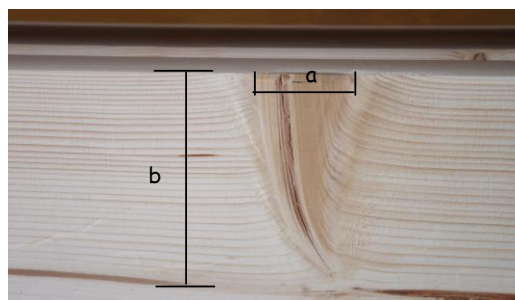
Per immagini a scopo illustrativo si riportano di seguito alcuni esempi per la misurazione dei difetti.

- **Nodi singoli secondo UNI 11035-1/2 e DIN 4074-1/5**

Deve essere misurato il diametro minimo del nodo in rapporto alla faccia su cui compare secondo quanto indicato nelle figure seguenti:



**Fig. 9** - Nodo singolo sulla faccia



**Fig. 10** - Nodo singolo sul bordo (a: diametro più piccolo; b: faccia su cui riportare la misura a)

Si ricorda inoltre che nodi aventi diametro minore di 5 mm non devono essere presi in considerazione. Sono altresì considerati allo stesso modo nodi sani, cadenti o marci...

- **Lesioni meccaniche**

Tale difetto non è mai ammesso da nessuna norma di classificazione. Di seguito alcuni esempi.



Fig. 11 – Lesioni sulla faccia (sx) o in testa all’elemento (dx)

- **Inclinazione e profondità della fessura secondo DIN 4074-1**

Le fessurazioni consentono misurare l’inclinazione della fibratura, come “dislivello” rispetto ad una lunghezza (normalmente 1 m). Per misurare la profondità delle fessurazioni, si divide la lunghezza della fessura in 4 parti uguali e si vanno a fare le misurazioni sui punti :  $\frac{1}{4}$  ;  $\frac{1}{2}$  ;  $\frac{3}{4}$  . Si sommano le tre misure fatte e si divide per 3 ottenendo la profondità media. Tale valore deve essere poi rapportato alla base dell’elemento.

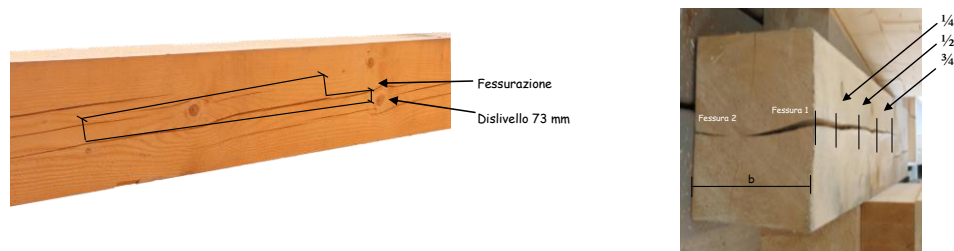


Fig. 12 – Inclinazione della fibratura

- **Azzurramento e legno di reazione (Conifere) secondo UNI 11035-1/2**

Funghi dell’azzurramento sono sempre ammessi da tutte le regole di classificazione. Per il legno di reazione la UNI 11035-1/2 definisce due metodi di misurazione dello stesso,

considerando in alternativa, la porzione di “canastro” sulla faccia o sul perimetro del segato.



**Fig. 13** – Azzurramento



**Fig. 14** – Canastro sulla sezione trasversale, riconoscibile per il colore brunastro che segue gli anelli di accrescimento.

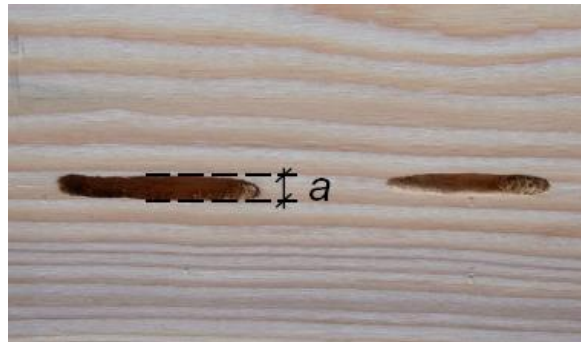
#### - **Attacchi di insetti secondo UNI 11035-2**

