

arch. Andrea BOZ
www.arkboz.com



CORSO DI AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE

SOLUZIONI ANTISISMICHE NELLE COSTRUZIONI
IN LEGNO E MISTE

arch. Andrea BOZ



ESPERTO E DOCENTE CASA CLIMA
ESPERTO PROGETTISTA CASE PASSIVE
SPECIALIZZATO TUW - URBAN WOOD
Progettista Accreditato

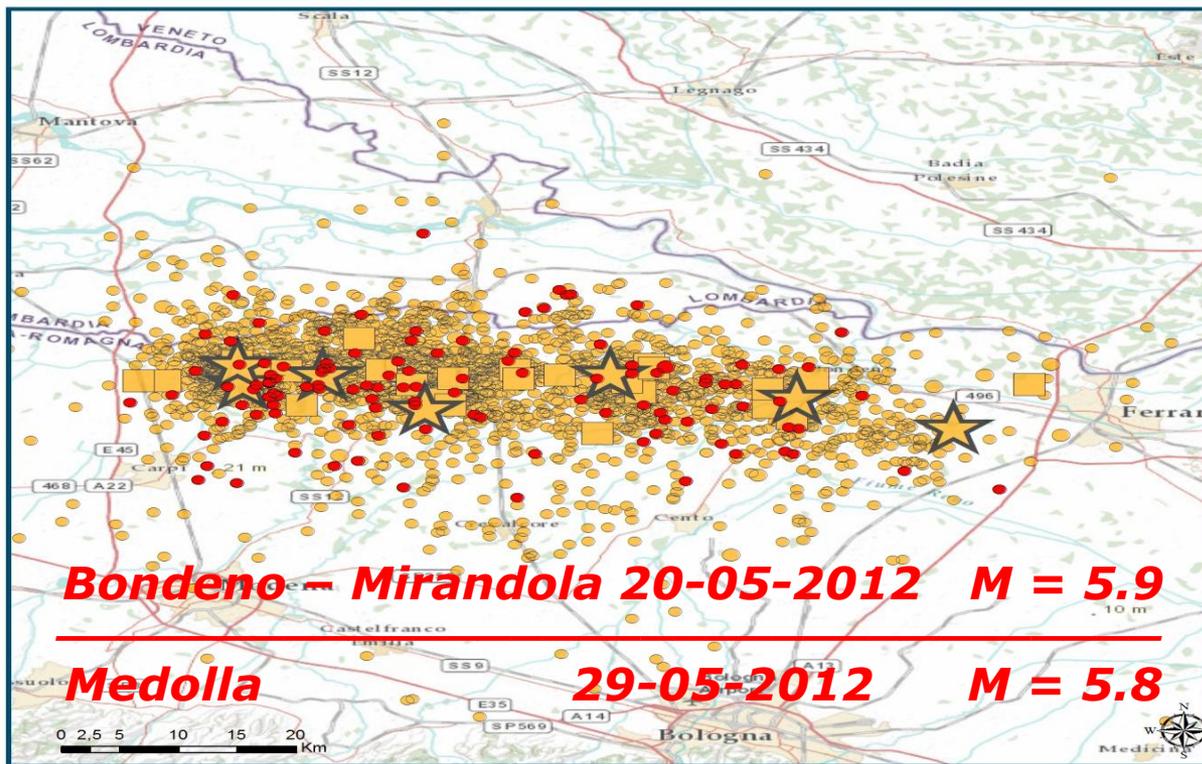


Via Nazionale, n°44
33026 - Paluzza (Ud)
Tel. 0433890282

www.arkboz.com
andrea@4ad.it



PRINCIPALI CAUSE E RESPONSABILITA' COLLASSO STRUTTURALE



Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia

SEQUENZA SISMICA
aggiornata al 27 giugno
ore 14.00

EVENTI ULTIMI 7 giorni
magnitudo ML

- Minore di 3.0
- Maggiore uguale di 3.0 e minore di 4.0
- Maggiore uguale di 4.0 e minore di 5.0
- ★ Maggiore uguale di 5.0

EVENTI dal 19 maggio

- magnitudo ML
- Minore di 3.0
 - Maggiore uguale di 3.0 e minore di 4.0
 - Maggiore uguale di 4.0 e minore di 5.0
 - ★ Maggiore uguale di 5.0

Bondeno - Mirandola 20-05-2012 M = 5.9

Medolla 29-05-2012 M = 5.8

1) Cattiva esecuzione - *Impresa & Direzione lavori*

2) Scarsa duttilità - *Progettista*

3) Peso elevato duttilità - *Progettista*

SOLLECITAZIONI ECCEZIONALI DESTABILIZZANTI



Villa Fini distrutta da una tromba d'aria – Mira (Padova) Luglio 2015

SOLLECITAZIONI ECCEZIONALI DESTABILIZZANTI



Effetti distruttivi sollecitazioni sismiche



12/01/2010 Terremoto di Haiti 7,3 Mj – 250/300.000 vittime Vs 17/01/1995 Terremoto di Kobe 7,0 Mj – 6434 vittime

SOLLECITAZIONI ECCEZIONALI DESTABILIZZANTI



Collassi totale con schiacciamento dall'alto



SOLLECITAZIONI ECCEZIONALI DESTABILIZZANTI



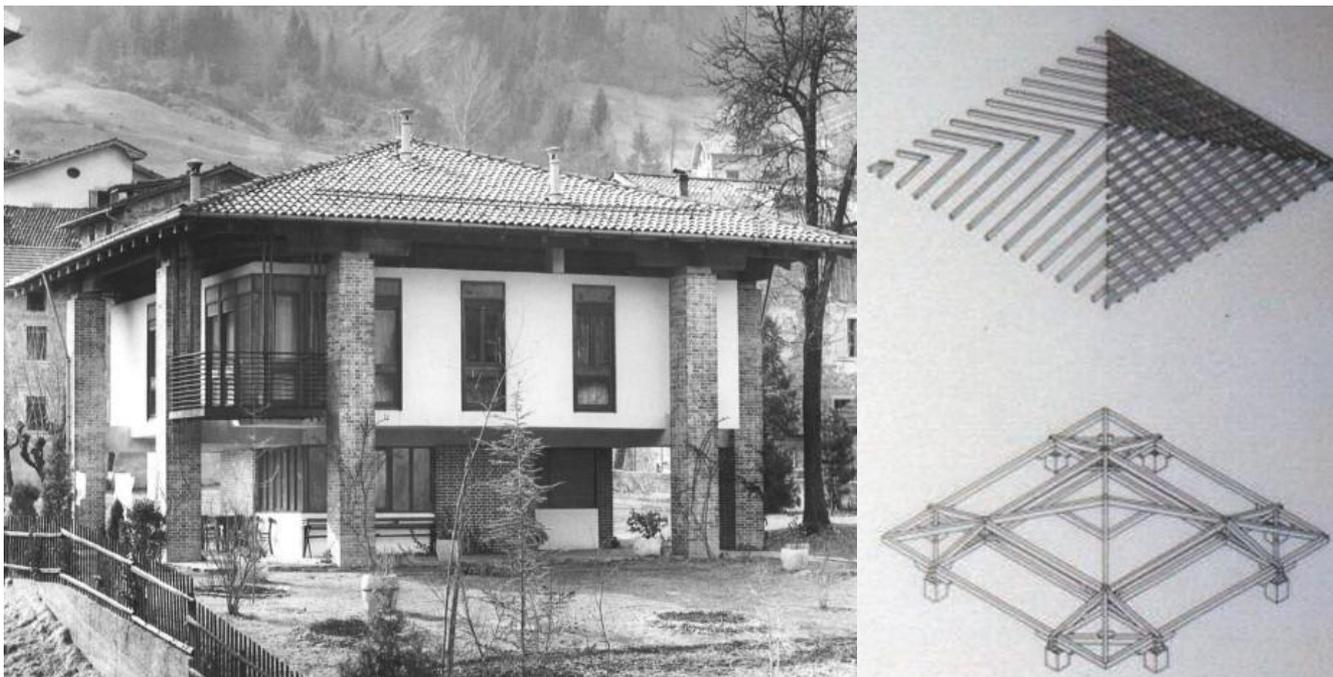
Collassi dovuti a coperture pesanti



2016 Terremoto in centro Italia – Immagini varie

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

Arch. Gino VALLE – Casa Quaglia: “La nuvola” – Sutrio 1954 – Copertura in legno 150 mq



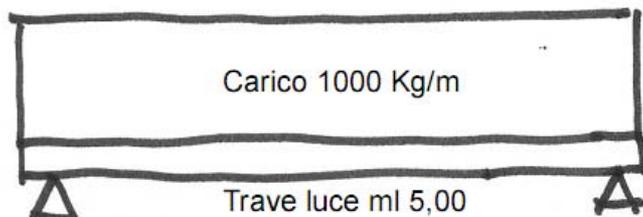
Struttura tetto in legno 30 kg/mq Vs Laterocemento 250 kg/mq

Peso proprio permanente strutturale: 4500 kg Vs 37500 kg

Soluzione lignea: - 33 TONELLATE in copertura !!!

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

Raffronto prestazionale esemplificativo per elemento strutturale

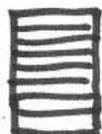


Leggero 500-600 Kg/mc

Basse forze inerziali

Tetto in legno = 70 Kg/mq

Tetto in laterocemento = 250 Kg/mq



Legno lamellare 1cat

Peso 600 Kg/mc

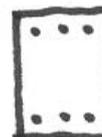
Sez. 200x350 peso 42 Kg/m = 210



Acciaio HEA Fe 360

Peso 7800 Kg/mc

Sez. 180x171 peso 36 Kg/m = 180



Cemento armato 3+3 \varnothing 16

Peso 2500 Kg/mc

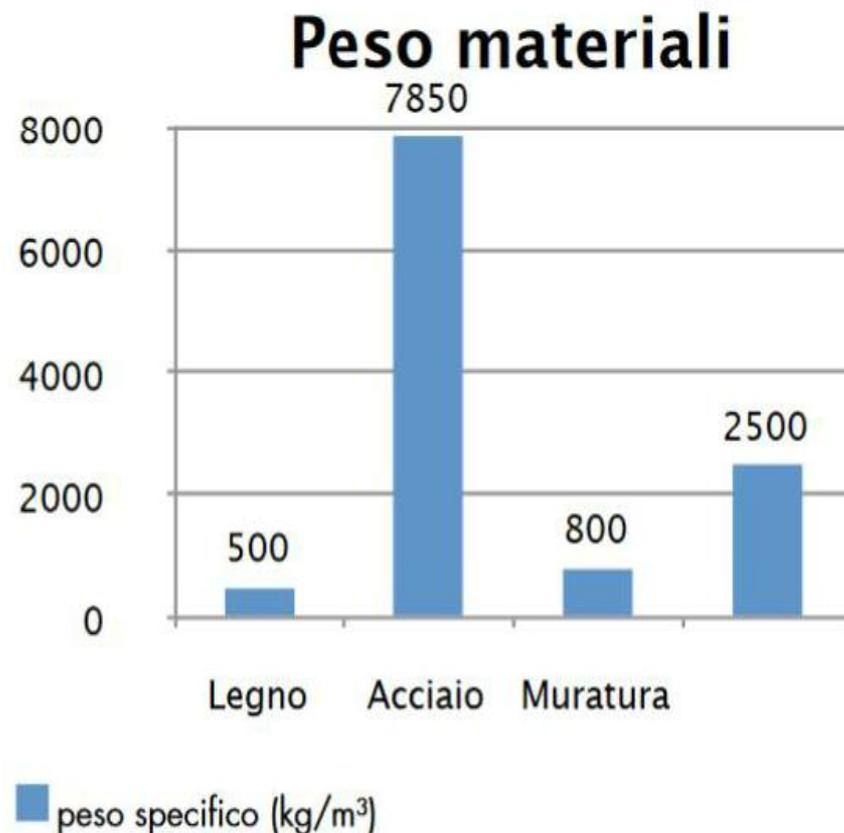
Sez. 250x300 peso 188 Kg/m = 940

Alto rapporto resistenza/peso

| PROPRIETA' | LEGNO | ACCIAIO | CALCES TRUZZO |
|--|-----------|-----------|------------------|
| Tensione ammissibile σ_{adm} [MPa] | 10 | 160 | 10 |
| Peso specifico γ_m [daN/m ³] | 600 | 7850 | 2400 |
| Rapporto γ_m/σ_{adm} | 60 | 50 | 240 |

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

Il sisma nasce come effetto di una accelerazione del sottosuolo indicata solitamente con il termine “a ” che va a sollecitare la massa dell’edificio “W” secondo la legge $F=W*a$ che qui riportiamo notevolmente semplificata rispetto a quanto previsto dalla normativa. Ne segue che a pari valore di a si avrà una diminuzione della forza sismica al diminuire della massa W: cioè più l’edificio è leggero e minore sarà la forza sollecitante. Il valore di a è fornito dalla normativa (NTC '08).



PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. del 14.01.2008

Stati limite;

Azioni sulle costruzioni;

Costruzioni civili ed industriali

–

Costruzioni di legno;

Progettazioni per azioni sismiche

–

Requisiti nei confronti degli stati limite;

Criteri generali di progettazione e modellazione;

Costruzioni di legno;

Allegati;

- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27);
- Eurocodice 1 – Basi di calcolo ed azioni sulle strutture;
- Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio;
- Eurocodice 5 – Progettazione delle strutture in legno
Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- 1. Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture;

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

Classificazione a vista/meccanica legname secondo le resistenze caratteristiche a flessione

| Classe d'appartenenza in base alla DIN 4074 | Classe di resistenza secondo la EN338 |
|--|--|
| S7, MS7 | C16 |
| S10, MS10 | C24 |
| S13 | C30 |
| MS13 | C35 |
| MS17 | C40 |

| Classe d'appartenenza delle lamelle secondo la DIN 4074 | Classe di resistenza del lamellare secondo le DIN | Classe d'appartenenza del lamellare secondo la EN 386 |
|--|--|--|
| S10-MS10 | BS11 | GL24 |
| S13 | BS14 | GL28 |
| MS13 | BS16 | GL32 |
| MS17 | BS18 | GL36 |

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

Categorie strutturali e resistenze caratteristiche legno massiccio

| LEGNO MASSICCIO | | | | | | |
|--|----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Pioppo, Abete rosso, abete bianco, pino, larice, Douglasia | | | | | | |
| | | C16 | C24 | C30 | C35 | C40 |
| Proprietà di resistenza in N/mm ² | | | | | | |
| Flessione | fm,k | 16 | 24 | 30 | 35 | 40 |
| Trazione // alle fibre | ft,0,k | 10 | 14 | 18 | 21 | 24 |
| Trazione per ⊥ alle fibre | ft,90,k | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Compressione // alle fibre | Fc,0,k | 17 | 21 | 23 | 25 | 26 |
| Compressione ⊥ alle fibre | Fc,90,k | 4,6 | 5,3 | 5,7 | 6,0 | 6,3 |
| Taglio | Fv,k | 1,8 | 2,5 | 3,0 | 3,4 | 3,8 |
| Proprietà di rigidezza in KN/mm ² | | | | | | |
| Modulo di elasticità medio // alle fibre | E0,mean | 8 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Modulo di elasticità // alle fibre | E0,05 | 5,4 | 7,4 | 8,0 | 8,7 | 9,4 |
| Modulo di elasticità ⊥ alle fibre | E90,mean | 0,27 | 0,37 | 0,40 | 0,43 | 0,47 |
| Modulo di taglio medio | Gmean | 0,50 | 0,69 | 0,75 | 0,81 | 0,88 |
| Massa volumica in Kg/m ³ | | | | | | |
| Massa volumica | pk | 310 | 350 | 380 | 400 | 420 |
| Massa volumica media | pmean | 370 | 420 | 460 | 480 | 500 |

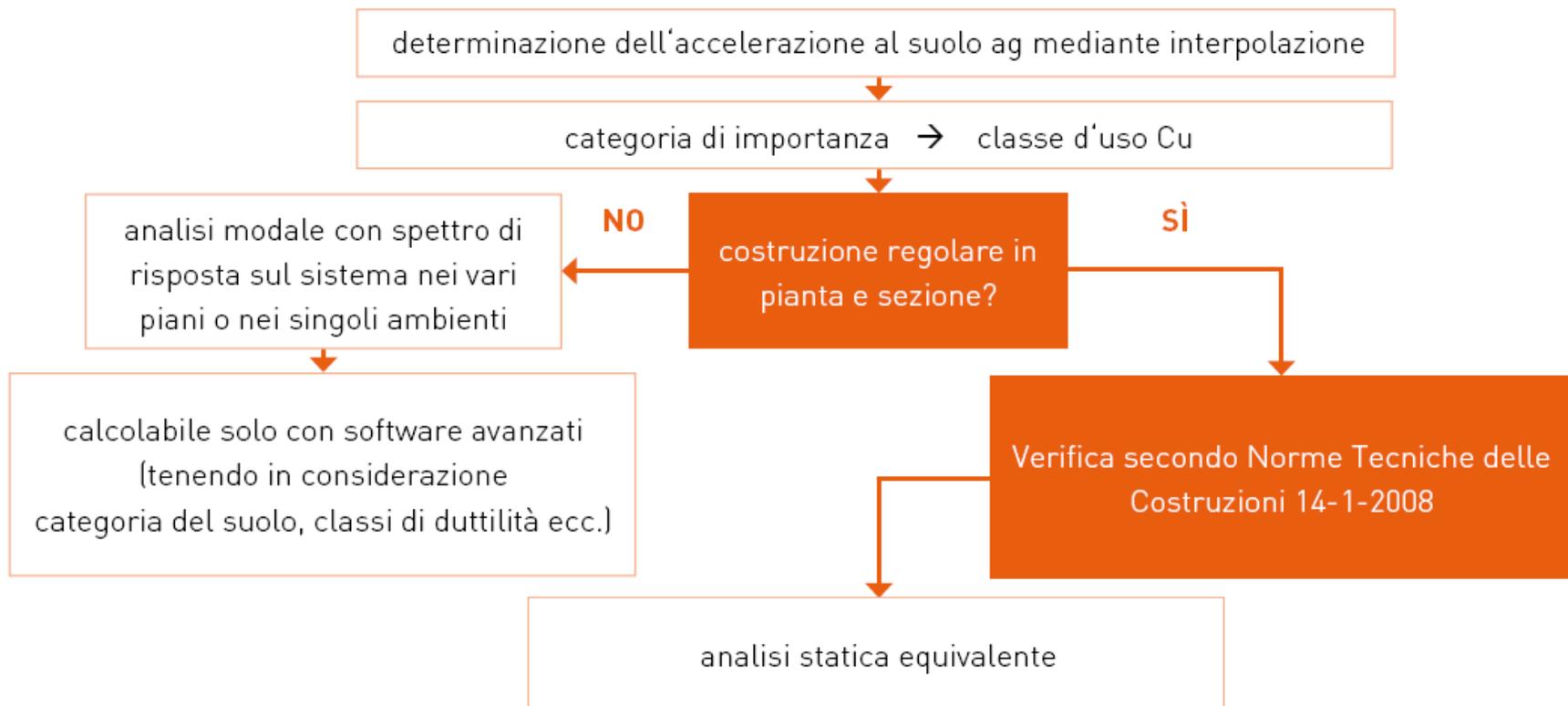
PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

Categorie strutturali e resistenze caratteristiche legno lamellare

| LEGNO LAMELLARE | | | | | | |
|--|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| | | GL24 | GL28 | GL32 | GL36 | |
| Proprietà di resistenza in N/mm ² | | | | | | |
| Flessione | fm,g,k | 24 | 28 | 32 | 36 | |
| Trazione // alle fibre | ft,0,g,k | 16,5 | 19,5 | 22,5 | 26 | |
| Trazione per ⊥ alle fibre | ft,90,g,k | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,60 | |
| Compressione // alle fibre | Fc,0,g,k | 24 | 26,5 | 29 | 31 | |
| Compressione ⊥ alle fibre | Fc,90,g,k | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,6 | |
| Taglio | Fv,g,k | 2,7 | 3,2 | 3,8 | 4,3 | |
| Proprietà di rigidezza in N/mm ² | | | | | | |
| Modulo di elasticità medio // alle fibre | E0,g,mean | 11600 | 12600 | 13700 | 14700 | |
| Modulo di elasticità // alle fibre | E0,g,05 | 9400 | 10200 | 11100 | 11900 | |
| Modulo di elasticità ⊥ alle fibre | E90,g,mean | 390 | 420 | 460 | 490 | |
| Modulo di taglio medio | G,g,mean | 720 | 780 | 850 | 910 | |
| Massa volumica in Kg/m ³ | | | | | | |
| Massa volumica | Pg,k | 380 | 410 | 430 | 450 | |

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

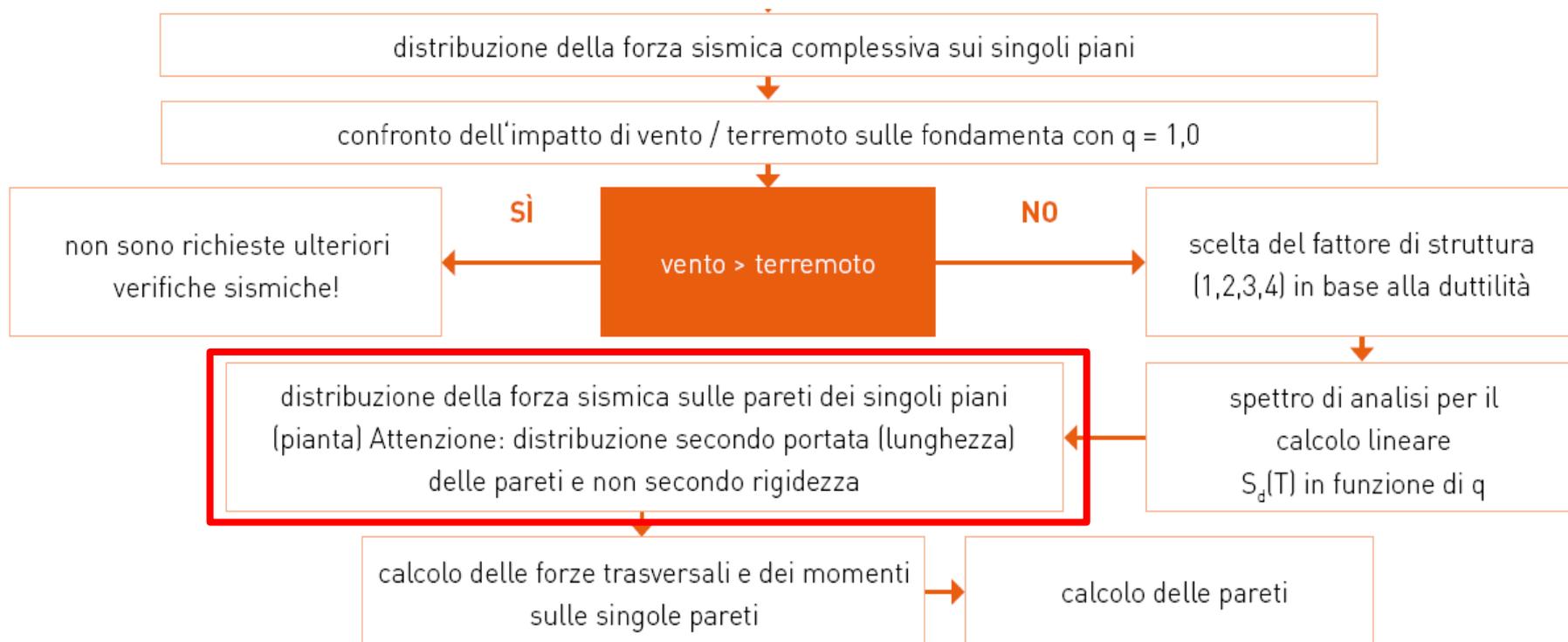
ITER DI PROGETTAZIONE SISMICA



Tratto da: *Costruzioni in legno antisismiche con le lastre in gesso fibra – Fermacell 2014*

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

ITER DI PROGETTAZIONE SISMICA



PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

ITER DI PROGETTAZIONE SISMICA

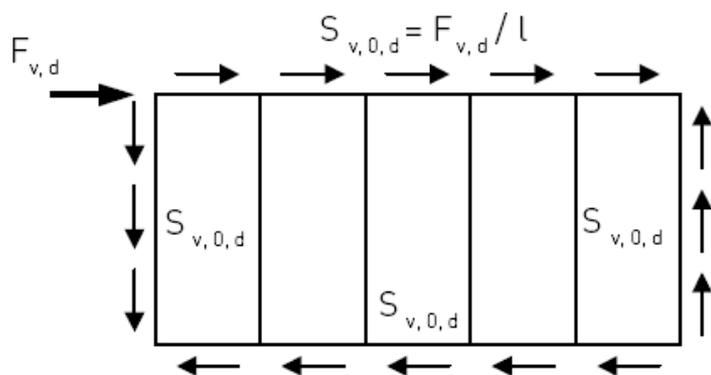
Distribuzione sulle singole pareti

Distribuzione pro quota dei carichi orizzontali sulle singole pareti in pianta secondo la portata (lunghezza) e non secondo la rigidezza.

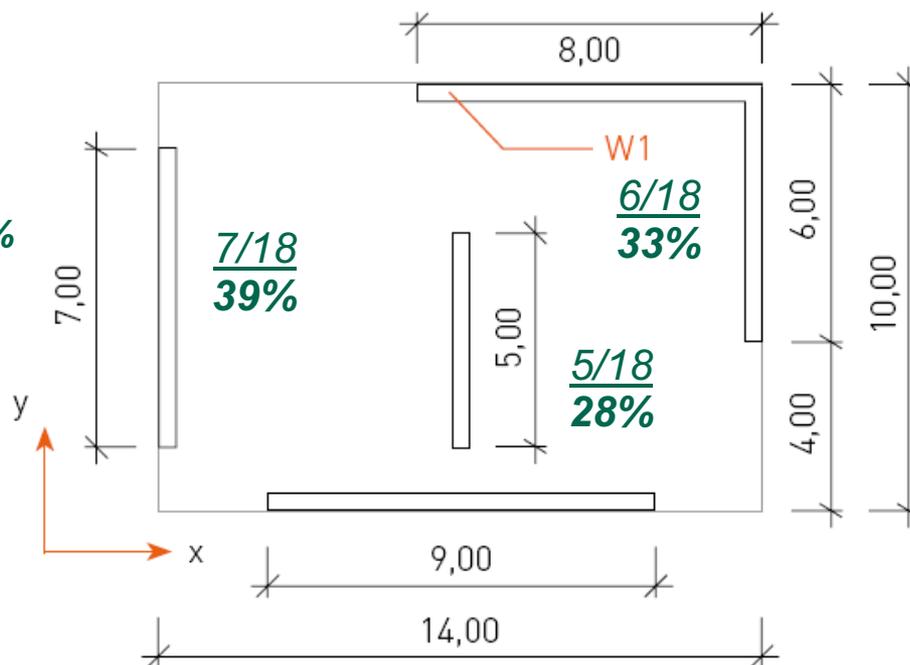
“Rapporto” tra rigidezze direzione Y:

$$(5^2+6^2+7^2)=110 - 5^2/110=23\% \quad 6^2/110=33\% \quad 7^2/110=44\%$$

Schema di principio: flusso di taglio



Pianta (tutti i piani)



Tratto da: Costruzioni in legno antisismiche con le lastre in gesso fibra – *Fermacell* 2014

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

FATTORE DI STRUTTURA

Azione sismica  tipologia di struttura

$$q = q_0 \cdot K_R \quad (7.3.1)$$

Duttilità



dissipazione
di energia

q_0 è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;

K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

FATTORE DI STRUTTURA COSTRUZIONI IN CA – *Max* $q_0=5,8$

Tabella 7.4.I – Valori di q_0

| Tipologia | q_0 | |
|--|------------------------|------------------------|
| | CD" B " | CD" A " |
| Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste | $3,0\alpha_w/\alpha_1$ | $4,5\alpha_w/\alpha_1$ |
| Strutture a pareti non accoppiate | 3,0 | $4,0\alpha_w/\alpha_1$ |
| Strutture deformabili torsionalmente | 2,0 | 3,0 |
| Strutture a pendolo inverso | 1,5 | 2,0 |

Per strutture regolari in pianta, possono essere adottati i seguenti valori di α_w/α_1 :

a) Strutture a telaio o miste equivalenti a telai

- strutture a telaio di un piano $\alpha_w/\alpha_1 = 1,1$
- strutture a telaio con più piani ed una sola campata $\alpha_w/\alpha_1 = 1,2$
- strutture a telaio con più piani e più campate $\alpha_w/\alpha_1 = 1,3$

b) Strutture a pareti o miste equivalenti a pareti

- strutture con solo due pareti non accoppiate per direzione orizzontale $\alpha_w/\alpha_1 = 1,0$
- altre strutture a pareti non accoppiate $\alpha_w/\alpha_1 = 1,1$
- strutture a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti $\alpha_w/\alpha_1 = 1,2$

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

FATTORE DI STRUTTURA COSTRUZIONI IN ACCIAIO – $Max q_0=6,5$

Tabella 7.5.II – Limiti superiori dei valori di q_0 per le diverse tipologie strutturali e le diverse classi di duttilità.

| TIPOLOGIA STRUTTURALE | q_0 | |
|---|--------|----------------------|
| | CD “B” | CD “A” |
| a) Strutture intelaiate | 4 | $5\alpha_u/\alpha_1$ |
| c) Strutture con controventi eccentrici | | |
| b1) Controventi concentrici a diagonale tesa attiva | 4 | 4 |
| b2) Controventi concentrici a V | 2 | 2,5 |
| d) Strutture a mensola o a pendolo inverso | 2 | $2\alpha_u/\alpha_1$ |
| e) Strutture intelaiate con controventi concentrici | 4 | $4\alpha_u/\alpha_1$ |
| f) Strutture intelaiate con tamponature in muratura | 2 | 2 |

