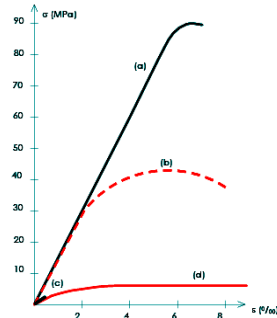


valori caratteristici di resistenza del legno" ntc 2018

Proprietà di resistenza			Proprietà di modulo elastico			Massa volumica		
Flessione		$f_{m,k}$	Modulo elastico parallelo medio **		$E_{0,mean}$	Massa volumica caratteristica		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		$f_{v,k}$						

* La massa volumica media può non essere dichiarata.

** Il pedice mean può essere abbreviato con m



curva sforzi-deformazioni Legno di conifera

curva "a" : per tensioni di trazione parallele alla direzione delle fibre,

curva "b" : per tensioni di compressione parallele alla direzione delle fibre,

curva "c" : per tensioni di trazione ortogonali alla direzione delle fibre,

curva "d" : per tensioni di compressione ortogonali alla direzione delle fibre,

tratt da "Progettare le strutture in legno lamellare in Italia" prof. M. Piazza

§ 4.4.6. RESISTENZA DI PROGETTO

$$X_d = \frac{K_{mod} \cdot X_k}{\gamma_M}$$

dove:

X_k → è il valore caratteristico della proprietà del materiale, come specificato al § 11.7, o della resistenza del collegamento. Il valore caratteristico X_k può anche essere determinato mediante prove sperimentali sulla base di prove svolte in condizioni definite dalle norme europee applicabili, come riportato nel paragrafo 11.7;

γ_M → è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale, i cui valori sono riportati nella Tab. 4.4.III;

k_{mod} → è un coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto, sui parametri di resistenza, sia della durata del carico sia dell'umidità della struttura. I valori di k_{mod} sono forniti nella Tab. 4.4.IV.

$$X_d = \frac{K_{mod} \cdot X_k}{\gamma_M} \cdot kh$$

legno lamellare

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{600}{h} \right)^{0.1} : 1.1 \right\}$$

legno massiccio

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0.2} : 1.3 \right\}$$

per elementi sottoposti a flessione o a trazione parallela alla fibratura che presentino rispettivamente una altezza o il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 150 mm per il legno massiccio e 600 mm per il legno lamellare, i valori caratteristici $f_{m,k}$ e $f_{t,0,k}$, indicati nei profili resistenti possono essere incrementati tramite il coefficiente moltiplicativo kh , così definito:

Tabella 4.4.IV -Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico				
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio	EN 14081-1	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
Legno lamellare incollato	EN 14080	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
		3	0.50	0.55	0.65	0.65	0.90

Tabella 4.4.I - Classi di durata del carico

Classe di durata del carico		esempio	Se una combinazione di carico comprende azioni appartenenti a differenti classi di durata del carico si dovrà scegliere un valore di k_{mod} che corrisponde all'azione di minor durata.
Permanente	più di 10 anni	peso proprio	
Lunga durata	6 mesi -10 anni	carichi nei depositi	
Media durata	1 settimana - 6 mesi	carichi di servizio in generale	
Breve durata	meno di 1 settimana	neve (in parte)	
Istantaneo	--	carichi accidentali, vento	

Tab. 4.4.III - Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali

Stati limite ultimi	Col. A	Col. B	Il coefficiente γ_M è valutato secondo la colonna A della tabella 4.4.III. Si possono assumere i valori riportati nella colonna B per produzioni continuative di elementi o strutture, soggette a controllo continuativo del materiale dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valor medio) della resistenza non superiore al 15%.
combinazioni fondamentali	γ_M	γ_M	
legno massiccio	1.50	1.45	
legno lamellare incollato	1.45	1.35	
pannelli di tavole incollate a strati incrociati	1.45	1.35	
pannelli di particelle o di fibre 1,50 1,40	1.50	1.40	

Tab. 4.4.II - Classi di servizio

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

Tab. 4.4.V -Valori di k_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale Riferimento	Classe di servizio			Il coefficiente k_{def} tiene conto dell'aumento di deformabilità con il tempo causato dall'effetto combinato della viscosità, dell'umidità del materiale e delle sue variazioni.
	1	2	3	
Legno massiccio UNI EN 14081-1	0.6	0.8	2	La deformazione a lungo termine può essere calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici ridotti opportunamente mediante il fattore $1/(1+k_{def})$.
Legno lamellare incollato * UNI EN 1408	0.6	0.8	2	

UNI EN 338-2016 (conifere e di pioppo Classe C)

		Conifere – Classi “C”											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Resistenze [MPa]		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
flessione	$f_{m,k}$	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	27.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00
trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	7.20	8.50	10.00	11.50	13.00	14.50	16.50	19.00	22.50	26.00	30.00	33.50
trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	24.00	25.00	27.00	29.00	30.00
compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	2.00	2.20	2.20	2.30	2.40	2.50	2.50	2.70	2.70	2.80	2.90	3.00
taglio	$f_{v,k}$	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Modulo elastico [GPa]		kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²
modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	7.00	8.00	9.00	9.50	10.00	11.00	11.50	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,05}$	4.70	5.40	6.00	6.40	6.70	7.40	7.70	8.00	8.70	9.40	10.10	10.70
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	$E_{90,mean}$	0.23	0.27	0.30	0.32	0.33	0.37	0.38	0.40	0.43	0.47	0.50	0.53
modulo di taglio medio	G_{mean}	0.44	0.50	0.56	0.59	0.63	0.69	0.72	0.75	0.81	0.88	0.94	1.00
Massa volumica [kg/m ³]		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
massa volumica caratteristica	ρ_k	290.00	310.00	320.00	330.00	340.00	350.00	360.00	380.00	390.00	400.00	410.00	430.00
massa volumica media	ρ_m	350.00	370.00	380.00	400.00	410.00	420.00	430.00	460.00	470.00	480.00	490.00	520.00

I valori riportati all'interno della UNI EN 338:2016 si riferiscono a legname in equilibrio igrometrico con l'ambiente caratterizzato dal 65% di umidità e 20°C di temperatura (quindi un legno avente circa il 12% di umidità).

I valori a taglio sono desunti da elementi privi di fessurazioni come indicato nella norma UNI EN 408 (a cui quindi deve applicarsi kcr secondo quanto previsto dall'Eurocodice 5).

