

# SOLUZIONI DI INTERVENTO CON ELEMENTI IN LEGNO

Prof. Ing. Maurizio Piazza  
Università degli Studi di Trento

# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Opere provvisionali



CONVENZIONE TRA IL DIPARTIMENTO PROTEZIONE CIVILE  
UFFICIO SERVIZIO SISMICO NAZIONALE  
E L'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA



### MANUALE DELLE OPERE PROVVISORIALI URGENTI POST-SISMA

M. Dolce (coordinatore scientifico),  
D.Liberatore, C. Moroni, G. Perillo, G. Spera, A. Cacosso  
(Università degli studi della Basilicata)

Evento sismico: Terremoto Emilia (2012)

# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Opere provvisionali



Evento sismico: Terremoto Abruzzo (2009)

**WP5: *Interventi di rapida esecuzione a basso impatto ed integrati***

*Edifici con*  
**speciale valore culturale**  
*Interventi*  
**di "minimo impatto"**

**vs**

*Edifici*  
**di tipo comune**  
*Interventi*  
**di "minimo costo"**

**vs**

**Interventi di minimo impatto, semplici (→ rapidi) e a costo ridotto**

## Strutture di legno esistenti

### Principali patologie

Deficienze statiche, in genere causate da:

- insufficiente rigidezza/resistenza degli elementi
- dimensioni inadeguate, anche per cambio di destinazione d'uso
- nodi/elementi inadeguati
- difetti anatomici di membrature



## Strutture di legno esistenti

### Principali patologie

Deficienze statiche, in genere causate da:

- insufficiente rigidezza/resistenza degli elementi
- dimensioni inadeguate, anche per cambio di destinazione d'uso
- nodi/elementi inadeguati
- difetti anatomici di membrature
- attacchi biotici (riduzione sezione)
- altri tipi di danno



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Rinforzo di elementi e sottostrutture lignee

Gli interventi devono essere progettati a differenti **livelli**

➤ a livello della **Struttura**

Coperture e solai erano tipicamente costruiti per sopportare carichi verticali, con la quasi assenza di accorgimenti volti a rispondere alle azioni orizzontali (sisma, venti estremi ...)



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Rinforzo di elementi e sottostrutture lignee

Gli interventi devono essere progettati a differenti **livelli**

➤ a livello degli **Elementi**

Per il rinforzo di un edificio spesso si rende necessario migliorare anche "localmente" alcuni elementi di legno





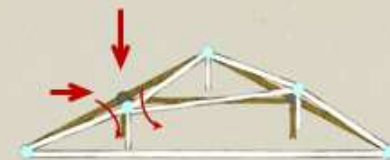
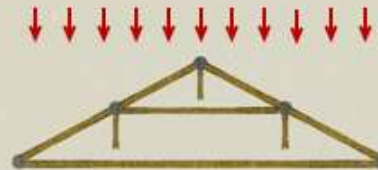
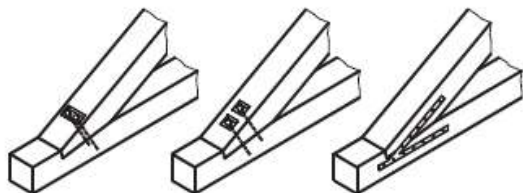
# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Rinforzo di elementi e sottostrutture lignee

Gli interventi devono essere progettati a differenti **livelli**

### ➤ a livello dei **Nodi**

Nelle strutture lignee (vecchie e nuove) è essenziale il ruolo dei collegamenti ai fini del comportamento di tutto il sistema strutturale. Occorre garantire innanzitutto la loro integrità strutturale, anche in condizioni estreme.



Apertura dei nodi e modifica dello schema statico



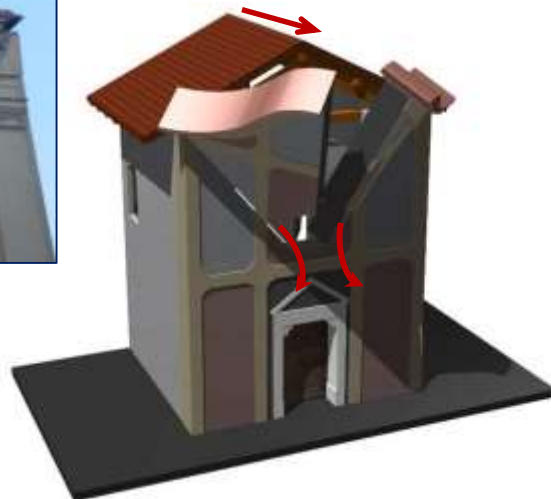
[fonte: Blaß & Fellmoser, Yogyakarta 2006]



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Vulnerabilità sismica delle strutture lignee esistenti

**Solai e coperture eccessivamente deformabili**, anche in presenza di un collegamento efficace diaframma – muratura, non sono in grado di contrastare il **ribaltamento** fuori piano della muratura



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Vulnerabilità sismica delle strutture lignee esistenti - Coperture

Caso studio

**GAT | Grande Albergo Terme**

*Ex Grand Hotel Terme di Comano*

Terme di Comano, Trento



Coordinatori U.R.

Prof. M. Piazza

Prof.ssa M. A. Parisi



UNIVERSITÀ  
DI TRENTO

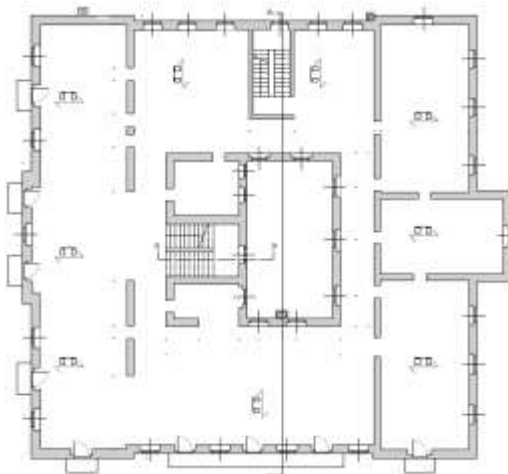
Dipartimento di  
Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica



POLITECNICO  
MILANO 1863



TERME DI COMANO



# Soluzioni di intervento con elementi in legno









## Vulnerabilità sismica delle strutture lignee esistenti - Coperture

### Caso studio GAT - Analisi di vulnerabilità sismica + definizione degli interventi

Prof. M.A. Parisi - Politecnico di Milano



*Copertura con 13 capriate di diverso tipo*

21.9 Diagonale di falda n° 9 D9		Forma sezione circolare rettangolare altro: x	
		Dimensione [bxh]: 20 X 20 cm Degradato:	
21.9.1 NODO C3-D7-T4		Connettori impiegati Fasce metalliche	
		Efficacia connessione Bassa	
		<b>Intervento suggerito</b>	
21.9.2 NODO D7-D8-D9-T5		Connettori impiegati Nessuno (N)	
		Efficacia connessione Bassa	
		<b>Intervento suggerito</b>	
21.10 Diagonale di falda n° 10 D10		Forma sezione circolare rettangolare altro: x	
		Dimensione [bxh]: 20 x 22 cm Degradato:	
21.10.1 NODO D10-T5		Connettori impiegati <b>verificare</b>	
		Efficacia connessione	
		<b>Intervento suggerito</b>	
21.11 Diagonale di falda n° 11 D11		Forma sezione circolare rettangolare altro: x	
		Dimensione [bxh]: 20 x 21 cm Degradato:	
21.11.1 NODO D11-T4		Connettori impiegati Fasce metalliche	
		Efficacia connessione Media (M)	
		<b>Intervento suggerito</b>	

#### Dall'analisi di vulnerabilità:

- 1. Schema Strutturale:** 2 capriate con labilità; insufficiente rigidezza longitudinale
- 2. Giunti di carpenteria:** elementi metallici di chiusura dei nodi deteriorati e inefficaci
- 3. Vincoli:** appoggio delle capriate
- 4. Stato di fatto:** elementi degradati

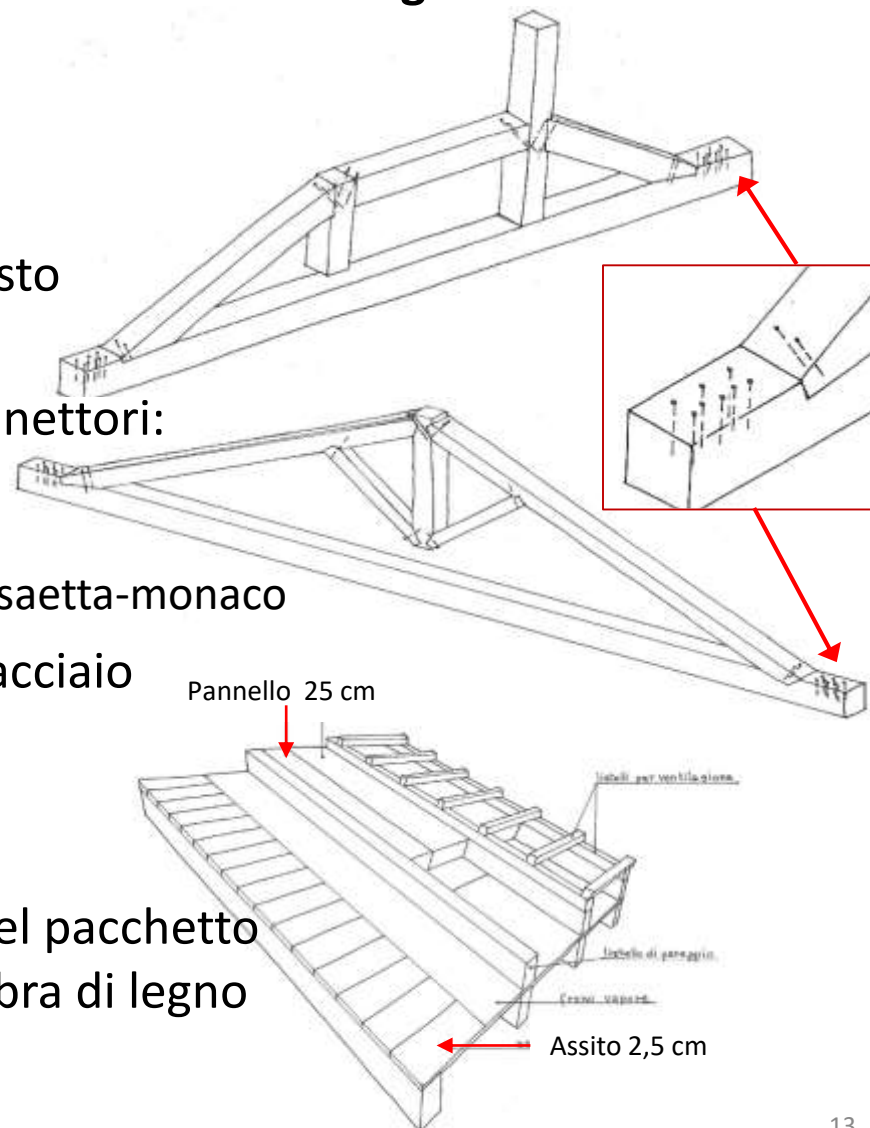
# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Vulnerabilità sismica delle strutture lignee esistenti - Coperture

