



PROGETTAZIONE DI STRUTTURE IN LEGNO: Nuovo ed esistente, ampliamenti, sopraelevazioni, retrofit sismico ed energetico

*Il dettaglio costruttivo e la durabilità del legno in progetti
di nuova costruzione e di retrofit dell'esistente*

Ing. Diego Ruggeri
*Presidente commissione tematica
Ingegneria per le costruzioni di legno*

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Roma, 24/05/2024



Indice sintetico degli argomenti

1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?
2. La normativa è a servizio dei Progettisti e della Direzione Lavori che vogliono impiegare il legno strutturale nel settore delle costruzioni?
3. Le regole del buon costruire sia per le nuove costruzioni che per interventi sull'esistente
4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?



- Il legno a vista è adatto alla cultura e al gusto mediterraneo?
- Quando non si vede che la struttura è di legno, che senso ha realizzare un edificio in legno?
- Il legno, come l'acciaio, e in generale le tecnologie costruttive a secco, permettono una reale flessibilità strutturale futura?
- E' vero che le strutture di legno costano di più delle strutture tradizionali?

*Quesiti tratti dall'intervento dell'Ing. Arch. Eljor Kerciku (DKArchitettura)
SDL2023 – Università degli Studi di Roma «Tor Vergata»*

1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?



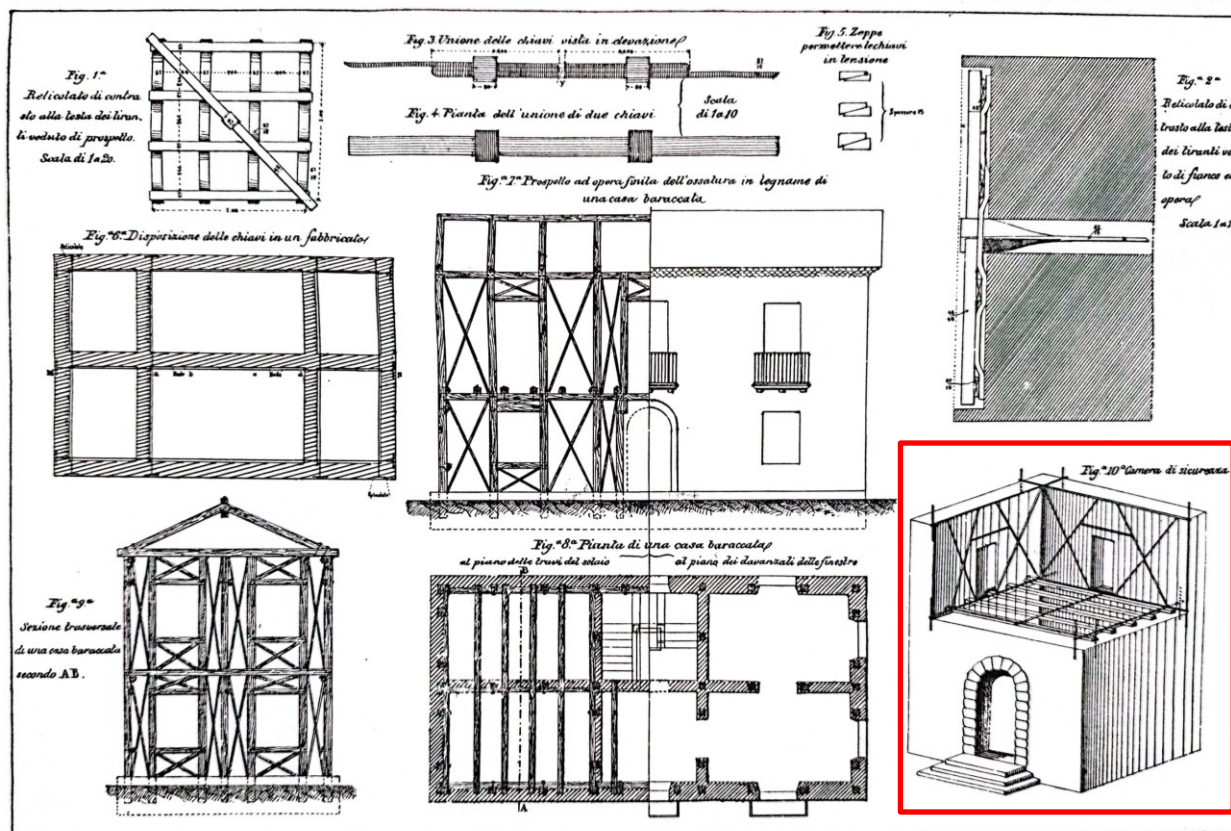
Il legno a vista è adatto alla cultura e al gusto mediterraneo?



L'architettura che oggi proponiamo è anche frutto delle evoluzioni novecentesche delle tecniche per costruire. Nel XXI secolo si assisterà ad un «ritorno al passato», quindi all'uso del legno ingegnerizzato o massiccio a vista, grazie all'innovazione tecnologica legata alla industrializzazione di prodotto e di processo nel settore delle costruzioni in legno?

*Immagini tratte dall'articolo: Il legno negli edifici storici
Sottotitolo: "Solai, coperture e controsoffitti", Dott. For. M. Lenzi
Fonte: <http://www.ingegneriaedintorni.com/>*

1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?

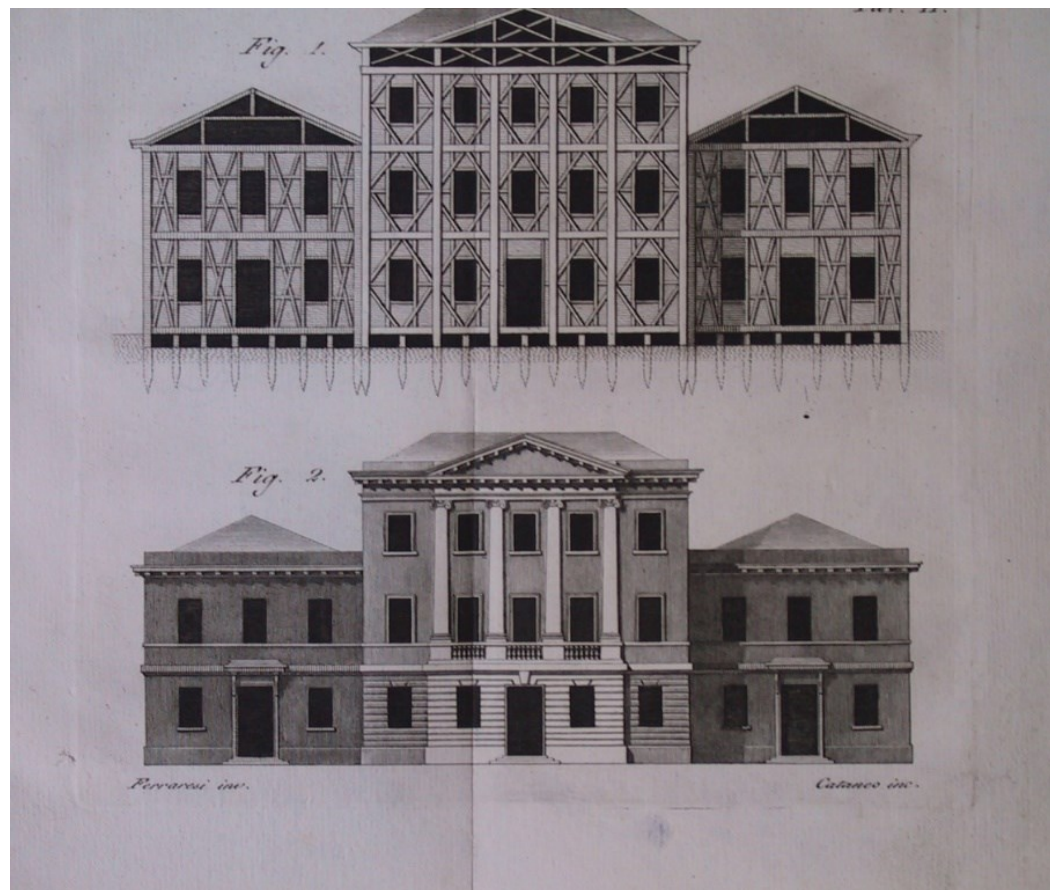


CONSOLIDAMENTO DEI FABBRICATI IN CALABRIA
contro i danni dei terremoti

Sistemi di prevenzione sismica: tiranti in ferro, casa baraccata e camera di sicurezza (da L. Peggio, 1876).

Tratto da: Barucci, C., 1990, *La casa antisismica: prototipi e brevetti*, Gangemi Editore

1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?



La casa baraccata, tratto da Vivenzio, G. *Istoria de' tremuoti avvenuti nella provincia della Calabria Ulteriore e nella città di Messina nell'anno 1783 e di quanto nella Calabria fu fatto per lo suo risorgimento fino al 1787*. Casoria: Mario Giuditta Editore, 1993 (1 ed. 1787)

Fig. 5. Pianta della casa baraccata. Da Vivenzio Giovanni, "Istoria de' tremuoti avvenuti nella Provincia della Calabria ulteriore, e nella città di Messina nell'anno 1783. E di quanto nella Calabria fu fatto per lo suo risorgimento fino al 1787", Napoli, 1787

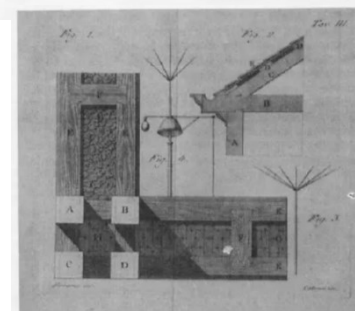
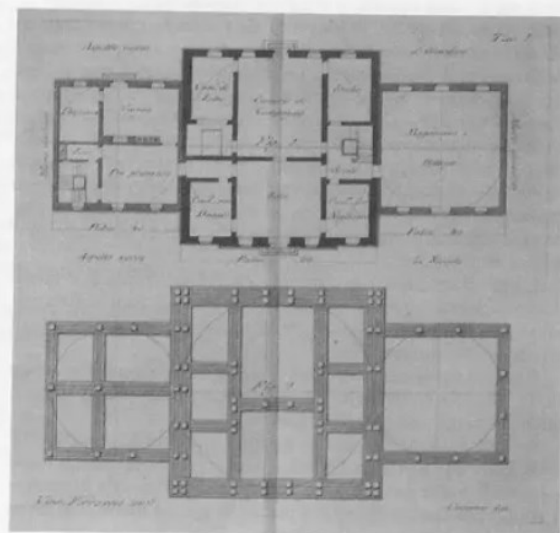
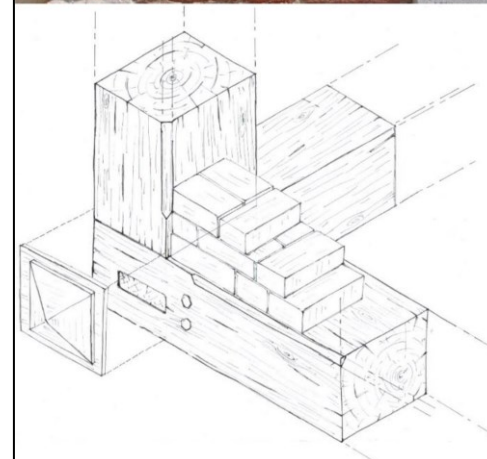


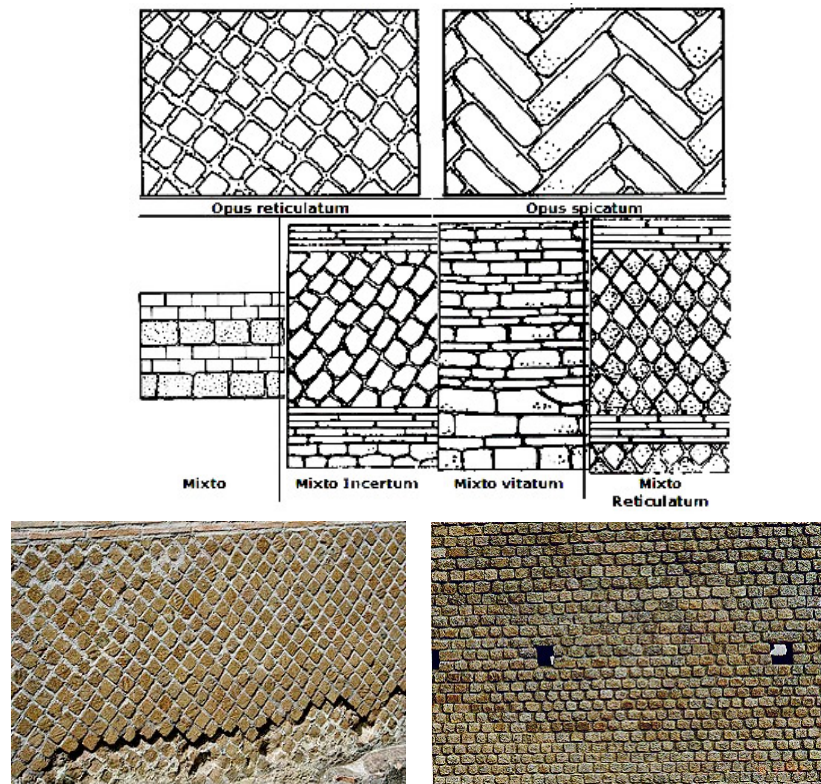
Fig. 6. Particolari costruttivi della casa baraccata. Da Vivenzio Giovanni, "Istoria de' tremuoti avvenuti nella Provincia della Calabria ulteriore, e nella città di Messina nell'anno 1783. E di quanto nella Calabria fu fatto per lo suo risorgimento fino al 1787", Napoli, 1787

1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?



Costruzioni in muratura e legno in Liguria – Villa Ida, Imperia (1888). Dettaglio costruttivo tratto dalla tesi specialistica di Secondini, L., Gelvi, S., "Studi e ricerche su sistemi intelaiati in legno in ambito ligure", Università degli Studi di Genova, A.A. 2016

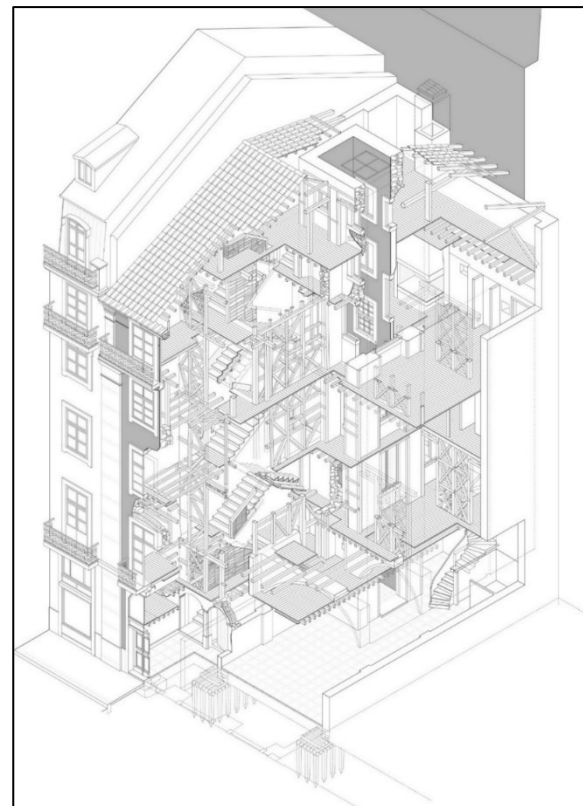
1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?



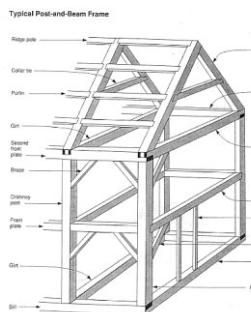
Fonte: www.romanoimpero.com

Quando non si vede che la struttura è di legno, che senso ha realizzare un edificio in legno?

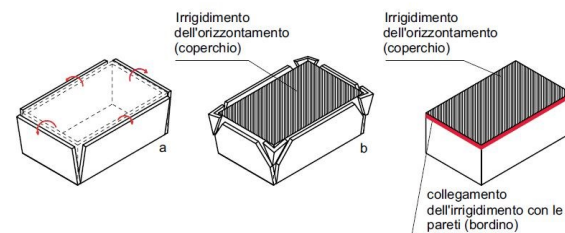
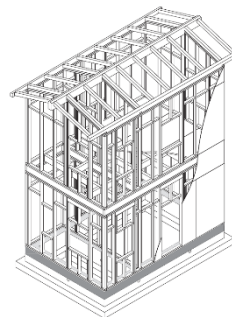
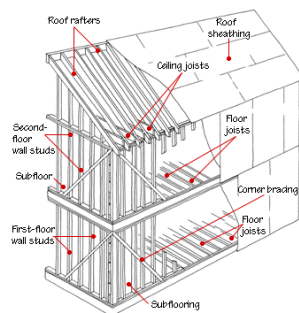
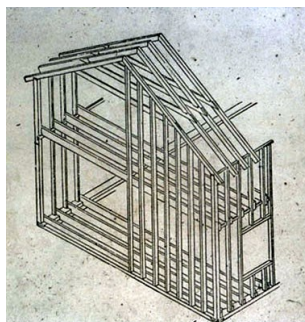
La precisione nelle connessioni è paragonabile alla precisione di esecuzione dei paramenti murari delle opus romane, che poi venivano intonacate: Pareti dritte, prestazioni e durata massime...



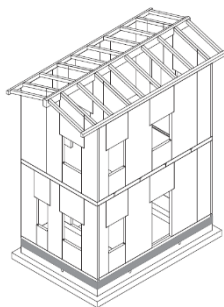
1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?



Edificio a telaio: struttura puntuale e flessibilità distributiva



Edificio a pannelli con comportamento scatolare
www.teknoring.com



Il legno, come l'acciaio, e in generale le tecnologie costruttive a secco, permettono una reale flessibilità strutturale futura?

La flessibilità è più legata alla tipologia strutturale che non al materiale e la tecnologia costruttiva impiegati

1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?



Forte, palazzo residenziale 32m di altezza per 10 piani, Melbourne (AUS), 2012



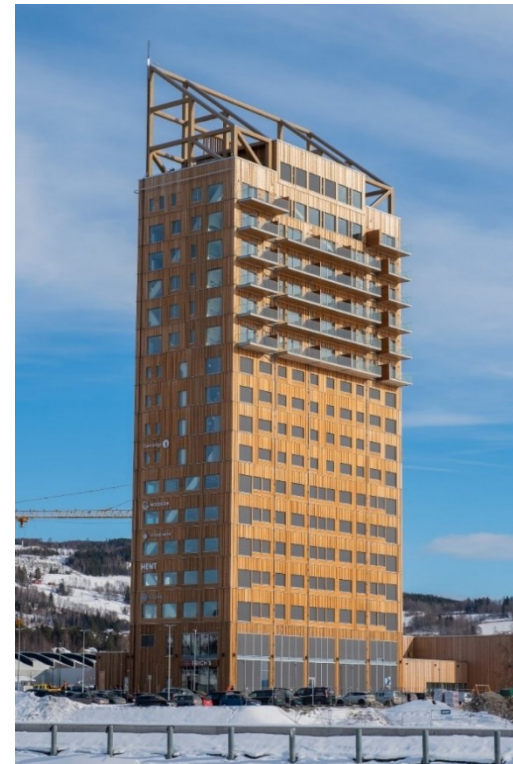
Residence Alexander, Roccaraso (AQ), 2012



Treet, complesso di appartamenti di lusso di 14 piani, Norvegia, 2014

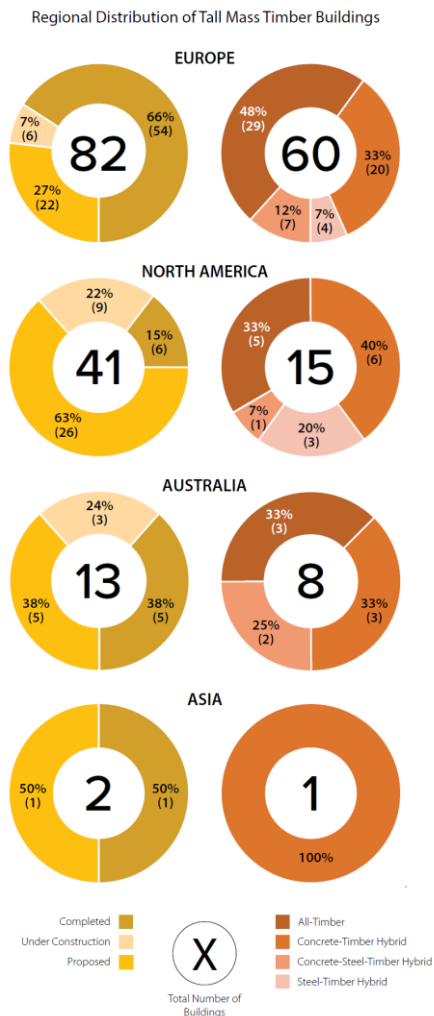


Hotel Nautilus – Pesaro (PU), 7 piani, 2016



Mjostarnet, Norvegia, Brumunddal (Mjøsa Tower), 18 piani 85,4 m 2019

1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?



Fonte: CTBUH Journal
(Council on Tall Buildings and
Urban Habitat) -2022 Issue
«Tall building in numbers»

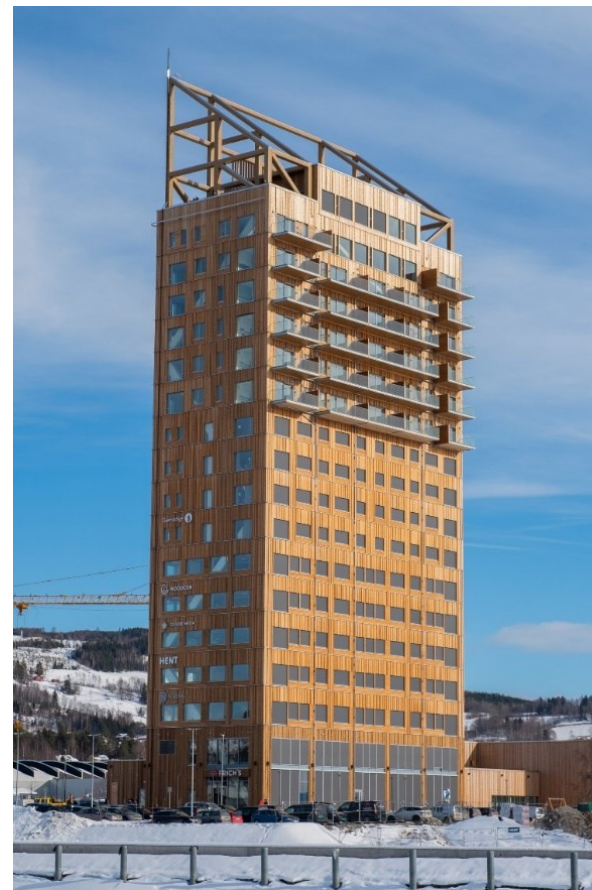
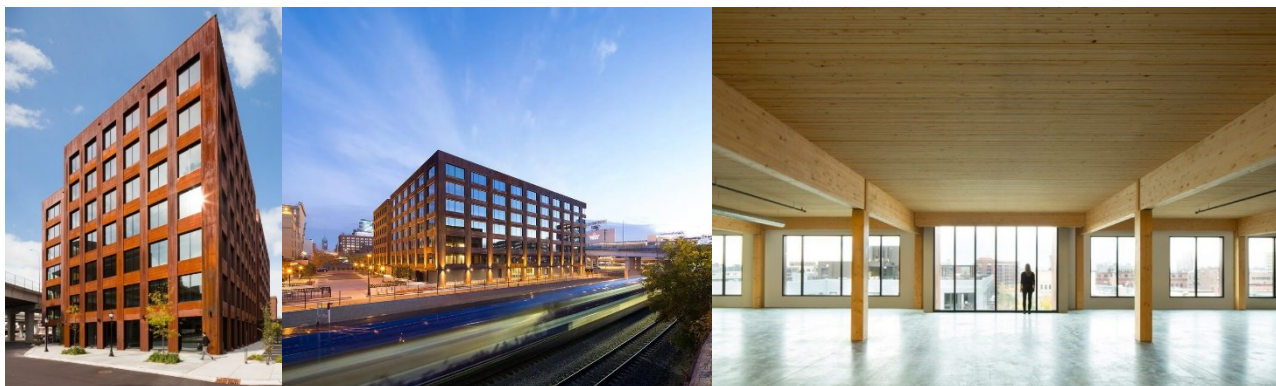


Figure 12. Left column: number of proposed, complete or under construction mass timber buildings, 8 stories or higher, per region. Right column: structural composition of complete or under-construction buildings, 8 stories or higher, per region.

1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?

