



Prof. Ario CECCOTTI

Progettare la sicurezza. La Norma Italiana per le COstruzioni in LEgno (NICOLE).

Premessa

Sono ormai passati quasi nove anni da quando, sulla rivista l'Edilizia, fu pubblicato l'articolo "L'Eurocodice 5 - Strutture di legno", a firma del prof. Hans Jorgen Larsen e del sottoscritto.

Da allora ad oggi c'è stata una decisa evoluzione soprattutto per quanto riguarda la situazione italiana. In Italia sono stati adottati con Decreto Ministeriale gli Eurocodici 2 e 3, per il calcolo delle strutture in calcestruzzo armato ed acciaio, rispettivamente, emanati "in primis" dal Comitato Europeo di Normalizzazione (CEN) - che è in sostanza un organismo privato - e sono stati rilasciati dal Ministero dei Lavori Pubblici i relativi Documenti di Applicazione Nazionale, i cosiddetti NAD, aventi la funzione di "interfaciare" il codice europeo con la norma italiana. Per le costruzioni in legno è stato pubblicato in italiano l'Eurocodice 5, in tre parti: 1.1 Regole generali e regole per gli edifici, 1.2 Regole generali, progettazione strutturale contro l'incendio, 2 Ponti. La traduzione dell'Eurocodice 5 nelle sue tre parti è stata effettuata a cura dell'UNI - Ente Italiano di Unificazione - come Norma Europea Sperimentale (ENV). L'UNI è il corrispondente del CEN in Italia. Tuttavia il relativo NAD non è stato mai pubblicato per il semplice fatto che non c'era nessuna norma italiana, promulgata dall'Autorità pubblica nazionale - il Ministero dei Lavori Pubblici, nella fattispecie - da interfacciare!

L'Eurocodice 5 non ha quindi subito la stessa sorte degli Eurocodici 2 e 3. L'Eurocodice 5 resta a tutt'oggi una norma sperimentale sulle costruzioni di legno che comunque, volendo, potrebbe essere utilizzata già da ora, in maniera spontanea, come si utilizza ora la norma DIN 1052 che più volte il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha dichiarato ammissibile essendo normativa europea di comprovata affidabilità. E l'Eurocodice 5, indubbiamente, si pone allo stesso livello della DIN 1052, se non al di sopra, non fosse altro perché alla sua stesura hanno partecipato il fior fiore degli esperti di tutti i paesi europei e i rappresentanti degli Enti Normatori di Germania (DIN), Gran Bretagna (BSI), Francia (AFNOR), eccetera.

Tuttavia una simile situazione di "limbo" non è più sostenibile: sempre più spesso in tempi recenti il Consiglio è stato sommerso da quesiti circa la fattibilità di opere in legno anche di importanza strutturale notevole. Stante quindi la situazione l'allora Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, prof. ing. Piero Pozzati scriveva in una sua lettera del novembre 1994, che fra le priorità da seguire c'era, fra l'altro, *"la preparazione sollecita, ispirandosi alle corrispondenti norme europee, di nuove istruzioni sulle strutture di legno"*.

A tale desiderio è stato dato un seguito nel luglio del 1999 quando a Roma, presso il Ministero dei Lavori Pubblici, si è insediata la commissione incaricata della redazione delle Norme tecniche Italiane per la progettazione, esecuzione e collaudo delle Costruzioni di Legno (N.I.CO.LE.).

Non sembri strano che nel momento in cui gli Eurocodici passano dalla fase sperimentale (ENV) alla fase definitiva (EN) - per l'Eurocodice 5 si prevede la versione finale della parte 1.1 pubblicata come norma EN, con tanto di Appendice Nazionale per la fine del 2003 - si sia deciso di dare comunque il via ad un lavoro su norme italiane sulle costruzioni in legno.

In effetti la mossa appare accorta soprattutto se si pensa che c'era necessità di una norma che considerasse anche l'inclusione di legnami italiani, di una norma che fissasse criteri di sicurezza direttamente emanati dall'autorità competente italiana - il Ministero dei Lavori Pubblici - ed infine di una norma, che avente rilevanza penale, come è consuetudine in Italia per le norme che in qualche maniera riguardano l'incolumità pubblica, fosse sfoltita di tutta quella pletora di aspetti da "libro di ricette" di calcolo che gli Eurocodici tendono ad avere, e che vanno bene quando sono dei "consigli" senza carattere cogente di rilevanza penale. Inoltre era necessario fissare criteri e regole per la attestazione di conformità alla norma dei prodotti da costruzione lignei, con l'indicazione degli enti di controllo e certificazione accettati in Italia, operativi da subito.