### Caso studio GAT - Analisi di vulnerabilità sismica + definizione degli interventi

#### Interventi proposti

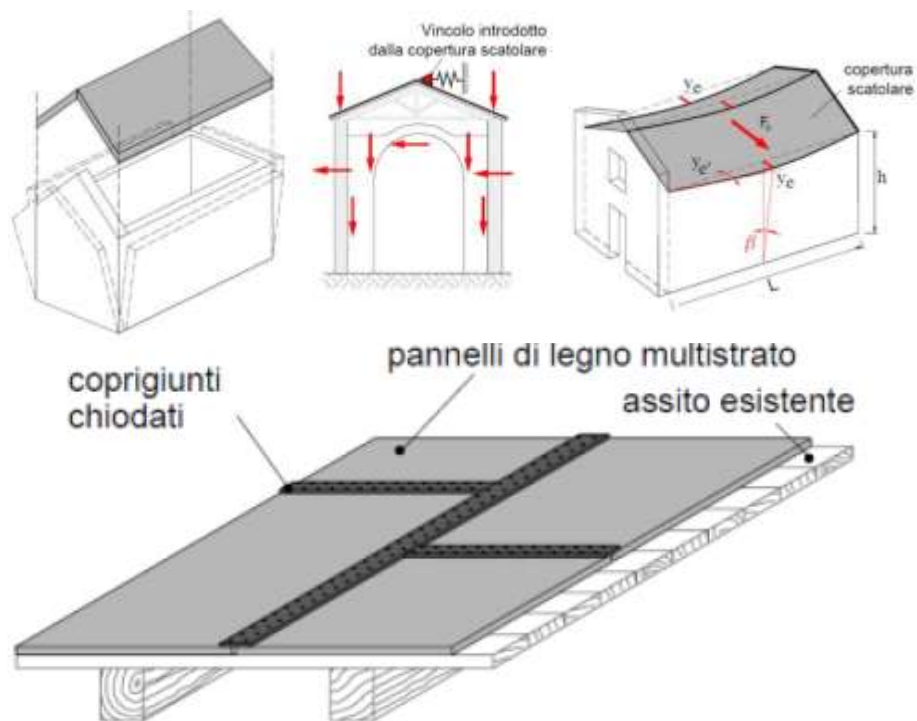
1. **Eliminazione labilità** delle capriate, con inserimento di connettori metallici e **irrigidimento del piano di falda** con assito posto sopra l'orditura primaria
2. **Miglioramento delle giunzioni**, mediante connettori:
  - connessione puntone-catena
  - tallone della catena (rinforzo con viti)
  - connessioni monaco-puntone, saetta-puntone, saetta-monaco
3. **Sistemazione degli appoggi**, con tirafondi in acciaio tra capriata / trave di cordolo / muratura
4. **Sostituzione degli elementi** degradati
5. **Miglioramento energetico**: ricomposizione del pacchetto di copertura con inserimento di pannelli in fibra di legno



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Vulnerabilità sismica delle strutture lignee esistenti - Coperture

### Realizzazione di coperture scatolari in legno



U.R. UNIBS E. Giuriani

U.R. UNIBG A. Marini



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI BRESCIA



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI BERGAMO

# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Vulnerabilità sismica delle strutture lignee esistenti - Coperture

### Realizzazione di irrigidimento del piano di falda con doppio assito sopra l'orditura

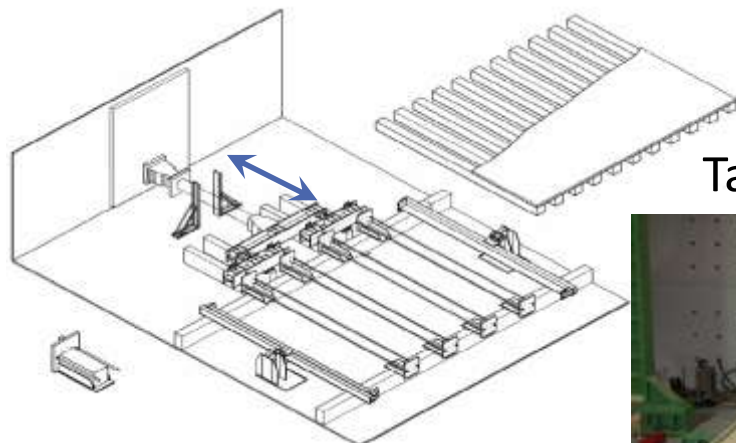


# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Vulnerabilità sismica delle strutture – Rinforzo dei solai lignei

### Interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai | Test in laboratorio

Dimensione campioni: 5 m × 4 m  
Direzione di carico: parallela ai travetti



Tavolato semplice



Tavolato doppio



Bandelle metalliche / CFRP



Soletta in c.a.



Compensato (3 strati)

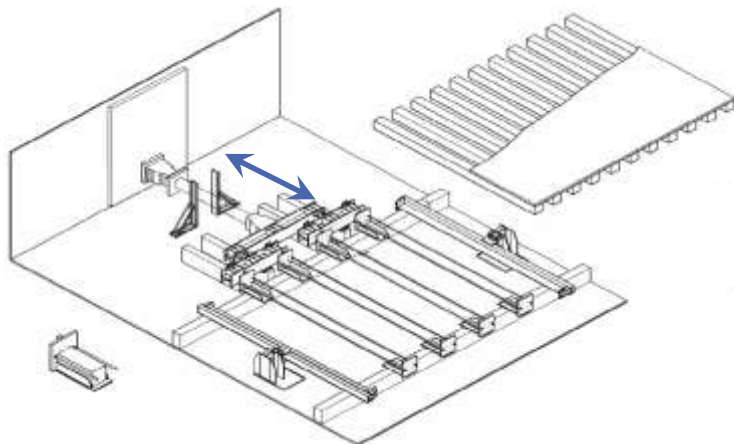




# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Vulnerabilità sismica delle strutture – Rinforzo dei solai lignei

### Interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai | Test in laboratorio



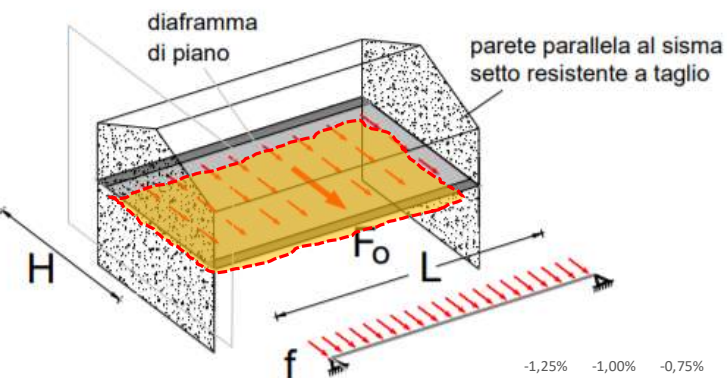
Dimensione campioni: 5 m × 4 m  
Direzione di carico: parallela ai travetti



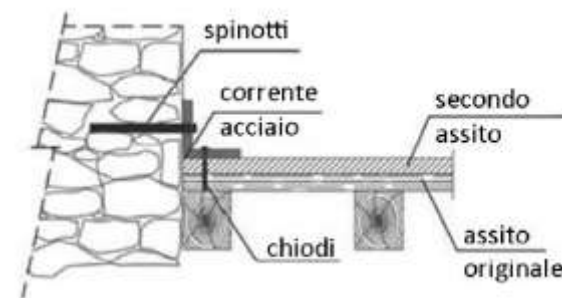
# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Vulnerabilità sismica delle strutture – Rinforzo dei solai lignei

