

Abstract

Sicurezza statica e progettazione antisismica nella costruzione in legno **Calcolo: basi, normative, documenti di riferimento, NTC2018, Eurocodice**

Maurizio Piazza, DICAM, Università di Trento

Con "calcolo di un elemento strutturale" si intende l'insieme delle operazioni necessarie a verificare l'adeguatezza dell'elemento stesso e, in generale, di tutta la costruzione a svolgere la sua funzione di struttura portante. Si tratta quindi di applicare i principi e le regole della scienza e della tecnica delle costruzioni per progettare (prima) e verificare (poi) la staticità della costruzione.

Il termine calcolo si riferisce alla inevitabile applicazione di principi matematici per la determinazione di sforzi, sollecitazioni, resistenze, deformazioni, margini di sicurezza ecc. Si deve osservare che, con lo sviluppo degli strumenti informatici e di calcolo disponibili oggi, la parte di lavoro prettamente numerica non viene più svolta direttamente dall'ingegnere, ma da una "macchina" che, partendo da un'impostazione di dati sul problema posto, provvede in tempi rapidissimi all'analisi numerica fornendo altrettanto rapidamente la soluzione numerica del problema impostato. Un indubbio vantaggio portato da questi strumenti risiede nel fatto che il tempo prima necessario per lo svolgimento del calcolo matematico può essere utilizzato, ad esempio, per la definizione concettuale della struttura. Inoltre, la possibilità odierna di risolvere problemi strutturali anche complessi in tempi molto brevi dà la possibilità di esaminare diverse varianti dello stesso problema, per poterle poi confrontare e valutare. D'altra parte, il rischio di perdere il controllo del procedimento o di trasferire in toto anche la parte di ideazione del progetto strutturale allo strumento informatico è purtroppo la conseguenza negativa del processo di automazione del calcolo strutturale. Sta quindi alla responsabilità e sensibilità del progettista non cedere a questa tentazione, che ha purtroppo prodotto conseguenze spesso catastrofiche.

In altri termini, la fase iniziale di ideazione della struttura e di un suo modello (numerico) e quella finale di controllo delle risultanze di una calcolazione devono essere gestite e controllate dal progettista che, quindi, dovrà essere in grado di "governare" il problema della calcolazione statica.

La definizione di "calcolo di un elemento strutturale" rimane quindi invariata, anche se in pratica i compiti del progettista in questa fase del suo lavoro sono molteplici e, solo in parte, riconducibili alla calcolazione statica propriamente detta. Infatti, è doveroso richiamare il fatto che la calcolazione costituisce solo una parte del lavoro di progettazione necessario alla corretta elaborazione di un progetto. Senza volere fare una trattazione esaustiva, che esula dal ben circoscritto ambito strutturale, si devono quindi citare altri aspetti parimenti importanti nella fase di ideazione progettuale, fra questi:

- durabilità e protezione del legno;
- antincendio;
- risposta sismica;
- dettagli costruttivi;
- aspetti ecologici e energetici;
- produzione, esecuzione, montaggio;
- prescrizioni di uso e di manutenzione.

Infine, non si deve trascurare l'aspetto economico riguardante il progetto edilizio che, a rigore, non sarebbe parte dell'insieme di aspetti rigorosamente tecnico-scientifici. Certamente esso costituisce un ulteriore importante tassello nel lavoro di progettazione.

Volendo introdurre le basi normative per la calcolazione e verifica delle strutture in legno, si deve innanzitutto ricordare che sono intervenute importanti modifiche a seguito della introduzione delle rinnovate Norme Tecniche per le Costruzioni. Esse costituiscono senza dubbio una importante opportunità di sviluppo per il settore, soprattutto nella direzione di un'armonizzazione progressiva con i pertinenti Eurocodici strutturali. Si deve anche dire che, per una corretta applicazione del nuovo testo legislativo, si dovrà fare riferimento alla pubblicazione della rinnovata Circolare Esplicativa, peraltro già approvata in sede C.S.II.pp., nonché alle pertinenti Appendici Nazionali per l'applicazione degli Eurocodici, anch'esse già approvate.

Lasciando la trattazione del paragrafo 7.7 dedicato alla sismica alla successiva lezione, si richiamano nel seguito, per i paragrafi di maggiore interesse, quelle che possono essere considerate le principali novità del DM 17.01.18.

Nel Paragrafo 4.4 "Costruzioni in legno", merita un cenno la nuova Tab. 4.4.III, che introduce accanto alla colonna "A" (che conferma i valori dei coefficienti di sicurezza riportati nel precedente DM 14.01.08) una nuova colonna "B" più favorevole e che prevede un parziale riallineamento con quanto previsto in EN 1995-1-1. La possibilità di utilizzare i valori di γ_M della colonna "B" dipende dall'uniformità dimostrata dai valori di resistenza propri del materiale in questione in sede di caratterizzazione meccanica del medesimo. Inoltre, per la prima volta, viene esplicitamente riportato il riferimento ai pannelli CLT ("Pannello di tavole incollate a strati incrociati"). Nel medesimo paragrafo 4.4, anche la tabella 4.4.IV riguardante i valori di k_{mod} è stata modificata rispetto a quella contenuta nelle NTC 2008 per le condizioni di carico istantanee (ultima colonna), risultando ora del tutto simile a quella prevista in sede normativa europea.

Anche il cap. 11 è stato profondamente rivisto anche nella sezione riguardante il legno (Par. 11.7 "Materiali e prodotti a base legno"). Il nuovo testo è stato aggiornato in merito alle modalità di qualificazione ed identificazione dei materiali e prodotti, anche tenendo in considerazione le rinnovate norme europee di prodotto. Per quanto di interesse per l'industria di settore (considerando i produttori e centri di lavorazione) e i professionisti, le principali novità possono essere così riassunte:

- la documentazione accompagnatoria (minima) da allegare al materiale nel momento in cui lo stesso è consegnato in cantiere è definita con precisione. A riguardo, si deve precisare che qualora si vogliono applicare i valori dei coefficienti di sicurezza di cui alla colonna "B" (Tab. 4.4.III, paragrafo 4.4) è necessario che il produttore espliciti il CoV (Coefficiente di Variazione) del prodotto in una ulteriore dichiarazione;
- per i controlli di accettazione del materiale in cantiere, le NTC 2018 prevedono, per la prima volta e in analogia con molti concetti già espressi nella UNI TR 11499 ("Legno strutturale - Linee guida per i controlli di accettazione in cantiere"), una serie di controlli a carattere per lo più "non distruttivo" al fine di verificare la corrispondenza e veridicità delle prestazioni dei materiali con quanto indicato all'interno delle rispettive dichiarazioni di prestazione (DoP) o nella documentazione accompagnatoria in senso lato;
- gli attestati di qualificazione e di denuncia di attività cessano la loro validità dopo cinque anni dal loro rilascio;
- per la figura di Direttore Tecnico di Produzione (DTP) si prevede una fase di formazione e aggiornamento a cadenza triennale.