Sin dall'inizio seguendo anche le indicazioni date dal Presidente Pozzati si e' deciso di seguire quindi la filosofia dell'Eurocodice 5, in particolare con riferimento al metodo di verifica agli stati limite , di esercizio ed ultimi. Si e' anche pero' voluto mantenere la possibilità di una verifica alle tensioni ammissibili secondo il desiderio del Ministero. In parole semplici, NICOLE risulta un sotto-insieme dell' Eurocodice 5 e quest'ultimo diventa una specie di manuale di applicazione.

Qui di seguito si illustreranno i punti salienti delle due norme - evidenziandone le differenze coll'attuale versione dell'Eurocodice 5, quando se ne dia il caso - con il preciso scopo di sottolinearne quegli aspetti precipui della verifica che potrebbero disorientare di primo acchito, perché non familiari al progettista strutturale italiano, ma che restano comunque di facile comprensione a chi possieda le basi della Scienza e della Tecnica delle costruzioni.

Stati limite ultimi

Il formato di verifica e' quello tipico della verifica allo stato limite ultimo, cioè separando le incertezze sui carichi agenti dalle incertezze sulla resistenza dei materiali, si introducono fattori di sicurezza moltiplicativi γ_f per il valore nominale dei carichi e fattori di sicurezza γ_m riduttivi per il valore caratteristico delle resistenze dei materiali. Sostanzialmente sono due le tipologie base di verifica: una per la verifica degli elementi strutturali e delle sezioni lignee ed un'altra per la verifica dei collegamenti. La prima viene fatta sulle tensioni, la seconda sugli sforzi, come illustrato qui di seguito.

• *Verifica degli elementi strutturali*

Dovrà essere verificato per la sezione generica che sia:

$$\sigma_d \leq f_k \frac{k_{mod}}{\gamma_m}$$

dove:

σ_d è la tensione agente di progetto, calcolata a partire dallo schema statico e dai carichi nominali agenti aumentati dei coefficienti parziali di sicurezza γ_f loro spettanti nonché dei coefficienti di combinazione ψ_0, ψ_1, ψ_2 delle azioni, che sono indipendenti dal materiale con cui è costruita l'opera (acciaio, legno, c.a., eccetera).

f_k rappresenta la resistenza caratteristica al frattile 5% del materiale secondo i diversi tipi di tensione a seconda della natura e della loro direzione rispetto alla direzione della fibratura (Tavola1).

Proprietà di resistenza		Proprietà di rigidezza		Massa volumica	
Flessione	$(f_{m,k})$	Modulo elastico parallelo medio	$(E_{0,mean})$	Massa volumica caratteristica (5%)	(ρ_k)
Trazione parallela	$(f_{t,0,k})$	Modulo elastico parallelo caratteristico	$(E_{0,05})$	Massa volumica media	(ρ_{mean})
Trazione perpendicolare	$(f_{t,90,k})$	Modulo elastico perpendicolare medio	$(E_{90,mean})$		
Compressione parallela	$(f_{c,0,k})$	Modulo elastico tangenziale medio	(G_{mean})		
Compressione perpendicolare	$(f_{c,90,k})$				
Taglio	$(f_{v,k})$				

Tavola 1 - Proprietà di resistenza (secondo natura ed inclinazione rispetto alla fibratura), rigidezza e massa volumica, e relativa simbologia.

k_{mod} è il coefficiente che tiene conto delle condizioni di servizio (umidità del legno) e della “durata del carico”.

γ_m è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale.

In particolare si può dire che:

- come si evince dalla formula sopra riportata, differentemente che per l'acciaio ed il calcestruzzo armato la verifica della sezione si fa sulle tensioni e non sulle azioni interne. Infatti si ritiene che la rottura avvenga quando ancora il materiale è in campo elastico lineare, per cui c'è linearità fra azioni interne e tensioni (Tavola 2).

