

arch. Andrea BOZ



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

www.arkboz.com
andrea@4ad.it



PRINCIPALI CAUSE E RESPONSABILITA' COLLASSO STRUTTURALE



1) Cattiva esecuzione

Impresa & Direzione lavori

2) Scarsa duttilità

Progettista

3) Peso elevato

Progettista

Magnitudo (M) – scala Richter	Data	Zona	Danni causati
7.1	1908	Stretto di Messina	Terremoto associato ad un violento tsunami, con run-up fino a 12 metri, dovuto principalmente ad una frana sottomarina originatasi davanti Giardini Naxos. Oltre 60 mila morti.
7.0	1915	Marsica	Grandi sconvolgimenti nel territorio, con frane e voragini. Oltre 40 mila morti.
6.9	1980	Irpinia	Coinvolti 5 milioni di persone. Strade e ferrovie bloccate. Circa 3000 morti, 250 mila senzatetto.

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 dovuti a coperture pesanti



2016 Terremoto in centro Italia – Immagini varie

SOLLECITAZIONI ECCEZIONALI DESTABILIZZANTI

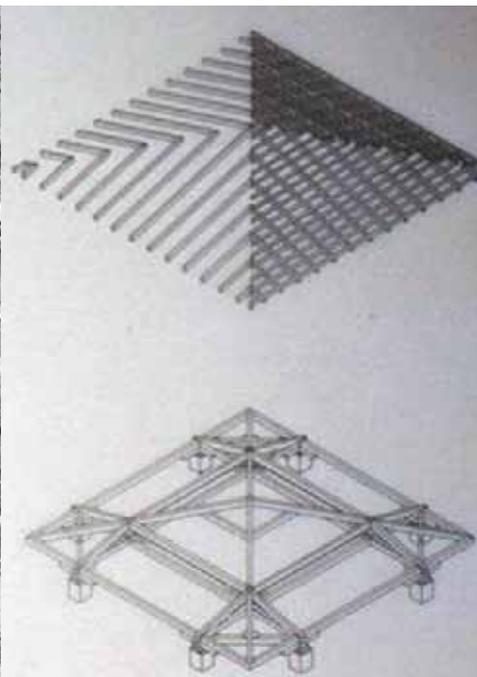


Collassi totale con schiacciamento dall'alto



PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

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



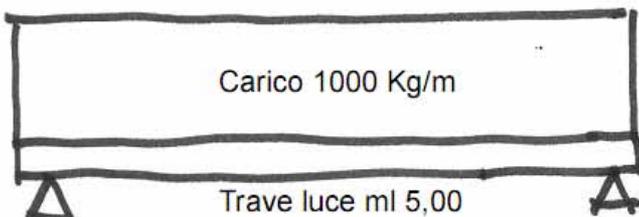
Struttura tetto in legno 30 kg/mq Vs Laterocemento 250 kg/mq

Peso proprio permanente strutturale: 4500 kg Vs 37500 kg

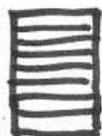
Soluzione lignea: - 33 TONELLATE in copertura !!!

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

Raffronto prestazionale esemplificativo per elemento strutturale



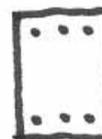
Leggero 500-600 Kg/mc
Basse forze inerziali
Tetto in legno = 70 Kg/mq
Tetto in laterocemento = 250 Kg/mq



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



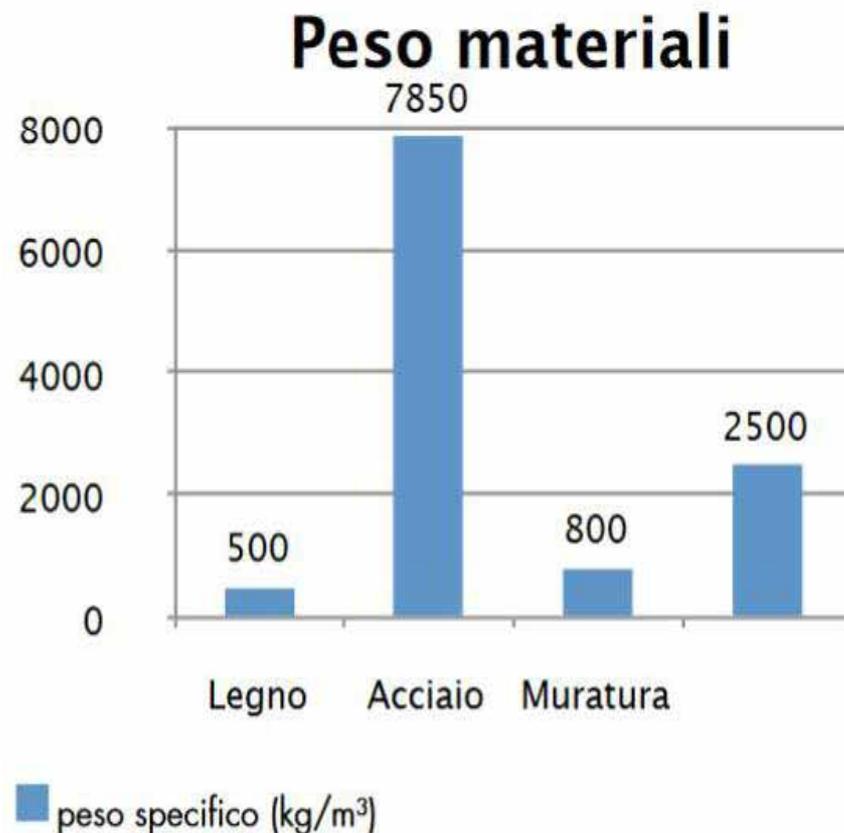
Cemento armato 3+3 $\varnothing 16$
Peso 2500 Kg/mc
Sez. 250x300 peso 188 Kg/m = 940

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

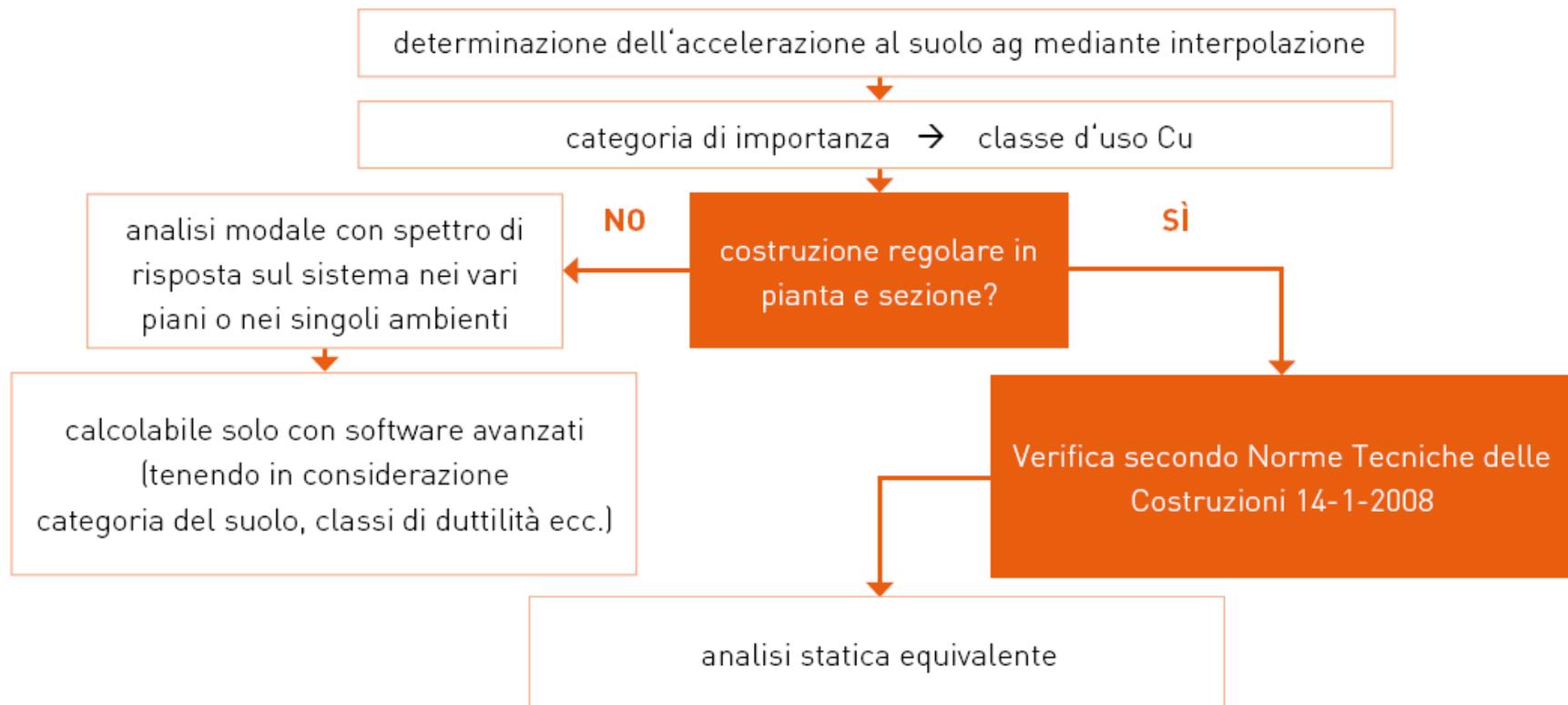
PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