Una breve nota merita infine il cap. 8 che dovrà essere necessariamente letto assieme al pertinente capitolo della Circolare. In quest'ultima, per il materiale "legno" esistente e in generale per le costruzioni esistenti, sono riportati importanti suggerimenti per possibili interventi di miglioramento e/o adeguamento sismico proprio utilizzando i nuovi materiali a base legno (pannelli), suggerimenti quindi assolutamente attuali e interessanti per il comparto industriale e professionale.

Modulo IV

Sicurezza statica e progettazione antisismica
nella costruzione in legno

Milano, 8 novembre 2018

Calcolo, basi normative, NTC 2018, Eurocodici

Prof. Maurizio Piazza



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile,
Ambientale e Meccanica

Il 22-03-2018 sono entrate in vigore le NTC2018 Novità e opportunità per le strutture in legno

**Aggiornamento delle
NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Decreto 17 Gennaio 2018, G.U. suppl.ord., n. 42, 20/02/2018
(revisione Nov. 2014, inviata a Bruxelles Feb. 2017)

Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018



Ci si indirizza verso una norma di tipo prestazionale

COSA SIGNIFICA

Sono fissati i **livelli di sicurezza** da raggiungere, le **azioni esterne** da considerare, e le **prestazioni minime attese** per le strutture e si definiscono le **responsabilità** almeno di alcuni degli attori coinvolti nel processo di costruzione (Committente, Fornitore/Impresa, Progettista, Direttore dei Lavori).

COSA NON DOVREBBE ESSERE

La norma non dovrebbe prescrivere **formule o procedure di dettaglio** demandandone la scelta al Progettista o, *per i parametri rilevanti ai fini della sicurezza*, al concerto Progettista/Committente. Il vincolo resta solo quello di basarsi su regole o procedure ampiamente consolidate e/o adeguatamente giustificate.

Utilizzo del legno per *grandi* strutture nel passato



Sakyamuni Pagoda, Fogong Temple

NO nella Ying County, prov. Shanxi

Altezza 67,31 m; diam. base 30,27

9 piani di cui 5 visibili dall'esterno (~ 20 piani odierni)

Totalmente in legno (tenoni-mortase, senza chiodi)

All'interno 26 statue di Buddha

Costruita durante il regno Qing Ning (1056), da un monaco

E' sopravvissuta a molti terremoti distruttivi ...

Utilizzo del legno per *grandi* strutture nel passato

1876, Wellington (NZ), struttura in legno *kauri*



Utilizzo del legno per *grandi* strutture nel passato

1876, Wellington (NZ), struttura in legno *kauri*. Restaurato 1994/95



Utilizzo del legno per *grandi* strutture, oggi

La massa volumica del legno è bassa $\rho_{\text{mean}} \approx 500 \text{ kg/m}^3$ ($\approx 1/5$ c.a.)
 Però le "forze sismiche" non si riducono a tal punto ...
 permanenti portati e il carico variabile rimangono circa invariati

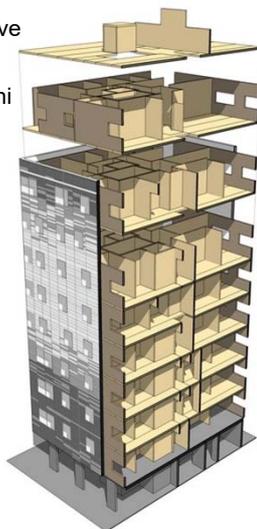
	Massa totale sismica (kN)
Struttura intelaiata c.a., solai latero-cementizi, tramezzature laterizio	21260
Struttura di legno	13413
	- 63%



Utilizzo del legno per *grandi* strutture, oggi

STADTHAUS, Murray Grove
 Hackney, London

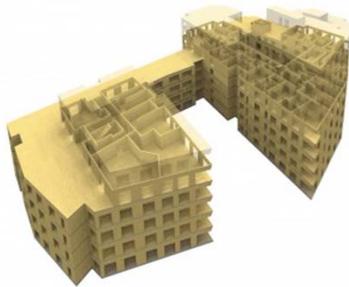
Complesso abitativo 9 piani
 (di cui 8 in legno)
 Arch.s: Waugh Thistleton
 Client: Telford Homes



Utilizzo del legno per *grandi* strutture, oggi

Dalston Lane

London (Hackney)
 The world's largest timber building by volume
 Apartments and commercial space
 Waugh Thistleton Architects



Utilizzo del legno per *grandi* strutture, oggi

Brock Commons

Dormitory for 404 students of UBC Vancouver
 (set to finish in 2017), ~ 54 m (17 storeys)
 Acton Ostry Architects i(Vancouver)



courtesy Fast + Epp



courtesy of Acton Ostry Architects Inc.

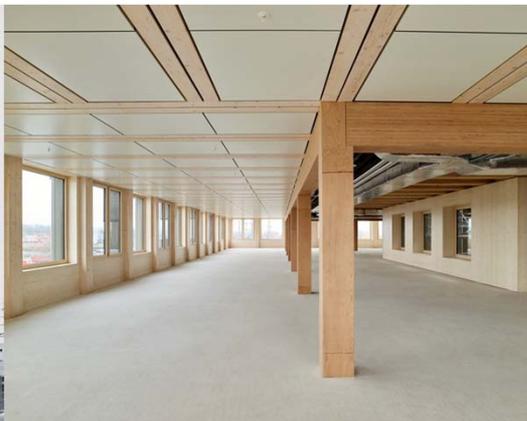


Utilizzo del legno per *grandi* strutture, oggi



Utilizzo del legno per *grandi* strutture, oggi

Torre per uffici, struttura ibrida legno - calcestruzzo
Risch-Rotkreuz am Zugerseereet (CH), 10 piani



Utilizzo del legno per *grandi* strutture, oggi

HoHo Wien struttura ibrida legno - calcestruzzo
 Progetto torre 24 piani (84 m), edificio satellite 6 piani finito



Utilizzo del legno per *grandi* strutture, oggi

HoHo Wien struttura ibrida legno - calcestruzzo
 Progetto torre 24 piani (84 m), edificio satellite 6 piani finito

**HASSLACHER
 NORICA TIMBER**



Quali sono le modifiche più rilevanti nelle nuove NTC 2018?