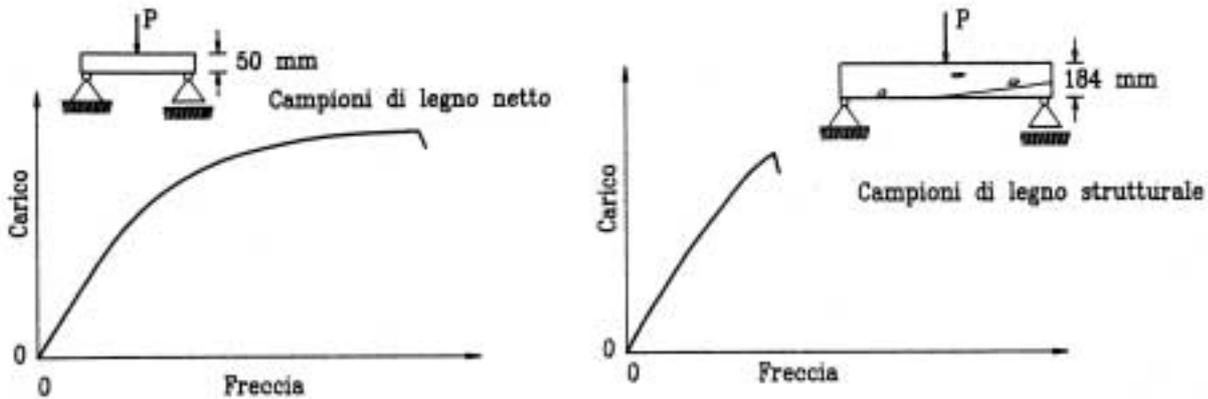


Tavola 2 - Differenza di comportamento a rottura di campioni in piccole dimensioni di legno senza difetti, e di campioni in dimensioni d'uso di legno strutturale. Si nota un deciso comportamento lineare fino a rottura, tanto più accentuato e frequente quanto più il materiale e' di minor resistenza.

- le f_k vengono fornite al progettista non nella norma, ma in apposite norme UNI-CEN, sotto forma di classi di resistenza (Tavola 3, per legno massiccio - Tavola 4, per legno lamellare incollato). Sarà possibile attribuire un tipo di legno (specie, provenienza, categoria resistente) ad una classe di resistenza (Tavole 5 e 6). In definitiva, sarà possibile per il progettista chiedere la Classe C30, così come ora chiede per il calcestruzzo la classe Rck 30 (ad esempio). Per i legnami italiani ci si rifà alla nuova versione - 2001- della Norma UNI 8198 "Legno Strutturale - Classificazione - Requisiti generali, regole per la classificazione a vista secondo la resistenza e valori caratteristici per tipi di legname italiani".

	LEGNAME DI CONIFERE E DI PIOPPO								
	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
in N/mm^2									
$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40
$f_{t,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24
$f_{c,90,k}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
$f_{c,90,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26
$f_{c,90,k}$	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3
$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
in kN/mm^2									
$E_{0,mean}$	7	8	9	10	11	12	12	13	14
$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4
$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47
G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88
in kg/m^3									
ρ_d	290	310	320	340	350	370	380	400	420
ρ_{max}	350	370	380	410	420	450	460	480	500

Tavola 3 - Profili resistenti e caratteristici delle varie classi di resistenza così come individuate nella norma EN 338 (1997).

— Elementi strutturali di Legno Lamellare Incollato: esempi di composizione per le quattro classi di resistenza per sezioni omogenee e combinate, e relativi valori caratteristici prescritti per le lamelle, secondo prEN 1194 (febbraio 1998)

classe di resistenza dell'elemento strutturale			GL 24	GL 28	GL 32	GL 36	
proprietà							
LLI omogeneo	tutte le lamelle	Resistenza a trazione	N/mm ²	14,5	18	22	26
		Modulo elastico a trazione	N/mm ²	11 000	12 000	13 000	14 000
		Massa volumica *	kg/m ³	350	370	390	410
LLI combinato	lamelle esterne *	Resistenza a trazione	N/mm ²	14,5	18	22	26
		Modulo elastico a trazione	N/mm ²	11 000	12 000	13 000	14 000
		Massa volumica *	kg/m ³	350	370	390	410
	lamelle interne	Resistenza a trazione	N/mm ²	11	14,5	18	22
		Modulo elastico a trazione	N/mm ²	9 000	11 000	12 000	13 000
		Massa volumica *	kg/m ³	320	350	370	390

— Elementi strutturali di Legno Lamellare Incollato: esempi di composizione e relative classi di resistenza per sezioni omogenee e combinate, secondo prEN 1194 (febbraio 1998), con riferimento alle classi di resistenza delle singole lamelle (definite in EN 338)

classe di resistenza dell'elemento strutturale		GL 24	GL 28	GL 32
LLI omogeneo	tutte le lamelle	C 24	C 30	C 40
LLI combinato *	lamelle esterne *	C 24	C 30	C 40
	lamelle interne	C 18	C 24	C 30

Tavola 4 - Classi di resistenza per Legno lamellare incollato. Nel legno lamellare combinato le lamelle esterne interessano 1/6 dell'altezza della sezione, su ciascuno dei due bordi, e, comunque non meno di due lamelle. I valori di massa volumica sono indicativi.