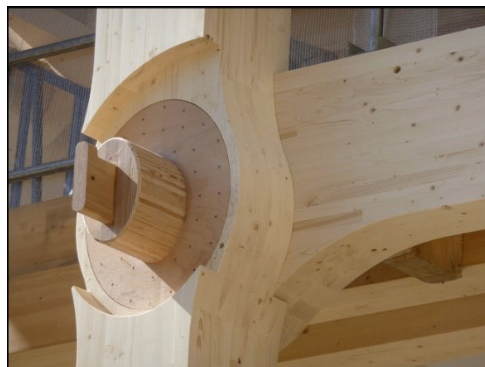
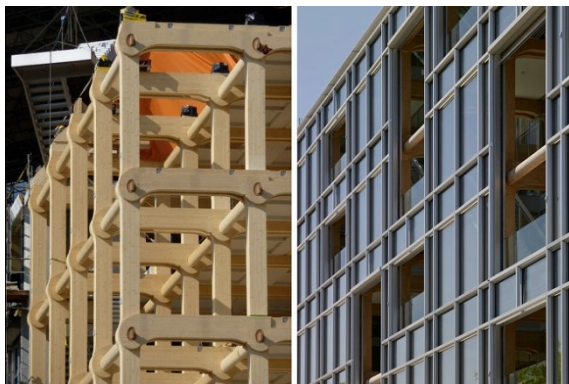


Michael Green, 2014, Wood Innovation Design Center, University of Northern British Columbia (edificio di 8 piani, per uffici, realizzato in CLT, GLULAM, PSL (parallel strands lumber), LVL (laminated veneer lumber). Foto interni Ema Peter, fonte archimagazine.com



*Michael Green, 2016, Offices in Minneapolis
fonte archimagazine.com*

1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?



Shigeru Ban, Zurigo, sede Tamedia, 2013
(fonte: woodarchitecture.wordpress.com)



M. Cucinella, 2015, Asilo a Guastalla (2015), 50 portali in legno lamellare intervallati da ampie vetrate.

Ing. Diego Ruggeri

1. Esistono allo stato attuale particolari vincoli progettuali che sfavoriscono l'impiego del legno strutturale in architettura?



J. Mayer H, 2011, Metropol Parasol, Siviglia

EMBT, 2022, Stazione della metropolitana Centro Direzionale, Napoli



2. La normativa è a servizio dei Progettisti e della Direzione Lavori che vogliono impiegare il legno strutturale nel settore delle costruzioni?

Il quadro delle normative mancanti

- Per le strutture in legno esistenti esiste la Norma UNI 11119:2004 “Beni culturali - Manufatti lignei. Strutture portanti degli edifici - Ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera”
- Non esiste alcuna norma equivalente per le strutture portanti esistenti degli edifici in legno, relativamente alla diagnosi degli elementi in opera
- Non ci sono prescrizioni dettagliate per la direzione lavori in opera e per la redazione di piani di manutenzione di strutture in legno
- Spesso le incertezze normative si scaricano sui professionisti di settore che, non avendo avuto una formazione accademica specifica per progettare e realizzare strutture in legno, non hanno documenti tecnici di riferimento per programmare attività di controllo in sede di progettazione esecutiva, di cantiere (durante i lavori e collaudo)
- Alcune iniziative in corso:
 - Commissione UNI CT022 GL1 alla quale partecipo come referente dell’Ordine Ingegneri di Roma
 - Assieme ai colleghi di GQL (www.gruppoqualitalegno.org) stiamo partecipando al tavolo Timber Forward – Linee Guida, di prossima uscita.

Unica soluzione in attesa di aggiornamenti normativi e «formativi»: affidarsi a professionisti e aziende strutturate e con competenze specifiche acquisite nel tempo e sul campo



2. La normativa è a servizio dei Progettisti e della Direzione Lavori che vogliono impiegare il legno strutturale nel settore delle costruzioni?

Le normative che incentivano l'uso del legno sostenibile a livello europeo e nazionale

Dlgs. 36/2023

Art. 41. (Livelli e contenuti della progettazione)

f) il rispetto dei principi della sostenibilità economica, territoriale, ambientale e sociale dell'intervento, anche per contrastare il consumo del suolo, incentivando il recupero, il riuso e la valorizzazione del patrimonio edilizio esistente e dei tessuti urbani;

.....

Criteri ambientali minimi (CAM), DM 256 del 23 giugno 2022

2.5.6 Prodotti legnosi

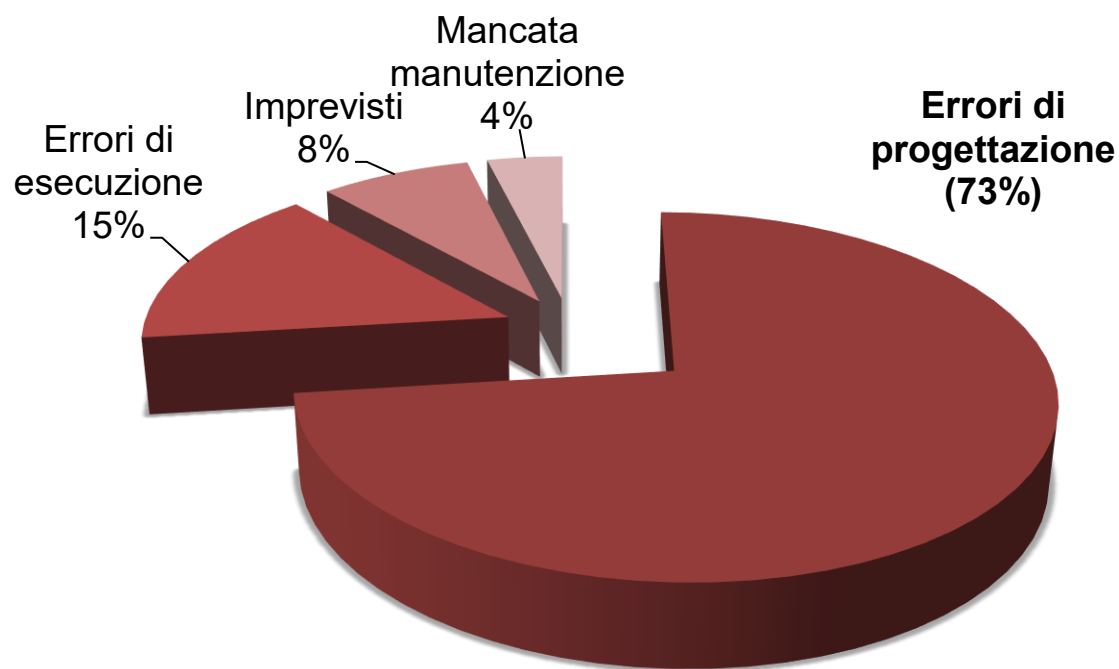
Tutti i prodotti in legno utilizzati nel progetto devono provenire da foreste gestite in maniera sostenibile come indicato nel punto "a" della verifica se costituiti da materie prime vergini, come nel caso degli elementi strutturali o rispettare le percentuali di riciclato come indicato nel punto "b" della verifica se costituiti prevalentemente da materie prime seconde, come nel caso degli isolanti.

Il riferimento è alla certificazione di catena di custodia rilasciata da organismi di valutazione della conformità che garantisca il controllo della «catena di custodia», quale quella del Forest Stewardship Council® (FSC®) o del Programme for Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC);

Direttiva europea Case Green (EPBD – Energy Performance of Building Directive) 2024/1275 (pubblicata l'8 maggio 2024 sulla gazzetta europea)

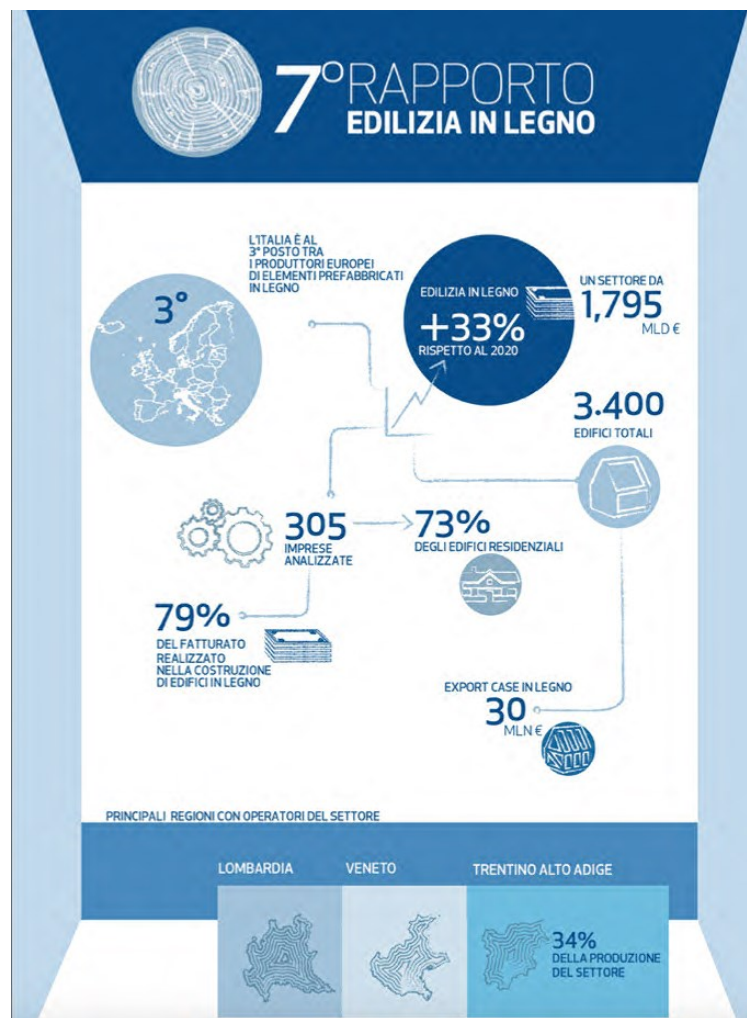
3. Le regole del buon costruire: le 4D, le 7 Regole d'oro per le coperture piane, la centralità del dettaglio costruttivo nell'era del DfMA, BIM e CNC

L'involucro edilizio: le maggiori cause del degrado



fonte: WOODLAB di Ing. A. Merotto

3. Le regole del buon costruire: le 4D, le 7 Regole d'oro per le coperture piane, la centralità del dettaglio costruttivo nell'era del DfMA, BIM e CNC



<https://www.federlegnoarredo.it>

2022 (RIFERITO AL 2021-2022)

3. Le regole del buon costruire: le 4D, le 7 Regole d'oro per le coperture piane, la centralità del dettaglio costruttivo nell'era del DfMA, BIM e CNC

ESEMPIO TIPICO DI ERRORE PROGETTUALE





3. Le regole del buon costruire: le 4D, le 7 Regole d'oro per le coperture piane, la centralità del dettaglio costruttivo nell'era del DfMA, BIM e CNC



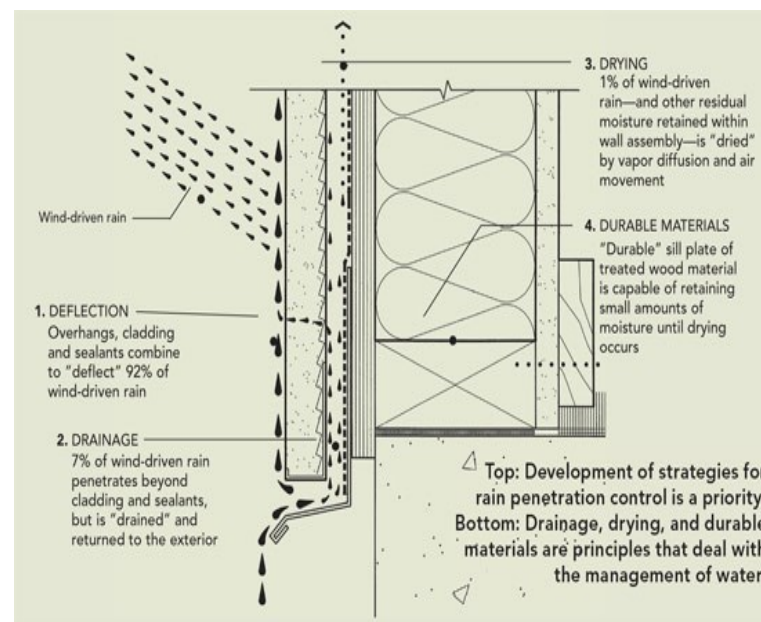
Il binomio legno – muratura: conoscere il passato per innovare

Courtesy of Prof. F. Ragazzo, Pristina (Kosovo), 2003



3. Le regole del buon costruire: le 4D, le 7 Regole d'oro per le coperture piane, la centralità del dettaglio costruttivo nell'era del DfMA, BIM e CNC

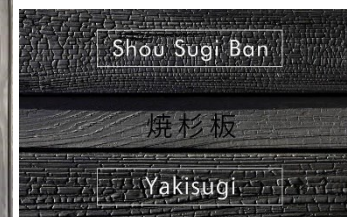
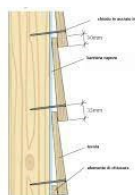
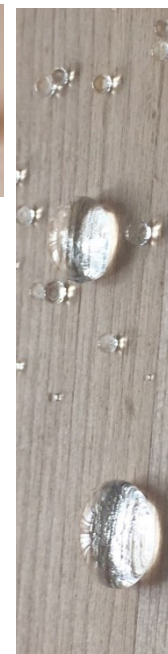
- **DEFLECTION:** Protezione costruttiva, per schermare la maggior parte dell'acqua proveniente dagli agenti esterni (~ 92 %)
- **DRAINAGE:** Drenaggio rapido ed efficace dell'acqua penetrata, si realizza attraverso intercapedini e piani inclinati. (Allontana circa il 7 % dell'acqua agente sulla struttura)
- **DRYING:** Adeguata traspirazione della parete finalizzata all'allontanamento dell'acqua penetrata nella struttura o della condensa interstiziale (~ 1 %)
- **DURABILITY:** Utilizzo di legno durevole o trattato nei punti critici, in grado di resistere a piccole quantità d'umidità, finché non avviene l'asciugatura



3. Le regole del buon costruire: le 4D, le 7 Regole d'oro per le coperture piane, la centralità del dettaglio costruttivo nell'era del DfMA, BIM e CNC

ESEMPI DI PROTEZIONE PASSIVA DEL LEGNO (DURABILITY)

- IMPREGNANTI
- NANOTECNOLOGIE
- TRATTAMENTO TERMICO
- ACETIFICAZIONE
- ELEMENTI DI SACRIFICIO
- TELI, MEMBRANE, GUAINE, NASTRI
- CORRETTA PROGETTAZIONE DI DETTAGLIO



ESEMPI DI PROTEZIONE ATTIVA DEL LEGNO (DURABILITY)

- MONITORAGGIO ATTIVO DEI NODI CRITICI (sensori T e UR)





3. Le regole del buon costruire: le 4D, le 7 Regole d'oro per le coperture piane, la centralità del dettaglio costruttivo nell'era del DfMA, BIM e CNC

TRATTAMENTI	DESCRIZIONE
Preservazione	Trattamento con antisettici, preventivo o curativo, atto a proteggere il legno da danni di origine biologica.
Impregnazione	Trattamento che prevede l'introduzione nel legno di sostanze atte a raggiungere il fine voluto.
Impregnazione in superficie	Trattamento che interessa gli strati più esterni del legno.
Impregnazione in profondità	Trattamento che interessa anche gli strati profondi del legno.
Impregnazione ad assorbimento forzato	Trattamento nel quale l'assorbimento avviene a seguito di modifiche delle condizioni ambientali (pressione, temperatura).
Ignifugazione	Trattamento atto a migliorare la reazione al fuoco del legno.
Trattamento idrorepellente	Trattamento atto a ridurre l'assorbimento di umidità da parte del legno.
Vaporizzazione	Trattamento con vapore acqueo atto a conseguire determinati effetti, come per esempio variazioni di colore, lavorabilità, comportamento plastico, asportazione di sostanze, ecc.
Essiccazione	Trattamento, naturale o artificiale, atto a ridurre l'umidità del legno.

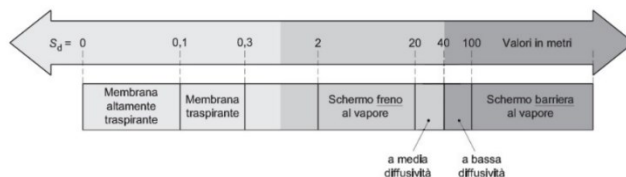
(TRA GLI IDROREPELLENTI CI SONO ANCHE I COMPOSTI NANOTECNOLOGICI)

3. Le regole del buon costruire: le 4D, le 7 Regole d'oro per le coperture piane, la centralità del dettaglio costruttivo nell'era del DfMA, BIM e CNC

7 regole d'oro per un tetto piano senza la necessità di analisi specifiche (nel clima normale secondo UNI EN 15026[1])

1. Ha una pendenza $\geq 3\%$ in configurazione “indeformata” o $\geq 2\%$ in configurazione “deformata” sotto carico
2. è di colore scuro (assorbimento di radiazioni $\geq 80\%$), senza ombra e non ha
3. nessuno strato di copertura (ghiaia, tetto verde, rivestimento terrazzato) ma
4. una membrana interna con S_d variabile e
5. nessuna cavità incontrollabile sul lato freddo dello strato isolante e
6. una perfetta tenuta d'aria testata e
7. una umidità degli elementi portanti incluso il tavolato rilevata prima della chiusura ($u \leq 15\% \pm 3\%$) o rivestimenti in legno ($u \leq 12\% \pm 3\%$). Questi valori vanno rilevati con cura ed opportunamente documentati.

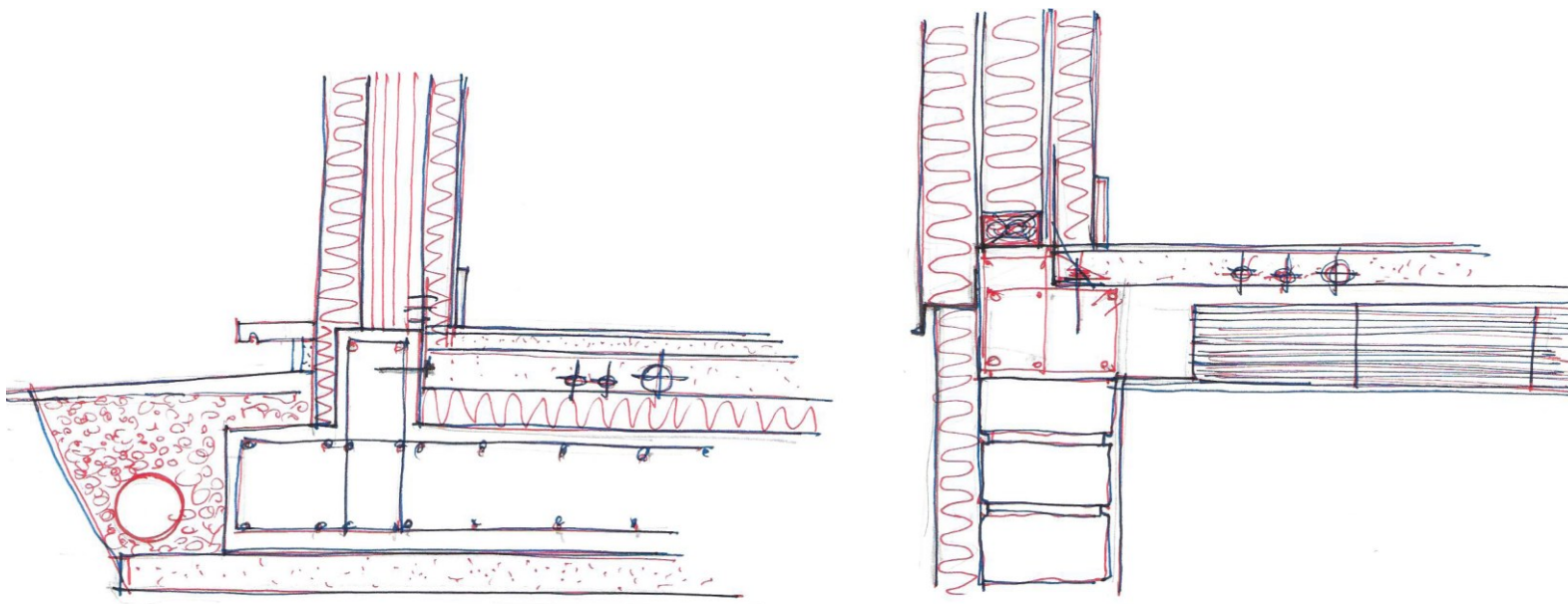
[1] UNI EN 15026:2008 “Prestazione termo-igrometrica dei componenti e degli elementi di edificio – Valutazione del trasferimento di umidità mediante una simulazione numerica”.





4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

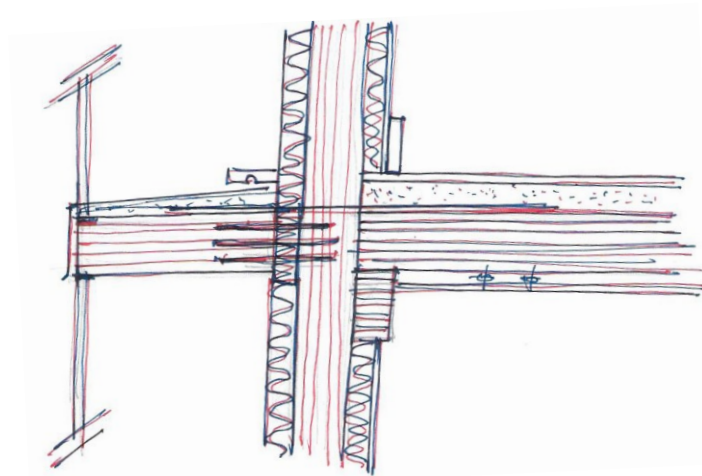
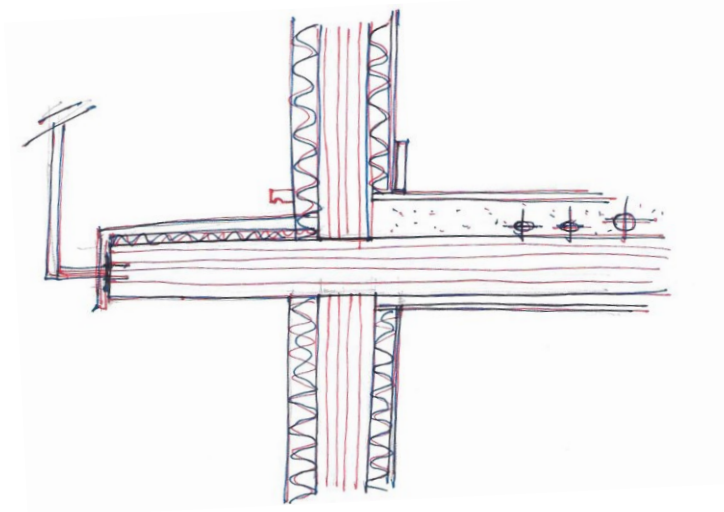
4.1 Nuove costruzioni e sopraelevazioni





4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

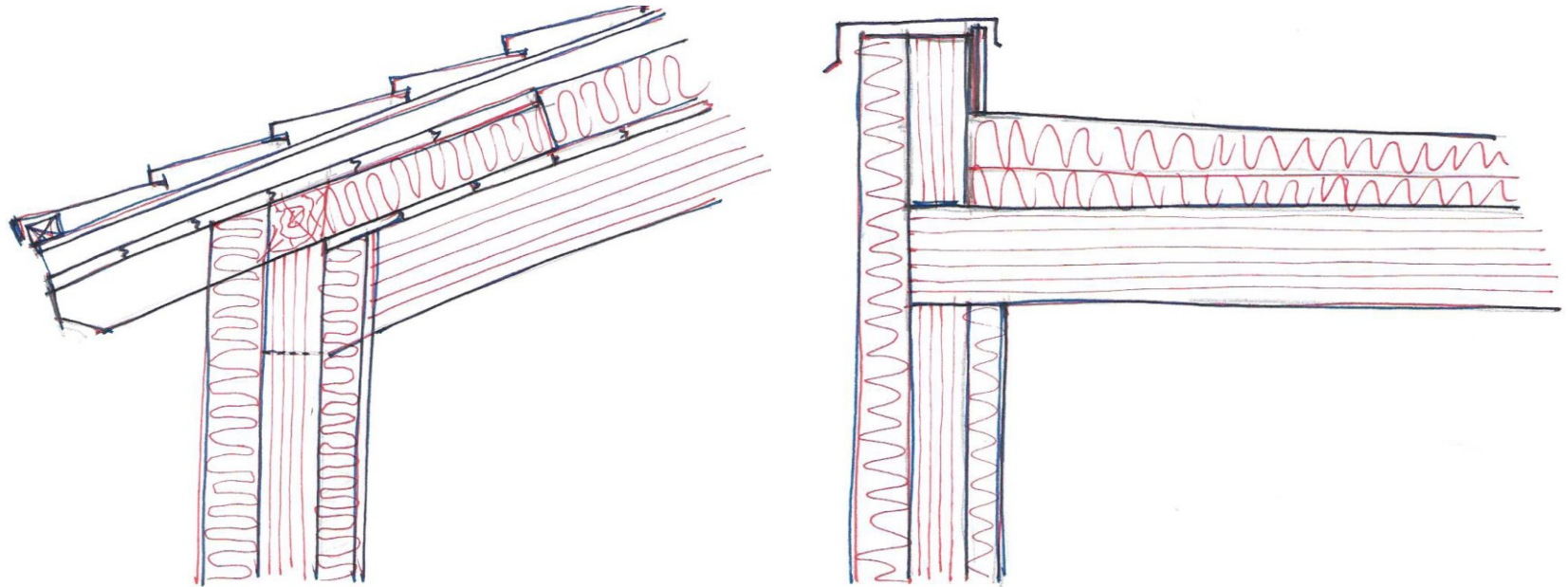
4.1 Nuove costruzioni e sopraelevazioni





4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

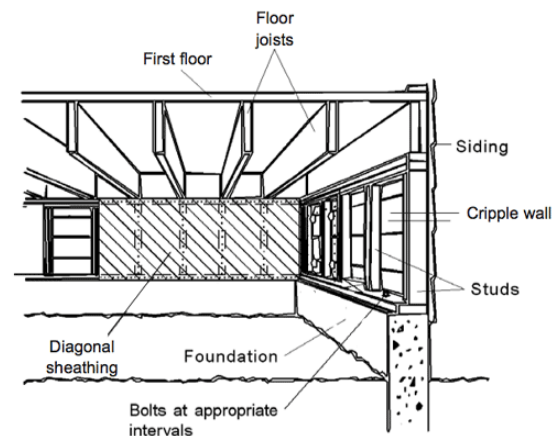
4.1 Nuove costruzioni e sopraelevazioni



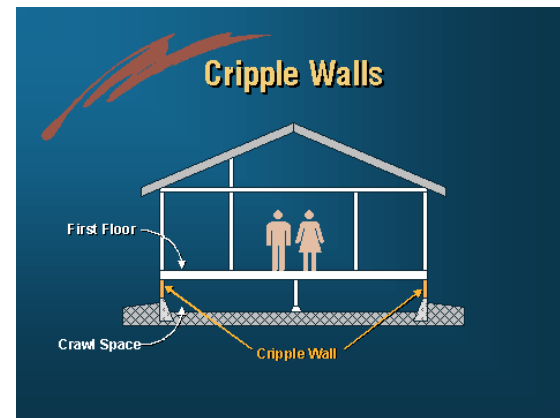


4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.1 Nuove costruzioni e sopraelevazioni: l'attacco alla base