Deve essere scartato ogni elemento soggetto ad attiva infestazione da parte di Insetti in grado di proliferare anche nel legno stagionato (in genere: Anobidi, Lictidi, Cerambicidi). Sono ammessi solo fori di insetti che attaccano esclusivamente il legno fresco, purché l'attacco sia sicuramente esaurito: fori tipicamente rotondi, con alone nerastro, aventi diametro di circa 2 mm, fino a una presenza massima di 10 fori su un qualsiasi tratto di 1 m di lunghezza (sommando i fori visibili sulle quattro facce del pezzo). In caso di attacchi pregressi e comprovatamente esauriti, sono ammessi in ciascun elemento ligneo fori di Anobidi (tipicamente rotondi, senza aloni nerastri, aventi diametro non maggiore di 2 mm), fino a una presenza massima di 10 fori su un qualsiasi tratto di 1 m di lunghezza (sommando i fori visibili sulle quattro facce del pezzo).

Non sono ammessi fori prodotti da Lictidi (fori piccolissimi senza alone, rotondi e tipicamente di diametro non maggiore di 1 mm) o da Cerambicidi (fori molto grandi

#### La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

senza alone, tipicamente ellittici e con diametro minimo maggiore di 3 mm). Non sono altresì ammessi segni di degradamento dovuti all'attacco di altri insetti distruttori del legno (per esempio Termiti).



**Fig. 15** – Attacco di insetto; misura della galleria (a) e successiva comparazione dei valori con quanto previsto dalla norma.

#### 1.2.9 Legno massiccio a sezione irregolare

Appare utile prima di scendere nel dettaglio circa le modalità di classificazione del materiale fare una piccola precisazione in relazione a tale tipologia di assortimento. Innanzitutto per legname a sezione irregolare si può a titolo indicativo riportare la seguente definizione:

- *Legno massiccio classificato secondo la resistenza il cui smusso eccede i limiti di tolleranza riportati all'interno della UNI EN 14081-1 (ossia con smusso superiore ad 1/3 della faccia).*

Entro tale definizione possono essere distinti in via semplicistica i seguenti assortimenti:

- Legname “rusticato”: nel linguaggio corrente per legname rusticato si intende legno con smussi realizzati attraverso una piallatura degli spigoli contenente o meno il midollo.



- Legname “Uso Fiume” (§ 3.1 - UNI 11035-3): trave a sezione quadrata o rettangolare ottenuta da tronco mediante squadratura meccanica, continua e parallela dal calcio alla punta su quattro facce a spessore costante con smussi su tutte e contenente il midollo.
- Legname “Uso Trieste” (§ 3.2 -UNI 11035-3): trave a sezione quadrata o rettangolare ottenuta da tronco mediante squadratura meccanica, continua dal calcio alla punta su quattro facce seguendo la rastremazione del tronco, con smussi e contenente il midollo

Inoltre relativamente il legname “Uso Fiume” e “Uso Trieste” può essere utile per una maggiore comprensione riportare le seguenti definizioni (UNI 11035-3):

- Smusso: superficie arrotondata originale del tronco, con o senza corteccia, eventualmente regolarizzata tramite lavorazioni meccanica con l'asportazione di non più di 5 mm sotto corteccia, che raccorda due facce contigue dell'elemento ligneo.
- Sezione nominale: sezione del rettangolo circoscritto dell'elemento ligneo a metà della lunghezza, alla quale sono riferiti i valori caratteristici.

#### **1.2.10 Classificazione del legname a sezione irregolare**

Per quanto riguarda le regole di classificazione da adottare ad assortimenti a sezione irregolare si riportano le seguenti casistiche:

- **CASO A.** Assenza di documenti normativi dedicate al tipo di legno impiegato: in tale frangente l'unico riferimento normativo per poter definire una conformità al materiale risulta quanto identificato all'interno della Circolare Esplicativa del 2.2.2009, che viene riportata di seguito per completezza e facilità di lettura:

*C11.7.2 “legno con sezioni irregolari”: in assenza di specifiche prescrizioni, per quanto riguarda la classificazione del materiale, si potrà fare riferimento a quanto previsto per gli elementi a sezione rettangolare, senza considerare le prescrizioni sugli smussi e sulla variazione*