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

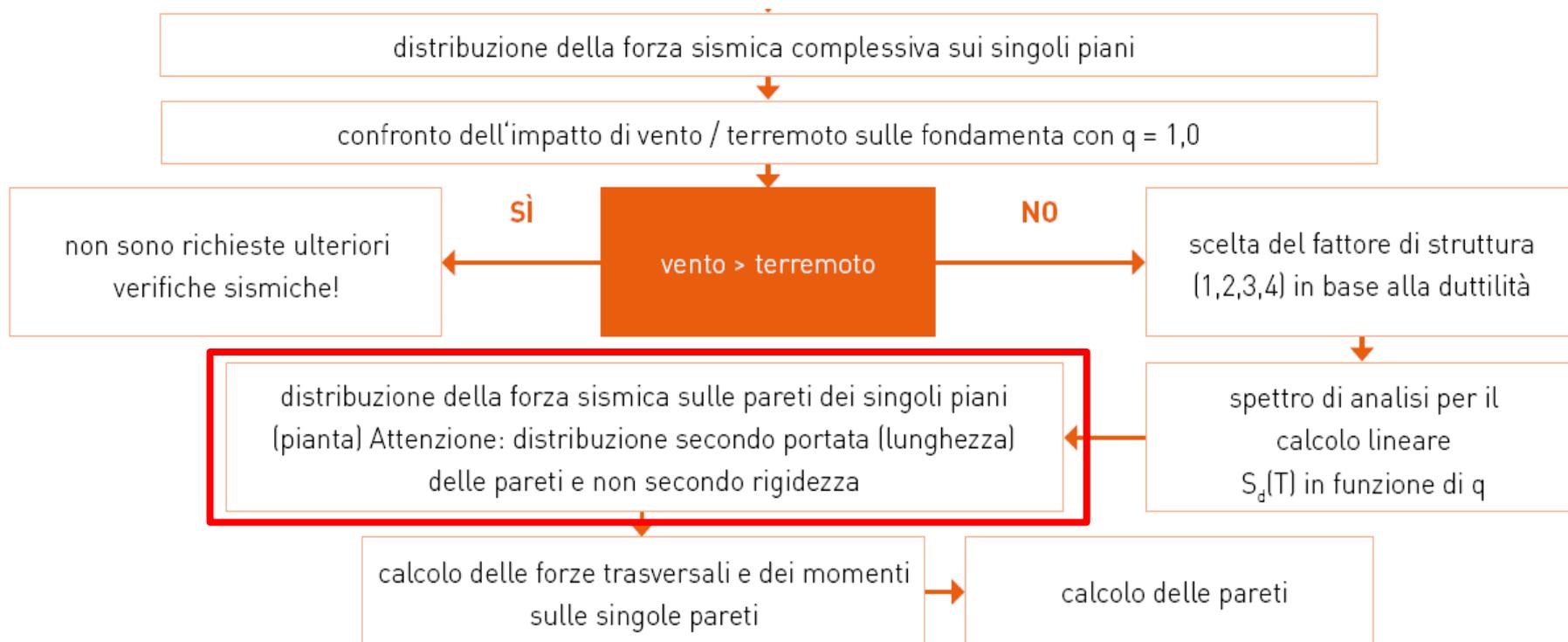
ITER DI PROGETTAZIONE SISMICA



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

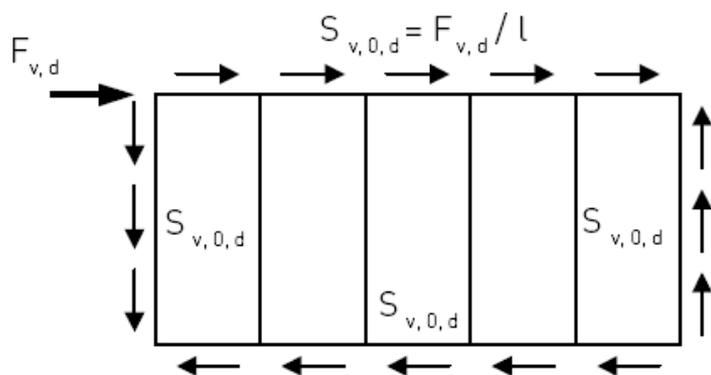
Distribuzione sulle singole pareti

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

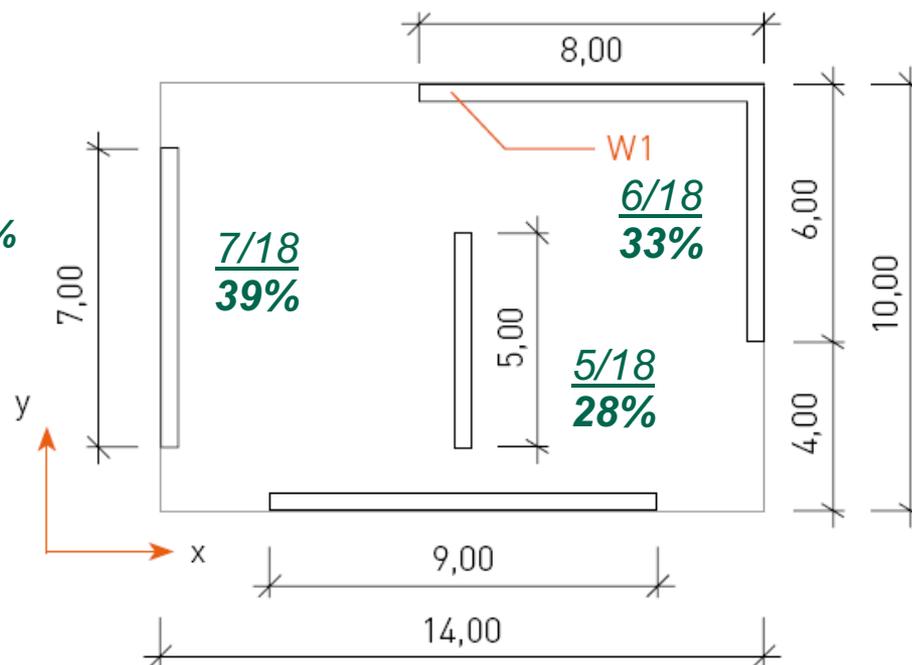
“Rapporto” tra rigidezze direzione Y:

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

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



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Sezione Prima



OGGETTO: Richieste di chiarimenti relativi all'applicazione del DM 14/01/2008 e relativa Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 617 del 2 febbraio 2009.

Adunanza del 19 luglio 2011
Protocollo 53/2011

13) *Nelle zone sismica 2, 3 e 4 è possibile realizzare una struttura con un piano interrato in c.a. ed un piano fuori terra in legno (ad esempio case prefabbricate)? A quale tipologia strutturale dovrebbe essere associata tale struttura? Quali dovrebbero essere i criteri di verifica ed i particolari costruttivi da rispettare?*

14) *Nelle zone sismica 2, 3 e 4 è possibile realizzare una struttura a due piani fuori terra con il piano terra in c.a. ed il piano superiore in legno (ad esempio case prefabbricate)? A quale tipologia strutturale dovrebbe essere associata tale struttura? Quali dovrebbero essere i criteri di verifica ed i particolari costruttivi da rispettare?*

13)

E' certamente possibile realizzare una struttura in legno che spicca da una struttura interrata in c.a., come avviene normalmente anche per le costruzioni in acciaio.

In tal caso il coefficiente di struttura sarà determinato dalla tipologia della struttura in elevazione, che verrà progettata rispettando tutte le prescrizioni costruttive che le competono quanto a tipologia e a materiale impiegato.

14)

Si veda la risposta al quesito n. 13.

STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

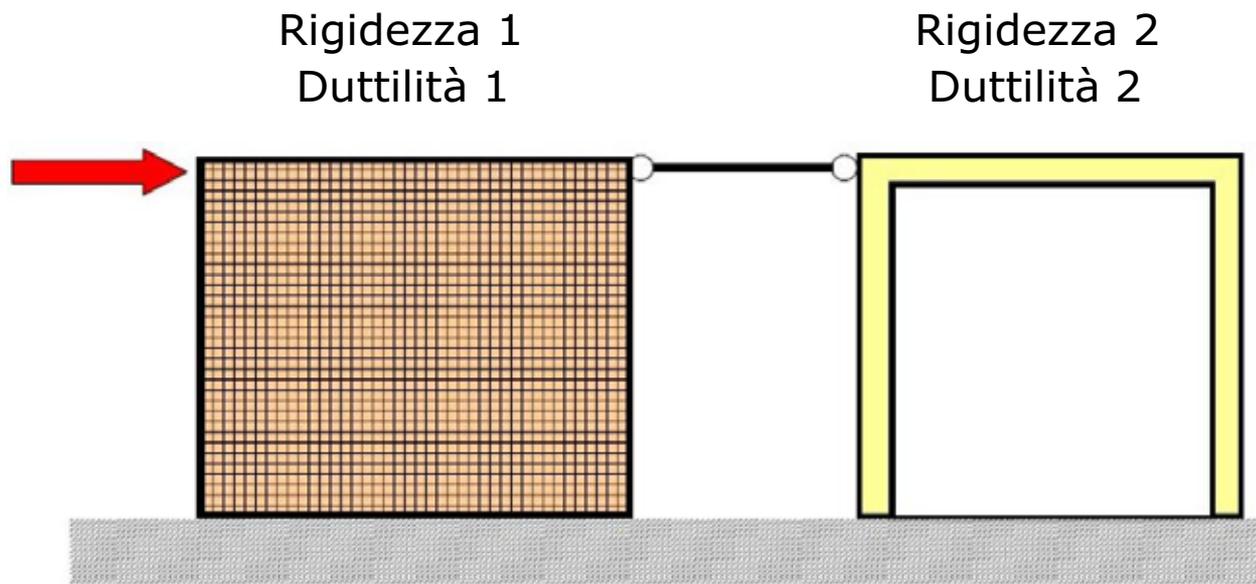
7.8.4 STRUTTURE MISTE CON PARETI IN MURATURA ORDINARIA O ARMATA

E' consentito altresì realizzare costruzioni costituite da struttura muraria nella parte inferiore e sormontate da un piano con struttura in cemento armato o acciaio o legno o altra tecnologia, alle seguenti condizioni:

- i limiti all'altezza delle costruzioni previsti per le strutture in muratura si intendono comprensivi delle parti in muratura e di quelle in altra tecnologia;
- la parte superiore di diversa tecnologia sia efficacemente ancorata al cordolo di coronamento della parte muraria;
- nel caso di metodo di analisi lineare, l'uso dell'analisi statica (nei limiti di applicabilità riportati al § 7.8.1.5.2) è consentito a patto di utilizzare una distribuzione di forze compatibile con la prima forma modale elastica in ciascuna direzione, calcolata con metodi sufficientemente accurati che tengano conto della distribuzione irregolare di rigidità in elevazione. A tal fine, in assenza di metodi più accurati, la prima forma modale può essere stimata dagli spostamenti ottenuti applicando staticamente alla costruzione la distribuzione di forze definita nel § 7.3.3.2;
- nel caso di analisi statica non lineare, si utilizzino le distribuzioni di forze orizzontali previste al § 7.3.4.1, dove la prima forma modale elastica è stata calcolata con metodi sufficientemente accurati.
- nel caso di analisi lineare, per la verifica della parte in muratura si utilizzi il fattore di struttura q prescritto al § 7.8.1.3; per la verifica della parte superiore di altra tecnologia si utilizzi il fattore di struttura adatto alla tipologia costruttiva e alla configurazione (regolarità) della parte superiore, comunque non superiore a 2,5;
- tutti i collegamenti fra la parte di diversa tecnologia e la parte in muratura siano localmente verificati in base alle forze trasmesse calcolate nell'analisi, maggiorate del 30%.

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.