Per le strutture regolari in pianta possono essere adottati i seguenti valori di α_u/α_1 :

- edifici a un piano $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$
- edifici a telaio a più piani, con una sola campata $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$
- edifici a telaio con più piani e più campate $\alpha_u/\alpha_1 = 1,3$
- edifici con controventi eccentrici a più piani $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$
- edifici con strutture a mensola o a pendolo inverso $\alpha_u/\alpha_1 = 1,0$

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

FATTORE DI STRUTTURA COSTRUZIONI IN LEGNO – $Max q_0=5$

Tabella 7.7.I - Tipologie strutturali e fattori di struttura massimi q_0 per le classi di duttilità

| Classe | | q_0 | Esempi di strutture |
|--------|--|-------|---|
| A | Strutture aventi una alta capacità di dissipazione energetica | 3,0 | Pannelli di parete chiodati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi e bulloni; strutture reticolari con giunti chiodati |
| | | 4,0 | Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico, spinotti e bulloni (con le precisazioni contenute nei seguenti capoversi del § 7.7.3) |
| | | 5,0 | Pannelli di parete chiodati con diaframmi chiodati, collegati mediante chiodi e bulloni |
| B | Strutture aventi una bassa capacità di dissipazione energetica | 2,0 | Pannelli di parete incollati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi e bulloni; strutture reticolari con collegamenti a mezzo di bulloni o spinotti; strutture cosiddette miste, ovvero con intelaiatura (sismo-resistente) in legno e tamponature non portanti Portali isostatici con giunti con mezzi di unione a gambo cilindrico, spinotti e bulloni (con le precisazioni contenute nei seguenti capoversi del § 7.7.3) |
| | | 2,5 | Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico, spinotti e bulloni (con le precisazioni contenute nei seguenti capoversi del § 7.7.3) |
| | | | |

STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

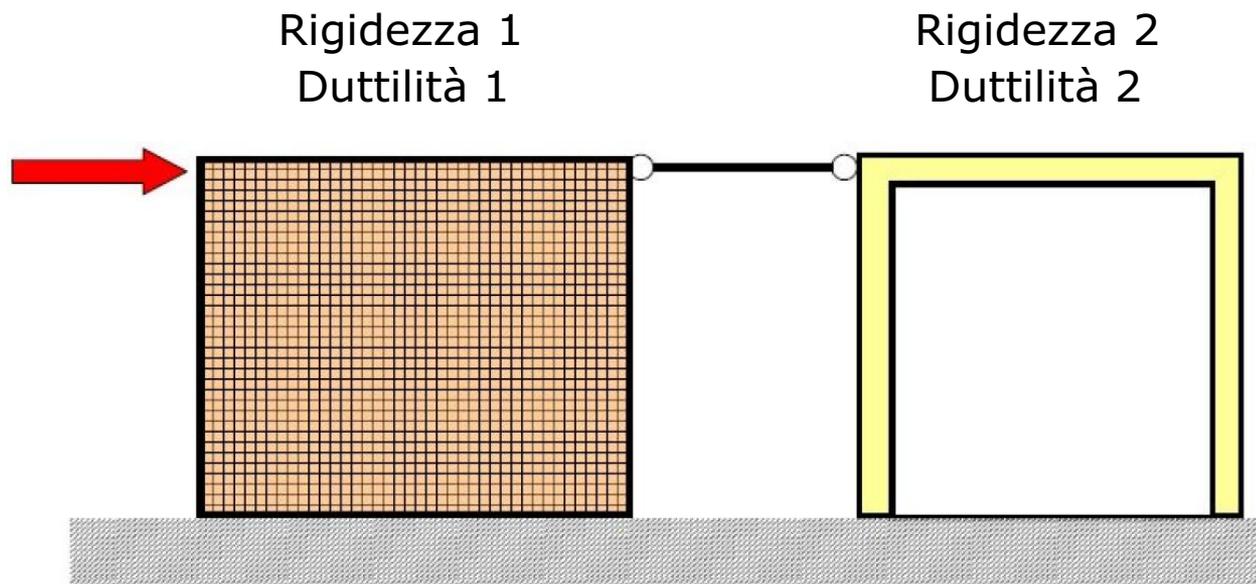


Tipologie miste moderne vs storiche



STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

Una struttura si intende mista ai fini sismici quando elementi di diversa natura strutturale lavorano insieme (in parallelo) per trasferire l'azione sismica.

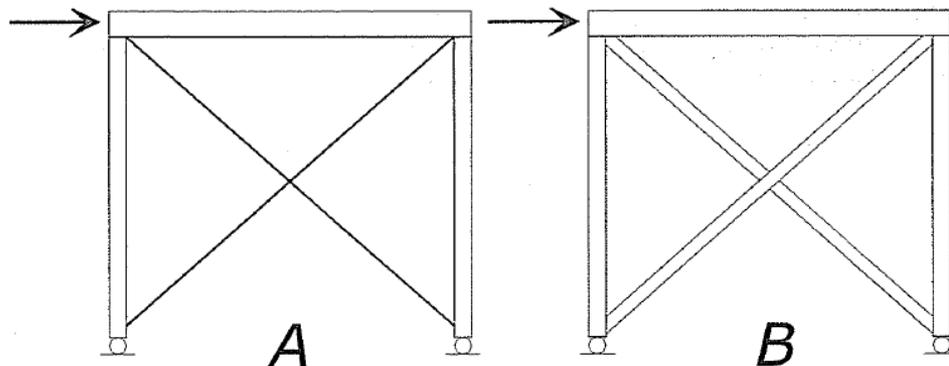


STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

Strutture impropriamente considerate miste

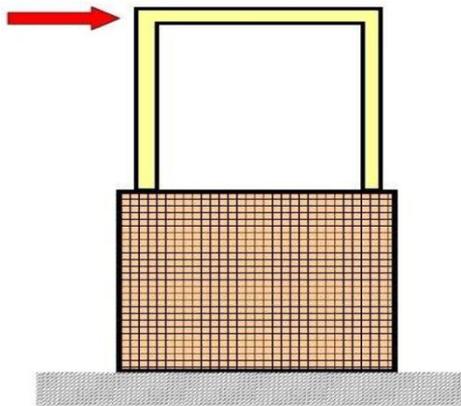
A) Controvento a croce
in acciaio

B) Controvento a croce
in legno



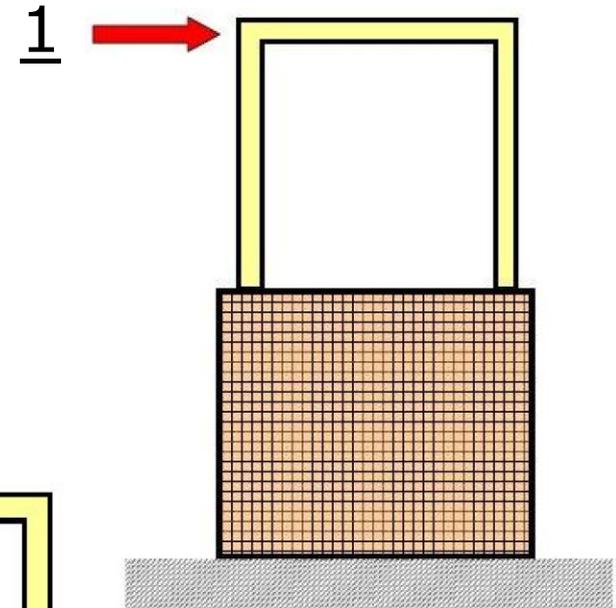
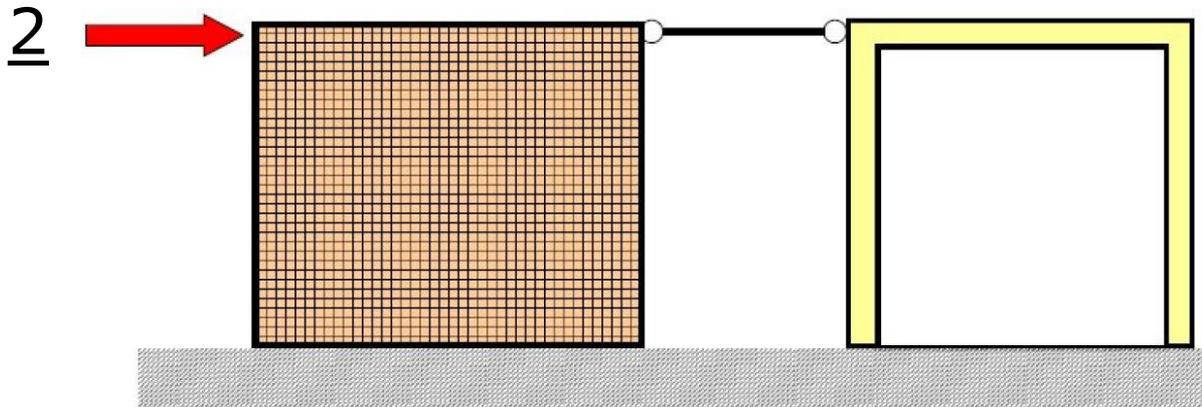
STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

Strutture impropriamente considerate miste



STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

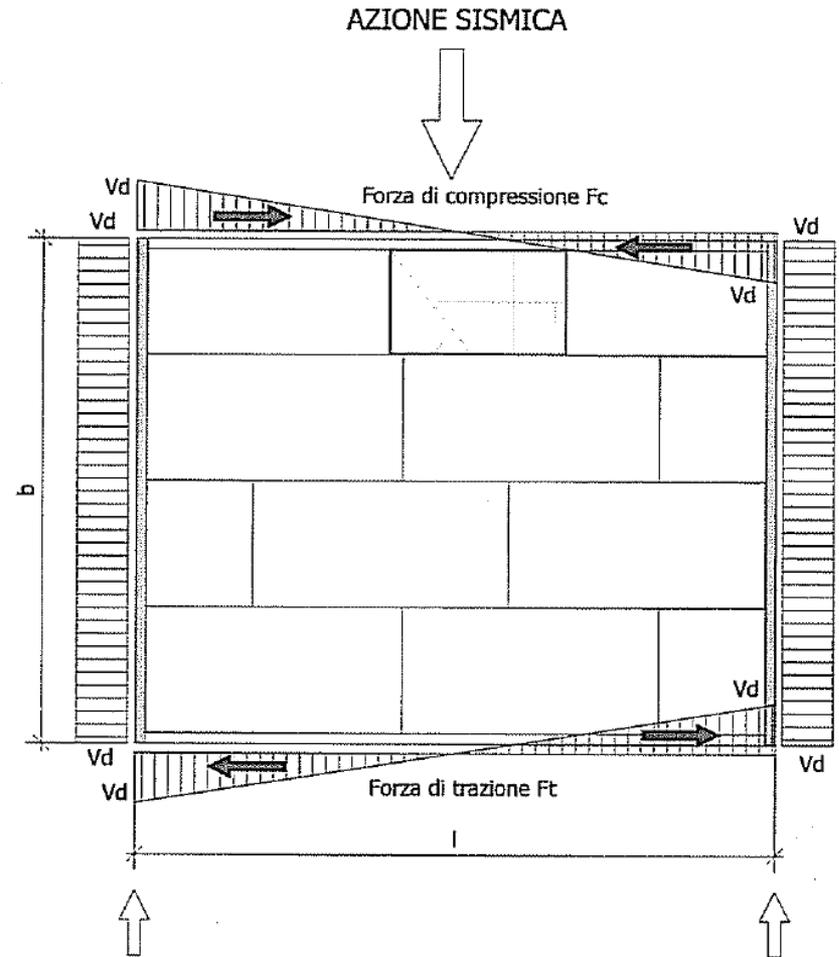
- 1) Tra i due possibili fattori viene scelto quello più basso
- 2) Fattore di struttura $q_0 = 1$



I SOLAI E LA DISTRIBUZIONE UNIFORME SFORZI ORIZZONTALI

NTC 2008

-§ C7.2.6 ...possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano se, modellandone la deformabilità nel piano, i loro spostamenti orizzontali massimi in condizioni sismiche non superano per più del 10% quelli calcolati con l'assunzione di piano rigido.



I SOLAI E LA DISTRIBUZIONE UNIFORME SFORZI ORIZZONTALI

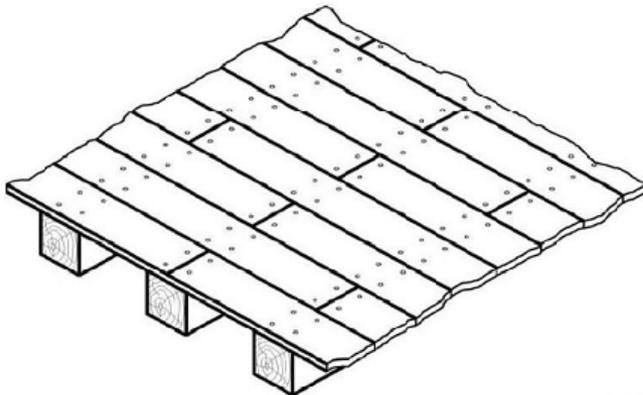
Nel caso di analisi sismiche è necessario determinare la rigidezza nel piano dei solai per calcolare la distribuzione delle forze orizzontali derivanti dal sisma sulle singole pareti.

I due estremi sono rappresentati da:

- solaio infinitamente deformabile → $F_{\text{orizzontale}} \propto$ all'area di influenza della parete;
- solaio infinitamente rigido → $F_{\text{orizzontale}} \propto$ alla rigidezza della parete stessa.