Uno dei villaggi più antichi sopra a Torgnon (Valle d'Aosta). Rascard del 1400: il Legno di larice, dopo 600 anni, somiglia alla pietra...(Courtesy of Prof. Arch. D. Giachino):



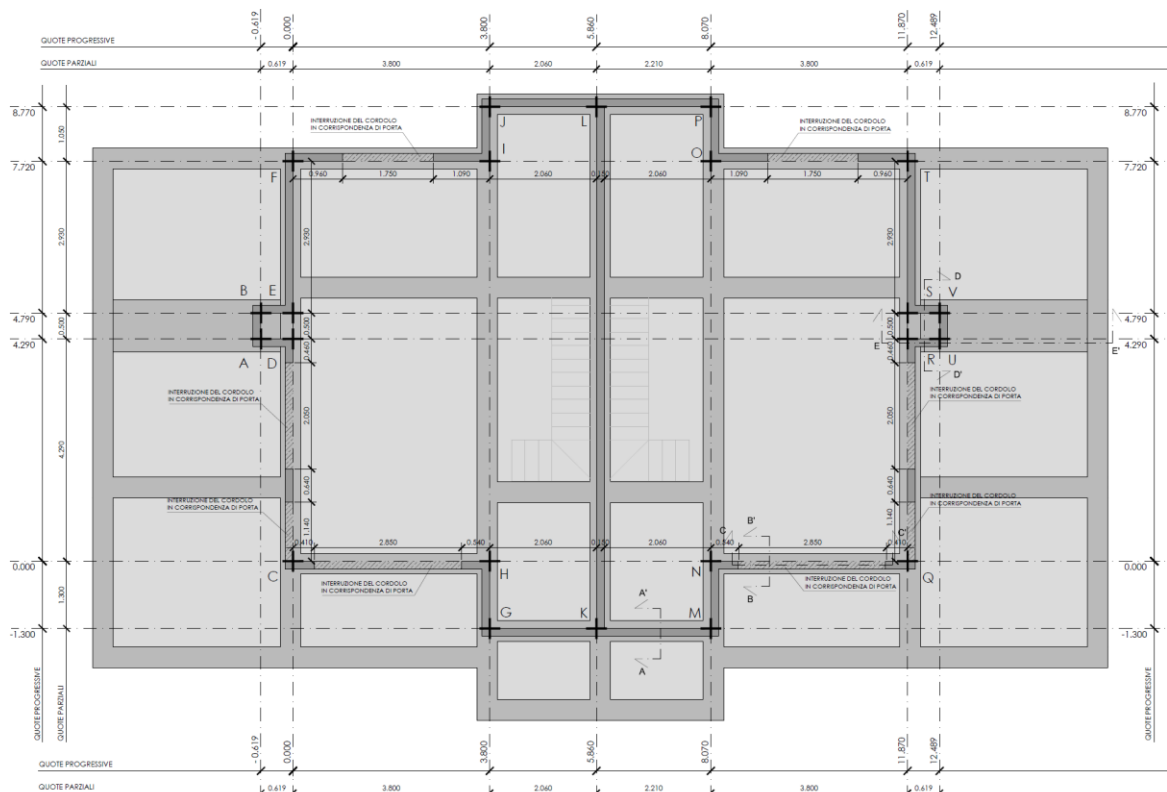
Cripple Walls - fonte <https://www.earthquakecountry.org/step4/cripplewalls/>



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.1 Nuove costruzioni e sopraelevazioni: l'attacco alla base

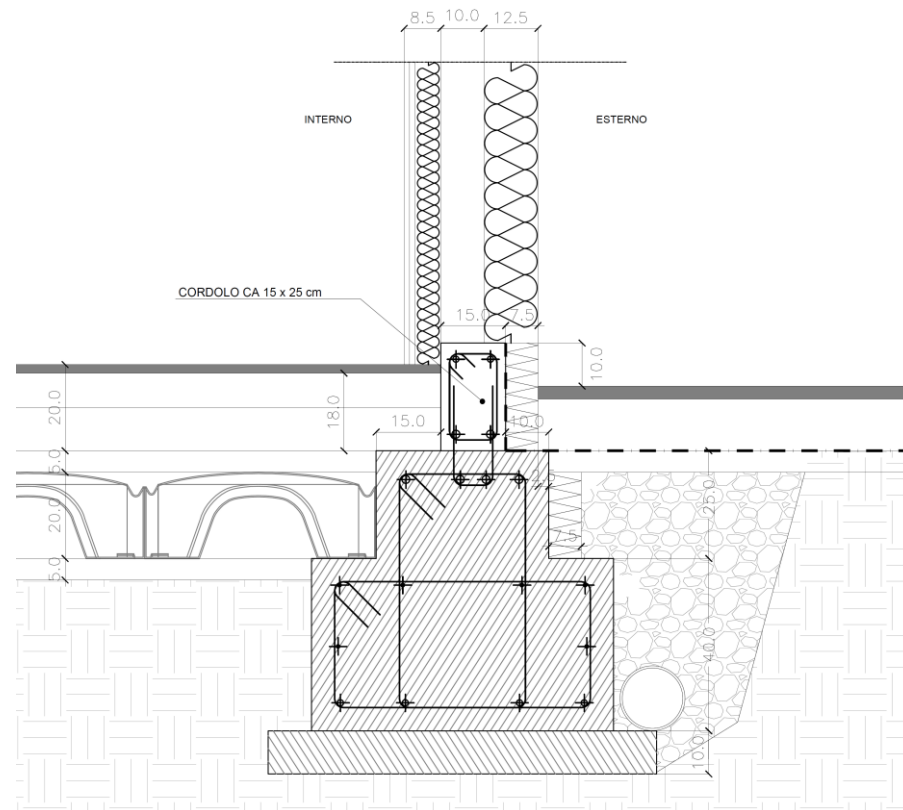
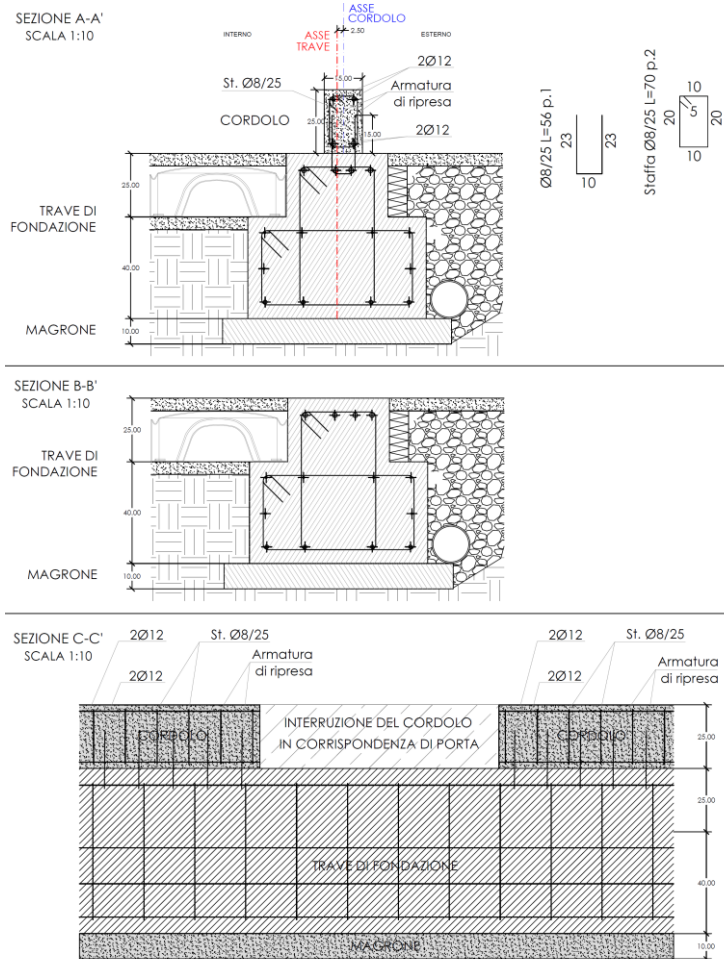
PIANTA FILI FISSI
SCALA 1:50





4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

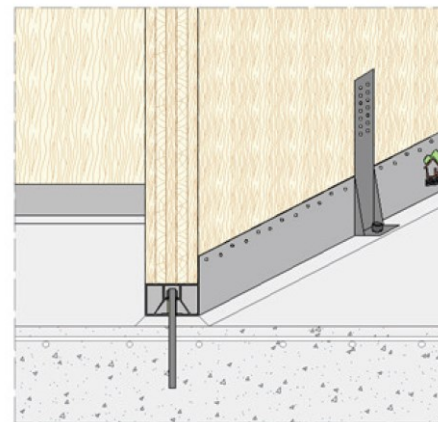
4.1 Nuove costruzioni e sopraelevazioni: l'attacco alla base





4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

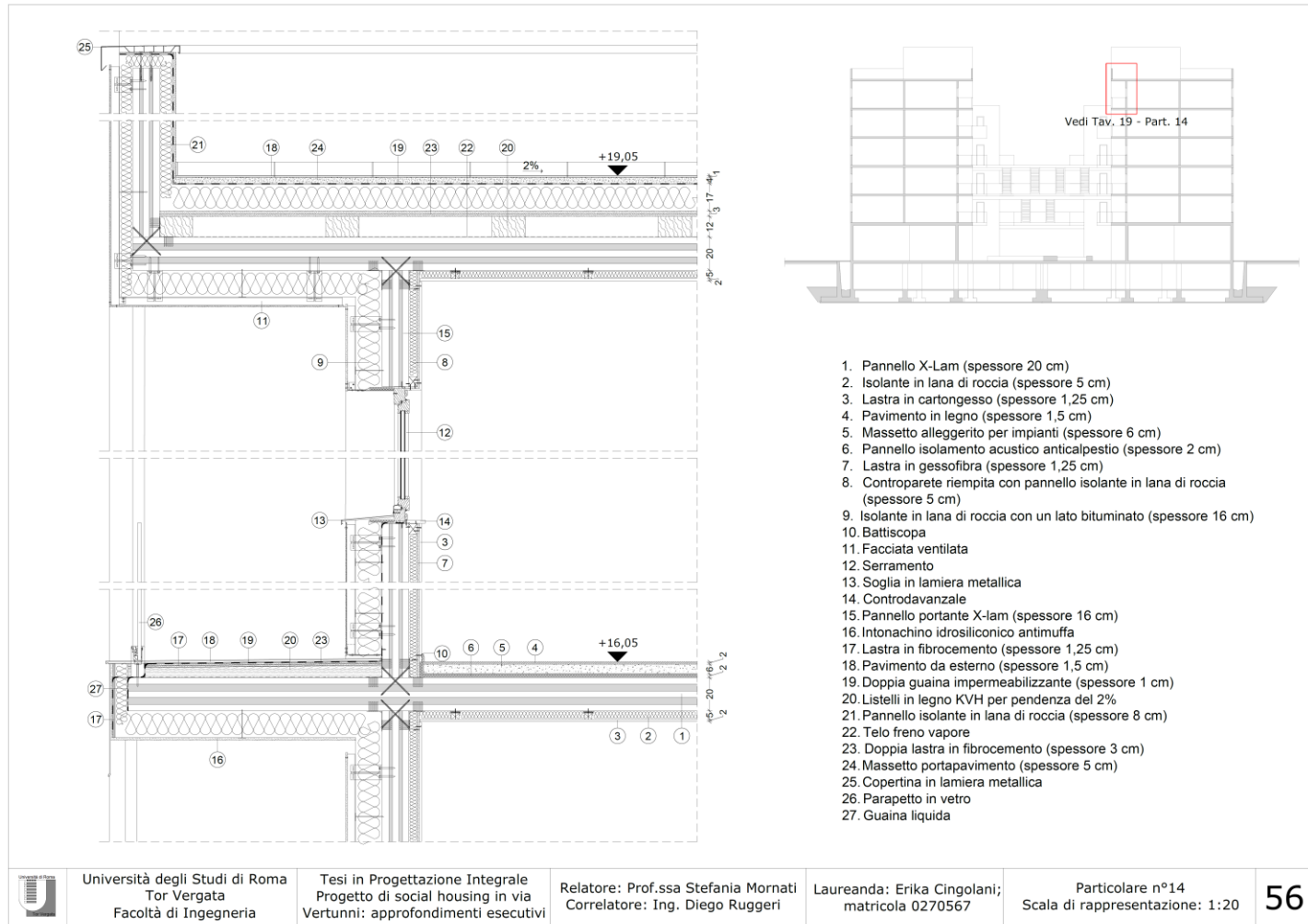
4.1 Nuove costruzioni e sopraelevazioni: l'attacco alla base





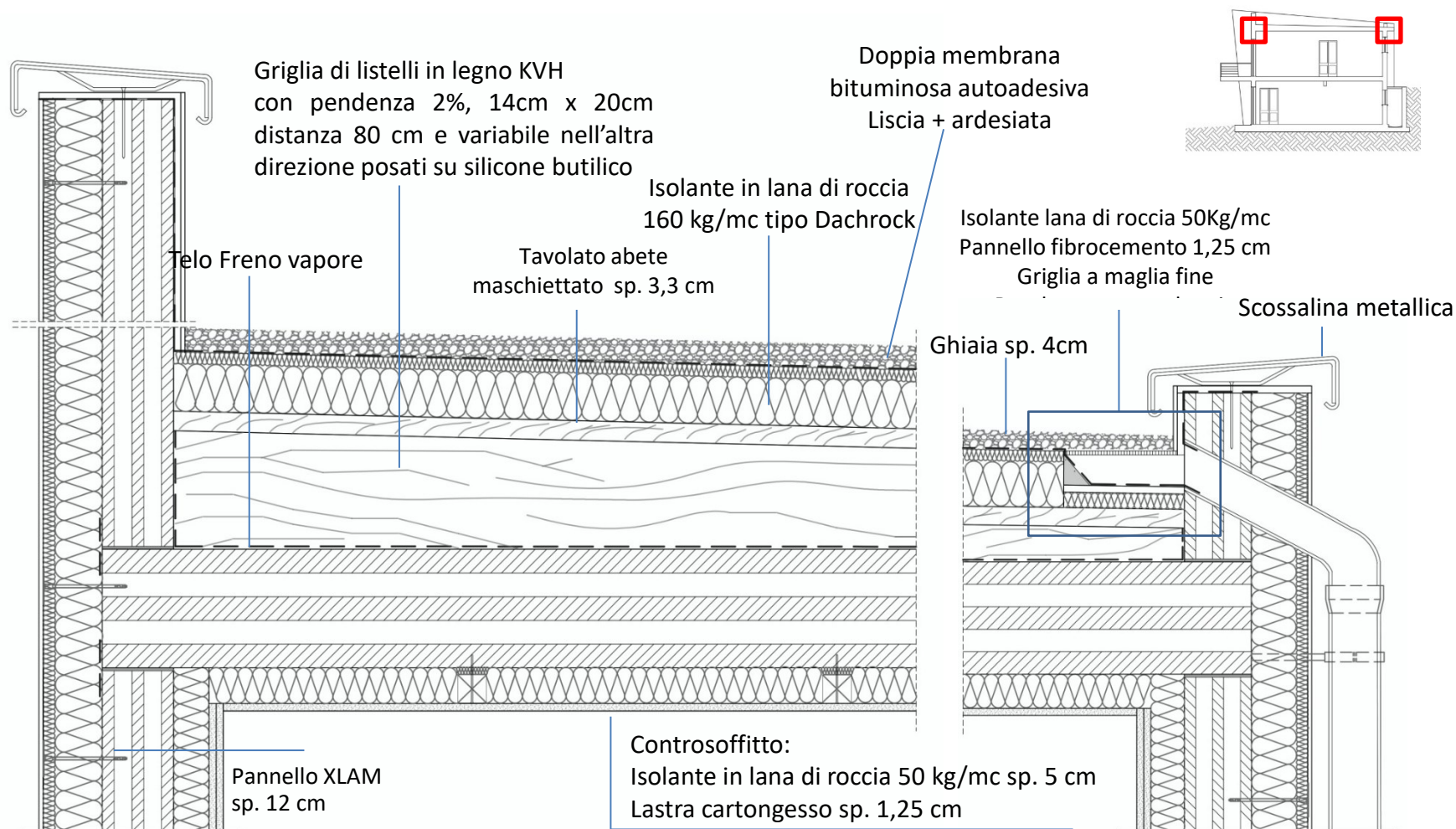
4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.1 Nuove costruzioni e sopraelevazioni: gli aggetti e le coperture



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

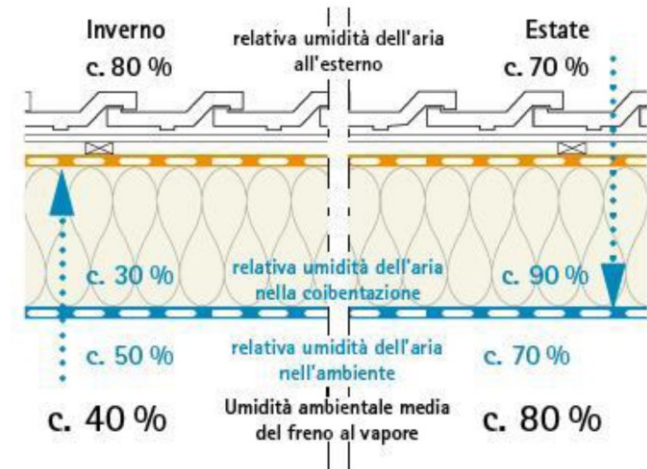
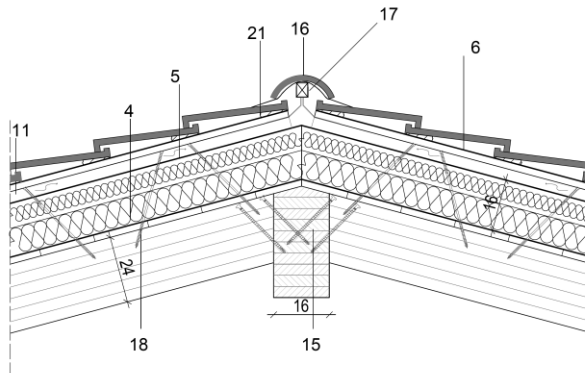
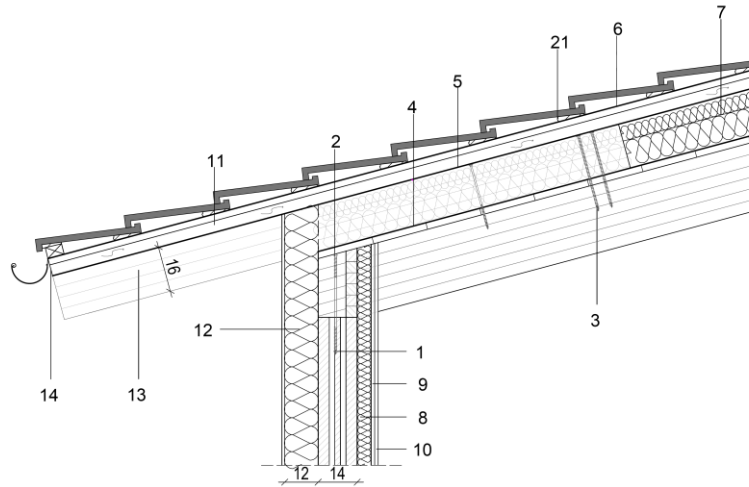
4.1 Nuove costruzioni e sopraelevazioni: le coperture piane





4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.1 Nuove costruzioni e sopraelevazioni: le coperture inclinate

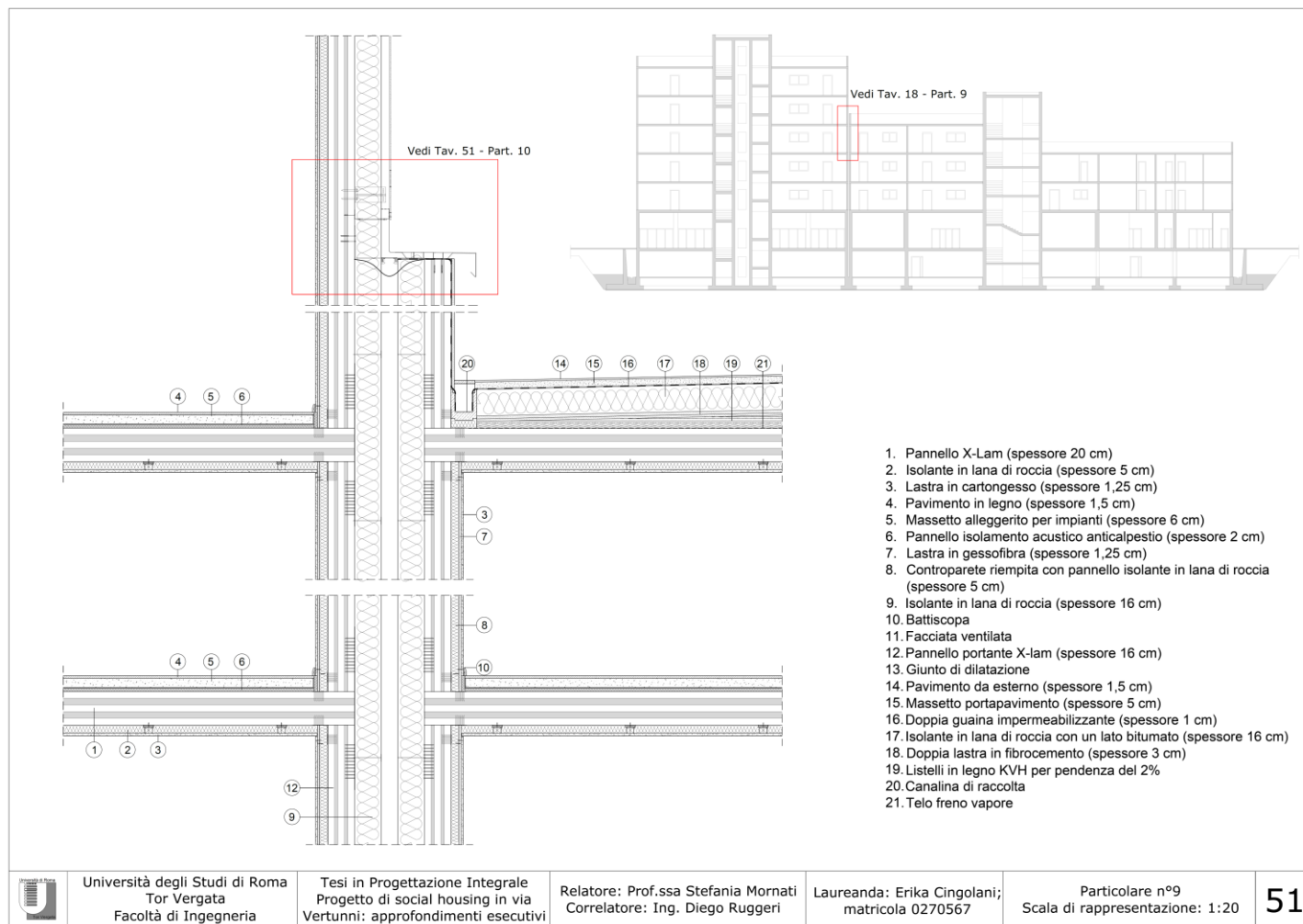


- | | |
|---|---|
| 1) XLAM | 13) Trave lamellare |
| 2) Vite a testa svasata HBS | 14) Rete con fori di ventilazione |
| 3) Connettore a testa svasata a tutto filetto | 15) Connettore a tutto filetto con testa cilindrica |
| 4) Freno a vapore | 16) Sottocolmo ventilato |
| 5) Membrana traspirante | 17) Staffa porta listello |
| 6) Membrana bituminosa impermeabilizzante | 18) Connettore per isolante a doppio filetto |
| 7) Fibr di legno densità 150kg/mc sp. 16cm | 19) Nastro sigillante per serramenti |
| 8) Lana di roccia mono densità sp 50 mm | 20) Isolante polistirene estruso XPS |
| 9) Lastra di cartongesso sp. 12.5mm | |
| 10) Lastra di fibrogesso sp. 12.5mm | |
| 11) Listello per camera di ventilazione | |
| 12) Lana di roccia doppia densità sp 12cm | |