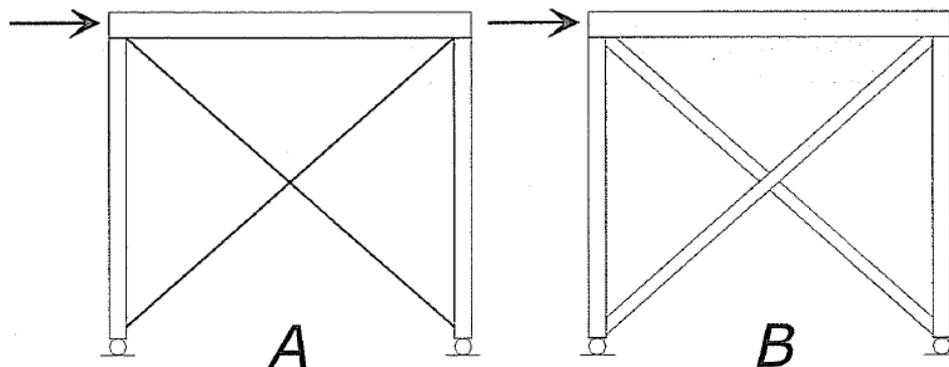


STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

Strutture impropriamente considerate miste

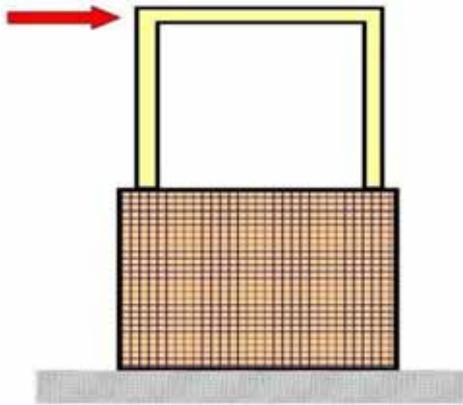
A) Controvento a croce
in acciaio

B) Controvento a croce
in legno



STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

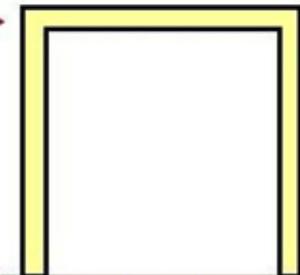
Strutture impropriamente considerate miste



STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

1) Tra i due possibili fattori viene scelto quello più basso

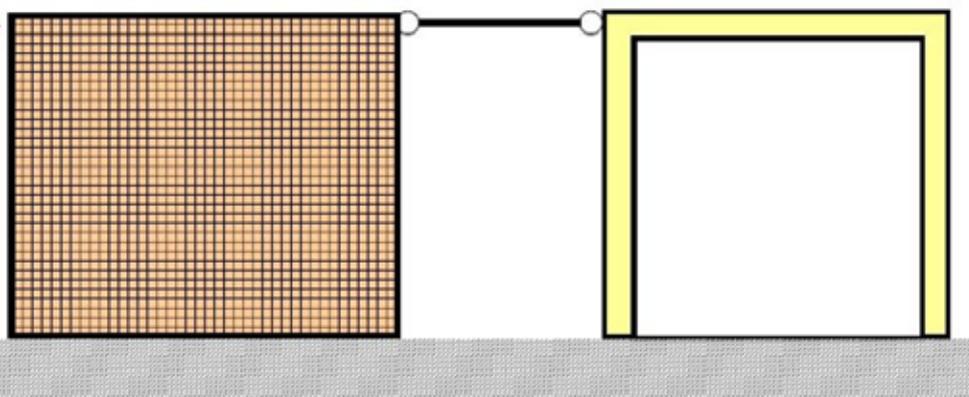
1



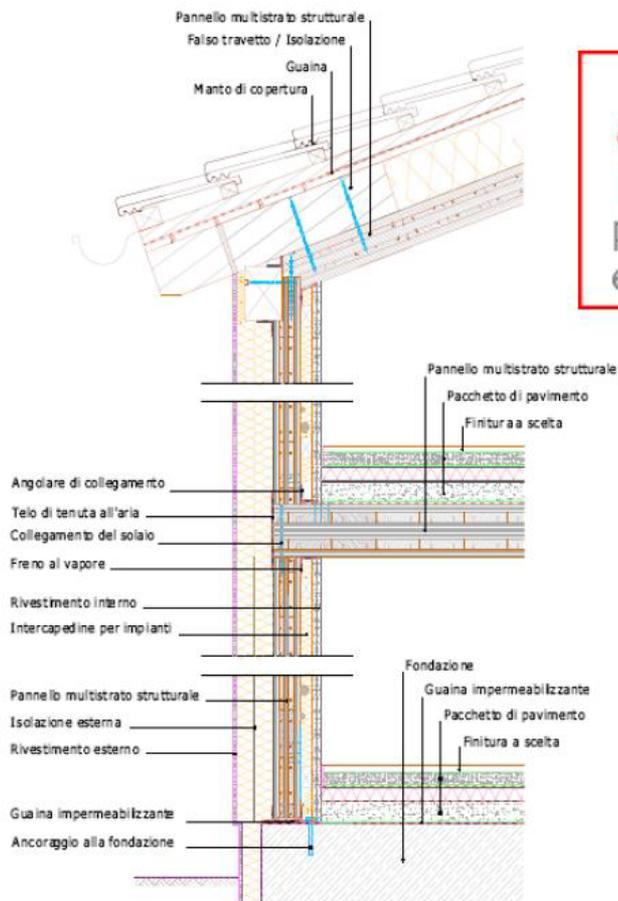
2) Fattore di struttura $q = 1$

Analisi lineare x sistemi non dissipativi

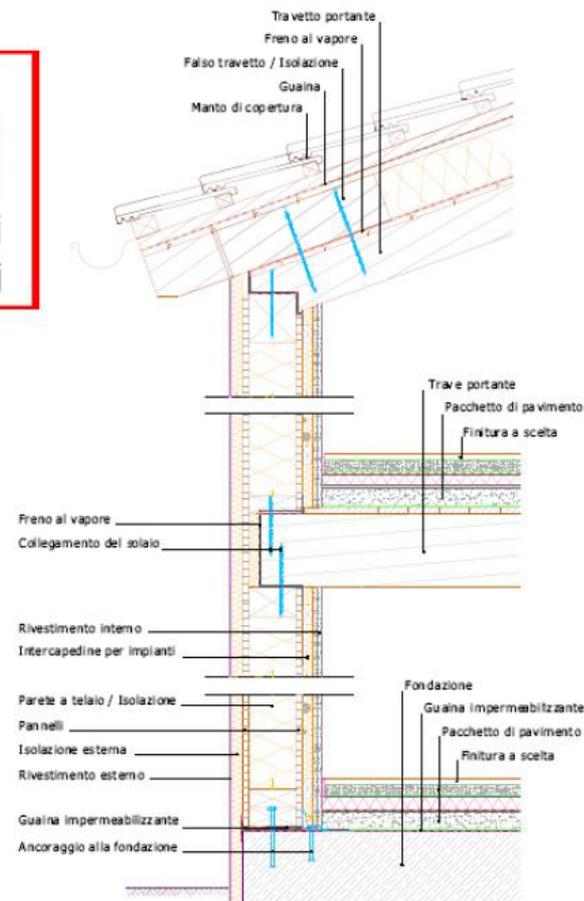
2



PRESTAZIONI ENERGETICHE SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI

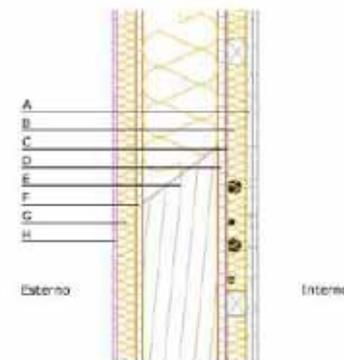
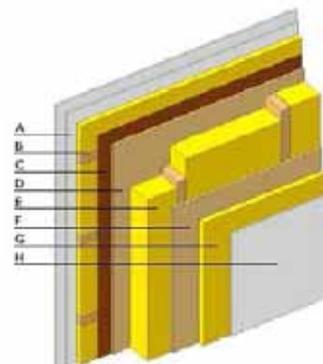
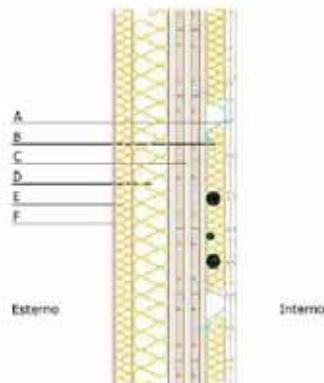
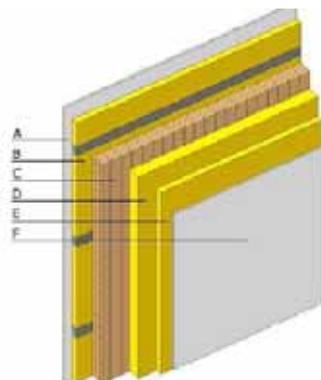


XLAM
o telaio e
pannelli:
prestazioni
equivalenti



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	90
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 ICOPAL DEX 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)

