



CNR-DT 206/2007
**Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo
delle Strutture di Legno**

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Stefano Podestà

***Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni
dell'Ambiente e del Territorio***

Facoltà di Ingegneria - Università di Genova





Stati limite di esercizio – [NTC 2008 - § 2.2.2]

SLE è definito come lo stato al superamento del quale corrisponde la perdita di una particolare funzionalità che condiziona o limita la prestazione dell'opera:

- a) Danneggiamenti locali che possono ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto
- b) Spostamenti e deformazioni che possono limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto
- c) Spostamenti e deformazioni che possono compromettere l'efficienza o l'aspetto di elementi non strutturali, impianti e macchinari
- d) Vibrazioni che possono compromettere l'uso della costruzione
- e) Danni per fatica che possono compromettere la durabilità
- f) Corrosione e/o eccessivo degrado dei materiali in funzione dell'ambiente di esposizione





In forma convenzionale le combinazioni possono essere espresse:

–combinazioni rare:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

–combinazioni frequenti:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

–combinazioni quasi permanenti: $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$

G_k	valore caratteristico delle azioni permanenti;
Q_{k1}	valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
Q_{ik}	valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;
ψ_{0i}	coefficiente di combinazione allo stato limite ultimo da determinarsi sulla base di considerazioni statistiche;
ψ_{1i}	coefficiente atto a definire i valori delle azioni assimilabili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei ;
ψ_{2i}	coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni variabili assimilabili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.





In mancanza di studi specifici ed adeguati alla costruzione in esame

Tabella 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione – NTC 2008

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0





NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI

CAPITOLO 4.4.7

Stati limite di esercizio

Le **deformazioni** di una struttura, dovute agli **effetti delle azioni applicate**, degli **stati di coazione**, delle **variazioni di umidità** e degli **scorrimenti nelle unioni**, devono essere contenute **entro limiti accettabili**, sia in relazione ai danni che possono essere indotti ai materiali di rivestimento, ai pavimenti, alle tramezzature e, più in generale, alle finiture, sia in relazione ai requisiti estetici ed alla funzionalità dell'opera.

In generale nella valutazione delle deformazioni delle strutture si deve tener conto della **deformabilità dei collegamenti**.

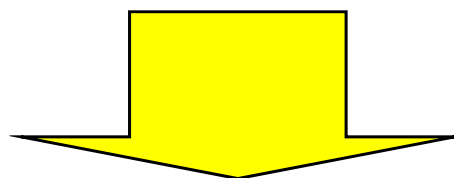
Considerando il particolare comportamento reologico del legno e dei materiali derivati dal legno, si devono valutare sia la deformazione istantanea sia la deformazione a lungo termine





Le caratteristiche reologiche del legno giocano un ruolo essenziale nel comportamento deformativo dell'elemento, caratterizzato, infatti, da un andamento solo inizialmente elastico, che diventa ben presto visco-elastico, causando un progredire della deformazione sotto carico costante.

Oltre determinati valori tensionali il recupero elastico al cessare dei carichi variabili non è più completo, generando un accumulo di deformazioni irreversibili.



Ambiente umido

Notevoli gradienti igrometrici





Deformazione istantanea + **Deformazione differita**
(carichi di breve durata) + **(carichi prolungati nel tempo)**

- La **deformazione istantanea** si calcola usando i valori medi dei moduli elastici per le membrature e il valore istantaneo del modulo di scorrimento dei collegamenti.
- La **deformazione a lungo termine** può essere calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici ridotti opportunamente mediante il fattore $1/(1+k_{def})$ per le membrature e utilizzando un valore ridotto nello stesso modo del modulo di scorrimento dei collegamenti.
- Il **coefficiente k_{def}** tiene conto dell'aumento di deformabilità con il tempo causato dall'effetto combinato della viscosità e dell'umidità del materiale.