### La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

*delle sezione trasversale, purché nel calcolo si tenga conto dell'effettiva geometria delle sezioni trasversali.*

Tale prescrizione normativa comporta necessariamente:

- Una penalizzazione dei valori caratteristici potenzialmente attribuibili a tali assortimenti;
  - Obbliga il progettista ad un approfondimento delle caratteristiche geometriche della fornitura che difficilmente possono essere generalizzabili.
- **CASO B.** UNI 11035-3 *“Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 3: Travi Uso Fiume e Uso Trieste”*: la norma specifica per l'Uso Fiume e Uso Trieste di Abete Rosso e Bianco (provenienza Italia e Centro Europa) le regole di classificazione e i profili resistenti da affidare a tali assortimenti. Nel caso in questione quindi i valori caratteristici sono riferiti alla sezione nominale (rettangolo circoscritto a metà delle lunghezze), superando così le difficoltà dovute alle prescrizioni normative identificate nella Circolare Esplicativa del 2.2.2009. Inoltre sempre in merito all'argomento si fa presente che sul mercato e su iniziativa di Assolegno sono stati sviluppati apposite Valutazione Tecniche Europee (dedicate sia all'Uso Fiume e Trieste di Abete che all'Uso Fiume di Castagno) che presentano specifiche regole di classificazione che possono differire da quanto indicato all'interno della UNI 11035-3.

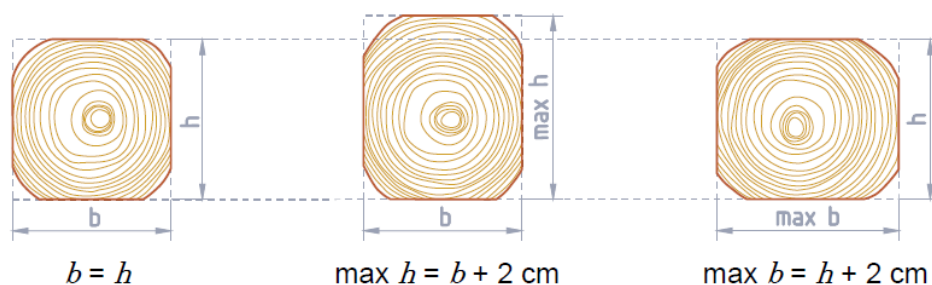
Per le tipologie che possono essere assimilabili alla casistica A (così come definito all'interno del presente paragrafo) si rimanda a quanto già definito per il legno massiccio a sezione rettangolare; al contrario di seguito verranno approfondite le regole di classificazione per gli assortimenti Uso Fiume e Trieste di Abete (UNI 11035-3) e Uso Fiume di Castagno (ETA 12/540).

#### 1.2.11 Le Valutazioni Tecniche Europee

Visto la non applicabilità della UNI EN 14081-1 dedicata agli assortimenti a spigolo vivo con una tolleranza di smusso massima ammessa di 1/3 della faccia, su iniziativa di Assolegno, sono stati sviluppati due Valutazioni Tecniche:

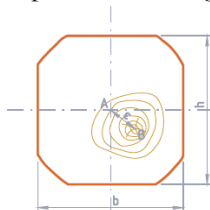
- ETA 11/0219 “Uso Fiume e Trieste of Softwood”: applicabile al legname di Abete bianco, rosso e Larice provenienza del Centro Europa e Italia
- ETA 12/0540 “Uso Fiume of Chestnut”: applicabile al legname di Castagno di origine Italiana e Francese.

In relazione alle due tipologie di legname, si riportano in sintesi le principali caratteristiche, le relative regole di classificazione e i profili resistenti.



**Fig. 16** – Regolarità della sezione trasversale. La differenza tra altezza e larghezza della sezione non deve superare i 2 cm

Per quanto riguarda l'Uso Fiume e Trieste di Abete rosso, bianco e Larice (termine di classificazione non relativo all'Uso Fiume di Castagno), si riporta figura illustrativa circa l'eccentricità ammessa del midollo rispetto al centro geometrico della sezione trasversale.