ATTENUAZIONE**

PRESTAZIONI

$\varphi > 12$

$f_a < 0,15$

ottime

$12 > \varphi > 10$

$0,15 < f_a < 0,30$

buone

$10 > \varphi > 8$

$0,30 < f_a < 0,40$

medie

$8 > \varphi > 6$

$0,40 < f_a < 0,60$

sufficienti

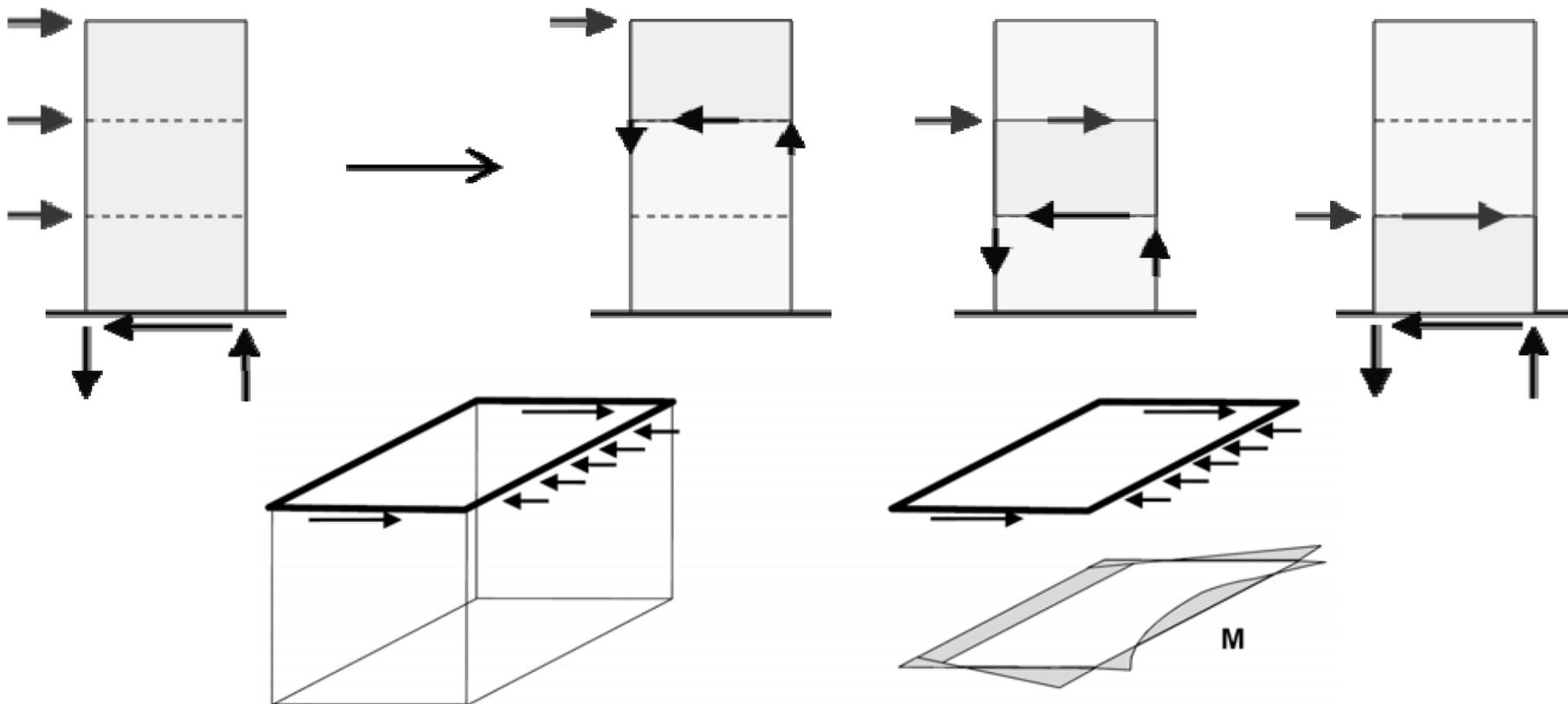
$\varphi < 6$

$f_a > 0,60$

mediocri

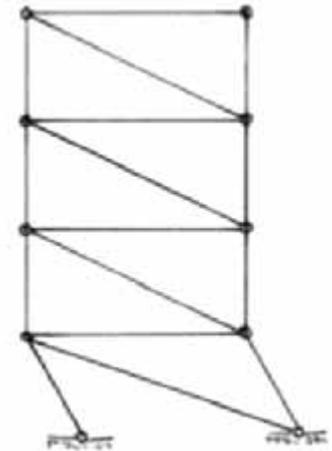
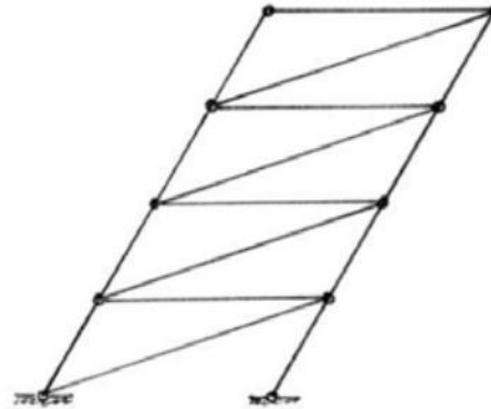


SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



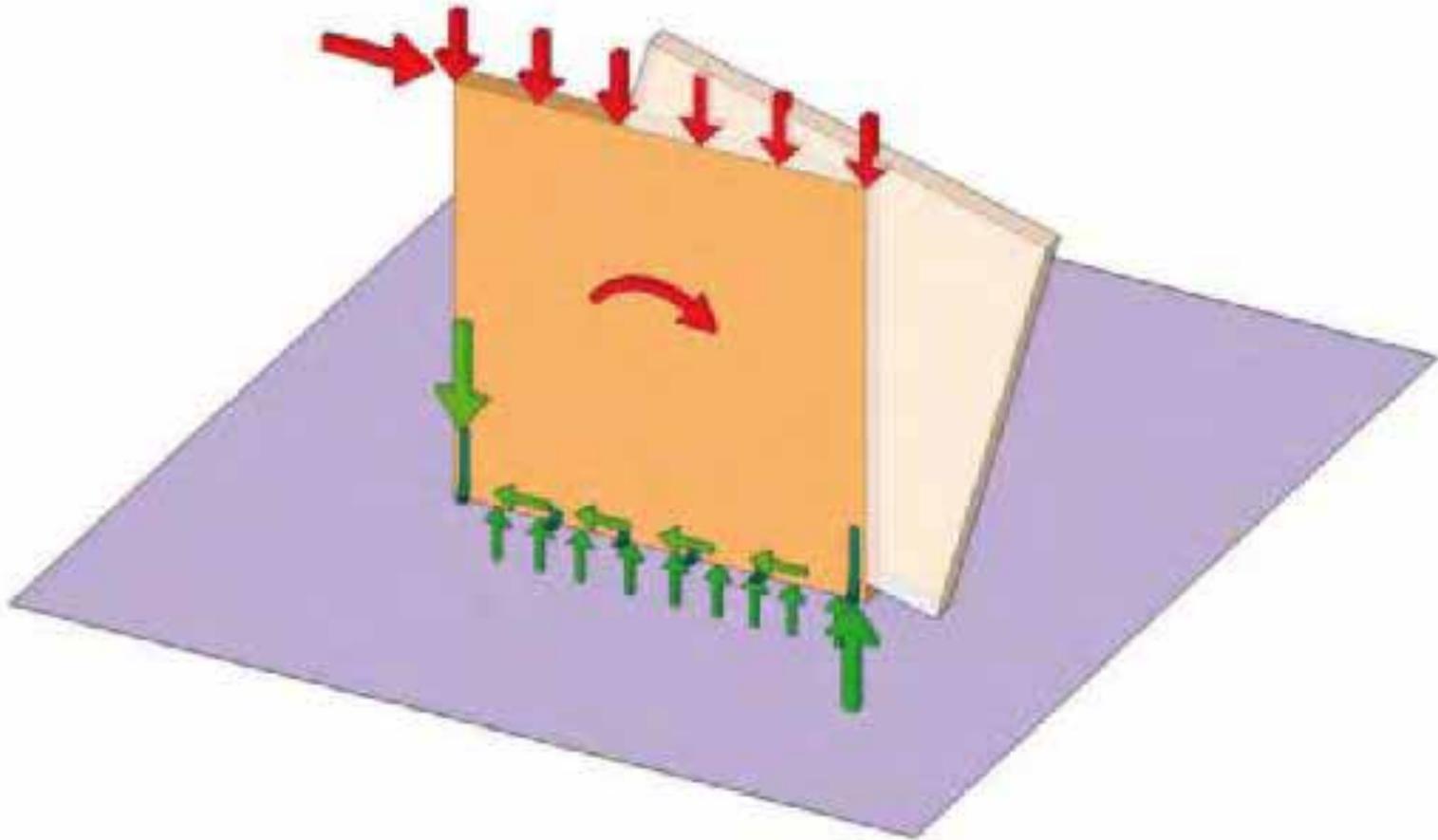
Tratto da: *Aspetti strutturali della copertura e del tetto in un edificio* – ing. *Andrea Bernasconi* - promo legno

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



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

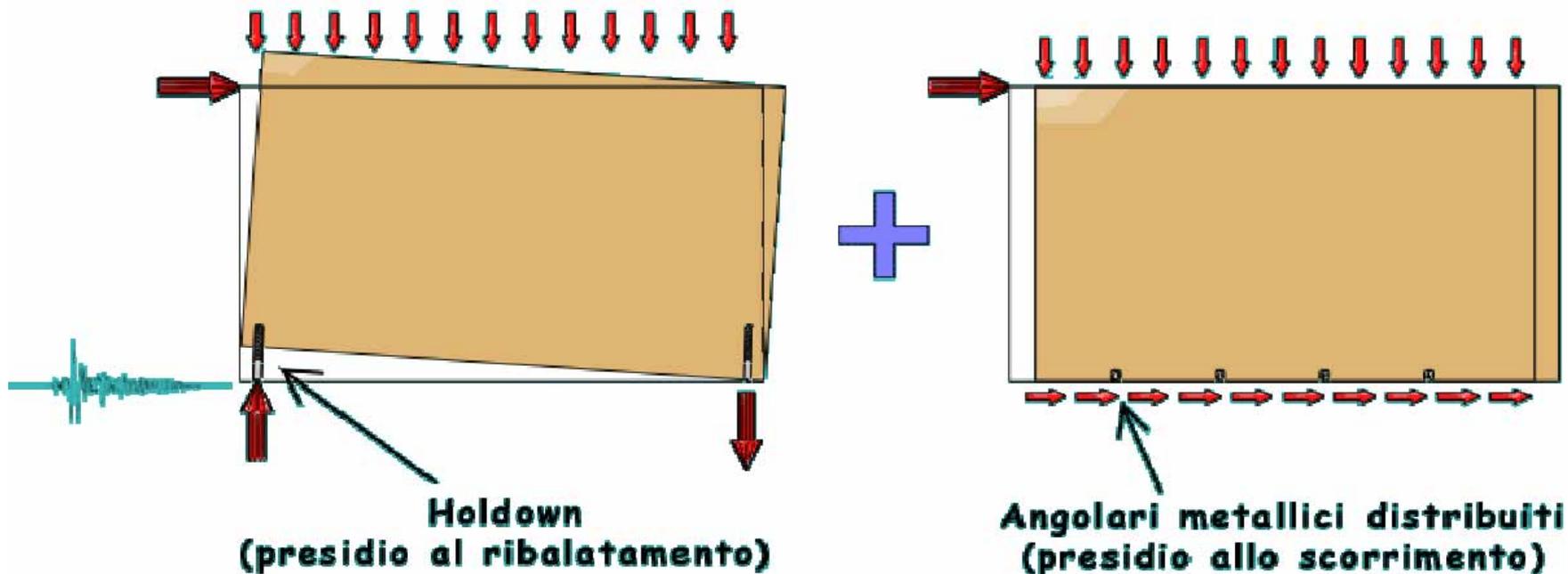
SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



