

arch. Andrea BOZ



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

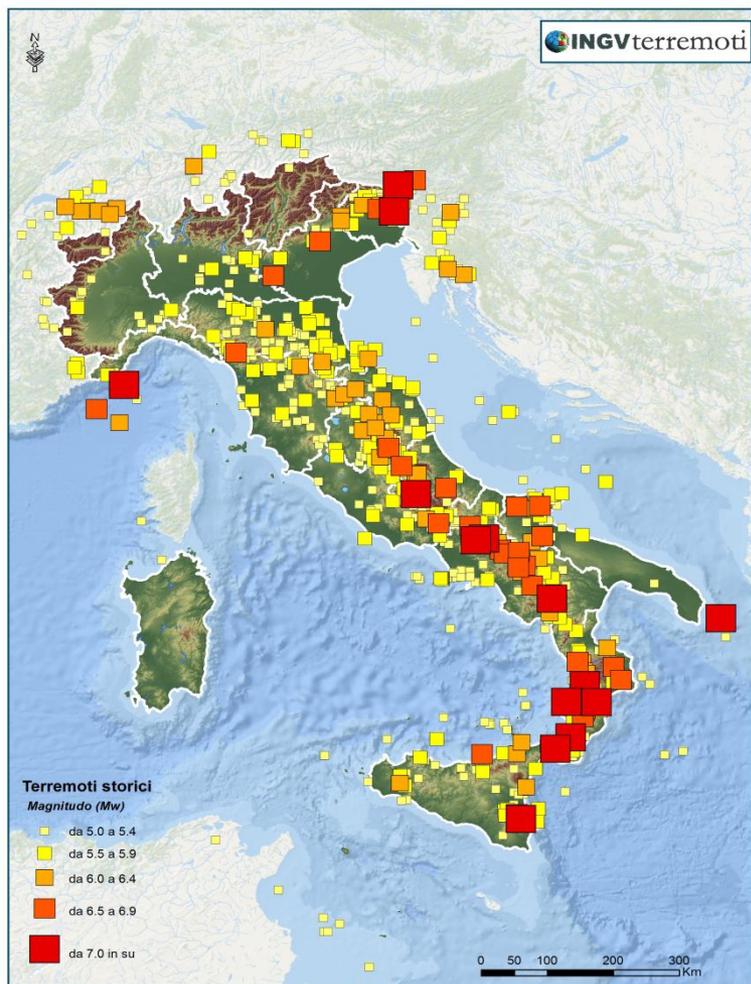


Via Nazionale, n°44
33026 - Paluzza (Ud)
Tel. 0433890282

www.arkboz.com
andrea@4ad.it



PRINCIPALI CAUSE E RESPONSABILITA' COLLASSO STRUTTURALE



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 per carichi di vento e neve



Esempi di costruzioni rurali abbandonate nella pianura svedese

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

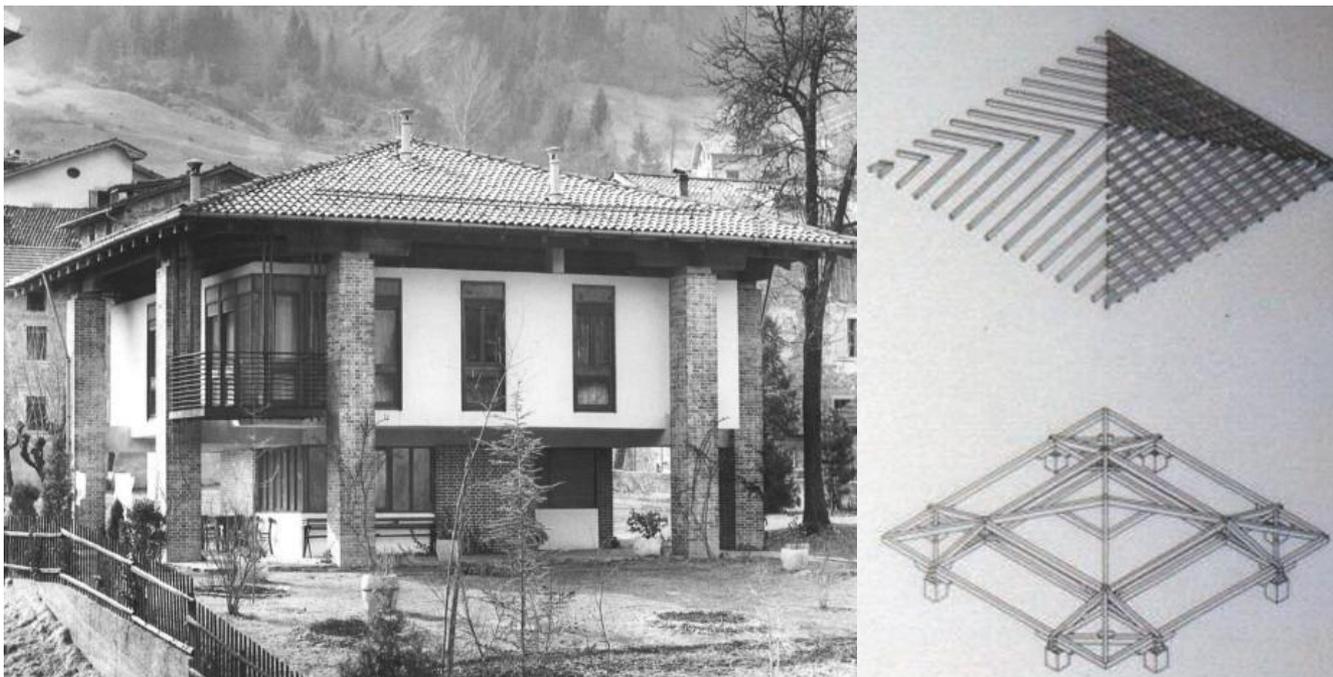


Collassi totale con schiacciamento dall'alto



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

Arch. Carlo MOLLINO – Casa Capriata – Progetto 1954 & Politecnico di Torino – Realizzazione 2011

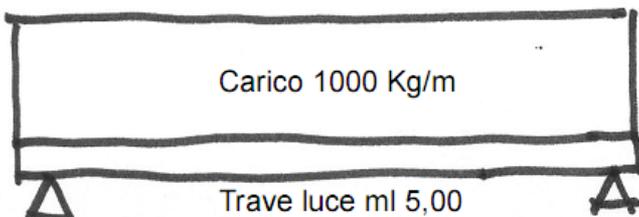


Casa Clima Oro – $I_{E_{risc.}} > 10 \text{ kW/mq*anno}$ – 5740 gg – $T_u = -18,5^\circ\text{C}$

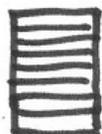
Gressoney Saint Jean (Aosta) – 2100 m.s.l.m.

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



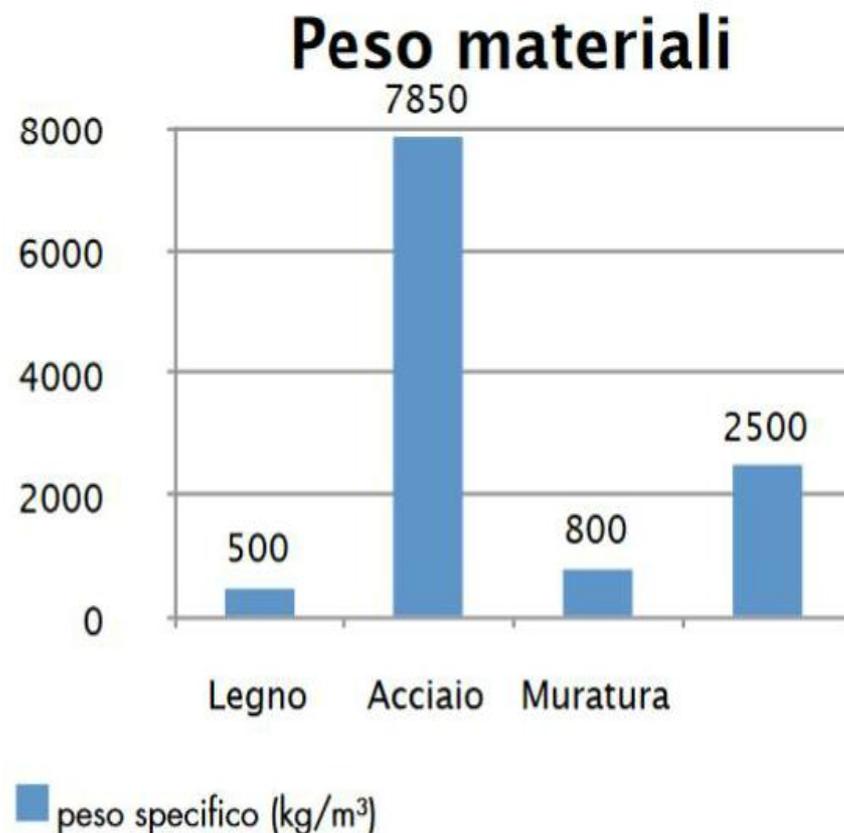
Cemento armato 3+3 \varnothing 16
Peso 2500 Kg/mc
Sez. 250x300 peso 188 Kg/m = 940

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

D.M. del 17.01.2018

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

11.7.10 – Procedure di qualificazione e accettazione

DIRETTORE LAVORI: VERIFICA FORNITURA

- **Certificato CE** del legname da opera e l'**Attestato di qualificazione di Produttore**
- Eventuale attestato di qualificazione ministeriale per **Centro di trasformazione** a fronte della presenza di un **Direttore tecnico della produzione** per la trasformazione dei prodotti strutturali marchiati CE in elementi sagomati/pretagliati pronti alla posa
- **Marchiatura** del produttore su ogni elemento ed **Istruzioni di posa** allegate



ATTESTATO DI DENUNCIA DELL'ATTIVITA' di
LAVORAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI IN LEGNO

n. 27/11 - CL

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

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



Fig. 6.7 - Nodo singolo sulla faccia

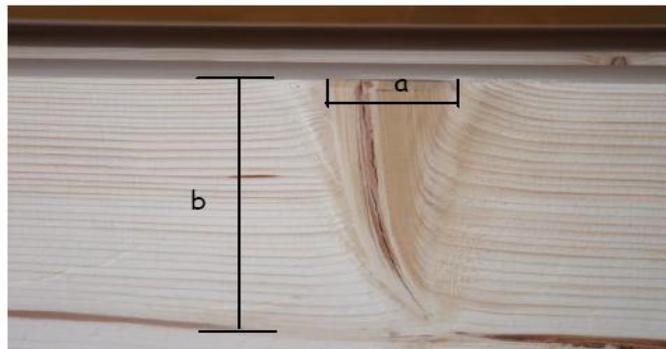


Fig. 6.8 - Nodo singolo sul bordo (a: diametro più piccolo; b: faccia su cui rapportare la misura a)

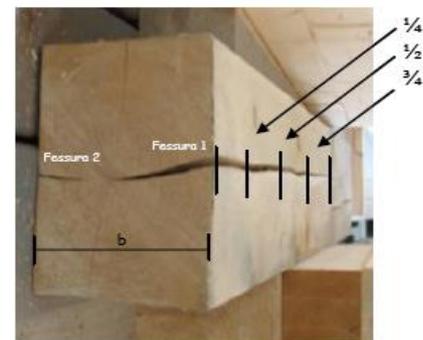
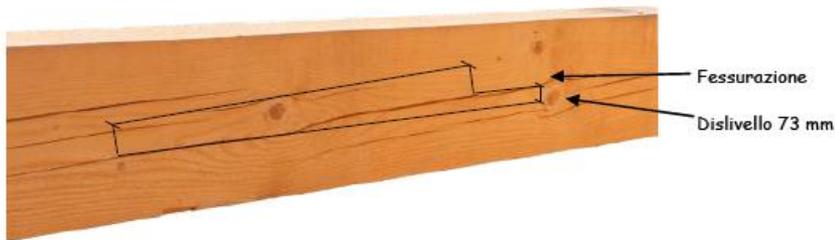


Fig. 6.10 – Inclinazione della fibratura e profondità della fessura

Tratto da: "Appunti per le costruzioni in legno" – AA.VV – Federlegno-Assolegno

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

Legname squadrato da opera - Tab. 6.8 – UNI 11035-2:2010 Regole di classificazione

DIFETTI	CONIFERE 1			CONIFERE 2		LATIFOGLIE
	S1	S2	S3	S1	S2/S3	S
Smussi (1)	$s \leq 1/4$	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/4$	$s \leq 1/3$	$s \leq 1/3$
Nodi singoli (2)	$A \leq 1/5$ $d < 50$ mm	$A \leq 2/5$ $d < 70$ mm	$A \leq 3/5$	$A \leq 1/5$ $d < 50$ mm	$A \leq 3/5$	$A \leq 1/2$ $d \leq 70$ mm, $D \leq 150$ mm
Nodi raggruppati (3)	$Ag \leq 2/5$	$Ag \leq 2/3$	$Ag \leq 3/4$	$Ag \leq 2/5$	$Ag \leq 3/4$	$Ag \leq 1/2$ t ≤ 70 mm
Ampiezza anelli	≤ 6 mm	≤ 15 mm		Non specificata		
Massa volumica	Non specificata			$\rho > 380$ kg/m ³		$\rho > \rho_{\min}$ (4)
Incl. fibratura	$\leq 1:14$	$\leq 1:8$	$\leq 1:6$	$\leq 1:14$	$\leq 1:8$	$\leq 1:6$
Fessurazioni - da ritiro - cipollatura - lesioni	non pass. non amm. non amm.	ammesse con limit. ammessa con limit.(6) non ammesse		ammesse non amm. non amm.	ammesse non amm. non amm.	con limitazioni (5) con limitazioni (6) non ammesse
Degrado da funghi - azzurramento - carie	ammesso non ammesse					
Legno di reazione	$\leq 1/5$	$\leq 2/5$	$\leq 3/5$	$\leq 1/5$	$\leq 3/5$	ammesso
Attacchi di insetti	non amm.	con limitazioni (7)		non amm.	con limitazioni (7)	
Vischio	non ammesso					
Deformazioni - arcuatura - falcatura - svergolamento - imbarcamento	10 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1 mm / 25 mm larg. nessuna limitazione	20 mm / 2 m 12 mm / 2 m 2 mm/25mm nessuna lim.		10 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1 mm / 25 mm larg. nessuna limitazione		10 mm / 2 m lung. 8 mm / 2 m lung. 1mm/25mm larg. nessuna limitazione