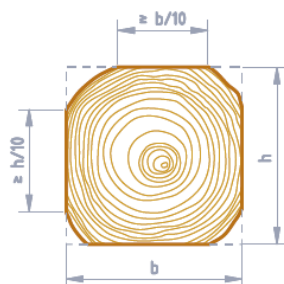


**Fig. 17** – Eccentricità massima ammessa del midollo per Uso Fiume e Trieste di Abete e Larice pari al 20%

Lo smusso, anche nelle pertinenti Valutazione Tecniche Europee può avere un'ampiezza massima sino a 9/10 della sezione. Per l'Uso Fiume di Castagno è però ammesso che

## La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

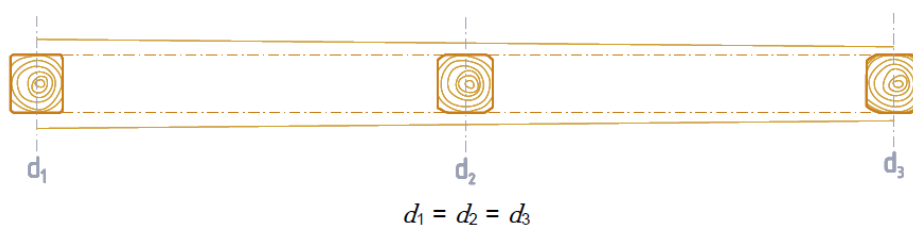
tratti di 0.5 m possano essere completamente tondi al fine di cercare di massimizzare le relative rese di classificazione.



**Fig. 18** – Lo smusso deve essere compreso tra 1/3 e 9/10 della sezione; per l'uso Fiume di Castagno possono essere ammesse superfici tonde per una lunghezza massima di 0.5 m

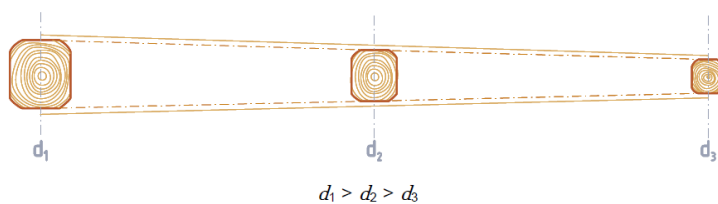
Per quanto invece riguarda l'eccentricità si ricorda che:

- Per l'Uso Fiume (Abete, Larice e Castagno):



**Fig. 19** – La sezione trasversale dell'elemento deve essere costante dal “calcio” alla “punta”

- Per l'Uso Trieste (Abete e Larice):



**Fig. 20** – L'elemento può seguire la rastremazione del fusto con una tolleranza massima pari a 6 mm/m

Quindi in relazione alle regole di classificazione per l'Uso Fiume e Trieste di Abete e Larice si riporta relativa tabella come da ETA 11/0219 (che riprendono gli stessi principi della UNI 11035-3 "Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 3: Travi Uso Fiume e Uso Trieste").

- **Uso Fiume di Abete e Larice:**

DIFETTI	UFS/A
Smussi	$s \leq 9/10$
Nodi singoli	$A \leq 2/5$ ( $d \leq 70$ mm)
Nodi a gruppi	$A_g \leq 2/3$
Ampiezza anelli	$\leq 6$ mm
Incl. fibratura	$\leq 12.5\%$
Fessurazioni	
- da ritiro (b)	ammesse
- Da gelo/fulmine e	non ammesse
- Cipollature	Generalmente non ammesse (d)
Degrado da funghi	
- azzurrimento	ammesso
- carie	non ammesse
Midollo eccentrico	$\leq 20\%$
Regolarità della sez. trasversale	$\leq 2$ cm
Legno di reazione	$\leq 2/5$
Attacchi di insetti	Permessi con limitazioni (c)
Vischio	non ammesso
Deformazioni (b)	
- arcuatura /falcatura	10 mm / 2 m lung.
- svergolamento	1 mm / 25 mm larg.
- imbarcamento	nessuna limitazione
Midollo (a)	Ammesso
Rastremazione	Non ammessa

(a) Negli assortimenti Uso Fiume e Trieste è obbligatoria la presenza del midollo

(b) Generalmente ammesse. Se passanti da una faccia all'altro dell'elemento, la lunghezza della fessura può avere un'estensione in lunghezza al massimo pari a due volte la larghezza dell'elemento.