**17 - APPENDICE B – STATI LIMITE DI SERVIZIO****Tabella 17-1-Valori di k_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno**

Materiale	Riferimento	Classe di servizio		
		1	2	3
Legno massiccio	EN 14081-1			
Legno lamellare incollato	EN 14080			
Microlamellare (LVL)	EN 14374, EN 14279	0.60	0.80	2.00
Compensato	EN 636			
	Parte 1	0.80	-	-
	Parte 2	0.80	1.00	-
	Parte 3	0.80	1.00	2.50
Pannelli di scaglie orientate (OSB)	EN 300			
	OSB/2	2.25	-	-
	OSB/3 OSB/4	1.50	2.25	-
Pannello di particelle (truciolare)	EN 312			
	Parte 4	2.25	-	-
	Parte 5	2.25	3.00	-
	Parte 6	1.50	-	-
	Parte 7	1.50	2.25	-
Pannelli di fibre, alta densità	EN 622-2			
	HB.LA	2.25	-	-
	HB.HLA1, HB.HLA2	2.25	3.00	-
Pannelli di fibre, media densità (MDF)	EN 622-3			
	MBH.LA1, MBH.LA2	3.00	-	-
	MBH.HLS1, MBH.HLS2	3.00	4.00	-
	EN 622-5			
	MDF.LA	2.25	-	-
	MDF.HLS	2.25	3.00	-

Per il legno massiccio posto in opera con umidità relativa prossima al punto di saturazione, e che possa essere soggetto a essiccazione sotto carico, in assenza di idonei provvedimenti il valore k_{def} dovrà essere aumentato a seguito opportune valutazioni, sommando ai termini della tabella un valore comunque non inferiore a 2.0





NTC 2008 - § 4.4.8 (7)

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

Materiale	Riferimento		Classe di servizio		
			1	2	3
Legno massiccio	EN 14081-1		0,60	0,80	2,00
Legno lamellare incollato	EN 14080		0,60	0,80	2,00
Compensato	EN 636	Parte 1	0,80	-	-
		Parte 2	0,80	1,00	-
		Parte 3	0,80	1,00	2,50
Pannelli di scaglie orientate (OSB)	EN 300	OSB/2	2,25	-	-
		OSB/3 OSB/4	1,50	2,25	-
Pannello di particelle (truciolare)	EN 312	Parte 4	2,25	-	-
		Parte 5	2,25	3,00	-
		Parte 6	1,50	-	-
		Parte 7	1,50	2,25	-
Pannelli di fibre, alta densità	EN 622-2	HB.LA	2,25	-	-
		HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00	-
Pannelli di fibre, media densità (MDF)	EN 622-3	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	-	-
		MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00	-
	EN 622-5	MDF.LA	2,25	-	-
		MDF.HLS	2,25	3,00	-

Per legno massiccio posto in opera con umidità prossima al punto di saturazione, e che possa essere soggetto a essiccazione sotto carico, il valore di k_{def} dovrà, in assenza di idonei provvedimenti, essere aumentato a seguito di opportune valutazioni, sommando ai termini della tabella un valore comunque non inferiore a 2,0.





- ✓ Il calcolo della deformazione finale, che tiene conto dei fenomeni di viscosità che si manifestano per carichi di lunga durata, vengono tenuti in conto in analogia con quanto proposto dall'**Eurocodice 5** che introduce i valori medi dei moduli elastici $E_{\text{mean,fin}}$, $G_{\text{mean,fin}}$ e del modulo di scorrimento $K_{\text{ser,fin}}$ secondo le definizioni:

$$E_{\text{mean,fin}} = \frac{E_{\text{mean}}}{(1 + k_{\text{def}})} \quad G_{\text{mean,fin}} = \frac{G_{\text{mean}}}{(1 + k_{\text{def}})} \quad K_{\text{ser,fin}} = \frac{K_{\text{ser}}}{(1 + k_{\text{def}})}$$

- ✓ I valori del coefficiente k_{def} forniti dall'EC5 coincidono con quelli proposti nell'Istruzioni. La tabella 3.2 della EN 1995-1-1:2004 (E) è identica alla Tabella 17-1 del CNR-DT 206/2007 salvo che per i raggruppamenti dei diversi materiali a base di legno.