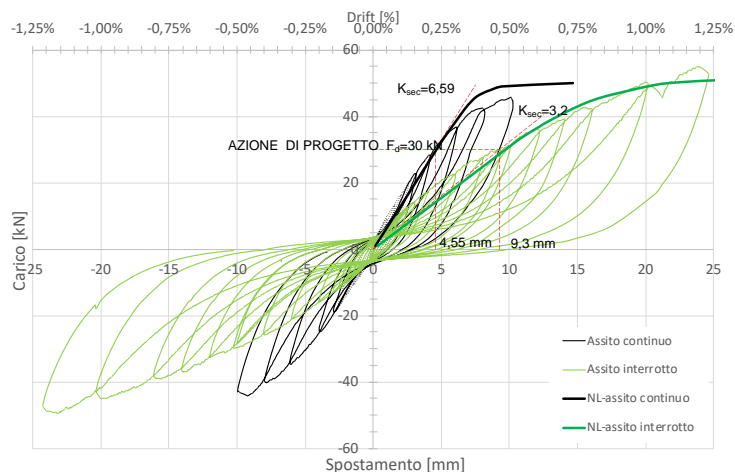
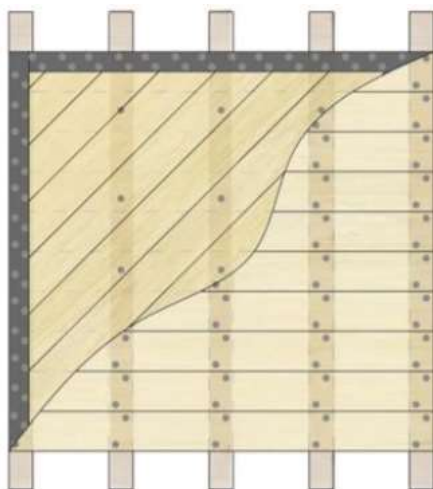
### Interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai | Test in laboratorio



Ancoraggio diaframma alla muratura

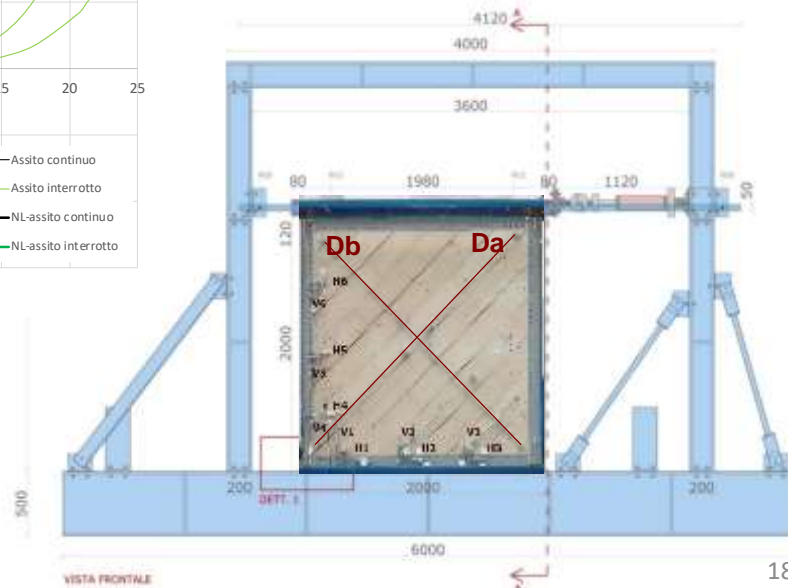


ASSITO INCROCIATO A 45°



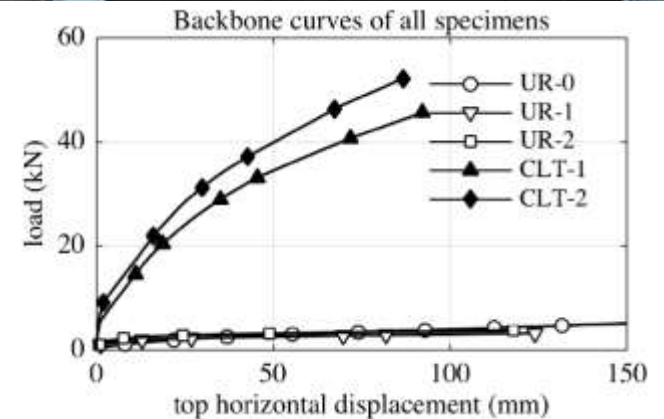
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI BRESCIA

U.R. UNIBS  
G. Metelli, E. Giuriani, A. Marini



## Interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai | Test in laboratorio

Rinforzo dei solai per azioni nel piano a mezzo di pannelli CLT

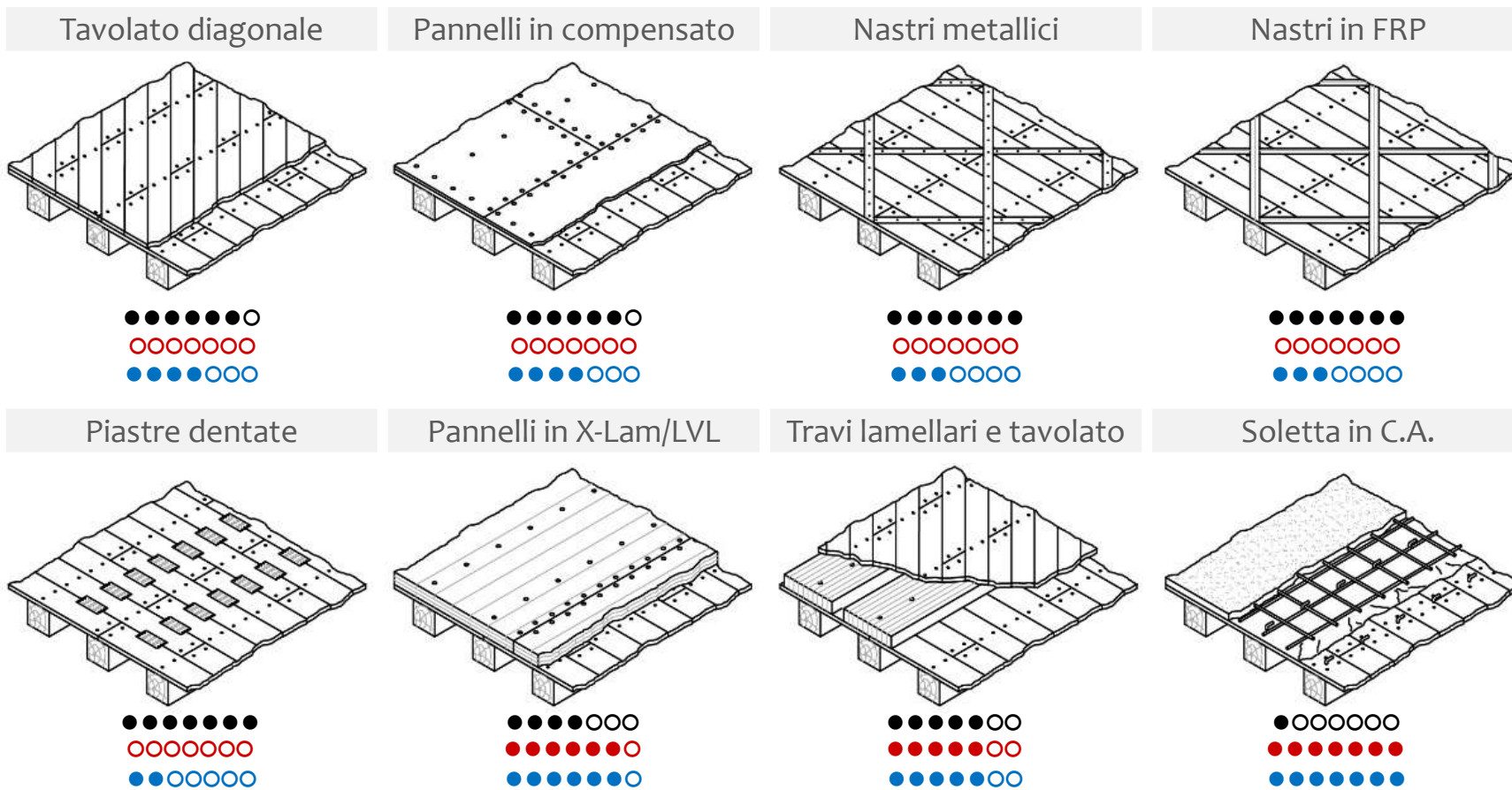


# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Vulnerabilità sismica delle strutture – Rinforzo dei solai lignei

### Interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai

- **Contenimento masse** | ● **Rigidità fuori piano** | ● **Rigidità di piano**



### Interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai

#### NTC 2018: IL RUOLO DEI SOLAI LIGNEI

##### C8.7.4.1 Criteri per gli interventi di consolidamento

... per gli edifici storici, nel consolidamento di solai lignei sono generalmente preferibili i diaframmi leggeri, di rigidità non trascurabile, realizzati a secco, quali quelli ottenuti con doppio assito, con pannelli a base legno quali quelli citati nel paragrafo 11.7, lamiera di acciaio, reticolari di acciaio, reticolari con fibre o altro materiale idoneo ...

... un rinforzo che consente di conseguire *contemporaneamente un rinforzo nel piano e flessionale*, si realizza, ad esempio, tramite **strutture composte legno-legno mediante solette lignee** ...



**Eurocodice 5, Appendice B**

Travi giuntate meccanicamente



... la tecnica di rinforzo con soletta collaborante in calcestruzzo realizza ugualmente un elevato irrigidimento nel piano e un miglioramento della resistenza ai carichi verticali, ma con un maggiore incremento dei pesi.