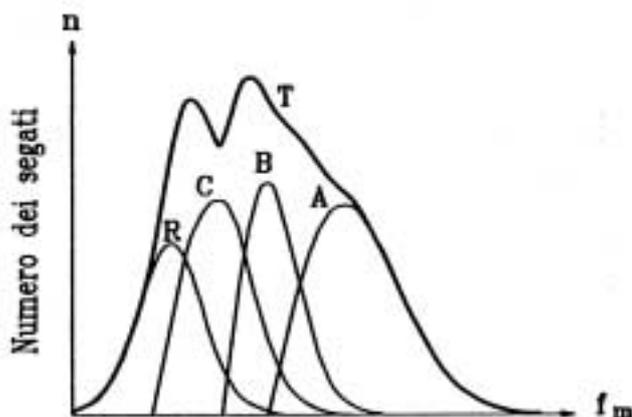
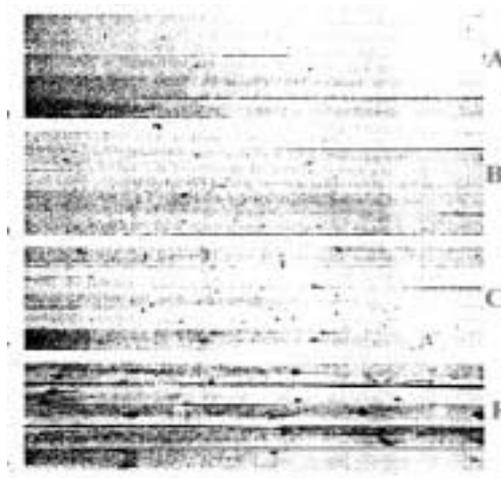
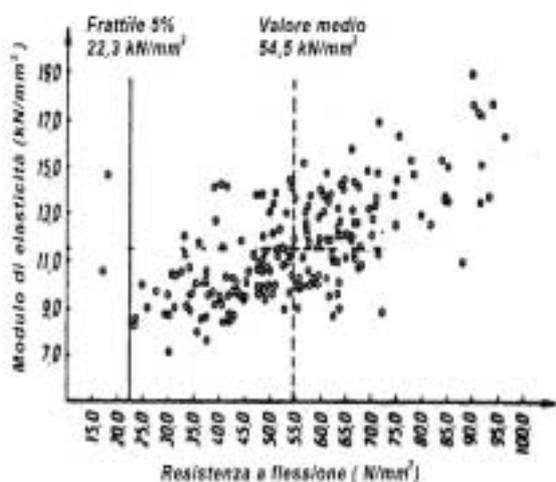


Tavola 5 - La classificazione secondo la resistenza consente di separare gli elementi meno resistenti da quelli più resistenti. Senza classificazione, per lo stesso legno, la resistenza potrebbe variare da 15 a 95 MPa a flessione, come nell'esempio delle travi di pino svizzero (alto, a sinistra, da Natterer). Classificando in categorie di qualità resistente è possibile separare il legname (alto, a destra - l'immagine è a titolo puramente esemplificativo) in funzione della sua resistenza. Le regole di classificazione sono diverse da paese a paese perché generalmente "calibrate" sui legni di produzione locale. I difetti che maggiormente incidono sulla resistenza sono comunque nodi ed inclinazione della fibratura, alcuni tipi di fessurazione, eccetera. Per ciascun tipo di legno (specie legnosa, provenienza, categoria), dopo una metodica ed estesa campagna di prove a rottura su elementi in dimensioni d'uso (vedi Giordano, 1999, cap. 4), è possibile determinare la distribuzione delle resistenze che compete a ciascuna categoria e determinarne il valore caratteristico al frattile 5% (sotto: si sono individuate tre categorie, A,B,C ed R, quest'ultima comprendente gli elementi rifiutati). Come si può vedere dal diagramma le regole di classificazione non sono efficienti al 100% giacché non consentono di collocare tutti i pezzi migliori nella categoria più alta e i pezzi peggiori tutti nella categoria più bassa. Tuttavia le regole di classificazione sono essenziali perché consentono comunque di individuare valori diversi e scalati di resistenze di riferimento utili per il calcolo, e quindi di avere un progetto più efficiente. Si noti che la parte di coda a sinistra delle distribuzioni di resistenza è pressoché tronca: il che vuol dire che con il legno, una volta classificato, si hanno possibilità molto remote di incappare in resistenze più basse di quelle previste.