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI NTC 2018

- 4 COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI
 - 4.4 Costruzioni di legno**
- 7 PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE
 - 7.7 Costruzioni di legno**
- 8 COSTRUZIONI ESISTENTI
- 11 MATERIALI E PRODOTTI AD USO STRUTTURALE
 - 11.7 Materiali e prodotti a base di legno**

4.4 COSTRUZIONI DI LEGNO

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

Differenza fondamentale con altri materiali da costruzione:

- gli elementi di legno sono classificati (e marcati) così come sono e, come tali messi in opera ...
- *non "creo" né una trave di legno in cantiere né un pannello XLAM !*

Dimensionamento di un elemento strutturale

Dimensionamento "agli stati limite"

- **sicurezza rispetto al collasso della struttura o dell'elemento**
- **le deformazioni della struttura o dell'elemento contenute entro i limiti necessari a garantirne il funzionamento per l'uso previsto**

Verifica della sicurezza strutturale

- **verifica dello stato limite ultimo**



- garantisce la "resistenza"
- evita il collasso per sovraccarico
- **certifica la presenza di un margine di sicurezza**



- **condizione inderogabile**

Verifica degli stati limite di servizio

- verifica delle "deformazioni" della struttura



- garantisce il "buon funzionamento"
- evita problemi di comportamento
 - deformazioni
 - frecce
 - vibrazioni
- certifica l'attitudine all'uso
- determina la rigidezza della struttura
- spesso determinante per la scelta delle dimensioni delle "sezioni"

La situazione normativa attuale in Italia ...



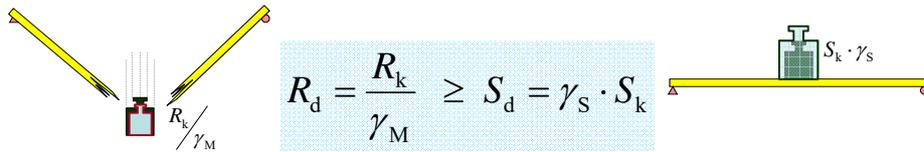
Norme tecniche per le costruzioni

- Capitolo 4: Norme sulle costruzioni
 - 4.4 Costruzioni di legno
 - Capitolo 7: Progettazione per azioni sismiche
 - 7.7 Costruzioni di legno
 - Capitolo 11: Materiale e prodotti per uso strutturale
 - 11.7 Materiali e prodotti a base di legno
- Criteri generali
- basi generali di calcolo
 - stati limite ultimi (EN 1995-1-1 ...)
 - qualche indicazione

Gli stati limite ultimi

• Principio dei coefficienti parziali

- le grandezze in gioco dipendono da molti parametri ...
- sono grandezze statistiche e non assolute ...



γ_R coefficiente parziale per la sicurezza del materiale

$$R_d = R_k / \gamma_M$$

R_d valore di calcolo della resistenza

γ_S coefficiente parziale di sicurezza per le azioni

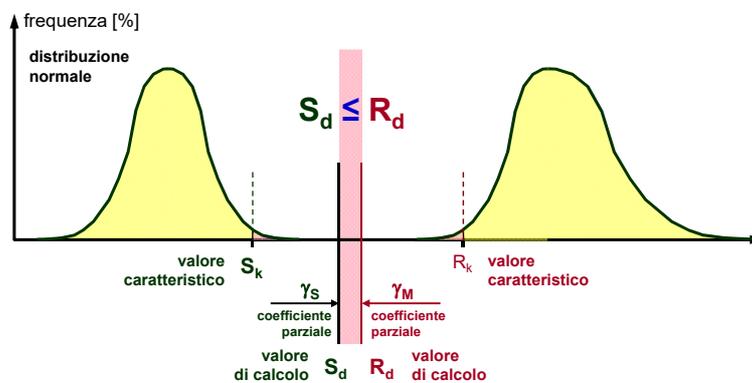
$$S_d = S_k \cdot \gamma_S$$

S_d valore di calcolo della sollecitazione

Gli stati limite ultimi

• Principio dei coefficienti parziali

- la forma ... statistica



Le particolarità del legno - Verifica della resistenza

Effetto dell'umidità del legno - definizione di classi di servizio



- **Classe 1:**
 - clima 20° / 65%
 - u ~ 12 %
 - tutti gli interni di abitazione
- **Classe 2:**
 - clima 20° / 85%
 - u ~ 18 %
 - elementi protetti dall'azione diretta delle intemperie
- **Classe 3:**
 - clima più umido che la classe 2
 - u > 20 %
 - elementi "bagnati"
 - degrado biologico "possibile"

Variazioni temporanee (settimane) possono essere trascurate

Le particolarità del legno - Verifica della resistenza

• Effetto della durata del carico - classi di durata del carico



- **Classe "permanente"**
 - peso proprio della struttura
 - pacchetto di copertura
 - ...
- **Classe "lunga durata"**
 - carichi nei depositi
- **Classe "media durata"**
 - carichi di servizio in generale
- **Classe "breve durata"**
 - neve
- **Classe "durata istantanea"**
 - vento, carichi accidentali

Le particolarità del legno - Verifica della resistenza

• Effetto sulla resistenza del materiale

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

- X_k valore caratteristico di una proprietà del materiale
es. resistenza alla flessione $f_{m,k}$
- X_d valore di calcolo di una proprietà del materiale
es. resistenza alla flessione $f_{m,d}$
- k_{mod} coefficiente di correzione
- tiene conto delle classi di durata e di umidità
- γ_M coefficiente di sicurezza parziale per le proprietà dei materiali