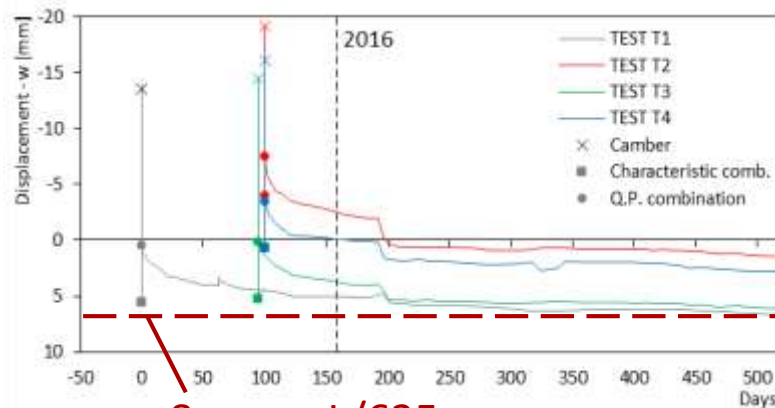


# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Vulnerabilità sismica delle strutture – Rinforzo dei solai lignei

### Rinforzo dei solai fuori-piano con soluzioni legno-legno

Alte prestazioni, spessore e massa contenuti



Spessore minimo del rinforzo  
X-LAM – 3 strati (57 mm)



Combinazione di carico quasi-permanente		
$g_{2k}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	3.00
$q_k$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.60
Total Load	[kN/m <sup>2</sup> ]	3.60

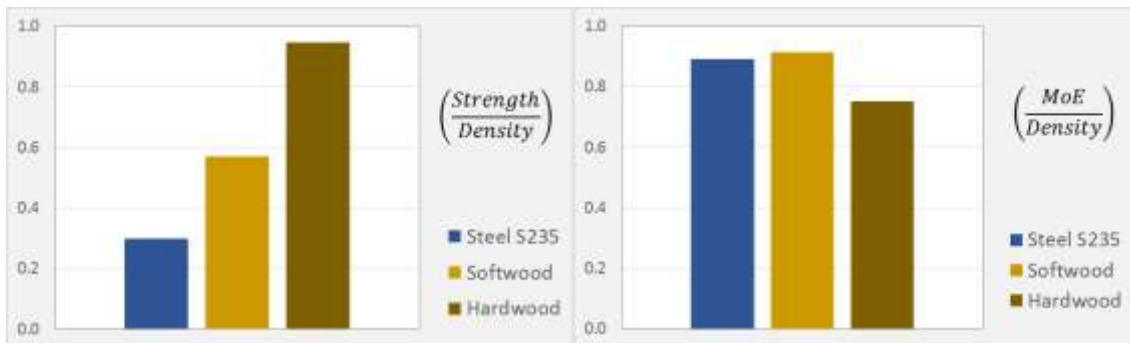
Solaio originario inadatto a supportare i carichi imposti da norma

Prove a lungo termine (2 anni)  
freccia massima << limite richiesto

# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Vulnerabilità sismica delle strutture – Rinforzo dei solai lignei

### Rinforzo dei solai fuori-piano con soluzioni legno-legno



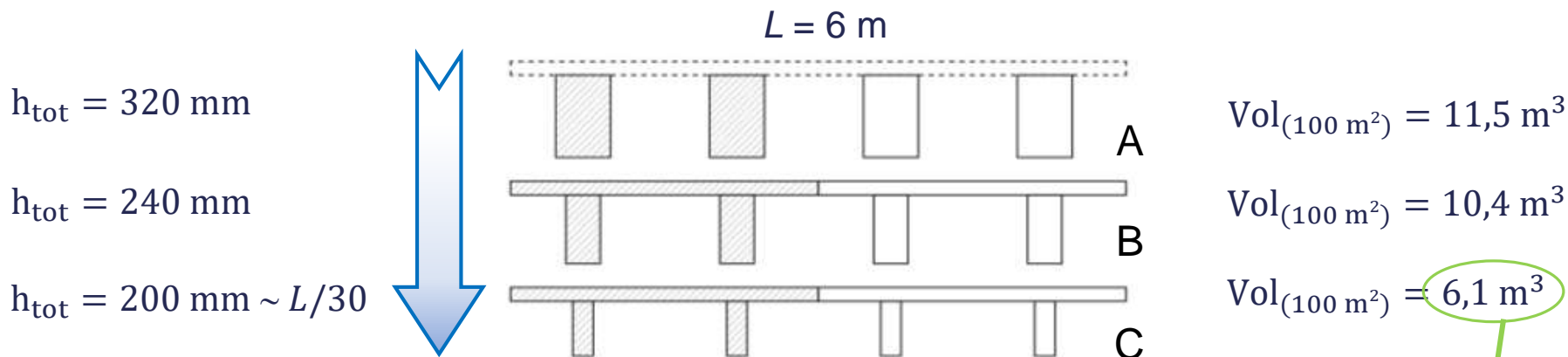
Latifoglia Vs. Conifera			LVL faggio	Conifera
			GL70	GL24
Flessione	$f_{m,k}$	[MPa]	70	24
Trazione	$f_{t,0,k}$	[MPa]	55	17
	$f_{t,90,k}$	[MPa]	0.6	0.5
Compressione	$f_{c,0,k}$	[MPa]	59.4	21.5
	$f_{c,90,k}$	[MPa]	10.2	2.5
Taglio	$f_{v,k}$	[MPa]	4	3.5
MoE	$E_{0,mean}$	[MPa]	16700	11000
Densità	$\rho_{mean}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	~ 740	~ 400



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Vulnerabilità sismica delle strutture – Rinforzo dei solai lignei

### Rinforzo dei solai fuori-piano con soluzioni legno-legno



A Solaio ligneo tradizionale	B Solaio composto standard	C Solaio composto pre-sollecitato
Pannello (portato) 40 mm	Pannello BBQ: 40x900 mm	Pannello BBQ: 40x900 mm
Travetti (2): 120x280 mm	Travetti (2): 100x200 mm	Travetti (2): 60x160 mm

### SOLAIO IN LATERO-CEMENTO A TRAVETTI PREFABBRICATI



LATERO - CEMENTO

**~ 300 kg/m<sup>2</sup>**

>>

LEGNO

**~ 50 kg/m<sup>2</sup>**



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Aggiornamento EN1998 – Parte III

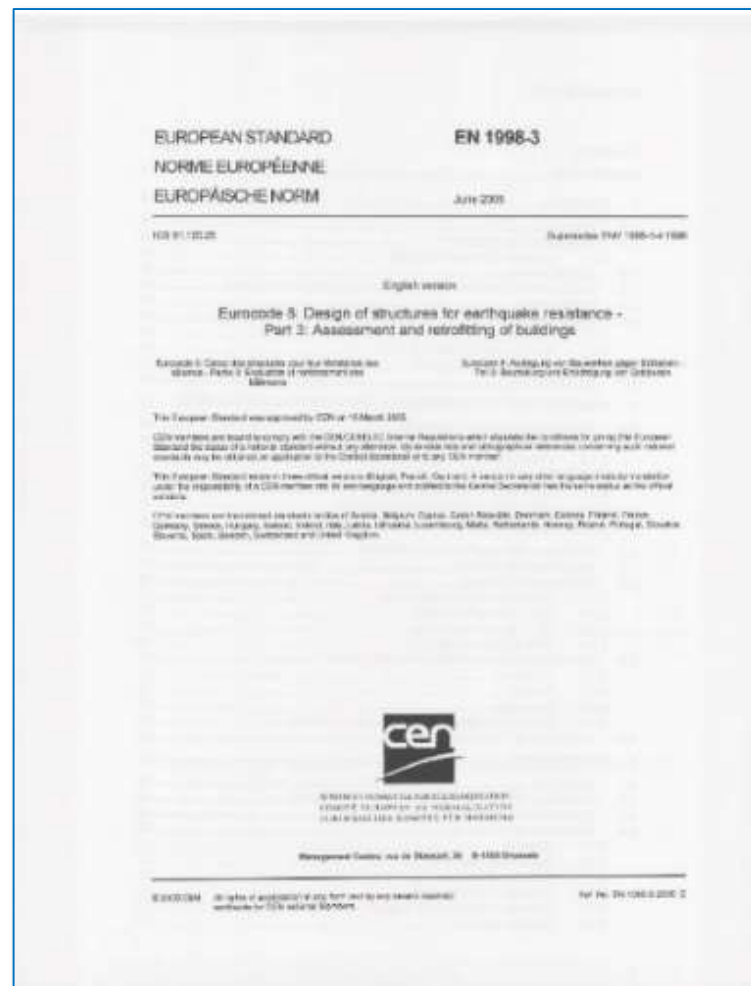
28 pagine

### Eurocode 8

*Design of structures for earthquake resistance – Part 3:  
Assessment and retrofitting of buildings and bridges*

Eurocode 8: Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 3: Evaluation et renforcement des bâtiments et ponts

Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 3: Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden und Brücken



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Aggiornamento EN1998 – Parte III

### PARTE GENERALE

28 pagine

**10 SPECIFIC RULES FOR TIMBER BUILDINGS .....94**

**10.1 Scope .....94**

**10.2 Identification of geometry, details and materials.....94**

10.2.1 General .....94

10.2.2 Geometry.....95

10.2.3 Details .....95

10.2.4 Materials.....95

10.2.4.1 Condition assessment and knowledge level.....95

10.2.4.2 Condition assessment factors.....97

**10.3 Classification of timber structural elements.....97**

$$X_d = \varphi \cdot \frac{X_{rep} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}$$

**Table 10.2 Knowledge level and  $\varphi$  factor**

Knowledge level	Condition assessment factor - $\varphi$
KLM1 - Minimum knowledge	Refer to D3 class $\varphi$ -value
KLM2 - Average knowledge	Refer to the $\varphi$ -value corresponding to the degradation class immediately worse than the one obtained on the basis of the inspections
KLM3 - High knowledge	Refer to the $\varphi$ -value corresponding to the degradation class obtained on the basis of the inspections