Tabella 17.1 - Valori di k_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale	Riferimento
Legno massiccio	EN 14081-1
Legno lamellare incollato	EN 14080
Microlamellare (LVL)	EN 14374, EN 14279
Compensato	EN 636 Parte 1 Parte 2 Parte 3
Pannelli di scaglie orientate (OSB)	EN 300 OSB/2 OSB/3 OSB/4
Pannello di particelle (truciolare)	EN 312 Parte 4 Parte 5 Parte 6 Parte 7
Pannelli di fibre, alta densità	EN 622-2 HB.LA HB.HLA1, HB.HLA2
Pannelli di fibre, media densità (MDF)	EN 622-3 MBH.LA1, MBH.LA2 MBH.HLS1, MBH.HLS2 EN 622-5 MDF.LA MDF.HLS

Table 3.2 – Values of k_{def} for timber and wood-based materials

Material	Standard	Service class		
		1	2	3
Solid timber	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Glued Laminated timber	EN 14080	0,60	0,80	2,00
LVL	EN 14374, EN 14279	0,60	0,80	2,00
Plywood	EN 636			
	Part 1	0,80	–	–
	Part 2	0,80	1,00	–
	Part 3	0,80	1,00	2,50
OSB	EN 300			
	OSB/2	2,25	–	–
	OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	–
Particleboard	EN 312			
	Part 4	2,25	–	–
	Part 5	2,25	3,00	–
	Part 6	1,50	–	–
	Part 7	1,50	2,25	–
Fibreboard, hard	EN 622-2			
	HB.LA	2,25	–	–
	HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00	–
Fibreboard, medium	EN 622-3			
	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	–	–
	MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00	–
Fibreboard, MDF	EN 622-5			
	MDF.LA	2,25	–	–
	MDF.HLS	2,25	3,00	–





- ✓ Risulta differente invece l'approccio proposto dalla normativa tedesca **DIN 1052** che tiene conto dell'effetto della viscosità dei carichi solo se il carico permanente supera del 50% il carico totale.
- ✓ In questo caso la freccia elastica viene amplificata mediante la formula:

$$f = \left(1 + \varphi \frac{g}{q} \right) \cdot f_{0,q} \quad g \geq 0.5 \cdot q$$

q carico totale

g carico permanente

$f_{0,q}$ freccia elastica

$$\varphi = \frac{1}{\eta_k} - 1$$

η_k coefficiente che dipende dall'umidità in cui si prevede che debba essere impiegato l'elemento





6.4.1– Deformazioni istantanee e finali

- ✓ La **deformazione istantanea**, provocata da una certa condizione di carico, si calcola usando il valore medio dei moduli di elasticità normale e tangenziale del materiale per le membrature ed il valore istantaneo del modulo di scorrimento (k_{ser}) per le unioni.
- ✓ La **deformazione a lungo termine** può essere calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici ridotti opportunamente mediante il fattore $1/(1 + k_{def})$ per le membrature e utilizzando un valore ridotto nello stesso modo del modulo di scorrimento dei collegamenti, dove k_{def} è il coefficiente che tiene conto dell'aumento di deformazione nel tempo dovuto all'effetto combinato della viscosità e dell'umidità. Per esso si possono utilizzare i valori riportati in Appendice B Tabella 17-B1
- ✓ Il **modulo di scorrimento istantaneo**, K_{ser} , delle unioni può essere determinato mediante prove sperimentali secondo quanto indicato nella EN 26891 (dove K_s corrisponde a K_{ser}) o può essere calcolato in relazione ai parametri caratterizzanti il materiale e l'unione come riportato al punto 6.4.2





- ✓ Pertanto per il calcolo della **deformazione iniziale** (u_{in}) occorre valutare **la deformazione istantanea con riferimento alla combinazione di carico rara**.
- ✓ Per il calcolo della **deformazione finale** (u_{fin}) occorre valutare la **deformazione a lungo termine per la combinazione di carico quasi permanente** e *sommarci la deformazione istantanea dovuta alla sola aliquota mancante, nella combinazione quasi permanente, del carico accidentale prevalente (da intendersi come il carico variabile di base della combinazione rara).*

- ✓ Queste definizioni coincidono con quelle fornite dall'**EC5** al punto 2.2.3 commi (2) e (3) per le grandezze u_{inst} , deformazione istantanea e u_{fin} , deformazione finale