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

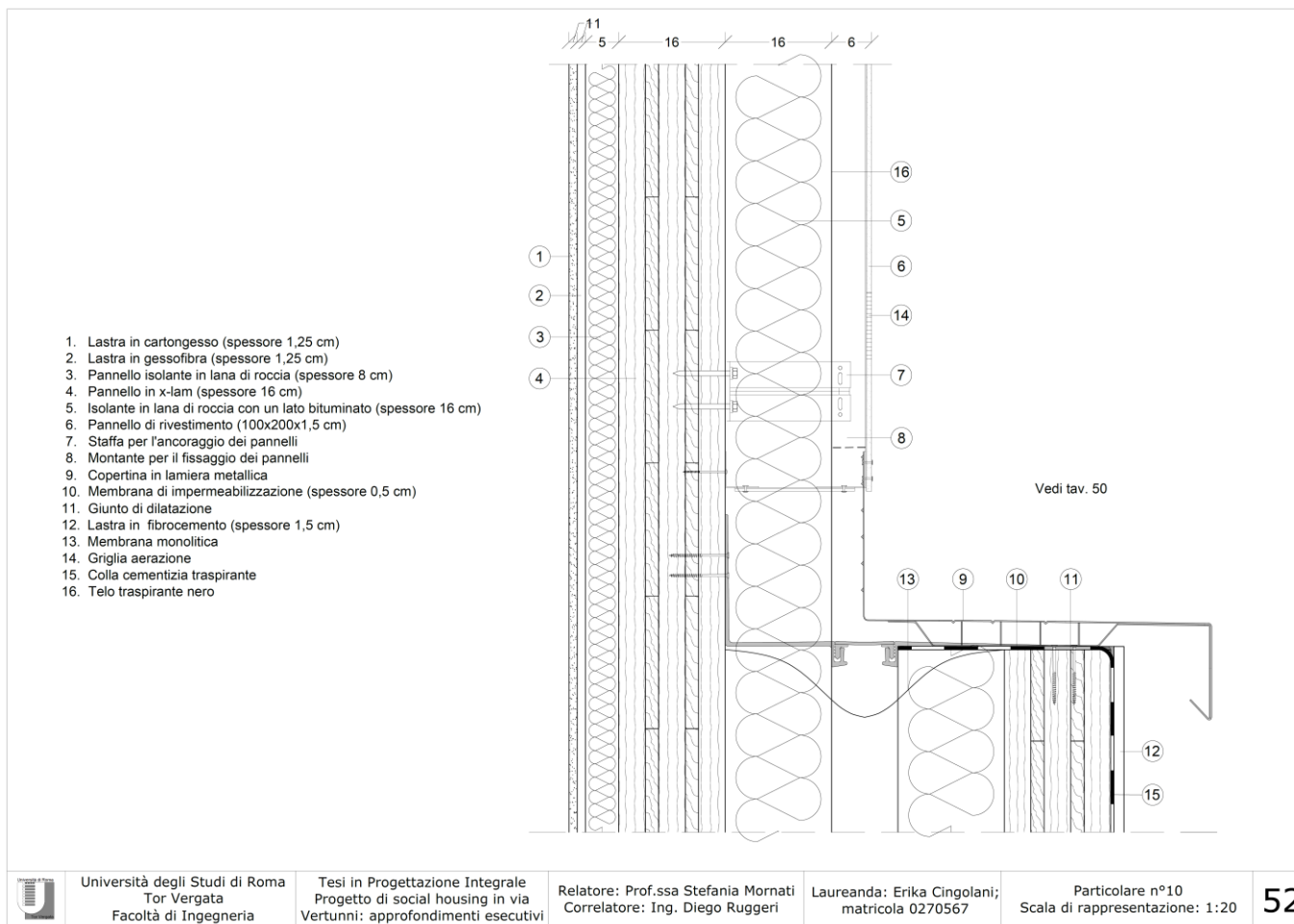
4.1 Nuove costruzioni e sopraelevazioni: i giunti sismici





4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

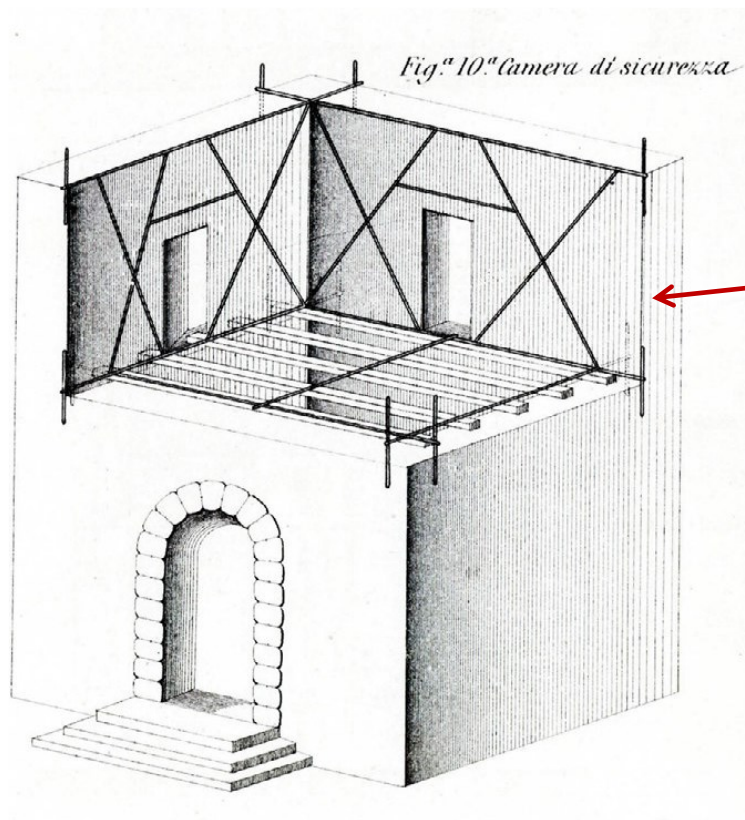
4.1 Nuove costruzioni e sopraelevazioni: i giunti sismici





4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei



Camera di sicurezza: incremento forze di aggancio al piano, riduzione meccanismi di primo modo (in copertura contribuisce anche l'effetto scatolare dato dalle falde in caso di comportamento a membrana)

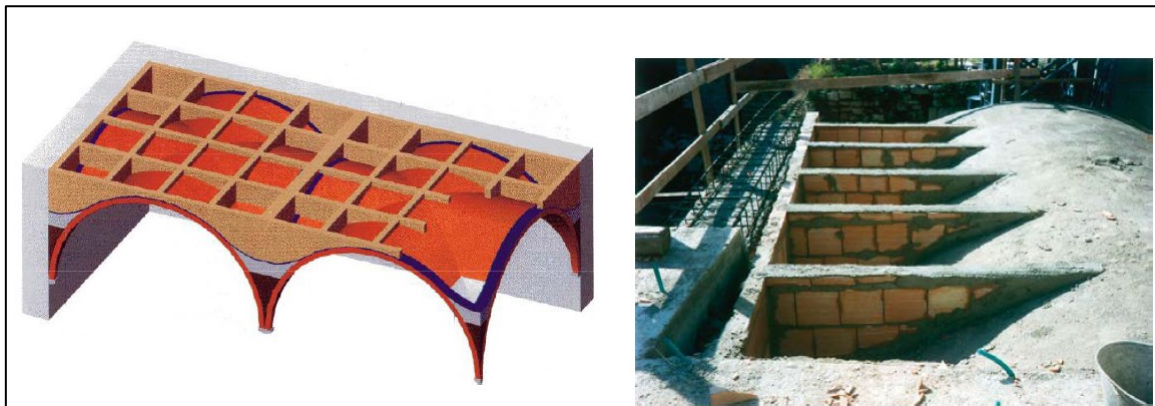
Basamento sufficientemente «rigido» e con spinte contrastate

Pesso, L. *Sul consolidamento delle fabbriche nelle Calabrie contro i danni dei terremoti*, in «L'ingegneria civile e le arti Industriali», III, Fasc. 9. Torino: Camilla e Bertolero Ed., 1876

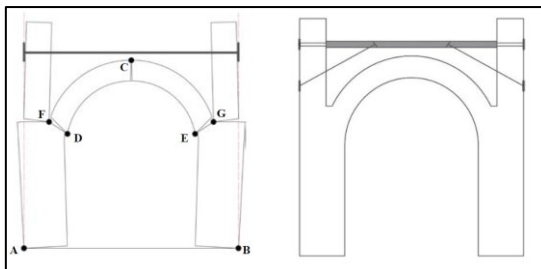


4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

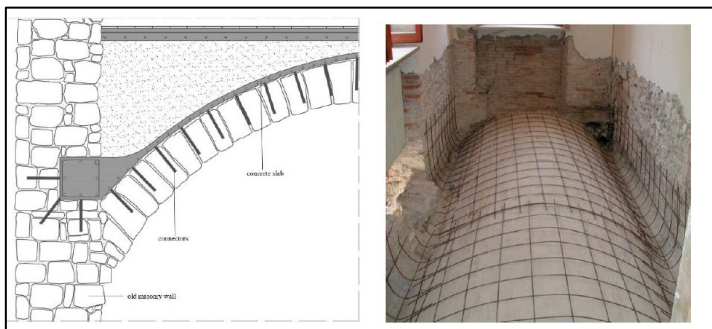
4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei



FRENELLI DI
IRRIGIDIMENTO IN
MURATURA O IN LEGNO



TIRANTI «A BRAGA» CON ELEMENTO
ORIZZONTALE SUFFICIENTEMENTE
RIGIDO (LIGNEO)



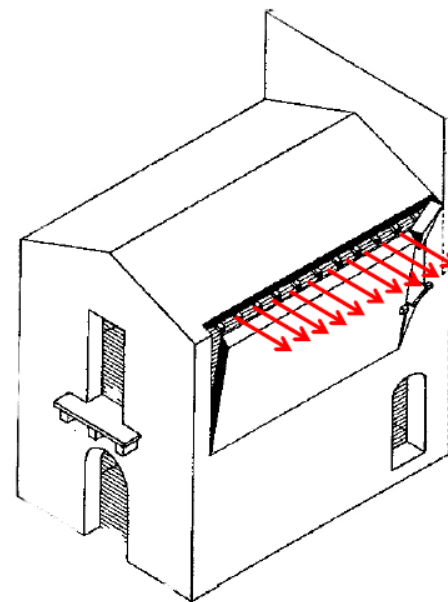
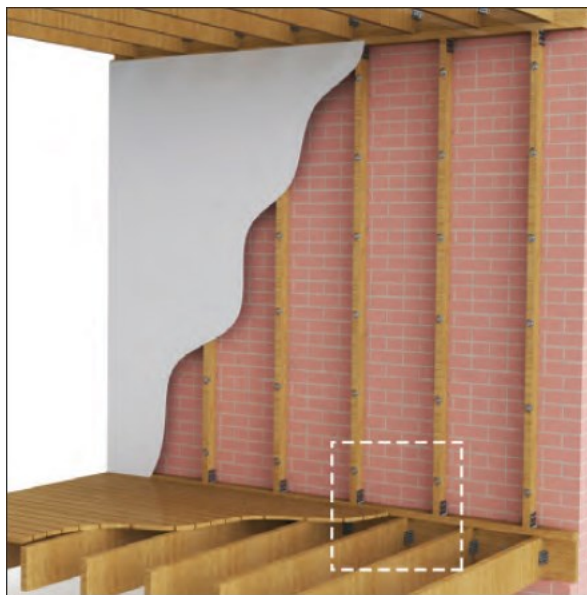
CAPPA ARMATA



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

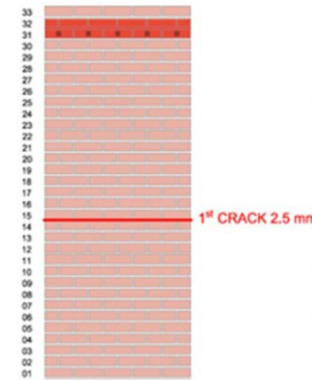
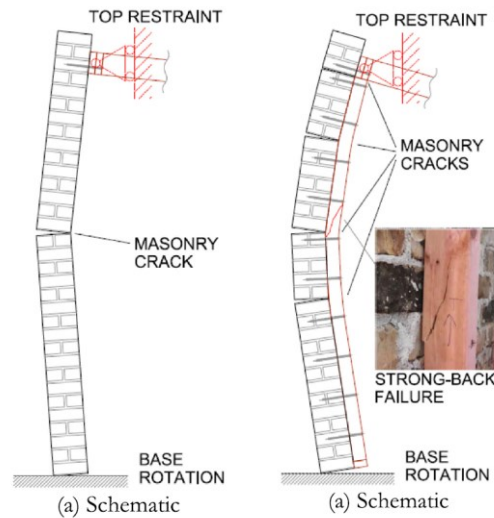
4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei

- Presidio anti - ribaltamento delle pareti in muratura mediante l'utilizzo di Strong-Backs lignei

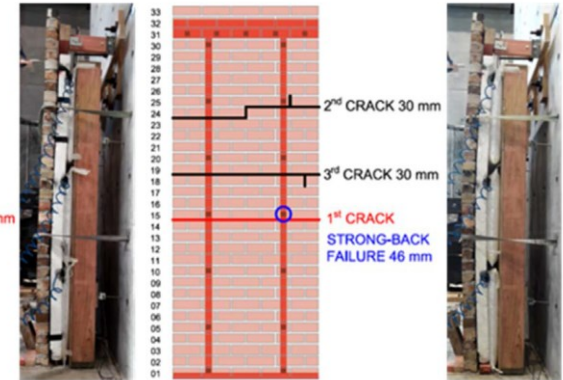


4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei



(h) W4.URM

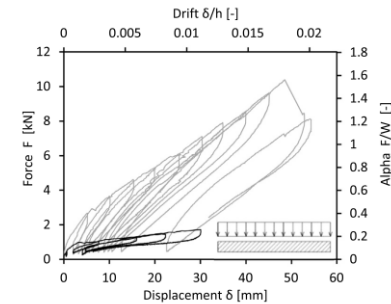


(i) W4.C

Result summary of the experimental testing campaign.

Wall ID	Weight W(kN)	Horizontal force F (kN)	Alpha F/W (-)	Displacement δ (mm)*	Drift δ/h^{**} (%)	Capacity Increase (%) ***
W1.URM	13.44	4.63	0.344	4	0.15	-
W1.C	13.44	16.41	1.221	75	2.78	254
W2.URM	13.44	6.03	0.449	37	1.37	-
W2.C	13.44	20.61	1.534	75	2.78	242
W2.T	13.44	33.95	2.527	51	1.89	463
W3.URM	6.50	3.14	0.483	29	1.07	-
W3.C	6.50	8.77	1.349	78	2.89	179
W4.URM	6.65	1.73	0.260	30	1.11	-
W4.C	6.65	10.39	1.563	46	1.70	501
W5.URM	6.65	1.51	0.227	38	1.40	-
W5.C	6.65	6.26	0.941	82	3.04	315
W5.T	6.65	16.73	2.516	76	2.81	1008

Note: *displacement measured when the maximum force was reached; **h = restraint height (2700 mm for all specimens); *** increase calculated above the URM capacity (W#.URM).



(d) W4.URM and W4.C

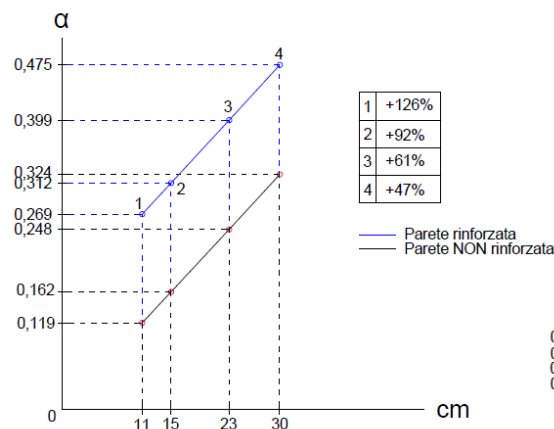
Cassol, D., Giongo, I., Ingham, J. e Dizhur, D. (2021). Seismic out-of-plane retrofit of URM walls using timber strong-backs. *Edilizia e materiali da costruzione*, 269, 121237.

4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

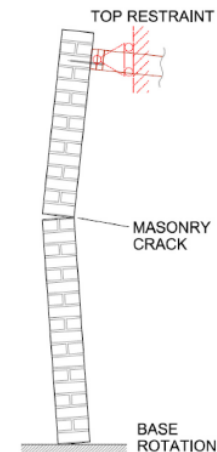
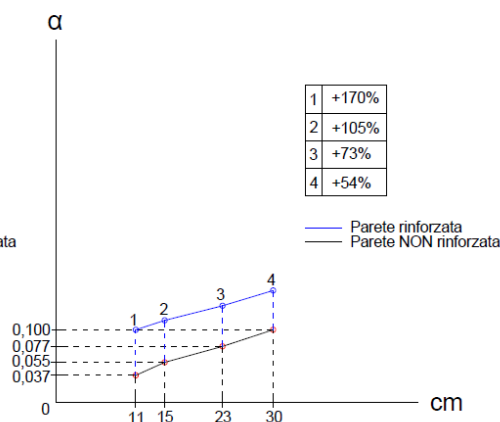
4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei

- Verifica del moltiplicatore dei carichi orizzontali di collasso α

VERIFICA 1: AGGANCIO AL SOLAIO DI COPERTURA



VERIFICA 2: COMPORTAMENTO A MENSOLA



Si osserva come all'aumentare dello spessore della muratura si ottengono dei miglioramenti via via sempre più bassi; infatti, partendo da uno spessore pari a 11 cm, a cui corrisponde un miglioramento rispettivamente del 126 e 170%, si arriva ad una percentuale di miglioramento del 47 e 54% nel caso di uno spessore pari a 30 cm.

Tesi di laurea magistrale di Ing. A. Lucidi, Relatore: Prof. S. Coccia, Correlatore: Ing. D. Ruggeri, (2022)

«Miglioramento sismico per edifici in muratura di mattoni pieni mediante l'uso di sistemi di rinforzo misti legno-acciaio». Università degli Studi di Roma «Tor Vergata»

4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei

Complesso della Fratticciola (SI): edificio principale e annesso «ex-tabaccaia»



Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*, ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)

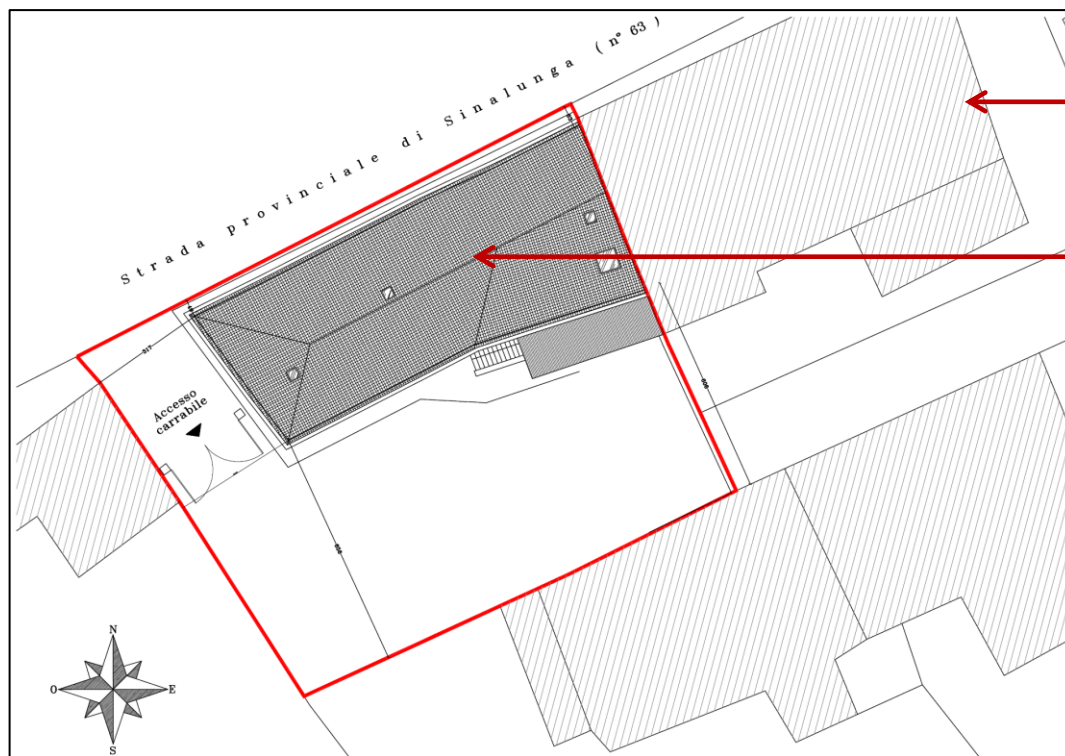
Si ringrazia Casa 21 Srl nella persona del suo amm.re T. Lungarella e dell'ideatore del protocollo Casa21 Arch. S. Seddio



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei

Complesso della Fratticciola (SI): edificio principale e annesso «ex-tabaccaia»



ALTRA PROPRIETA' (NON
OGGETTO DI
INTERVENTO)

PORZIONE OGGETTO DI
INTERVENTO

- ANALISI STORICO CRITICA E VERIFICA GLOBALE SEMPLIFICATA PER TUTTA L'UNITA' STRUTTURALE (ANCHE LA PARTE NON OGGETTO DI INTERVENTO)
- INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DEI MECCANISMI LOCALI FUORI PIANO (I MODO) SENZA INCREMENTO DI RIGIDEZZA DEI MASCHI MURARI

Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)

Ing. Diego Ruggeri



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei

Complesso della Fratticciola (SI): edificio principale – foto dello stato di fatto

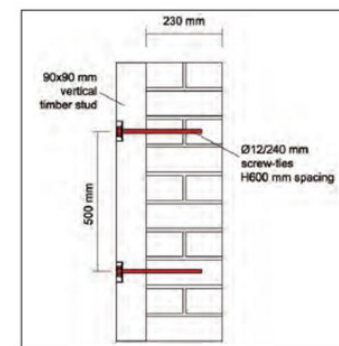
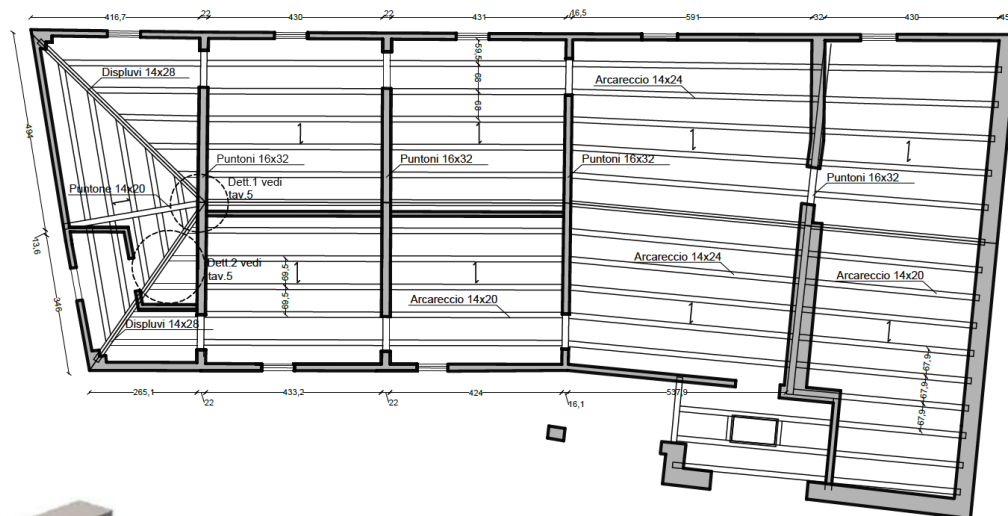


Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)