• Valori di γ_M

EN 1995-1-1

- per il legno massiccio: $\gamma_M = 1.30$
- per il legno lamellare incollato: $\gamma_M = 1.25$
- per il compensato: $\gamma_M = 1.20$
- per il LVL: $\gamma_M = 1.20$

Le particolarità del legno - Verifica della resistenza

• Effetto sulla resistenza del materiale

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

- X_k valore caratteristico di una proprietà del materiale
- p.es. resistenza alla flessione $f_{m,k}$
- X_d valore di calcolo di una proprietà del materiale
- p.es. resistenza alla flessione $f_{m,d}$
- k_{mod} coefficiente di correzione
- tiene conto delle classi di durata e di umidità
- γ_M coefficiente di sicurezza parziale per le proprietà dei materiali

Valori di k_{mod}

Classe di durata del carico	Classe di servizio		
	1	2	3
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

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

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

NTC '08 e NAD	
Stati limite ultimi	γ_M
- combinazioni fondamentali	
legno massiccio	1,50
legno lamellare incollato	1,4
pannelli di particelle o di fibre	1,50
compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40
unioni	1,50
- combinazioni eccezionali	
	1,00

EN 1995-1-1	
Combinazioni fondamentali:	
Legno massiccio	1,3
legno lamellare incollato	1,25
LVL, compensato, OSB,	1,2
Pannelli di particelle	1,3
Pannelli di fibre, alta densità	1,3
Pannelli di fibre, media densità	1,3
Pannelli di fibre, MDF	1,3
Pannelli di fibre, bassa densità	1,3
Connessioni	1,3
Mezzi di unione a piastra metallica punzonata	1,25
Combinazioni accidentali	
	1,0

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

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

Stati limite ultimi	γ_M			
	(2014) 2018		'08	EC5
	Colonna A	Colonna B		
combinazioni fondamentali				
legno massiccio	1,50	1,45	1,50	1,30
legno lamellare incollato	1,45	1,35	1,45	1,25
pannelli di tavole incollate a strati incrociati (X-Lam)	1,45	1,35		-
pannelli di particelle o di fibre	1,50	1,40	1,50	1,30
LVL, compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40	1,30	1,40	1,20
unioni	1,50	1,40	1,50	1,30
combinazioni eccezionali	1,00	1,00	1,00	1,00

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%, inserite in un sistema di qualità di cui al § 11.7.

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

Tab. 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 Legno lamellare incollato (*) LVL	UNI EN 14081-1 UNI EN 14080 UNI EN 14374, UNI EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Compensato	UNI EN 636:2013	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Pannello di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		OSB/3 - OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
			2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312 :2010	Parti 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		Parti 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90

Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.

(*) I valori si possono adottare anche per i pannelli X-Lam (solo classi di servizio 1 e 2).

Table 3.1 – Values of k_{mod}

Material	Standard	Service class	Load-duration class				
			Permanent action	Long term action	Medium term action	Short term action	Instantaneous action
Solid timber	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Glued laminated timber	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Plywood	EN 636 Part 1, Part 2, Part 3 Part 2, Part 3 Part 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB	EN 300 OSB/2 OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Particle-board	EN 312 Part 4, Part 5 Part 5 Part 6, Part 7 Part 7	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Fibreboard, hard	EN 622-2 HB.LA, HB.HLA 1 or 2 HB.HLA1 or 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Fibreboard, medium	EN 622-3 MBH.LA1 or 2 MBH.HLS1 or 2 MBH.HLS1 or 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	–	–	–	0,45	0,80
Fibreboard, MDF	EN 622-5 MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	–	–	–	0,45	0,80

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

Prodotti di legno per la costruzione – EN 1995-1-1
Tabella 3.1, valori del coefficiente k_{mod}

4.4.7 STATI LIMITE DI ESERCIZIO

... *inserimento di limitazioni generali* ...

La freccia (valore dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento) netta di un elemento inflesso è data dalla somma della freccia dovuta ai soli carichi permanenti, della freccia dovuta ai soli carichi variabili, dedotta dalla eventuale contrefreccia (qualora presente).

Nei casi in cui sia opportuno limitare la freccia istantanea dovuta ai soli carichi variabili nella combinazione di carico rara, in mancanza di più precise indicazioni, si raccomanda che essa sia inferiore a $L/300$, essendo L la luce dell'elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

Nei casi in cui sia opportuno limitare la freccia finale, in mancanza di più precise indicazioni, si raccomanda che essa sia inferiore a $L/200$, essendo L la luce dell'elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

Per il calcolo della freccia finale ci si deve riferire ai documenti di cui al cap.12.

I limiti indicati per la freccia costituiscono solo requisiti minimi indicativi.

3 & 4 ROBUSTEZZA STRUTTURALE

3.6 Azioni eccezionali (incendio, esplosioni, urti ...)

E' opportuno che le costruzioni possiedano un *grado adeguato di robustezza*, in funzione dell'uso previsto della costruzione, individuando gli *scenari di rischio* ...

3.6 AZIONI ECCEZIONALI (robustezza)

...

Le azioni eccezionali sono quelle che si presentano in occasione di eventi quali incendi, esplosioni ed urti.

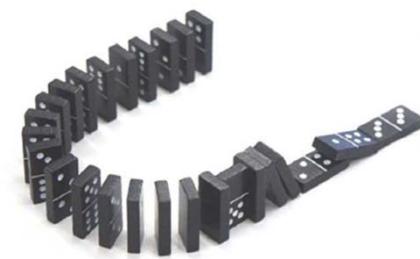
E' opportuno che le costruzioni possiedano un grado adeguato di robustezza, in funzione dell'uso previsto della costruzione, individuando gli scenari di rischio e le azioni eccezionali rilevanti ai fini della sua progettazione ...

Per le costruzioni in cui sia necessario limitare il rischio d'incendio per la salvaguardia dell'individuo e della collettività, nonché delle proprietà limitrofe e dei beni direttamente esposti al fuoco, saranno eseguite verifiche specifiche del livello di prestazione strutturale antincendio.

Le strutture devono essere altresì verificate nei confronti delle esplosioni e degli urti per verosimili scenari di rischio o su richiesta del committente.

3.6 AZIONI ECCEZIONALI (robustezza)

Per situazioni progettuali eccezionali, il *progetto dovrà dimostrare la robustezza* della costruzione mediante procedure di *scenari di danno* per i quali i fattori parziali γ_M dei materiali possono essere assunti pari all'unità..