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

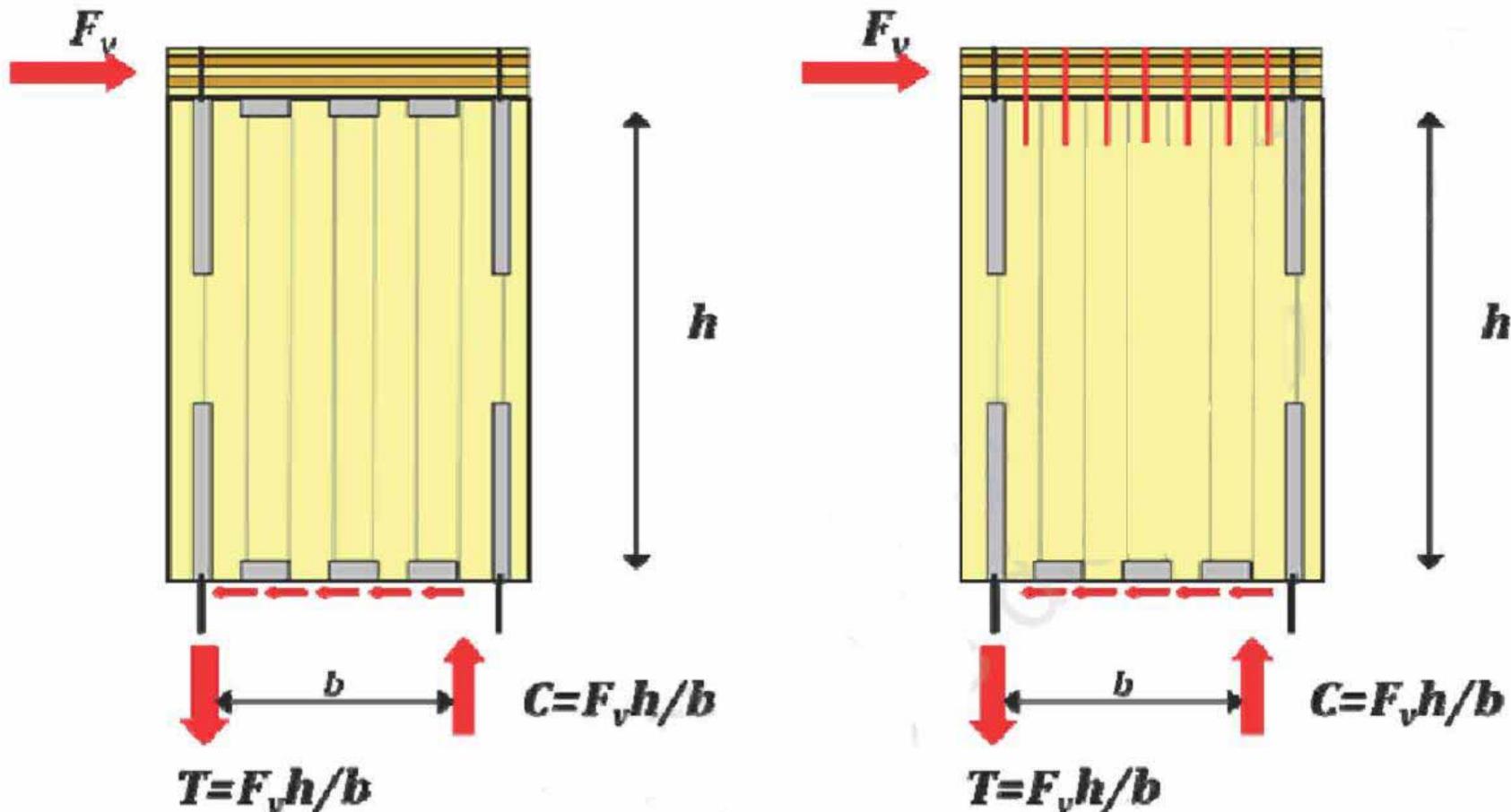
SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

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

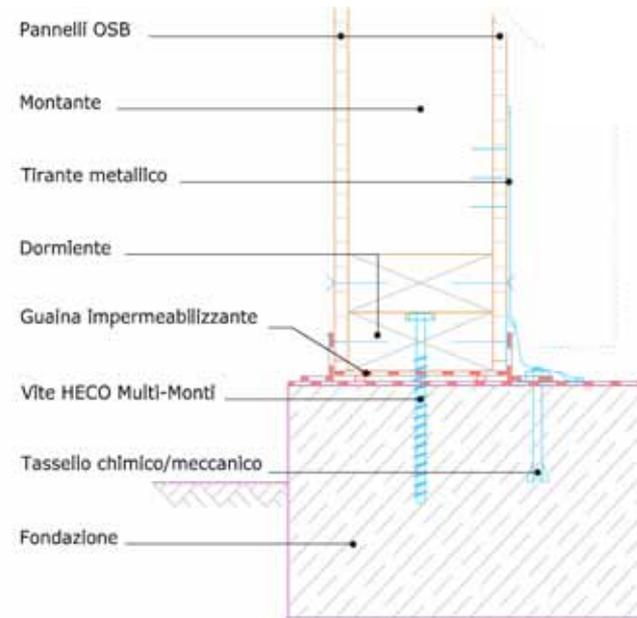
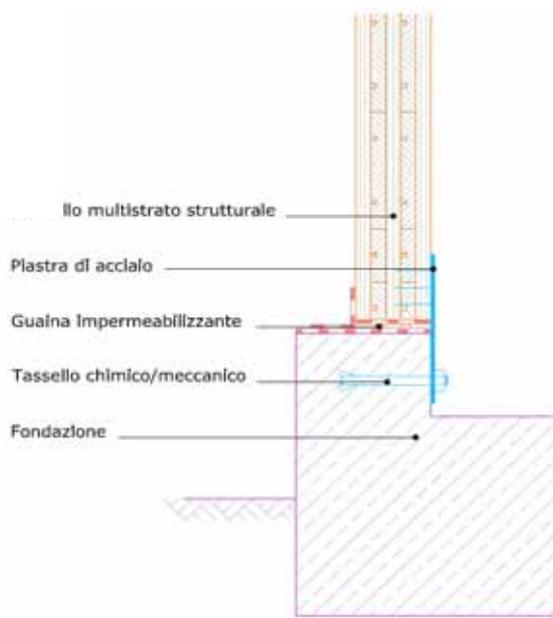
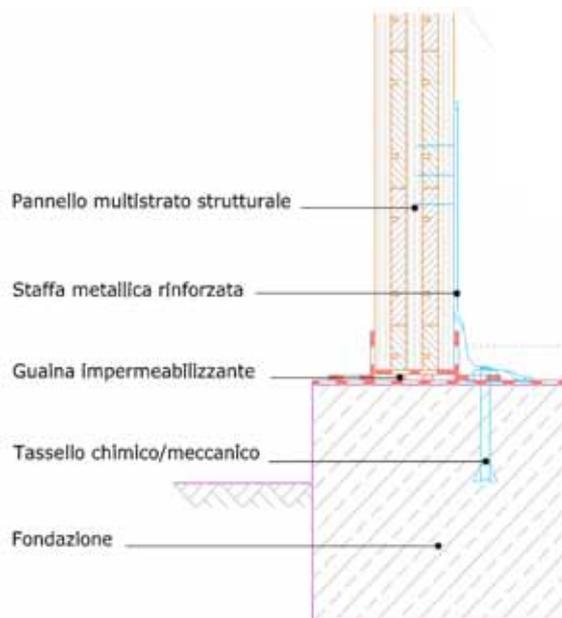


Esempi di ancoraggi tipo per struttura X-lam



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	2,084	0,7451
$\Sigma U*L$			1,1096

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

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

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

$$\psi = -0,2965$$

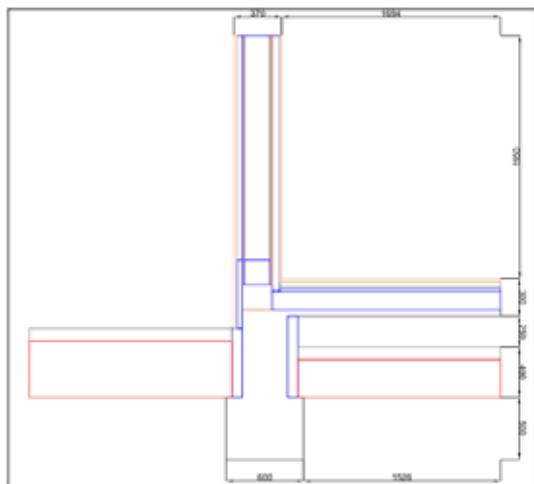


Diagramma isoterme



Diagramma flussi di calore

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

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

Analisi ponte termico nodo collegamento a terra struttura intelaiata con dente in calcestruzzo