SPERIMENTAZIONE SU SOLAI LIGNEI: RINFORZO E IRRIGIDIMENTO NEL PIANO

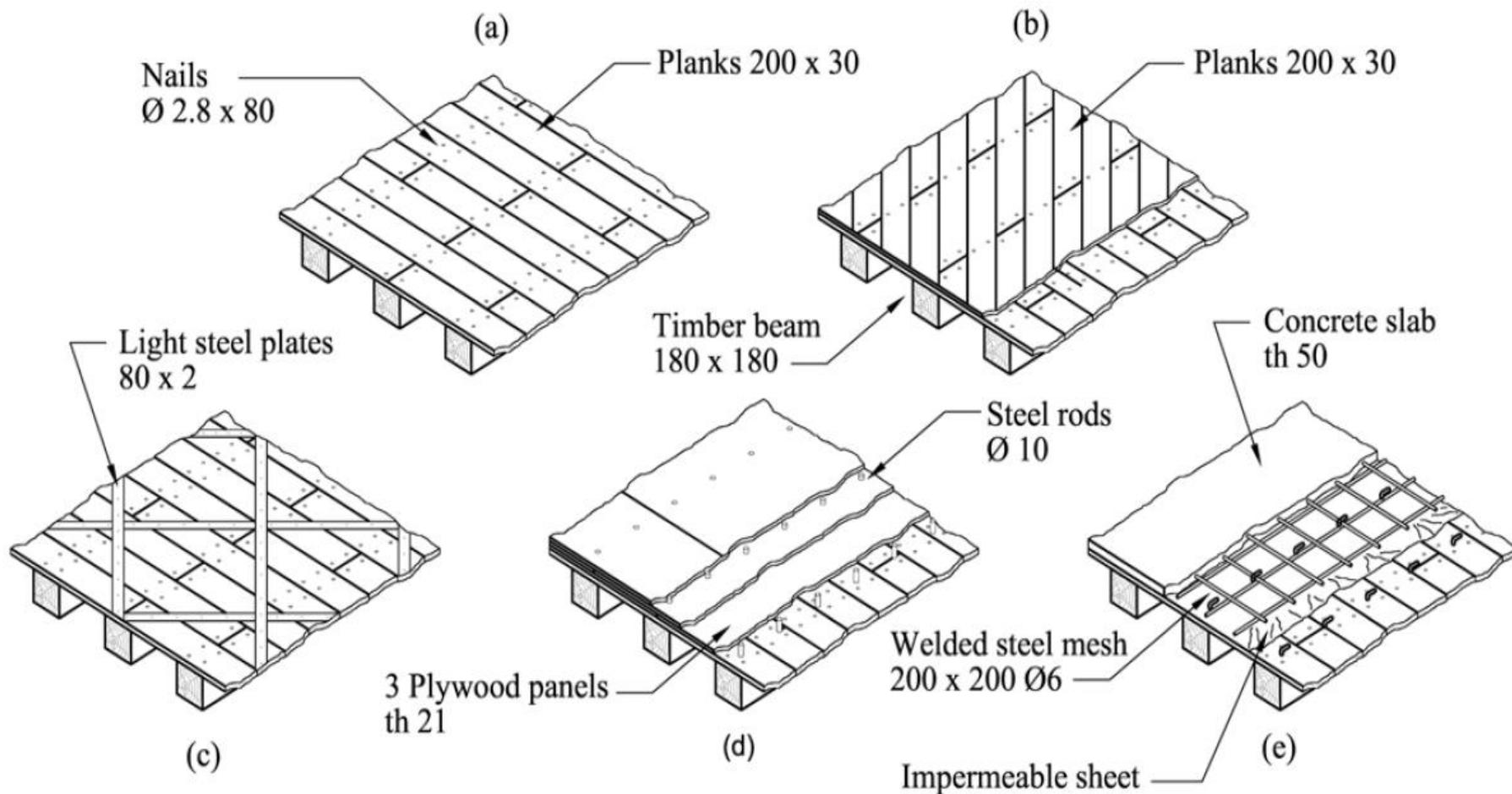
Tipologia di solaio: solaio di riferimento 5 m x 4 m



- Solaio ligneo in semplice appoggio
- Sezione dei travetti 180 x 180 mm, interasse 0,5 m
- Tavole in legno d'abete (200 mm x 30 mm)
- Chiodi $\Phi 2.8 \times 80$ (interasse 100 mm, 4 ogni intersezione tavola-travetto)
- L'impalcato è composto da un singolo strato di tavole disposte ortogonalmente alla direzione dei travetti

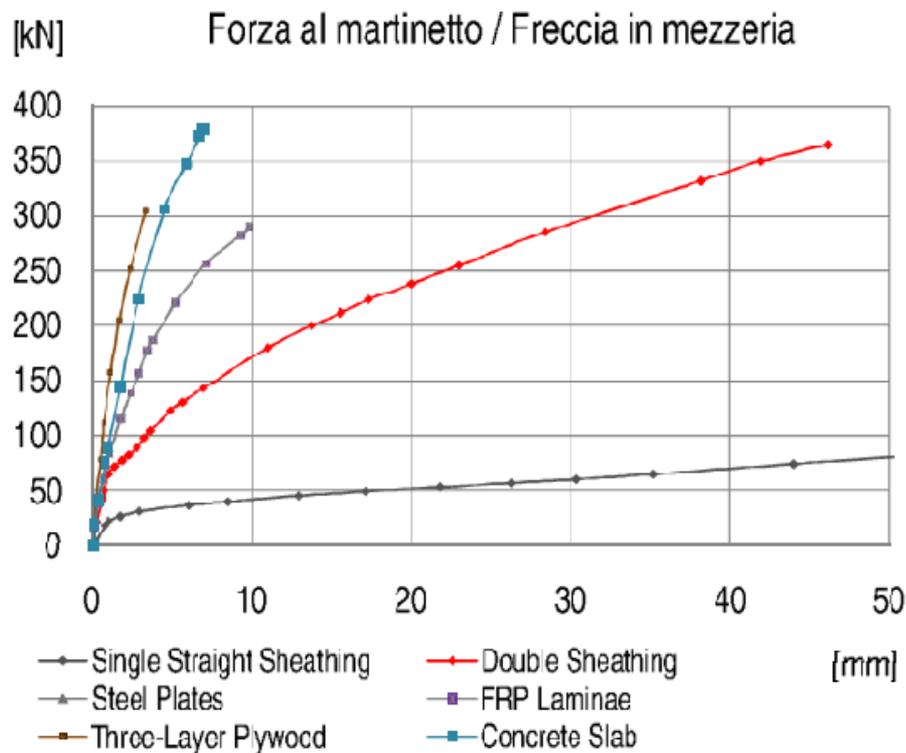
Influenza sulla risposta globale della rigidezza di solai lignei – Ing. Ivan Giongo et al. - ANIDIS Bari 2011

I SOLAI E LA DISTRIBUZIONE UNIFORME SFORZI ORIZZONTALI

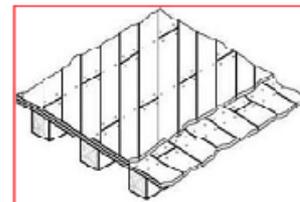


Influenza sulla risposta globale della rigidità di solai lignei – Ing. Ivan Giongo et al. - ANIDIS Bari 2011

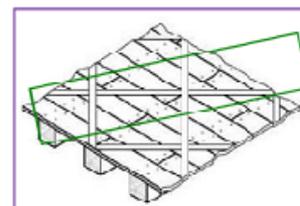
I SOLAI E LA DISTRIBUZIONE UNIFORME SFORZI ORIZZONTALI



1. Doppio tavolato

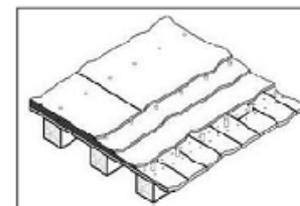


2. Bandelle metalliche

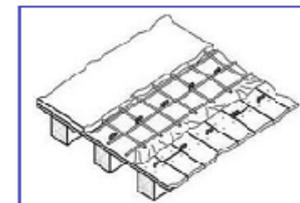


3. CFRP

4. Pannelli compensato

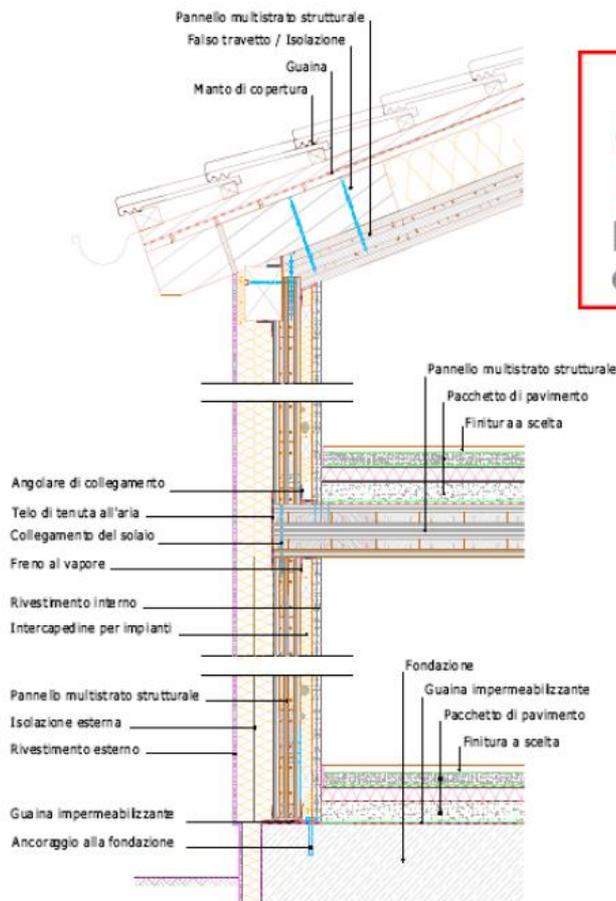


5. Soletta cls

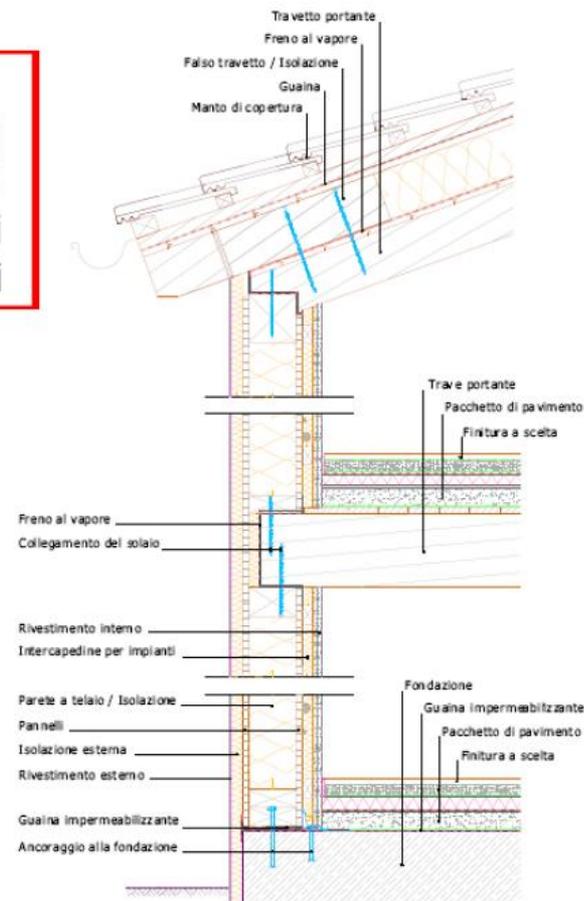


Influenza sulla risposta globale della rigidità di solai lignei – Ing. Ivan Giongo et al. - ANIDIS Bari 2011

PRESTAZIONI ENERGETICHE SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI

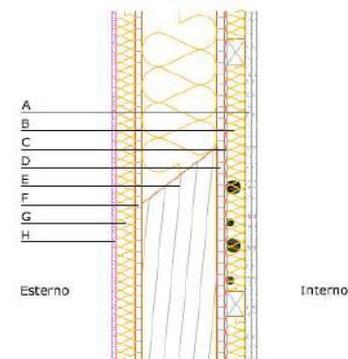
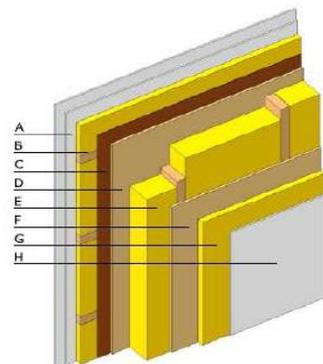
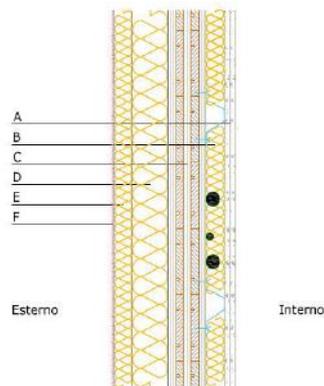
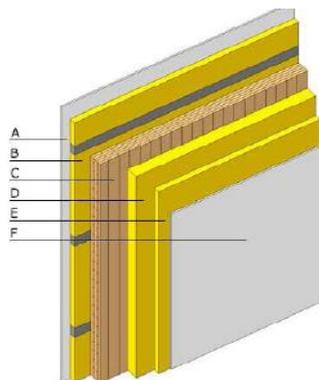


XLAM
o telaio e
pannelli:
prestazioni
equivalenti



Tratto da: Manuale tecnico – *Consorzio Stile 21*

PRESTAZIONI ENERGETICHE SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI



Stratigrafia

| Materiale | Spessore [mm] |
|--|---------------|
| A Pannelli di cartongesso + Idropittura SOLAS M20 | 2x12,5 |
| B Intercapedine per impianti / CELENIT Vital ¹⁾ | 40 |
| C Pannello multistrato strutturale (90-120 mm) ²⁾ | 90 |
| D CELENIT FL/150 | 80 |
| E CELENIT FL/250 C | 40 |
| F Rasatura + Idropittura SOLAS Forte M15 | 5 |
| | 280 |

Trasmittanza: 0,21 W/m²K

Sfasamento: 14 h

Attenuazione: 0,11

Diffusione vapore: 8,1*10⁻⁵ g/m²hPa

Isolamento acustico: 54 dB

Resistenza al fuoco: 90'

Spessore: 280 mm

Stratigrafia

| Materiale | Spessore [mm] |
|---|---------------|
| A Pannelli di cartongesso + Idropittura SOLAS M20 | 2x12,5 |
| B Intercapedine per impianti / CELENIT Vital | 40 |
| C Freno vapore ICDPAL DefX Multi | - |
| D Pannello OSB | 15 |
| E Struttura in legno / isolante | 160 |
| F Pannello OSB | 15 |
| G CELENIT FL/250 C | 40 |
| H Rasatura + Idropittura SOLAS Forte M15 | 5 |
| | 300 |

Trasmittanza: 0,17 W/m²K

Sfasamento: 12 h

Attenuazione: 0,13

Diffusione vapore: 9,2*10⁻⁵ g/m²hPa

Isolamento acustico: 52 dB

Resistenza al fuoco: 60'

Spessore: 300 mm

PRESTAZIONI ENERGETICHE SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI

Parete in compensato di tavole sp. 85 mm
+ cappotto in materiale fibroso sp. 90 mm

$U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$

$\gamma_{ie} = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

$\varphi = 7\text{h}13'$

$f_a = 0,47$



Parete in compensato di tavole sp. 85 mm
+ Celenit FL/150 sp. 80 mm
+ Celenit N/C sp. 25 mm

$U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$

$\gamma_{ie} = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

$\varphi = 11\text{h}49'$

$f_a = 0,31$



SFASAMENTO*
(ore)

