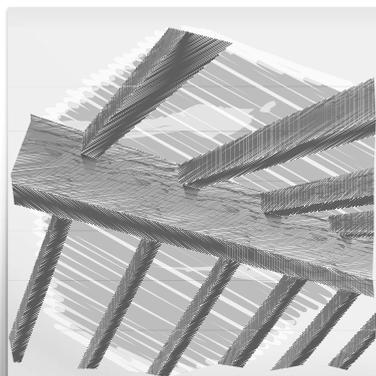


Vincenzo Bellomo

# STRUTTURE IN LEGNO LAMELLARE

**GUIDA TEORICO-PRATICA ALLA PROGETTAZIONE,  
AL COLLAUDO ED ALLA MANUTENZIONE**

AGGIORNATO ALLE NORME UNI EN 1995:2005 EUROCODICE 5,  
UNI EN 14080:2005 E UNI EN 350-2:1996



## **SOFTWARE INCLUSO**

CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DI STRUTTURE IN LEGNO DI COMUNE USO  
(SCHEMI STATICI DI MAGGIOR FREQUENZA)

**Glossario** (principali termini tecnico-normativi), **F.A.Q.** (domande e risposte sui principali argomenti),  
**Test iniziale** (verifica della formazione di base), **Test finale** (verifica dei concetti analizzati)



  
**GRAFILL**

Vincenzo Bellomo  
**STRUTTURE IN LEGNO LAMELLARE**

ISBN 13 978-88-8207-581-1  
EAN 9 788882 075811

Manuali, 163  
Prima edizione, aprile 2015

Bellomo, Vincenzo <1975->  
Strutture in legno lamellare / Vincenzo Bellomo. – Palermo : Grafill, 2015.  
(Manuali ; 163)  
ISBN 978-88-8207-581-1  
1. Strutture in legno.  
624.184 CDD-22 SBN Pal0276544  
*CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"*

Il volume è disponibile anche in versione eBook (formato \*.pdf) compatibile con **PC, Macintosh, Smartphone, Tablet, eReader**.  
Per l'acquisto di eBook e software sono previsti pagamenti con conto corrente postale, bonifico bancario, carta di credito e paypal.  
Per i pagamenti con carta di credito e paypal è consentito il download immediato del prodotto acquistato.

Per maggiori informazioni inquadra con uno smartphone o un tablet il codice QR sottostante.



I lettori di codice QR sono disponibili gratuitamente su Play Store, App Store e Market Place.

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo  
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313  
Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail [grafill@grafill.it](mailto:grafill@grafill.it)

Finito di stampare nel mese di aprile 2015

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

## INDICE

<b>PREMESSA</b> .....	p.	1
<b>1. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO</b> .....	"	3
1.1. Introduzione .....	"	3
1.2. Panoramica sulla normativa.....	"	7
1.3. Termini e definizioni .....	"	8
1.4. Caratteristiche tecniche dei materiali, secondo NTC 2008.....	"	16
1.5. Verifiche delle sezioni secondo D.M. 14 gennaio 2008.....	"	20
<b>2. TECNOLOGIA DEL LEGNO LAMELLARE</b> .....	"	31
2.1. Introduzione .....	"	31
2.2. Produzione del legno lamellare.....	"	34
2.2.1. La materia prima, stoccaggio e parametri necessaria alla produzione .....	"	36
2.2.2. Taglio e selezione delle lamelle, principi base della selezione .....	"	39
2.2.3. Giunti a pettine.....	"	43
2.2.4. L'incollaggio del legno lamellare.....	"	44
2.2.5. Tossicità degli incollaggi.....	"	47
2.2.6. Pressatura .....	"	47
2.2.7. Lavorazione.....	"	48
2.3. Sistemi di fissaggio .....	"	50
2.3.1. Introduzione .....	"	50
2.3.2. Fissaggio legno-legno e legno-acciaio .....	"	59
2.3.3. Fissaggio acciaio-calcestruzzo .....	"	102
2.3.4. Fissaggio con tasselli chimici .....	"	108
2.3.5. Carrelli .....	"	118
2.3.6. Protezione delle connessioni e deterioramento.....	"	127
2.4. Durabilità e manutenzione delle strutture in legno.....	"	128
2.4.1. Premessa.....	"	128
2.4.2. Relazione legno-acqua .....	"	129
2.4.3. Biodegradabilità, durabilità e preservazione.....	"	132
2.4.4. Parassiti del legno .....	"	134
2.4.5. La durabilità naturale .....	"	139
2.4.6. Trattamenti del legno .....	"	148
2.4.7. Dissesti e degrado strutturale .....	"	151