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

Categorie strutturali e resistenze caratteristiche legno massiccio

UNI EN 338-2016 (conifere e di pioppo Classe C)		Conifere – Classi “C”											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Resistenze [MPa]		N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²
flessione	$f_{m,k}$	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	27.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00
trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	7.20	8.50	10.00	11.50	13.00	14.50	16.50	19.00	22.50	26.00	30.00	33.50
trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	24.00	25.00	27.00	29.00	30.00
compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	2.00	2.20	2.20	2.30	2.40	2.50	2.50	2.70	2.70	2.80	2.90	3.00
taglio	$f_{v,k}$	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Modulo elastico [GPa]		kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²	kN/mm²
modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	7.00	8.00	9.00	9.50	10.00	11.00	11.50	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,05}$	4.70	5.40	6.00	6.40	6.70	7.40	7.70	8.00	8.70	9.40	10.10	10.70
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	$E_{90,mean}$	0.23	0.27	0.30	0.32	0.33	0.37	0.38	0.40	0.43	0.47	0.50	0.53
modulo di taglio medio	G_{mean}	0.44	0.50	0.56	0.59	0.63	0.69	0.72	0.75	0.81	0.88	0.94	1.00
Massa volumica [kg/m³]		kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³
massa volumica caratteristica	ρ_k	290.00	310.00	320.00	330.00	340.00	350.00	360.00	380.00	390.00	400.00	410.00	430.00
massa volumica media	ρ_m	350.00	370.00	380.00	400.00	410.00	420.00	430.00	460.00	470.00	480.00	490.00	520.00

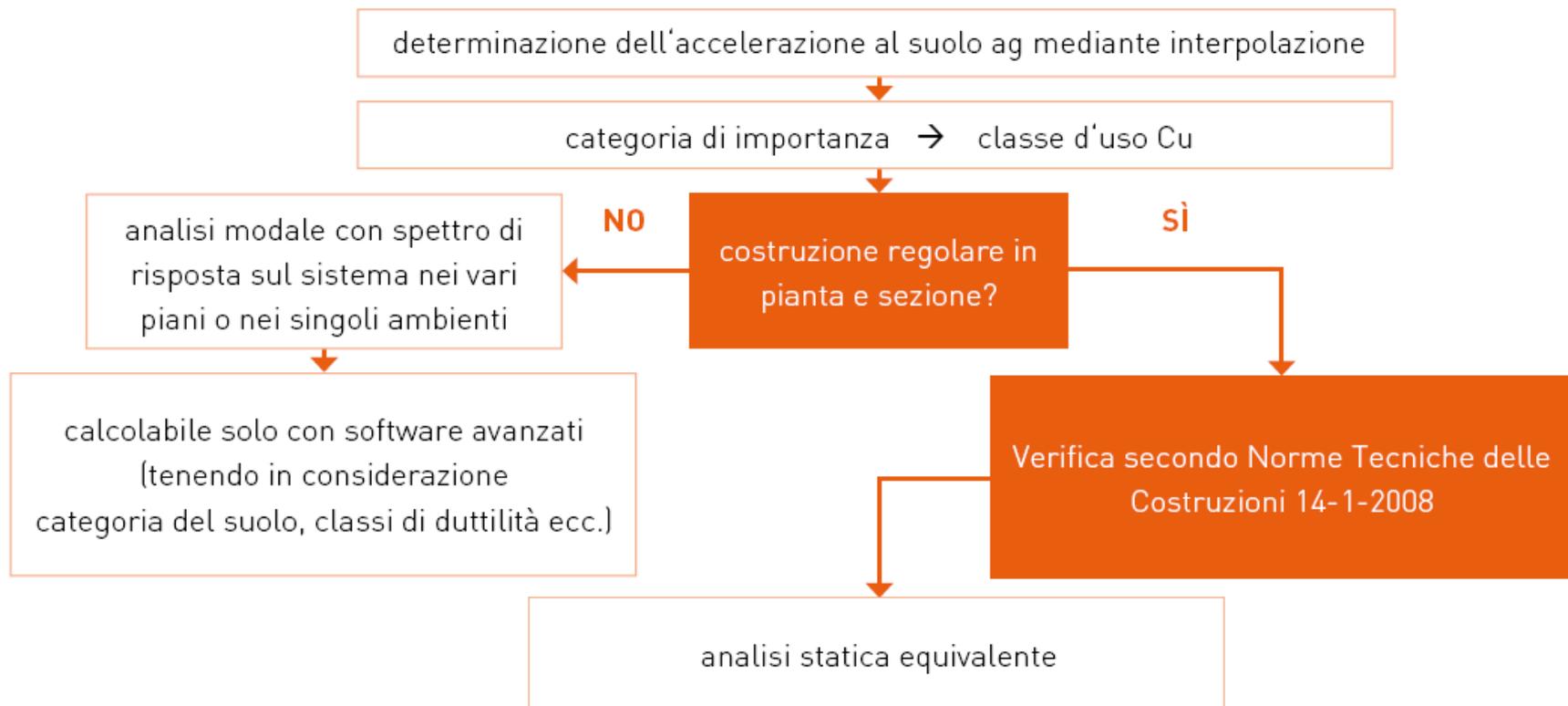
PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

Categorie strutturali e resistenze caratteristiche legno lamellare

Proprietà		GL20h	GL22h	GL24h	GL26h	GL28h	GL30h	GL32h
Resistenze (MPa)		N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²
Flessione	f _{m,g,k}	20.00	22.00	24.00	26.00	28.00	30.00	32.00
trazione parallela alla fibratura	f _{t,0,g,k}	16.00	17.60	19.20	20.80	22.30	24.00	25.60
trazione perpendicolare alla fibratura	f _{t,90,g,k}	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
compressione parallela alla fibratura	f _{c,0,g,k}	20.00	22.00	24.00	26.00	28.00	30.00	32.00
compressione perpendicolare alla fibratura	f _{c,90,g,k}	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Taglio	f _{v,g,k}	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Rototaglio	f _{r,g,k}	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Modulo elastico [GPa]		N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²
modulo elastico medio parallelo alle fibre	E _{0,g,mean}	8,400.00	10,500.00	11,500.00	12,100.00	12,600.00	13,600.00	14,200.00
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	E _{0,g,05}	7,000.00	8,800.00	9,600.00	10,100.00	10,500.00	11,300.00	11,800.00
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	E _{90,g,mean}	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
modulo elastico caratteristico perpendicolare alle fibre	E _{90,g,05}	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
modulo di taglio medio	G _{g,mean}	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00
modulo di taglio caratteristico	G _{g,05}	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00
Modulo a rototaglio medio	G _{r,g,mean}	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00
Modulo a rototaglio caratteristico	G _{r,g,05}	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00
Massa volumica [kg/m³]		kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³
massa volumica caratteristica	ρ _{g,k}	340.00	370.00	385.00	405.00	425.00	430.00	440.00
massa volumica media	ρ _{g,mean}	370.00	410.00	420.00	445.00	460.00	480.00	490.00

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

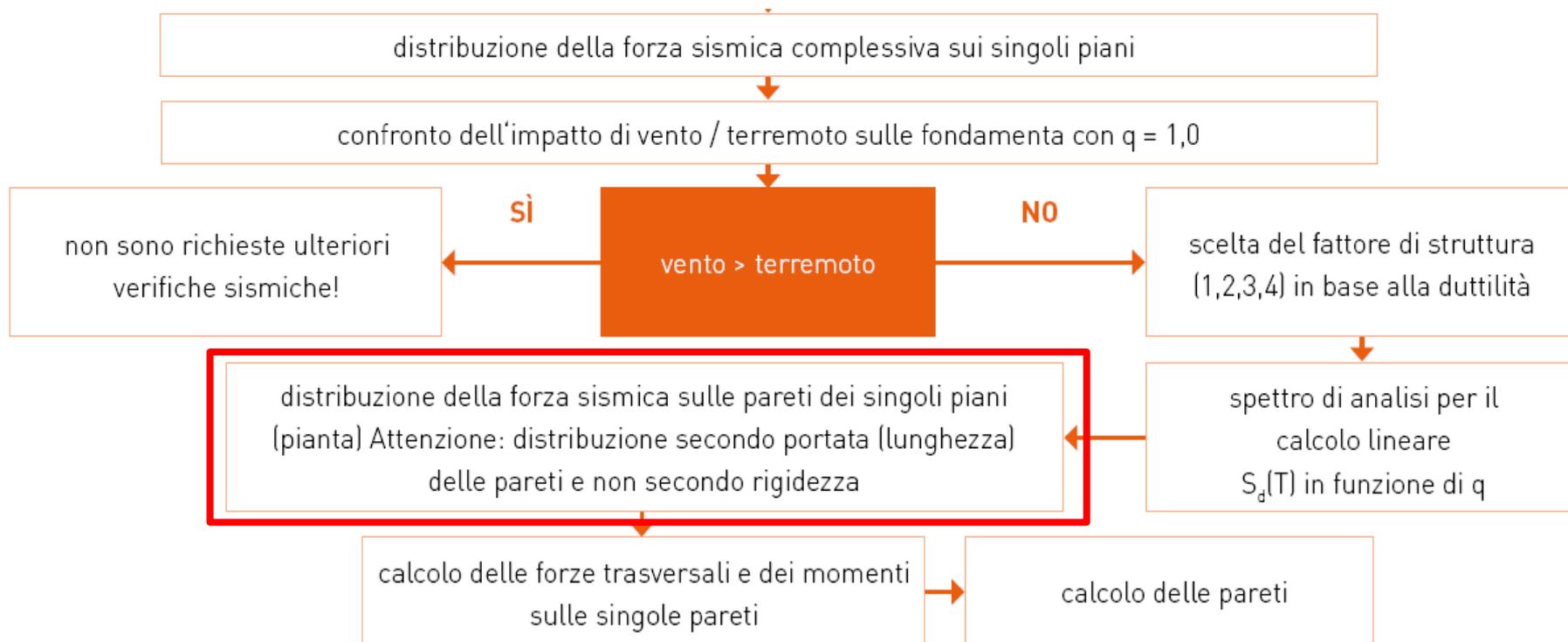
ITER DI PROGETTAZIONE SISMICA



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

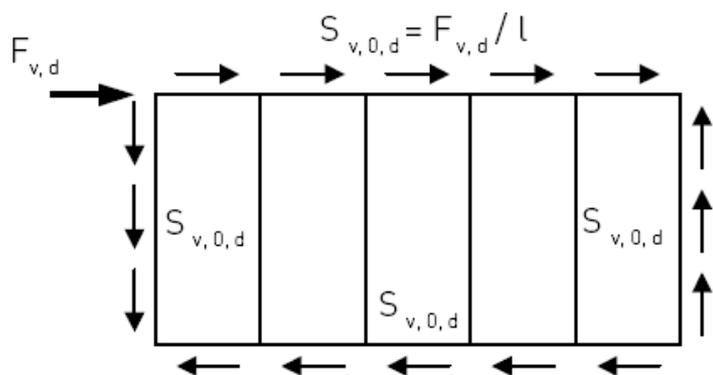
Distribuzione sulle singole pareti

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

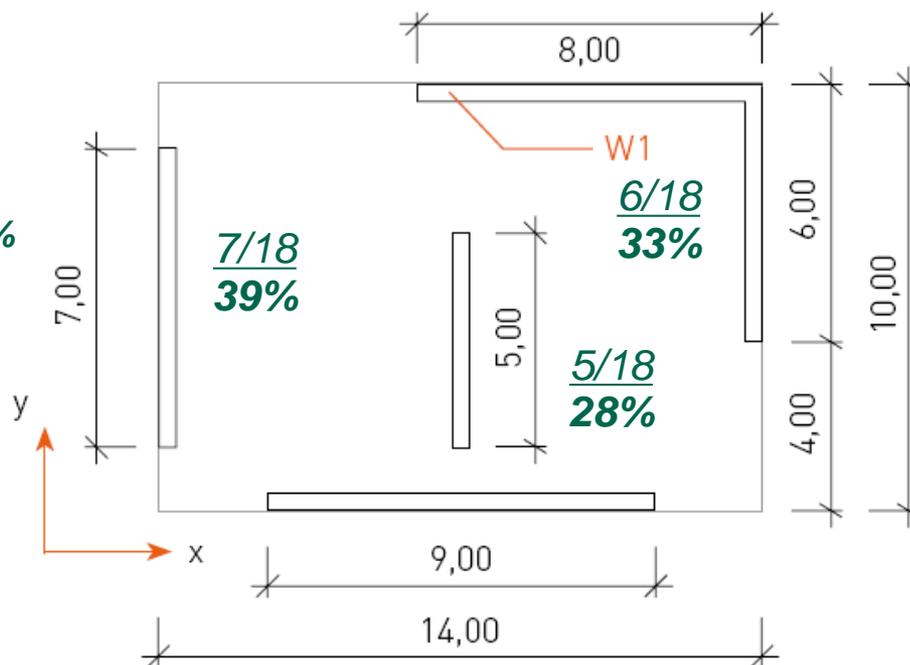
“Rapporto” tra rigidezze direzione Y:

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

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* $q_0=5,8$

Tipologia strutturale	q_0	
	CD''A''	CD''B''
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	4,5 α_w/α_1	3,0 α_w/α_1
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	4,0 α_w/α_1	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5

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 – $Max q_0=6,5$

Tipologia strutturale	q_0	
	CD''A''	CD''B''
Costruzioni d'acciaio (§ 7.5.2.2) e composte di acciaio-calcestruzzo (§ 7.6.2.2)		
Strutture intelaiate	5,0 α_u/α_1	4,0
Strutture con controventi eccentrici		
Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4,0	4,0
Strutture con controventi concentrici a V	2,5	2,0
Strutture a mensola o a pendolo inverso	2,0 α_u/α_1	2,0
Strutture intelaiate con controventi concentrici	4,0 α_u/α_1	4,0
Strutture intelaiate con tamponature in murature	2,0	2,0

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 – $Max q_0=5,0$

Tipologia strutturale	q_0	
	CD''A''	CD''B''
Costruzioni di legno (§ 7.7.3)		
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni Strutture reticolari iperstatiche con giunti chiodati	3,0	2,0
Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico	4,0	2,5
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi chiodati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni.	5,0	3,0
Pannelli di tavole incollate a strati incrociati, collegati mediante chiodi, viti, bulloni Strutture reticolari con collegamenti a mezzo di chiodi, viti, bulloni o spinotti		2,5
Strutture cosiddette miste, con intelaiatura (sismo-resistente) in legno e tamponature non portanti		
Strutture isostatiche in genere, compresi portali isostatici con mezzi di unione a gambo cilindrico, e altre tipologie strutturali		1,5