Un elemento classificato come “C” può indifferentemente lavorare di “coltello” o di “piatto

UNI EN 338-2016 (Latifoglie – Classi “D”)
Latifoglie – Classi “D”

		D18	D24	D27	D30	D35	D40	D45	D50	D55	D60	D65	D70	D75	D80
Resistenze [MPa]		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
flessione	$f_{m,k}$	18.00	24.00	27.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00
trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	11.00	14.00	16.00	18.00	21.00	24.00	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00
trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	18.00	21.00	22.00	24.00	25.00	27.00	29.00	30.00	32.00	33.00	35.00	36.00	37.00	38.00
compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	4.80	4.90	5.10	5.30	5.40	5.50	5.80	6.20	6.60	10.50	11.30	12.00	12.80	13.50
taglio	$f_{v,k}$	3.50	3.70	3.80	3.90	4.10	4.20	4.40	4.50	4.70	4.80	5.00	5.00	5.00	5.00
Modulo elastico [GPa]		kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²
modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	9.50	10.00	10.50	11.00	12.00	13.00	13.50	14.00	15.50	17.00	18.50	20.00	22.00	24.00
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,05}$	8.00	8.40	8.80	9.20	10.10	10.90	11.30	11.80	13.00	14.30	15.50	16.80	18.50	20.20
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	$E_{90,mean}$	0.63	0.67	0.70	0.73	0.80	0.87	0.90	0.93	1.03	1.13	1.23	1.33	1.47	1.60
modulo di taglio medio	G_{mean}	0.59	0.63	0.66	0.69	0.75	0.81	0.84	0.88	0.97	1.06	1.16	1.25	1.38	1.50
Massa volumica [kg/m³]		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
massa volumica caratteristica	ρ_k	475.00	485.00	510.00	530.00	540.00	550.00	580.00	620.00	660.00	700.00	750.00	800.00	850.00	900.00
massa volumica media	ρ_m	570.00	580.00	610.00	640.00	650.00	660.00	700.00	740.00	790.00	840.00	900.00	960.00	1020.00	1080.00

I valori riportati all'interno della UNI EN 338:2016 si riferiscono a legname in equilibrio igrometrico con l'ambiente caratterizzato dal 65% di umidità e 20°C di temperatura (quindi un legno avente circa il 12% di umidità).

I valori a taglio sono desunti da elementi privi di fessurazioni come indicato nella norma UNI EN 408 (a cui quindi deve applicarsi kcr secondo quanto previsto dall'Eurocodice 5).

la UNI EN 338: 2016, prevede per le latifoglie (come pioppo e castagno) l'attribuzione delle tipologie di specie sopra menzionate alle classi “Cxx” e “Txx” (tipiche delle conifere) in alternativa alle classe “Dxx”.

UNI EN 338-2016 (Conifere – Classi “T”)

		T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T14.5	T15	T16	T18	T21	T22	T24	T26	T27	T28	T30
Resistenze [MPa]		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
flessione	$f_{m,k}$	13.50	14.50	16.00	17.00	18.00	19.50	20.50	21.00	22.00	23.00	25.50	29.00	30.50	33.00	35.00	36.50	37.50	40.00
trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	14.50	15.00	16.00	18.00	21.00	22.00	24.00	26.00	27.00	28.00	30.00
trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	16.00	17.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	21.00	21.00	22.00	23.00	25.00	26.00	27.00	28.00	29.00	29.00	30.00
compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	2.00	2.10	2.20	2.20	2.30	2.40	2.50	2.50	2.50	2.60	2.70	2.70	2.70	2.80	2.90	2.90	2.90	3.00
taglio	$f_{v,k}$	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Modulo elastico [GPa]		kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²	kN/mm ²
modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	7.00	7.50	8.00	9.00	9.50	10.00	11.00	11.00	11.50	11.50	12.00	13.00	13.00	13.50	14.00	15.00	15.00	15.50
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,05}$	4.70	5.00	5.40	6.00	6.40	6.70	7.40	7.40	7.70	7.70	8.00	8.70	8.70	9.00	9.40	10.10	10.10	10.40
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	$E_{90,mean}$	0.23	0.25	0.27	0.30	0.32	0.33	0.37	0.37	0.38	0.38	0.40	0.43	0.43	0.45	0.47	0.50	0.50	0.52
modulo di taglio medio	G_{mean}	0.44	0.47	0.50	0.56	0.59	0.63	0.69	0.69	0.72	0.72	0.75	0.81	0.81	0.84	0.88	0.94	0.94	0.97
Massa volumica [kg/m ³]		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
massa volumica caratteristica	ρ_k	290.00	300.00	310.00	320.00	330.00	340.00	350.00	350.00	370.00	370.00	380.00	390.00	390.00	400.00	410.00	410.00	420.00	430.00
massa volumica media	ρ_m	350.00	360.00	370.00	380.00	400.00	410.00	420.00	420.00	440.00	440.00	460.00	470.00	470.00	480.00	490.00	490.00	500.00	520.00

I valori riportati all'interno della UNI EN 338:2016 si riferiscono a legname in equilibrio igrometrico con l'ambiente caratterizzato dal 65% di umidità e 20°C di temperatura (quindi un legno avente circa il 12% di umidità).

I valori a taglio sono desunti da elementi privi di fessurazioni come indicato nella norma UNI EN 408 (a cui quindi deve applicarsi kcr secondo quanto previsto dall'Eurocodice 5).

Classi a trazione “T”

Sono state introdotte le classi “Txx” dedicate alle conifere, dove xx indica il valore caratteristico ottenuto da prove eseguite a trazione per elementi che in esercizio lavorano di piatto.

Il presente sistema di classi di resistenza nasce con l'intento di massimizzare le proprietà meccaniche del legno soprattutto per quanto riguarda gli assortimenti che lavorano principalmente a trazione (ad es. una tavola che costituisce il profilo di un elemento di legno lamellare).