METODO RIGOROSO PER IL CALCOLO DELLA DEFORMAZIONE FINALE

$$u_{fin} = \mathfrak{I} \left(\left[G_k + \psi_{21} Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ik}) \right] \cdot (1 + k_{def}) + Q_{1k} (1 - \psi_{21}) \right)$$

Deformazione a lungo termine
della combinazione di carico quasi
permanente

Deformazione istantanea dovuta
alla sola aliquota mancante, nella
combinazione quasi permanente,
del carico accidentale prevalente

$$\Rightarrow u_{fin} = \mathfrak{I} \left(G_k \cdot (1 + k_{def}) + Q_{1k} \cdot (1 + \psi_{21} k_{def}) + \sum_{i=2}^{i=n} Q_{ik} \cdot (\psi_{2i} + \psi_{2i} k_{def}) \right)$$





- ✓ In **via semplificata** la deformazione finale u_{fin} , relativa ad una certa condizione di carico, si può valutare come somma della deformazione iniziale e della deformazione differita (u_{dif}):

$$u_{fin} = u_{in} + u_{dif}$$

u_{in} è la deformazione iniziale (istantanea), calcolata con riferimento alla combinazione di carico rara;

u_{dif} è la deformazione differita che può essere valutata attraverso la relazione:

$$u_{dif} = u'_{in} \cdot k_{def}$$

u'_{in} è la deformazione iniziale (istantanea), calcolata con riferimento alla combinazione di carico quasi permanente;

k_{def} è il coefficiente riportato nella Tabella 17-1.





METODO SEMPLIFICATO PER IL CALCOLO DELLA DEFORMAZIONE FINALE

$$u_{fin} = \mathfrak{I} \left(\left[G_k + Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} Q_{ik}) \right] + k_{def} \left[G_k + \psi_{21} Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ik}) \right] \right)$$

u_{in} → deformazione iniziale
(istantanea), calcolata con
riferimento alla
combinazione di carico rara

u'_{in} → deformazione iniziale
(istantanea), calcolata con
riferimento alla combinazione
di carico quasi permanente

$$\Rightarrow u_{fin} = \mathfrak{I} \left(G_k \cdot (1 + k_{def}) + Q_{1k} \cdot (1 + \psi_{21} k_{def}) + \sum_{i=2}^{i=n} Q_{ik} \cdot (\psi_{0i} + \psi_{2i} k_{def}) \right)$$





CONFRONTO FRA I DUE METODI PER IL CALCOLO DELLA DEFORMAZIONE FINALE

$$\Rightarrow u_{\text{fin}} = \mathfrak{I} \left(G_k \cdot (1 + k_{\text{def}}) + Q_{1k} \cdot (1 + \psi_{21} k_{\text{def}}) + \sum_{i=2}^{i=n} Q_{ik} \cdot (\psi_{2i} + \psi_{2i} k_{\text{def}}) \right)$$

$$\Rightarrow u_{\text{fin}} = \mathfrak{I} \left(G_k \cdot (1 + k_{\text{def}}) + Q_{1k} \cdot (1 + \psi_{21} k_{\text{def}}) + \sum_{i=2}^{i=n} Q_{ik} \cdot (\psi_{0i} + \psi_{2i} k_{\text{def}}) \right)$$

TERMINI DIFFERENTI





- ✓ Si osserva che anche l'**EC5** introduce il metodo semplificato (2.2.3) per la determinazione delle deformazioni finali per strutture costituite da membrature, componenti e connessioni che abbiano il medesimo comportamento viscoso e sotto l'ipotesi che le relazioni fra carichi e deformazioni siano lineari. Tale semplificazione è presentata nella seguente forma:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q1} + u_{fin,Qi}$$

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def})$$

$$u_{fin,Q1} = u_{inst,Q1} \cdot (1 + \psi_{2,1} k_{def})$$

$$u_{fin,Qi} = u_{inst,Qi} \cdot (\psi_{0,1} + \psi_{2,1} k_{def})$$

- ✓ Che evidentemente coincide con la relazione ricavata precedentemente per il metodo semplificato.