4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

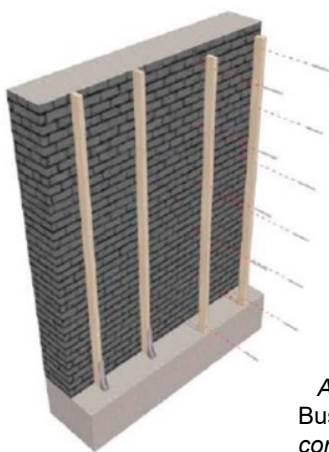
4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei

CARPENTERIA COPERTURA



Schematizzazione del sistema ibrido muratura-legno con contrafforti lignei fissati mediante a) staffe angolari e viti; b) viti passanti attraverso i montanti (tratto da Dizhur D., Giaretton M., Giongo I., Ingham J. Seismic retrofit of masonry walls using timber strong-backs. SESOC Journal, 30(2), 30-44, 2017)

Assonometria relativa all'applicazione di contrafforti lignei alla parete muraria per mezzo di connettori metallici (tratto da Busselli M., Cassol D., Prada A., Giongo I. Tecniche integrate basate sul legno per migliorare l'efficienza energetica e il comportamento sismico degli edifici esistenti in muratura. Sostenibilità, 13 (18), 10379, 2021)

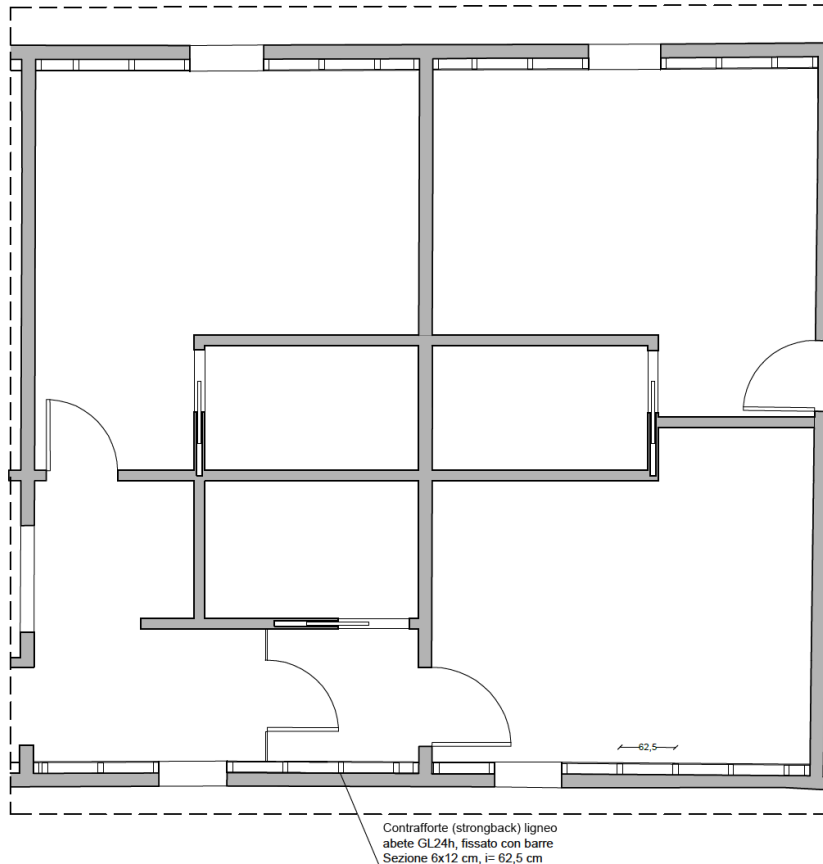




4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei

INGRANDIMENTO PIANTA PIANO PRIMO



FASI:

- Realizzazione spiombatura pareti con fasce di malta cementizia impermeabile
- Posa di freno vapore
- Fissaggio contrafforti alla muratura con barre filettate e ancoranti chimici
- Posa in opera impianti e protezione facce laterali dei contrafforti mediante membrane adesive
- Posa dell'isolamento termoacustico
- Posa delle lastre in argilla, rasatura e intonacatura

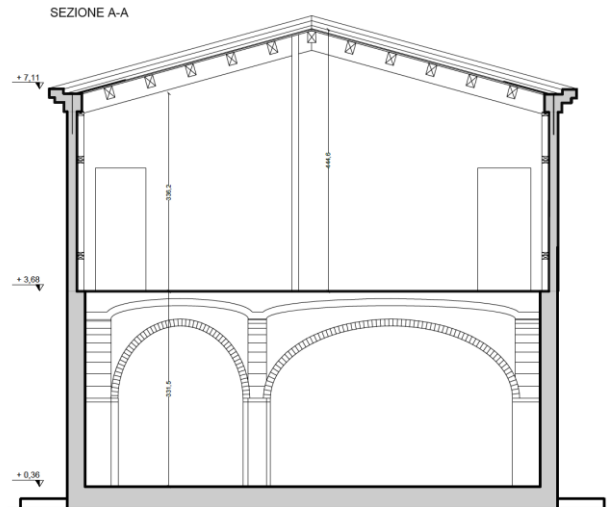
ALCUNE CONSIDERAZIONI:

- Lo spessore complessivo della parete di rinforzo è di c.ca 15 cm
- Riduzione della superficie del 4%
- Utilizzo di lastre in argilla rivestite da intonaci a base di calce naturale al fine di rispondere a eventuali esigenze e vincoli sui materiali impiegati

4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei

ALCUNE CONSIDERAZIONI:



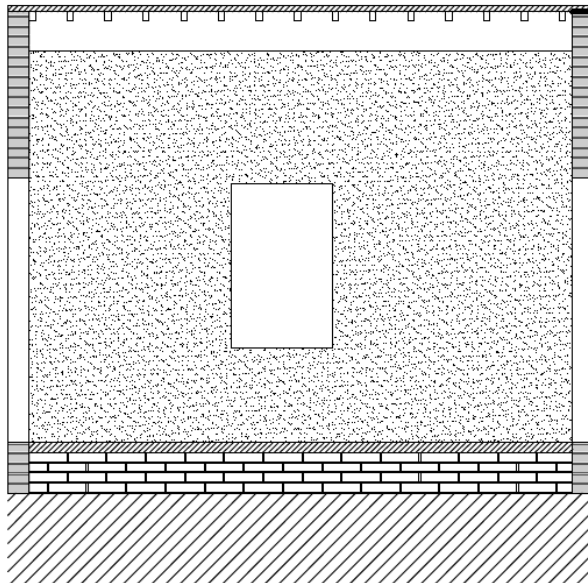
- INCREMENTO LIMITATO DI RIGIDEZZA A FRONTE DI UN INCREMENTO DI RESISTENZA DEI PARAMENTI MURARI
- RIDUZIONE DEI MECCANISMI DI PRIMO MODO
- MANTENIMENTO DELLA STRUTTURA MURARIA (TECNOLOGIA INTEGRATA ALLA MURATURA E NON SOSTITUTIVA DELLA MURATURA)
- MIGLIORAMENTI LOCALIZZATI CHE EVITANO PEGGIORAMENTI IN ZONE DISTANTI DALL'INTERVENTO, NELLA STESSA UNITA' STRUTTURALE
- LEGGEREZZA
- RESISTENZA MECCANICA
- PRINCIPIO DELLA «COMPENSAZIONE» DEI CARICHI GRAVITAZIONALI
- DURABILITA' PROGETTATA
- SISTEMI DI MONITORAGGIO INTEGRATI PER LA MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE DI LEGNO
- REVERSIBILITA' DELL'INTERVENTO (SOVRINTENDENZE)



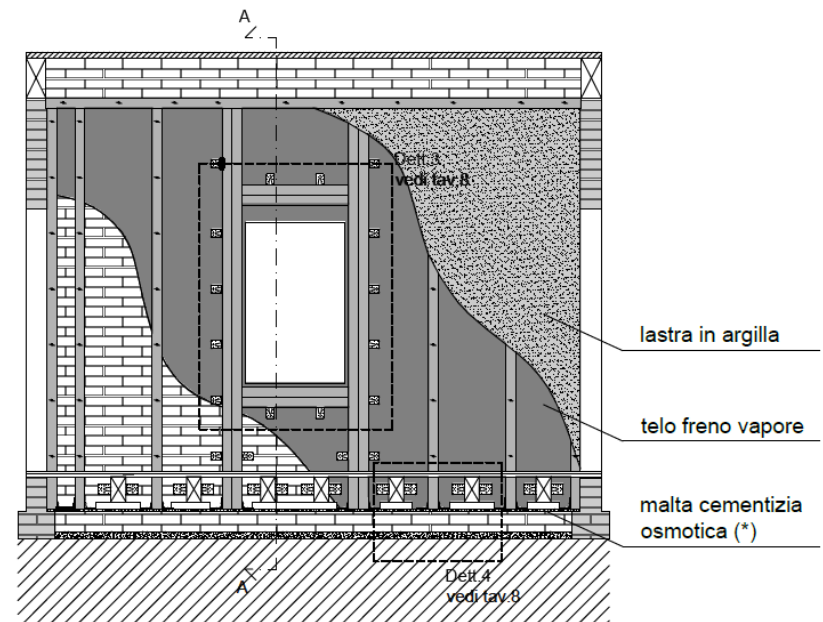
4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei

ANTE



POST
soluzione 1 (con controparete)



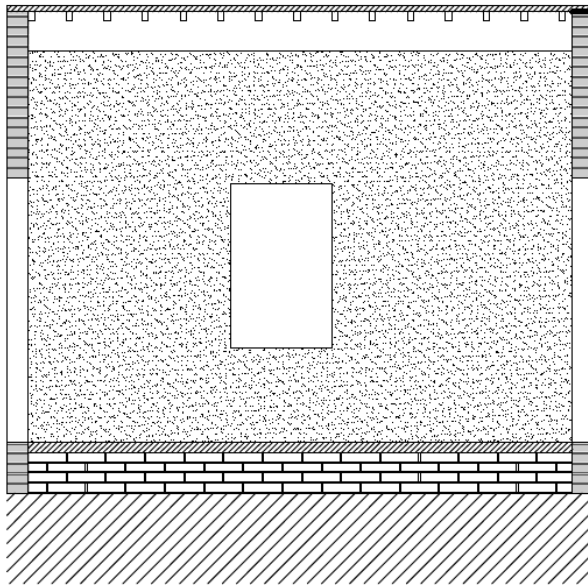
Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



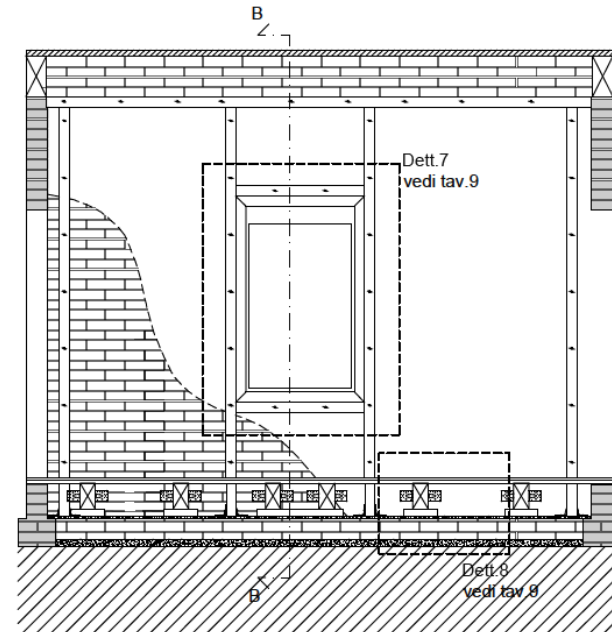
4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei

ANTE



POST
soluzione 2 (senza controparete)



Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)

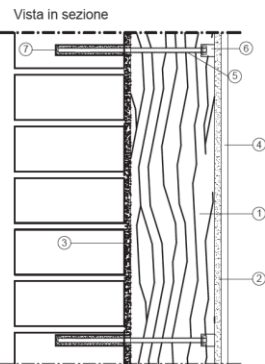
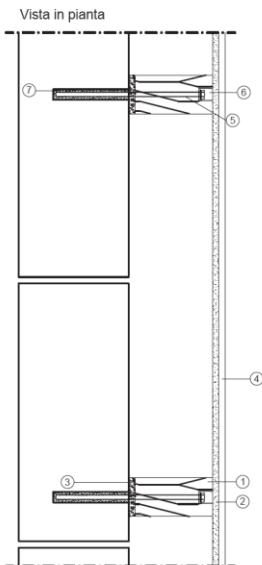




4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei

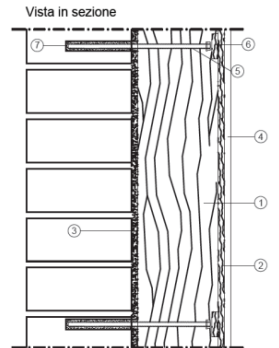
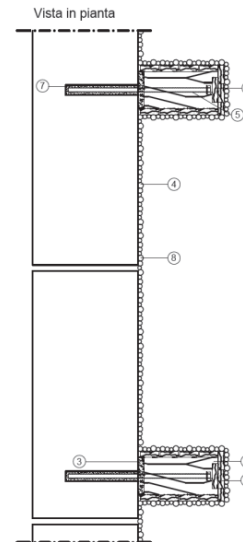
PARTICOLARE FISSAGGIO STRONGBACKS
(soluzione 1 - con controparete)



LEGENDA

1	Montante GL24h 60x120 mm
2	Pannello in argilla spessore 1,5 cm
3	Malta cementizia impermeabile
4	Calce naturale
5	Barra filettata M8x230
6	Cleca per alloggiamento testa dado+rondezza
7	Ancorante chimico

PARTICOLARE FISSAGGIO STRONGBACKS
(soluzione 2 - senza controparete)



LEGENDA

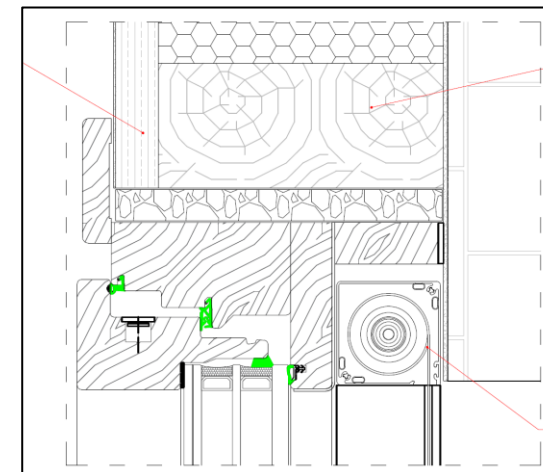
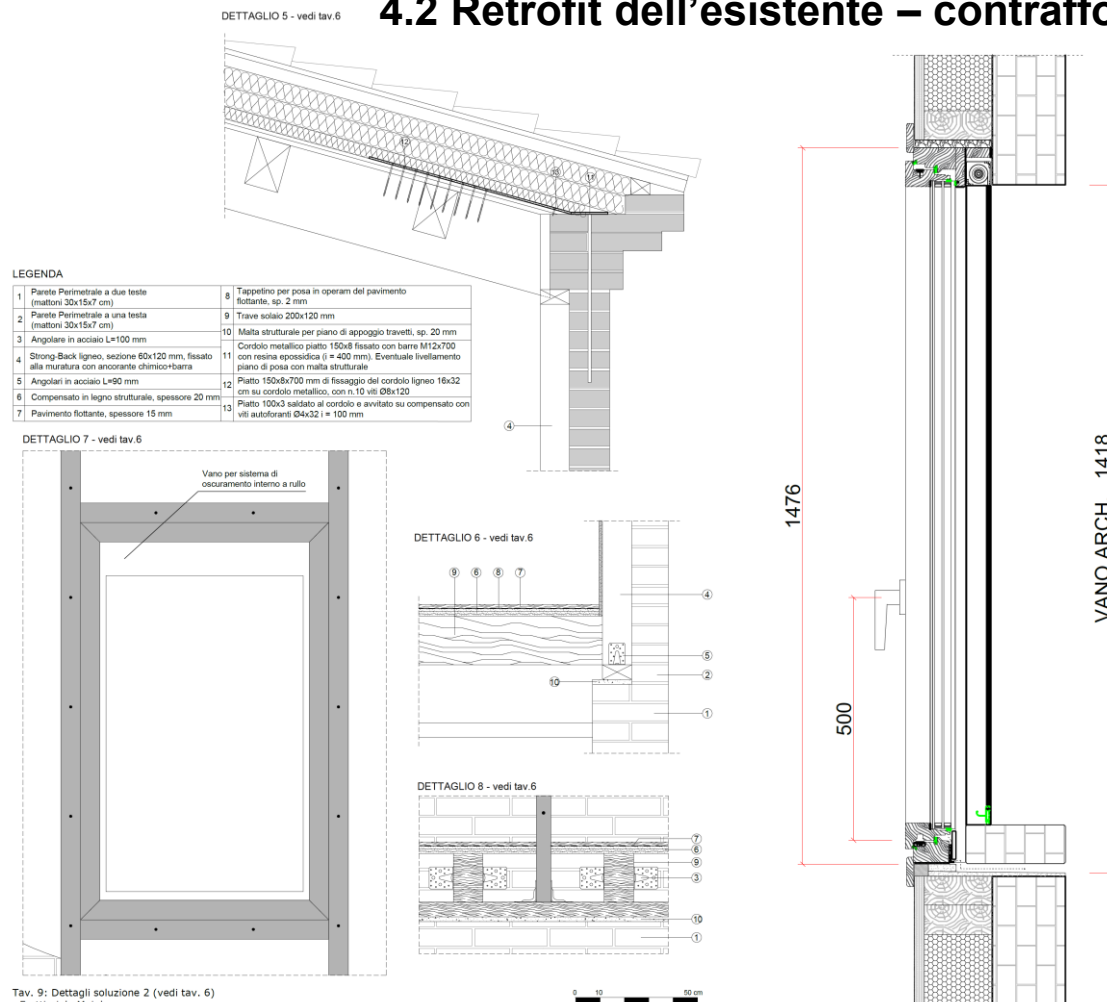
1	Montante GL24h 60x120 mm
2	Listelli in legno 10x30 mm
3	Malta cementizia impermeabile
4	Intonaco a base naturale
5	Barra filettata M8x230
6	Tappo in legno s=10 mm
7	Ancorante chimico
8	Incannucciato

Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei



Credits: Polvanesi S.r.l.

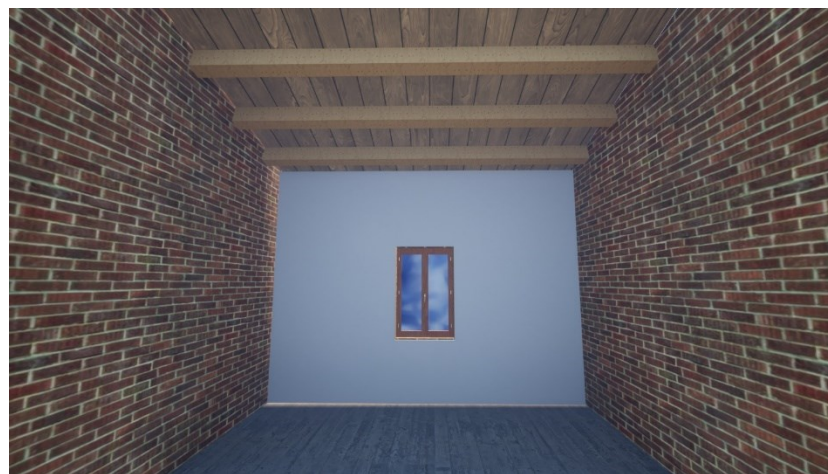
Tav. 9: Dettagli soluzione 2 (vedi tav. 6)
- Fratticiola Mainhouse

Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – contrafforti lignei



Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)

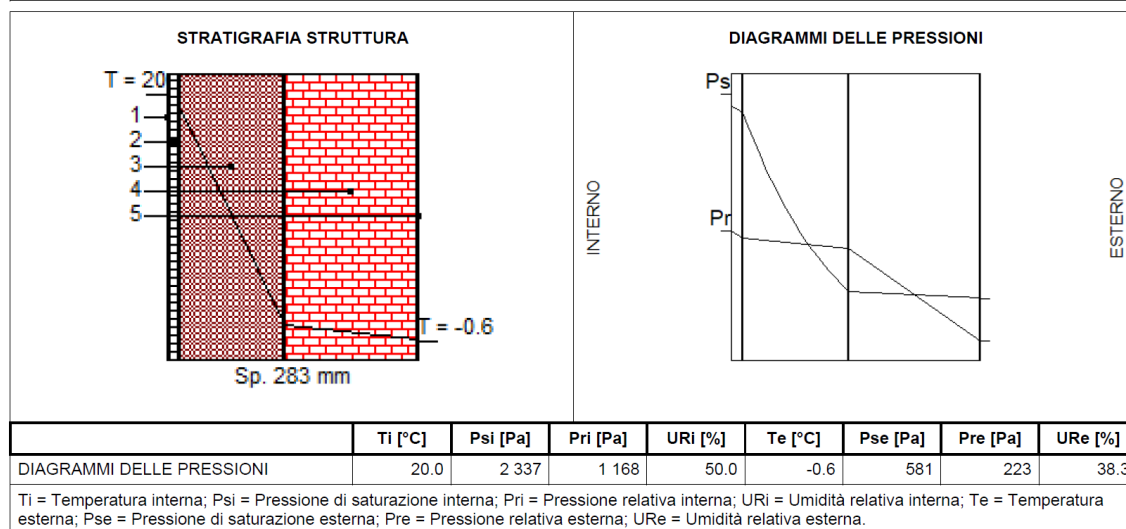


4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – problemi di condensa dell'isolamento dall'interno

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Cartongesso in lastre	13	0.210	16.154	11.70	23.000	1000	0.062
3	Da rocce feldspatiche -pannelli rigidi- appl. interne - mv.80.	120	0.038	0.321	9.60	150.000	1030	3.117
4	Mattoni pieni per abaco 11552.	150	0.720	4.800	270.00	20.570	1000	0.208
5	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 3.557 m²K/W						TRASMITTANZA = 0.281 W/m²K		
SPESSORE = 283 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 16.098 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 291 kg/m²		
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.10 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.37				SFASAMENTO = 8.34 h		
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.7911								

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..



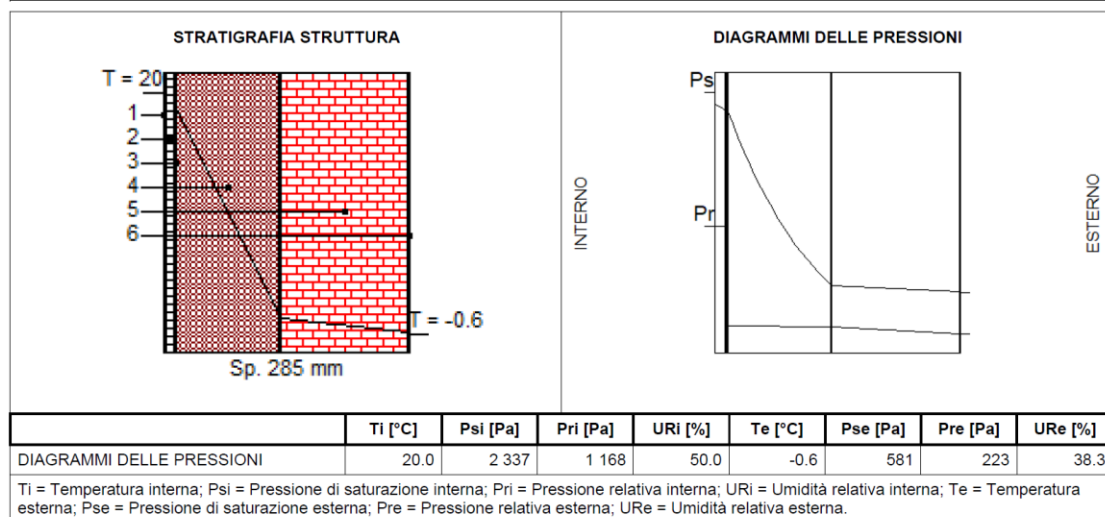
Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)

4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – problemi di condensa dell'isolamento dall'interno

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50°10¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Cartongesso in lastre	13	0.210	16.154	11.70	23.000	1000	0.062
3	PVC.	2	0.160	80.000	2.80	0.019	920	0.012
4	Da rocce feldspatiche -pannelli rigidi- appl. interne - mv.80.	120	0.038	0.321	9.60	150.000	1030	3.117
5	Mattoni pieni per abaco 11552.	150	0.720	4.800	270.00	20.570	1000	0.208
6	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 3.569 m²K/W						TRASMITTANZA = 0.280 W/m²K		
SPESSORE = 285 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 18.219 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 294 kg/m²		
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.10 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.37				SFASAMENTO = 8.48 h		
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.7911								

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50°10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..



Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building



Affiancamento

Architetto: Naumann Architektur, FNP Architekten
Progetto: S(ch)austall am Eiswoog
Luogo: Eiswoog, Germania
Anno: 2004
Immagini © Zooey Braun



Anastilosi

Arch. Simone Seddio, Progetto Casa 21 – Val d'Orcia
(demolizione e ricostruzione per con recupero delle pietre originali)

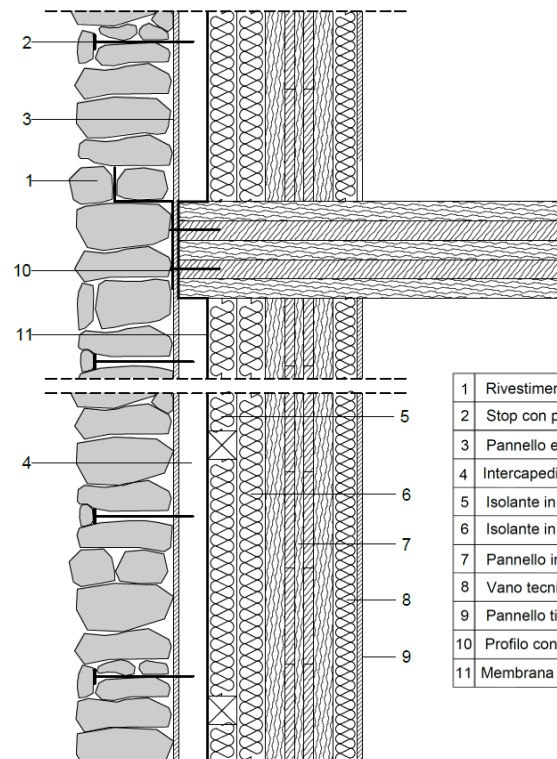
4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (anastilosi)



Credits DK Architetture – Bagnoregio (VT)

DETTAGLIO 1
vedi tav. 30



1	Rivestimento in pietra
2	Stop con piatto "a farfalla"
3	Pannello esterno wallpanel, spessore 10 mm
4	Intercapedine d'aria con montanti, spessore 60 mm
5	Isolante in lana di roccia, spessore 60 mm
6	Isolante in lana di roccia, spessore 60 mm
7	Pannello in CLT, spessore 140 mm
8	Vano tecnico per passaggio impianti
9	Pannello tipo wallpanel, spessore 10 mm
10	Profilo continuo a lamiera pressopiegata
11	Membrana monolitica traspirante di protezione



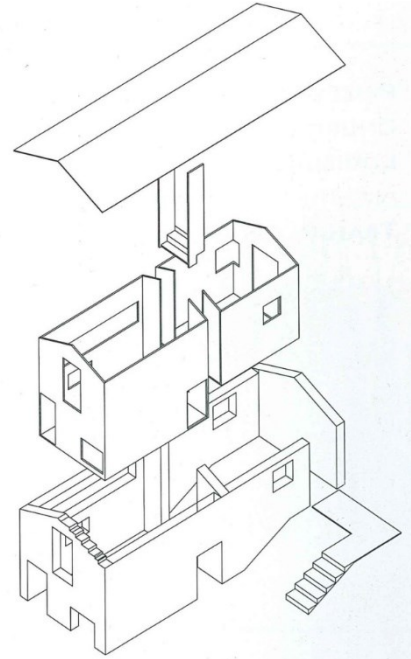
Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)

Ing. Diego Ruggeri



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento)



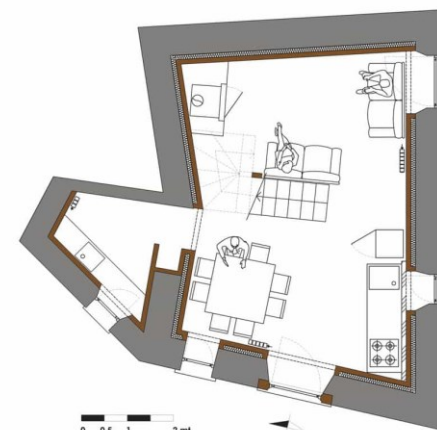
Architetto: Naumann Architektur, FNP
Architekten
Progetto: S(ch)austall am Eiswoog
Luogo: Eiswoog, Germania
Anno: 2004
Immagini © Zooey Braun

Fonte: <https://architectureandwonder.com/>

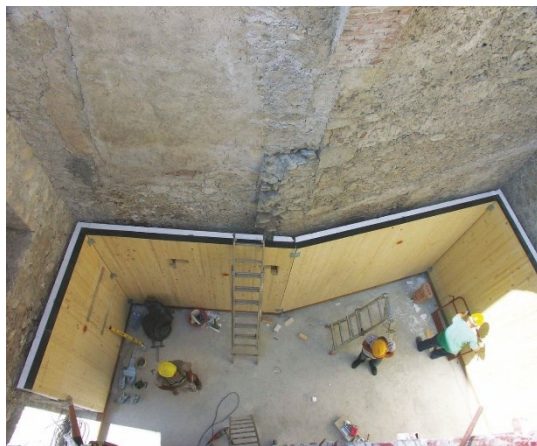


4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento)



PIANO TERRA



*Titolo del progetto: Casa Zero
Luogo e anno di progetto: Ovindoli (AQ), 2010
Committente: Alberto Giobbi
Progettista capogruppo: architetto Alberto Giobbi
Membri del gruppo: architetti Elena Giancaspro_Alfredo De Sanctis_Paola Di Pietrantonio
Foto: Vito Corvasce
Contatti: www.outstudio.it*



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

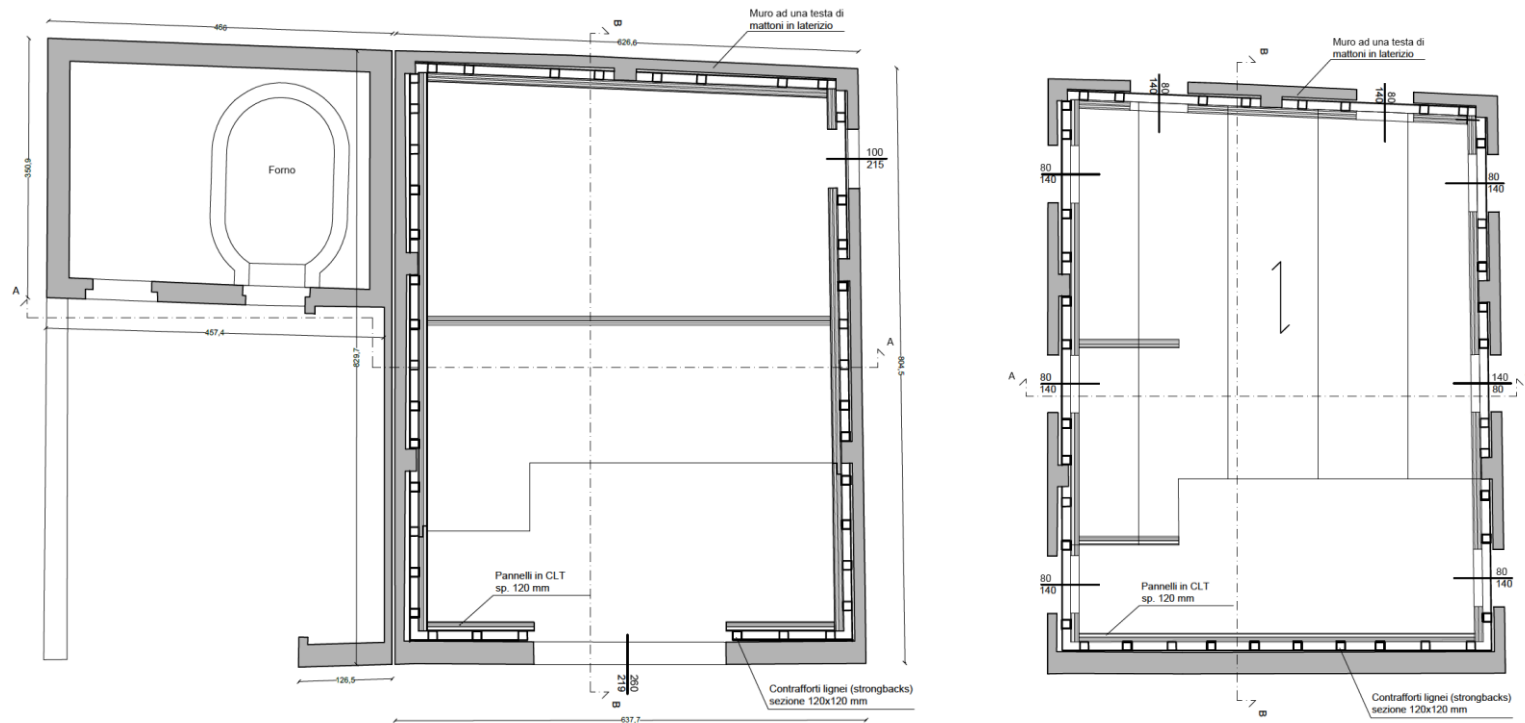
4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)





4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)



Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



Ing. Diego Ruggeri

Il dettaglio costruttivo e la durabilità del legno in progetti di nuova costruzione e di retrofit dell'esistente

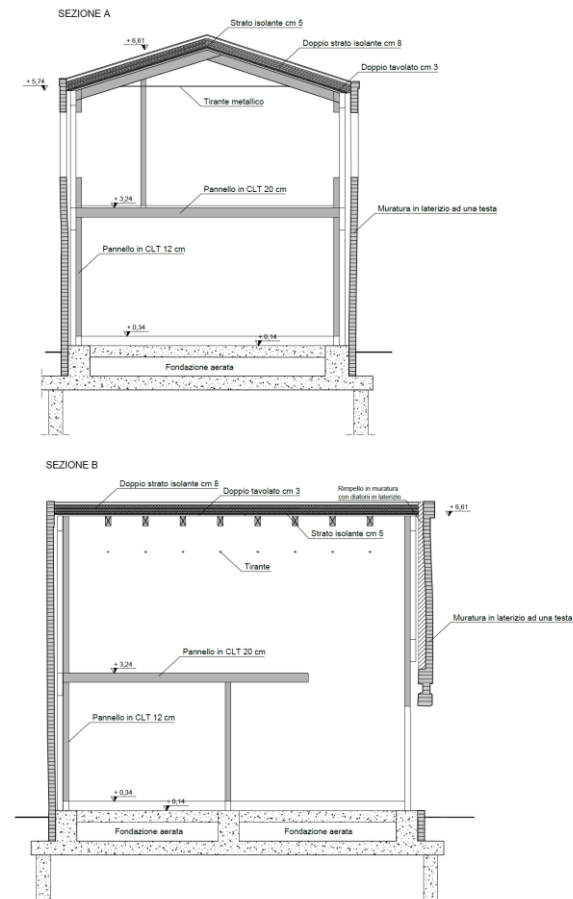
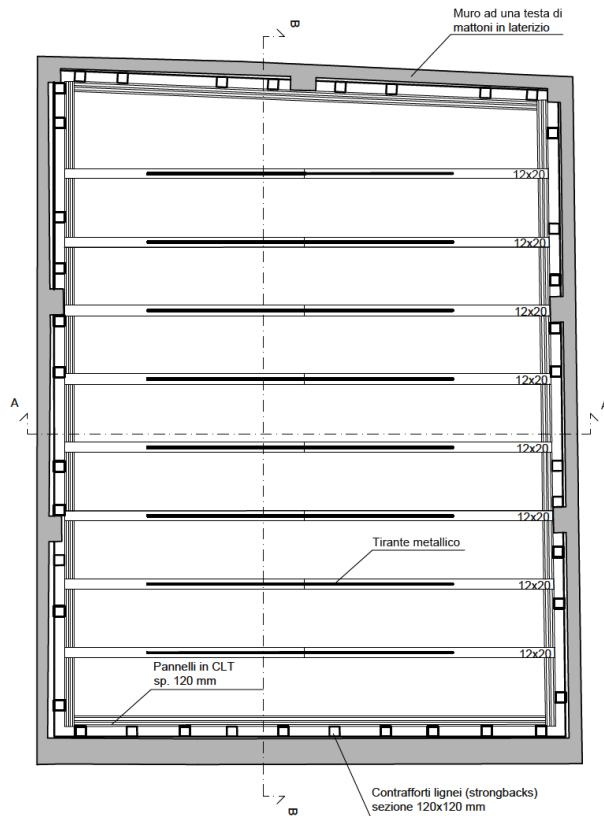
24/05/2024

pag. 60



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)

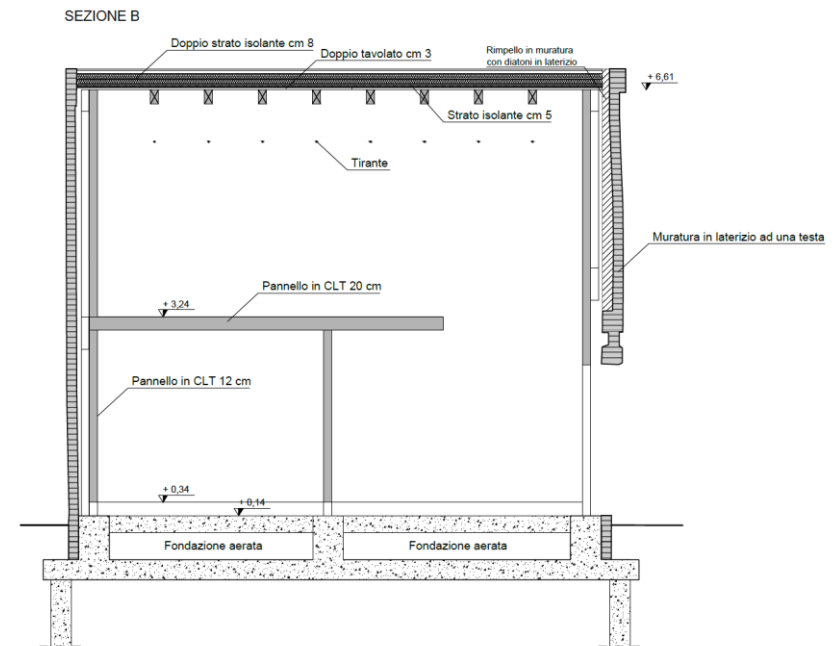
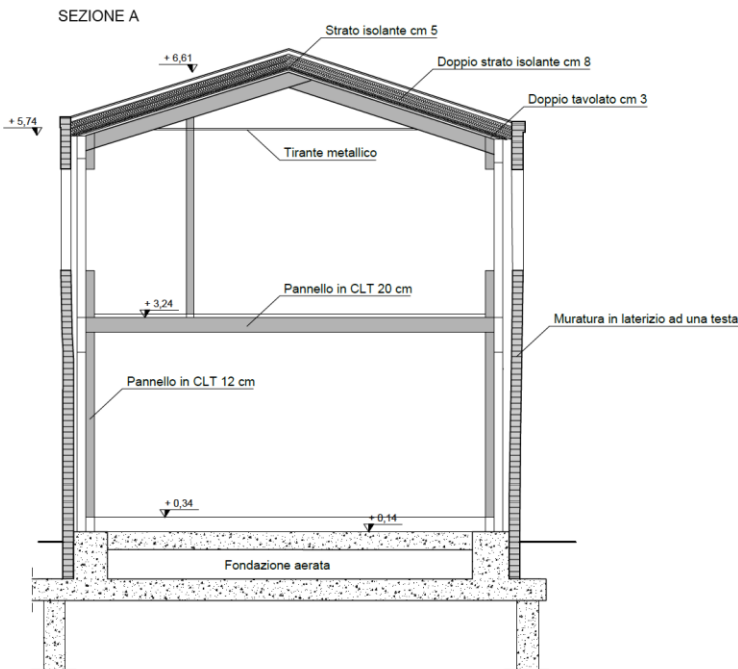


Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)



Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)

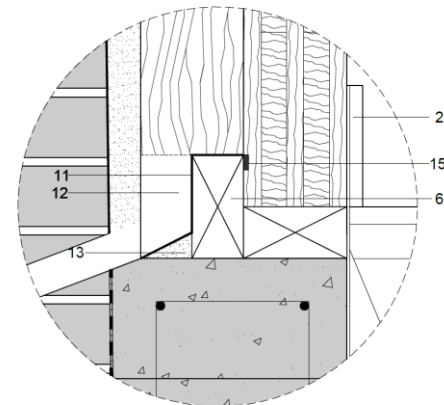
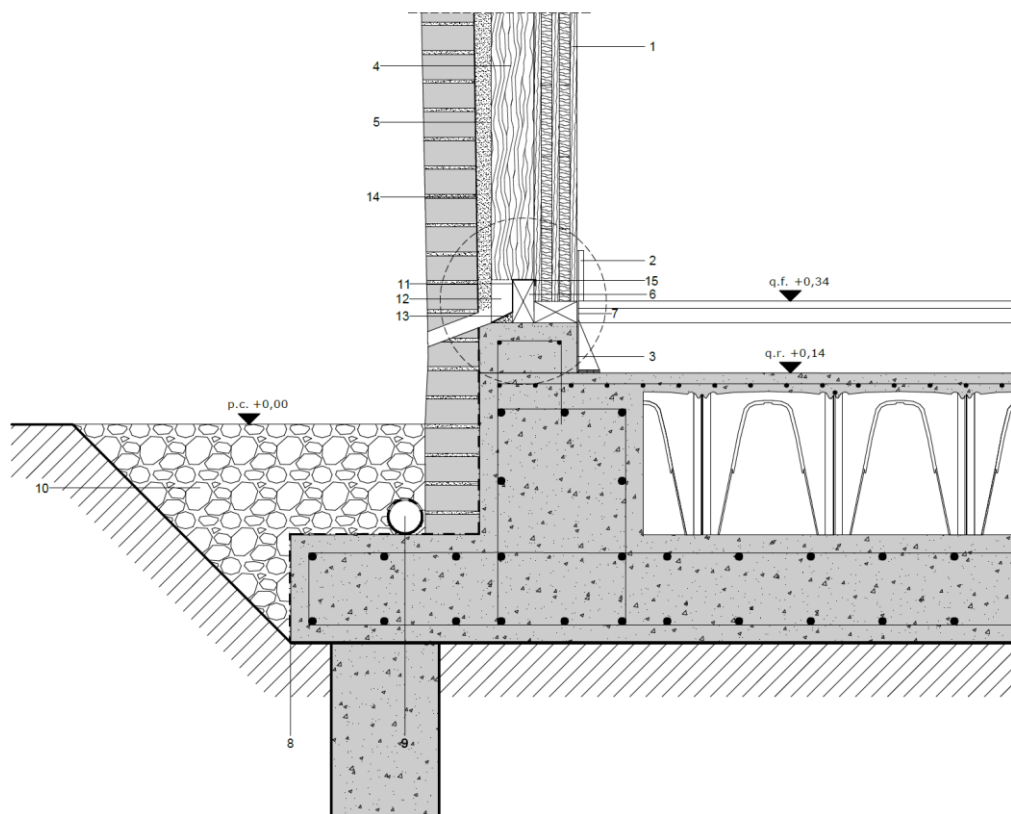




4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)

PARTICOLARE FONDAZIONE
(Sezione sul punto di drenaggio
dell'intercapedine)



LEGENDA

1	Pannello parete in x-lam, spessore 12 cm
2	Pannello compensato, spessore 1,8 cm
3	Hold down 340
4	Montante, 12x12 cm
5	Malta cementizia tissotropica classe R4 additivata ai fini dell'impermeabilità
6	Traversa, 6x12 cm
7	Piastra resistente a taglio
8	Guaia impermeabilizzante
9	Tubo di drenaggio
10	Ghiaia per il drenaggio
11	Membrana adesiva
12	Teste montante foderate con membrana adesiva traspirante
13	Malta
14	Telo traspirante
15	Guarnizione espandente

Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)

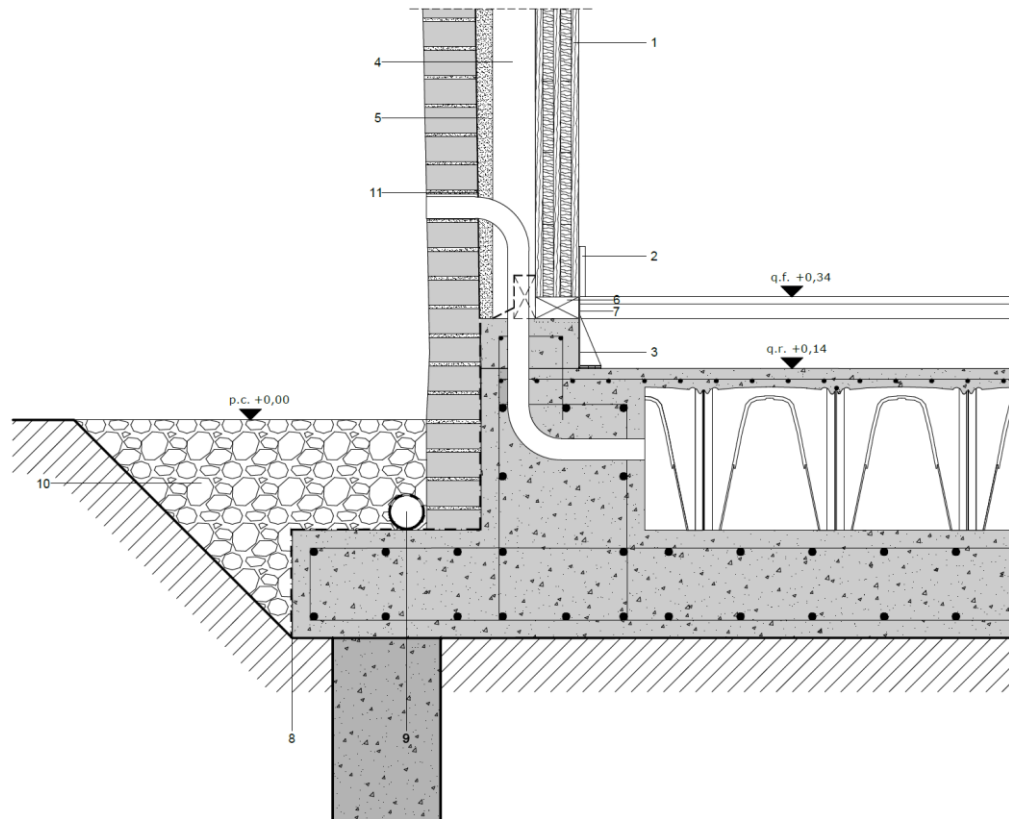




4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)

PARTICOLARE FONDAZIONE
(Sezione sul punto di ventilazione
del vespaio interno)



LEGENDA

1	Pannello parete in x-lam, spessore 12 cm
2	Pannello compensato, spessore 1,8 cm
3	Hold down 340
4	Montante, 12x12 cm
5	Malta cementizia tissotropica classe R4 additivata ai fini dell'impermeabilità
6	Traversa, 6x12 cm
7	Piastra resistente a taglio
8	Guaia impermeabilizzante
9	Tubo di drenaggio
10	Ghiaia per il drenaggio
11	Membrana adesiva
12	Teste montante foderate con membrana adesiva traspirante
13	Malta
14	Telo traspirante
15	Guarnizione espandente

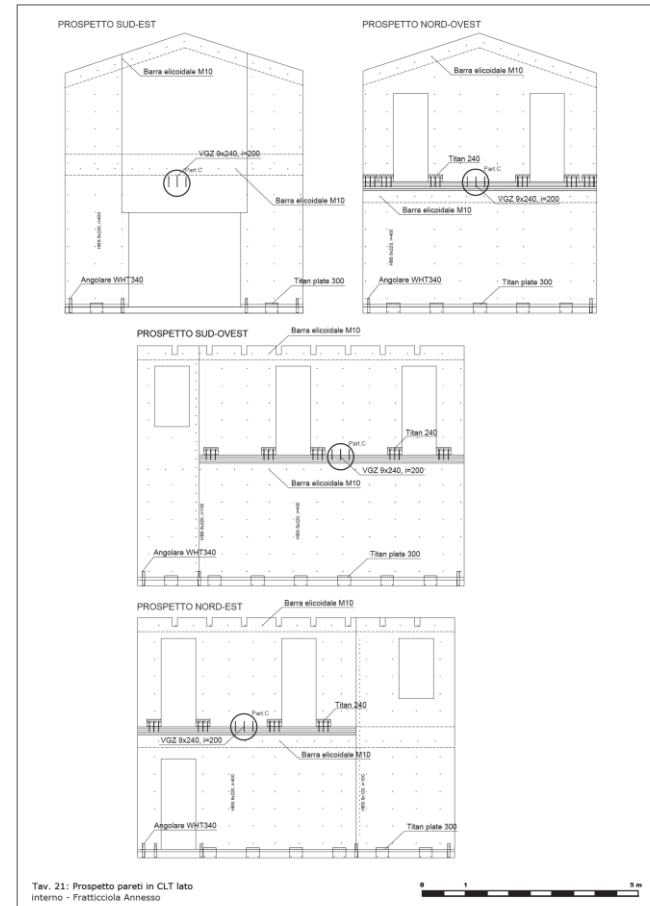
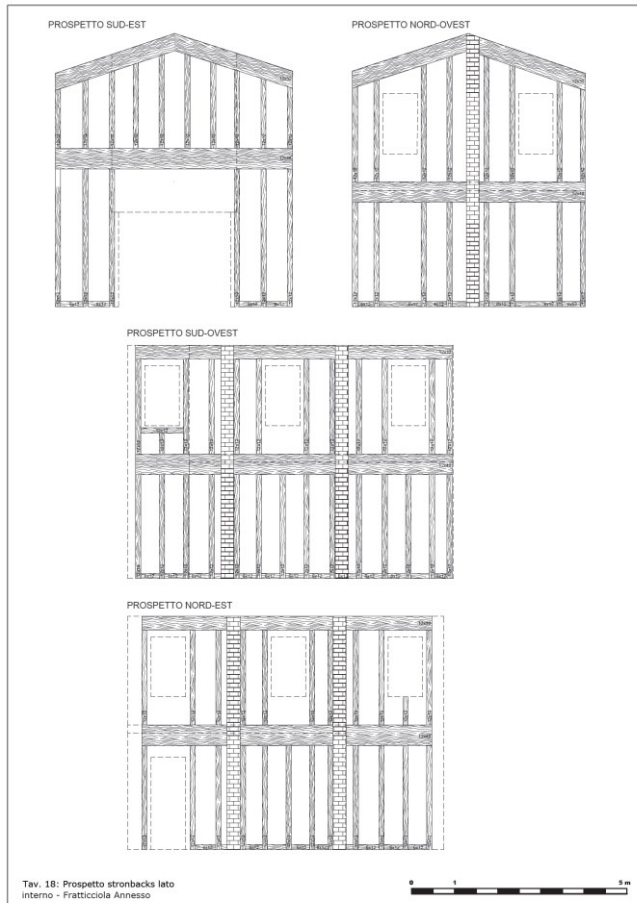
Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)