2.4.8.	La zincatura.....	p.	160
2.4.9.	Controlli nel tempo .....	"	164
2.4.10.	Manutenzione.....	"	169
2.5.	Comportamento al fuoco delle strutture in legno .....	"	172
2.5.1.	Premessa.....	"	172
2.5.2.	Reazione al fuoco.....	"	175
2.5.3.	Resistenza al fuoco.....	"	183
2.5.4.	Trattamento intumescente .....	"	198
<b>3.</b>	<b>TECNICA DEL LEGNO LAMELLARE .....</b>	"	202
3.1.	Introduzione .....	"	202
3.2.	Dimensionamento dei principali schemi strutturali in uso .....	"	202
3.2.1.	Criteri di scelta dello schema strutturale, applicazioni e guida .....	"	202
3.2.2.	Schemi appoggio-appoggio (travi rette rastremate e curve) .....	"	214
3.2.3.	Giunti di ripristino.....	"	224
3.3.	Capriate.....	"	227
3.3.1.	Premessa.....	"	227
3.3.2.	Capriate palladiane.....	"	234
3.3.3.	Capriate industriali.....	"	241
3.3.4.	Panoramica sui materiali che costituiscono i giunti e particolari tipo .....	"	250
3.3.5.	Dimensionamento e verifica dei giunti .....	"	255
3.4.	Schema a tre cerniere (archi e portali).....	"	263
3.4.1.	Premessa.....	"	263
3.4.2.	Verifica dei giunti.....	"	265
3.5.	Travi reticolari semplici e complesse .....	"	270
3.5.1.	Premessa.....	"	270
3.5.2.	Scelta del tipo di giunto .....	"	276
3.5.3.	Verifica dei giunti.....	"	279
3.6.	Strutture spaziali .....	"	282
3.6.1.	Premessa.....	"	282
3.6.2.	Scelta del tipo di giunto .....	"	284
<b>4.</b>	<b>COLLAUDO STATICO .....</b>	"	287
4.1.	Certificazioni necessarie al collaudo.....	"	287
4.2.	Collaudo statico delle strutture in legno lamellare .....	"	288
4.2.1.	Analisi preventiva della prova di carico .....	"	288
4.2.2.	Prova di carico .....	"	288
4.3.	Eventuali prove integrative.....	"	289
<b>5.</b>	<b>INSTALLAZIONE ED USO DEL SOFTWARE .....</b>	"	291
5.1.	Note sul software incluso.....	"	291

---

5.2.	Requisiti hardware e software.....	p.	292
5.3.	Download del software e richiesta della password di attivazione .....	"	292
5.4.	Installazione ed attivazione del software .....	"	293
6.	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	"	294



## PREMESSA

Il legno è una materia antica, una delle più utilizzate al mondo. È uno dei materiali strutturali più sperimentati e se correttamente lavorato, selezionato, progettato, offre garanzie di sicurezza non minore di quelle offerte dagli altri materiali da costruzione. L'uso sinergico di esperienze millenarie e tecnologie contemporanee consente oggi di realizzare costruzioni ardite e complesse, come ad esempio strutture spaziali di notevole dimensione e complessità, ma anche edifici multipiano capaci di coniugare estetica, funzionalità e comfort. Con l'avvento del concetto di ecosostenibilità nell'ambito dell'edilizia, il legno si è ritrovato come protagonista indiscusso la sua filiera è una delle poche che può garantire un impatto eco sostenibile certificato ed uno smaltimento ad impatto zero.

L'obiettivo che si propone questo lavoro, è quello di rendere accessibile ad utenti di diversa preparazione tecnica, che intendono approcciare le tematiche del legno lamellare e del legno in genere, le conoscenze di base e i vari aspetti progettuali e realizzativi di questa tecnologia. Nonostante il consolidato uso di questo materiale, la normativa in vigore per la progettazione, la produzione e la manutenzione è quanto mai frammentata e varia, oltre alla normativa italiana, divisa in varie "aree tematiche" quali le tecniche costruttive del materiale, degli accessori, la resistenza e la reazione al fuoco, si sovrappongono, e spesso configgono, le norme di carattere europeo. Queste non aderiscono ad una struttura organica, quindi, spesso trattano singoli argomenti che non si collegano tra loro, manca cioè una norma organica. Inoltre molti "accessori", spesso necessari nelle strutture in legno o legno lamellare, non sono normati e vi è la necessità di riferirsi a norme nazionali altre come, ad esempio, quelle tedesche.

Un tentativo di raggruppamento è l'eurocodice 5 che in effetti cita tali norme. In pratica se un operatore o un tecnico vuole approcciare tale tecnologia deve padroneggiare almeno una ventina ed oltre di norme fondamentali tra quelle nazionali, europee e di altre nazioni.

Il testo è stato suddiviso in quattro parti, la prima illustra il quadro normativo di riferimento, con l'obiettivo di facilitare il lettore, qualora lo ritenga opportuno, ad una ricerca completa e alla comprensione dei principali termini tipici della materia. la seconda parte descrive la tecnologia del legno lamellare, il processo di produzione, tutti i parametri ed i procedimenti analitici necessari alle verifiche proposte e spesso imposte dal quadro normativo con un'attenzione particolare all'aspetto "fuoco"; la terza parte tratta la tecnica del legno lamellare e affronta le problematiche relative all'applicazione della tecnologia del legno al fine di risolvere problemi di natura statica, nei casi che più di frequente si presentano nella progettazione. La quarta parte, infine, è dedicata al collaudo sia dal punto di vista statico, che dal punto di vista delle certificazioni di fatto imposte dalla "frastagliata" normativa.



## QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

### 1.1. Introduzione

Il quadro normativo di riferimento per la progettazione, il calcolo ed il collaudo delle strutture in legno lamellare è quanto mai vario e complesso, le norme, che di fatto regolamentano la materia, si possono suddividere per argomenti:

#### *Norme di carattere generale*

##### **Regolamento UE n. 305/2011**

Norma del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9/3/2011 (in vigore dal 1 luglio 2013) che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio.

##### **D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380**

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

##### **CNR-DT 206/2007**

Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture di Legno.

#### *Norme relative alla produzione del legno lamellare incollato ed alla certificazione*

##### **UNI EN 14081-1:2011**

Strutture di legno – Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza – Parte 1: Requisiti generali.

*La norma è la versione ufficiale della norma europea EN 14081-1:2005+A1 (edizione febbraio 2011). Specifica i requisiti per la classificazione a vista e a macchina del legno strutturale con sezione rettangolare.*

##### **UNI EN 1912:2012**

Legno strutturale – Classi di resistenza – Assegnazione delle categorie visuali e delle specie.

*La norma è la versione ufficiale della norma europea EN 1912 (edizione aprile 2012). Elenca le categorie visuali di resistenza, le specie legnose e la loro origine e specifica le classi di resistenza assegnate dalla UNI EN 338.*

##### **UNI EN 386:2003**

Legno lamellare incollato – Requisiti prestazionali e requisiti minimi di produzione.

**UNI EN 387:2003**

Legno lamellare incollato – Giunti a dita a tutta sezione – Requisiti prestazionali e requisiti minimi di produzione.

**UNI EN 338:2009**

Legno strutturale – Classi di resistenza.

*La norma è la versione ufficiale della norma europea EN 338 (edizione ottobre 2009). Stabilisce un sistema di classi di resistenza per uso generale nei codici strutturali. Essa fornisce inoltre valori caratteristici delle proprietà di resistenza, di rigidità e della massa volumica per ciascuna classe, e le regole per l'assegnazione dei tipi di legno (cioè le combinazioni di specie, provenienza e categoria) alle classi. La norma si applica a tutti i legnami di conifere e di latifoglie per uso strutturale.*

**UNI EN 14080:2005**

Strutture di legno – Legno lamellare incollato – Requisiti.

*La norma è la versione ufficiale della norma europea EN 14080 (edizione giugno 2005). Specifica i requisiti per il legno lamellare incollato utilizzato nelle strutture portanti. La norma fornisce anche la metodologia per la valutazione di conformità e la marcatura del legno lamellare incollato.*

**UNI EN 1194:2000**

Strutture di legno – Legno lamellare incollato – Classi di resistenza e determinazione dei valori caratteristici.

*La norma è la versione ufficiale della norma europea EN 1194 (edizione aprile 1999). Specifica un sistema di classi di resistenza per il legno lamellare incollato per usi strutturali, fornendone i valori caratteristici. La norma si applica al legno lamellare incollato di conifere.*

**UNI EN 301:2013**

Adesivi fenolici e amminoplastici per strutture portanti di legno – Classificazione e requisiti prestazionali.

*La norma è la versione ufficiale della norma europea EN 301 (edizione ottobre 2013). Specifica una classificazione degli adesivi policondensati fenolici ed amminoplastici in funzione della loro idoneità all'utilizzo per strutture portanti in legno in condizioni di esposizione climatica definite e specifica i requisiti prestazionali applicabili a detti adesivi destinati unicamente alla produzione di strutture portanti in legno.*

**UNI EN 15425:2008**

Adesivi – Poliuretani monocomponenti per strutture portanti di legno – Classificazione e requisiti prestazionali.

*La norma è la versione ufficiale della norma europea EN 15425 (edizione febbraio 2008). Stabilisce una classificazione per adesivi poliuretanicici monocomponenti basata sulla loro possibilità di impiego con componenti prefabbricati in legno per applicazioni strutturali in condizioni di esposizione climatica definite, e specifica i requisiti prestazionali di tali adesivi unicamente per la produzione industriale di strutture portanti in legno.*

**UNI EN 390:1997**

Legno lamellare incollato. Dimensioni. Scostamenti ammissibili.

*La norma è la versione ufficiale della norma europea EN 390 (edizione novembre 1994). Specifica gli scostamenti ammissibili rispetto alle dimensioni del legno lamellare incollato per uso strutturale e l'umidità di riferimento alla quale tali dimensioni sono riferite. Essa fornisce inoltre un metodo per il calcolo delle dimensioni corrette per elementi di legno lamellare incollato aventi umidità diversa dall'umidità di riferimento.*

**UNI EN 460:1996**

Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Durabilità naturale del legno massiccio. Guida ai requisiti di durabilità per legno da utilizzare nelle classi di rischio.