(c) Sono permessi solo fori con o senza alone nerastro per un diametro compreso tra 1.5 mm e 2 mm (Anobidae) ad infestazione terminata. Complessivamente possono essere presenti fino ad un massimo di 10 fori per metro lineare.

(d) Generalmente non ammessa; solo su Abete bianco e rosso è permessa una cipollatura con:

$$r_{\max} \leq b/3 \text{ e } e < b/6.$$

**La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi**

**Tab. 8** – ETA 11/0219 Regole di classificazione Uso Fiume di Abete e Larice

**- Uso Trieste di Abete e Larice:**

<b>DIFETTI</b>	<b>UFS/A</b>
Smussi	$s \leq 9/10$
Nodi singoli	$A \leq 2/5$ ( $d \leq 70$ mm)
Nodi a gruppi	$A_g \leq 2/3$
Ampiezza anelli	$\leq 6$ mm
Incl. fibratura	$\leq 12.5\%$
Fessurazioni - da ritiro (b) - Da gelo/fulmine e - Cipollature	ammesse non ammesse Generalmente non ammesse (d)
Degrado da funghi - azzurramento - carie	ammesso non ammesse
Midollo eccentrico	$\leq 20\%$
Regolarità della sez. trasversale	$\leq 2$ cm
Legno di reazione	$\leq 2/5$
Attacchi di insetti	Permessi con limitazioni (c)
Vischio	non ammesso
Deformazioni (b) - arcuatura /falcatura - svergolamento - imbarcamento	10 mm / 2 m lung. 1 mm / 25 mm larg. nessuna limitazione
Midollo (a)	Ammesso
Rastremazione	$R \leq 6$ mm/m

(a) Negli assortimenti Uso Fiume e Trieste è obbligatoria la presenza del midollo

(b) Generalmente ammesse. Se passanti da una faccia all'altro dell'elemento, la lunghezza della fessura può avere un'estensione in lunghezza al massimo pari a due volte la larghezza dell'elemento.

(c) Sono permessi solo fori con o senza alone nerastro per un diametro compreso tra 1.5 mm e 2 mm (Anobidae) ad infestazione terminata. Complessivamente possono essere presenti fino ad un massimo di 10 fori per metro lineare.

(d) Generalmente non ammessa; solo su Abete bianco e rosso è permessa una cipollatura con:

$$r_{\max} \leq b/3 \text{ e } \epsilon < b/6.$$

**Tab. 9** – ETA 11/0219 Regole di classificazione Uso Trieste di Abete e Larice

I profili caratteristici delle categorie resistenti UFS/A e UTS/A sono i seguenti:

Proprietà	Simbolo	UFS/A	UTS/A	
<b>Flessione</b>	$f_{m,k}$	27	28	N/mm <sup>2</sup>
<b>Trazione</b>	$f_{t,0,k}$	14	11	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{t,90,k}$	0.4	0.4	N/mm <sup>2</sup>
<b>Compressione</b>	$f_{c,0,k}$	21	18	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{c,90,k}$	2.5	2.2	N/mm <sup>2</sup>
<b>Taglio</b>	$f_{v,k}$	4.0	3.4	N/mm <sup>2</sup>
<b>Modulo di elasticità</b>	$E_{0,mean}$	10.5	8.8	kN/mm <sup>2</sup>
	$E_{0,05}$	7.0	5.9	kN/mm <sup>2</sup>
	$E_{90,mean}$	0.37	0.29	kN/mm <sup>2</sup>
<b>Modulo a taglio</b>	$G_{mean}$	0.69	0.54	kN/mm <sup>2</sup>
<b>Densità</b>	$\rho_k$	380	370	kg/m <sup>3</sup>
	$\rho_{mean}$	460	450	kg/m <sup>3</sup>

Tab. 10 – ETA 11/0219 Profili resistenti Uso Fiume e Trieste di Abete e Larice

La sezione a cui si riferiscono i valori caratteristici definiti nei profili UFS/A e UTS/A è quella del rettangolo circoscritto a metà lunghezza.