Classe di resistenza (secondo EN 338)	Paese che ha pubblicato la norma di classificazione	Categoria (v. la Tabella A.4)	Nome commerciale delle specie		Provenienza del legname (area geografica dove crescono gli alberi da cui viene ricavato il legname)	Identificazione botanica (v. la Tabella A.3)
			in lingua italiana (conforme alle UNI 2853 - 2854 - 3917)	in lingua inglese (e, ove riportato in parentesi quadra, nella lingua del Paese che ha pubblicato la norma di classificazione)		
C30	Francia	ST-1	Abete rosso e Ab. bianco	Spruce & Fir [Epicéa & Sapin]	Francia	1, 22
		ST-1	Pini	Pines [Pin laricio, Pin maritime, Pin sylvestre]		39, 44, 47
	Germania	S13	Abete rosso	Spruce [Fichte]	Europa CNE (Europa Centrale, del Nord e dell'Est)	22
		S13	Pino silvestre	Pine [Rotkiefer]		47
		S13	Abete bianco	Fir [Weisstanne]		1
		S13	Larice	Larch [Lärche]		15
		S13	Douglasia	Douglas fir	Germania	54 (soltanto spessori ≥ 60 mm; il midollo non è ammesso)
	Paesi Nordici (Danimarca, Finlandia, Islanda, Norvegia, Svezia)	T3	Pino silvestre	Pine (sinonimo: Redwood)	Europa NNE (Europa del Nord e del Nord-Est)	47
		T3	Abete rosso	Spruce (sinonimo: Whitewood)		22
		T3	Abete bianco	Fir		1
		T3	Larice	Larch		15
	USA	J&P Sel	Pino pece	Southern pine	USA	35, 36, 43, 48
		SLF Sel				

Tavola 6 – Assegnazione alle classi di resistenza, per categorie di legname strutturale di Conifere e Pioppo secondo EN 1912 (1977)

- γ_m serve per passare dalla resistenza al frattile 5% a quella di progetto (nominalmente definita "al 5%0"). Nel caso del calcestruzzo si arriva alla resistenza di progetto, attraverso il prodotto dei seguenti coefficienti: 1,1 per l'incertezza sul modello di calcolo, 1,1 per l'incertezza sulla corrispondenza tra provini cubici e cls in opera, 1.32 per il passaggio dal frattile 5% al frattile 5%₀ in caso di distribuzione "normale" delle resistenze. Nel caso del legno, invece si hanno i corrispondenti seguenti coefficienti: 1,1 per l'incertezza sul modello di calcolo, 1,0 perché ogni elemento è classificato e marchiato, 1,18 legno massiccio e 1,14 legno lamellare, essendo "asimmetrica" la distribuzione delle resistenze (Tavola 5). In definitiva avremo (Tavola 7):
 $\gamma_m = 1,3$ per legno massiccio,
 $\gamma_m = 1,25$ per legno lamellare.

<u>Stati limite ultimi</u>	
- combinazioni fondamentali	
legno	1,3
legno lamellare	1,25
Unioni	1,3
acciaio	1,1
- combinazioni eccezionali	
	1,0
<u>Stati limite di esercizio</u>	
	1,0

Tavola 7 - - Coefficienti di sicurezza parziali per le proprietà dei materiali (γ_M)

- k_{mod} è un fattore di correzione che tiene in conto contemporaneamente dell'influenza sulla resistenza del materiale dovuta al contenuto di umidità nel legno e alla durata del carico. Le resistenze f_k infatti, sono sempre riferite ai risultati di prove a rottura della durata di 5 minuti su campioni aventi una umidità nominale, all'atto della prova, del 12%. Riguardo all'*umidità*, sono individuate tre classi di servizio, in parentesi l'umidità mediamente riscontrabile nel legno:

1 - al chiuso, riscaldata di inverno ($u\% \leq 12$)

2 - al chiuso, non riscaldata di inverno; all'aperto, coperta ($12 < u\% < 20$)

3 - all'aperto, non protetta ($u\% \geq 20$).

E' bene osservare che la diminuzione di resistenza coll'umidità è meno drammatica nel legno strutturale che nel legno netto (Tavola 8).