*Versione italiana della norma europea EN 460 (edizione maggio 1994). Fornisce una guida per la scelta delle classi di durabilità naturale di specie legnose per l'uso nelle diverse classi di rischio. Si applica sia al legno massiccio che al legno lamellare incollato e con riferimento agli attacchi di funghi lignivori, coleotteri xilofagi, termiti e organismi marini. norme relative al calcolo e alla verifica del legno lamellare incollato.*

**D.M. 14 gennaio 2008**

Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008 – in vigore dal 1 luglio 2009).

**Circolare 2 febbraio 2009, n. 617**

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.

**UNI EN 1995-1-2:2005 Eurocodice 5**

Progettazione delle strutture di legno – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio.

*La norma è la versione ufficiale della norma europea EN 1995-1-2 (edizione novembre 2004) e tiene conto dell'errata corrige di marzo 2009. Indica i criteri per la progettazione delle strutture di legno in situazioni di esposizione al fuoco da utilizzare a completamento di quelle date nelle UNI EN 1995-1-1 e UNI EN 1991-1-2. Nella norma sono identificate le differenze e i criteri aggiuntivi rispetto al dimensionamento a temperatura normale e sono trattati soltanto i metodi passivi di protezione e non quelli attivi. La norma si applica ad edifici ove è richiesto di evitare il collasso prematuro della struttura e di evitare la propagazione dell'incendio oltre la compartimentazione.*

**UNI EN 1995-1-1:2009 Eurocodice 5**

Progettazione delle strutture di legno – Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.

*La norma è la versione ufficiale della norma europea EN 1995-1-1 (edizione novembre 2004), dell'aggiornamento A1 (edizione giugno 2008) e tiene conto dell'errata corrige del giugno 2006. Fornisce le regole generali di progettazione delle strutture di legno, insieme alle regole di progettazione specifiche per gli edifici. La norma si applica alle strutture di*

*legno (legno massiccio, segato, piallato o sotto forma di pali, legno lamellare incollato oppure prodotti strutturali a base di legno, per esempio LVL) e ai pannelli a base di legno, uniti mediante adesivi o collegamenti meccanici.*

### **UNI EN 1995-2:2005 Eurocodice 5**

Progettazione delle strutture di legno – Parte 2: Ponti.

*La norma è la versione ufficiale della norma europea EN 1995-2 (edizione novembre 2004). Tratta la progettazione della struttura principale dei ponti, per esempio gli elementi strutturali per l'affidabilità dell'intera struttura o della maggior parte di essa, realizzata con legno o altri prodotti a base di legno, sia singolarmente sia abbinati con calcestruzzo-acciaio o altri materiali.*

### **UNI EN 350-2:1996**

Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Durabilità naturale del legno massiccio. Guida alla durabilità naturale e trattabilità di specie legnose scelte di importazione in Europa. *Versione ufficiale della norma europea EN 350/2 (edizione maggio 1994). Fornisce una valutazione della durabilità naturale del legno massiccio di specie legnose selezionate, nei confronti di funghi, insetti e organismi marini; inoltre da informazioni sull'impregnabilità del legno, sulla massa volumica e sull'ampiezza dell'alburno.*

### **UNI EN 335:2013**

Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno – Classi di utilizzo: definizioni, applicazione al legno massiccio e prodotti a base di legno.

*La presente norma è la versione ufficiale della norma europea EN 335 (edizione marzo 2013). La norma si applica al legno massiccio e ai prodotti a base di legno. Essa definisce cinque classi di utilizzo che rappresentano le diverse situazioni di servizio alle quali possono essere esposti il legno e i prodotti a base di legno. La norma inoltre indica gli agenti biologici pertinenti ad ogni situazione.*

A queste vanno aggiunte quelle di carattere internazionale, generalmente di provenienza tedesca, che regolamentano oltre il calcolo, la produzione e la certificazione del legno lamellare. Inoltre il dimensionamento, il calcolo ed il campo di applicazione della viteria e delle connessioni, che di fatto, oltre a qualche accenno nell'Eurocodice 5, vengono trascurati dalle norme precedentemente trattate, sono regolamentati dalle norme tedesche di cui di seguito si porta l'elenco:

### **DIN 1052: 2004**

Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken. Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau.

*La norma disciplina sia la progettazione, che la costruzione di tutti le viti per legno, spinotti, rondelle e altri dispositivi di connessione, regolamentando sia le dimensioni che le caratteristiche fisiche.*

### **ÖNORM B 3800-1/4**

Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen Teil 1: Baustoffe; Anforderungen und Prüfun-

gen (alte Ausgabe: 1.12.88) Teil 4: Bauteile; Einreihung in die Brandwiderstandsklassen.  
*La norma disciplina il calcolo a fuoco ed il comportamento al fuoco delle strutture in legno.*

### **ÖNORM B 4100-2**

Holzbau – Holztragwerke. Berechnung und Ausführung.