**Table 10.3 Condition assessment criteria ( $\varphi$  factors)**

Condition rating	Condition description	$\varphi$
D1 - Good	Timber free of borer; no signs of past water damage*; little or no fastener rust; tight connections, coherent and unable to wobble	1,00
D2 - Fair	Little or no borer; little or no signs of past water damage*; some rust on the fasteners but integrity still fair; connections have some but little movement/slack; small degree of timber wear surrounding fasteners	0,75
D3 - Poor	Considerable borer; water damage evident*; fastener rust extensive; significant timber degradation surrounding the fasteners; connections appear loose	0,30

(\*) Degradation process is assumed to be no longer active, the biotic cause of degradation is assumed to be no longer present

10.4.3 Frames .....97

**10.5 Structural analysis .....97**

10.5.1 General .....97

10.5.2 Local analysis of diaphragms with a .....97

**Table 10.1 NDT and SDT methods to assess Knowledge Level and Condition assessment of structural timber**

Method	Determine species	Measure MC	Locate deterioration	Quantify deterioration	Assess strength	Determine stiffness	Identify hidden details	Knowledge level	Condition assessment
Visual inspection	NDT		Limited					KLM1 KLM2 KLM3	✓
Remote visual inspection	NDT		Limited	Limited			Yes	KLM3	✓ (+)
Species identification	NDT	Yes						KLM1 KLM2 KLM3	✓

# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Aggiornamento EN1998 – Parte III

### VALUTAZIONE DELL'ESISTENTE

- 10.6 Resistance models for assessment .....106**
  - 10.6.1 General ..... 106
  - 10.6.2 **Timber diaphragms** .....
  - 10.6.3 Carpentry joints.....
    - 10.6.3.1 General.....
    - 10.6.3.2 Compression of timber.....
    - 10.6.3.3 Single step joints (SSJ) .....
      - 10.6.3.3.1 Shear crack in the tie beam.....
      - 10.6.3.3.2 Crushing at the front-notch surface.....
    - 10.6.3.4 Double step joints (DSJ).....
      - 10.6.3.4.1 Shear crack in the tie beam.....
      - 10.6.3.4.2 Crushing at the front-notch surface.....
  - 10.6.4 Dowel-type joints ..... 114
  - 10.6.5 Dowel-type joints ..... 114
- 10.7 Verification to limit states .....114**
  - 10.7.1 **Timber diaphragms** ..... 114
    - 10.7.1.1 **Displacement limitation** ..... 115
    - 10.7.1.2 Force limitation .....
  - 10.7.2 Timber frames .....
    - 10.7.2.1 Displacement limitation .....
    - 10.7.2.2 Force limitation .....
  - 10.7.3 Carpentry joints.....
  - 10.7.4 Dowel-type joints .....

**Table 10.4 Acceptance criteria in terms of force  $v_{R,k}$  [kN/m]**

	No retrofit	Type of retrofit (Figure 10.2)			
		(a)	(b)	(e)	(f)
Parallel to joists	3	30	25	40	30
Perpendicular to joists	5*	45	25	45	40

\* In case of SQ joists, diaphragm shear strength in the direction perpendicular to the joists, can be significantly higher than the  $v_{R,rep}$  value reported in the table.

$$d_r = \frac{2 \Delta_d}{L_a} \times 100 \quad (10.20)$$

where  $\Delta_d$  and  $L_a$  are given in 10.5.2(7).

**Table 10.5 Acceptance criteria for horizontal diaphragms in terms of drift ratios  $d_r$  [%]**

	No retrofit	Type of diaphragm (Figure 10.10 1)			
		(a)	(b)	(e)	(f)
Near Collapse (NC)	6,0%	2,1%	1,6%	1,5%	2,1%
Significant Damage (SD)	4,0%	1,5%	1,2%	1,1%	1,5%
Damage Limitation (DL)	2,5%	0,8%	0,7%	0,6%	0,8%

### VALUTAZIONE DELL'ESISTENTE

<b>10.6</b>	<b>Resistance models for assessment .....</b>	
10.6.1	General .....	
10.6.2	Timber diaphragms .....	
10.6.3	<b>Carpentry joints .....</b>	
10.6.3.1	General .....	
10.6.3.2	Compression of timber .....	
10.6.3.3	<b>Single step joints (SSJ) .....</b>	
10.6.3.3.1	Shear crack in the tie beam .....	
10.6.3.3.2	Crushing at the front-notch surface .....	
10.6.3.4	<b>Double step joints (DSJ) .....</b>	
10.6.3.4.1	Shear crack in the tie beam .....	
10.6.3.4.2	Crushing at the front-notch surface .....	113
10.6.4	Dowel-type joints .....	114
10.6.5	Dowel-type joints .....	114
<b>10.7</b>	<b>Verification to limit states .....</b>	
10.7.1	Timber diaphragms .....	
10.7.1.1	Displacement limitation .....	
10.7.1.2	Force limitation .....	
10.7.2	Timber frames .....	
10.7.2.1	Displacement limitation .....	
10.7.2.2	Force limitation .....	
10.7.3	Carpentry joints .....	
10.7.4	Dowel-type joints .....	

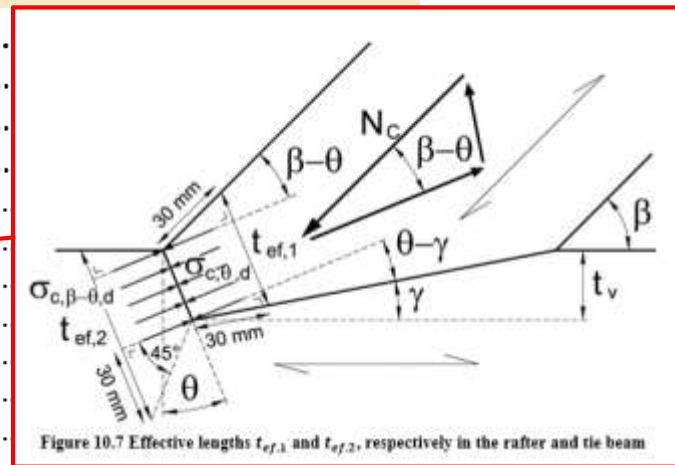


Figure 10.7 Effective lengths  $t_{ef,1}$  and  $t_{ef,2}$ , respectively in the rafter and tie beam

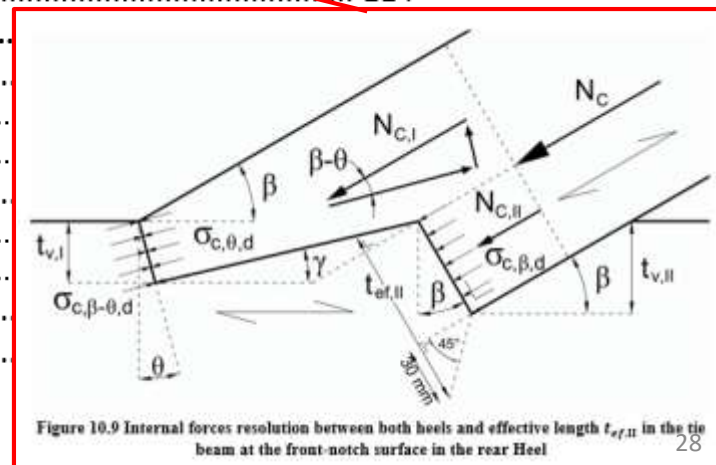


Figure 10.9 Internal forces resolution between both heels and effective length  $t_{ef,II}$  in the tie beam at the front-notch surface in the rear Heel

# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Aggiornamento EN1998 – Parte III

### RINFORZO

- 10.8 Resistance models for strengthening .....
- 10.8.1 Material design resistance .....
- 10.8.2 Diaphragms .....
- 10.8.2.1 **Methods for strengthening** .....
- 10.8.2.2 Modelling and analysis .....
- 10.8.2.3 Verifications .....
- 10.8.3 Timber frames .....
- 10.8.3.1 Methods for strengthening .....
- 10.8.3.2 Modelling and analysis .....
- 10.8.3.3 Verifications .....
- 10.8.4 Carpentry joints .....
- 10.8.4.1 General .....
- 10.8.4.2 Repair and reinforcement .....
- 10.8.4.3 Verifications .....
- 10.8.5 Dowel-type joints .....
- 10.8.5.1 Reinforcement measures .....
- 10.8.5.2 Verifications .....

DPC-ReLUIS  
2019-2021

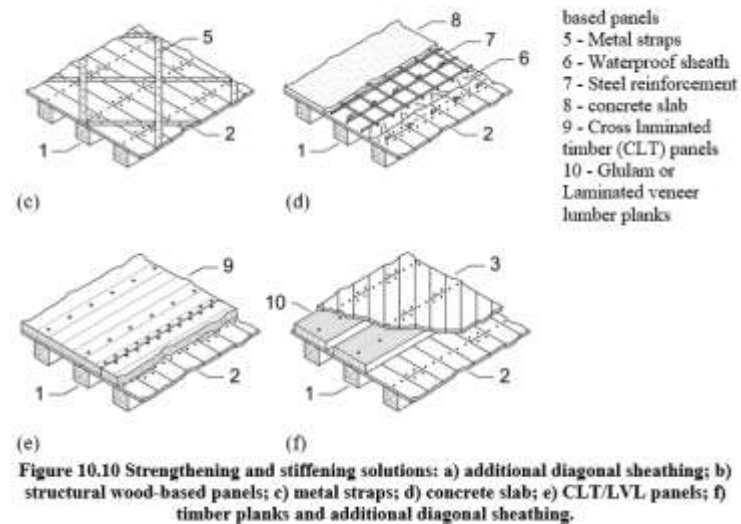


Table 10.7 Equivalent shear stiffness values  $G_{d,0}$  [kN/m]\*

	No retrofit	Type of retrofitted diaphragm (Figure 10.2)			
		(a)	(b)	(e)	(f)**
Single straight sheathing	150	3000	1800	3000	3000
Single straight sheathing (SQ joists) ***	400	3600	2400	4100	3800

\* Given values can be considered as reference values.  
 \*\* This retrofit strategy, that is mainly intended for improving diaphragm out-of-plane performance, requires squat joists (SQ) in order to be effective.  
 \*\*\* When the diaphragm is loaded in the direction perpendicular to the joists.