Proprietà	Abete/Italia			Pino laricio/Italia			Larice/Nord Italia			Douglasia/Italia		Altre conifere/Italia			Castagno/Italia	Querce caducifoglie/Italia	Pioppo e Ontano/Italia	Altre latifoglie/Italia	
	Corrispondenza con le Classi di resistenza della UNI EN 338																		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2/S3	S1	S2	S3	S	S	S	S	
Resistenze [MPa]		N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²
Flessione (5-percentile), MPa		f _{m,k}	25.00	18.00	40.00	22.00	15.00		23.00	18.00	35.00	22.00	33.00	26.00	22.00	28.00	42.00	26.00	27.00
Trazione parallela alla fibratura (5-percentile), MPa		f _{t,0,k}	15.00	11.00	24.00	13.00	9.00		14.00	11.00	21.00	13.00	20.00	16.00	13.00	17.00	25.00	16.00	16.00
Trazione perpendicolare alla fibratura (5-percentile), MPa		f _{t,90,k}	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40		0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.60	0.60	0.60	0.60
Compressione parallela alla fibratura (5-percentile), MPa		f _{c,0,k}	21.00	18.00	26.00	20.00	17.00		20.00	18.00	25.00	20.00	24.00	22.00	20.00	22.00	27.00	22.00	22.00
Compressione perpendi-colare alla fibratura (5-percentile), MPa		f _{c,90,k}	2.60	2.60	3.20	3.00	3.00		3.60	3.60	3.20	2.90	3.70	3.70	3.70	7.30	11.00	6.30	7.70
Taglio (5-percentile), MPa		f _{v,k}	4.00	3.40	4.00	3.80	3.00		3.80	3.40	4.00	3.80	4.00	4.00	3.80	4.00	4.00	2.70	4.00
Modulo elastico [GPa]		kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (medio), MPa (x 10 ¹)		E _{0,mean}	11.80	10.50	15.00	12.00	11.00		12.50	11.50	15.80	13.00	12.30	11.40	10.50	12.50	12.00	8.00	11.50
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (5-percentile), MPa (x 10 ³)		E _{0,05}	7.90	7.00	10.00	8.00	7.40		8.40	7.70	11.00	8.70	8.20	7.60	7.00	10.50	10.10	6.70	9.70
Modulo di elasticità perpendicolare alla fibratura -(medio), MPa (x 10 ²)		E _{90,mean}	0.39	0.35	0.50	0.40	0.37		0.42	0.38	0.53	0.43	0.41	0.38	0.35	0.83	0.80	0.53	0.77
Modulo di taglio (medio), MPa (x 10 ²)		G _{mean}	0.74	0.66	0.94	0.75	0.69		0.78	0.72	0.99	0.81	0.77	0.71	0.66	0.78	0.75	0.50	0.72
Massa volumica [kg/m³]		kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³
Massa volumica (5-percentile), kg/m³		ρ _k	375.00	375.00	455.00	425.00	430.00		510.00	520.00	450.00	415.00	530.00	530.00	530.00	485.00	760.00	420.00	515.00
Massa volumica (media), kg/m³		ρ _{mean}	450.00	450.00	550.00	520.00	520.00		610.00	620.00	540.00	500.00	575.00	575.00	575.00	580.00	825.00	460.00	560.00

La presente norma può essere applicata a elementi lignei già in opera, purché siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- l'elemento in opera deve appartenere a uno dei tipi di legname previsti nella presente norma;
- la visibilità e l'accessibilità dell'elemento deve essere estesa ad almeno tre facce e a una delle due testate;
- non rientrino in ambito della UNI 11119.

La presente norma soddisfa tutti i requisiti previsti dalla UNI EN 14081-1 per le regole di classificazione a vista secondo la resistenza.

EN 14080: 2013 "strutture di legno - legno lamellare incollato"

Elementi in legno lamellare (§3.17): elementi strutturali composti da almeno due lamelle aventi fibratura indicativamente parallela con spessore delle stesse compreso tra i 6mm e i 45 mm (incluso)

Proprietà		GL20h	GL22h	GL24h	GL26h	GL28h	GL30h	GL32h
Resistenze (MPa)		N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²
Flessione	f _{m,g,k}	20.00	22.00	24.00	26.00	28.00	30.00	32.00
trazione parallela alla fibratura	f _{t,0,g,k}	16.00	17.60	19.20	20.80	22.30	24.00	25.60
trazione perpendicolare alla fibratura	f _{t,90,g,k}	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
compressione parallela alla fibratura	f _{c,0,g,k}	20.00	22.00	24.00	26.00	28.00	30.00	32.00
compressione perpendicolare alla fibratura	f _{c,90,g,k}	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Taglio	f _{v,g,k}	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Rototaglio	f _{r,g,k}	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Modulo elastico [GPa]		N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²
modulo elastico medio parallelo alle fibre	E _{0,g,mean}	8,400.00	10,500.00	11,500.00	12,100.00	12,600.00	13,600.00	14,200.00
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	E _{0,g,05}	7,000.00	8,800.00	9,600.00	10,100.00	10,500.00	11,300.00	11,800.00
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	E _{90,g,mean}	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
modulo elastico caratteristico perpendicolare alle fibre	E _{90,g,05}	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
modulo di taglio medio	G _{g,mean}	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00
modulo di taglio caratteristico	G _{g,05}	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00
Modulo a rototaglio medio	G _{r,g,mean}	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00
Modulo a rototaglio caratteristico	G _{r,g,05}	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00
Massa volumica [kg/m³]		kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³
massa volumica caratteristica	ρ _{g,k}	340.00	370.00	385.00	405.00	425.00	430.00	440.00
massa volumica media	ρ _{g,mean}	370.00	410.00	420.00	445.00	460.00	480.00	490.00

EN 14080: 2013 "strutture di legno - legno massiccio incollato"

Elementi in legno massiccio incollato (§3.15): elementi strutturali con dimensioni della sezione trasversale non superiore a 280 mm, composti da 2 a 5 lamelle aventi la stessa classe di resistenza, andamento della fibratura pressoché parallelo e uno spessore delle tavole compreso tra 45 mm e 85 mm (incluso).

Proprietà	Simbolo	GL20c	GL22c	GL24c	GL26c	GL28c	GL30c	GL32c
Resistenze (MPa)		N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²
Flessione	f _{m,g,k}	20.00	22.00	24.00	26.00	28.00	30.00	32.00
trazione parallela alla fibratura	f _{t,0,g,k}	15.00	16.00	17.00	19.00	19.50	19.50	19.50
trazione perpendicolare alla fibratura	f _{t,90,g,k}	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
compressione parallela alla fibratura	f _{c,0,g,k}	18.50	20.00	21.50	23.50	24.00	24.50	24.50
compressione perpendicolare alla fibratura	f _{c,90,g,k}	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Taglio	f _{v,g,k}	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Rototaglio	f _{r,g,k}	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Modulo elastico [GPa]		N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²
modulo elastico medio parallelo alle fibre	E _{0,g,mean}	10,400.00	10,400.00	11,000.00	12,000.00	12,500.00	13,000.00	13,500.00
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	E _{0,g,05}	8,600.00	8,600.00	9,100.00	10,000.00	10,400.00	10,800.00	11,200.00
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	E _{90,g,mean}	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
modulo elastico caratteristico perpendicolare alle fibre	E _{90,g,05}	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
modulo di taglio medio	G _{g,mean}	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00
modulo di taglio caratteristico	G _{g,05}	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00
Modulo a rototaglio medio	G _{r,g,mean}	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00
Modulo a rototaglio caratteristico	G _{r,g,05}	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00
Massa volumica [kg/m³]		kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³
massa volumica caratteristica	ρ _{g,k}	355.00	355.00	365.00	385.00	390.00	390.00	400.00
massa volumica media	ρ _{g,mean}	390.00	390.00	400.00	420.00	420.00	430.00	440.00