3.6 AZIONI ECCEZIONALI (robustezza)

E' una verifica obbligatoria?

Il buon senso e una corretta *deontologia professionale* del Progettista imporrebbe comunque questa verifica.

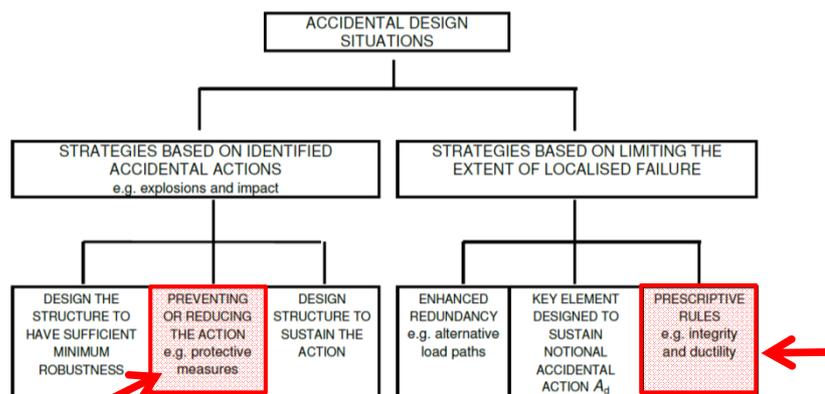
A parte il riferimento nelle NTC, in cui è esplicitamente citata la *robustezza*, un riferimento sicuro esiste in sede Europea in:

EN 1991-1-7:2006+A1:2014 Eurocode 1 - Actions on structures
Part 1-7: General actions — Accidental actions

Nella "*Classe di conseguenze 2b - Elevato livello di rischio*", sono inclusi hotels, caseggiati, appartamenti o altri edifici residenziali e uffici con numero di piani tra 5 e 15, edifici scolastici con numero di piani compreso tra 2 e 15 ecc.

3.6 AZIONI ECCEZIONALI (robustezza)

EN 1991-1-7:2006+A1:2014 Eurocode 1 - Actions on structures
Part 1-7: General actions — Accidental actions



Strategie di progetto per situazioni eccezionali

3.6 AZIONI ECCEZIONALI (robustezza)

EN 1991-1-7:2006+A1:2014 Eurocode 1 - Actions on structures
Part 1-7: General actions — Accidental actions

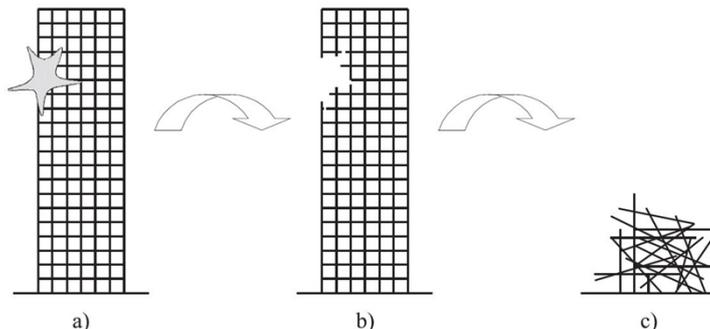
Classe di conseguenze	Tipologie di edifici
1	Edifici ad occupazione singola non eccedente i 4 piani Edifici ad uso agricolo Edifici scarsamente frequentati (purché distanti più di 1 ½ volta l'altezza edificio rispetto ad altri)
2a Contenuto livello di rischio	Edifici ad occupazione singola di 5 piani Hotels non eccedenti i 4 piani Caseggiati, appartamenti o altri edifici residenziali non eccedenti i 4 piani Uffici non eccedenti i 4 piani Edifici industriali non eccedenti i 3 piani Centri commerciali non eccedenti i 3 piani aventi area minore di 1000 m ² a piano Edifici scolastici ad un piano Edifici pubblici non eccedenti i due piani, con area di ciascun piano inferiore a 2000 m ²
2b Elevato livello di rischio	Hotels, caseggiati, appartamenti o altri edifici residenziali con numero di piani compreso tra 5 e 15 Edifici scolastici con numero di piani compreso tra 2 e 15 Centri commerciali con numero di piani compreso tra 4 e 15 Ospedali non eccedenti i tre piani Uffici con numero di piani compresi tra 5 e 15 Edifici pubblici non eccedenti i due piani, con area di ciascun piano compresa tra 2000 e 5000 m ² Parcheggi non eccedenti i 6 piani
3	Edifici definiti per le classi 2a e 2b che eccedono i limiti di area o di piano Tutti gli edifici nei quali è permesso l'accesso ad un significativo numero di persone Stadi con più di 5000 spettatori Edifici che contengono o trasformano sostanze pericolose

3.6 AZIONI ECCEZIONALI (robustezza)

EN 1991-1-7:2006+A1:2014 Eurocode 1 - Actions on structures
Part 1-7: General actions — Accidental actions

Fasi dell'analisi del rischio di strutture soggette ad azioni eccezionali

- 1 Identificazione e modellazione dei rischi eccezionali rilevanti. Valutazione della probabilità che si verifichino differenti rischi con differenti intensità
- 2 Valutazione delle situazioni di danno alla struttura dovute a differenti rischi. Valutazione della probabilità di diverse situazioni di danneggiamento e corrispondenti conseguenze per rischi dati
- 3 Valutazione del comportamento della struttura danneggiata. Valutazione della probabilità di prestazione inadeguata della struttura danneggiata insieme alle corrispondenti conseguenze

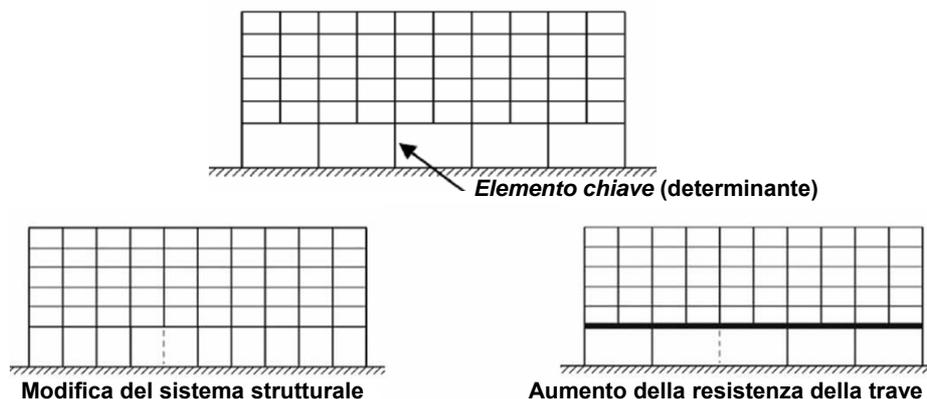


3.6 AZIONI ECCEZIONALI (robustezza)

EN 1991-1-7:2006+A1:2014 Eurocode 1 - Actions on structures
Part 1-7: General actions — Accidental actions