STRUTTURE INTELAIATE $q_0=5,0$ vs STRUTTURE XLAM $q_0=2,5$

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

ROTTURE/DEFORMAZIONI IN STRUTTURE INTELAIATE/X-LAM

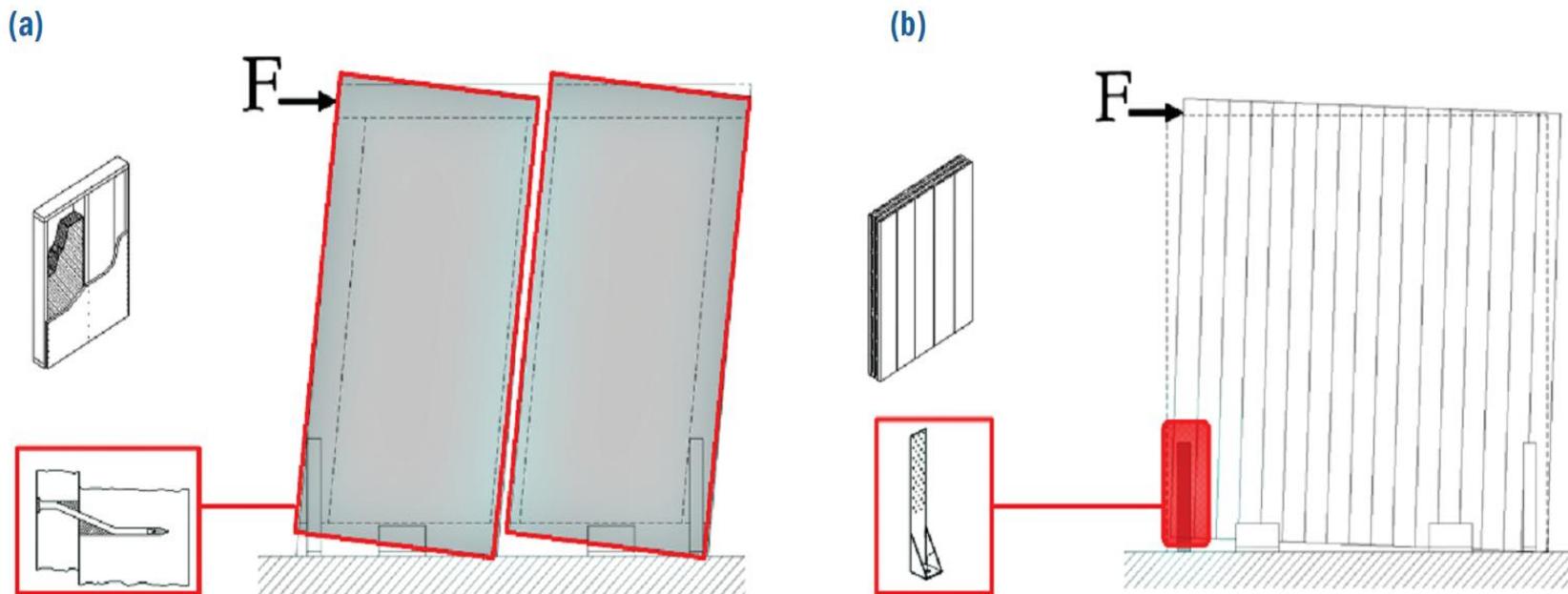


Figura 1.17. (a) Meccanismo di deformazione anelastica di una parete intelaiata leggera con deformazione a taglio;
(b) meccanismo di deformazione anelastica di una parete in X-LAM a seguito del cedimento nei dispositivi di ancoraggio a terra

STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Sezione Prima

Adunanza del 19 luglio 2011
Protocollo 53/2011



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.

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

NTC 2018 – Circolare S.LL.PP del 21 gennaio 2019

C7.7.3 Tipologie strutturali

a) Sistemi strutturali in parallelo

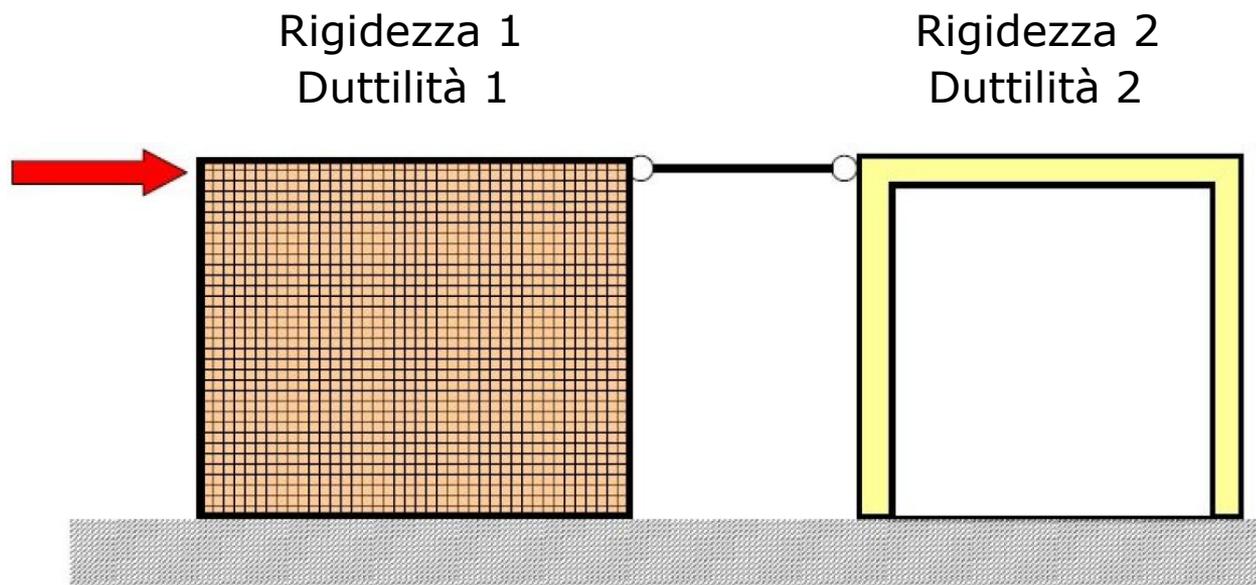
*“Qualora più tipologie strutturali, anche di materiali diversi, collaborino nella resistenza sismica (sistemi resistenti in parallelo), è **possibile computare il contributo di entrambe le tipologie**, purché nell’analisi sia adottato il fattore di comportamento con valore minore. In alternativa dovranno essere utilizzate analisi di tipo non lineare”.*

b) Sistemi strutturali sovrapposti

*“È consentito realizzare una struttura in legno che sormonti una struttura realizzata con altra tipologia di materiale (calcestruzzo armato, muratura, acciaio, ecc)... In generale, nel caso in cui la **sottostruttura possa essere considerata rigida** rispetto alla sovrastruttura in legno, progettata come dissipativa, **l’analisi delle azioni sulla sovrastruttura in legno può essere eseguita indipendentemente dalla sottostruttura**, utilizzando i fattori di struttura nella Tab. 7.3.II delle NTC relativi alle strutture in legno.*

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.

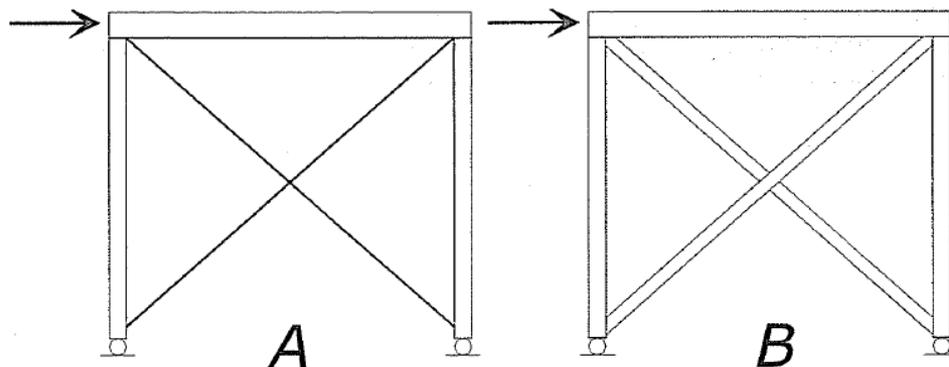


STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

Strutture impropriamente considerate miste

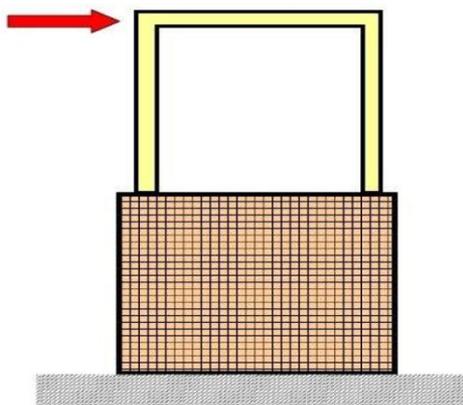
A) Controvento a croce
in acciaio

B) Controvento a croce
in legno



STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

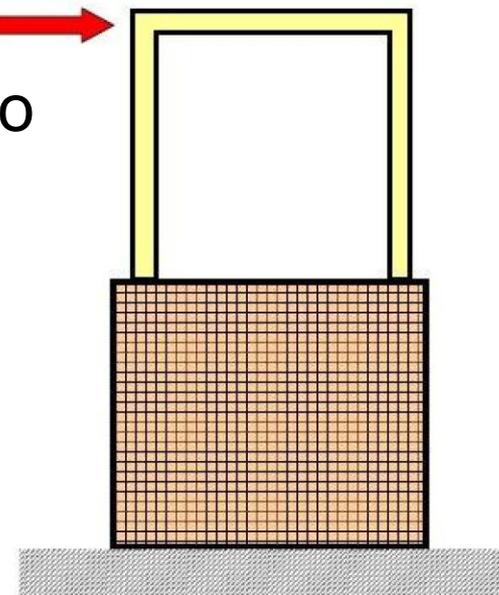
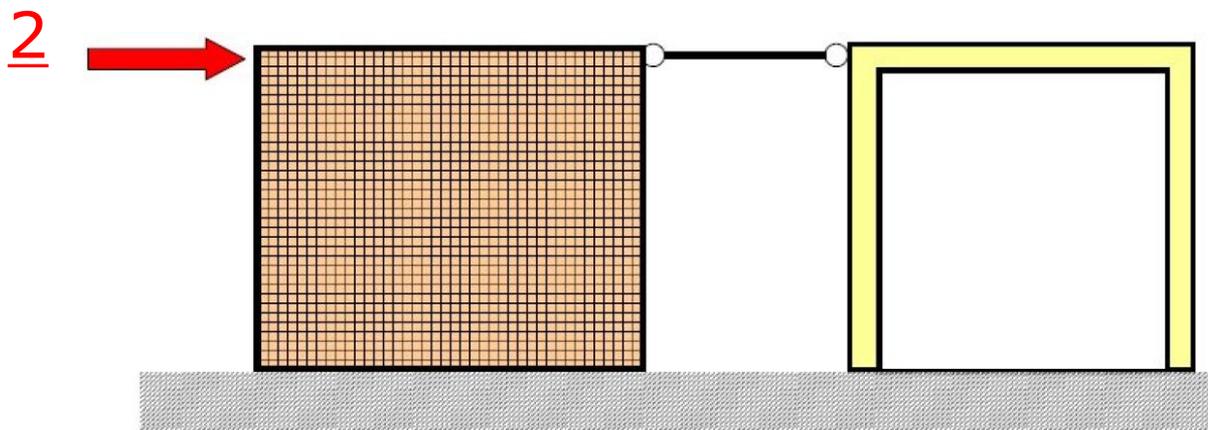
Strutture impropriamente considerate miste



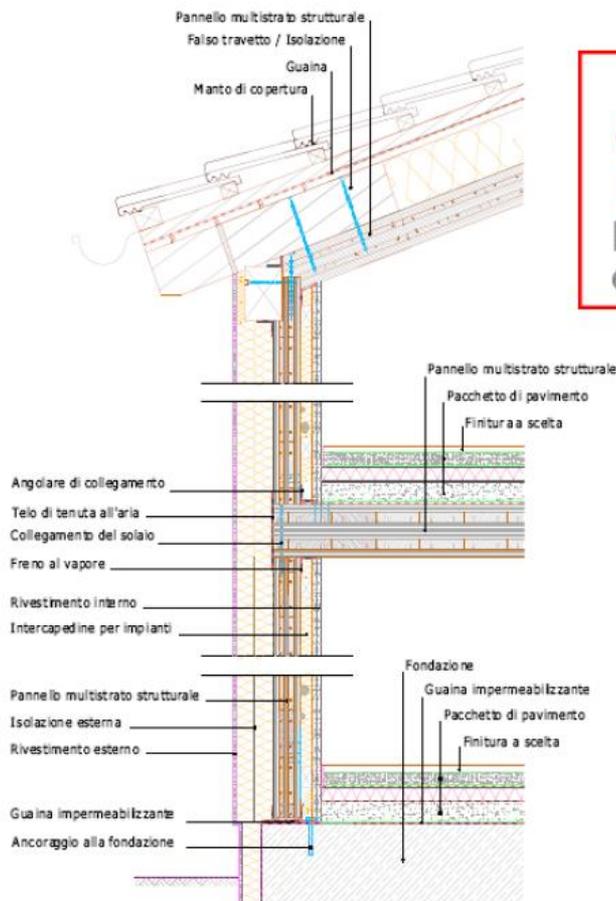
STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

1) Se la sottostruttura è rigida 1 →
si utilizzano fattori q diversi per piano

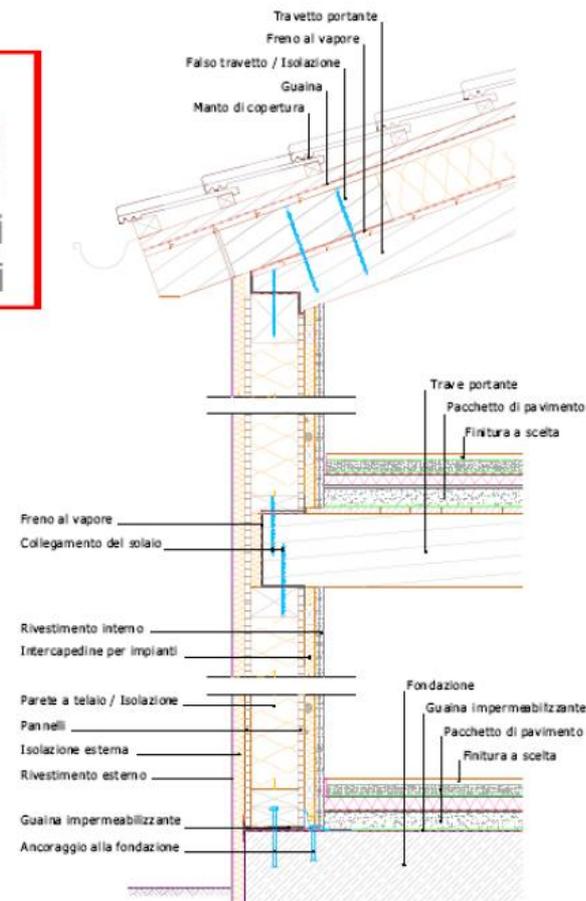
2) A favore di sicurezza si adotta
Il fattore di struttura minore
Altrimenti analisi di tipo non lineare