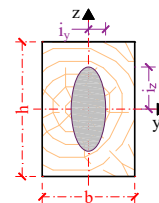
rototaglio

Si premette che al punto 6.1.7 dell'eurocodice EN 1995-1-1 è presente una nota che specifica che "la resistenza a taglio per rotolamento (rolling shear) è approssimativamente uguale al doppio della resistenza a trazione in direzione perpendicolare alla fibratura". Il fatto che nei profili prestazionali del lamellare siano state introdotte caratteristiche legate al rolling shear è quindi una novità parziale.

Il fatto che negli ultimi anni il "rolling shear" abbia assunto un'importanza maggiore è principalmente legato alle verifiche nei pannelli XLAM. Nelle risposte collegate trova alcuni esempi di utilizzo.

legno massiccio

b	h	A	Jy	Wy	iy	Jz	Wz	iz	b/h	kh
cm	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm		
12.00	12.00	144.00	1,728.00	288.00	3.46	1,728.00	288.00	3.46	1.00	1.05
13.00	16.00	208.00	4,437.33	554.67	4.62	2,929.33	450.67	3.75	0.81	1.00
15.00	18.00	270.00	7,290.00	810.00	5.20	5,062.50	675.00	4.33	0.83	1.00
18.00	22.00	396.00	15,972.00	1,452.00	6.35	10,692.00	1,188.00	5.20	0.82	1.00
20.00	24.00	480.00	23,040.00	1,920.00	6.93	16,000.00	1,600.00	5.77	0.83	1.00
22.00	26.00	572.00	32,222.67	2,478.67	7.51	23,070.67	2,097.33	6.35	0.85	1.00
26.00	30.00	780.00	58,500.00	3,900.00	8.66	43,940.00	3,380.00	7.51	0.87	1.00



$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0.2} : 1.3 \right\}$$

kh = 1.3 per h ≤ 4 cm



Travi
Abete A
Cuore
Spaccato



Travi
Abete Con
Cuore

b	h	A	Jy	Wy	iy	Jz	Wz	iz	b/h	kh
cm	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm		
12	16	192.00	4096.00	512.00	4.62	2304.00	384.00	3.46	0.75	1.00
14	19	266.00	8002.17	842.33	5.48	4344.67	620.67	4.04	0.74	1.00
16	21	336.00	12348.00	1176.00	6.06	7168.00	896.00	4.62	0.76	1.00
16	24	384.00	18432.00	1536.00	6.93	8192.00	1024.00	4.62	0.67	1.00
18	26	468.00	26364.00	2028.00	7.51	12636.00	1404.00	5.20	0.69	1.00
21	26	546.00	30758.00	2366.00	7.51	20065.50	1911.00	6.06	0.81	1.00
23	30	690.00	51750.00	3450.00	8.66	30417.50	2645.00	6.64	0.77	1.00
26	36	936.00	101088.00	5616.00	10.39	52728.00	4056.00	7.51	0.72	1.00
31	40	1240.00	165333.33	8266.67	11.55	99303.33	6406.67	8.95	0.78	1.00

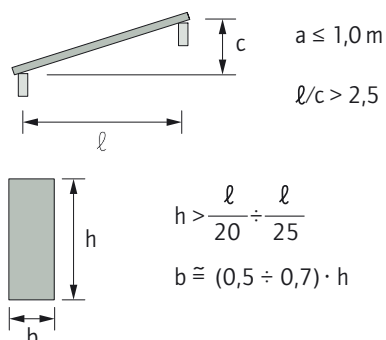
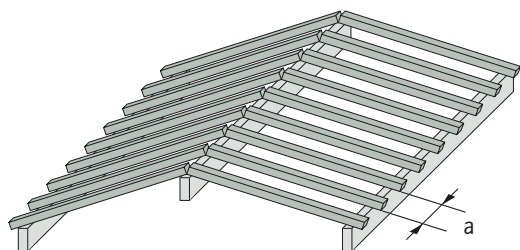
Legno Lammellare Incollato prodotti commerciali