	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	0,230737	3,645	0,8410

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

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

$$\psi = -0,2686$$

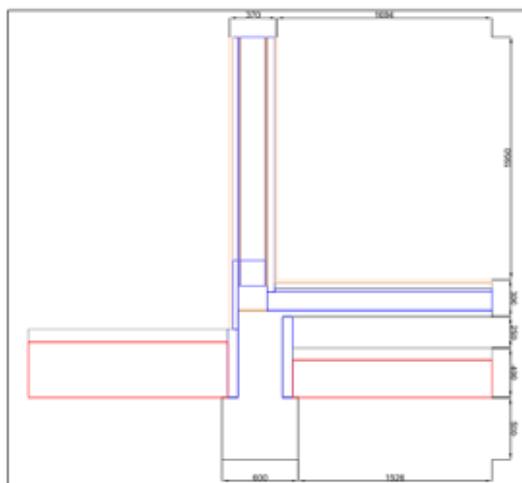


Diagramma isoterme

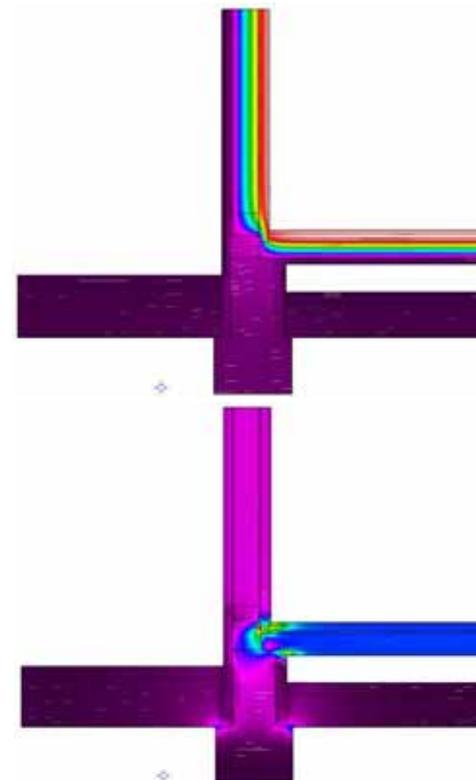


Diagramma flussi di calore

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

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

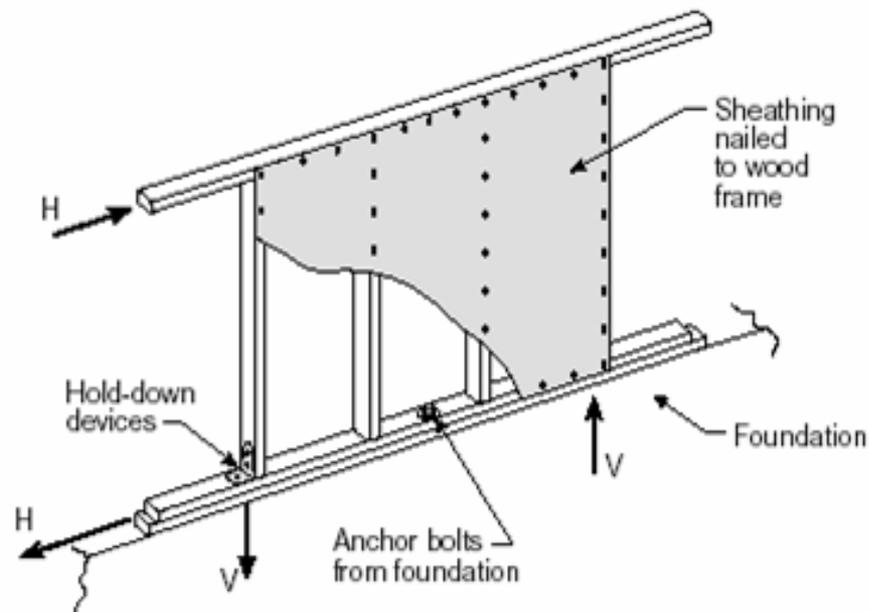


Attacchi a terra strutture in legno



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

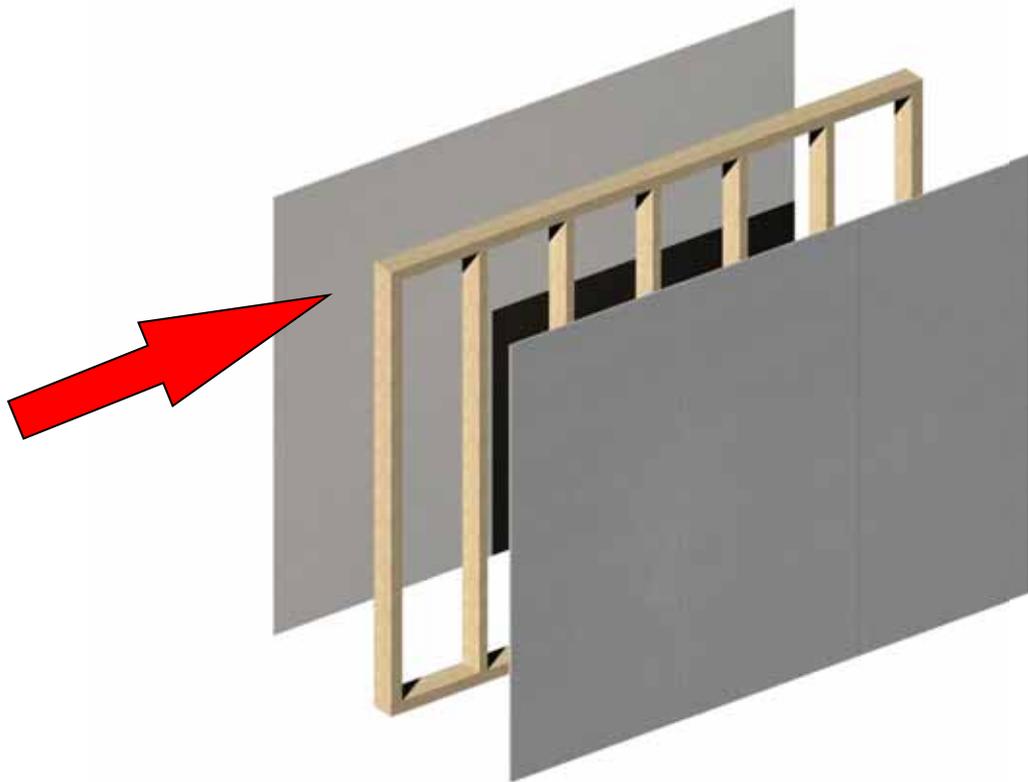


SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

Carichi orizzontali vs Carichi verticali

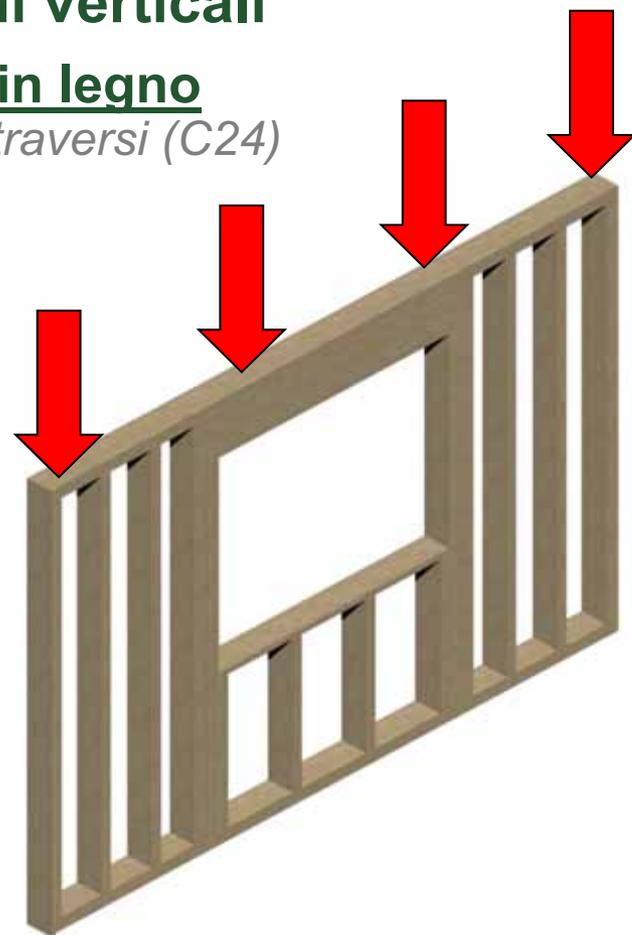
Pannelli di chiusura

Osb, Masonite, Gesso fibra, etc

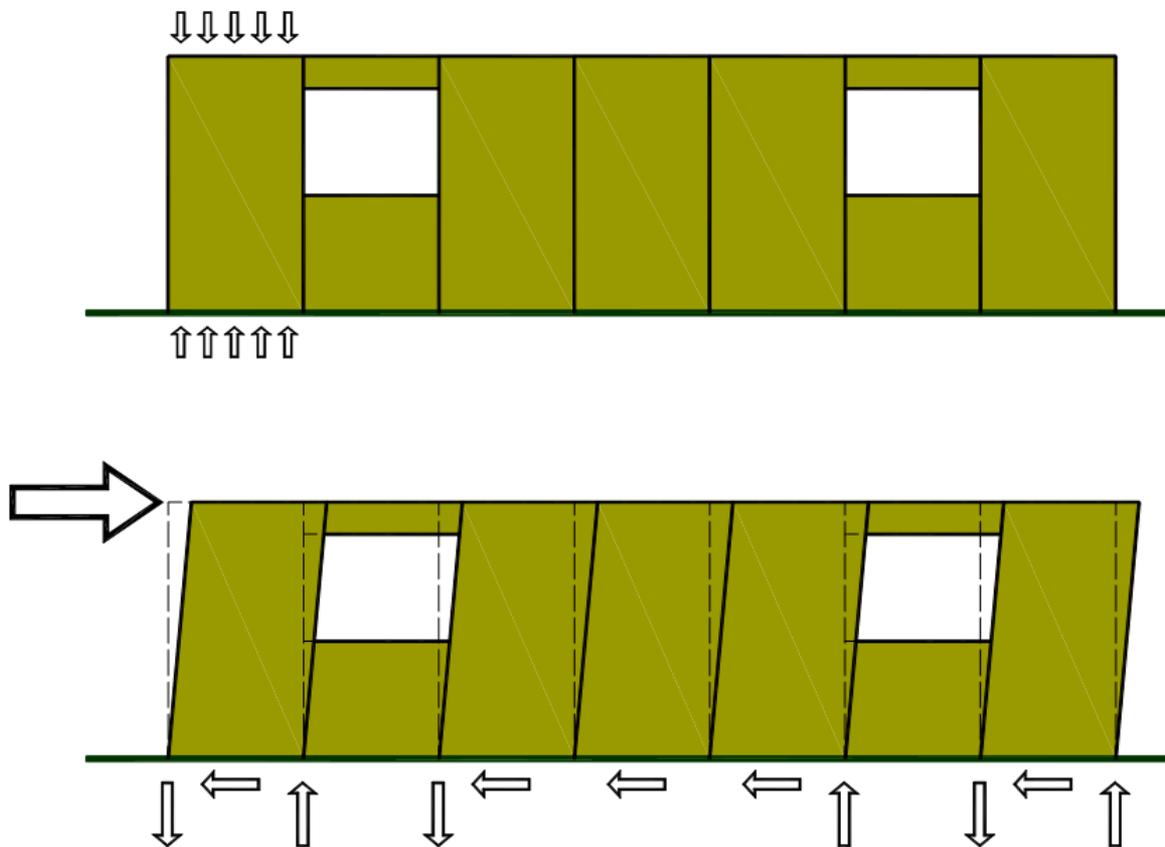


Telaio in legno

Montanti e traversi (C24)



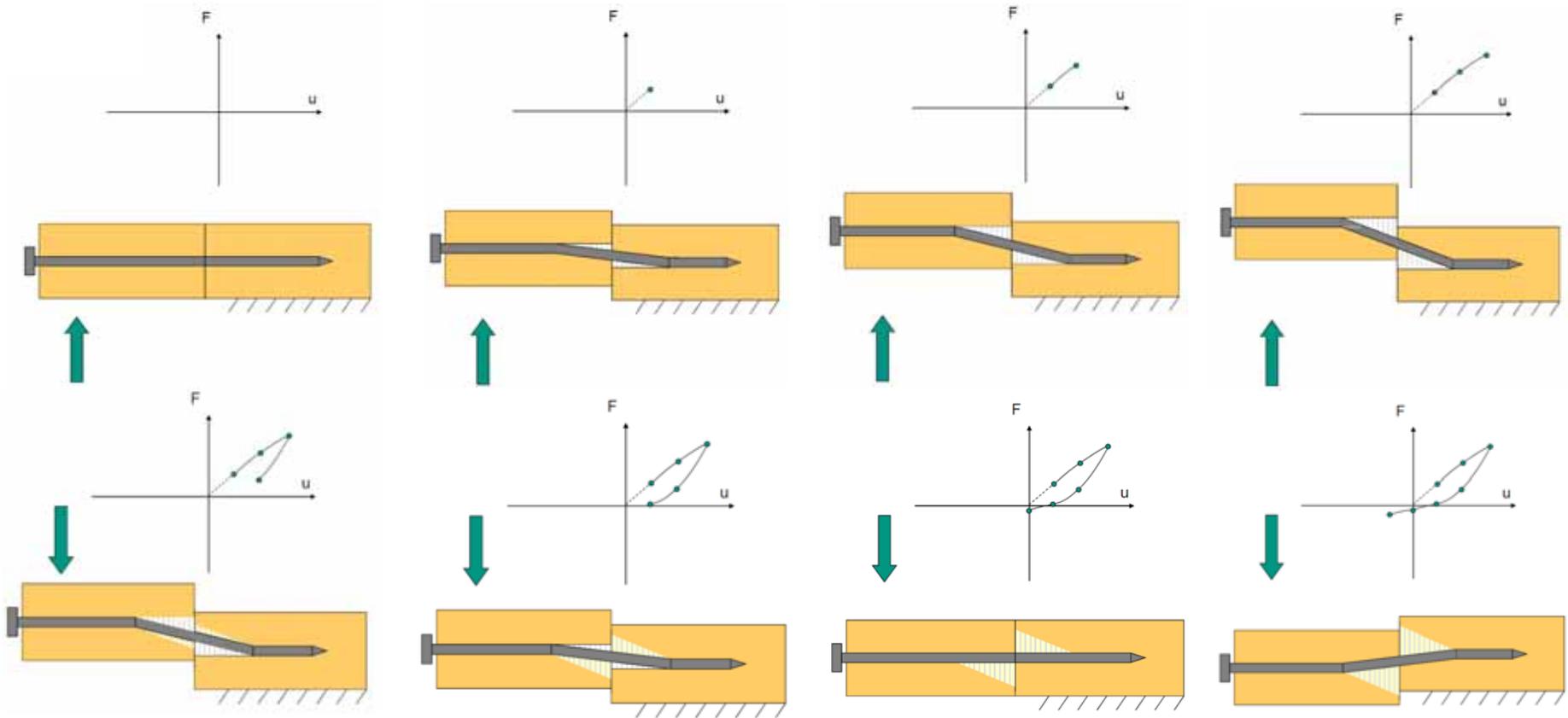
SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI



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

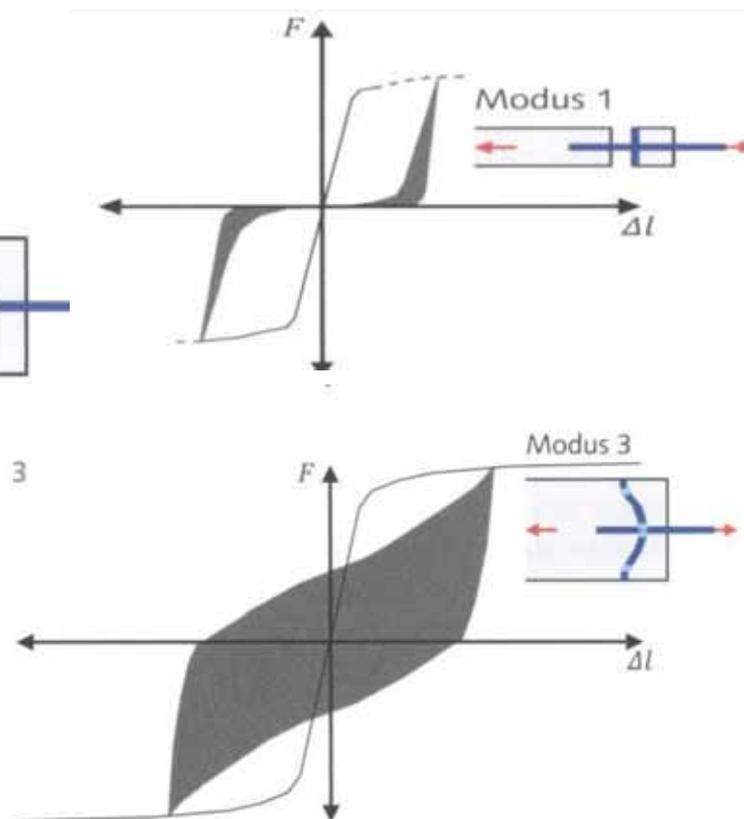
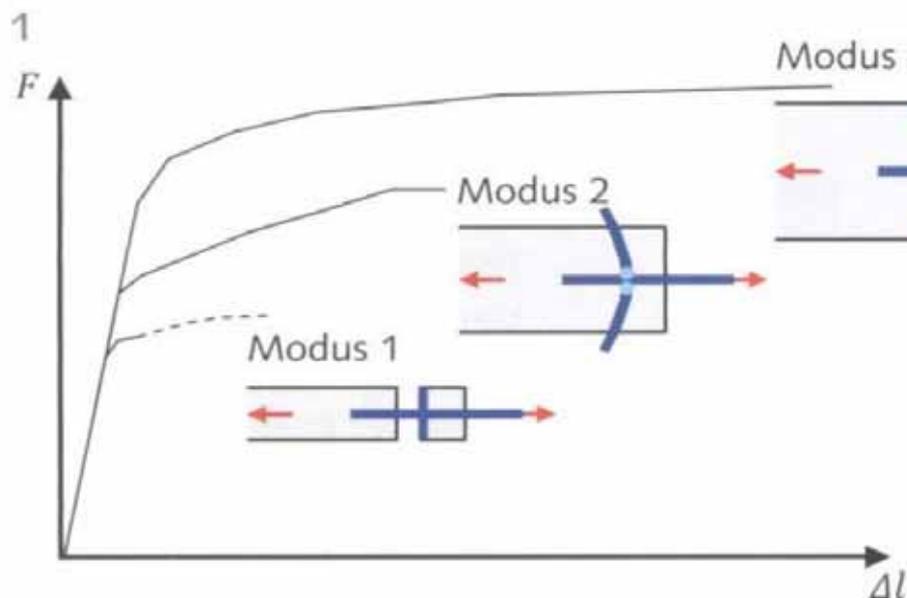
SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

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

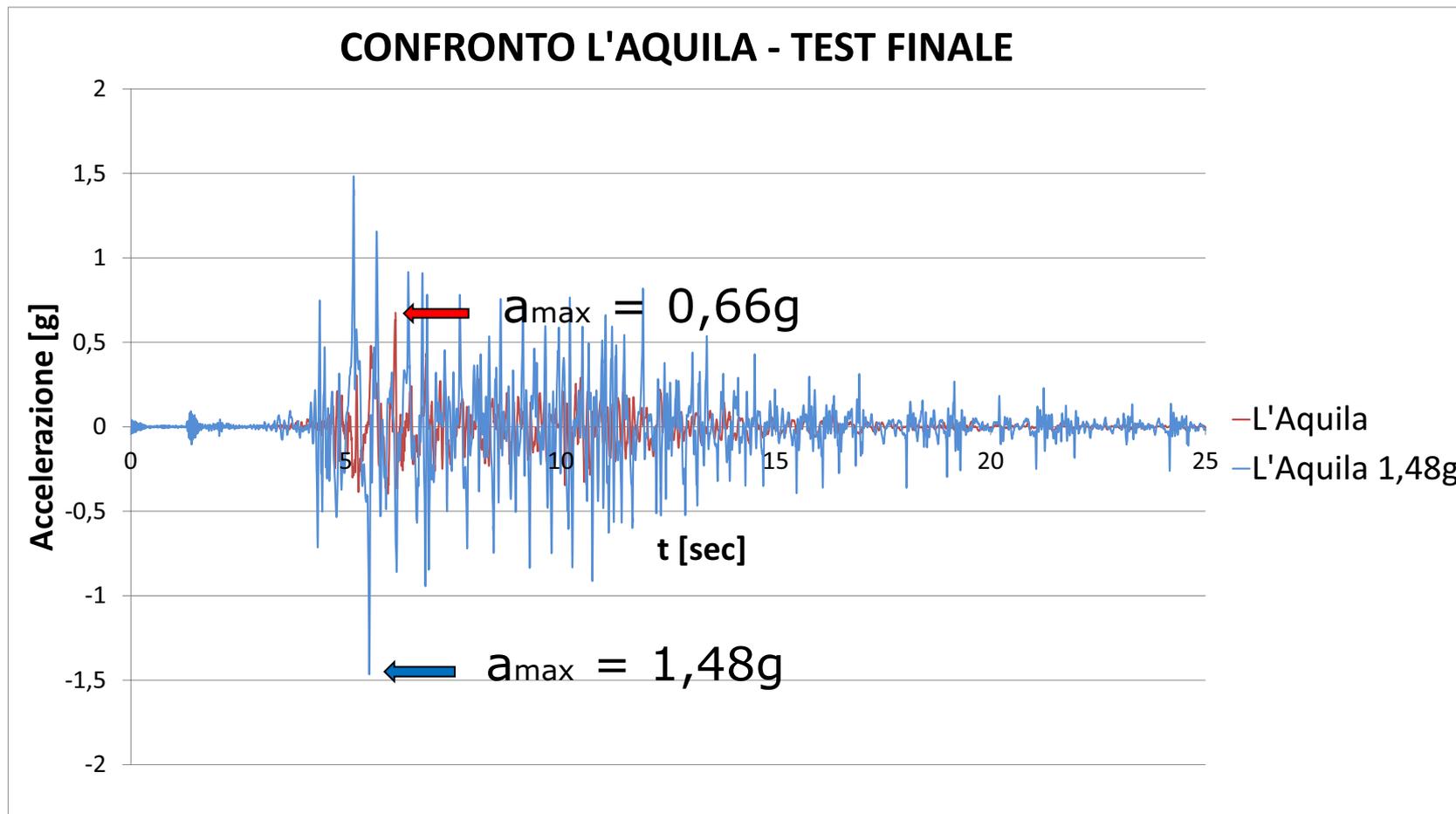
Progetto di ricerca: EUCENTRE – Pavia

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

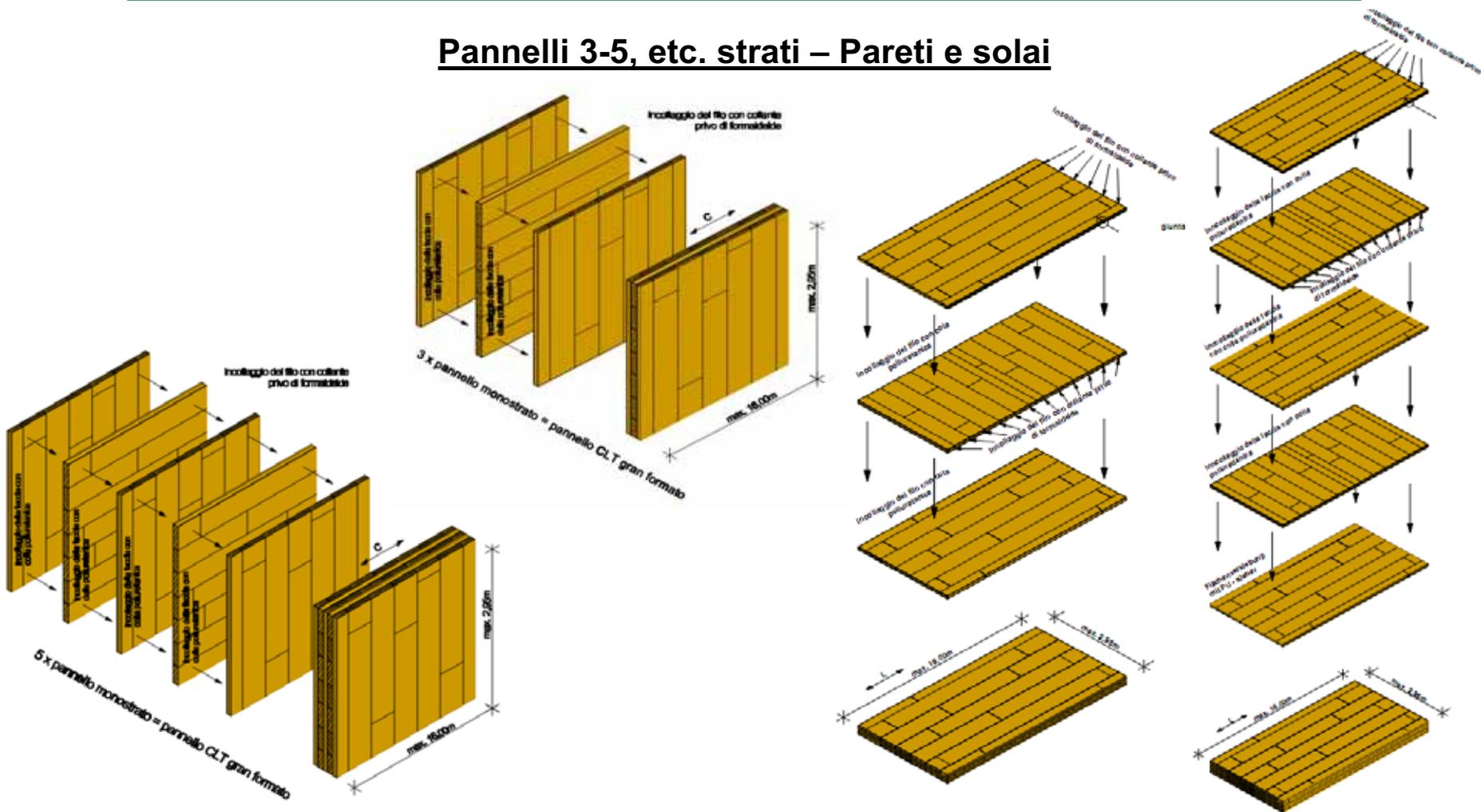
Sulla struttura finita sono state eseguite quattro prove con accelerazioni di picco tutte superiori a 1g con un massimo pari a **1,48g** (**224%** rispetto a L'Aquila).