PRESTAZIONI ENERGETICHE SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI

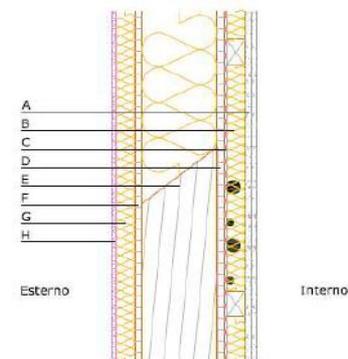
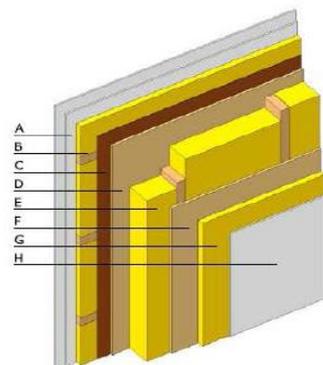
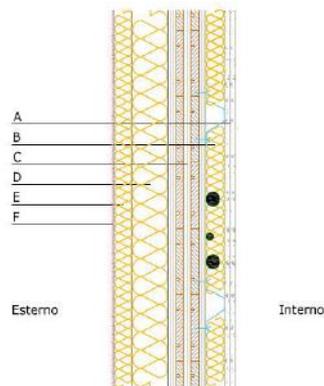
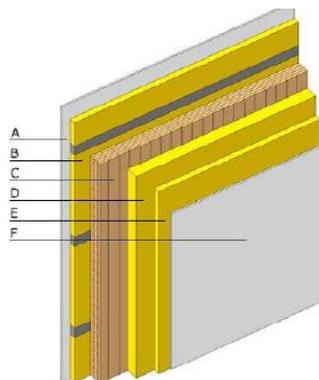


XLAM
o telaio e
pannelli:
prestazioni
equivalenti



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

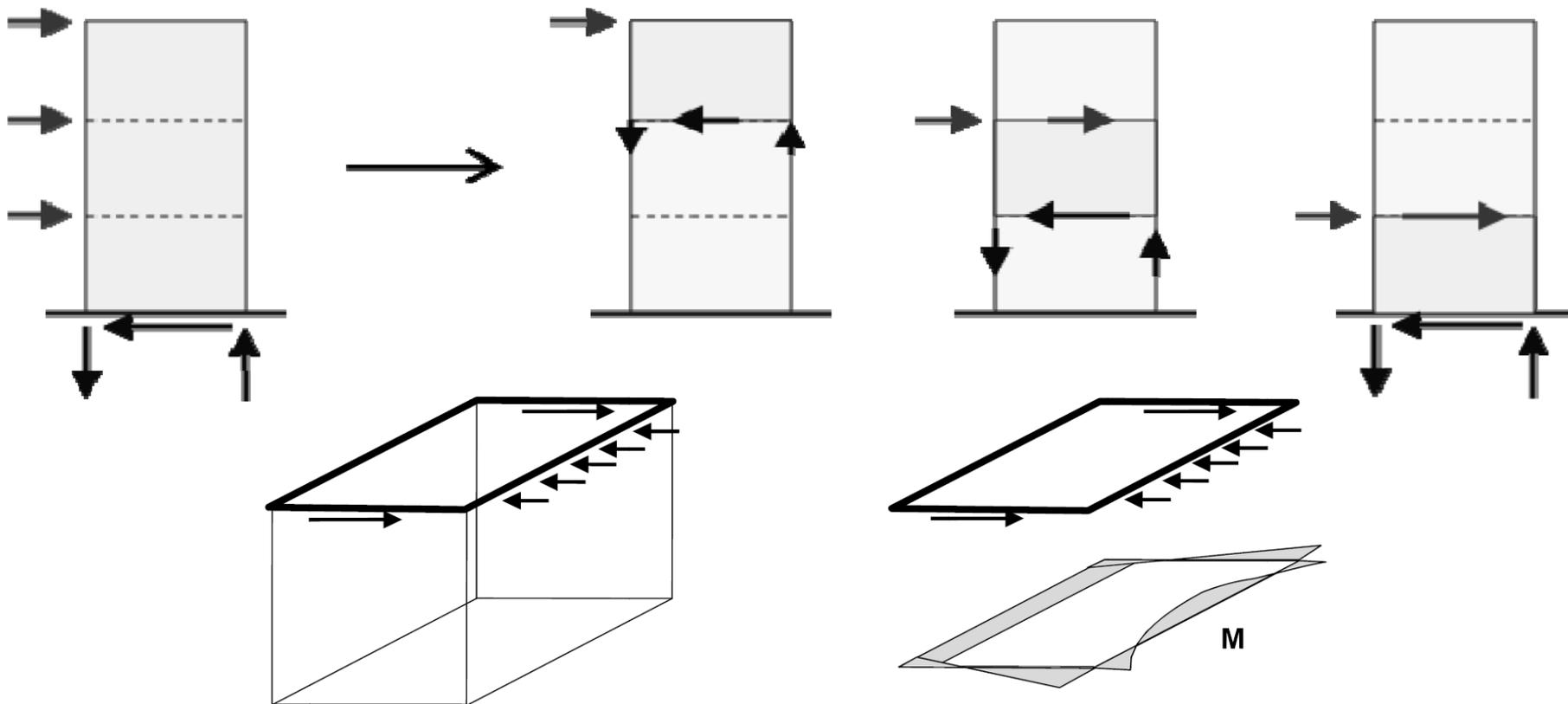
medie

sufficienti

mediocri

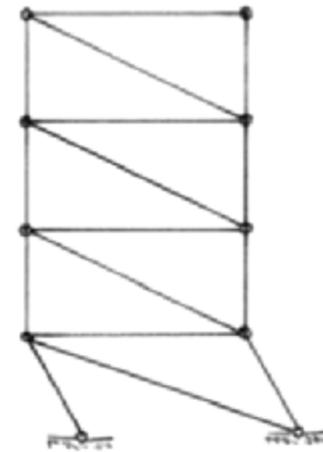
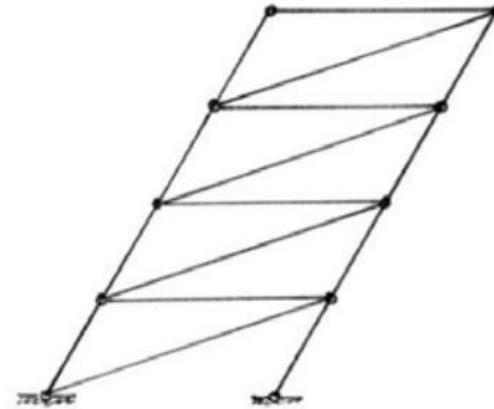


SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



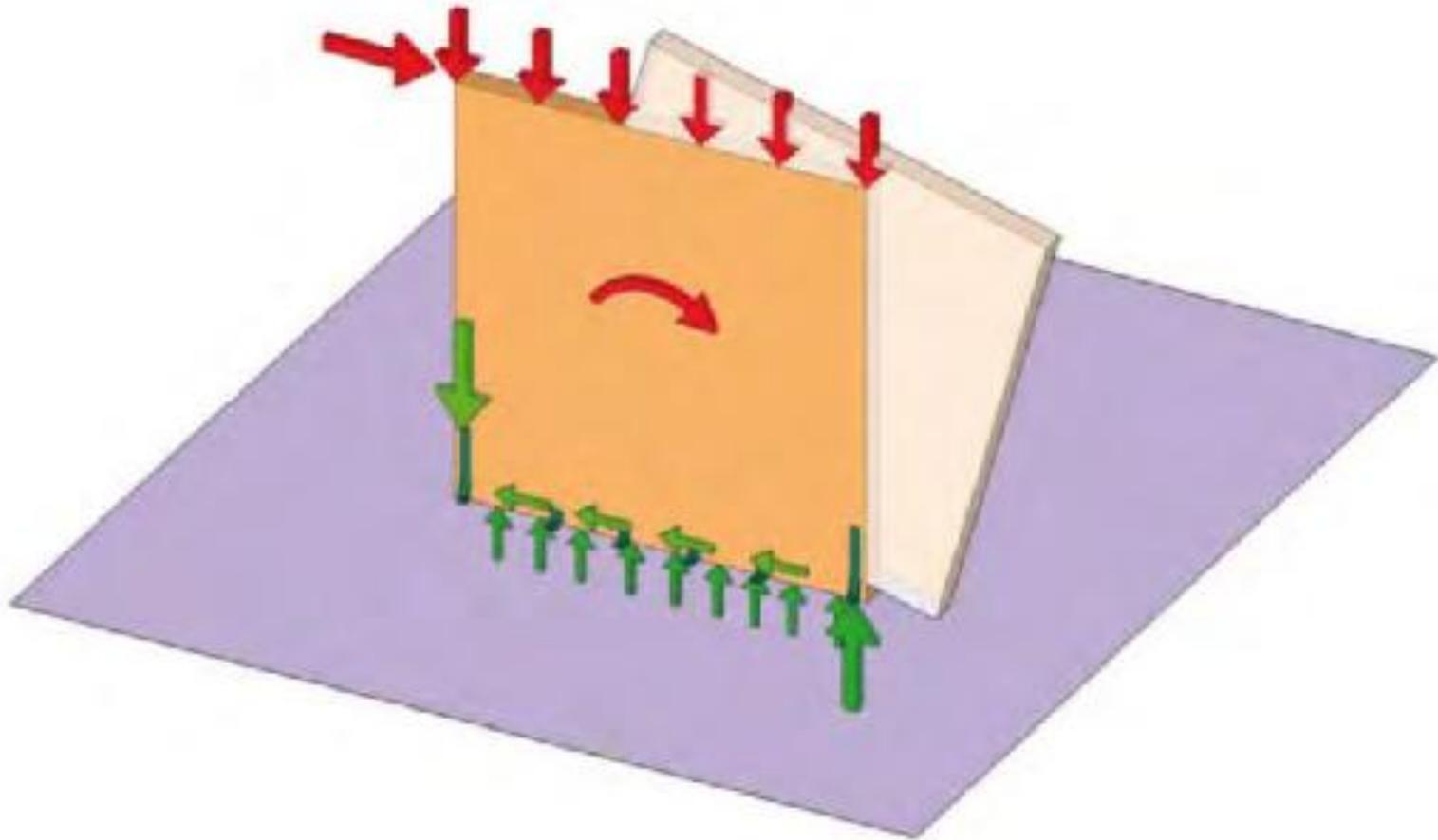
Tratto da: Aspetti strutturali della copertura e del tetto in un edificio – *ing. Andrea Bernasconi* - promo legno

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



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

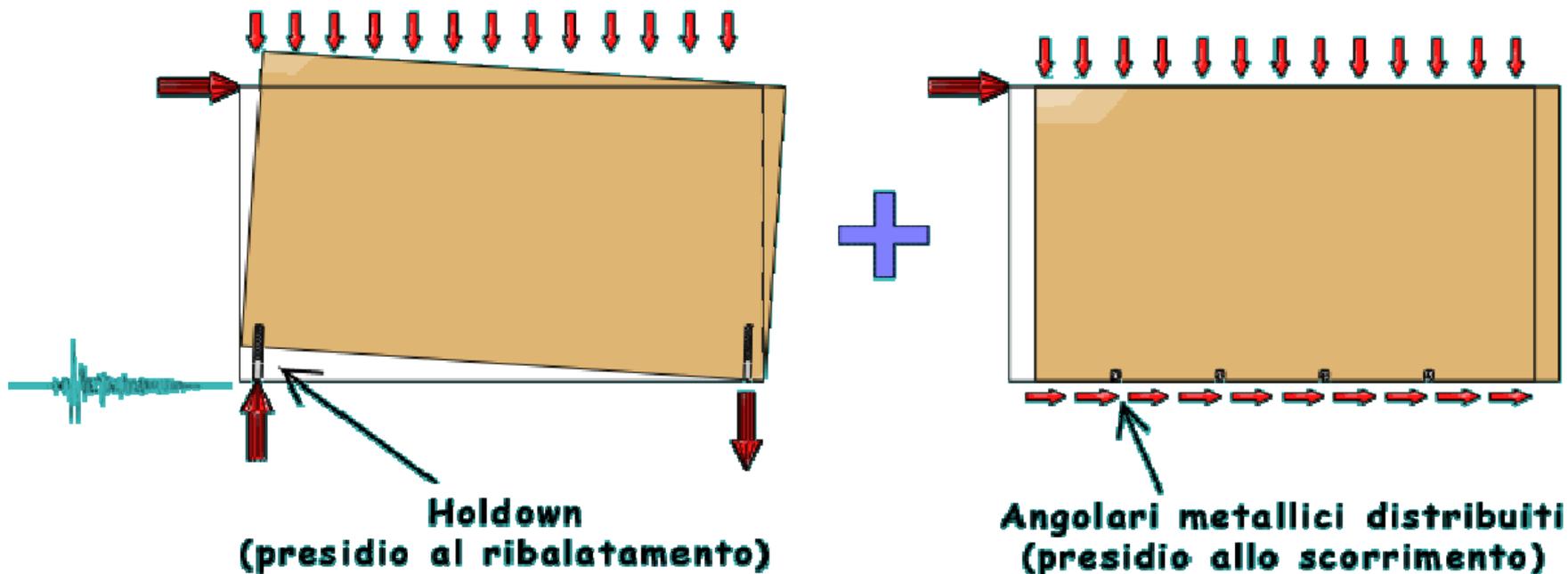
SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