spessore lamelle da 30 mm a 42 mm

b	h	A	Jy	Wy	iy	Jz	Wz	iz	b/h	kh	Lunghezza			
cm	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm			m	m	m	m
6	12	72.00	864.00	144.00	3.46	216.00	72.00	1.73	0.50	1.10	12.0			
6	14	84.00	1,372.00	196.00	4.04	252.00	84.00	1.73	0.43	1.10	12.0			
6	16	96.00	2,048.00	256.00	4.62	288.00	96.00	1.73	0.38	1.10	12.0			
6	20	120.00	4,000.00	400.00	5.77	360.00	120.00	1.73	0.30	1.10	12.0			
8	10	80.00	666.67	133.33	2.89	426.67	106.67	2.31	0.80	1.10	12.0			
8	12	96.00	1,152.00	192.00	3.46	512.00	128.00	2.31	0.67	1.10	12.0			
8	14	112.00	1,829.33	261.33	4.04	597.33	149.33	2.31	0.57	1.10	12.0			
8	16	128.00	2,730.67	341.33	4.62	682.67	170.67	2.31	0.50	1.10	12.0			
8	18	144.00	3,888.00	432.00	5.20	768.00	192.00	2.31	0.44	1.10	12.0			
8	20	160.00	5,333.33	533.33	5.77	853.33	213.33	2.31	0.40	1.10	12.0			
10	10	100.00	833.33	166.67	2.89	833.33	166.67	2.89	1.00	1.10	12.0	13.5		
10	12	120.00	1,440.00	240.00	3.46	1,000.00	200.00	2.89	0.83	1.10	12.0	13.5		
10	14	140.00	2,286.67	326.67	4.04	1,166.67	233.33	2.89	0.71	1.10	12.0	13.5		
10	16	160.00	3,413.33	426.67	4.62	1,333.33	266.67	2.89	0.63	1.10	12.0	13.5		
10	18	180.00	4,860.00	540.00	5.20	1,500.00	300.00	2.89	0.56	1.10	12.0	13.5		
10	20	200.00	6,666.67	666.67	5.77	1,666.67	333.33	2.89	0.50	1.10	12.0	13.5		
10	22	220.00	8,873.33	806.67	6.35	1,833.33	366.67	2.89	0.45	1.10	12.0	13.5		
10	24	240.00	11,520.00	960.00	6.93	2,000.00	400.00	2.89	0.42	1.10	12.0	13.5		
12	12	144.00	1,728.00	288.00	3.46	1,728.00	288.00	3.46	1.00	1.10	12.0	13.5		
12	14	168.00	2,744.00	392.00	4.04	2,016.00	336.00	3.46	0.86	1.10	12.0	13.5		
12	16	192.00	4,096.00	512.00	4.62	2,304.00	384.00	3.46	0.75	1.10	12.0	13.5		
12	18	216.00	5,832.00	648.00	5.20	2,592.00	432.00	3.46	0.67	1.10	12.0	13.5		
12	20	240.00	8,000.00	800.00	5.77	2,880.00	480.00	3.46	0.60	1.10	12.0	13.5		
12	22	264.00	10,648.00	968.00	6.35	3,168.00	528.00	3.46	0.55	1.10	12.0	13.5		
12	24	288.00	13,824.00	1,152.00	6.93	3,456.00	576.00	3.46	0.50	1.10	12.0	13.5		
12	28	336.00	21,952.00	1,568.00	8.08	4,032.00	672.00	3.46	0.43	1.09	12.0	13.5		
14	14	196.00	3,201.33	457.33	4.04	3,201.33	457.33	4.04	1.00	1.10	12.0	13.5	16.0	
14	16	224.00	4,778.67	597.33	4.62	3,658.67	522.67	4.04	0.88	1.10	12.0	13.5	16.0	
14	18	252.00	6,804.00	756.00	5.20	4,116.00	588.00	4.04	0.78	1.10	12.0	13.5	16.0	
14	20	280.00	9,333.33	933.33	5.77	4,573.33	653.33	4.04	0.70	1.10	12.0	13.5	16.0	
14	22	308.00	12,422.67	1,129.33	6.35	5,030.67	718.67	4.04	0.64	1.10	12.0	13.5	16.0	
14	24	336.00	16,128.00	1,344.00	6.93	5,488.00	784.00	4.04	0.58	1.10	12.0	13.5	16.0	
14	28	392.00	25,610.67	1,829.33	8.08	6,402.67	914.67	4.04	0.50	1.09	12.0	13.5	16.0	
14	32	448.00	38,229.33	2,389.33	9.24	7,317.33	1,045.33	4.04	0.44	1.07	12.0	13.5	16.0	
14	36	504.00	54,432.00	3,024.00	10.39	8,232.00	1,176.00	4.04	0.39	1.06	12.0	13.5	16.0	
14	40	560.00	74,666.67	3,733.33	11.55	9,146.67	1,306.67	4.04	0.35	1.05	12.0	13.5	16.0	
16	16	256.00	5,461.33	682.67	4.62	5,461.33	682.67	4.62	1.00	1.10	12.0	13.5	16.0	18.0
16	20	320.00	10,666.67	1,066.67	5.77	6,826.67	853.33	4.62	0.80	1.10	12.0	13.5	16.0	18.0
16	22	352.00	14,197.33	1,290.67	6.35	7,509.33	938.67	4.62	0.73	1.10	12.0	13.5	16.0	18.0
16	24	384.00	18,432.00	1,536.00	6.93	8,192.00	1,024.00	4.62	0.67	1.10	12.0	13.5	16.0	18.0
16	26	416.00	23,434.67	1,802.67	7.51	8,874.67	1,109.33	4.62	0.62	1.10	12.0	13.5	16.0	18.0
16	28	448.00	29,269.33	2,090.67	8.08	9,557.33	1,194.67	4.62	0.57	1.09	12.0	13.5	16.0	18.0
16	32	512.00	43,690.67	2,730.67	9.24	10,922.67	1,365.33	4.62	0.50	1.07	12.0	13.5	16.0	18.0
16	36	576.00	62,208.00	3,456.00	10.39	12,288.00	1,536.00	4.62	0.44	1.06	12.0	13.5	16.0	18.0
16	40	640.00	85,333.33	4,266.67	11.55	13,653.33	1,706.67	4.62	0.40	1.05	12.0	13.5	16.0	18.0
18	18	324.00	8,748.00	972.00	5.20	8,748.00	972.00	5.20	1.00	1.10	12.0	13.5	16.0	18.0
18	24	432.00	20,736.00	1,728.00	6.93	11,664.00	1,296.00	5.20	0.75	1.10	12.0	13.5	16.0	18.0
18	28	504.00	32,928.00	2,352.00	8.08	13,608.00	1,512.00	5.20	0.64	1.09	12.0	13.5	16.0	18.0
18	36	648.00	69,984.00	3,888.00	10.39	17,496.00	1,944.00	5.20	0.50	1.06	12.0	13.5	16.0	18.0
20	20	400.00	13,333.33	1,333.33	5.77	13,333.33	1,333.33	5.77	1.00	1.10	12.0	13.5	16.0	18.0
20	24	480.00	23,040.00	1,920.00	6.93	16,000.00	1,600.00	5.77	0.83	1.10	12.0	13.5	16.0	18.0
20	28	560.00	36,586.67	2,613.33	8.08	18,666.67	1,866.67	5.77	0.71	1.09	12.0	13.5	16.0	18.0
20	32	640.00	54,613.33	3,413.33	9.24	21,333.33	2,133.33	5.77	0.63	1.07	12.0	13.5	16.0	18.0
20	40	800.00	106,666.67	5,333.33	11.55	26,666.67	2,666.67	5.77	0.50	1.05	12.0	13.5	16.0	18.0
24	24	576.00	27,648.00	2,304.00	6.93	27,648.00	2,304.00	6.93	1.00	1.10	12.0	13.5	16.0	18.0