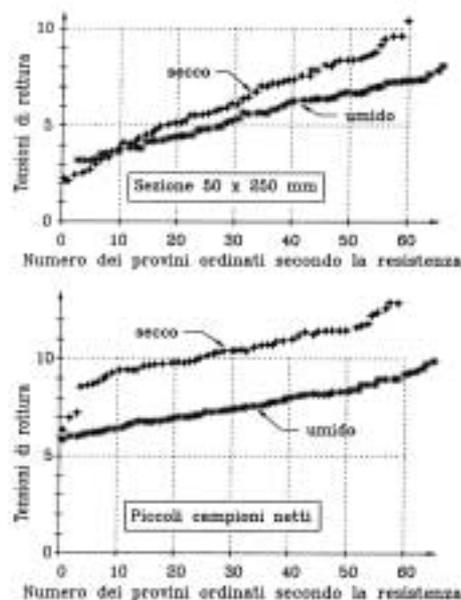


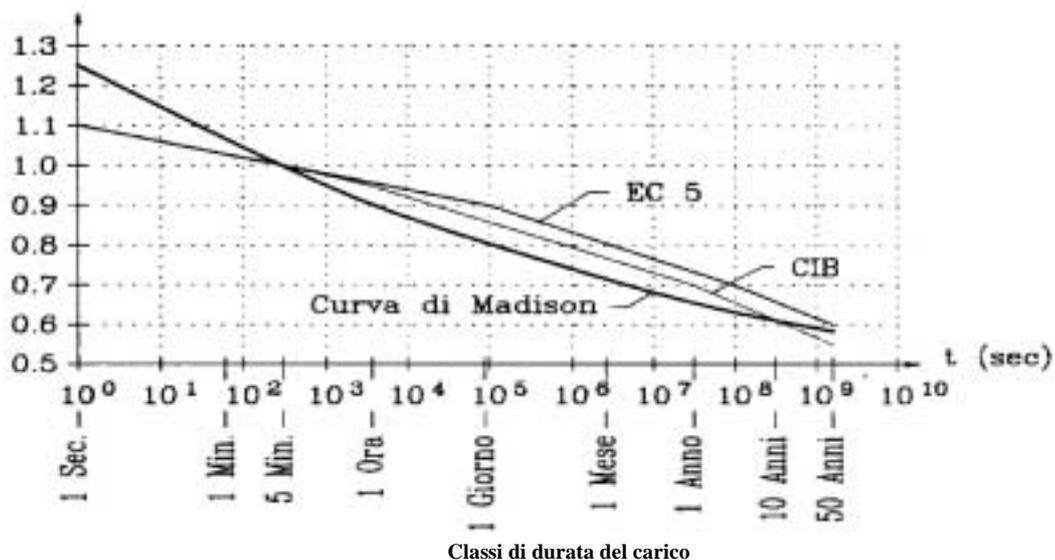
Tavola 8 - - Effetti del contenuto di umidità sulla resistenza a flessione di travi di Douglas-fir (Madsen 1972)

Riguardo all'effetto della *durata del carico*, e quindi di un possibile danneggiamento interno del materiale a causa del prolungarsi di un elevato stato di tensione nel tempo, l'Eurocodice 5 adotta per il legno strutturale una curva leggermente discosta da quella di Madison per il legno netto (Tavola 9), pur mantenendo intorno al 50% il valore di tensione, detto limite di scorrimento, al di sotto del quale non si produce danno alcuno nel legno. Individuate così le classi di durata del carico (durata del periodo di presenza del carico al suo valore caratteristico: ad esempio: ad Ottawa la neve ha una durata accumulata del carico caratteristico di 2 mesi su trenta anni!), ad ogni carico si attribuisce un valore di k_{mod} (Tavola 10). Se la combinazione di carico prevede carichi di durata diversa si prende il k_{mod} relativo alla durata più breve. Questo non stupisca. Infatti va tenuto presente che:

-si devono comunque fare le verifiche per tutte le condizioni di carico: solo carichi permanenti, carichi permanenti più un carico di servizio, carichi permanenti più due carichi di servizio con i relativi coefficienti di combinazione, eccetera.

- il danneggiamento non è lineare nel tempo ma esponenziale. Cioè il danno maggiore avviene negli ultimi momenti (come in un lago di ninfee che raddoppiano la loro superficie ogni giorno, il giorno prima della completa copertura del lago, il lago è ancora per metà libero).

- considerare il k_{mod} relativo alla durata del carico più lunga non sarebbe giusto, perché la neve non starà mai a lungo come un carico permanente e quindi il danno eventuale sarà solo parziale.
Come utile riferimento si pensi che in condizioni usuali di carico il tasso di lavoro per una trave di legno si aggira sul 20% del carico di rottura a breve durata.