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

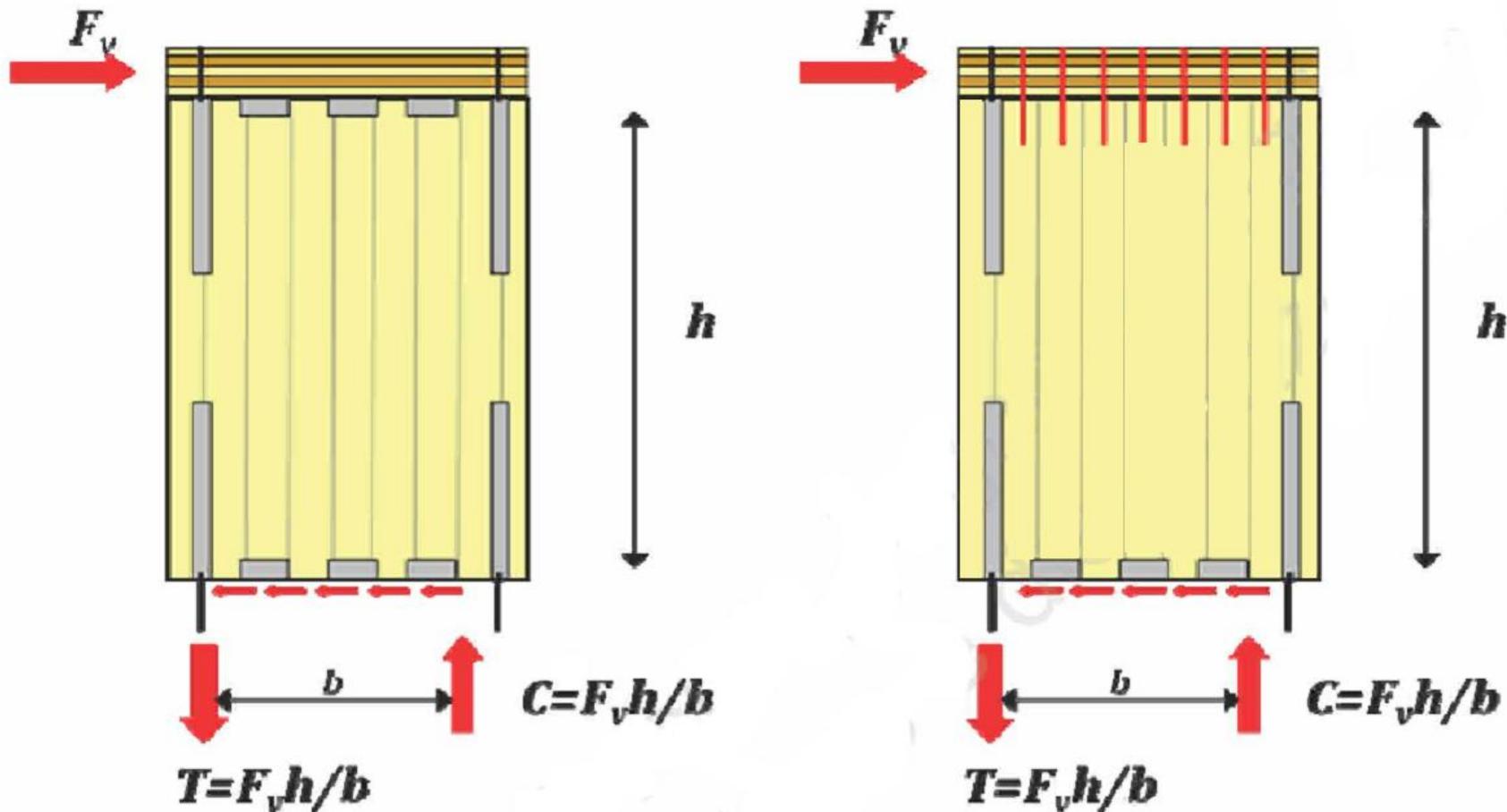
SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

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

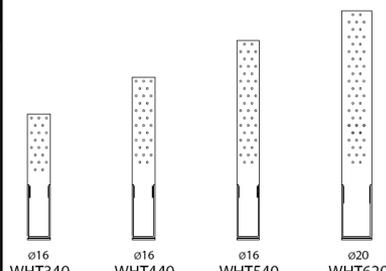


Tratto da: Edifici in legno in X-lam: connessioni e collegamenti – ing. Roberto Tomasi - promo legno

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

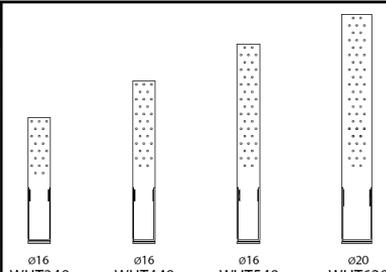
DATI TECNICI - GIUNZIONE ELEMENTO VERTICALE SU LEGNO

WHT - CHIODATURA PARZIALE			Resistenza caratteristica a trazione			
TYP WHT	Fissaggio Fori Ø 5 (connettori)		R _k lato legno		R _k lato acciaio	
			n _{conn} [pz.]	R _k legno [kN]	Rondella	R _k acciaio [kN]
340	Chiodi Anker	Viti Speciali	14	22,0	-	42,0
	Ø 4,0 x 40	Ø 5,0 x 40		27,0		
440	Chiodi Anker	Viti Speciali	20	31,4	-	42,0
	Ø 4,0 x 40	Ø 5,0 x 40		38,6		
540	Chiodi Anker	Viti Speciali	26	40,8	-	42,0
	Ø 4,0 x 40	Ø 5,0 x 40		50,2		
620	Chiodi Anker	Viti Speciali	32	50,2	-	42,0
	Ø 4,0 x 40	Ø 5,0 x 40		61,8		



Utilizzando 2 angolari TYP WHT per singola giunzione, le resistenze di progetto raddoppiano.

WHT - CHIODATURA TOTALE			Resistenza caratteristica a trazione			
TYP WHT	Fissaggio Fori Ø 5 (connettori)		R _k lato legno		R _k lato acciaio	
			n _{conn} [pz.]	R _k legno [kN]	Rondella	R _k acciaio [kN]
340	Chiodi Anker	Viti Speciali	20	31,4	-	42,0
	Ø 4,0 x 40	Ø 5,0 x 40		38,6		
440	Chiodi Anker	Viti Speciali	30	47,1	* H	63,4
	Ø 4,0 x 40	Ø 5,0 x 40		57,9	10 mm	
540	Chiodi Anker	Viti Speciali	42	65,9	* H	63,4
	Ø 4,0 x 40	Ø 5,0 x 40		81,1	10 mm	
620	Chiodi Anker	Viti Speciali	52	81,6	** H	85,2
	Ø 4,0 x 40	Ø 5,0 x 40		100,4	20 mm	



* Rondella UL5505610 ** Rondella UL5707720

In accordo all'ETA -10/0010 la resistenza caratteristica lato legno è calcolabile come prodotto tra il numero di connettori inseriti (n_{conn}) e la portata del singolo connettore:

$$R_{k, \text{legno}} = n_{\text{conn}} * R_{k, \text{conn}}$$

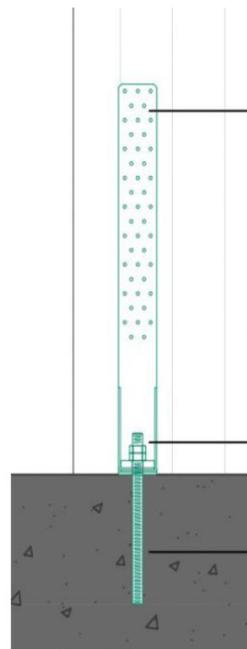
dove la portata del singolo connettore è pari ai valori riportati nella tabella a fianco. La resistenza di progetto R_d dell'angolare WHT si determina come il valore minimo tra la resistenza di progetto dei connettori lato legno e la resistenza di progetto dell'angolare lato acciaio. I coefficienti K_{mod} e Y_m sono da assumersi in funzione della norma utilizzata per il calcolo.

Resistenza connettori		
Chiodi	Viti	R _{k, conn}
Ø 4,0 x 40	Ø 5,0 x 40	1,57 kN
Ø 4,0 x 60	Ø 5,0 x 50	1,93 kN

$$R_{d, \text{WHT}} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{R_{k, \text{legno}} * K_{\text{mod}}}{Y_{m, \text{conn}}} \\ \frac{R_{k, \text{acciaio}}}{Y_{m, \text{acciaio}}} \end{array} \right.$$

Tratto da: Scheda tecnica angolare per forze di trazione WHT – *Catalogo Rothofixing*

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



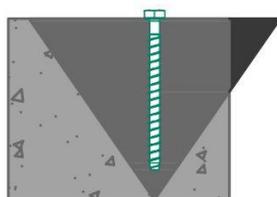
$$R_{d,legno} = \frac{R_{1,k \text{ legno}} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 57,93 \text{ kN}$$

1 kN = 100 kg

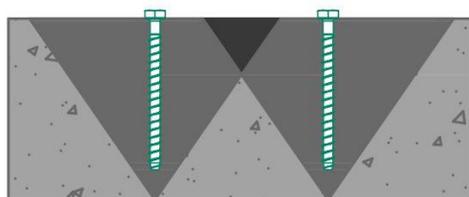
$$R_{d,acciaio/piatto \text{ hold-down}} = \frac{R_{1,k \text{ acciaio}}}{\gamma_{acciaio}} = 50,72 \text{ kN}$$

$$R_{d,cls} = \frac{R_{1,k \text{ cls}}}{\gamma_{cls}} = 48,48 \text{ kN}$$

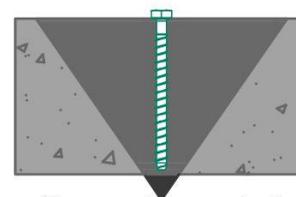
min = $R_d = 48,48$



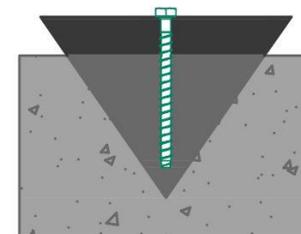
Distanza dal bordo insufficiente



Interasse inadeguato



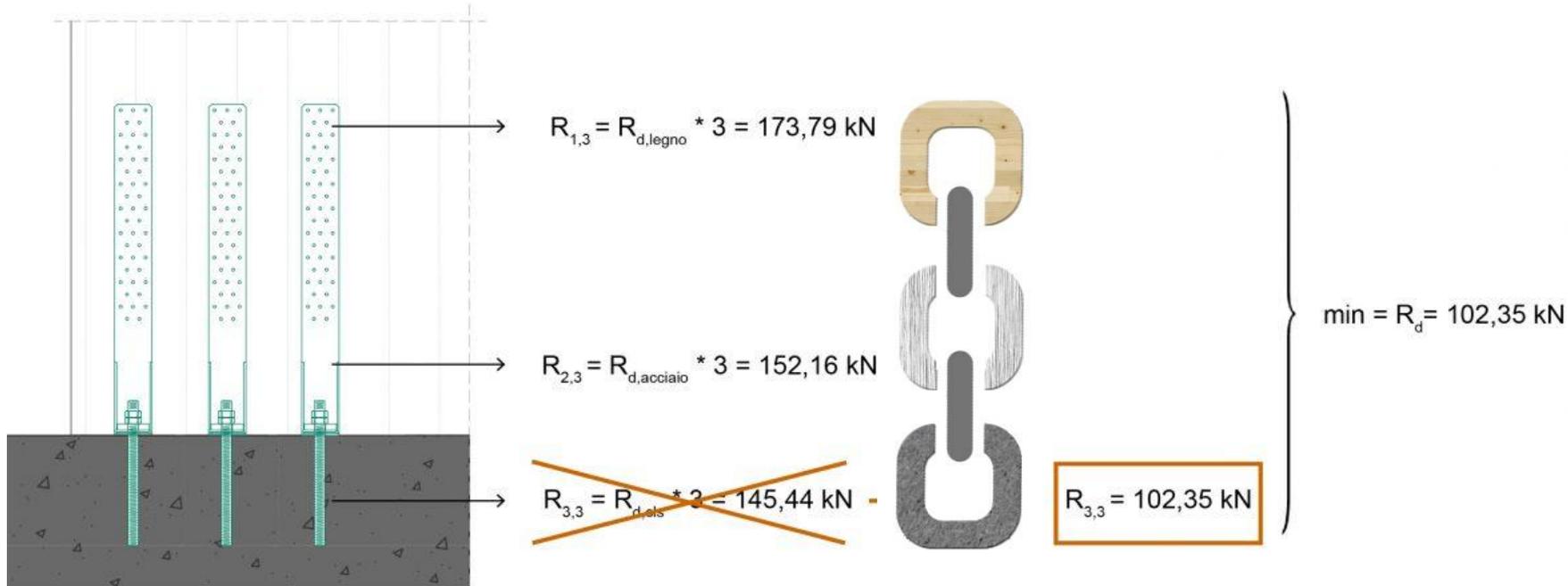
Spessore del supporto di base insufficiente



Ridotta profondità di ancoraggio

Tratto da: 1+1+1+1+1 ≠ 5 !? – Ing. Franco Piva Ergodomus

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



È curioso notare come l'utilizzo di soli 3 hold-down posti a 20 cm di distanza porti al medesimo risultato. Infatti, non solo il baricentro della connessione è il medesimo ma la rottura del cono di cls avviene a 102,35kN, esattamente lo stesso valore ottenuto con 5 barre filettate. Ciò implica che 2 dei 5 risultano pertanto **completamente superflui**.