Predimensionamento delle strutture semplici

"Falsi puntoni" della copertura di un tetto a falde con arcarecci



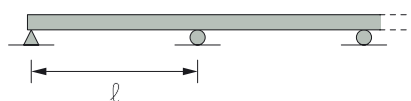
Travi della struttura portante principale:
 arcarecci, capriate, portali
 Trave semplice



$$h > \frac{l}{15} \div \frac{l}{17}$$

$$l \cong 5 - 30 \text{ m}$$

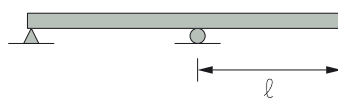
Trave continua su più appoggi



$$h > \frac{l}{18} \div \frac{l}{20}$$

$$l \cong 5 - 30 \text{ m}$$

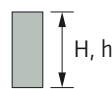
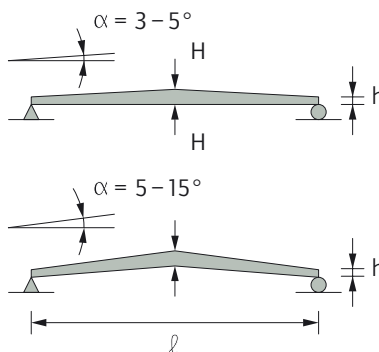
Trave a sbalzo



$$h > \frac{l}{10}$$

$$l < 15 \text{ m}$$

Trave a doppia rastremazione – trave centinata

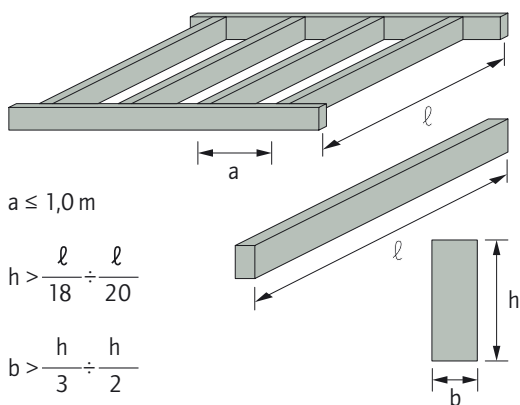


$$H \cong \frac{l}{14} \div \frac{l}{16}$$

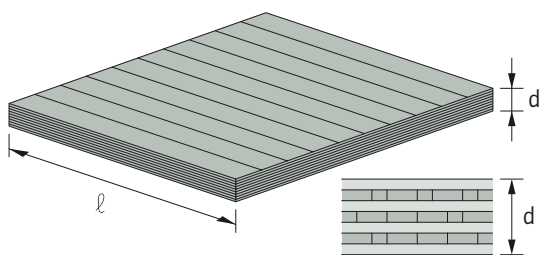
$$h \cong \frac{l}{25} \div \frac{l}{30}$$

$$l \cong 10 - 30 \text{ m}$$

Travatura di solaio ad uso abitazione

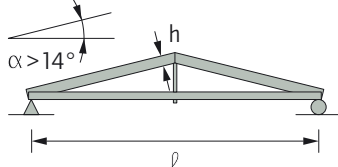


Soletta massiccia per uso abitazione e ufficio
 dove l è la luce massima dell'elemento considerato



$$d > \frac{l}{35} \div \frac{l}{40}$$

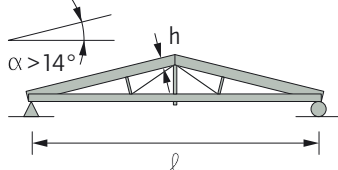
Capriata a tre cerniere con tirante



$$h \cong \frac{l}{30}$$

$$l \cong 10 - 50 \text{ m}$$

Capriata a tre cerniere con tirante e saette



$$h \cong \frac{l}{40}$$

$$l > 20 \text{ m}$$

4.4.8.1 VERIFICHE DI RESISTENZA

Le tensioni interne si possono calcolare nell'ipotesi di conservazione delle sezioni piane e di una relazione lineare tra tensioni e deformazioni fino alla rottura

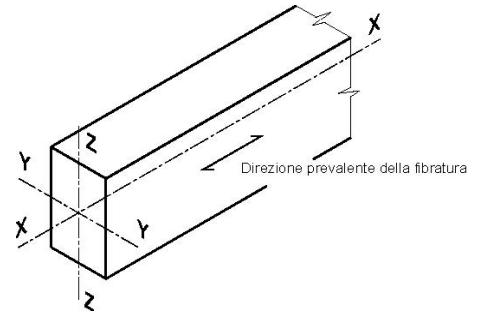


Fig. 4.4.1 - Assi dell'elemento

4.4.8.1.1 Trazione parallela alla fibratura

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \quad [4.4.2]$$

dove:

$\sigma_{t,0,d}$ è la tensione di progetto a trazione parallela alla fibratura valutata sulla sezione netta;

$f_{t,0,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto (formula 4.4.1), determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_{lv} , come definito al § 11.7.1.1.

Nelle giunzioni di estremità si dovrà tener conto dell'eventuale azione flettente indotta dall'eccentricità dell'azione di trazione attraverso il giunto: tali azioni secondarie potranno essere computate, in via approssimata, attraverso una opportuna riduzione della resistenza di progetto a trazione.

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,0}}{A_n}$$

4.4.8.1.2 Trazione perpendicolare alla fibratura

Nella verifica degli elementi si dovrà opportunamente tener conto del volume effettivamente sollecitato a trazione. Per tale verifica si dovrà far riferimento a normative di comprovata validità.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella verifica degli elementi soggetti a forze trasversali applicate in prossimità dei bordi della sezione in direzione tale da indurre tensione di trazione perpendicolare alla fibratura.

$$\sigma_{t,90,d} = \frac{N_{t,90}}{A_n}$$

4.4.8.1.3 Compressione parallela alla fibratura

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad [4.4.3]$$

dove:

$\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di progetto a compressione parallela alla fibratura;

$f_{c,0,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto (formula 4.4.1).

Deve essere inoltre effettuata la verifica di stabilità per elementi compressi, come definita al § 4.4.8.2.2.

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,0}}{A}$$

4.4.8.1.4 Compressione perpendicolare alla fibratura

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\sigma_{c,90,d} \leq f_{c,90,d} \quad [4.4.4]$$

dove:

$\sigma_{c,90,d}$ è la tensione di progetto a compressione ortogonale alla fibratura;

$f_{c,90,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto (formula 4.4.1).

Nella valutazione di $\sigma_{c,90,d}$ è possibile tenere conto della ripartizione del carico nella direzione della fibratura lungo l'altezza della sezione trasversale dell'elemento. È possibile, con riferimento a normative di comprovata validità, tener conto di una larghezza efficace maggiore di quella di carico.