Di seguito si riportando le regole di classificazione dedicate all'**Uso Fiume di Castagno** (così come definito nella Valutazione Tecnica Europea 12/0540):

**La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi**

<b>DIFETTI</b>	<b>UFS/C</b>
Smussi	$s \leq 9/10$
Nodi singoli	$A \leq 2/5$ ( $d \leq 70$ mm; $D \leq 120$ mm)
Nodi a gruppi	$A_g \leq 1/2$ ( $t \leq 70$ mm)
Ampiezza anelli	Nessuna limitazione
Incl. fibratura	$\leq 16.5\%$
Fessurazioni	
- da ritiro (b)	ammesse
- Da gelo/fulmine e	non ammesse
- Cipollature	Generalmente non ammesse (d)
Degrado da funghi	
- azzurrimento	ammesso
- carie	non ammesse
Midollo eccentrico	$\leq 20\%$
Regolarità della sez. trasversale	$\leq 2$ cm
Legno di reazione	Nessuna limitazione
Attacchi di insetti	Permessi con limitazioni (c)
Vischio	non ammesso
Deformazioni (b)	
- arcuatura / falcatura	10 mm / 2 m lung.
- svergolamento	1 mm / 25 mm larg.
- imbarcamento	nessuna limitazione
Midollo (a)	Ammesso
Rastremazione	Non permessa

(a) Negli assortimenti Uso Fiume è obbligatoria la presenza del midollo

(b) Generalmente ammesse. Se passanti da una faccia all'altro dell'elemento, la lunghezza della fessura può avere un'estensione in lunghezza al massimo pari a due volte la larghezza dell'elemento.

(c) Sono permessi solo fori con o senza alone nerastro per un diametro compreso tra 1.5 mm e 2 mm (Anobidae) ad infestazione terminata. Complessivamente possono essere presenti fino ad un massimo di 10 fori per metro lineare.

(d) Generalmente non ammessa; solo su Abete bianco e rosso è permessa una cipollatura con:  
 $r_{\max} \leq b/3$  e  $\epsilon < b/6$ .

**Tab. 11** – ETA 12/0540 Regole di classificazione Uso Fiume di Castagno

Il profilo caratteristico della categoria resistente UFS/C è il seguente:



Proprietà	Simbolo	UFC/S	
<b>Flessione</b>	$f_{m,k}$	29	N/mm <sup>2</sup>
<b>Trazione</b>	$f_{t,0,k}$	16	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{t,90,k}$	0,9	N/mm <sup>2</sup>
<b>Compressione</b>	$f_{c,0,k}$	23	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{c,90,k}$	7,6	N/mm <sup>2</sup>
<b>Taglio</b>	$f_{v,k}$	4,0	N/mm <sup>2</sup>
<b>Modulo di elasticità</b>	$E_{0,mean}$	11,2	kN/mm <sup>2</sup>
	$E_{0,05}$	9,4	kN/mm <sup>2</sup>
	$E_{90,mean}$	0,74	kN/mm <sup>2</sup>
<b>Modulo a taglio</b>	$G_{mean}$	0,70	kN/mm <sup>2</sup>
<b>Densità</b>	$\rho_k$	504	kg/m <sup>3</sup>
	$\rho_{mean}$	540	kg/m <sup>3</sup>

Tab. 12 – Profili caratteristici Uso Fiume di Castagno

### 1.2.12 Legno massiccio a sezione rettangolare: classificazione a macchina

In Italia la classificazione secondo la resistenza del legname strutturale è tradizionalmente effettuata con metodo a vista, cioè rilevando manualmente le caratteristiche del legno in grado di influenzare le proprietà meccaniche. Negli ultimi 5-6 anni, però, sono state svolte indagini per mettere a punto sistemi di classificazione a macchina per alcune specie legnose presenti nel nostro Paese, con l'obiettivo di introdurre anche in Italia questa metodologia, già ampiamente diffusa in molti paesi europei e extra-europei.

Scopo di questo breve paragrafo è indicare quelli che sono attualmente le macchine più diffuse per eseguire una classificazione secondo la resistenza con metodi a macchina.