Progettazione per una situazione di "cedimento locale"

Percorsi "alternativi" per il carico ⇒ Ridondanza

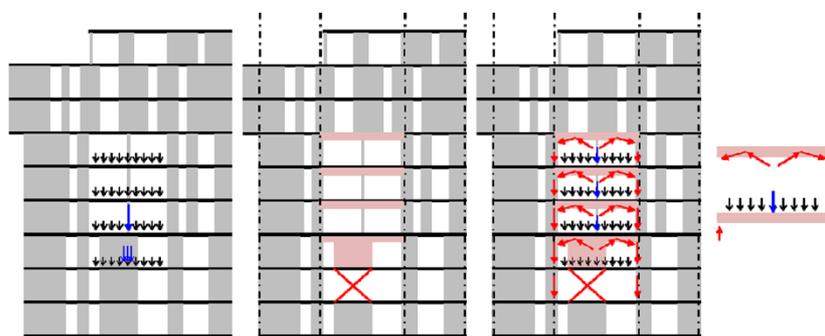


3.6 AZIONI ECCEZIONALI (robustezza)

EN 1991-1-7:2006+A1:2014 Eurocode 1 - Actions on structures
Part 1-7: General actions — Accidental actions

Progettazione per una situazione di "cedimento locale"

Percorsi "alternativi" per il carico ⇒ Ridondanza



Courtesy of A. Bernasconi

Percorsi alternativi delle forze

4.4.12 ROBUSTEZZA

I requisiti di robustezza strutturale di cui ai §§ 2.1 e 3.1.1 possono essere raggiunti anche mediante l'adozione di opportune scelte progettuali e di adeguati provvedimenti costruttivi che, per gli elementi lignei, devono riguardare almeno:

- *protezione* di struttura e dei suoi componenti nei confronti dell'*umidità*;
- la *utilizzazione di mezzi di collegamento intrinsecamente duttili* ...;
- la *utilizzazione di elementi composti* a comportamento globalmente *duttile*;
- la *limitazione* delle zone di materiale legnoso sollecitate a *trazione perpendicolarmente alla fibratura*, soprattutto nei casi in cui tali stati di sollecitazione si accompagnino a *tensioni tangenziali* (come nel caso degli intagli) e, in genere, quando siano da prevedere elevati gradienti di umidità nell'elemento durante la sua vita utile.

4.4.16 CONTROLLI E PROVE DI CARICO

Il paragrafo è sostituito da ...

- 4.4.16 VERIFICHE PER SITUAZIONI TRANSITORIE, CONTROLLI E PROVE DI CARICO
- 4.4.17 VERIFICHE PER SITUAZIONI PROGETTUALI ECCEZIONALI
- 4.4.18 PROGETTAZIONE INTEGRATA DA PROVE E VERIFICA MEDIANTE PROVE

4.4.16 VERIFICHE PER SITUAZIONI TRANSITORIE, CONTROLLI E PROVE DI CARICO

Per situazioni costruttive transitorie, come quelle che si hanno durante le fasi della costruzione, dovranno adottarsi [tecnologie costruttive e programmi di lavoro tali da non arrecare danni permanenti alla struttura o agli elementi strutturali](#) e da non riverberarsi sulla sicurezza dell'opera.



4.4.16 VERIFICHE PER SITUAZIONI TRANSITORIE, CONTROLLI E PROVE DI CARICO

Per situazioni costruttive transitorie, come quelle che si hanno durante le fasi della costruzione, dovranno adottarsi [tecnologie costruttive e programmi di lavoro tali da non arrecare danni permanenti alla struttura o agli elementi strutturali](#) e da non riverberarsi sulla sicurezza dell'opera.

[Entità delle azioni ambientali](#) determinate [in relazione alla durata della situazione transitoria](#) e della tecnologia esecutiva.

[Classi di durata del carico e delle classi di servizio](#) congruenti con la [effettiva durata](#) della situazione transitoria in esame.

7 PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE

Osservazione sulle altezze massime consentite ...
norme prescrittive o prestazionali

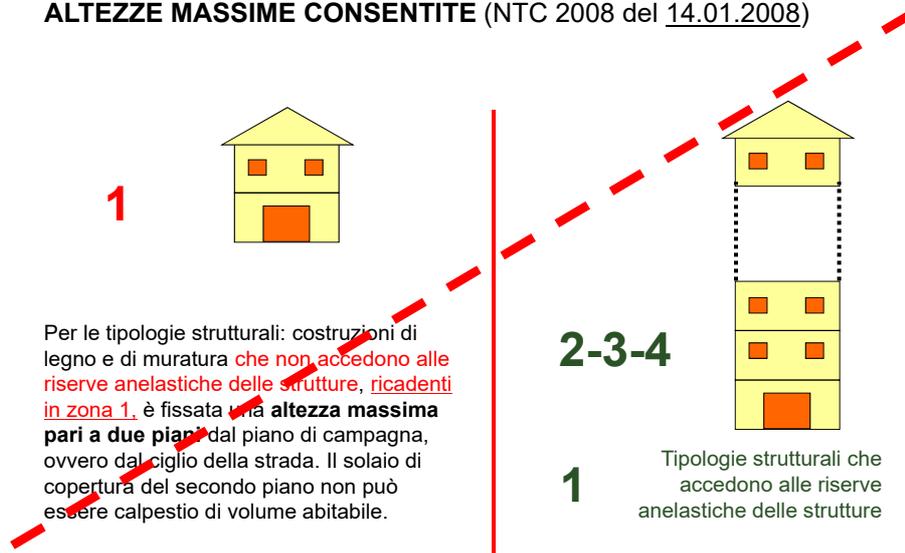
ALTEZZE MASSIME CONSENTITE (OPCM n. 3431 del 03.05.2005)

Tabella 4.2 ALTEZZE MASSIME CONSENTITE

Sistema costruttivo	Zona sismica			
	4	3	2	1
Altezza massima consentita (in m)				
Edifici con struttura in calcestruzzo	Nessuna limitazione	Nessuna limitazione		
Edifici con struttura in acciaio				
Edifici con struttura mista in acciaio e calcestruzzo				
Edifici con struttura in muratura ordinaria		16	11	7,5
Edifici con struttura in muratura armata		25	19	13
Edifici con struttura in legno	10	7	7	

Per le costruzioni in legno è ammessa la costruzione di uno zoccolo in calcestruzzo o in muratura, di altezza non superiore a 4 m, nel qual caso i limiti indicati si riferiscono alla sola parte in legno.