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_{c,90}}{A}$$

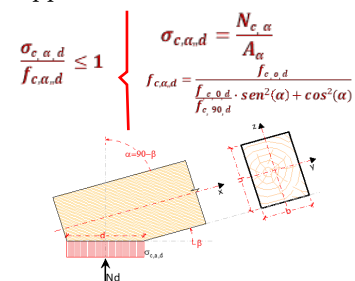
4.4.8.1.5 Compressione inclinata rispetto alla fibratura

Nel caso di tensioni di compressione agenti lungo una direzione inclinata rispetto alla fibratura si deve opportunamente tener conto della sua influenza sulla resistenza, facendo riferimento a normative di comprovata validità.

4.4.8.1.6 Flessione

Devono essere soddisfatte entrambe le condizioni seguenti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad [4.4.5a]$$



$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad [4.4.5b]$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z}$$

dove:

$\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ sono le tensioni di progetto massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy determinate assumendo una distribuzione elastico lineare delle tensioni sulla sezione (vedi Fig. 4.4.1);

$f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ sono le corrispondenti resistenze di progetto a flessione (formula 4.4.1), determinate tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_{lv} , come definito al § 11.7.1.1.

I valori da adottare per il coefficiente k_m , che tiene conto convenzionalmente della ridistribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale, sono:

- $k_m = 0,7$ per sezioni trasversali rettangolari;
- $k_m = 1,0$ per altre sezioni trasversali.

Deve essere inoltre effettuata la verifica di stabilità per elementi inflessi (svergolamento o instabilità flessio-torsionale), come definita al § 4.4.8.2.1.

4.4.8.1.7 Tensoflessione

Nel caso di sforzo normale di trazione accompagnato da sollecitazioni di flessione attorno ai due assi principali dell'elemento strutturale, devono essere soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad [4.4.6a]$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad [4.4.6b]$$

I valori di k_m da utilizzare sono quelli riportati al § 4.4.8.1.6.

Deve essere inoltre effettuata la verifica di stabilità per elementi inflessi (svergolamento o instabilità flessio-torsionale), come definita al § 4.4.8.2.1.

4.4.8.1.8 Pressoflessione

Nel caso di sforzo normale di compressione accompagnato da sollecitazioni di flessione attorno ai due assi principali dell'elemento strutturale, devono essere soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad [4.4.7a]$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad [4.4.7b]$$

I valori di k_m da utilizzare sono quelli riportati al precedente § 4.4.8.1.6.

Devono essere inoltre effettuate le verifiche di stabilità, come definite al § 4.4.8.2.

4.4.8.1.9 Taglio

Deve essere soddisfatta la condizione:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad [4.4.8]$$

$$\tau_{zx} = \frac{T_z \cdot S_y}{J_y \cdot d_y}$$

dove:

τ_d è la massima tensione tangenziale di progetto, valutata secondo la teoria di Jourawski, **considerando una larghezza di trave opportunamente ridotta per la presenza di eventuali fessurazioni**;

$f_{v,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto a taglio (formula 4.4.1).

Alle estremità della trave si potrà effettuare la verifica sopra indicata valutando in modo convenzionale τ_d , considerando nullo, ai fini del calcolo dello sforzo di taglio di estremità, il contributo di eventuali forze agenti all'interno del tratto di lunghezza pari all'altezza h della trave, misurato a partire dal bordo interno dell'appoggio, o all'altezza effettiva ridotta h_{eff} nel caso di travi con intagli.

Per la verifica di travi con intagli o rastremazioni di estremità si farà riferimento a normative di comprovata validità.

La resistenza a taglio per rotolamento delle fibre (rolling shear) si può assumere non maggiore di due volte la resistenza a trazione in direzione ortogonale alla fibratura.

4.4.8.1.10 Torsione

Deve essere soddisfatta la condizione:

$$\tau_{tor,d} \leq k_{sh} f_{v,d} \quad [4.4.9]$$

dove:

$\tau_{tor,d}$ è la massima tensione tangenziale di progetto per torsione;

k_{sh} è un coefficiente che tiene conto della forma della sezione trasversale;

$f_{v,d}$ è la resistenza di progetto a taglio (formula 4.4.1).

Per il coefficiente k_{sh} si possono assumere i valori:

$k_{sh} = 1,2$ per sezioni circolari piene;

$k_{sh} = 1 + 0,15 h/b \leq 2$ per sezioni rettangolari piene, di lati b e h , $b \leq h$;

$k_{sh} = 1$ per altri tipi di sezione.

sez. circolare $\rightarrow \tau_{tor,d} = M_t \frac{16}{\pi \cdot d^3}$

sez. rettangolare $\rightarrow \tau_{tor,d} = \alpha \cdot \frac{M_t}{b \cdot h^2}$

dove $\rightarrow \alpha = 3 + 1,8 \cdot a \cdot b$

4.4.8.1.11 Taglio e torsione

Nel caso di torsione accompagnata da taglio si può eseguire una verifica combinata adottando la formula di interazione:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{sh} f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1 \quad [4.4.10]$$

ove il significato dei simboli è quello riportato nei paragrafi corrispondenti alle verifiche a taglio e a torsione.

4.4.8.2 VERIFICHE DI STABILITÀ

Oltre alle verifiche di resistenza devono essere eseguite le verifiche necessarie ad accertare la sicurezza della struttura o delle singole membrature nei confronti di possibili fenomeni di instabilità, quali lo svergolamento delle travi inflesse (instabilità flessor-torsionale) e lo sbandamento laterale degli elementi compressi o pressoinflessi.

Nella valutazione della sicurezza all'instabilità occorre tener conto, per il calcolo delle tensioni per flessione, anche della curvatura iniziale dell'elemento, dell'eccentricità del carico assiale e delle eventuali deformazioni (frecce o controfrecce) imposte.

Per queste verifiche si devono utilizzare i valori caratteristici al frattile 5% per i moduli elastici dei materiali.

4.4.8.2.1 Elementi inflessi (instabilità di trave)

Nel caso di flessione semplice, con momento flettente agente attorno all'asse forte y della sezione (cioè nel piano ortogonale a quello di possibile svergolamento), con riferimento alla tensione dovuta al massimo momento agente nel tratto di trave compreso tra due successivi ritegni torsionali, deve essere soddisfatta la relazione:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad [4.4.11]$$

$\sigma_{m,d}$ tensione di progetto massima per flessione;

$k_{crit,m}$ coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di trave, per tener conto della riduzione di resistenza dovuta allo sbandamento laterale;

$f_{m,d}$ resistenza di progetto a flessione (formula 4.4.1), determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_h .