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

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

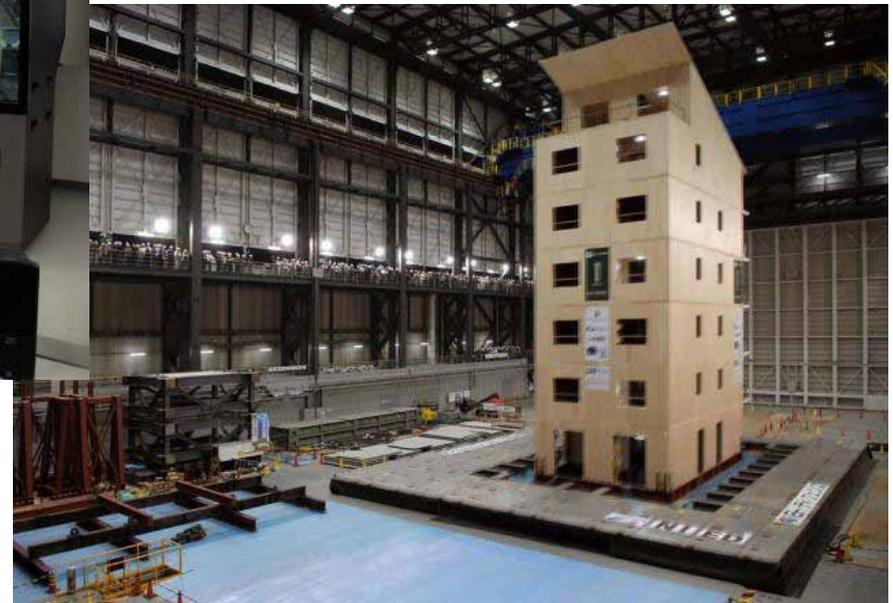
nome prodotto	omologazioni												
	lunghezza max. (m)	larghezza max. (m)	larghezza min. (m)	spessori ** (mm)	a 3-strati (mm) parete/solaio	parete	solaio	a 5-strati (mm) parete/solaio	parete	solaio	a 7-strati (mm) parete/solaio	solaio	a 7-strati (mm)*** solaio
KLH Kreuzlagenholz	16,5	2,95		57-500		57, 72, 94	60, 78, 90, 95, 108, 120		95, 128, 158	117, 125, 140, 146, 162, 182, 200		202, 226	208, 230, 248
BBS Binder Brettsperrholz	24	1,25	0,25	75-334	75, 90, 98, 114, 125			98, 114, 146, 161, 177, 195, 209			230, 245, 272, 293, 334		
CLT Cross Laminated Timber	16	2,95		72-400		72, 84, 95, 105, 121	81, 90, 95, 107, 116, 129		123, 141, 160	132, 147, 159, 171, 183, 199, 215		203, 221, 235	210, 235, 257, 269, 285, 301
MM-BSP	16,5	3	1,2	78-278	98, 118	78		134, 146, 160		173, 184, 198		214, 240, 258, 278	
HMS-BSP	18	4		60-400	75, 81, 93			125, 131, 143, 155			175, 181, 193, 205, 217		

* Panoramica dei prodotti dei maggiori produttori in Austria.

** In linea di principio gli elementi X-Lam si possono applicare in tutti gli spessori disponibili tanto come parete che come solaio, a seconda delle esigenze del progetto di calcolo.

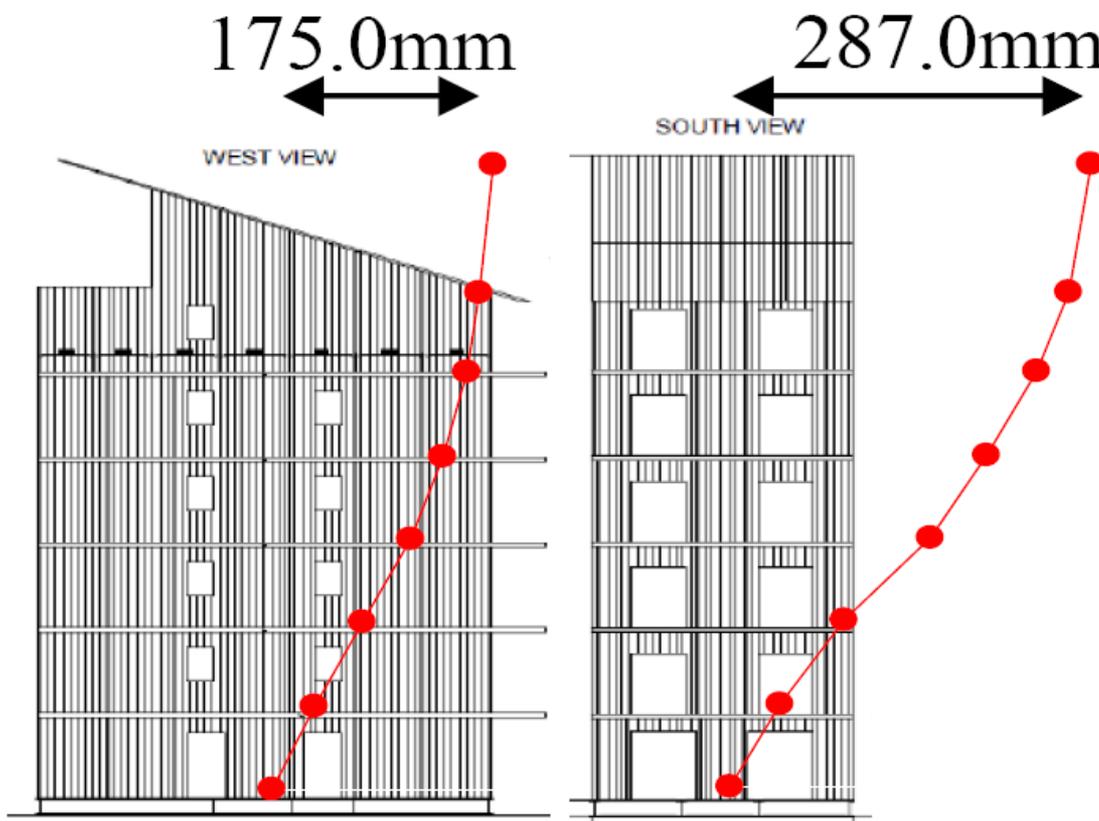
*** le tavole dei 2 strati esterni su entrambi i lati sono orientate parallelamente.

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

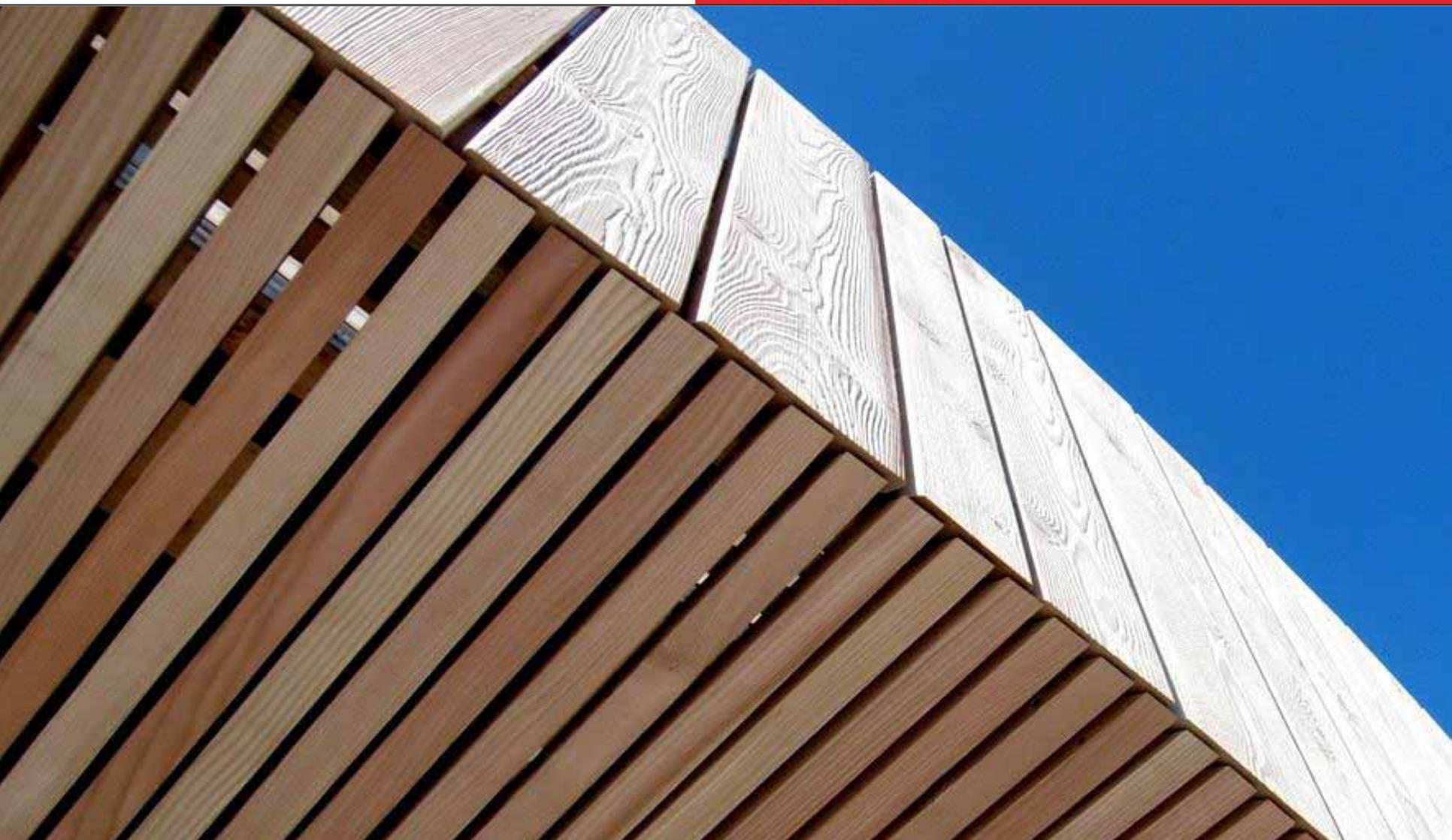


TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Resistenza alle intemperie Sistema CLT





MANDI E GRASIE PA L'ATENZION!