ALTEZZE MASSIME CONSENTITE (NTC 2008 del 14.01.2008)



ALTEZZE MASSIME CONSENTITE (DL del 06.12.2011)

DECRETO MONTI "SALVA ITALIA"

Art. 45

Disposizioni in materia edilizia

2. Al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, e successive modificazioni, sono apportate le seguenti modificazioni:

a) all'articolo 52, il comma 2 ...

"2. Qualora vengano usati sistemi costruttivi diversi da quelli in muratura o con ossatura portante in cemento armato normale e precompresso, acciaio o sistemi combinati dei predetti materiali, per edifici con quattro o più piani entro e fuori terra, l'idoneità di tali sistemi deve essere comprovata da una dichiarazione rilasciata dal presidente del Consiglio superiore dei lavori pubblici su conforme parere dello stesso Consiglio."

ALTEZZE MASSIME CONSENTITE (DL del 06.12.2011)

DECRETO MONTI "SALVA ITALIA"

Art. 45

Disposizioni in materia edilizia

2. Al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, e successive modificazioni, sono apportate le seguenti modificazioni:
 - a) all'articolo 52, il comma 2 ...

"2. Qualora vengano usati materiali o sistemi costruttivi **diversi** da quelli disciplinati dalle **norme tecniche in vigore**, la loro idoneità deve essere comprovata da una dichiarazione rilasciata dal Presidente del Consiglio superiore dei lavori pubblici su conforme parere dello stesso Consiglio."

8. COSTRUZIONI ESISTENTI

8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

- *interventi di riparazione o locali*: interventi che interessino singoli elementi strutturali;
- *interventi di miglioramento*: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza conseguire la sicurezza fissata per nuove costruzioni;
- *interventi di adeguamento*: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo livelli di sicurezza prefissati.

8. COSTRUZIONI ESISTENTI

8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

– *interventi di miglioramento*: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza conseguire la sicurezza fissata per nuove costruzioni

Sicurezza quantificata attraverso il rapporto ζ_E tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe per la nuova costruzione.

Nella combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere < 1 .

Costruzioni classe III "scuole" e classe IV: $\zeta_E \geq 0,6$

Costruzioni classe III e classe II: $\Delta\zeta_E \geq 0,1$.

8. COSTRUZIONI ESISTENTI

Novità rilevante nelle NTC'18, § 8.4.2 (*Intervento di miglioramento*).

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6 ...".

ζ_E (rapporto tra capacità e domanda sismica) a valle dei lavori può essere minore di 1.

8. COSTRUZIONI ESISTENTI

Novità rilevante nelle NTC'18, § 8.4.2 (*Intervento di miglioramento*).

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere minore dell'unità. **A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali**, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6 ...”.

ζ_E (rapporto tra capacità e domanda sismica) a valle dei lavori può essere minore di 1.

“... per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di ζ_E , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1”

Il problema maggiore, è che a valle dell'intervento siamo obbligati a fare la verifica della sicurezza § 8.3, e li dobbiamo dichiarare che la costruzione è sicura e quindi può essere utilizzata \Rightarrow quindi si richiede

la “*verifica di sicurezza*” **non** la “*verifica della riduzione del rischio*”

8. COSTRUZIONI ESISTENTI

Novità rilevante nelle NTC'18, § 8.4.2 (*Intervento di miglioramento*).

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere minore dell'unità. **A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali**, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6 ...”.

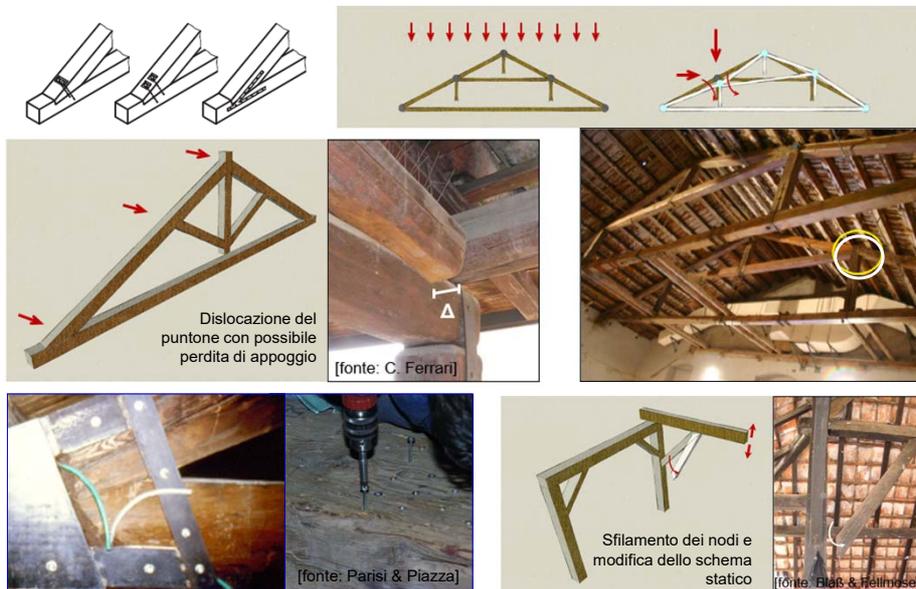
ζ_E (rapporto tra capacità e domanda sismica) a valle dei lavori può essere minore di 1.