Per travi aventi una deviazione laterale iniziale rispetto alla rettilineità nei limiti di accettabilità del prodotto, si possono assumere i seguenti valori del coefficiente di tensione critica $k_{crit,m}$

$$k_{crit,m} = \begin{cases} 1 & \text{per } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m} & \text{per } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 & \text{per } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad [4.4.12]$$

sezione rettangolare con $h/b > 5$, essendo $J_{tor} = (h b^3)/3$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi}{l_{eff}} \cdot \frac{b^2}{h} \cdot E_{0,05} \cdot \sqrt{\frac{G_{0,05}}{E_{0,05}}}$$

$$M_{y,crit} = \frac{\pi}{l_{eff}} \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}$$

$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}}$ snellezza relativa di trave;

$f_{m,k}$ resistenza caratteristica a flessione (paragrafo 11.7.1.1);

$\sigma_{m,crit}$ tensione critica per flessione calcolata secondo la teoria classica della stabilità, con i valori dei moduli elastici caratteristici (frattile 5%) (paragrafo 11.7.1.1).

$$G_{0,05} = E_{0,05} \cdot \left(\frac{G_{mean}}{E_{0,mean}} \right)$$

4.4.8.2.2 Elementi compressi (instabilità di colonna)

Nel caso di asta soggetta solo a sforzo normale deve essere soddisfatta la condizione:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c} f_{c,0,d}} \leq 1 \quad [4.4.13]$$

Coefficiente β	2,00	1,00	0,75	0,65

$\sigma_{c,0,d}$ tensione di compressione di progetto per sforzo normale;

$f_{c,0,d}$ resistenza di progetto a compressione;

$k_{crit,c}$ coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di colonna valutato per il piano in cui assume il valore minimo.

Il coefficiente riduttivo $k_{crit,c}$ si calcola in funzione della snellezza relativa di colonna $\lambda_{rel,c}$, che vale:

$$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad [4.4.14]$$

$$\text{snellezza} \rightarrow \lambda = \frac{l_0}{\rho_{min}}$$

luce libera inflessione $\rightarrow l_0 = \beta \cdot l$

$$\text{raggio inerzia} \rightarrow \rho_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$$

$f_{c,0,k}$ resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura;

$\sigma_{c,crit}$ tensione critica calcolata secondo la teoria classica della stabilità, con i valori dei moduli elastici caratteristici (frattile 5%) (paragrafo 11.7.1.1);

λ snellezza dell'elemento strutturale valutata per il piano in cui essa assume il valore massimo.

Quando $\lambda_{rel,c} \leq 0,3$ si deve porre $k_{crit,c} = 1$, altrimenti

$$k_{crit,c} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}} \quad [4.4.15]$$

con

$$k = 0,5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2 \right) \quad [4.4.16]$$

β_c coefficiente di imperfezione, che, se gli elementi rientrano nei limiti di rettilineità definiti al § 4.4.15, può assumere i seguenti valori:

- per legno massiccio $\beta_c = 0,2$;
- per legno lamellare $\beta_c = 0,1$.

4.4.9. COLLEGAMENTI

I collegamenti tra gli elementi strutturali devono essere progettati in numero, posizione, resistenza, rigidezza tali da garantire la trasmissione delle sollecitazioni di progetto allo stato limite considerato in coerenza ai criteri adottati nello svolgimento dell'analisi strutturale.

Le capacità portanti e le deformabilità dei mezzi di unione utilizzati nei collegamenti devono essere determinate sulla base di prove meccaniche, per il cui svolgimento può farsi utile riferimento alle norme UNI EN 1075, UNI EN 1380, UNI EN 1381, UNI EN 26891, UNI EN ISO 8970 e alle pertinenti norme europee.

La capacità portante e la deformabilità dei mezzi di unione possono essere valutate con riferimento a normative di comprovata validità.

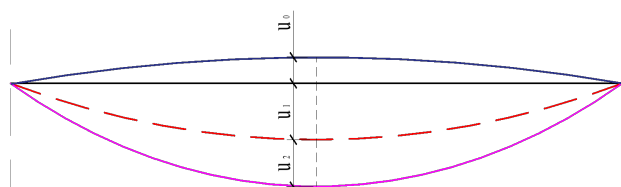
Nel calcolo della capacità portante del collegamento realizzato con mezzi di unione del tipo a gambo cilindrico, si dovrà tener conto, tra l'altro, della tipologia e della capacità portante ultima del singolo mezzo d'unione, del tipo di unione (legno-legno, pannelli-legno, acciaio-legno), del numero di sezioni resistenti e, nel caso di collegamento organizzato con più unioni elementari, dell'allineamento dei singoli mezzi di unione.

È ammesso l'uso di sistemi di unione di tipo speciale purché il comportamento degli stessi sia chiaramente individuato su base teorica e/o sperimentale e purché sia comunque garantito un livello di sicurezza non inferiore a quanto previsto nella presente norma tecnica.

Giunti a dita incollati a tutta sezione non possono essere usati in classe di servizio 3.

In ogni caso i sistemi di unione devono essere verificati nelle reali condizioni di impiego in opera.

4.4.7. STATI LIMITE DI ESERCIZIO



$$u_{fin} = u_0 + u_{ist,G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{ist,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$$

Tab. 4.4.V - Valori di k_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale Riferimento	Classe di servizio			Il coefficiente k_{def} tiene conto dell'aumento di deformabilità con il tempo causato dall'effetto combinato della viscosità, dell'umidità del materiale e delle sue variazioni.
	1	2	3	
Legno massiccio UNI EN 14081-1	0,6	0,8	2	
Legno lamellare incollato * UNI EN 1408	0,6	0,8	2	

La deformazione a lungo termine può essere calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici ridotti opportunamente mediante il fattore $1/(1 + k_{def})$.

u_0 = controfreccia (qualora presente);

$u_{ist,G}$ = freccia istantanea dovuta ai soli carichi permanenti (combinazione di carico rara)

$u_{ist,Q}$ = freccia istantanea dovuta ai soli carichi variabili

L = luce dell'elemento;

$L = 2s$ nel caso di mensole, s (sbalzo).

$$\text{freccia finale} \rightarrow u_{fin} \leq \frac{L}{200}$$

$$\text{freccia istantanea (comb. carico rara)} \rightarrow u_{ist,Q} \leq \frac{L}{300}$$