$$\Rightarrow u_{fin} = \mathfrak{I} \left(G_k \cdot (1 + k_{def}) + Q_{1k} \cdot (1 + \psi_{21} k_{def}) + \sum_{i=2}^{i=n} Q_{ik} \cdot (\psi_{0i} + \psi_{2i} k_{def}) \right)$$





6.4.3 – Norme specifiche per elementi inflessi

- ✓ La freccia netta di un elemento inflesso, riferita alla corda congiungente i punti della trave in corrispondenza degli appoggi, u_{net} , è data da:

$$u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$$

u_0 è la contrefreccia (qualora presente);

u_1 è la freccia dovuta ai soli carichi permanenti;

u_2 è la freccia dovuta ai soli carichi variabili.

- ✓ Nei casi in cui sia opportuno **limitare la freccia istantanea dovuta ai soli carichi variabili**, si raccomanda il seguente valore, a meno che condizioni speciali non impongano altri requisiti:

$$u_{2,in} < L / 300$$

dove $u_{2,in}$ è calcolata a partire dalla combinazione di carico rara depurata della parte dei carichi permanenti.



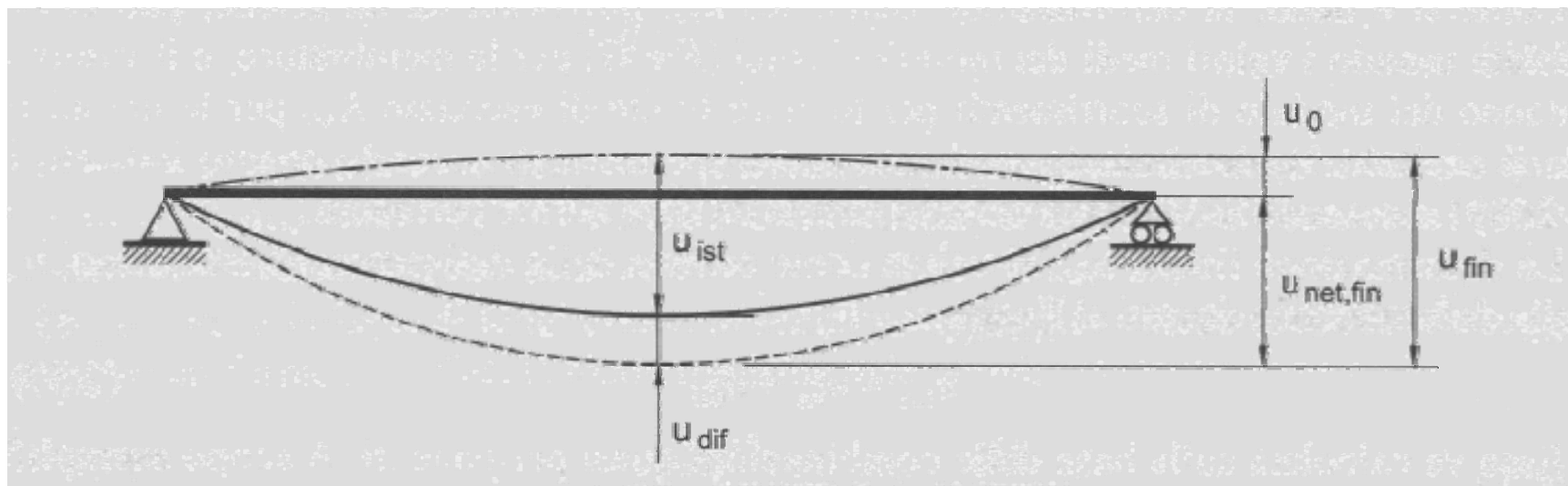


- ✓ Nei casi in cui sia opportuno **limitare la freccia finale**, u_{fin} , si raccomandano i seguenti valori limite, a meno che condizioni speciali non impongano altri requisiti:

$$u_{2,fin} < L/200$$

$$u_{net,fin} < L/250$$

dove $u_{2,fin}$ e $u_{net,fin}$ sono calcolate secondo il metodo semplificato o rigoroso depurati o meno della parte dei carichi permanenti.