Tratto da: 1+1+1+1+1 ≠ 5 !? – Ing. Franco Piva Ergodomus

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

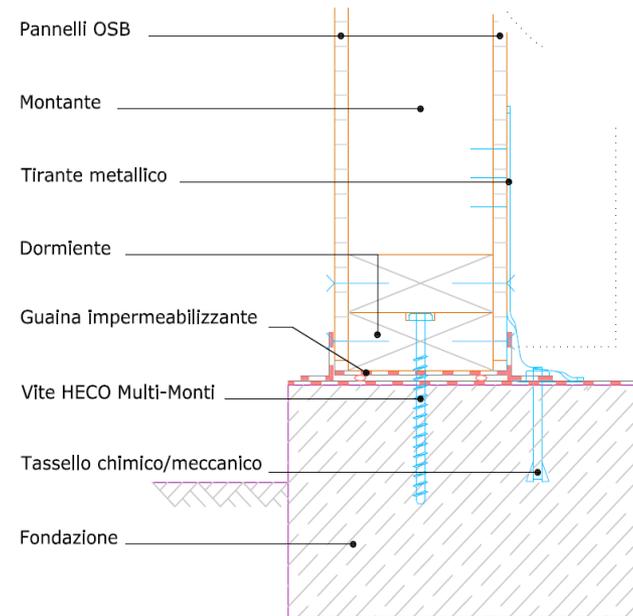
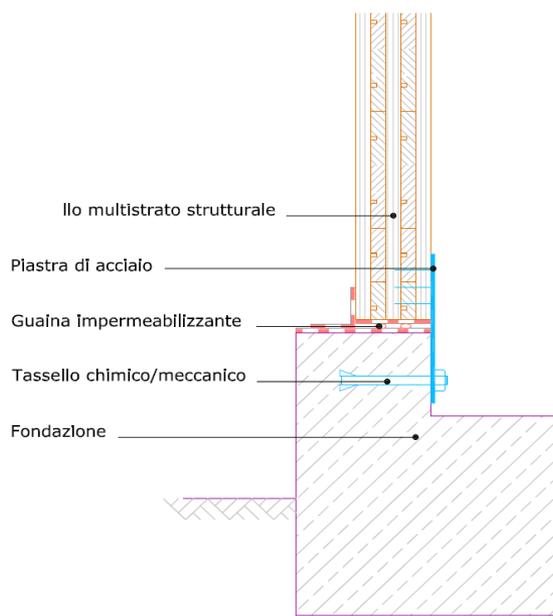
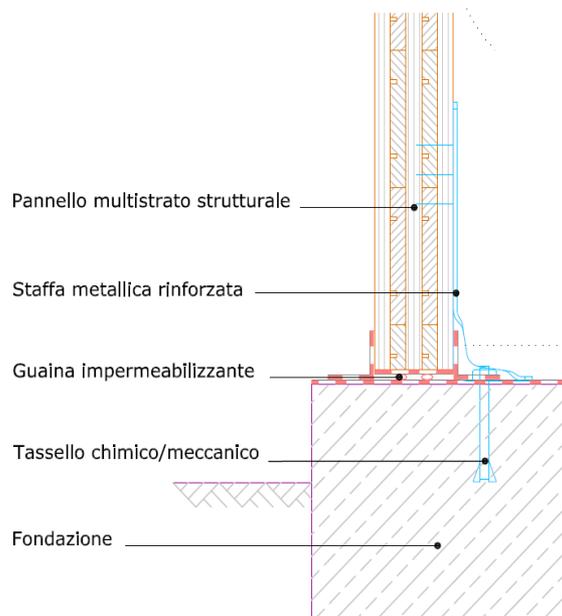


Esempi di ancoraggi tipo per struttura X-lam



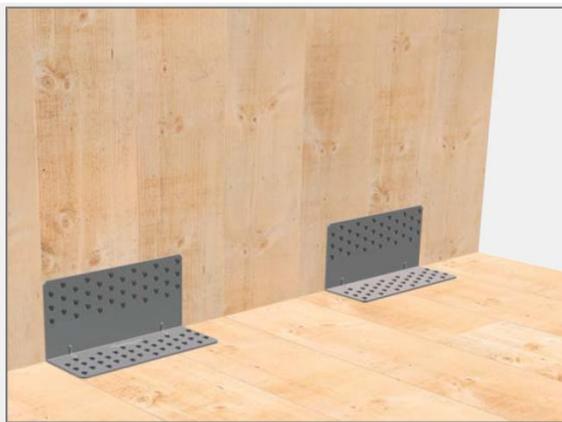
SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

Sistemi di giunzione attacchi a terra



Tratto da: Manuale tecnico – *Consorzio Stile 21*

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



Giunzione legno-legno con angolare TITAN



Fissaggio trave di banchina



Giunzione cemento-legno con angolare TITAN



Giunzione cemento-legno con piastra TITAN

Tratto da: Scheda tecnica angolare per forze di taglio TITAN– *Catalogo Rothofixing*