*La norma è di carattere generale e di fatto complementare all'Eurocodice 5.*

### **ÖNORM DIN 4074-1**

Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit – Teil 1: Nadelschnittholz.

*La norma determina la classificazione delle resistenze meccaniche del legno lamellare di abete rosso.*

Di fatto vi è la necessità di aggiungere a tali norme quelle relative ad altri materiali, che entrano in gioco nella progettazione, verifica e collaudo delle strutture:

- le norme relative al cemento armato (Eurocodice 2);
- le norme relative all'acciaio (Eurocodice 3), compagni costanti delle strutture in legno lamellare;
- le norme generali della progettazione quindi D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008);
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617;
- Eurocodice 1 (per i carichi e le combinazioni di carico);
- Eurocodice 8 (azioni sismiche sulle strutture).

## **1.2. Panoramica sulla normativa**

La carrellata legislativa fin qua presentata da l'idea del quadro frammentario e non omogeneo dell'impianto normativo a disposizione, cosicché il progettista, il calcolista, ed il collaudatore si trovano a dover effettuare un collage delle varie norme per poter affrontare un progetto, un calcolo ed un collaudo completo senza che sia tralasciata alcuna parte fondamentale della materia.

Un approccio suggerito è quello di prendere come base le NTC 2008, che di fatto ricalcano l'Eurocodice 5, sia come approccio (valori caratteristici ed formule di verifica), che come metodo di calcolo (stati limite), utilizzando le verifiche delle sezioni e i valori caratteristici; è consigliabile applicare l'Eurocodice 5 per quanto riguarda le verifiche di resistenza delle connessioni, il dimensionamento dei giunti, l'uso di componenti metallici (barre filettate, viti, chiodi, ecc.) e la loro verifica, infine usare DIN 1052:2004 per la scelta delle componenti metalliche.

Quest'ultima norma definisce e codifica le resistenze degli elementi metallici come, barre, chiodi, viti, rondelle, caviglie ecc., le quali vanno poi confrontate con quelle del gruppo legno-giunzione.

Va evidenziato che il valore da scegliere per il confronto con la caratteristica sollecitante è il minore, cioè quello che porta prima a rottura l'elemento.

Le restanti norme definiscono le regole di produzione e sono importanti non tanto per l'esecuzione del calcolo o la verifica della struttura, ma per la direzione lavori ed il collaudo, e forniscono degli strumenti indispensabili alla lettura dei certificati di produzione, al riconoscimento delle caratteristiche del legno lamellare e del sistema "giunto" consegnato in cantiere.

### 1.3. Termini e definizioni

#### Fibratura

Il legno lamellare è un materiale ortotropo, ciò significa che ha delle caratteristiche meccaniche differenti in funzione della direzione dell'elemento, e che quindi è indispensabile stabilire un sistema di riferimento univoco.

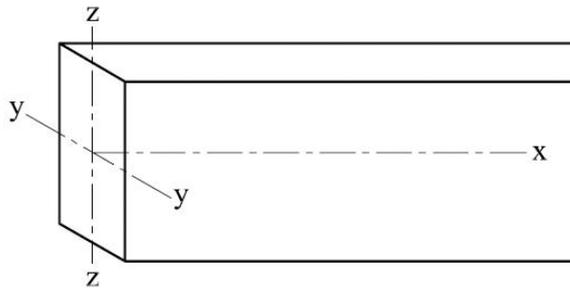


Figura 1.1. Direzioni principali

La fibratura individua lo sviluppo longitudinale dell'elemento ligneo, in tale direzione vengono disposte parallelamente tutte le fibre del legno. In genere nelle varie normative, tale direzione viene indicata con il primo pedice  $0$ , le altre direzioni,  $Z$  ed  $Y$  vengono indicate con il pedice *perp.* o  $90$ .

#### Classe di durata del carico

La necessità di definire tale parametro serve ad evitare un fenomeno tipico dell'applicazione del metodo delle tensioni ammissibili alle strutture in legno, dove tutti i carichi e le resistenze meccaniche, di fatto, vengono visti come statici e permanenti (a meno di uno sconto sul valore). L'effetto è quello che, all'aumentare delle sollecitazioni di durata media ed istantanea, aumenta la sezione dell'elemento ligneo da opporgli, generando un aumento del peso proprio che paradossalmente è più gravoso nel tempo di un carico istantaneo o di breve durata. A causa di ciò si arriva all'estremo nel quale, per far sì che una struttura in legno resista a carichi sollecitanti di breve durata, si rende necessario applicare un carico fisso e permanente che non solo grava per l'intera vita utile della struttura, ma che genera effetti negativi di fluage (fenomeni di scorrimento viscoso, rifollamento nei giunti, nonché eccessivo carico sulle strutture di fondazione).

L'Eurocodice definisce la classe di durata del carico, come un parametro che tiene conto della persistenza nel tempo di un'azione.