Innanzitutto giova ricordare che la stessa classificazione a macchina permette:

- Un numero più ampio di classi di resistenza a cui attribuire gli elementi oggetto di selezione;
- Rese di classificazione più alte;
- Maggiore ripetibilità del processo di classificazione

#### La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi

Inoltre, sempre a titolo di completezza si indica che la stessa UNI EN 14081-1 (Timber structures – Strength graded structural timber with rectangular cross-section – Part 1, General requirements”) comprende due metodologie di classificazione a macchina identificate come:

- Machine controlled
- Output controlled

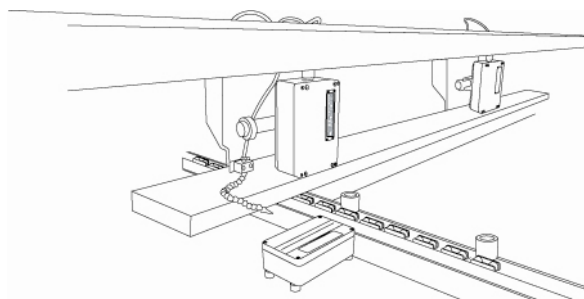
**Machine controlled system:** la macchina di classificazione utilizza settings approvati dal TC124/WG2/TG1 (gruppo di lavoro in seno al Comitato Europeo di Normazione responsabile dei valori caratteristici attribuibili alle tipologie di legno) sulla base di prove distruttive condotte secondo la UNI EN 14081-2 (Strutture di legno - Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza - Parte 2: Classificazione a macchina - Requisiti aggiuntivi per le prove); il produttore di legno strutturale in questo caso utilizza i settings forniti dal costruttore della macchina di classificazione e non è autorizzato ad apportare nessuna modifica ai settaggi predisposti dal costruttore medesimo.

**Output controlled system:** in questo caso il processo di classificazione secondo la resistenza è controllato in continuo attraverso prove distruttive: non ci sono infatti entro la presente casistica settings dedicati alla tipologia di legno oggetto di selezione.

Così come avviene per la classificazione secondo la resistenza con metodi a vista, anche quelli a macchina il sistema di attribuzione alle classi di resistenza si basa sulle seguenti tre grandezze:

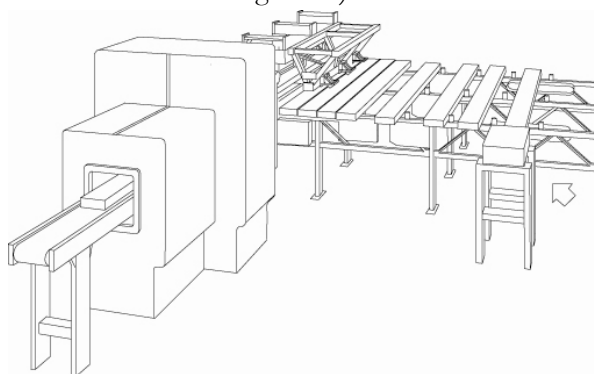
- Resistenza: è considerata la proprietà più importante nel processo di attribuzione di un segato ad una classe di resistenza; il quinto percentile della popolazione oggetto di caratterizzazione meccanica è identificato come valore caratteristico;
- Rigidezza: per il progettista è il parametro che generalmente è considerato quale più importante; i valori considerati come caratteristici sono considerati sia il quinto percentile che il valor medio;
- Densità o massa volumica: in alcuni casi, anche se ha influenza sul dimensionamento dei nodi, tale parametro in ambito tecnologico e normativo è considerato il meno importante, in quanto solo per alcune specie è direttamente correlabile con le proprietà di Resistenza e Rigidezza.

Di seguito si riportano esempi con cui possono essere presi in considerazioni i difetti del materiale; naturalmente più “macchine” vengono poste in serie nella linea di produzione e maggiore sarà l’accuratezza nell’attribuire un singolo segato ad una classe di resistenza:



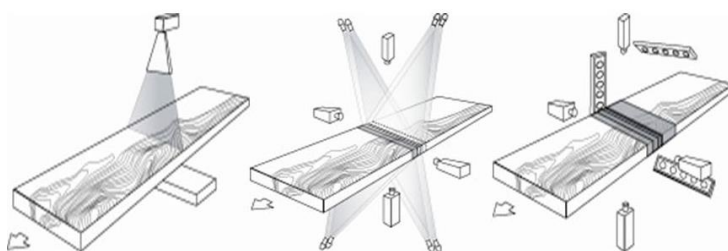
**Fig. 21** – Misura della densità attraverso la tecnologia dei raggi X

Vi sono inoltre strumenti di tipo vibrazionale che misurano e determinano attraverso interferometri laser, il modulo elastico dinamico del pezzo di legno e ne determinano la relativa classe di resistenza (gli stessi possono essere disposti in combinazione con misuratori di densità come definito in figura 21).