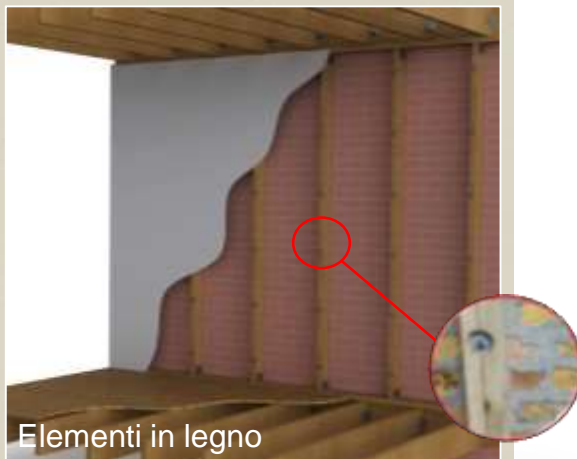
## Contributi normativi relativi a strutture in legno

Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e sulla copertura

# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Utilizzo degli elementi lignei per il rinforzo delle murature

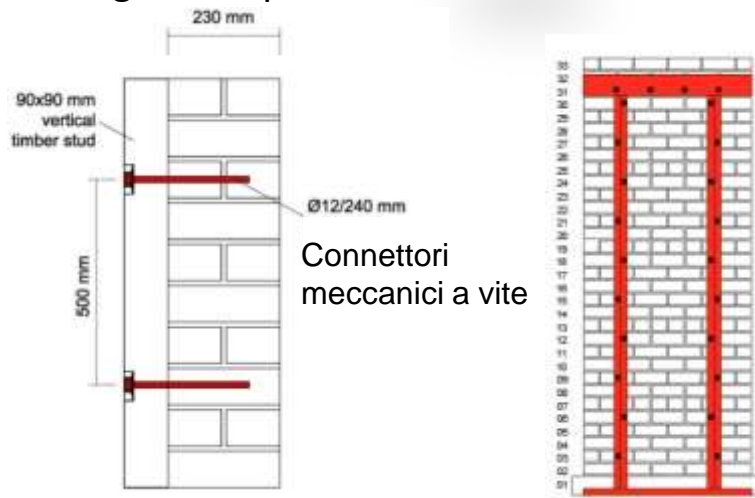
### Elementi monodimensionali in legno a sostegno della muratura



Costolature di rinforzo con collegamenti puntuali diffusi



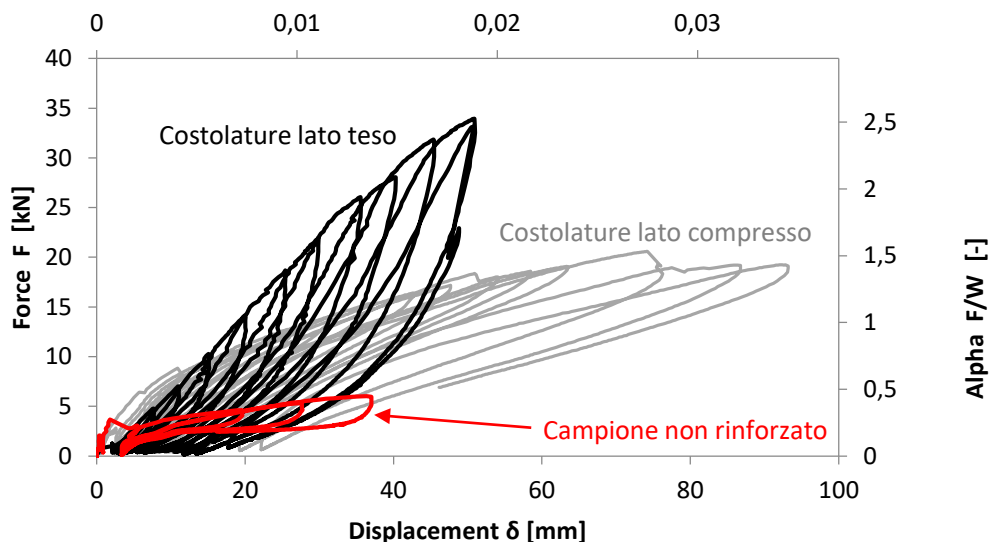
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO  
Dipartimento di Ingegneria Civile  
e Ambientale



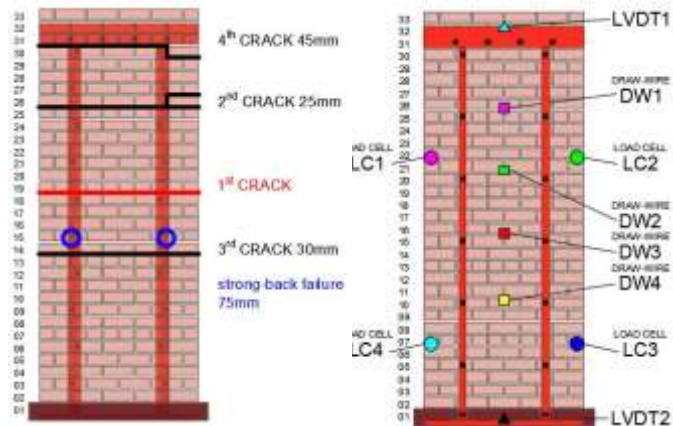
# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Utilizzo degli elementi lignei per il rinforzo delle murature

### Elementi monodimensionali in legno a sostegno della muratura



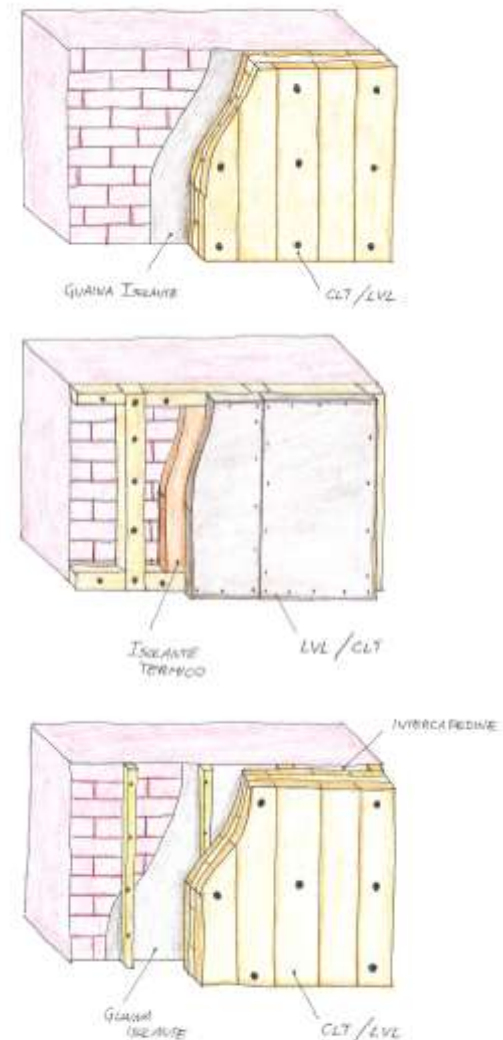
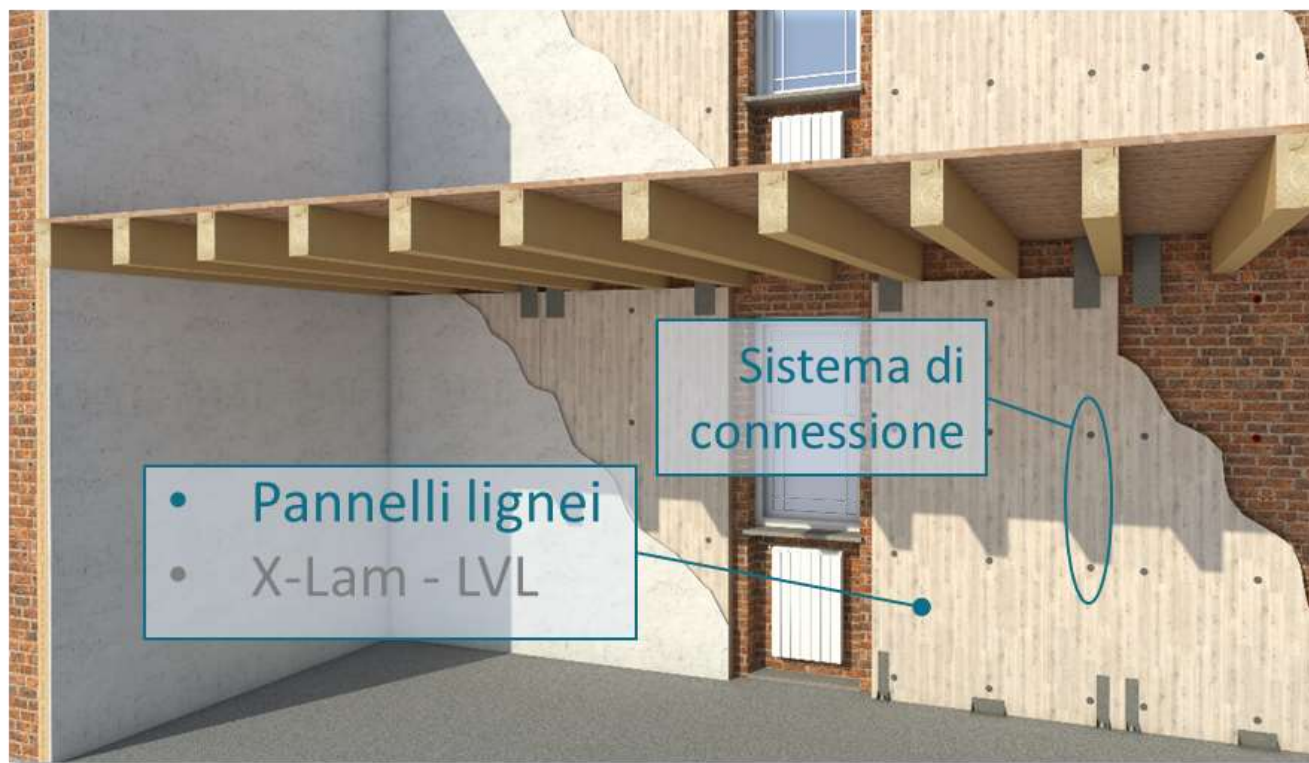
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO  
Dipartimento di Ingegneria Civile  
e Ambientale



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Utilizzo degli elementi lignei per il rinforzo delle murature

### Miglioramento sismico di edifici in muratura con pannelli lignei






# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Utilizzo degli elementi lignei per il rinforzo delle murature

### Rinforzo di edifici esistenti in muratura mediante pannelli CLT

Perché utilizzare **Pannelli Lignei** ?