Il significato fisico del parametro va ricercato nella capacità che il legno ha di reagire al carico in funzione della sua durata poiché in natura il legno presenta una notevole resistenza ai carichi istantanei anche di notevole entità e un'ottima resistenza a carichi di breve durata, ma ha una bassa capacità di reazione a carichi permanenti o di lunga durata.

Le classi di durata del carico sono suddivise in:

- *Carico istantaneo*: tipico del carico vento caratterizzato da bassa durata e notevole intensità, sotto queste sollecitazioni il legno offre una notevole resistenza quindi i coefficienti

che ne vengono fuori tendono ad amplificare la resistenza e a diminuire in alcuni casi la deformata elastica.

- *Breve durata*: definisce una azione agente sulla struttura per una durata minore di una settimana, possono essere, quindi, associati condizioni di carico come neve e vento e carichi accidentali.
- *Media durata*: definisce una azione agente sulla struttura per una durata che va dalla settimana ai sei mesi possono essere, quindi, associati condizioni di carico accidentali o sovraccarichi.
- *Lunga durata*: definisce una azione agente sulla struttura per una durata che va dai sei mesi ai dieci anni, in tal caso tale coefficiente può essere utilizzato per discriminare le azioni variabili dovute ad esempio all'immagazzinamento di materiale su solai.
- *Permanente*: definisce una azione agente sulla struttura per una durata maggiore di dieci anni, quindi associata di fatto alla vita dell'opera. In tal caso i coefficienti che vengono fuori tendono a diminuire le resistenze meccaniche o ad amplificare la deformata elastica.



**Figura 1.2.** Esempio di reazione del legno al carico eccezionale

### **Classe di servizio**

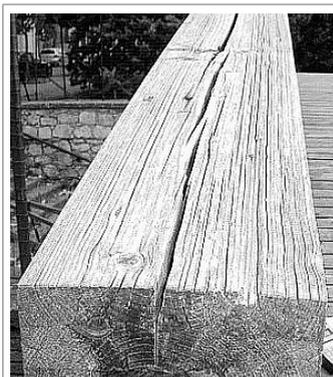
Allo stesso modo della durata del carico, la classe di servizio tende a eliminare un altro limite tipico della vecchia normativa, per cui la resistenza meccanica della sezione, la resistenza meccanica del giunto e la deformata elastica a lungo termine non dipendevano dalla esposizione agli agenti atmosferici e dal loro effetto sulla integrità dell'incollaggio delle lamelle in legno.

Questo parametro lo si trovava solo nel calcolo delle resistenze in funzione dell'essenza utilizzata, tramite il peso specifico. Nonostante la resistenza vari in funzione delle essenze in particolare all'aumento del peso specifico, essa diminuisce nel tempo in funzione del grado di esposizione agli agenti atmosferici.

Gli effetti della esposizione agli agenti atmosferici si ripercuotono sulla resistenza meccanica della sezione, la deformata elastica degli elementi strutturali, e la resistenza meccanica del giunto.

Per effetto delle variazioni di umidità e temperatura dell'aria sia l'incollaggio che le tavole diminuiscono le loro prestazioni meccaniche, fenomeni come i lesionamenti longitudinali e la

delaminazione<sup>1</sup> delle lamelle portano a lungo termine e, senza un adeguato trattamento, al collasso della struttura. La delaminazione interessa tipicamente il legno lamellare dove l'incollaggio tra le lamelle fallisce, si ha quindi, un distacco delle stesse con relativa diminuzione delle resistenze meccaniche. Il lesionamento longitudinale rappresenta un fenomeno quasi inevitabile delle strutture in legno lamellare esposte agli agenti atmosferici: seppure sia di minore importanza rispetto alla de laminazione, esso incicia le caratteristiche meccaniche trasversali alla sezione, che già di per se non sono elevate. L'accorgimento fondamentale in fase di progettazione è quello di evitare sempre delle connessioni che interessino i lembi superiori ed inferiori della travi, soprattutto unioni chiodate o con viti solo una o due lamelle dell'elemento ligneo.



**Figura 1.3.** Lesionamento longitudinale in un corrimano in legno lamellare



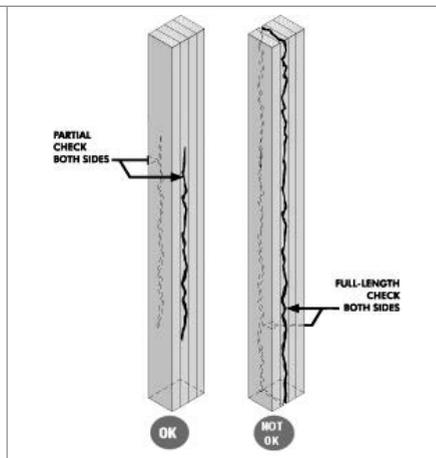
**Figura 1.4.** Trave in legno lamellare fortemente delaminata e deteriorata



**Figura 1.5.** Struttura in legno con barre e rondelle ossidate



**Figura 1.6.** Struttura in legno con barre e rondelle ossidate



**Figura 1.7.** Differenza tra lesionamento longitudinale e delaminazione

<sup>1</sup> La delaminazione deve essere controllata dal produttore, le prove di delaminazione seguono la norma *UNI EN 391:2003, Legno lamellare incollato prova di delaminazione delle superfici di incollaggio*. La resistenza a tale fenomeno è certificata e garantita dal fornitore tramite la marcatura CE, o la certificazione di incollaggio ad esempio MPA (Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart).