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

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

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

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

$$\psi_i = -0,2965$$

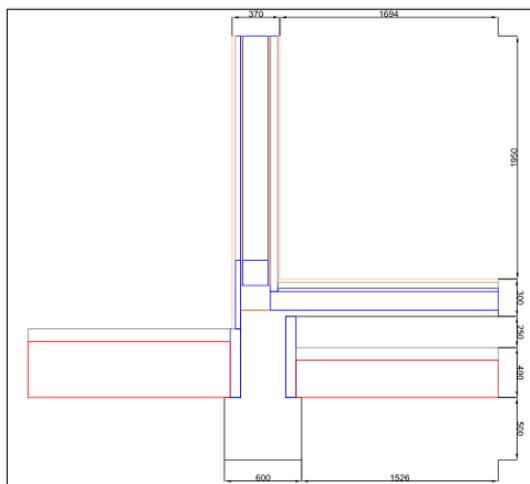


Diagramma isoterme

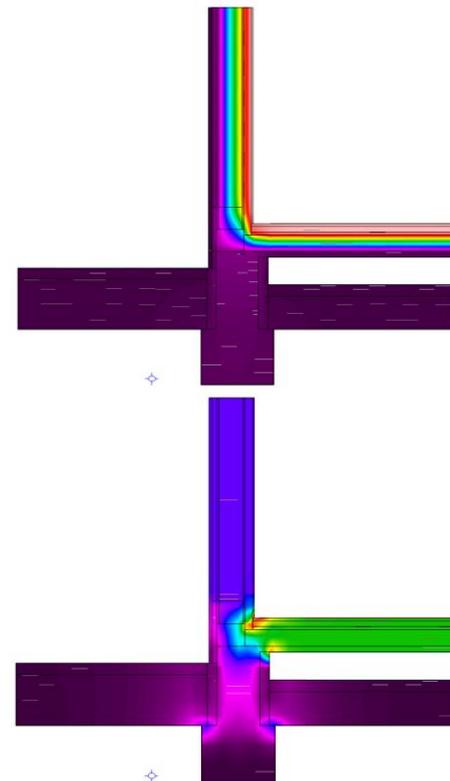


Diagramma flussi di calore

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

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

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

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

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

$$\psi = -0,2686$$

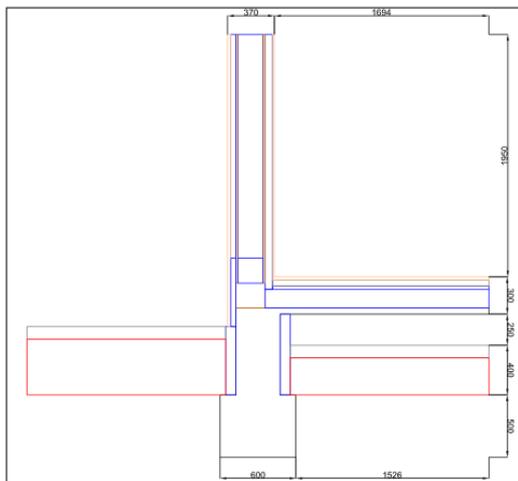


Diagramma isoterme

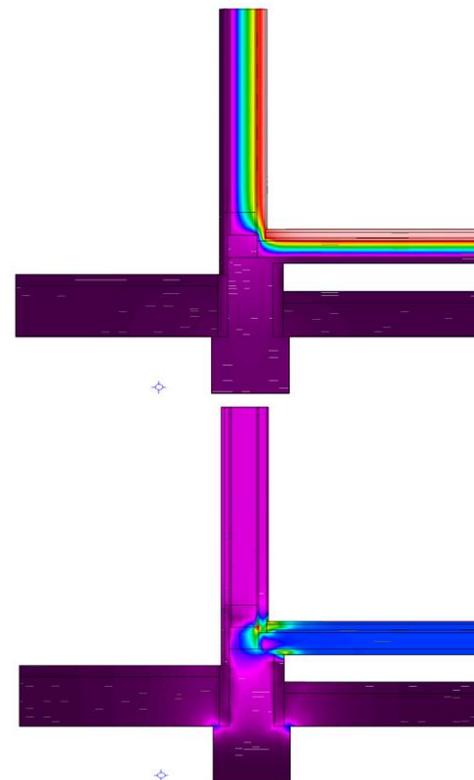


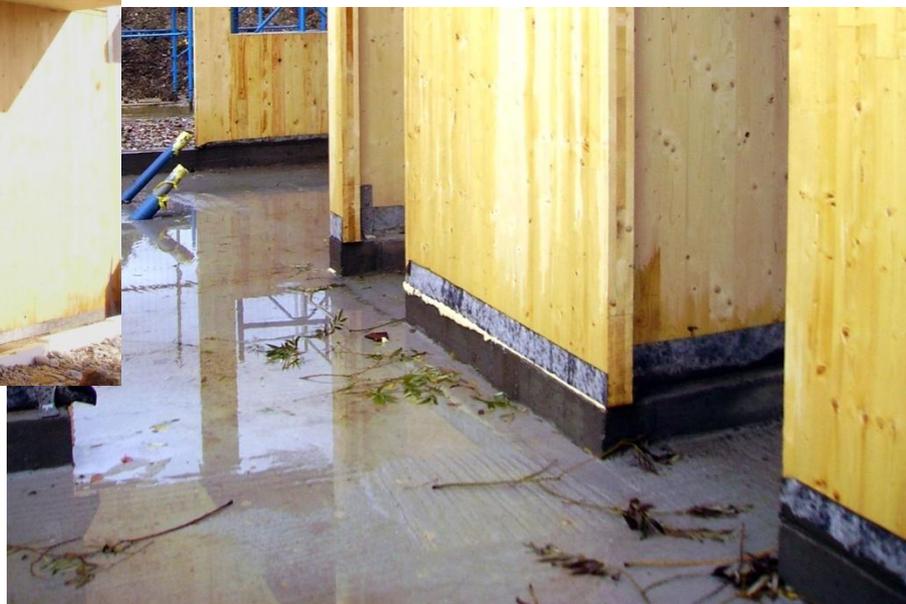
Diagramma flussi di calore

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

SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

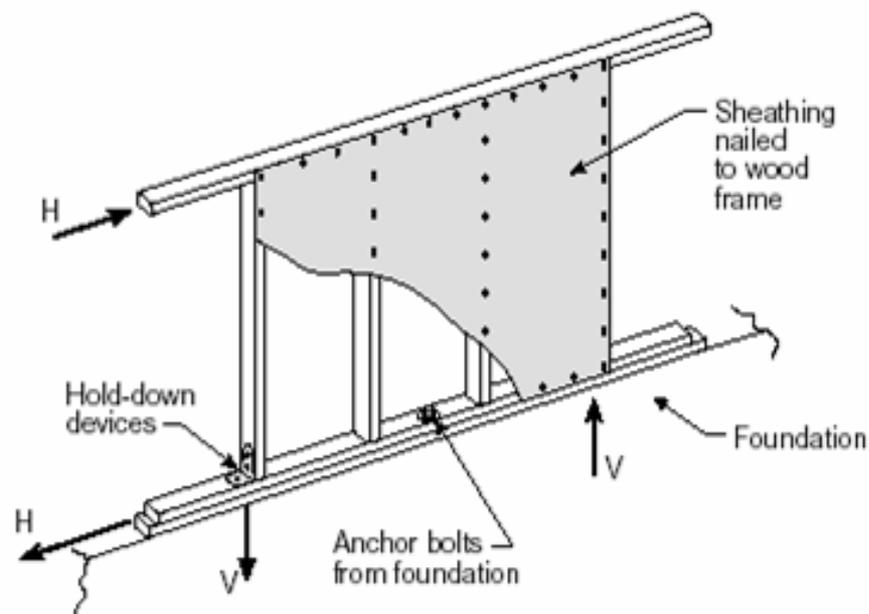


Attacchi a terra strutture in legno



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

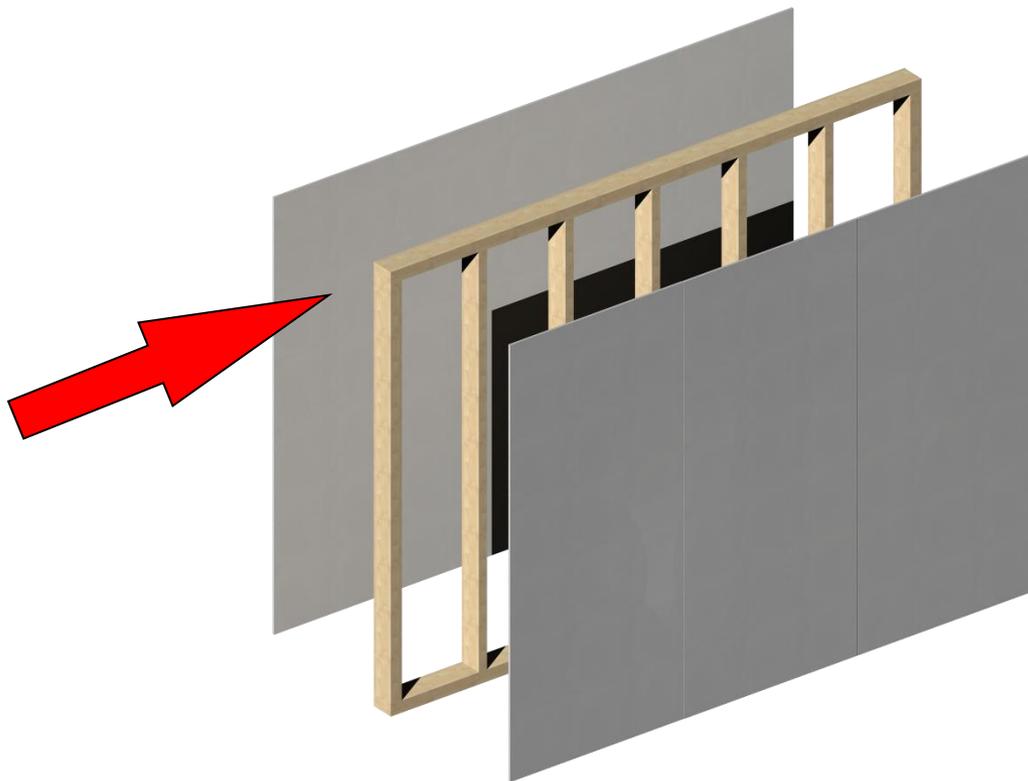


SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

Carichi orizzontali vs Carichi verticali

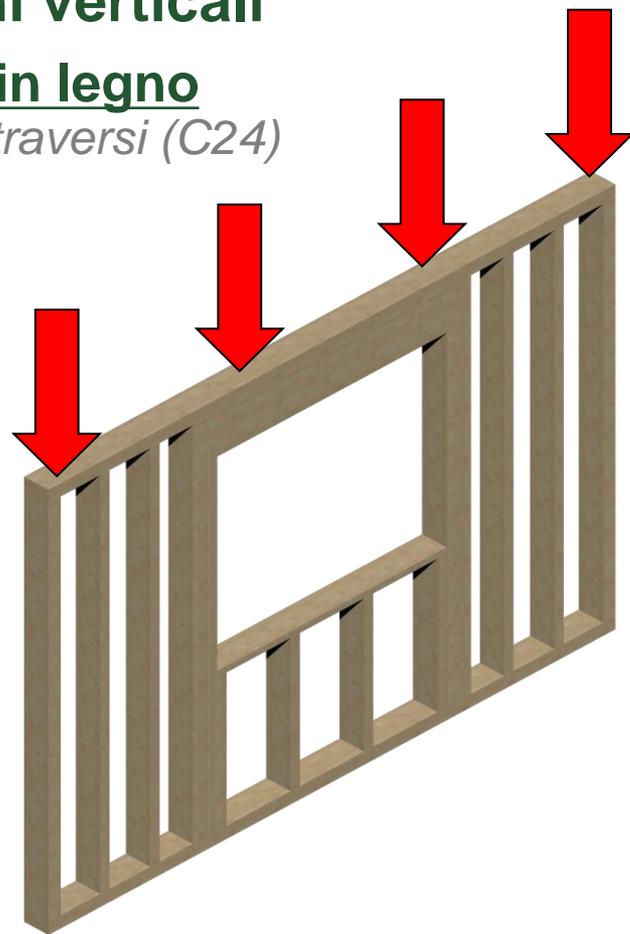
Pannelli di chiusura

Osb, Masonite, Gesso fibra, etc

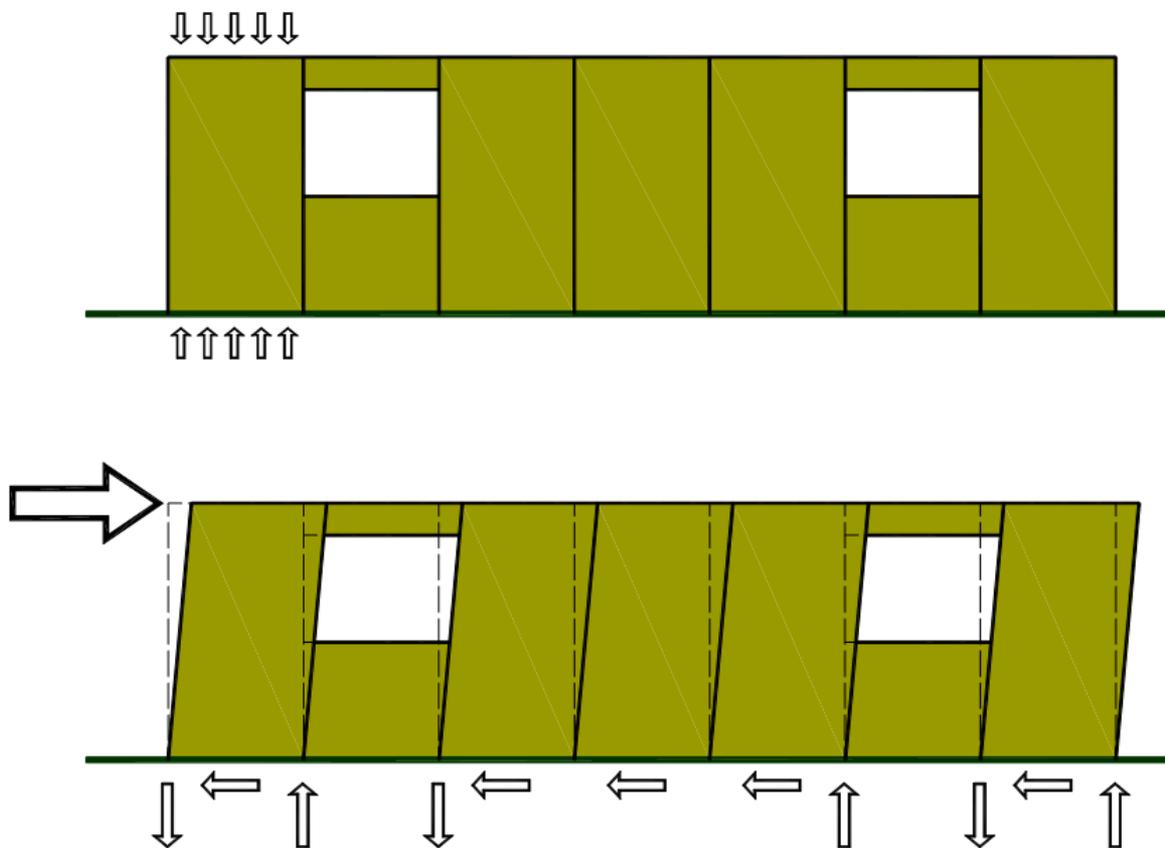


Telaio in legno

Montanti e traversi (C24)



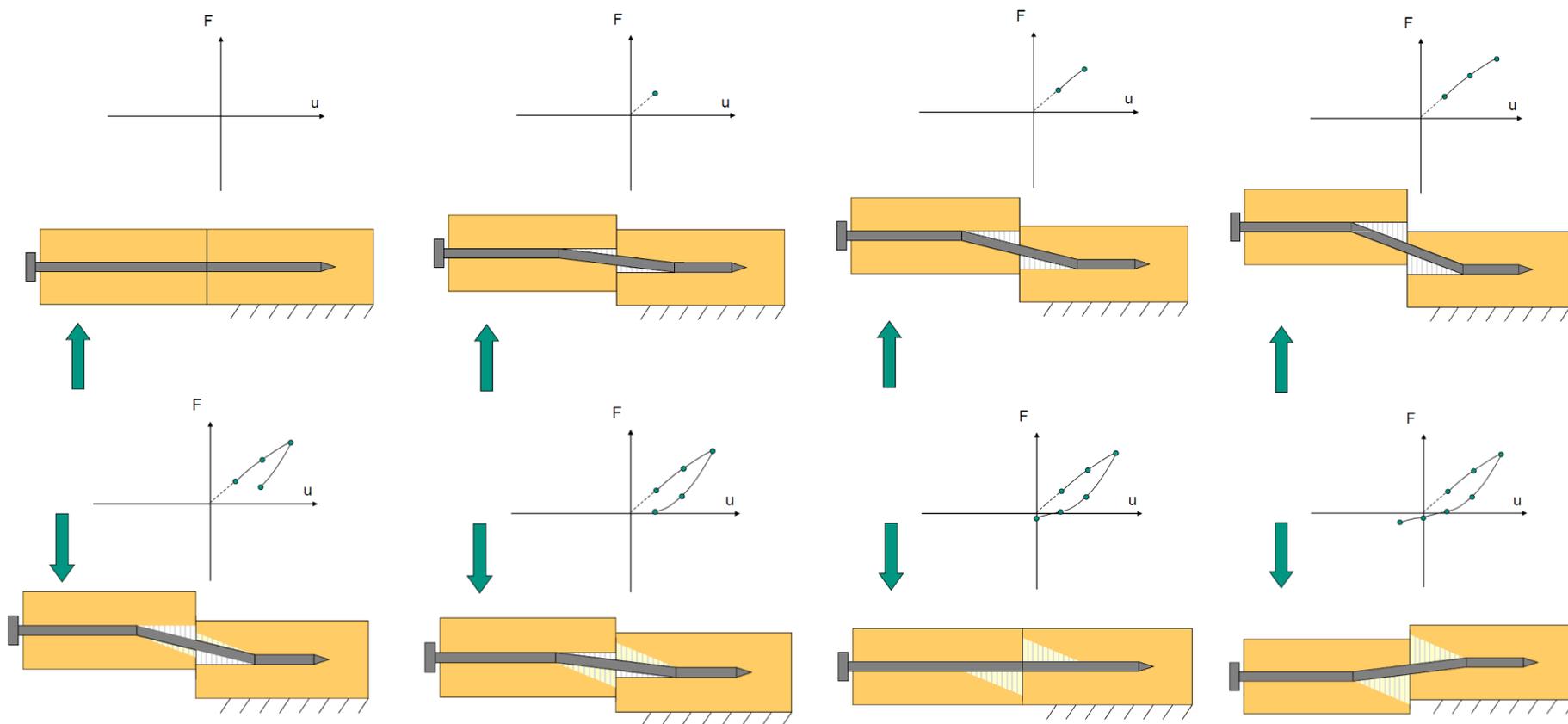
SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI



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

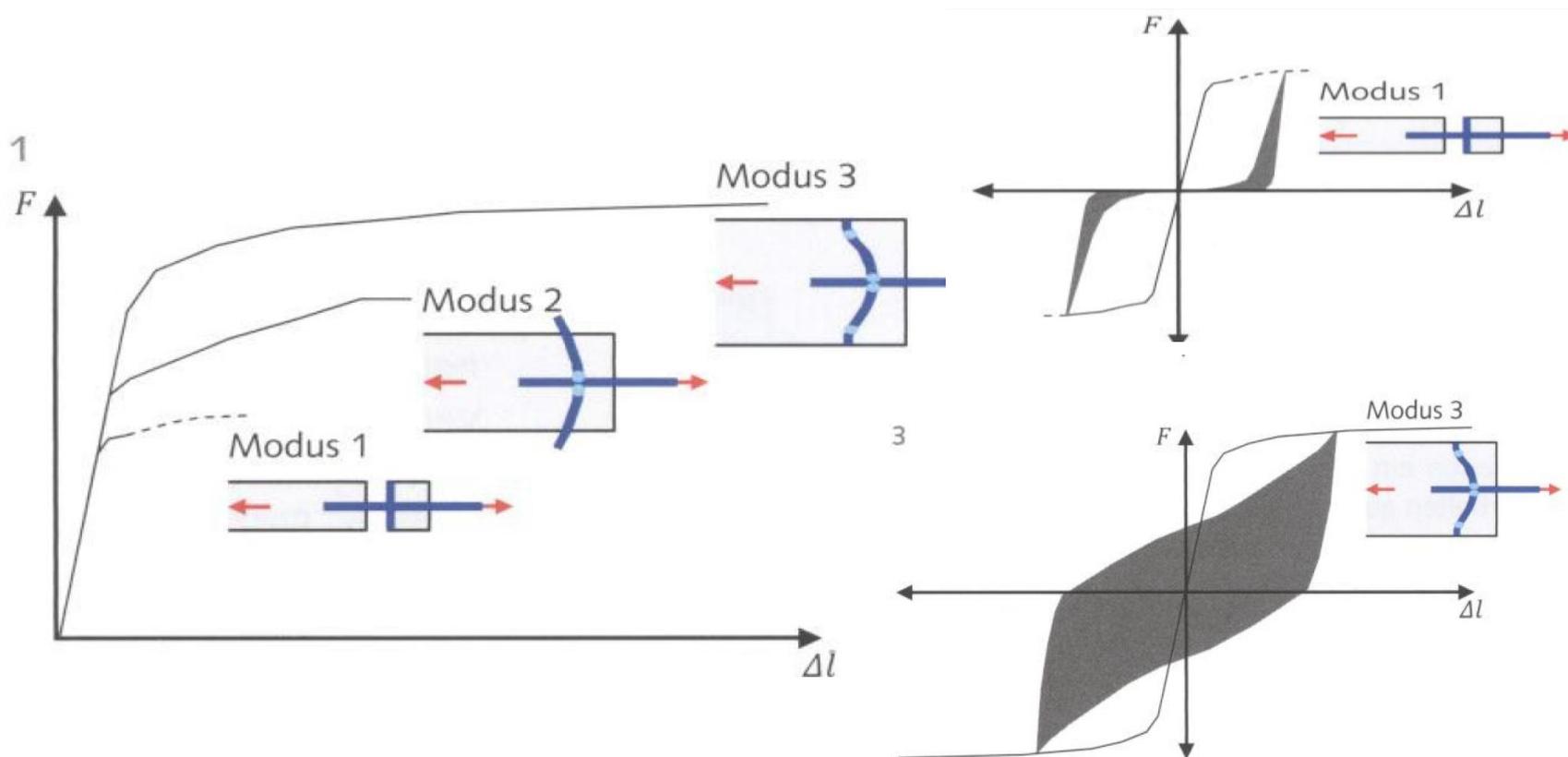
SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

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

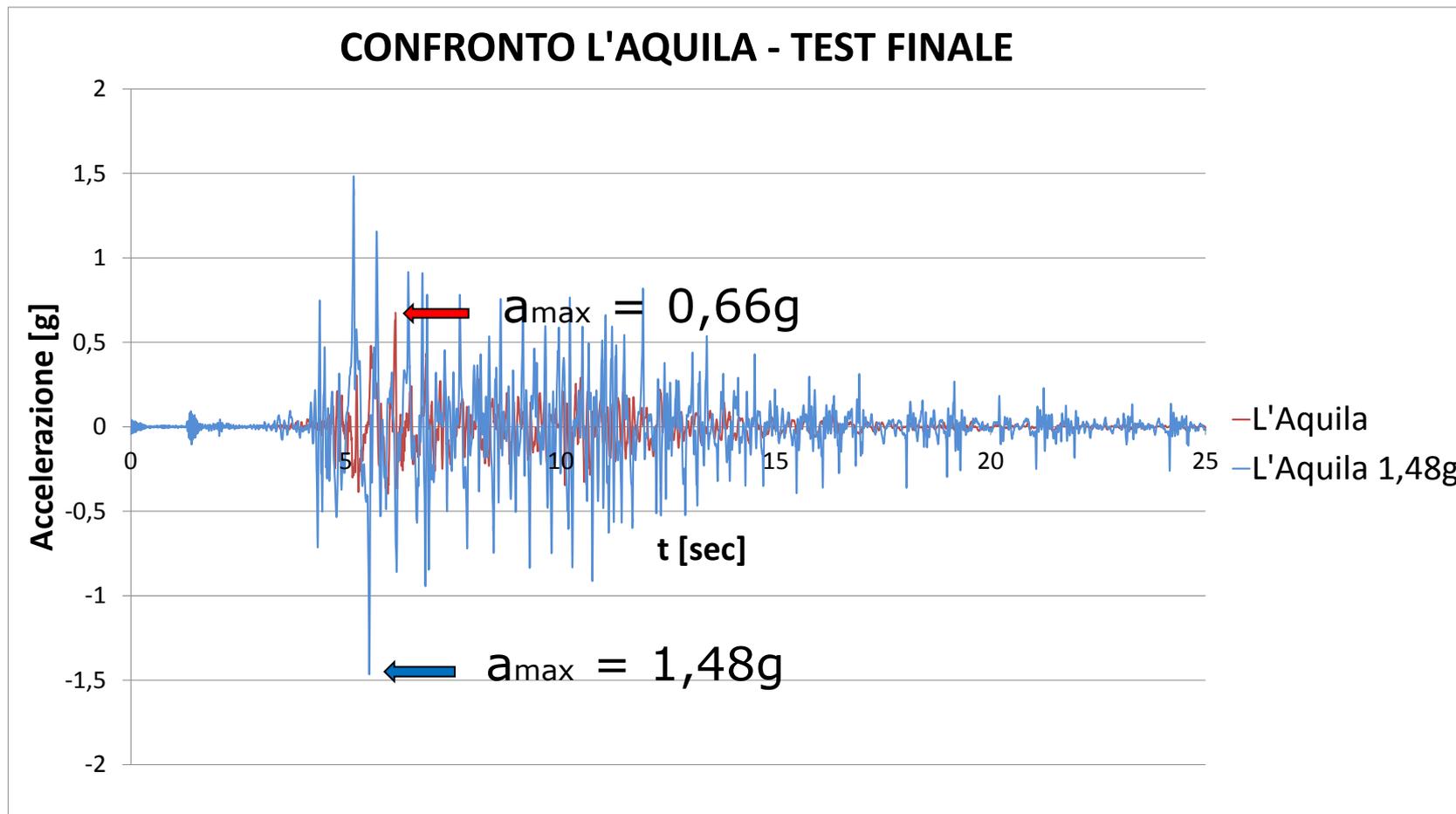
Progetto di ricerca: EUCENTRE – Pavia

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

Riqualificazione facciate con elementi modulari intelaiati



Progetto sperimentale europeo *Renew School* – Scuola a Wetter (Germania)

SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

Riqualificazione facciate con elementi modulari intelaiati



Progetto sperimentale europeo *Renew School* – Scuola a Wetter (Germania)

SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

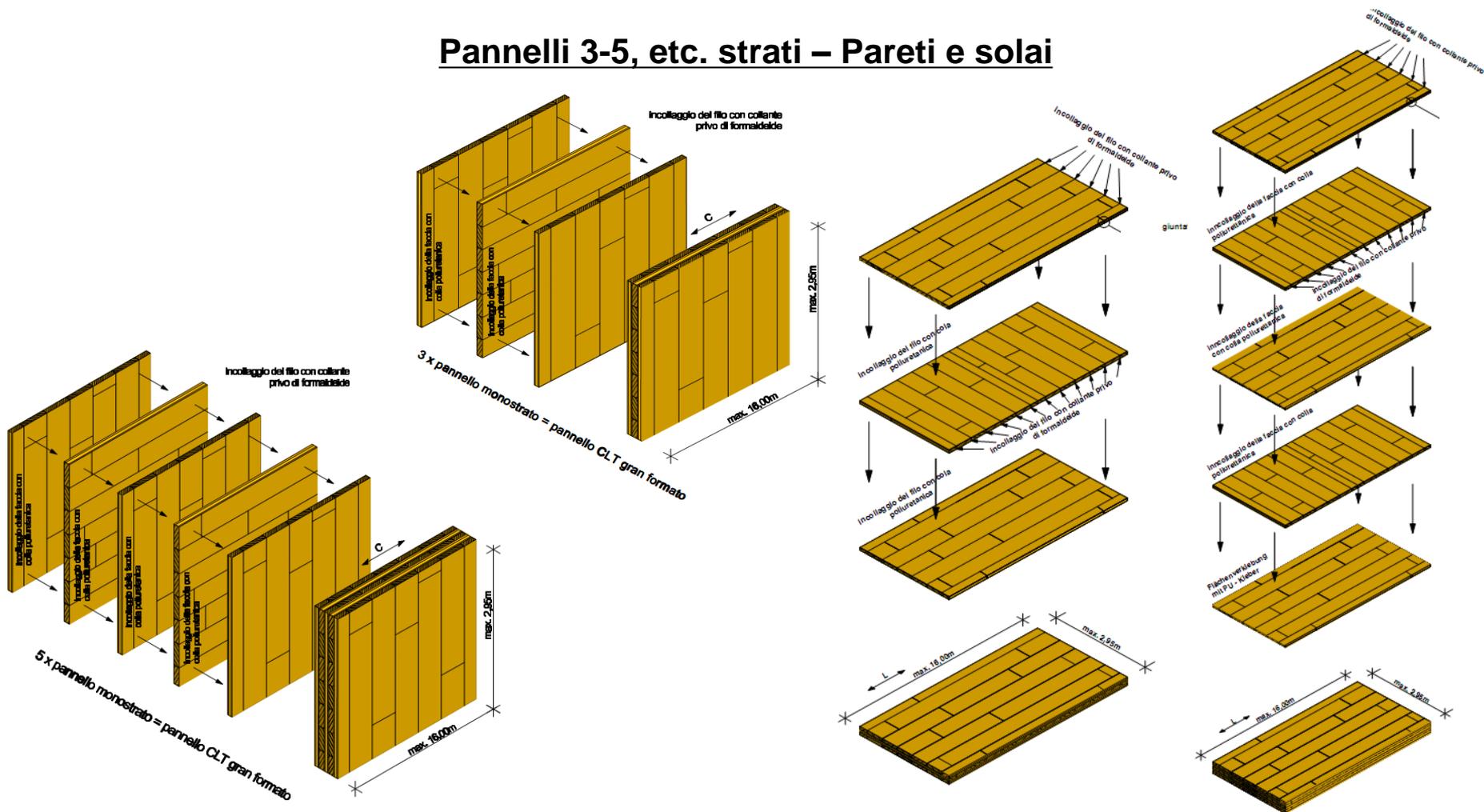
Riqualificazione facciate con elementi modulari intelaiati



Progetto sperimentale europeo Renew School – Scuola a Wetter (Germania)

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 Brettsperholz	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

PRODUTTORE	ETA	ESSENZA AMMESSA	QUALITA' DEL TAVOLAME		ADESIVO
Xlam dolomiti	12/0347	Solo abete Rosso Europeo	Strati esterni	100% C24	Poliuretano
			Strati interni	40% C18	
KLH	06/0138	Abete Rosso Europeo o Conifera	Tutti gli strati	90% C24	Poliuretano
				10% C16	
HASSLACHER	12/0281	EGL	Strati esterni	100% C24	Ureica Melaminica
			Strati interni	30% C16	
ESSEPI	12/0362	Conifera	Tutti gli strati	100% C24	Poliuretano
BINDERHOLZ	06/0009	Abete Rosso Europeo o Conifera	Strati esterni	Da C16 a C35 percentuale non identificata	Ureica Poliuretano
			Strati interni	10% C16	
MOSER	07/0338	Legno Essiccato	Strati esterni	100% C24	Poliuretano
			Strati interni	15% C16	
STORA	08/0271	Legno di conifera (abete rosso, abete bianco, pino silvestre)	Tutti gli strati	90% C24 10% C16	Poliuretano
ARTUSO	10/0339	Abete rosso Europeo o resinoso	Strati esterni	100% C24	Poliuretano
			Strati interni	10% C18 90% C24	

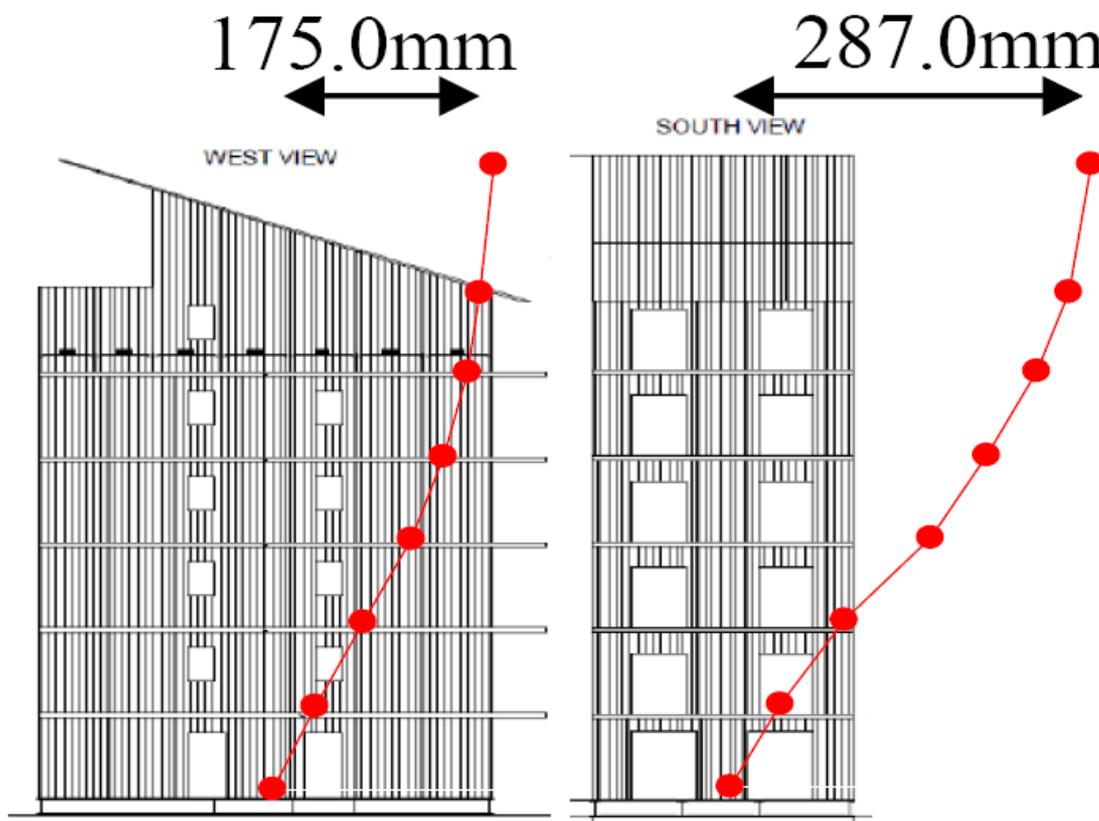
Tratto da: Sei sicuro che i pannelli Xlam siano tutti uguali- WoodLab - Farra di Soligo (TV)

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



TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



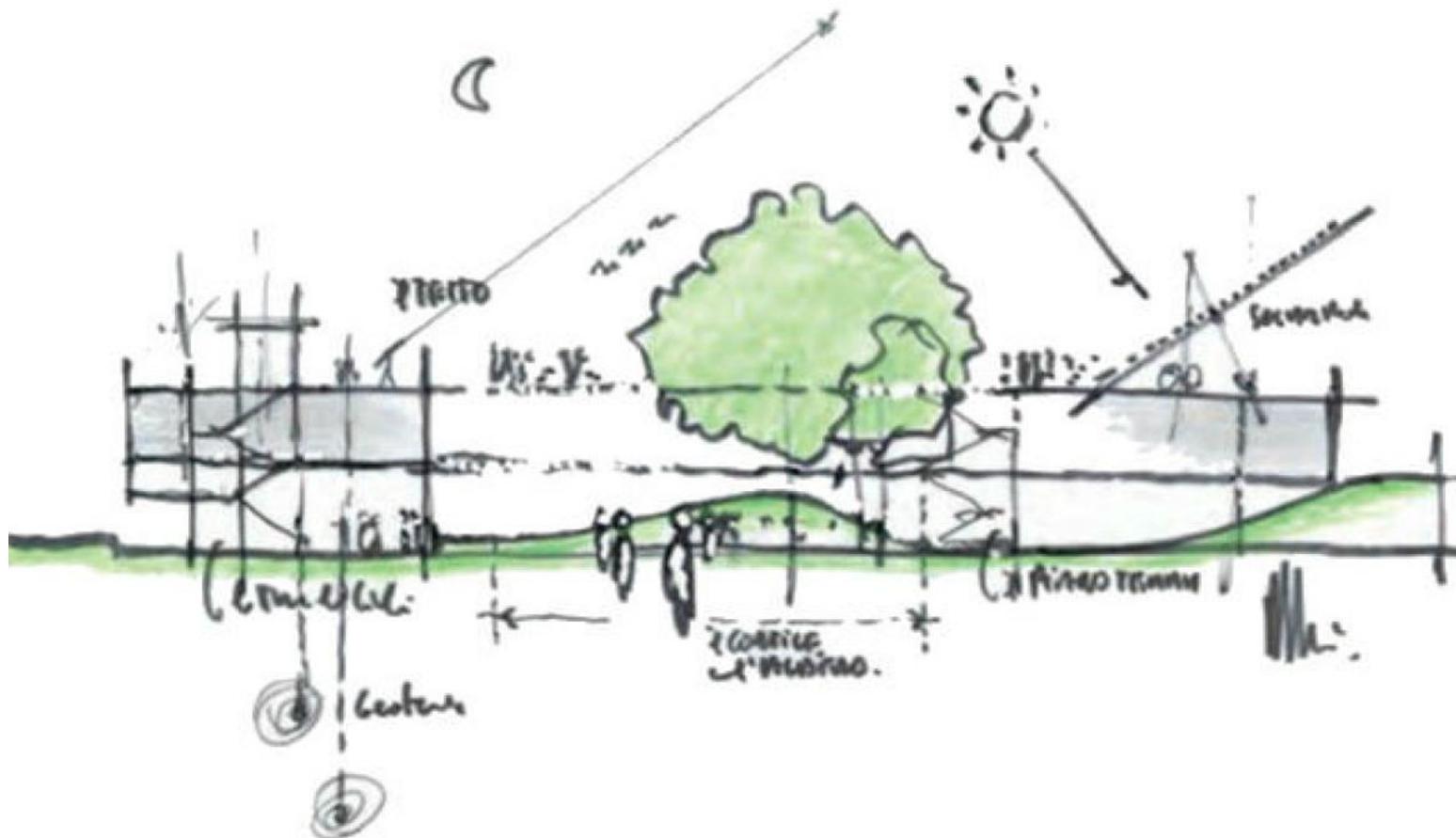
Resistenza del legno all'umidità e salsedine



Capannoni Le Gaggiandre – Arsenale di Venezia – Elementi lignei originali del XIII Secolo

RENZO PIANO: "LA MIA SCUOLA PERFETTA E' IN LEGNO "

*La scelta ideale e' il legno: bello, sicuro, antisismico e profumato.
Ma innanzitutto e' energia rinnovabile. 14/09/2017*



arch. Andrea BOZ
www.arkboz.com



CORSO DI AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE

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



MANDI E GRASIE PA L'ATENZION!