4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)

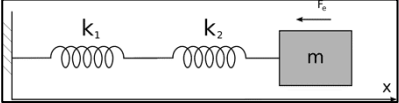


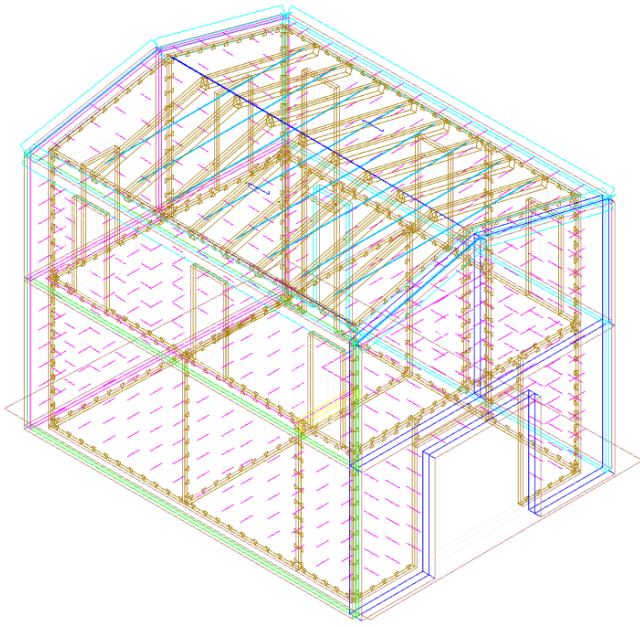
Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)





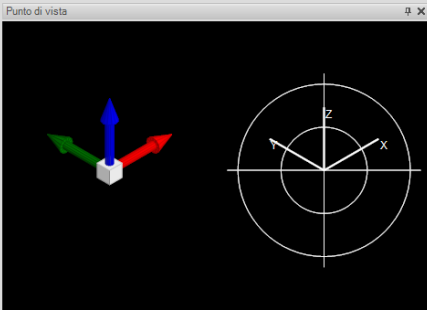
Proprietà

Legame rigido

Quota iniziale	4600
Quota finale	4600
> Punto iniziale	26844; 16701
> Punto finale	26844; 16346
Comportamento	Legame elastico: 0; 10000; 474; 474; 0; 1000
Legame elastico	
Tipo	
Angolo	0
K1	10000
K2	474
K3	474
Kr1	0
Kr2	10000000000
Kr3	0
Incollamenti	Fil di ferro

Quota iniziale
Quota del punto di inserimento iniziale, esprimibile come livello, falda, piano orizzontale alla Z specificata. Il valore è espresso in mm.

Punto di vista



Struttura

Selezionare entità [Tutte/Ultima] (1 selezionata):

Comando: OPZIONI...

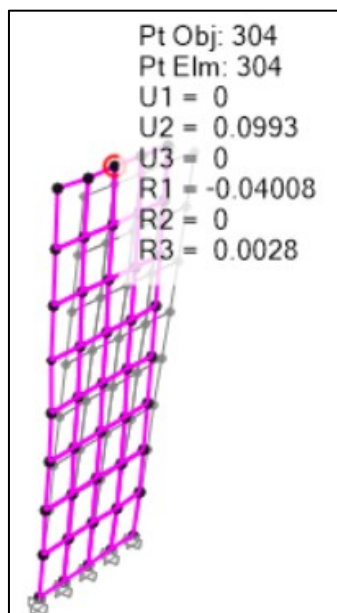
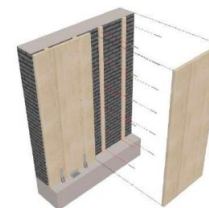
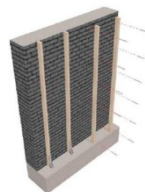
Comando:

Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)

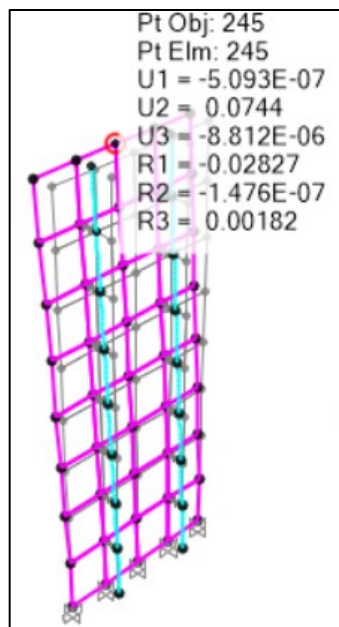


4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

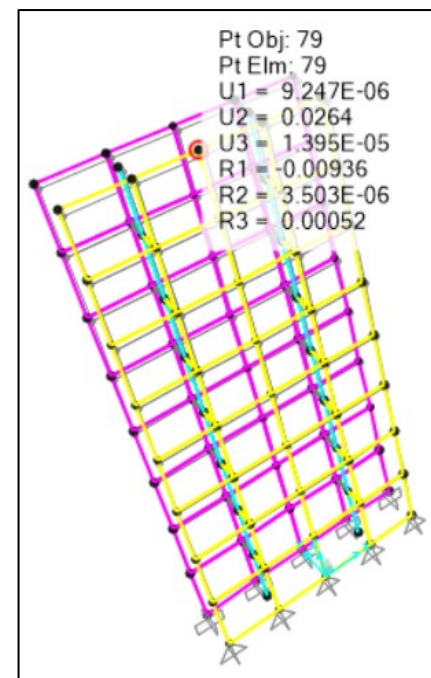
4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)



Muratura con Incastro alla base



Muratura con contrafforti lignei (strongbacks) collegati con link con rigidità laterale finita (riduzione spostamenti di c.ca 30%)

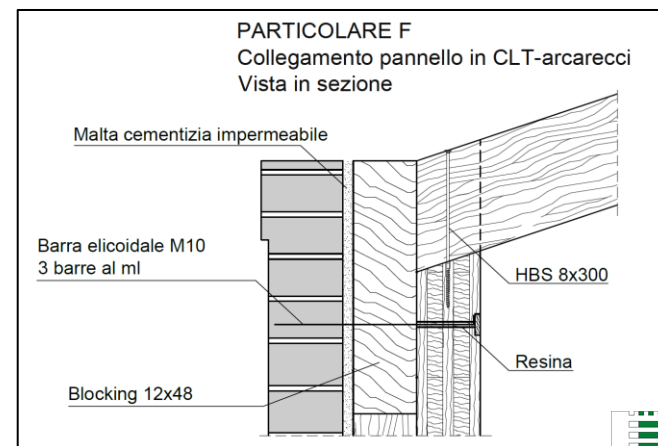
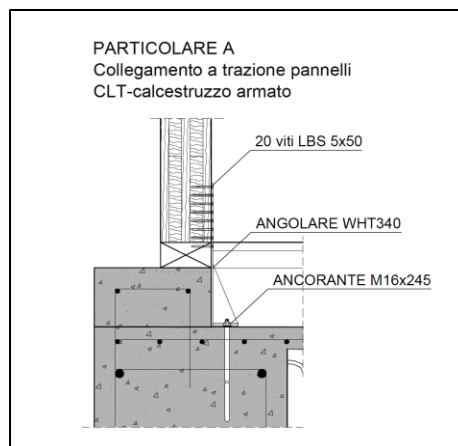
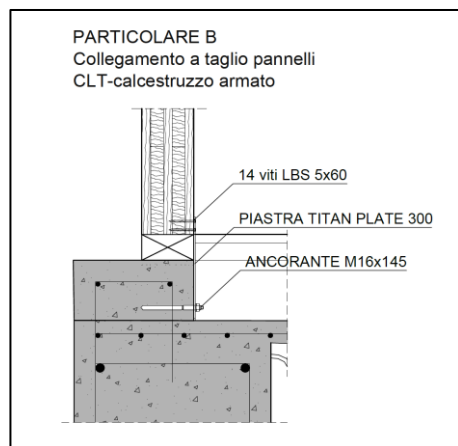
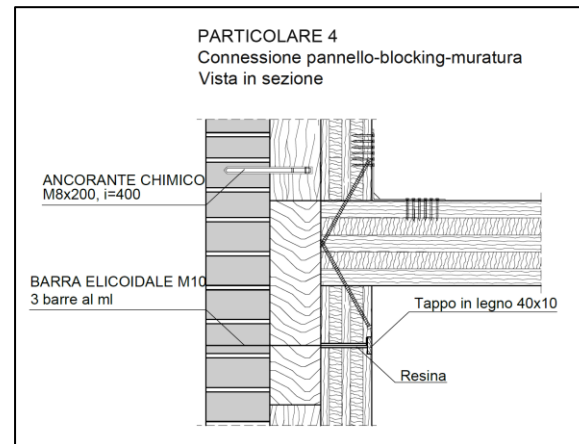
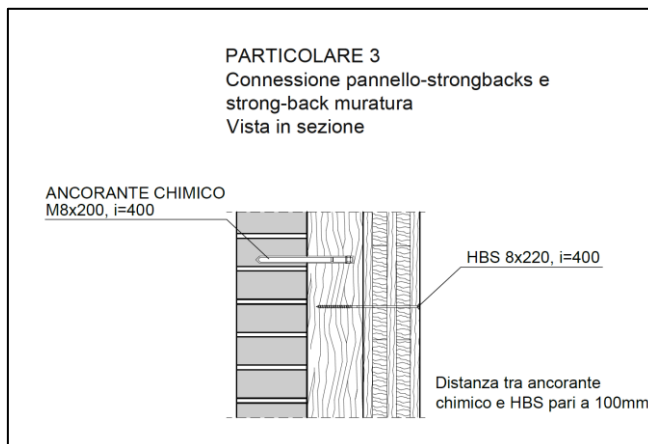


Muratura con contrafforti lignei (strongbacks) e pannello in CLT incernierato alla base (riduzione spostamenti di c.ca 70%)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)



Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)



a) Ancoranti chimici



b) Barre elicoidali

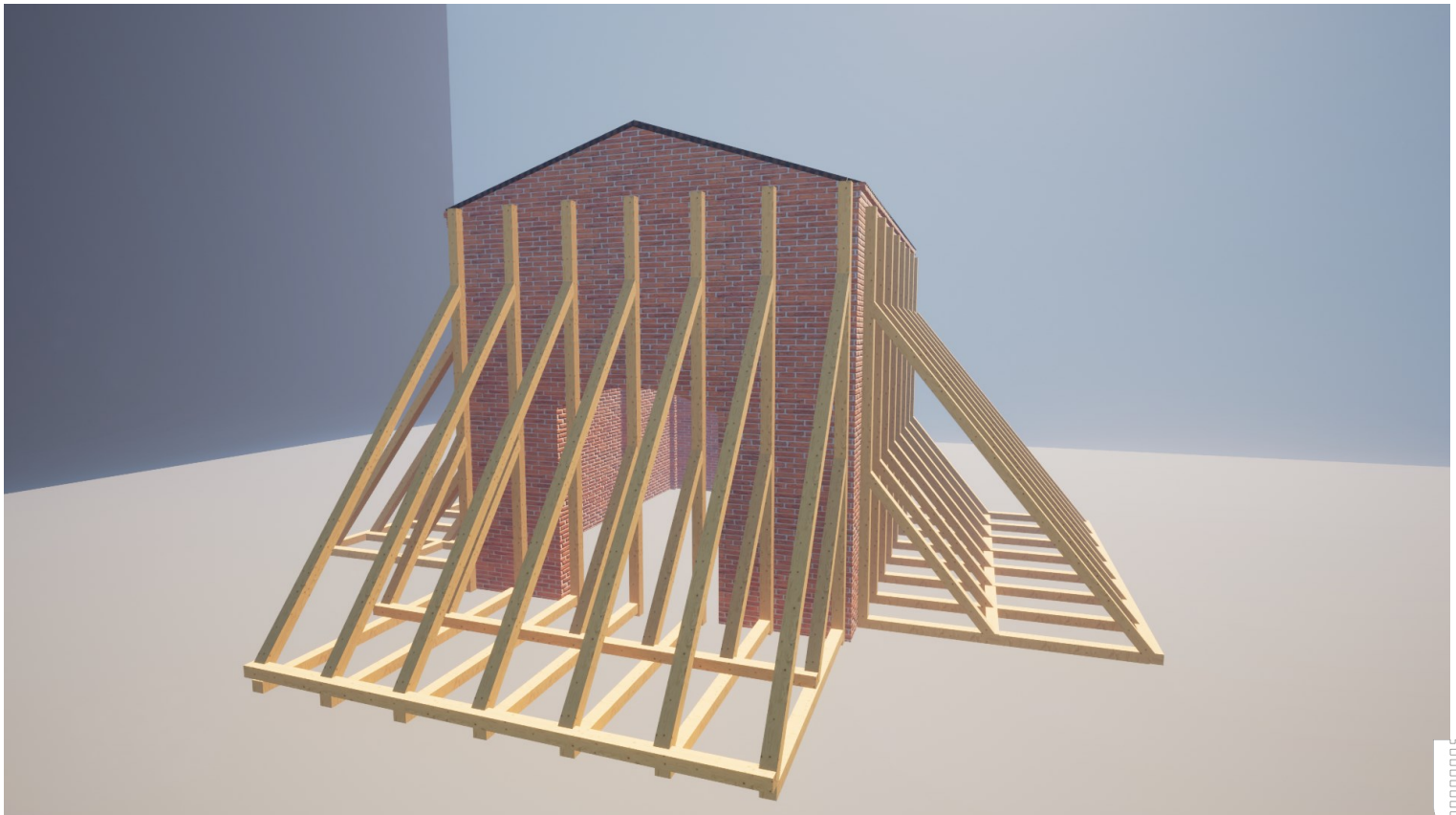


c) Viti a tutto filetto



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)

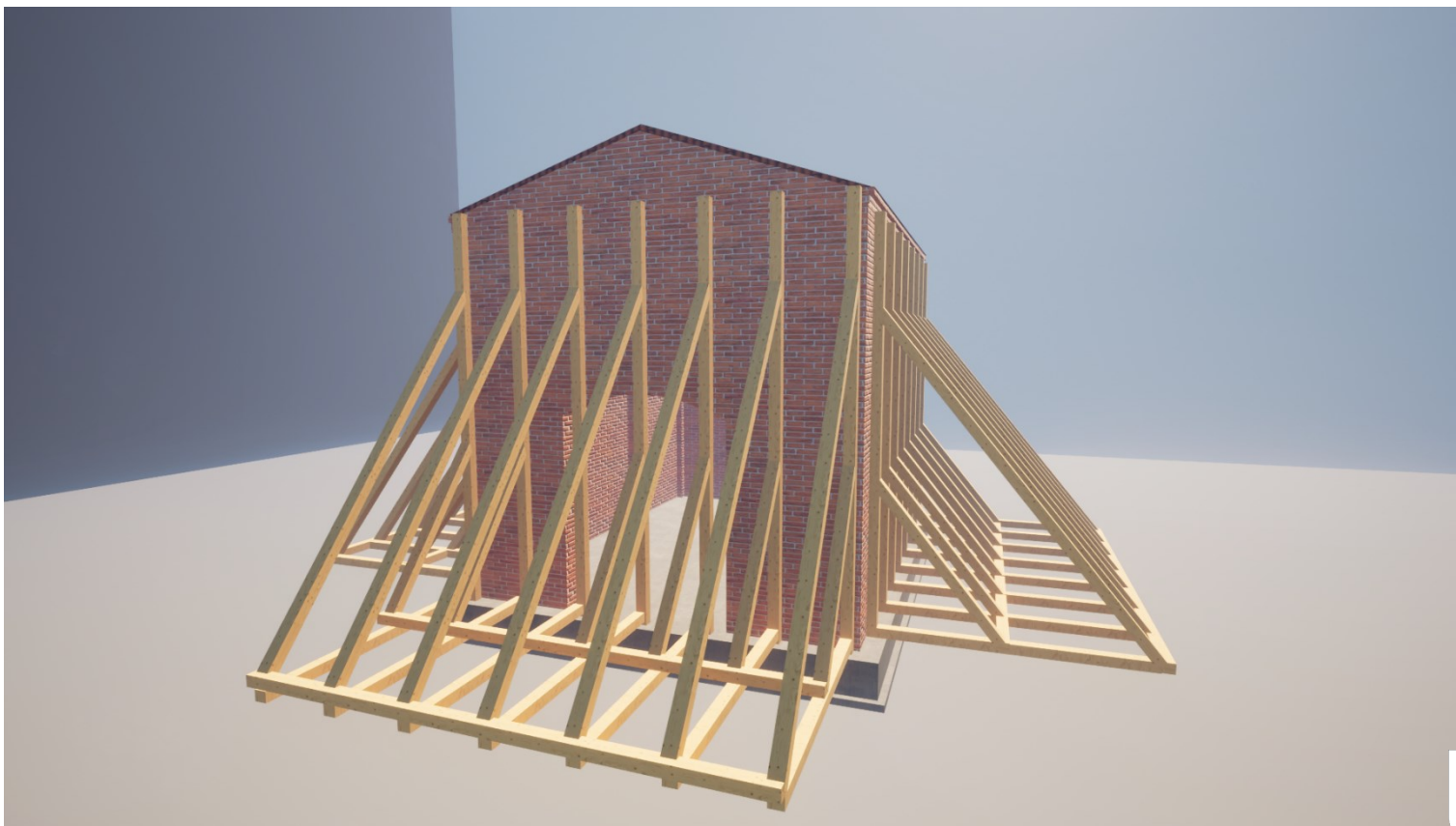


Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)

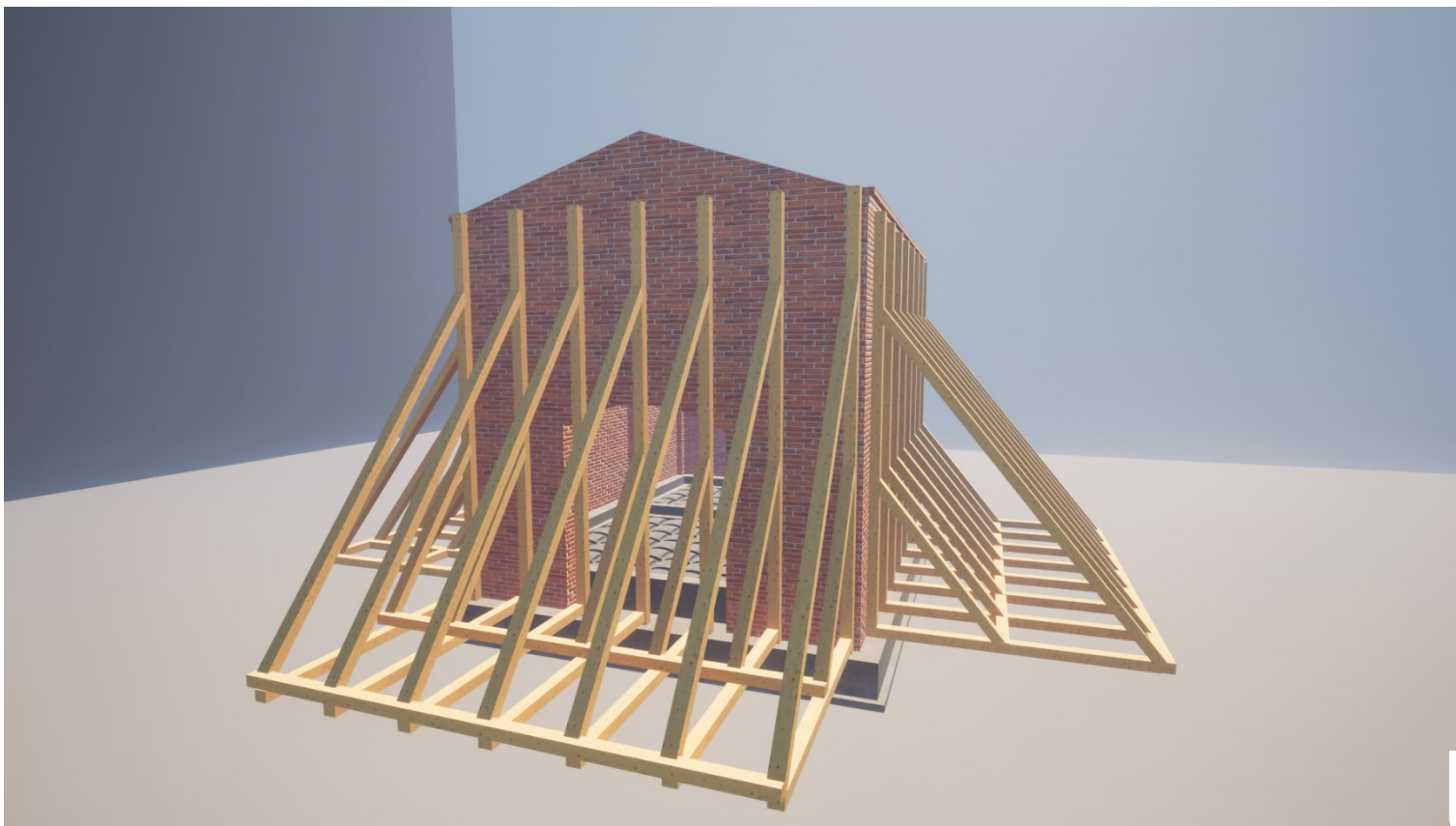


Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)

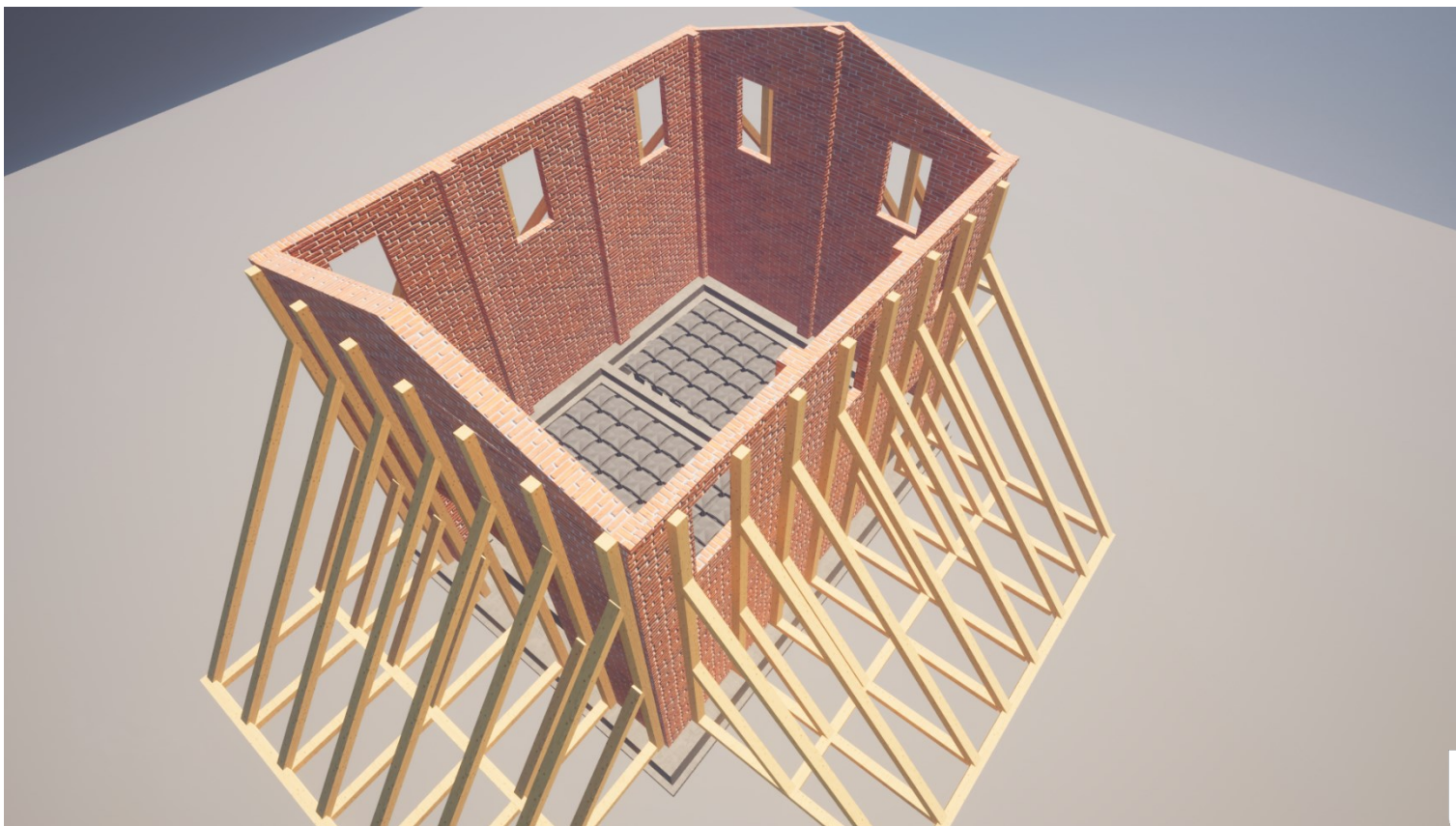


Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)