Allo stesso modo l'effetto degli agenti atmosferici agisce sulle connessioni, in particolare due sono i fenomeni più incisivi:

- ammaloramento localizzato: è un fenomeno per il quale la parte lignea a stretto contatto con un elemento metallico, quale una barra filettata, uno spinotto o una vite per effetto della condensa si imbibisce di acqua, formando un ambiente ideale per attacchi biologici (funghi, muffe e parassiti), ed una diminuzione localizzata della resistenza meccanica;
- ossidazione dell'elemento metallico. Anche se spesso i produttori di viti, chiodi, e viteria in genere, garantiscano le prestazioni a lungo termine nel rispetto della normativa DIN 1052, questi fenomeni sono inevitabili, ed è per questo che i produttori forniscono uno studio sulla durata ed ossidazione degli elementi metallici. Tale ossidazione oltre a diminuire le prestazioni meccaniche dell'elemento, tende a minare la resistenza locale del legno, accentuando il fenomeno del rifollamento localizzato, per effetto dell'espansione laterale dovuto alla ossidazione del metallo. Di conseguenza la struttura, soffre di un ulteriore cedimento anelastico dovuto all'aumento del diametro.

Le classi di servizio sono divise in tre semplici categorie, la prima definita come: *” 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 ”* rappresenta una condizione tipica delle strutture in legno interne in ambienti chiusi e protetti, come spesso capita, per questa classe di servizio i coefficienti che ne derivano tendono ad attribuire delle caratteristiche meccaniche superiori, influenzando sia nella verifica delle sezioni, che nella verifica delle connessioni, mentre allo stato limite di esercizio, il coefficiente moltiplicativo della deformata elastica è meno “punitivo”.

La seconda categoria è definita come: *” 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 l'85%, sole per poche settimane l'anno.*

Questa condizione è intermedia, è tipica di quelle parti di struttura parzialmente coperte, come i timpani terminali di capriate, in parte interne ed in parte protette da pensiline, i coefficienti attribuiti sia dalle NTC 2008, che dall'Eurocodice 5, sono in pratica simili, se non, per certi aspetti uguali alla classe precedente.

La terza ed ultima classe definita come: *“ caratterizzata da un'umidità più elevata della classe di servizio 2 ”*, è tipica delle strutture completamente esposte, come ad esempio tettoie o pensiline. I coefficienti di riferimento, abbattano di parecchio le caratteristiche meccaniche, sia nella fase di verifica agli stati limite ultimi (verifica sezioni e connessioni) che agli stati limite di esercizio.

Di seguito si riporta parte dello studio della ossidazione di una vite per legno, soggetta a nebbia salina (*vedi figure 1.8, 1.9, 1.10*).

## **Durabilità**

Per trovare una definizione completa di tale termine e comprenderne a pieno la sua importanza, bisogna integrare tre differenti normative NTC 2008, l'Eurocodice 5 che rimanda alla norma EN 1990:2002.

Nello specifico, le nuove norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 forniscono delle indicazioni generiche sulla durabilità delle strutture, e la definiscono come: *“il mantenimento nel tempo della geometria e delle caratteristiche dei materiali della struttura, affinché questa conservi inalterate funzionalità, aspetto estetico e resistenza”*.

	<b>MATED S.P.A.</b>	via M. Aichner, 1 38121 Trento E-mail: info@mated.it www.mated.it Tel. e Fax 0461/994899
<b>Materiali e Tecnologie per la Durabilità</b>		

### Test di laboratorio : ESPOSIZIONE ALLA NEBBIA SALINA

Progetto:	Rapporto N°:	Data:	Riferimento:	N° campioni:
Nebbia salina viti HBS	2013/194 Rev1	19.12.2013	HBS8180	3

#### TEST DATA:

<b>Prodotti:</b>	HBS8180	<b>Fornitore:</b>	S5	<b>Tipo prodotto:</b>	Viti
<b>Classe rivestimento:</b>	NA	<b>Tipo rivestimento:</b>	Zincatura galvanica Fe/Zn		
<b>Condizioni di esposizione</b>	35°C, R.H. 100% nebbia salina neutra 5%wt NaCl	<b>Normative di riferimento</b>	UNI EN ISO 9227	<b>Tempo esposizione</b>	240 ore

#### RESULTS:

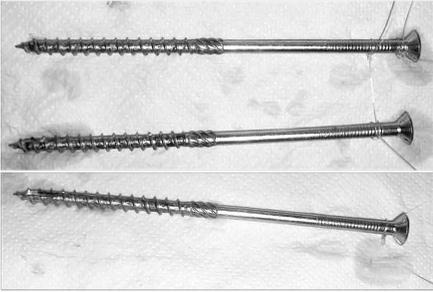
<b>HBS8180: Campioni prima dell'esposizione</b>	
	
1.	2.