$\varphi > 12$

$12 > \varphi > 10$

$10 > \varphi > 8$

$8 > \varphi > 6$

$\varphi < 6$

ATTENUAZIONE**

$f_a < 0,15$

$0,15 < f_a < 0,30$

$0,30 < f_a < 0,40$

$0,40 < f_a < 0,60$

$f_a > 0,60$

PRESTAZIONI

ottime

buone

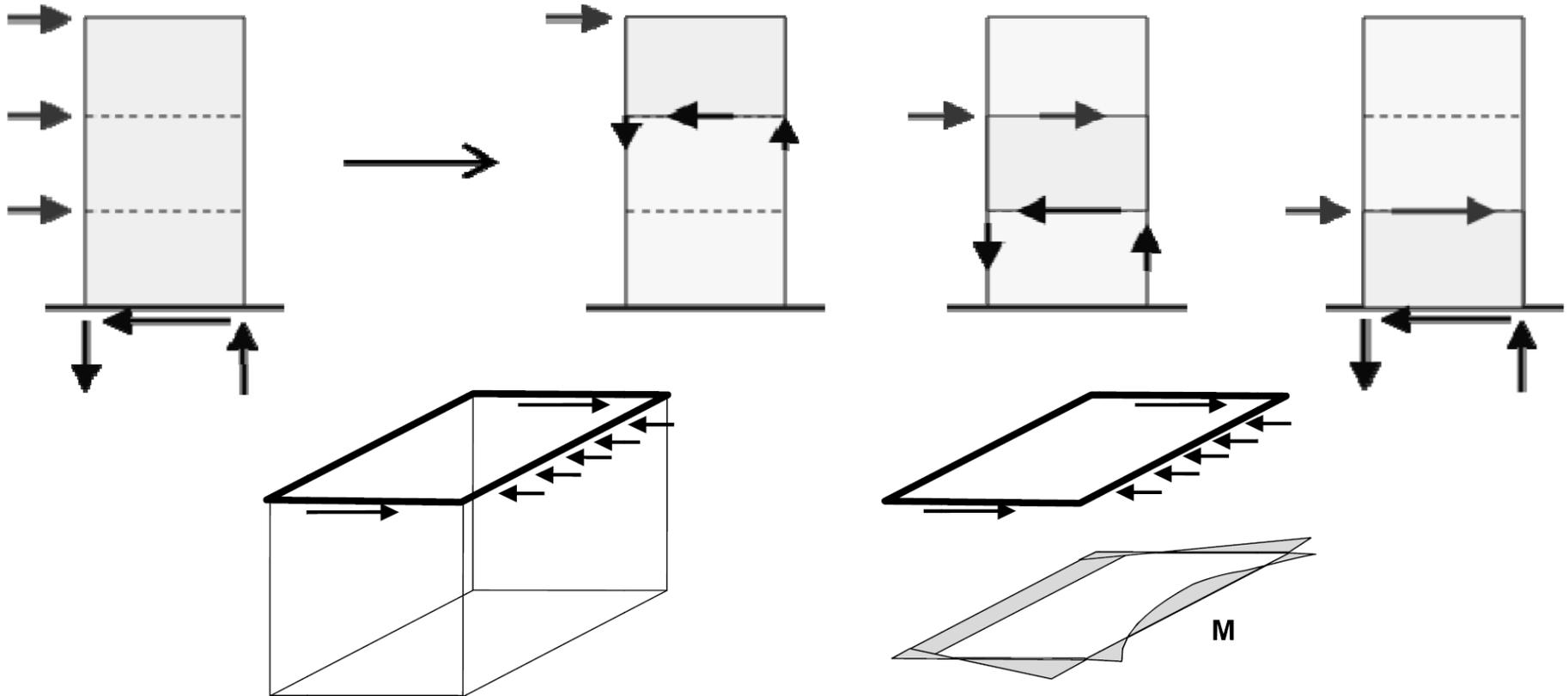
medie

sufficienti

mediocri

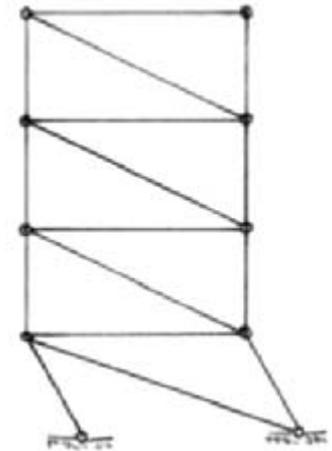
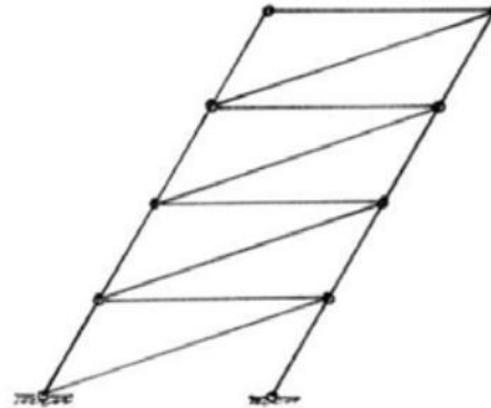


SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



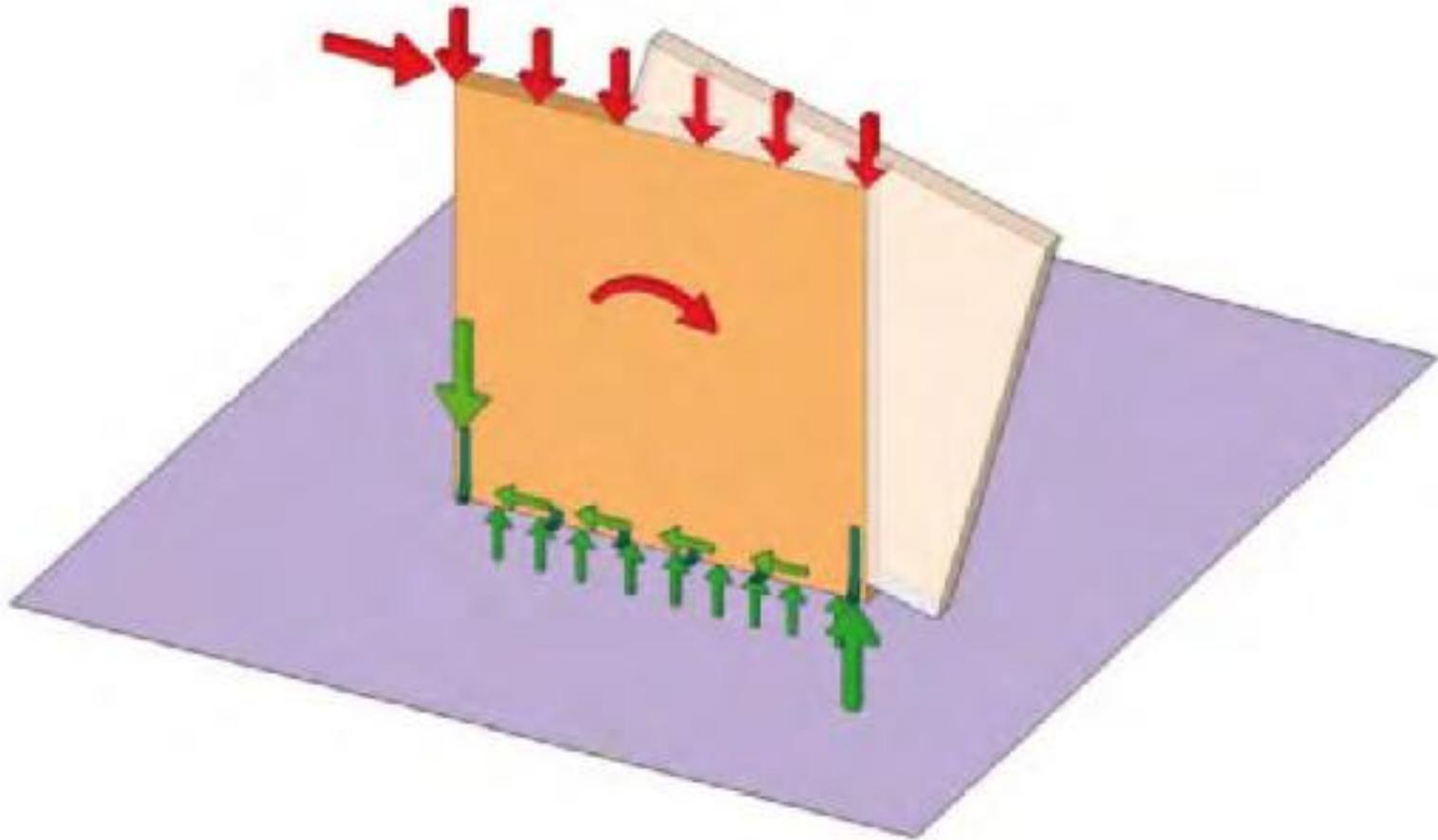
Tratto da: *Aspetti strutturali della copertura e del tetto in un edificio* – ing. *Andrea Bernasconi* - promo legno

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



Prof. dott. ing. Ario Ceccotti - CNR - IVALSA – Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree

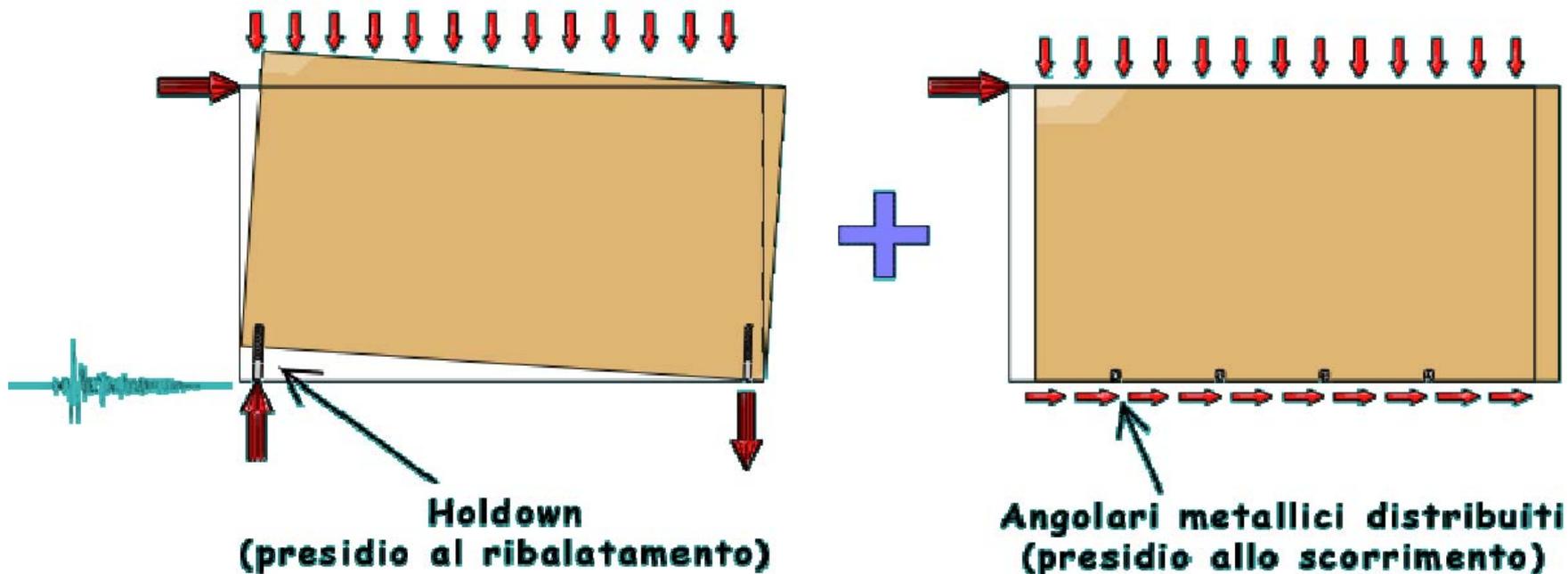
SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



Tratto da Il libro del carpentiere – ing. Franco Piva - Ergodomus

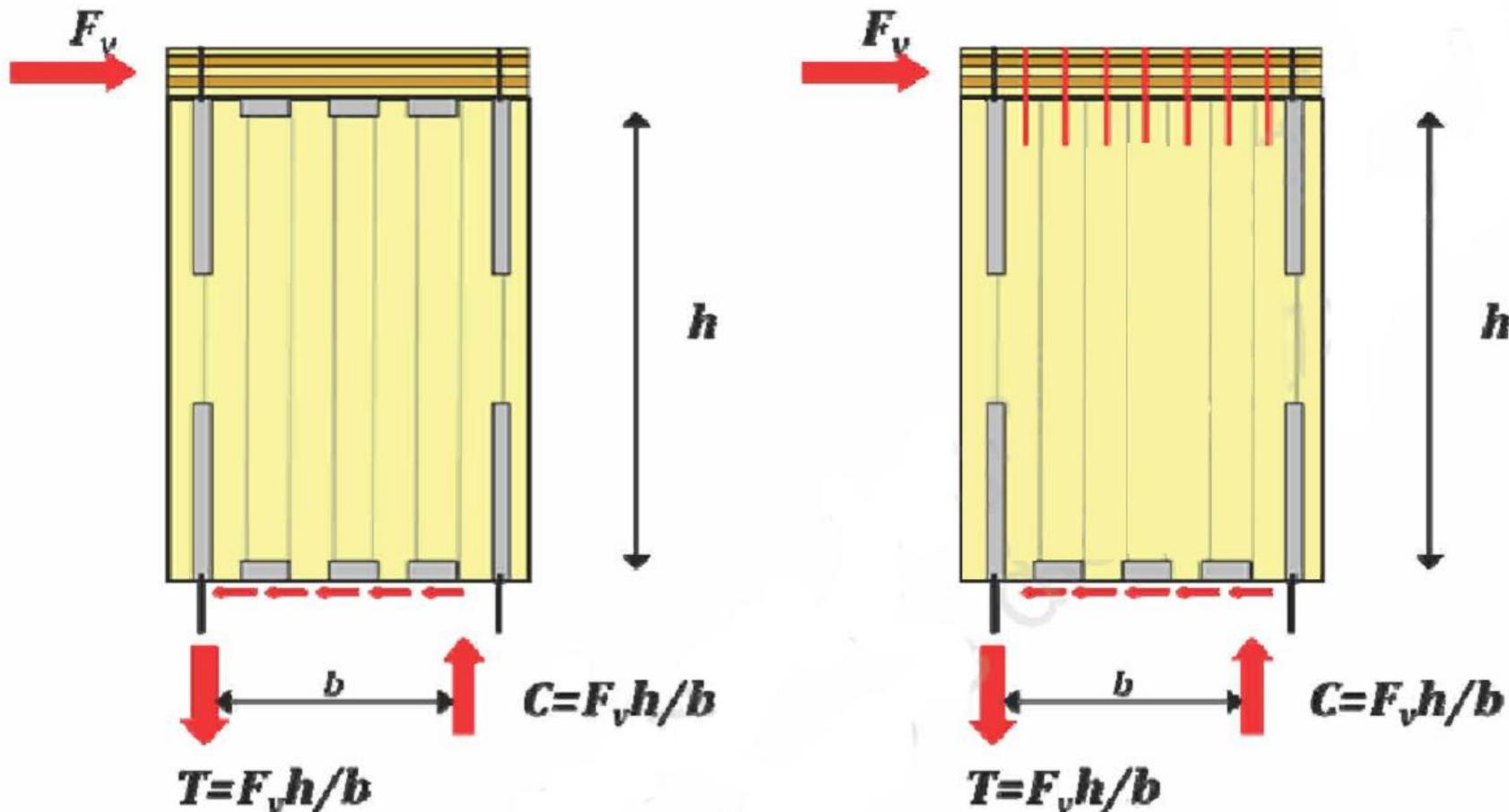
SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