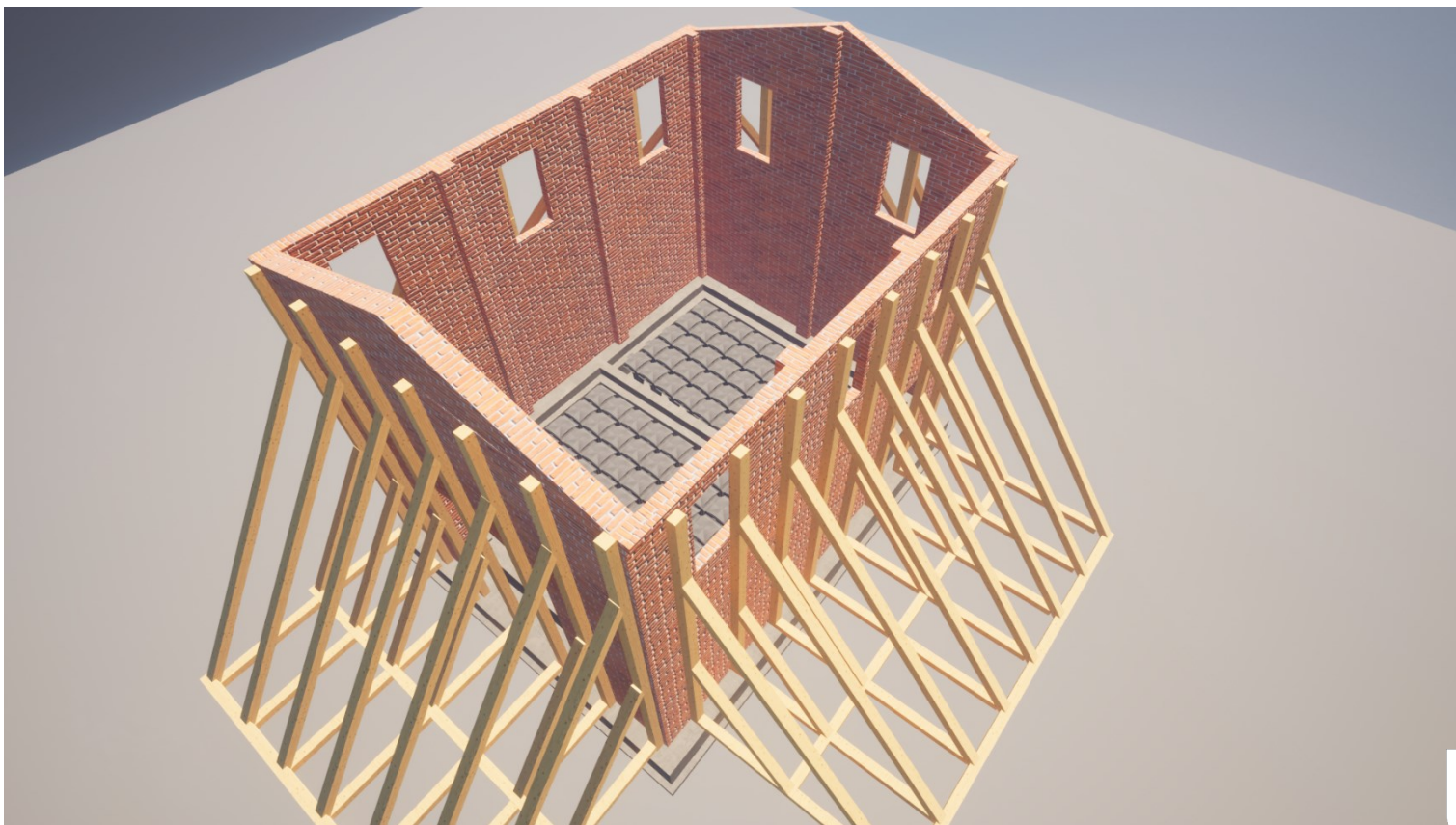


Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (placcatura clt+contrafforti)

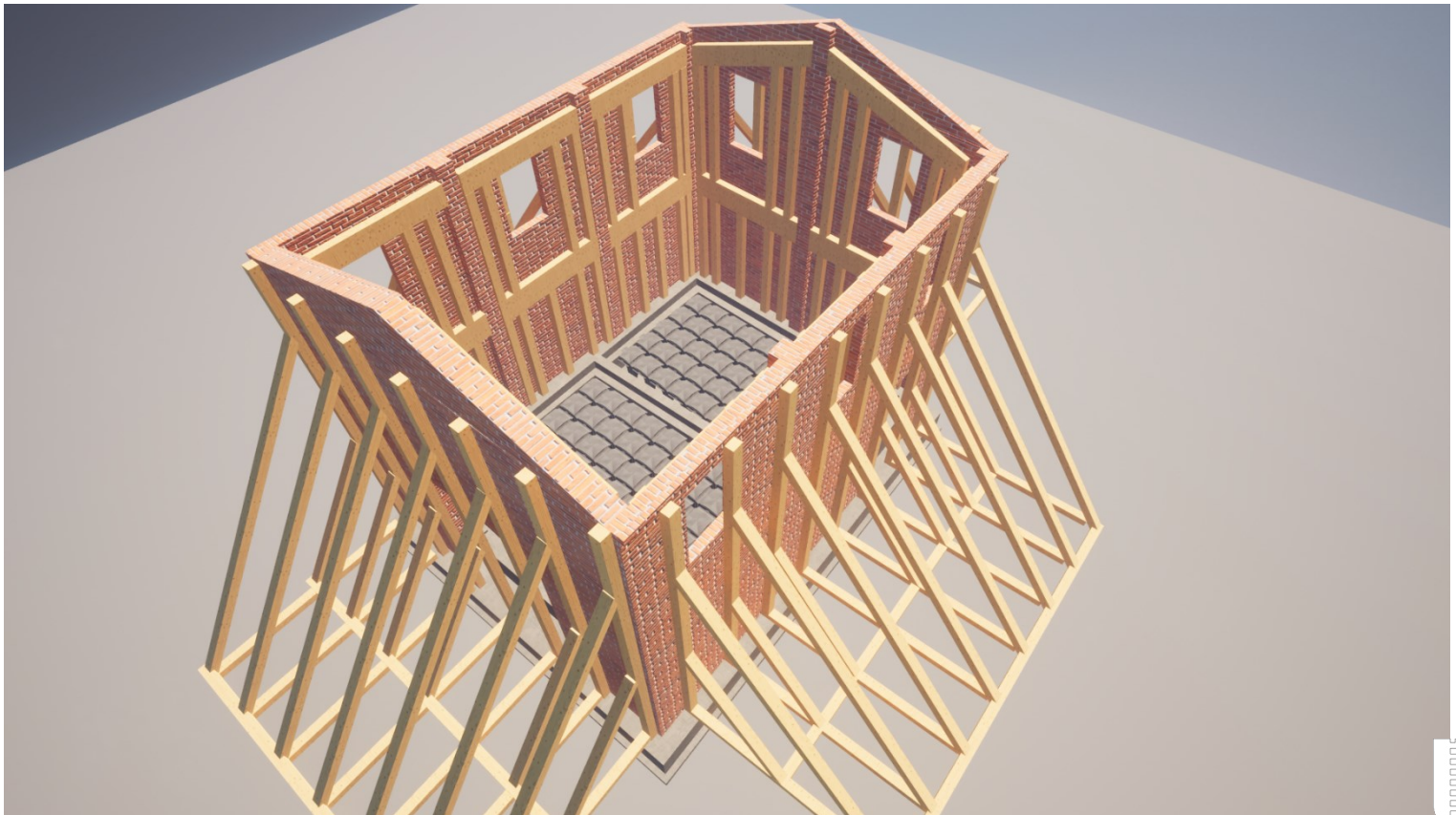


Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)



Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)

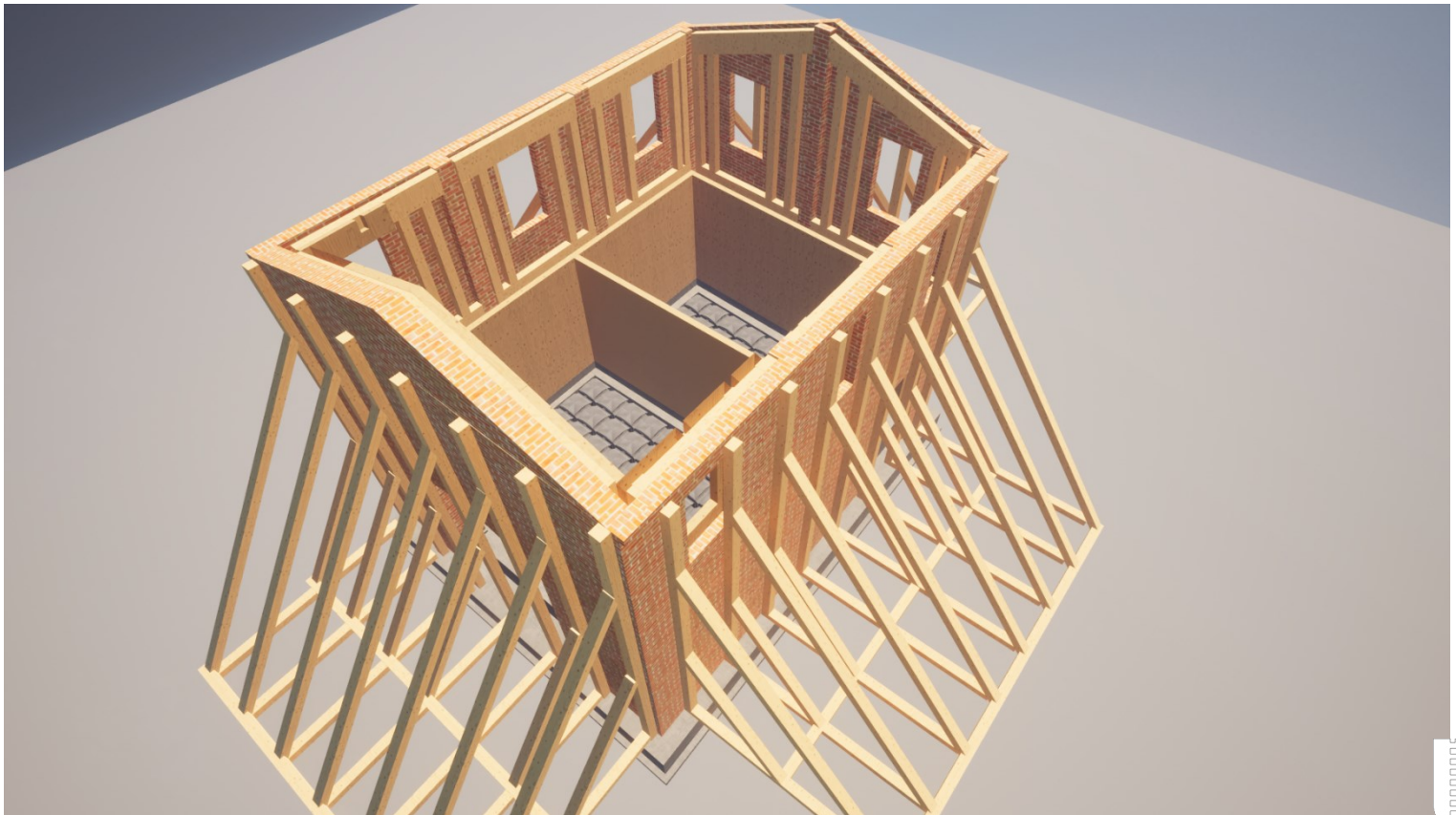


Ing. Diego Ruggeri



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)

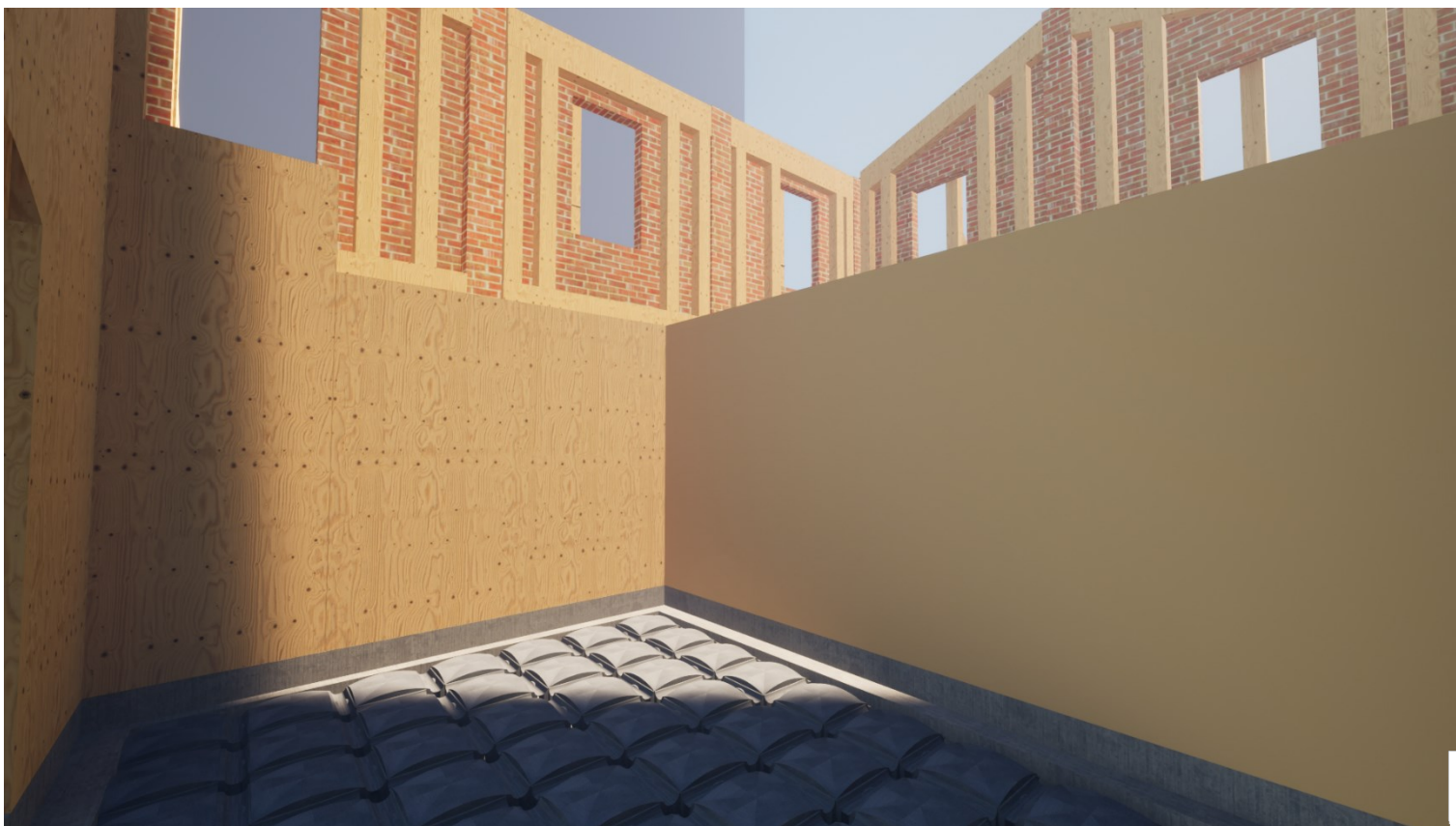


Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)

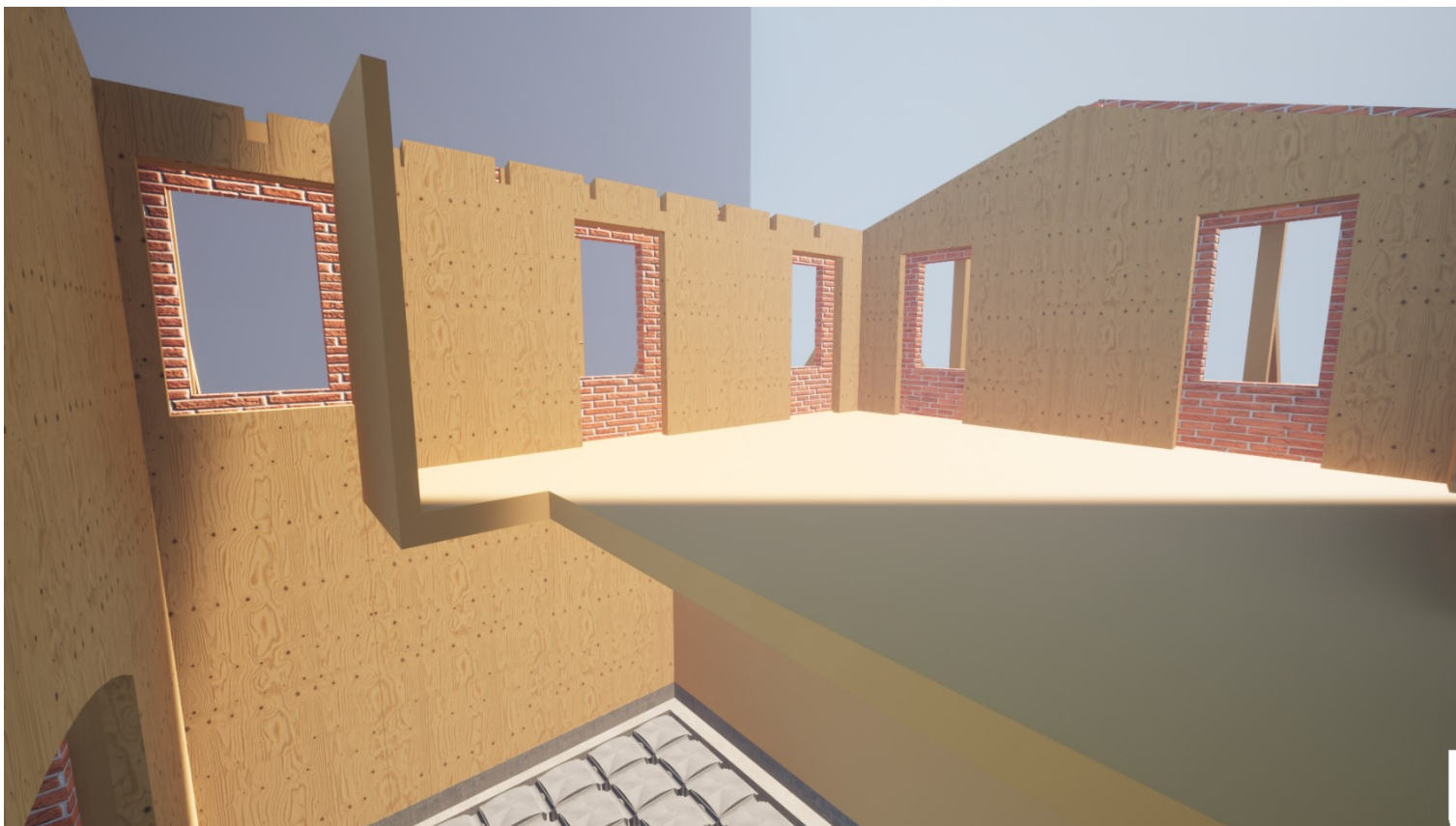


Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)

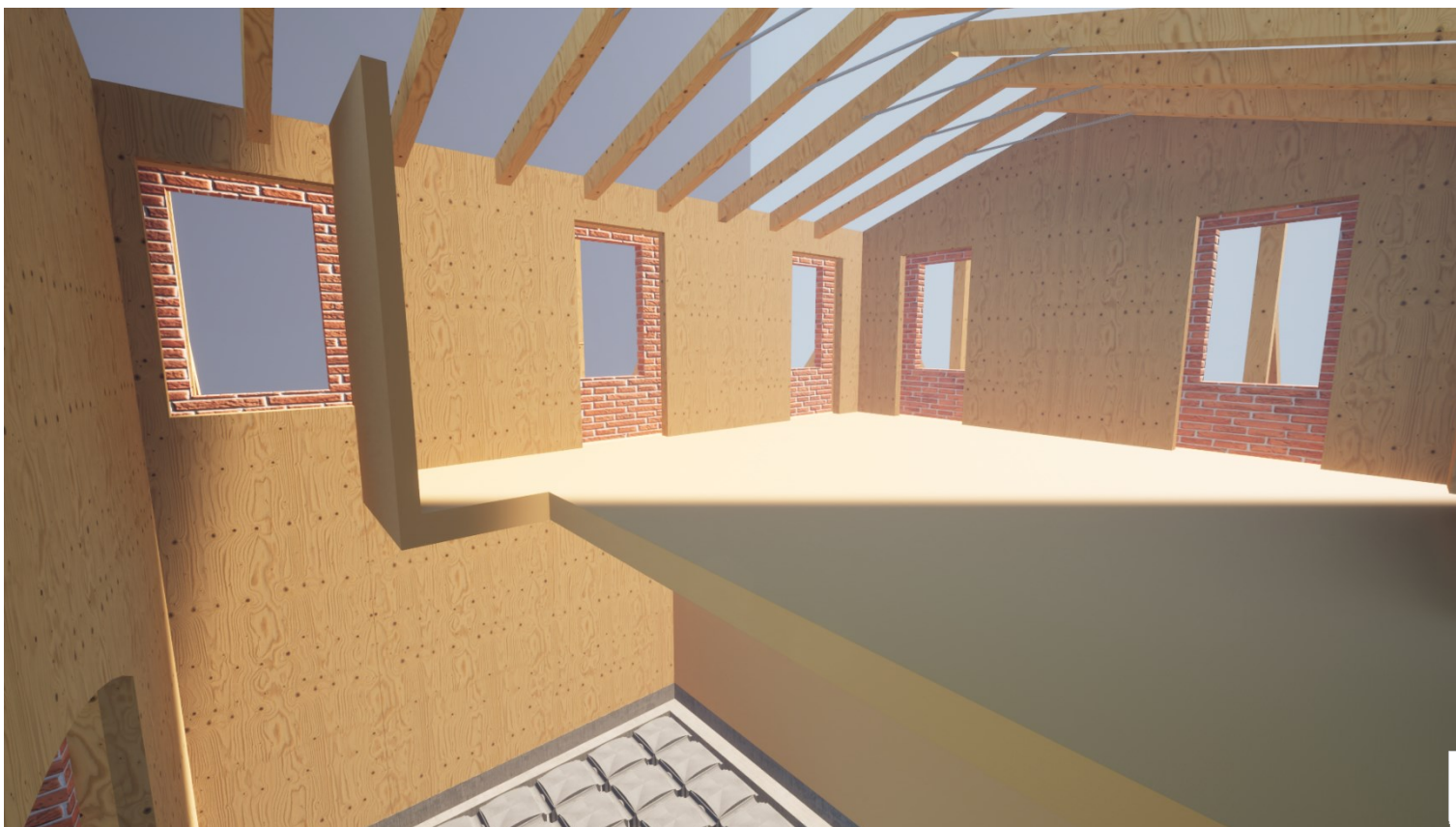


Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



4. Analisi dei nodi critici: alcune proposte di dettaglio

4.2 Retrofit dell'esistente – nested building (affiancamento clt + contrafforti)



Casi studio tratti dal dottorato di ricerca *L'uso del legno nel consolidamento di edifici di muratura*. ing. Diego Ruggeri (XXXV Ciclo – ICAR/10)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing. Diego Ruggeri

Presidente della Commissione tematica
Ingegneria per le costruzioni di legno

Per info sulla partecipazione dei lavori della Commissione tematica vai su:
<https://ording.roma.it/servizi-agli-iscritti/commissioni/>

Contatti:

ingdiego.ruggeri@gmail.com
www.04studio.it