- 
- ✓ Incremento di massa contenuto se confrontato con altre tecniche di consolidamento
  - ✓ Buone proprietà meccaniche (rapporto resistenza/densità)
  - ✓ Miglioramento prestazioni energetiche edificio

Perché inserire i pannelli nel lato interno ?

- ✓ Durabilità
- ✓ Mantenimento delle facciate esterne
- ✓ Volume totale dell'edificio costante
- ✗ Riduzione del volume interno abitabile



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Utilizzo degli elementi lignei per il rinforzo delle murature

### Prove sperimentali (in-situ): connessioni legno - muratura

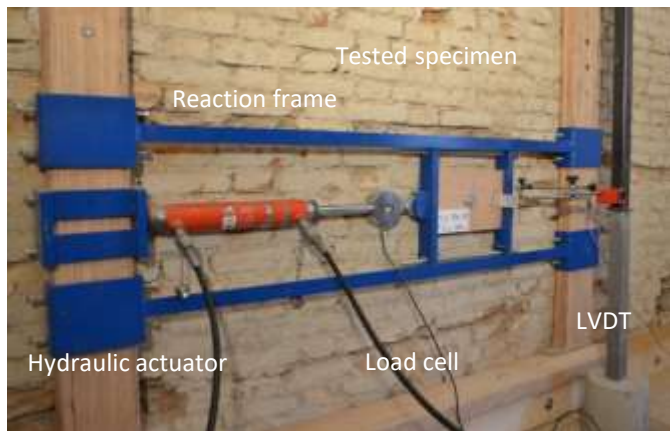
#### CASO STUDIO - GAT | Grande Albergo Terme



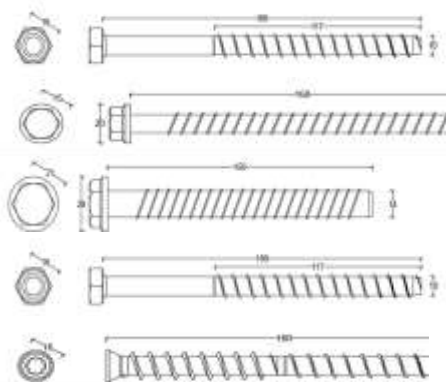
Progetto iniziale 1838-1840



Situazione attuale



#### CONNETTORI



#### TIPOLOGIE MURARIE

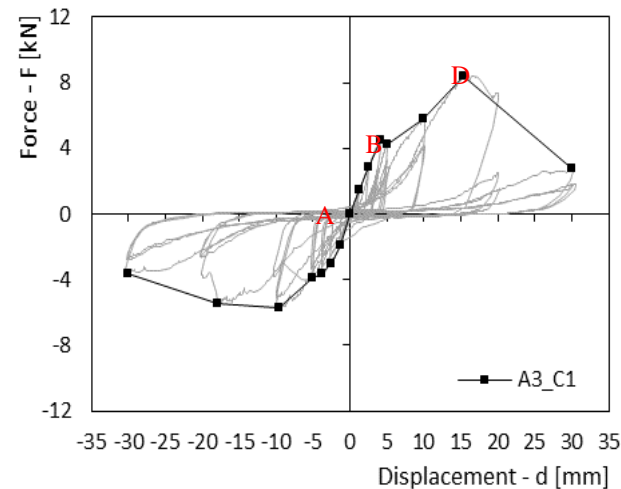
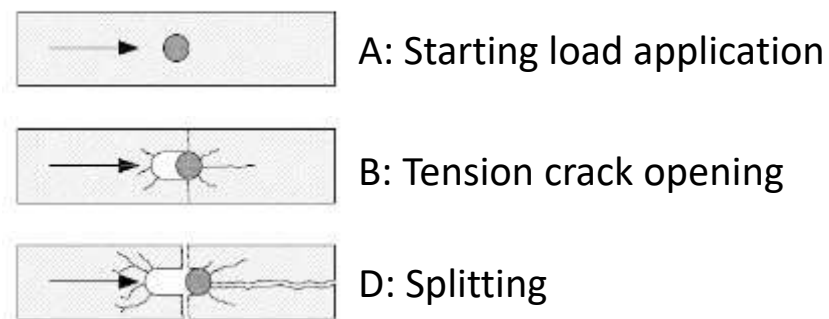
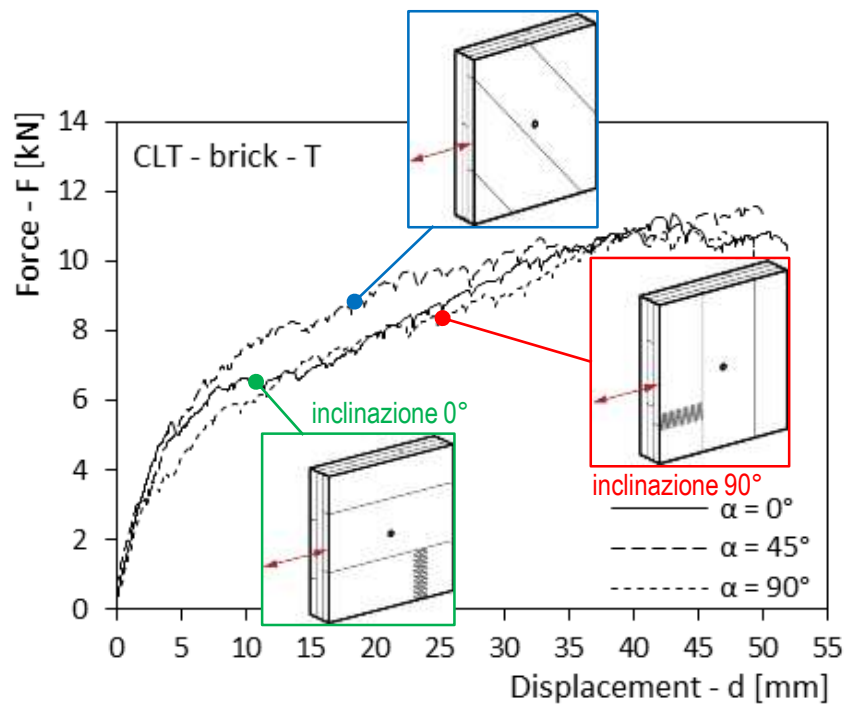


# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Utilizzo degli elementi lignei per il rinforzo delle murature

### Prove sperimentali (in-situ): connessioni legno - muratura

Per differenti angoli di applicazione del carico



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Utilizzo degli elementi lignei per il rinforzo delle murature

### Prove sperimentali (in-situ): connessioni legno - muratura



#### Risultati test semi-ciclici

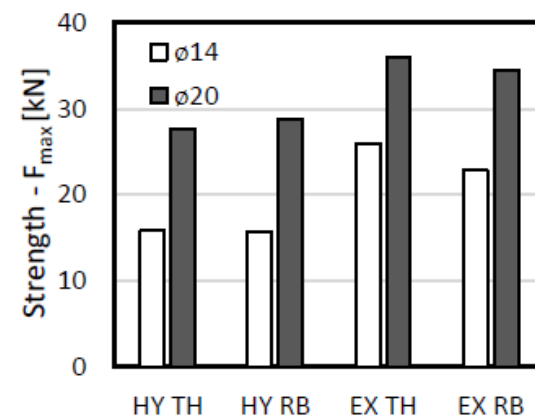
##### Parametri esaminati

- Tipologia di resina (epossidica e ibrida vinilestere/epossidica)
- Diametro barra filettata (14 mm e 20 mm)

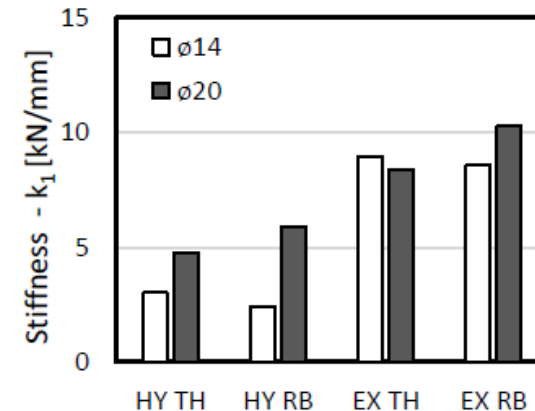
ID	$F_{max}$ (kN)	$k_1$ (kN/mm)
HY 14 TH	15.84	3.01
HY 14 RB	15.77	2.43
HY 20 TH	27.62	4.75
HY 20 RB	28.83	5.90
EX 14 TH	25.97	8.97
EX 14 RB	22.88	8.56
EX 20 TH	35.90	8.39
EX 20 RB	34.51	10.26