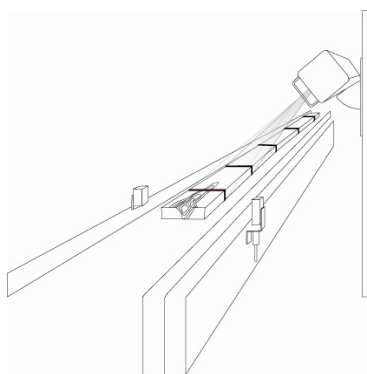
**Fig. 22** – Vedi freccia – strumento vibrazionale in combinazione con scanner (vedi strumento a sx dell’immagine)

Infine in relazione ai controlli a termine della linea di classificazione (il cosiddetto “Visual Override”) possono essere utilizzati strumenti che si basano su tecnologie a raggi X, laser o “color scanning” (vedi fig. 23).



**Fig. 23** – Raggi X; Laser; “Color Scanning”

Infine per quanto riguarda la misura delle deformazioni del segato possono essere utilizzati strumenti che disposti lungo la linea di produzione forniscono una misura attendibile del comportamento del materiale. Infatti le deformazioni sono un parametro importante (legato all’essiccazione del materiale) direttamente correlabile alla presenza sul segato stesso di legno di reazione o di inclinazione della fibratura eccessiva.



**Fig. 24** – Misura delle deformazioni del segato

## Riferimenti bibliografici

EN 336 Structural timber - Sizes, permitted deviations

EN 14081-1 Timber structures – Strength graded structural timber with rectangular cross-section – Part 1, General requirements

EN 14250 Timber structures – Production requirements for fabricated trusses using punched metal plate fasteners

EN 14358 Timber structures – Fasteners and wood-based products – Calculation of characteristic 5-percentile value and acceptance criteria for a sample

EN 1995-1-1 Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General -Common rules and rules for buildings

EN 1998-1 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings

EN 335-1 Durability of wood and wood-based products – definition of hazard classes of biological attack – Part 1:General

EN 335-2 Durability of wood and wood-based products – definition of hazard classes of biological attack – Part 2: Application to solid wood

EN 335-3 Durability of wood and wood-based products – Definition of hazard classes of biological attack – Part 3: Application to wood-based panels

EN 350-2 Durability of wood and wood-based products – Natural durability of solid wood – Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe

EN 350-1 Durability of wood and wood-based products – Preservative treated solid wood – Part 1: Classification of preservative penetration and retention

#### **La classificazione secondo la resistenza: principi e metodi**

EN 384 Structural timber - Determination of characteristic values of mechanical properties and density

EN 460 Durability of wood and wood-based products – Natural durability of solid wood – Guide of the durability requirements for wood to be used in hazard classes

EN 14081-1 Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza – requisiti generali

EN 14081-2 Strutture di legno - Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza - Parte 2: Classificazione a macchina - Requisiti aggiuntivi per le prove iniziali di tipo

EN 14081-3 Strutture di legno - Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza - Parte 3: Classificazione a macchina; requisiti aggiuntivi per il controllo di produzione in fabbrica

UNI EN 11035-1 Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 1: Terminologia e misurazione delle caratteristiche

UNI EN 11035-2 Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 2: Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza meccanica e valori caratteristici per tipi di legname strutturale

UNI EN 11035-3 Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 3: Travi Uso Fiume e Uso Trieste

2009, La classificazione secondo la resistenza, Brunetti, Corradetti, Lavischi e Luchetti

2008, Comparison of different machine strength grading principles, M. Bacher

2013, Indicazioni per la progettazione e direzione lavori di edifici in legno in zona sismica, Cristiano Loss, Marco Luchetti, Maurizio Piazza, Mauro Andreolli

2014, Il legno massiccio: materiale per un'edilizia sostenibile, AAVV