Senza sicurezza non c'è conservazione



8. COSTRUZIONI ESISTENTI

VULNERABILITÀ SISMICA



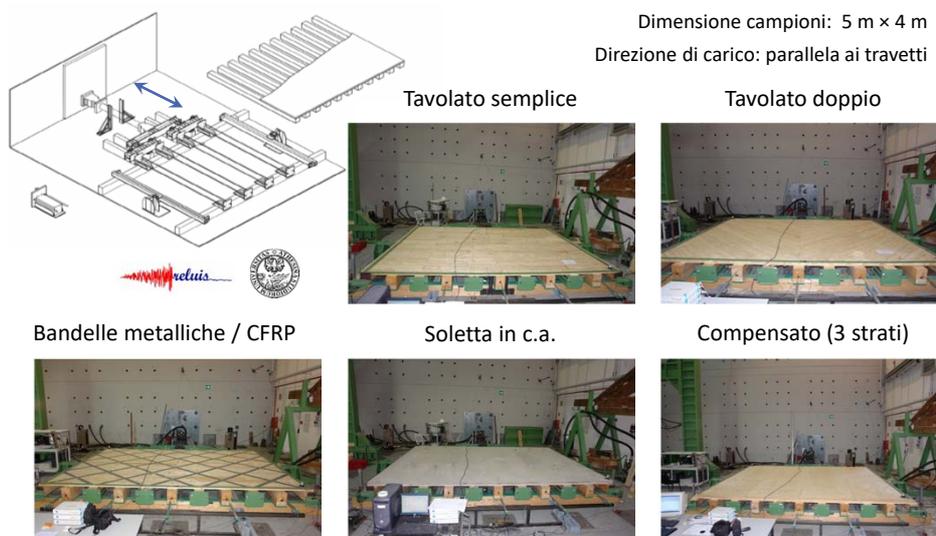
8. COSTRUZIONI ESISTENTI

VULNERABILITÀ SISMICA

RINFORZI | RIGIDEZZA DI PIANO DEGLI ORIZZONTAMENTI | TEST IN LABORATORIO

Dimensione campioni: 5 m × 4 m

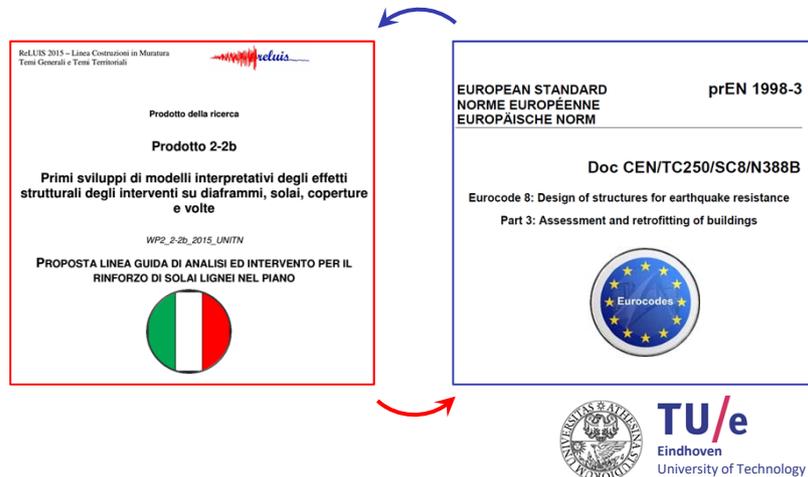
Direzione di carico: parallela ai travetti



8. COSTRUZIONI ESISTENTI

VULNERABILITÀ SISMICA

Proposte in discussione a livello europeo sul rinforzo delle strutture lignee esistenti



11.7 MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO

Novità rispetto alle NTC'08

- aggiornamento dei riferimenti normativi (es. UNI 11035 e UNI-EN)
- aggiornamento sui requisiti di produzione e marcatura del *legno massiccio*
- aggiornamento sui requisiti di produzione del *Legno strutturale con giunti a dita*
- aggiornamento sui requisiti di produzione del *Legno lamellare* (richiesta di classificazione a macchina per tavole sopra C30)
- obbligatoria la "*qualificazione della produzione*" per i fabbricanti, obbligatoria la "*denuncia di attività*" per i Centri di Lavorazione
- precisato che la fornitura deve essere accompagnata dal manuale con le specifiche tecniche per la posa in opera

11.7 MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO

11.7.10.1 FABBRICANTI E CENTRI DI LAVORAZIONE

Il Direttore Tecnico della produzione, di comprovata esperienza e dotato di attestato conseguito tramite apposito corso di formazione, assume le responsabilità relative alla conformità alle presenti norme delle attività svolte nel centro di lavorazione ...

Il [Direttore tecnico di produzione deve altresì frequentare un corso di aggiornamento con cadenza almeno triennale](#).

Regolamenti, CV dei docenti, programmi didattici dei corsi sopra citati devono essere preventivamente approvati dal S.T.C., sentito il C.S.II.pp., che verificherà la complessiva congruenza dei corsi con i requisiti richiesti dalle presenti norme.

11.7 MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO

11.7.10.1 FABBRICANTI E CENTRI DI LAVORAZIONE

...

È prevista la [sospensione](#) o, nei casi più gravi o di recidiva, la [revoca](#) degli attestati di qualificazione e di denuncia attività ove il Servizio Tecnico Centrale accerti, in qualsiasi momento, difformità tra i documenti depositati e la produzione effettiva, ovvero la mancata ottemperanza alle prescrizioni contenute nella vigente normativa tecnica.

I provvedimenti di sospensione e di revoca vengono adottati dal Servizio Tecnico Centrale.

11.7 MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO

11.7.10.2 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

...

I [controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori](#) per tutte le tipologie di materiali e prodotti a base di legno e sono demandati al Direttore dei Lavori il quale, prima della messa in opera, è tenuto ad accertare e a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

CONCLUSIONI

Revisione normativa

- ✓ Riveduto e precisato l'approccio alla progettazione "sismica"
- ✓ Modificati i coefficienti di sicurezza per il materiale certificato
- ✓ Maggiori controlli da effettuare su progetto, sul materiale, e durante le fasi costruttive

Antincendio

- ✓ In generale, maggiore *responsabilizzazione* del progettista

Edifici multipiano

- ✓ *Edificio multipiano alto?* ≥ 5 piani (EC_1), 24 m (antincendio)?
- ✓ Cambio di scala in tutte le fasi della costruzione ...
progettazione, realizzazione, controllo