Schema funzionale elementi di collegamento principali



Tratto da: Edifici in legno in X-lam: sismica – ing. Maurizio Follesa - promo_ legno

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

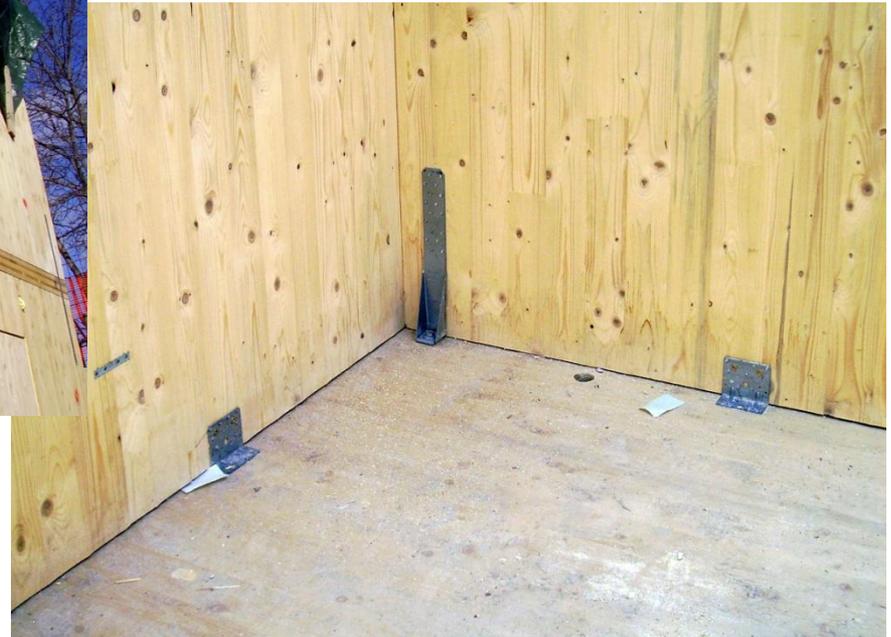


Tratto da: Edifici in legno in X-lam: connessioni e collegamenti – ing. Roberto Tomasi - promo_legno

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

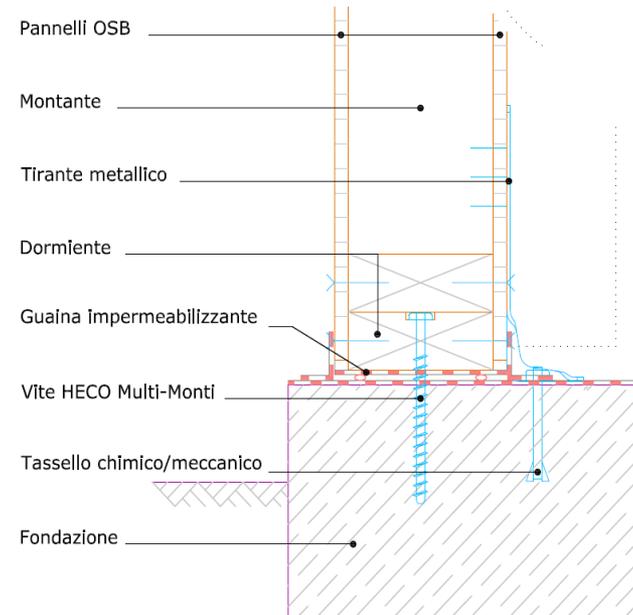
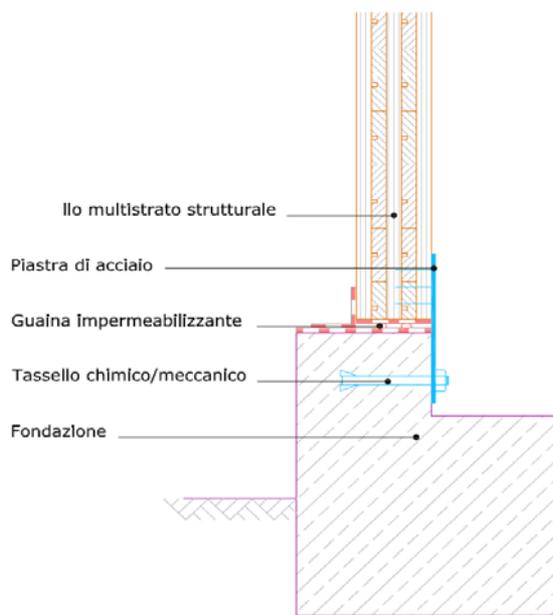
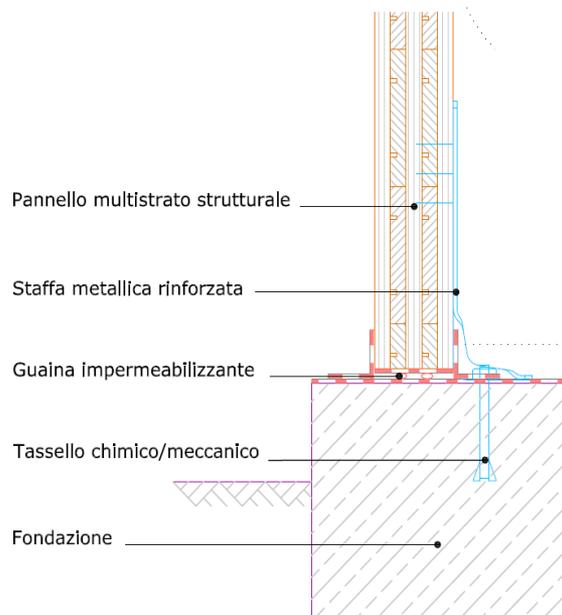


Esempi di ancoraggi tipo per struttura X-lam



SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

Sistemi di giunzione attacchi a terra



Tratto da: Manuale tecnico – *Consorzio Stile 21*

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

Analisi ponte termico nodo collegamento a terra struttura intelaiata con dormiente in legno

| | U | L [m] | U*L |
|--------------|--------|-------|--------|
| Parete | 0,1620 | 2,250 | 0,3645 |
| Pavimento | 0,3610 | 2,064 | 0,7451 |
| $\Sigma U*L$ | | | 1,1096 |

| | Total Length= | U-factor= | L [m] | L2D |
|---------|---------------|-----------|-------|--------|
| Interno | 3645 | 0,223076 | 3,645 | 0,8131 |

$$\psi_i + \Sigma U*L = L2D$$

$$\psi_i = L2D - \Sigma U*L$$

$$\psi_i = -0,2965$$

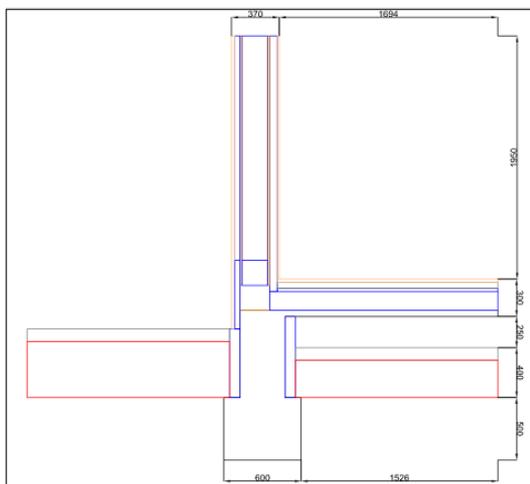


Diagramma isoterme

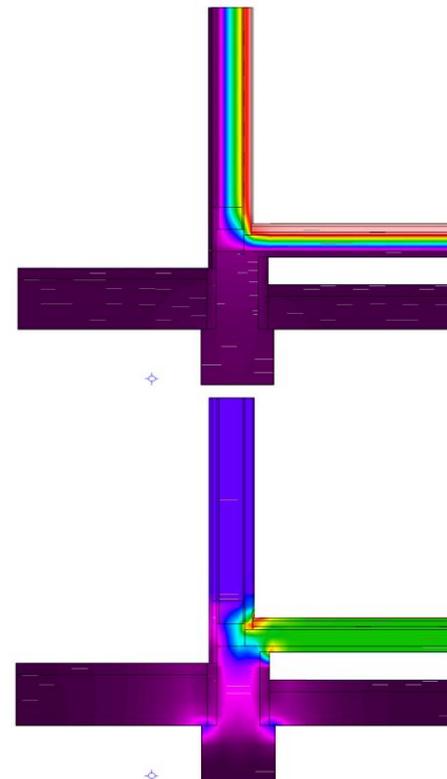


Diagramma flussi di calore

Analisi caso studio - Abitazione unifamiliare – Località Cormòns (Gorizia) – Diagnosi energetica arch. Andrea Boz

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

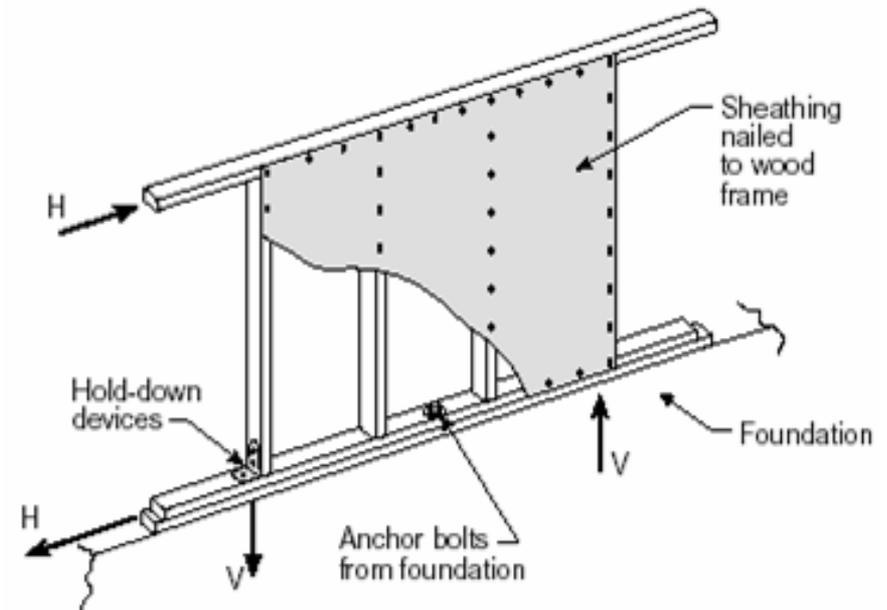


Attacchi a terra strutture in legno



SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

Sistemi intelaiati e controventati ad alta capacità dissipativa - $q=5$



Tratto da: Collegamenti: problemi speciali nelle costruzioni di legno in zona sismica – ing. Maurizio Piazza e Roberto Tomasi - promo_ legno

SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI



Sistemi intelaiati e controventati con tavole



SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI



Sistemi intelaiati e controventati con pannelli

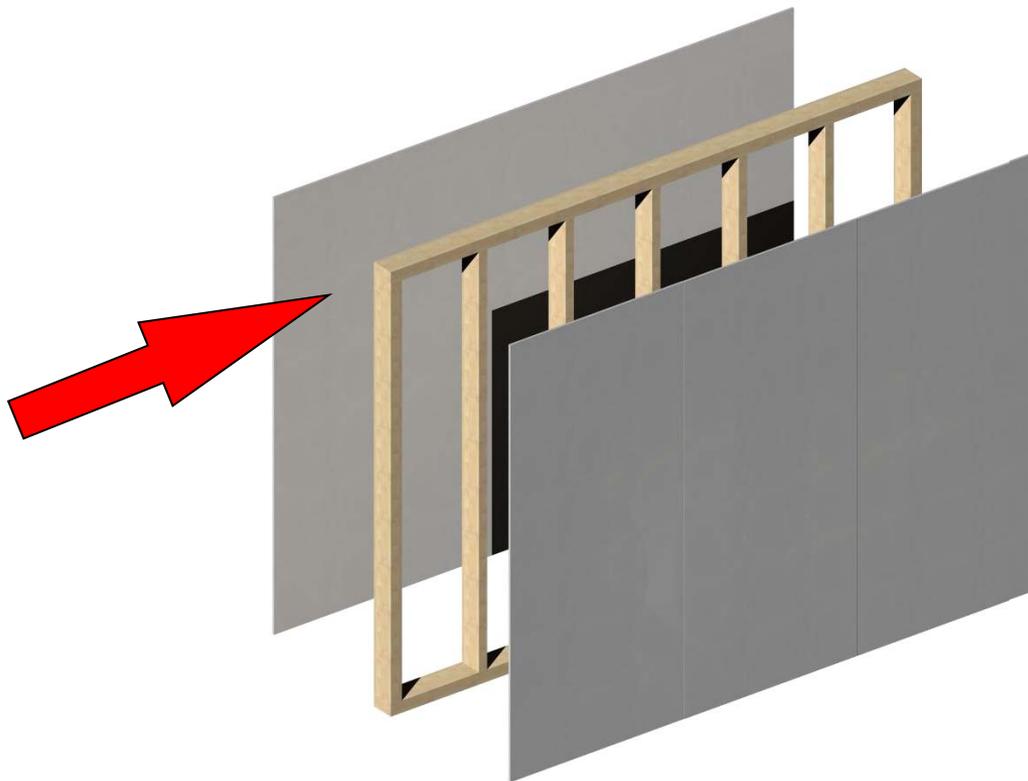


SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

Carichi orizzontali vs Carichi verticali

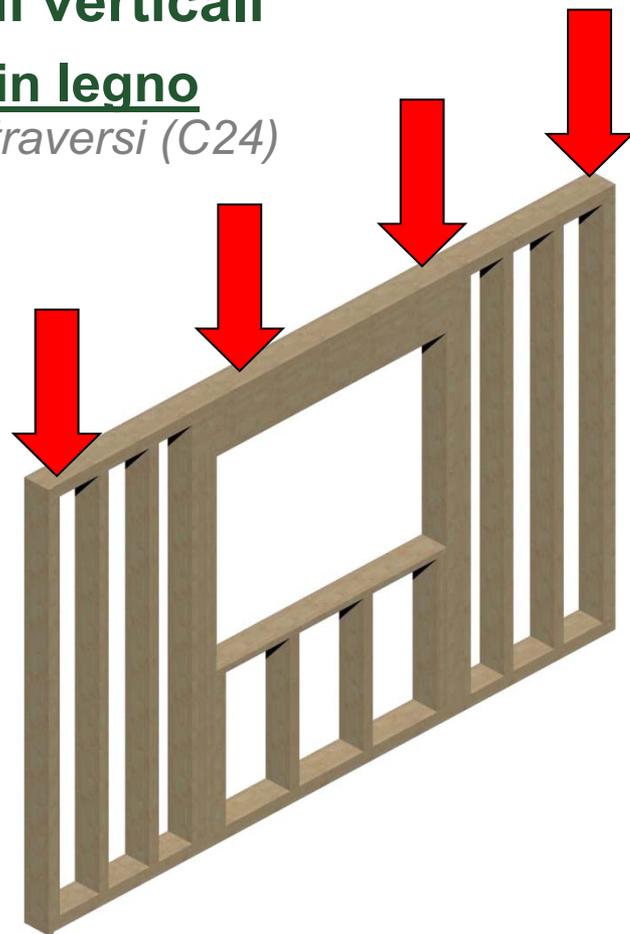
Pannelli di chiusura

Osb, Masonite, Gesso fibra, etc

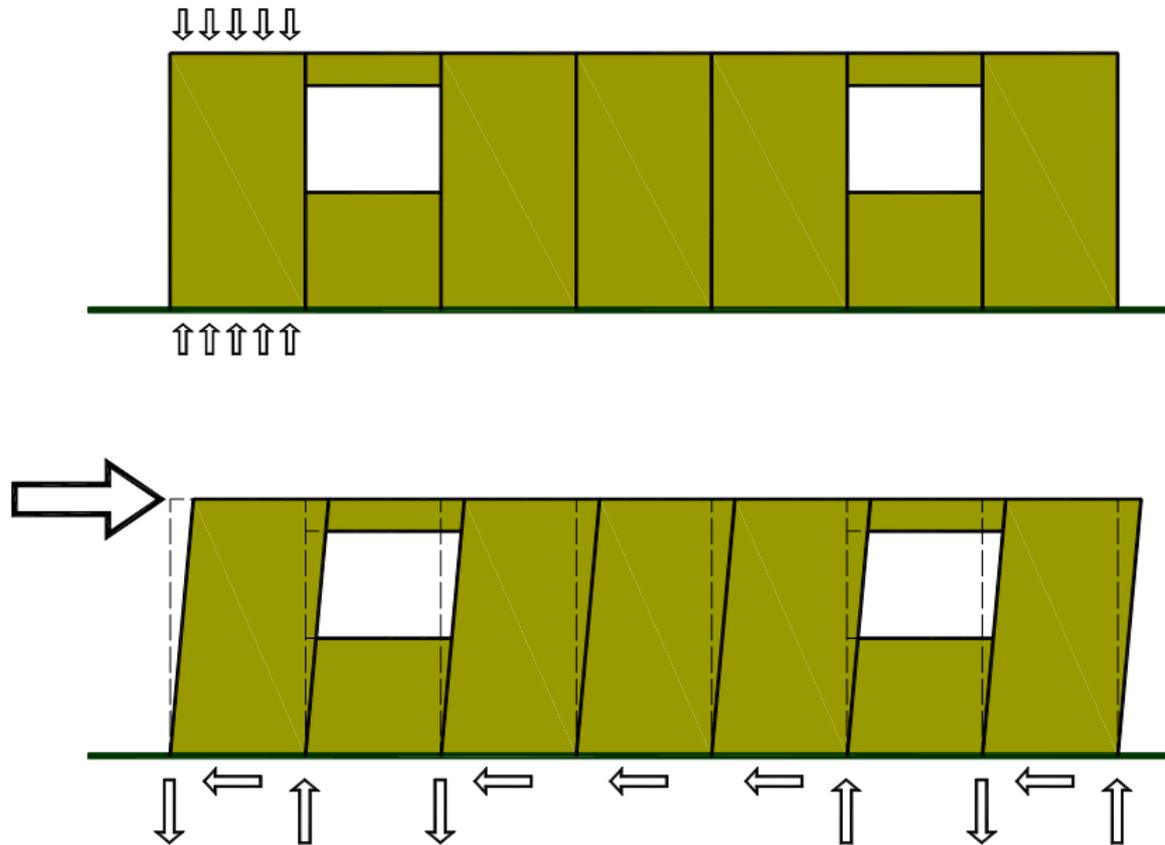


Telaio in legno

Montanti e traversi (C24)



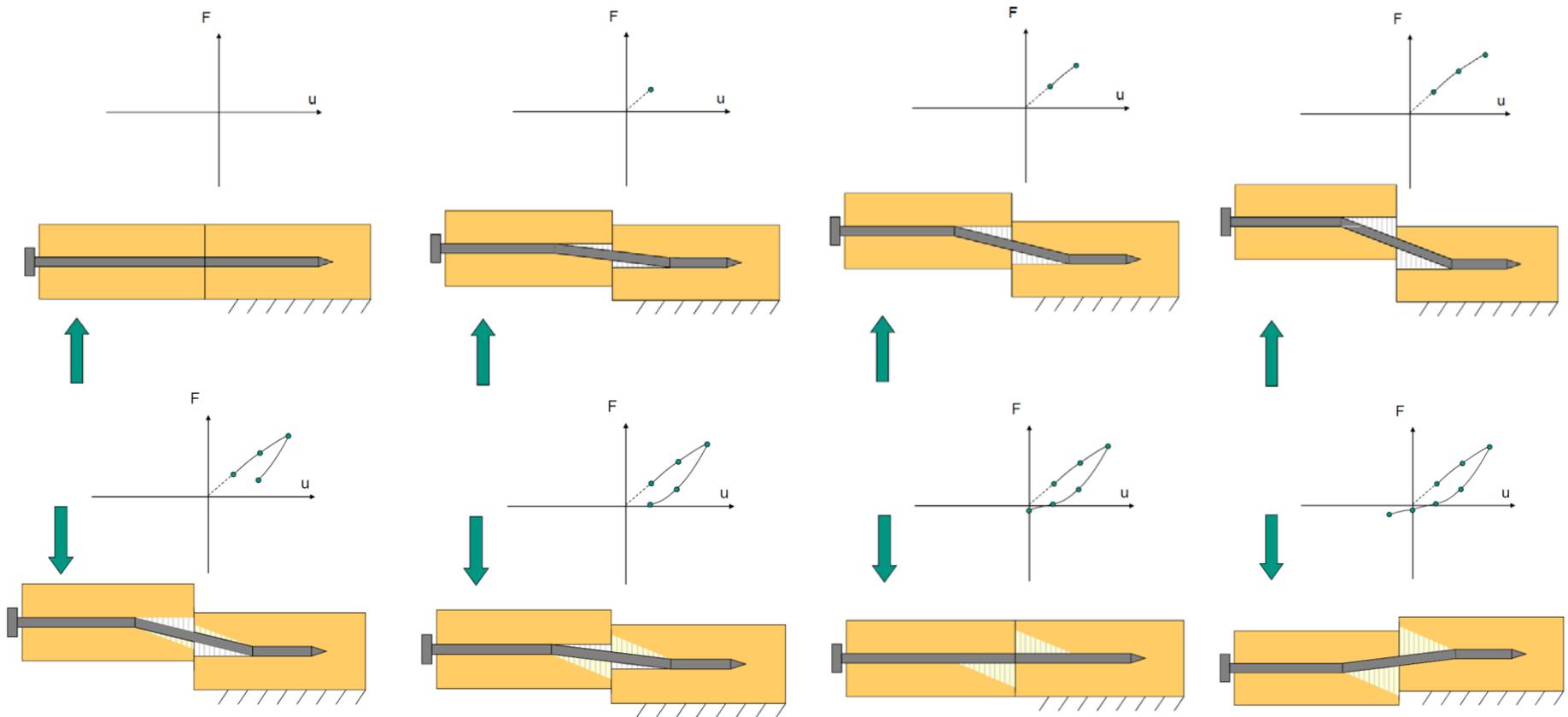
SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI



Effetti strutturali differenti nel caso di azioni verticali ed orizzontali su una parete

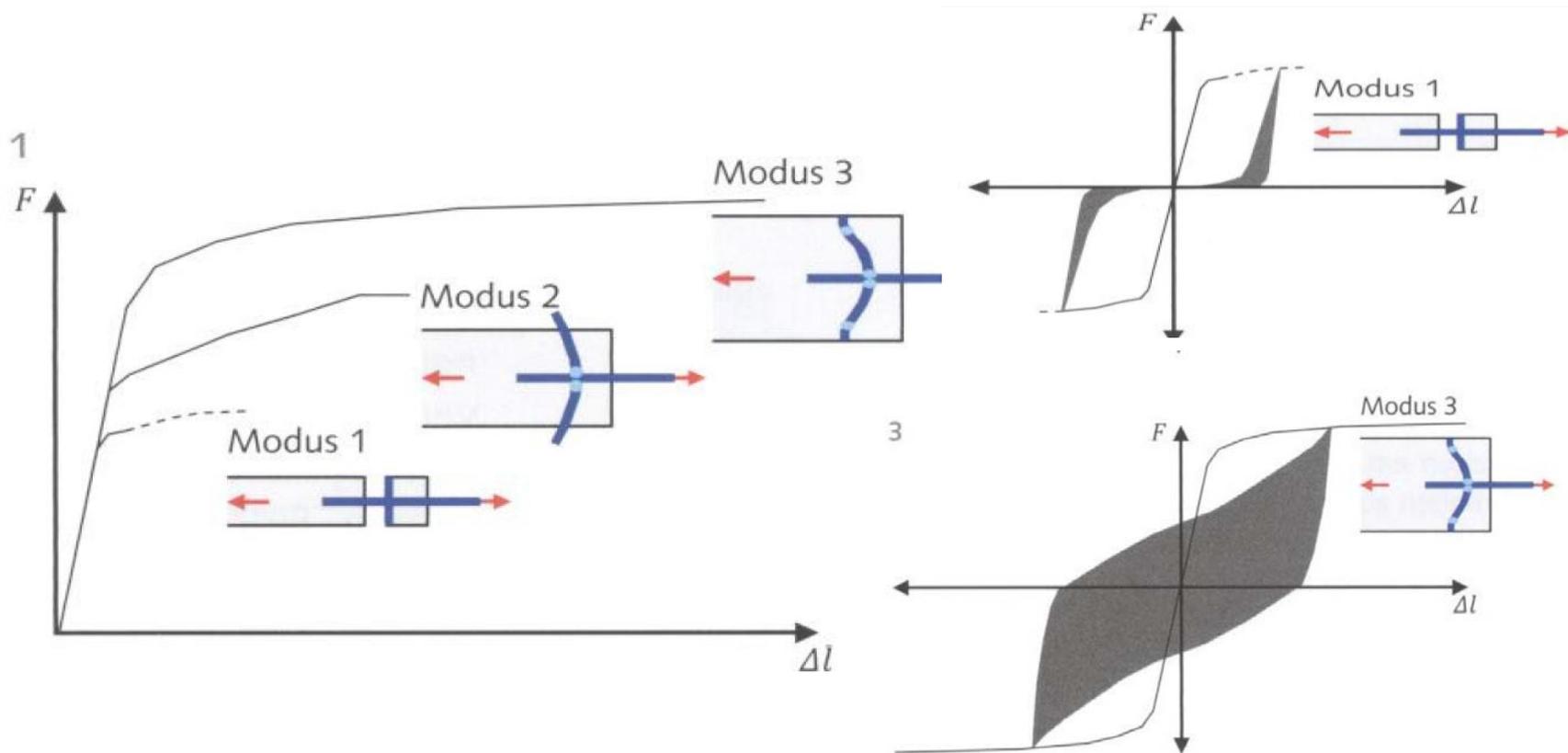
SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

Dissipazione di energia e rifollamento



SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

Dissipazione di energia e rifollamento



SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

Dissipazione di energia

NTC 2008 - Prescrizioni costruttive §7.7.3:

Per poter considerare la struttura ad alta duttilità:

a) I collegamenti legno-legno o legno acciaio

$$d \leq 12\text{mm}; \quad s \geq 10d$$

b) Il materiale di rivestimento strutturale è di

legno o di materiale derivato

$$d \leq 3,1\text{mm}; \quad s \geq 4d$$

SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

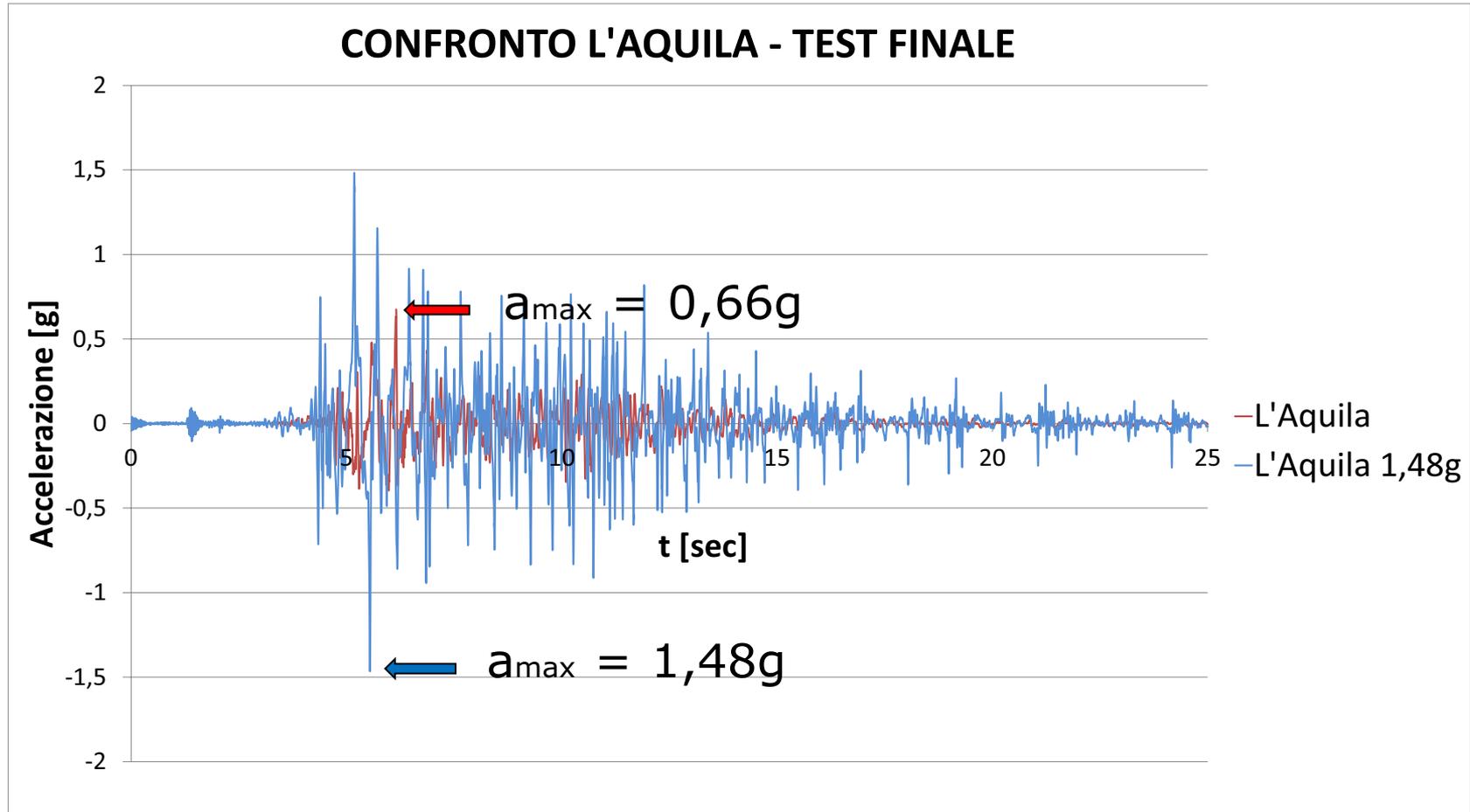
Progetto di ricerca: EUCENTRE – Pavia

Dati generali

- Struttura di 4 piani;
- Altezza $h = 11,65\text{m}$;
- Peso struttura $\approx 48\text{t}$
- Struttura più alta testata in Europa



SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI



SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

Risultato finale dei test

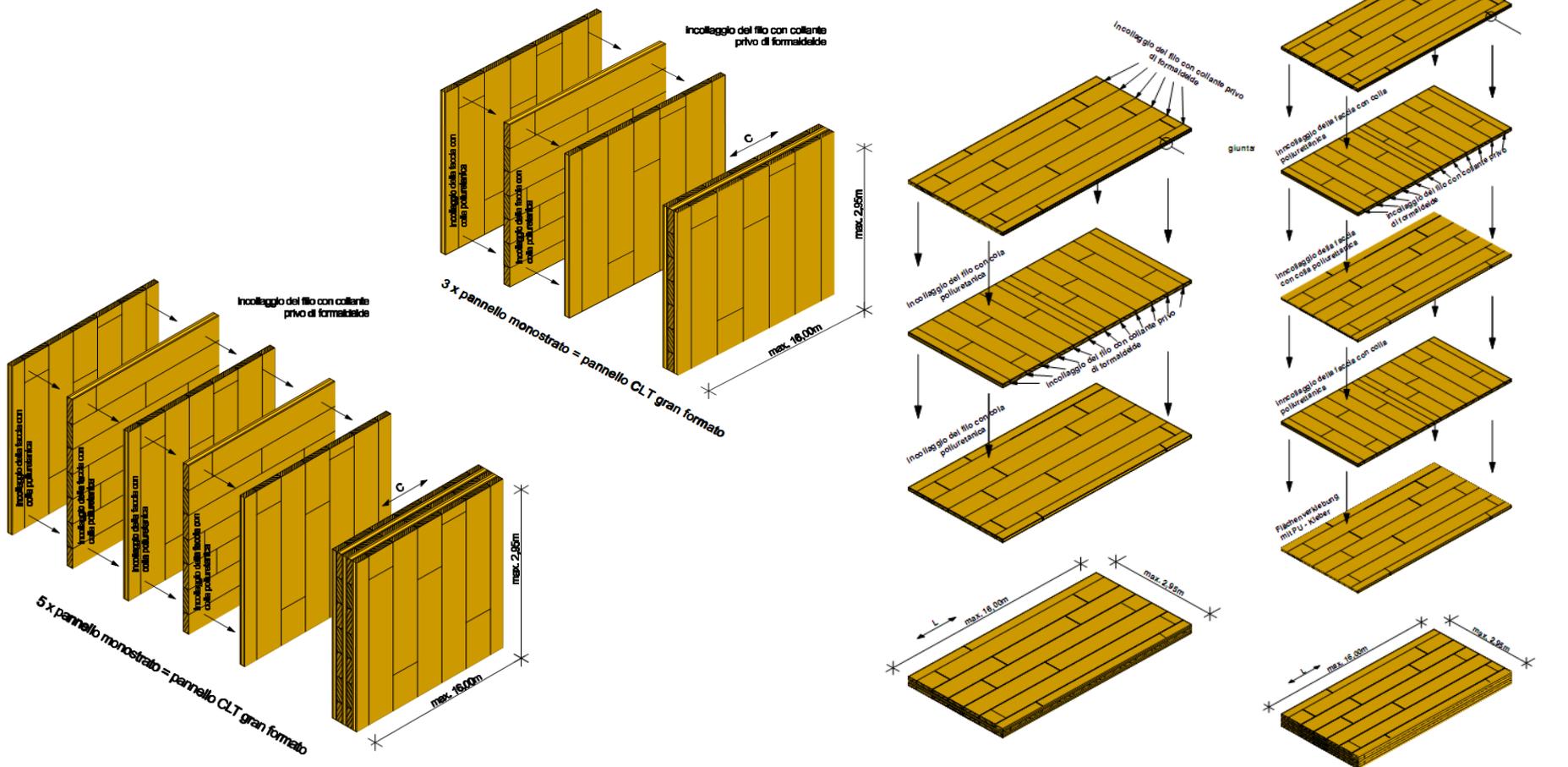
Sulla struttura finita sono state eseguite quattro prove con accelerazioni di picco tutte superiori a 1g con un massimo pari a **1,48g** (**224%** rispetto a L'Aquila).

Tale accelerazione risulta essere pari al **529%** di quella massima prevista in normativa.

NESSUN DANNO !

TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM

Pannelli 3-5, etc. strati – Pareti e solai

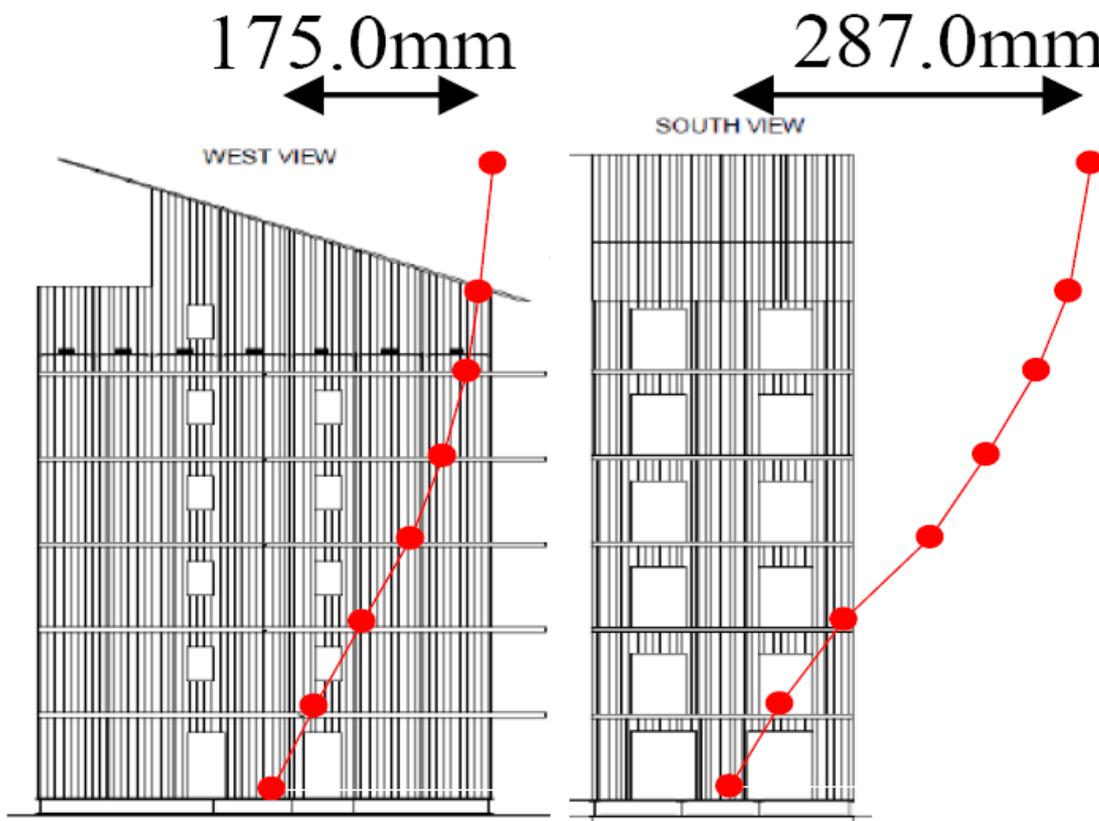


TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Prof. dott. ing. Ario Ceccotti - CNR - IVALSA – Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree

TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



DATI GENERALI

SPESSORI PARETI X-LAM

0-1 Liv. = 14,2 cm
2-3 Liv. = 12,2 cm
4-7 Liv. = 8,5 cm

LEGNAME DI ABETE ROSSO

Tempo ricrescita boschi trentini = 2 ore
Volume lordo in tronchi = 250 mc
Peso proprio legname = 120 Ton
Zavorre totali ogni piano = 150 ton

FERRAMENTA

Hold down metallici = 800 pz
Angolari metallici = 2.200 pz
Viti per legno = 52.000 pz
Chiodi per legno 32.000 pz

TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Resistenza strutturale al fuoco Sistema CLT



TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



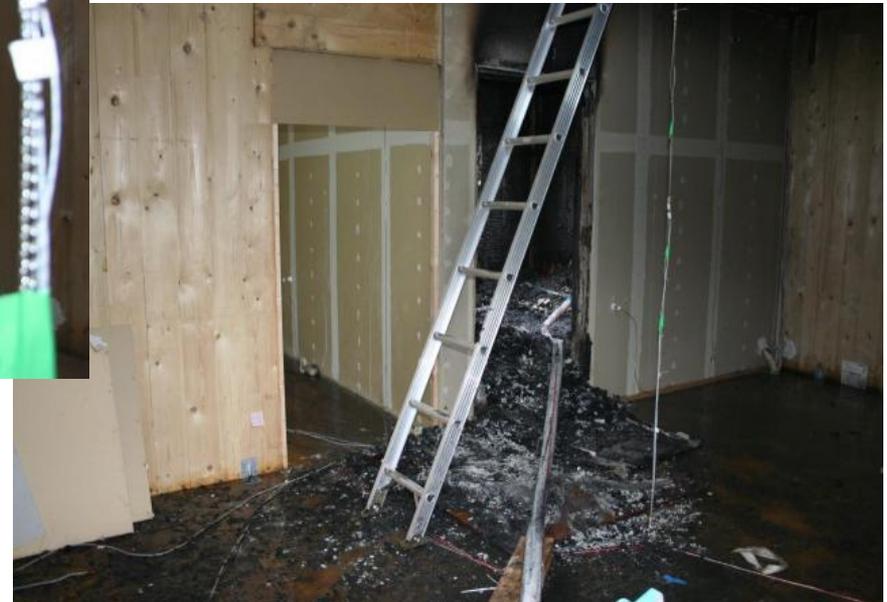
Resistenza strutturale al fuoco Sistema CLT



TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Resistenza strutturale al fuoco Sistema CLT



TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Resistenza strutturale al fuoco Sistema CLT



Garage multi piano – Innsbruck (Austria)

TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Resistenza alle intemperie Sistema CLT



TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Resistenza alle intemperie Sistema CLT

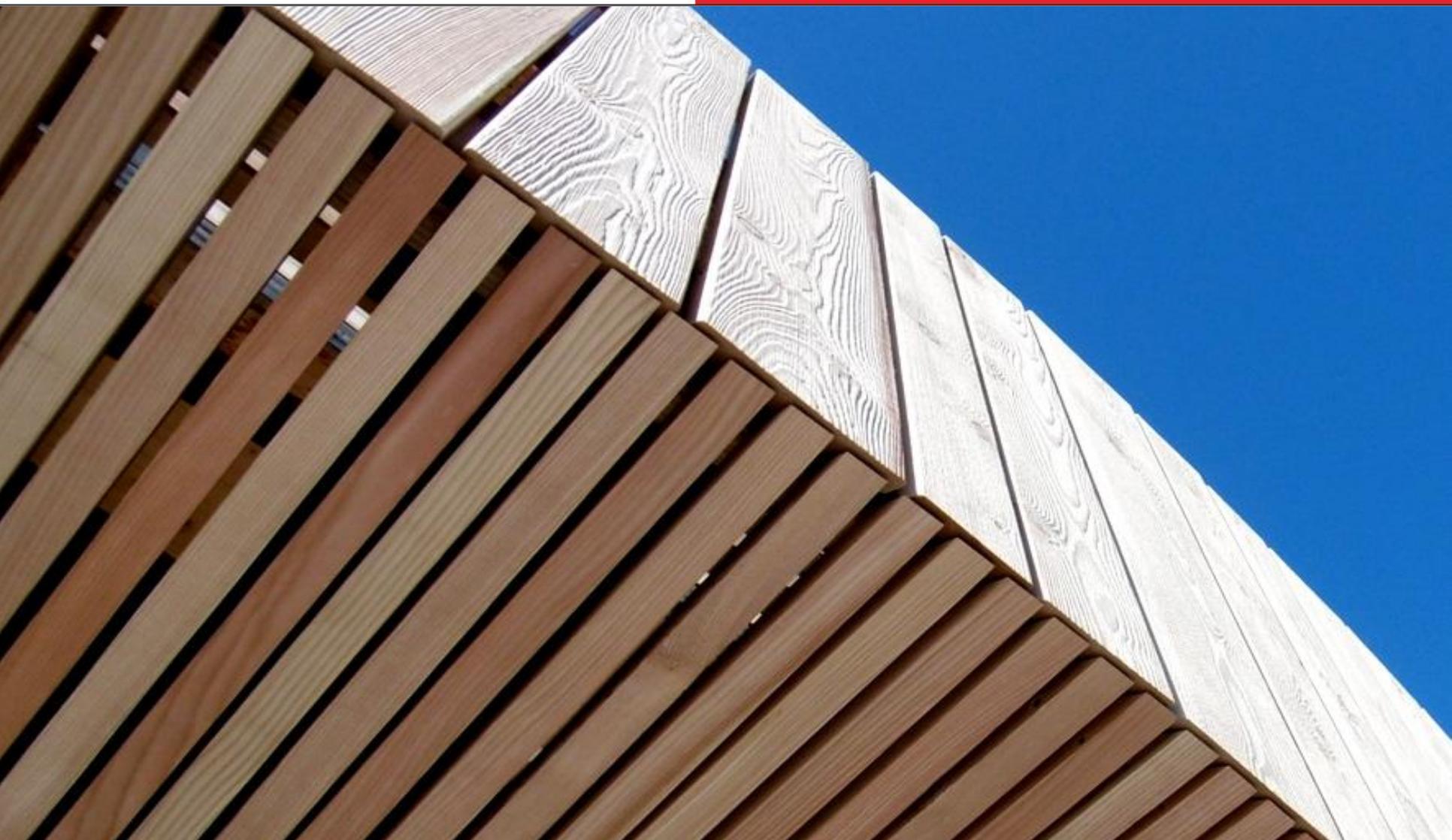


arch. Andrea BOZ
www.arkboz.com



CORSO DI AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE

**SOLUZIONI ANTISISMICHE NELLE COSTRUZIONI
IN LEGNO E MISTE**



MANDI E GRASIE PA L'ATENZION!