Strength  $F_{max}$



1<sup>st</sup> cycle secant stiffness  $k_1$

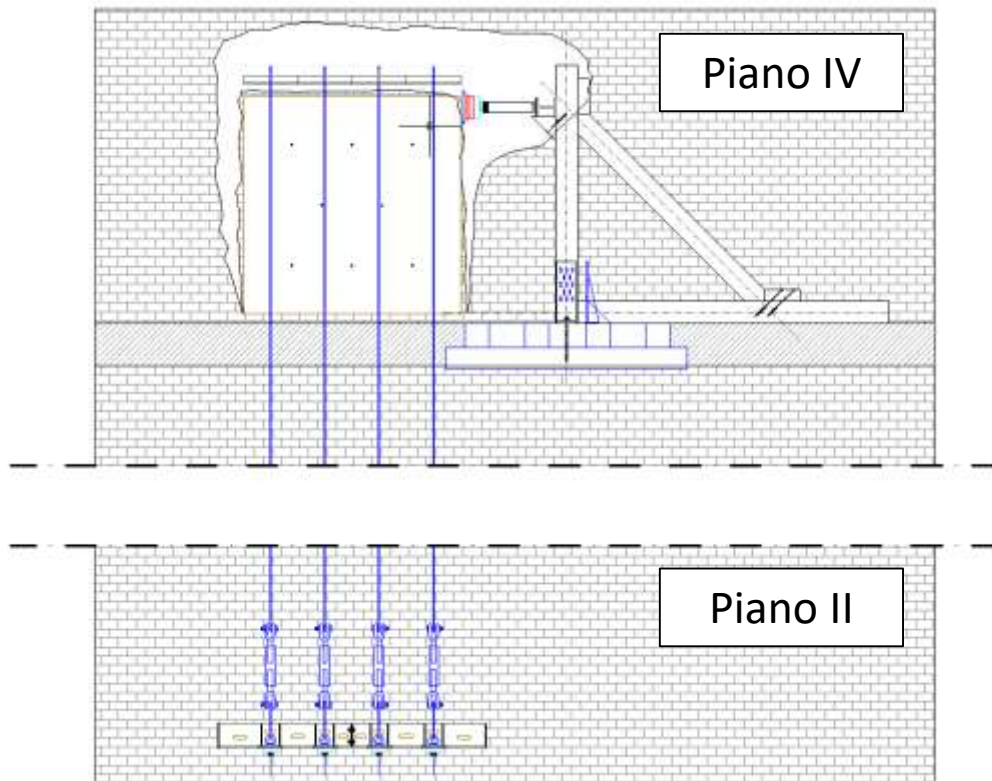


# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Utilizzo degli elementi lignei per il rinforzo delle murature

### Prove in situ su pareti rinforzate con pannelli CLT

- PARETE 1 → **ORIGINALE** → **RIPARATA**
- PARETE 2 → **ORIGINALE** → **RIPARATA**
- PARETE 3 → **RINFORZATA**



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Utilizzo degli elementi lignei per il rinforzo delle murature

### Prove in situ su pareti rinforzate con pannelli CLT

- PARETE 1 → **ORIGINALE** → **RIPARATA**
- PARETE 2 → **ORIGINALE** → **RIPARATA**
- PARETE 3 → **RINFORZATA**



Pannelli CLT (3 strati)

Tipo di connettore		A	B*
Lunghezza	[mm]	180	230
Lunghezza filetto	[mm]	100	160 (70)
Diametro filetto	[mm]	12	10 (12)
Diametro foro	[mm]	10	8
Resistenza a trazione**	[kN]	25	58

\* In parentesi le proprietà del filetto da legno

\*\* Valori caratteristici

≈ 5 connettori / m<sup>2</sup>

≈ 5 connettori / m<sup>2</sup>



VITE DA LEGNO-CEMENTO



CONNETTORE DA CEMENTO + RONDELLA

# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Utilizzo degli elementi lignei per il rinforzo delle murature

### Prove in situ su pareti rinforzate con pannelli CLT

PARETE 1 → **ORIGINALE** → **RIPARATA**

PARETE 2 → **ORIGINALE** → **RIPARATA**

PARETE 3 → **RINFORZATA**



Pannelli CLT (3 strati)

Tipo di connettore		A	B*
Lunghezza	[mm]	180	230
Lunghezza filetto	[mm]	100	160 (70)
Diametro filetto	[mm]	12	10 (12)
Diametro foro	[mm]	10	8
Resistenza a trazione**	[kN]	25	58

\* In parentesi le proprietà del filetto da legno

\*\* Valori caratteristici

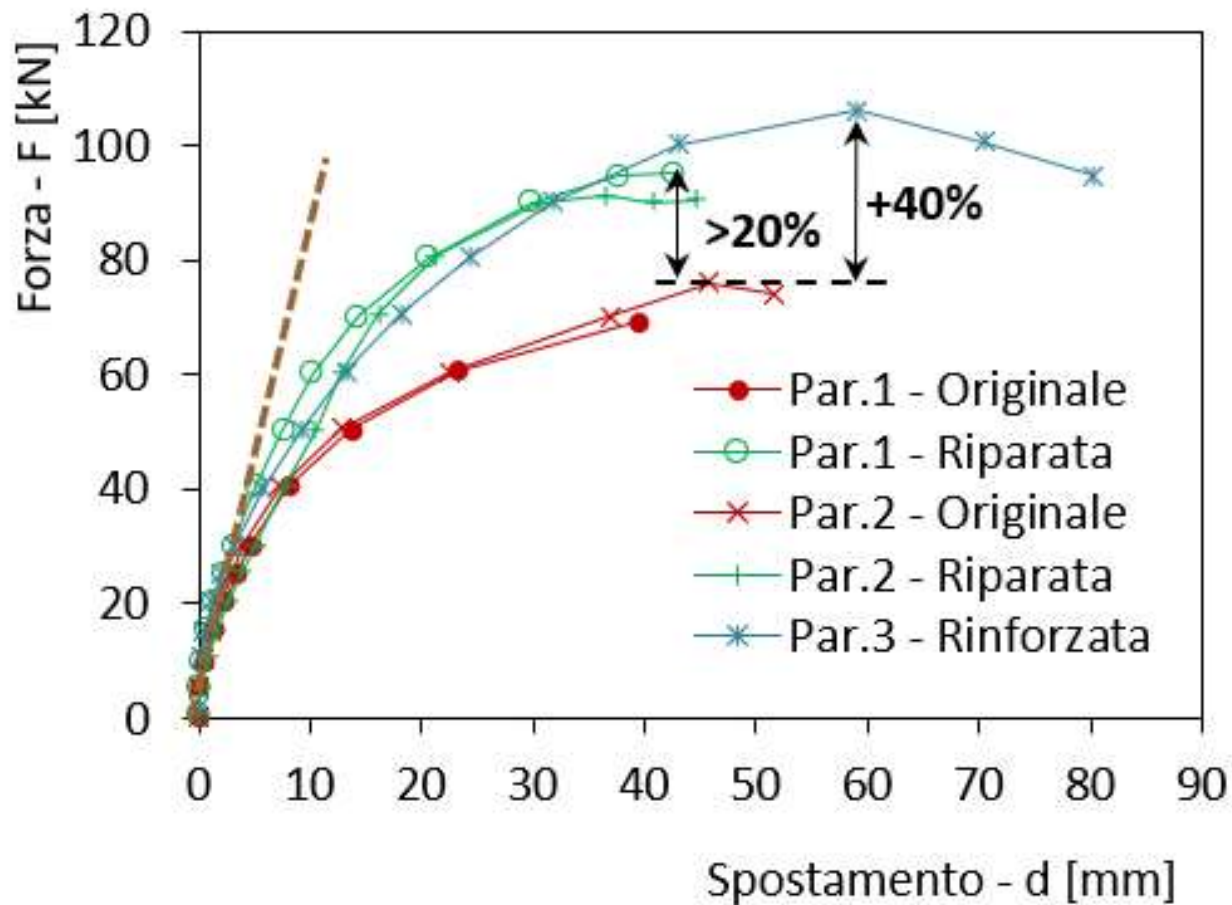
≈ 8 connettori / m<sup>2</sup>



# Soluzioni di intervento con elementi in legno

## Utilizzo degli elementi lignei per il rinforzo delle murature

### Prove in situ su pareti rinforzate con pannelli CLT





## Interventi con elementi di legno

- In **copertura**, valutato lo stato del materiale, gli interventi "minimali" sono assai efficaci per garantire la integrità strutturale dei nodi (compreso quello legno – muratura) e per stabilizzare il piano di falda, non aumentando le masse
- Per i **solai** interventi rapidi, semplici e a basso impatto possono essere realizzati per migliorare il comportamento sia per le azioni nel piano che per quelle fuori piano con *materiali a base legno*, minimizzando le masse
- Per le **pareti in muratura**, il progetto di ricerca prevede di utilizzare i pannelli a base legno come rinforzo della muratura e come miglioramento delle prestazioni energetiche (il progetto di ricerca DPC - ReLUIS è in corso!)

## Elementi di legno per interventi

- **rapidi** ( $\neq$  somma urgenza)
- **semplici, a basso impatto, a costo ridotto**
- **efficaci, a carattere permanente**

## SOLUZIONI DI INTERVENTO CON ELEMENTI IN LEGNO

Prof. Ing. Maurizio Piazza  
Università degli Studi di Trento

# Grazie per l'attenzione