**Figura 1.8.** Risultato dello studio di ossidazione sotto aggressione da nebbia salina per una vite da legno (pag. 1)



	<p><b>MATED S.R.L.</b> Materiali e Tecnologie per la Durabilità</p>	<p>via M. Aichner, 1 38121 Trento E-mail: info@mated.it www.mated.it Tel. e Fax 0461/994899</p>
---	---	---

### Test di laboratorio : ESPOSIZIONE ALLA NEBBIA SALINA

<p><b>HBS8180:</b> 200 h di esposizione</p>	
	
<p>1.</p>	

Dopo 200 ore di esposizione le punte dei campioni mostrano ruggine bianca, mentre i filetti e le teste non mostrano segni evidenti di corrosione.

<p><b>HBS8180:</b> 240 h di esposizione</p>	
	

Dopo 240 ore di esposizione un po' di ruggine bianca è presente sulle punte dei tre campioni, mentre i filetti e le teste risultano ancora protette.

Nessun segno di corrosione del substrato.

Andrea Pedrotti  
Caterina Zanella

Luca Valentinelli

**Figura 1.10.** Risultato dello studio di ossidazione sotto aggressione da nebbia salina per una vite da legno (pag. 3)

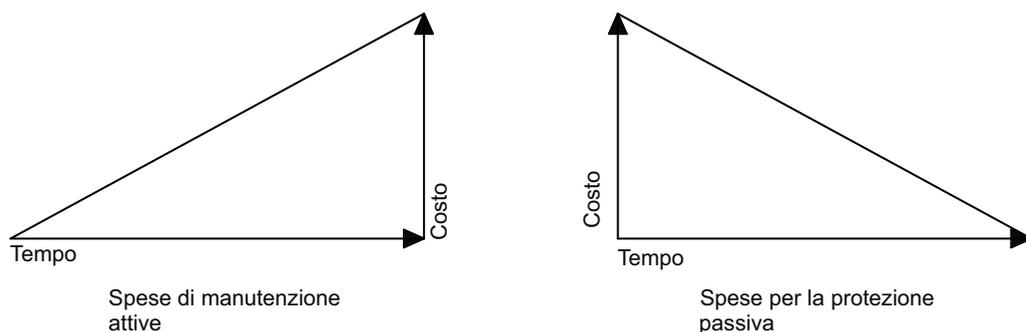
Dice, inoltre, che: *“al fine di garantire tale persistenza in fase di progetto devono essere presi in esame i dettagli costruttivi, la eventuale necessità di adottare sovrasspessori, le misure protettive e deve essere definito un piano di manutenzione (ispezioni, operazioni manutentive e programma di attuazione delle stesse)”* tale definizione è indissolubilmente legata alla vita utile o vita nominale dell’opera, l’Eurocodice 5 rimanda alla norma più specifica EN 1990:2002 che di fatto approfondisce l’argomento: *“La struttura deve essere progettata in modo tale che il deterioramento, durante la sua vita utile di progetto, tenendo in debito conto sia l’ambiente nel quale la struttura è immersa che il livello atteso di manutenzione, non comprometta le prestazioni della struttura”*.

Al fine di realizzare una struttura sufficientemente durevole, devono essere prese in considerazione:

- l’uso previsto o prevedibile della struttura;
- i criteri di progettazione richiesti;
- le condizioni ambientali previste;
- la composizione, le proprietà e le prestazioni dei materiali e dei prodotti;
- le proprietà del suolo;
- la scelta del sistema strutturale;
- la forma delle membrature, e i dettagli strutturali;
- la qualità della lavorazione, e il livello di controllo;
- le misure di protezione particolari;
- la manutenzione designata, durante la vita utile di progetto.

La EN 1990:2002 conclude dicendo: *“Le condizioni ambientali devono essere individuate in fase di progettazione in modo tale che la loro incidenza possa essere valutata in relazione alla durata dell’opera, essa può essere misura per la protezione dei materiali impiegati nella struttura”*. Il grado di qualsiasi deterioramento può essere stimato sulla base di calcoli, indagine sperimentali, esperienza acquisita da costruzioni precedenti, o una combinazione di queste ultime.

In pratica per garantire la durabilità di un’opera in legno è necessario adottare una “strategia” che parta dalla progettazione con sistemi di protezione passiva, prevedendo ad esempio delle sezioni maggiorate per elementi esposti agli agenti atmosferici, oppure l’adozione di un legno lamellare misto tipo GL28C, oppure la scelta di nodi nascosti, l’incasso di rondelle, ecc. e che si concluda con l’adozione di strategie di manutenzione che possono essere più gravose al diminuire della spesa iniziale atta alla protezione della struttura.



**Figura 1.11.** Diagramma di confronto tra costi di costruzione e manutenzione