CONFRONTO FRA I DUE METODI RIGOROSO E SEMPLIFICATO PER IL DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI INFLESSI

Abete del Nord (K1)	QUALITA' DEL MATERIALE	CLASSE IMPORTANZA	CARICO DELLA NEVE	CARICHI VARIABILI
Caso 1	Classe S1	Classe 1	no neve	Categoria 1
Caso 2	Classe S3	Classe 1	no neve	Categoria 1
Caso 3	Classe S1	Classe 1	Zona 1	Categoria 1
Caso 4	Classe S3	Classe 1	Zona 1	Categoria 1
Caso 5	Classe S1	Classe 2	Zona 1	Categoria 3
Caso 6	Classe S3	Classe 2	Zona 1	Categoria 3

NOTA: Per ciascun caso si considera una luce degli elementi variabile fra 3 e 10 metri.





CONFRONTO FRA I DUE METODI RIGOROSO E SEMPLIFICATO PER IL DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI INFLESSI

Caratteristiche del materiale (Abete del Nord (K1))

		S1	S3	
$f_{m,k}$	[KN/m ²]	29000	17000	Resistenza caratteristica a flessione
$f_{v,k}$	[KN/m ²]	3000	1900	Resistenza caratteristica a taglio
$E_{0,m}$	[KN/m ²]	12E6	9.5E6	Modulo di elasticità longitudinale
ρ_m	[KN/m ³]	4.15	4.15	Peso specifico

- ✓ Per ciascun esempio ipotizzato è stato eseguito il dimensionamento delle travi assicurandosi che venissero soddisfatte la verifica di resistenza (SLU) e la verifica di deformabilità utilizzando il metodo rigoroso ed alternativamente quello semplificato.





✓ Dimensioni necessarie

LUCE	3 [m]	4 [m]	5 [m]	6 [m]	7 [m]	8 [m]	9 [m]	10 [m]
Caso 1	11 x 14	14 x 18	16 x 21	18 x 24	21 x 28	24 x 32	27 x 36	29 x 39
	11 x 14	14 x 18	16 x 21	18 x 24	21 x 28	24 x 32	27 x 36	29 x 39
Caso 2	11 x 15	14 x 19	17 x 22	19 x 25	23 x 30	26 x 34	29 x 38	32 x 42
	11 x 15	14 x 19	17 x 22	19 x 25	23 x 30	26 x 34	29 x 38	32 x 42
Caso 3	11 x 15	14 x 19	17 x 22	19 x 25	23 x 30	25 x 33	29 x 38	31 x 41
	11 x 15	14 x 19	17 x 22	20 x 26	23 x 31	26 x 35	29 x 39	32 x 42
Caso 4	12 x 16	15 x 20	17 x 23	20 x 27	24 x 32	26 x 35	30 x 41	34 x 45
	12 x 16	15 x 20	17 x 23	20 x 27	24 x 32	27 x 36	30 x 42	34 x 46
Caso 5	12 x 16	15 x 20	17 x 23	20 x 26	23 x 31	26 x 34	29 x 39	32 x 43
	12 x 16	15 x 20	17 x 23	20 x 27	24 x 32	26 x 35	31 x 41	33 x 44
Caso 6	12 x 16	15 x 20	18 x 24	21 x 28	26 x 34	29 x 38	35 x 46	38 x 51
	13 x 17	16 x 21	19 x 25	22 x 29	26 x 34	29 x 38	35 x 46	38 x 51



**OSSERVAZIONI:**

- ✓ Avendo dimensionato gli elementi in modo che le sezioni siano verificate a SLU e SLE (metodo rigoroso)



Quando le verifiche SLE (metodo semplificato) sono soddisfatte?

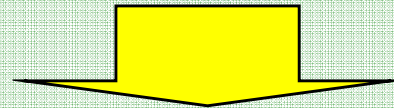
QUALITÀ DEL MATERIALE: S1

	Classe 1	Classe 1	Classe 2
	no neve	zona I	zona I
verifica soddisfatta (SI/NO)	sempre	$L < 6$	mai
incremento min necessario	0.00%	0.00%	4.49%
incremento max necessario	0.00%	12.49%	13.78%



**OSSERVAZIONI:**

- ✓ Avendo dimensionato gli elementi in modo che le sezioni siano verificate a SLU e SLE (metodo rigoroso)



Quando le verifiche SLE (metodo semplificato) sono soddisfatte?