Classi di durata del carico

Classe di durata del carico	Durata accumulata del carico caratteristico	Esempi di carico
Permanente	più di 10 anni	peso proprio
Lunga durata	6 mesi -10 anni	carico di esercizio nei locali adibiti a deposito
Media durata	1 settimana - 6 mesi	carichi di esercizio in generale
Breve durata	meno di 1 settimana	neve (*)
Istantaneo	--	vento e carichi eccezionali

* In aree dove si registrano elevati carichi di neve per prolungati periodi di tempo è opportuno considerare una parte del carico come carico di media durata.

Tavola 9 Effetti della durata del carico.

Gli effetti della durata del carico sono mostrati qui secondo l'Eurocodice 5, il Codice CIB W18 e la curva di Madison, con il tempo riportato in scala logaritmica sull'asse delle ascisse. Il rapporto fra la tensione di lavoro effettiva e la resistenza di riferimento ottenuta da prove della durata di 5 minuti, è riportato sull'asse delle ordinate. Ci si rende conto facilmente che al di sotto del 50% del carico di rottura a 5 minuti - cosiddetto limite di scorrimento - il tempo a rottura è pressoché infinito. Ciò sta a significare che non c'è danneggiamento interno del materiale. La possibilità di danneggiamenti interni del materiale dovuti all'azione di carichi particolarmente elevati - al di sopra del limite di scorrimento - per tempi di durata ridotta, è tenuta in conto dal coefficiente k_{mod} .

Classe di durata del carico	Classe di servizio		
	1	2	3
Legno massiccio e legno lamellare incollato, compensato			
Permanente	0,60	0,60	0,50
Lunga durata	0,70	0,70	0,55
Media durata	0,80	0,80	0,65
Breve durata	0,90	0,90	0,70
Istantaneo	1,10	1,10	0,90

Tavola 10 - Valori di k_{mod}

Le verifiche per stati di tensione composti diventano di facile comprensione, ad esempio, nel caso di tenso-flessione si avrà:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

essendo al numeratore le tensioni di progetto agenti, di trazione parallela alla fibratura e di flessione, rispettivamente, e le corrispondenti tensioni resistenti di progetto al denominatore: "la sicurezza è come una torta, ogni tipo di sollecitazione se ne mangia un pezzo, ma più di una torta a disposizione non ce n'è..."

• **Verifica delle unioni**

Per i collegamenti, in cui il comportamento è supposto elasto-plastico a duttilità più o meno accentuata, la verifica si fa sugli sforzi agenti/resistenti, come nell'approccio classico degli stati limite ultimi:

$$S_d \leq R_k \frac{k_{mod}}{\gamma_m}$$

S_d è lo sforzo agente di progetto calcolato a partire dallo schema statico e dai carichi nominali agenti aumentati dei coefficienti parziali di sicurezza γ_f loro spettanti, con i relativi fattori di combinazione ψ_0, ψ_1, ψ_2 che sono indipendenti dal materiale con cui è costruita l'opera (acciaio, legno, c.a., eccetera).

k_{mod} è il coefficiente che tiene conto delle condizioni di servizio (umidità del legno) e della "durata del carico"

γ_m è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale.

Le R_k vengono fornite attraverso formule derivate da quelle di Johansen (1949), qui non riportate per ragioni di spazio - ma si veda su Giordano, 1999, ad esempio, capitolo 3 - ognuna delle quali basata sull'ipotesi di un preciso modo di rottura della sezione. Anche l'effetto di più elementi di collegamento allineati viene tenuto in conto attraverso appositi coefficienti riduttivi che tengono conto che la resistenza di un gruppo di n elementi di collegamento allineati è inferiore a n volte la resistenza del singolo elemento di collegamento. Tali coefficienti risultano ora più severi rispetto a quelli dell' Eurocodice 5, versione ENV.

Stati limite si servizio

• **Elementi strutturali**

Il legno è materiale che ha un comportamento viscoso peculiare, per certi versi migliore di quello del calcestruzzo, ma per altri versi molto insidioso. Nella norma si forniscono i valori del coefficiente k_{def} , dove k_{def} è definito come segue, essendo $u_{creep,q}$ la deformazione viscosa a tempo infinito sotto un carico q agente costantemente per tutto il tempo, ed essendo $u_{ist,q}$ la deformazione istantanea sotto lo stesso carico q :

$$u_{creep,q} = u_{ist,q} \cdot k_{def}$$

k_{def} è fornito dalla norma in funzione della classe di servizio (Tavola 11): c'è un solo valore di coefficiente quindi - per la durata di carico permanente- nella attuale versione della norma.