QUALITÀ DEL MATERIALE: S3

	Classe 1	Classe 1	Classe 2
	no neve	zona I	zona I
verifica soddisfatta (SI/NO)	sempre	$L > 8 \text{ m}$	$L > 6 \text{ m}$
incremento min necessario	0.00%	0.00%	0.00%
incremento max necessario	0.00%	8.88%	12.89%





Osservazioni finali

✓ I modesti valori di modulo *elastico a taglio* G , in rapporto a quelli del modulo elastico longitudinale E_0 , impongono di considerare nel calcolo della freccia anche la parte dovuta alla deformazione a taglio.

✓ Per una trave inflessa semplicemente appoggiata, a sezione costante e soggetta a carico uniforme q , la freccia totale massima vale quindi:

$$f_{\max} = \frac{5ql^4}{384EJ} + \chi \frac{ql^2}{8GA}$$

7.11 – Rigidezza delle unioni

✓ Per unioni realizzate con mezzi di unione del tipo a gambo cilindrico, con cambrette e graffe, con anelli, con piastre dentate singole o doppie, i moduli di scorrimento istantaneo k_{ser} per ciascuna sezione resistente a taglio e per singolo mezzo di unione, sotto l'azione dei carichi allo stato limite di esercizio, in mancanza di più accurate determinazioni, può essere ricavato utilizzando:



The image features a close-up, textured background of a wooden shingle wall. The shingles are arranged in a staggered, overlapping pattern, showing various shades of brown and tan wood grain. The lighting is warm, highlighting the natural texture and grain of the wood. In the center of the image, the word "Grazie" is written in a clean, white, serif font.

Grazie



7.11 – Rigidezza delle unioni

✓ Per unioni realizzate con mezzi di unione del tipo a gambo cilindrico, con cambrette e graffe, con anelli, con piastre dentate singole o doppie, i moduli di scorrimento istantaneo k_{ser} per ciascuna sezione resistente a taglio e per singolo mezzo di unione, sotto l'azione dei carichi allo stato limite di esercizio, in mancanza di più accurate determinazioni, può essere ricavato utilizzando:

Tabella B.17-Valori di K_{ser} (in N/mm) in unioni legno-legno, per singolo elemento di collegamento e per piano di taglio, in funzione del diametro dell'elemento (diametro d in mm, massa volumica del legno in kg/m^3)

Tipo di connettore	Unioni legno-legno, legno-pannello
Spinotti, bulloni calibrati*, viti, chiodi senza prefabbricazione	$\rho_k^{1,5} \cdot \frac{d}{20}$
Chiodi (con prefabbricazione)	$\rho_k^{1,5} \cdot \frac{d^{0,8}}{25}$
Cambrette e graffe	$\rho_k^{1,5} \cdot \frac{d^{0,8}}{60}$
Anelli (tipo A secondo EN 912)	$0,6 \cdot \rho_k \cdot d$
Caviglie (tipo B secondo EN 912)	$0,3 \cdot \rho_k \cdot d$
Piastre dentate singole (tipo C1-C9 secondo EN 912)	$0,3 \cdot \rho_k \cdot d$
Piastre dentate doppie (tipo C10 e C11 secondo EN 912)	$0,45 \cdot \rho_k \cdot d$





B.7.11 – Rigidezza delle unioni

✓ Se i valori caratteristici delle masse volumiche dei due elementi lignei sono diversi nelle formule riportate in tabella si dovrà adottare un valore ρ_k pari a:

$$\rho_k = \sqrt{\rho_{k,1} \cdot \rho_{k,2}}$$

In mancanza di più accurate valutazioni, teoriche o sperimentali, di comprovata validità per le unioni legno-calcestruzzo e legno-acciaio con elementi a diretto contatto e nel caso dell'acciaio con piastre spesse e fori calibrati, si assume nel calcolo la massa volumica del legno, e il risultante valore di K_{ser} può essere raddoppiato.