Tipi di legno	Classe di servizio		
	1	2	3
Legno massiccio	0,60	0,80	2,00
Lamellare incollato	0,60	0,80	2,00
Compensato	0,80	1,00	2,50

* Per il legno massiccio posto in opera all'umidità corrispondente al punto di saturazione o vicino ad esso, e che sia con probabilità soggetto al processo di essiccazione sotto carico, il valore di k_{def} sarà aumentato di 1,0.

Tavola 11 - Valori di k_{def} per legno massiccio, legno lamellare e compensato.

Per cui la freccia a tempo infinito di una trave sottoposta ad un carico permanente G_k ed ad un carico di servizio Q_k , essendo $\psi_2 Q_k$ la quota quasi-permanente del carico di servizio, si calcolerà come:

$$u_{fin} = u_{ist,Gk} (1 + K_{def}) + u_{ist,Qk} (1 + \psi_2 K_{def})$$

• Unioni

Per il calcolo dello scorrimento nelle unioni utile, ad esempio, per la valutazione della freccia di strutture con unioni meccaniche, si usa un coefficiente di *slip* fornito in Tavola 12. Per la deformazione viscosa si userà un coefficiente k_{def} maggiorato (circa di due volte) rispetto a quello del legno (anche questa è una novità rispetto alla presente versione dell'Eurocodice).

Valori di K_{ser} per mezzi di unione del tipo a gambo cilindrico in N/mm

Tipo del mezzo di unione	Legno - legno Pannello- legno Acciaio - legno
Spinotti Viti Chiodi (con preforatura)	$\rho_m^{1,5} d/25$
Chiodi (senza preforatura)	$\rho_m^{1,5} d^{0,8}/30$
Bulloni	$\rho_m^{1,5} d^{0,8}/35$

Tavola 12 Modulo di scorrimento per collegamenti meccanici. ρ_m è la massa volumica media del legno e d è il diametro dell'elemento di collegamento meccanico.

Conclusioni

Un vasto corpus di rigorose normative per la progettazione e l'esecuzione ed il collaudo delle strutture di legno è attualmente in dirittura di arrivo, sia a livello nazionale con la norma NICOLE, sia a livello Europeo con l'Eurocodice 5 e le norme EN di prodotto collegate. Questo permetterà di dare un ulteriore impulso all'uso del legno nel nostro paese, infondendo più confidenza a costruttori, progettisti ed utenti nell'affidabilità del legno come materiale da costruzione.

Testo di riferimento:

G. Giordano, A. Ceccotti, L. Uzielli : " Tecnica delle costruzioni in legno", Hoepli ed., Milano, 1999.

Alcune Norme di utile riferimento:

- *norme di calcolo*

UNI ENV 1995-1-1: "Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici", Milano, 1994

UNI ENV 1995-1-2: " Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1.2: Regole generali, progettazione strutturale contro l'incendio", Milano 1996

UNI ENV 1995-2: " Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte2: Ponti", Milano, 1999.

- *norme di prodotto*

legno strutturale:

UNI EN 336: "Legno strutturale - Conifere e Pioppo - Dimensioni - Scostamenti ammissibili"

UNI EN 338: "Legno strutturale - Classi di resistenza"

UNI EN 384: "Legno strutturale - Determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e della massa volumica"

UNI EN 408: "Legno strutturale e legno lamellare incollato - Determinazione di alcune proprietà fisico meccaniche"

UNI EN 518: "Legno strutturale - Classificazione - Requisiti per le norme di classificazione a vista secondo la resistenza"

UNI EN 519: "Legno strutturale - Classificazione - Requisiti per il legno classificato a macchina secondo la resistenza e per le macchine classificatrici"

UNI EN 1912: "Legno strutturale - Classi di resistenza - Assegnazione delle categorie e specie legnose"

legno lamellare incollato:

UNI EN 390: "Legno lamellare incollato - Dimensioni - Scostamenti ammissibili"

UNI EN 391: "Legno lamellare incollato - Prova di delaminazione delle superfici di incollaggio"

UNI EN 392: "Legno lamellare incollato - Prova di resistenza a taglio delle superfici di incollaggio"

UNI EN 386: "Legno lamellare incollato - Requisiti prestazionali e requisiti minimi di produzione"

UNI EN 408: "Legno strutturale e legno lamellare incollato - Determinazione di alcune proprietà fisico meccaniche"

UNI EN 1194: "Legno lamellare incollato - Classi di resistenza e determinazione dei valori caratteristici"