

Convegno ReLUIS

Progetto DPC_ReLUIS 2024-2026

Napoli, 13-14 ottobre 2025

WP 12 – Contributi normativi relativi a costruzioni civili e industriali di acciaio, legno e composte acciaio-calcestruzzo e acciaio-legno

**Coordinatore
Raffaele Landolfo**

**Referente DPC
Daniele Spina**

WP12

Riorganizzazione del WP

Precedente Progetto

DPC-RELUIS
2022-2024

Progetto in corso

**DPC-RELUIS
2024-2026**

WP12 | Contributi normativi relativi a
costruzioni civili e industriali di
acciaio e composte **acciaio-calcestruzzo**

WP13 | Contributi normativi relativi a
costruzioni di **legno**

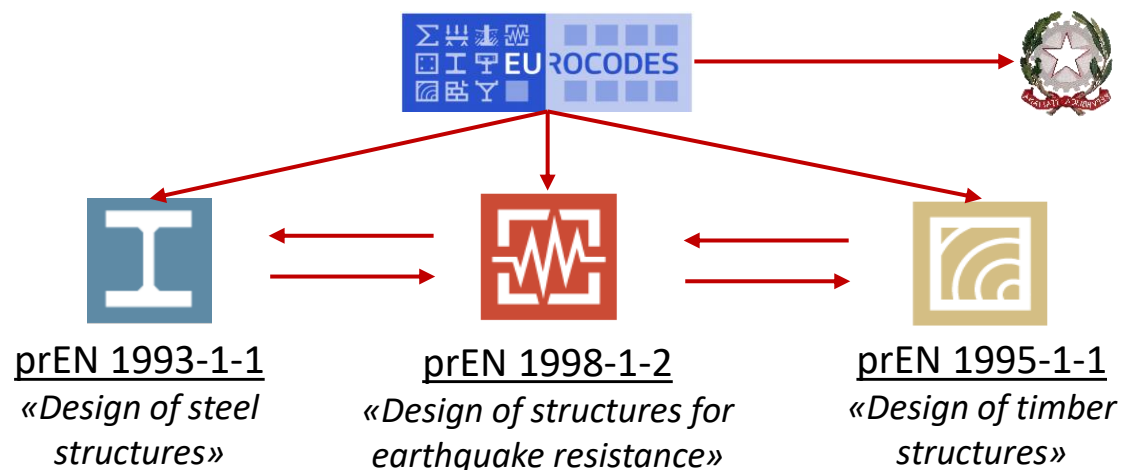
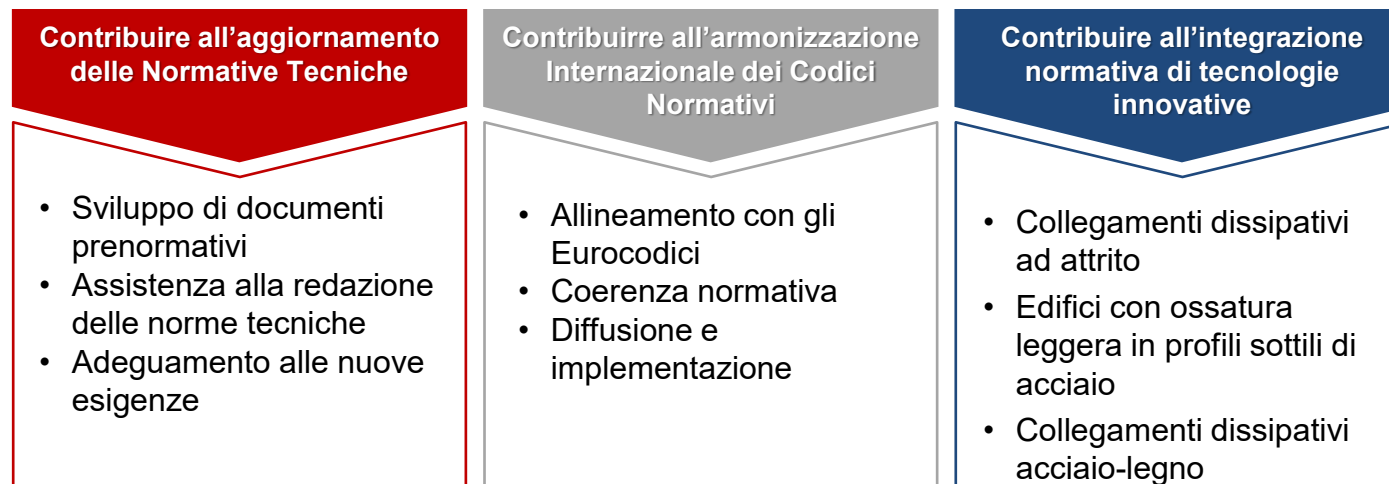


WP12

Contributi normativi relativi a
costruzioni civili e industriali di
acciaio, legno e composte
acciaio-calcestruzzo e **acciaio-legno**

WP12

Obiettivo generale



D.M. 14701/2018
Norme Tecniche sulle Costruzioni

Organizzazione in task

WP12

Task 12.1

Costruzioni in acciaio

- 12.1.1 Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici
- 12.1.2 Edifici ed impianti a carattere produttivo
- 12.1.3 Edifici con ossatura leggera in profili sottili di acciaio formati a freddo



Task 12.2

Costruzioni in legno

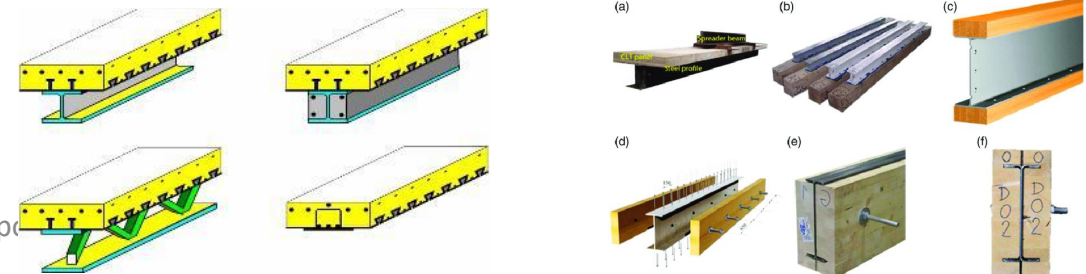
- 12.2.1 Edifici
- 12.2.2 Sopraelevazioni in legno
- 12.2.3 Durabilità



Task 12.3

Costruzioni composte

- 12.3.1 Edifici con strutture composte acciaio-clt
- 12.3.2 Edifici con strutture composte acciaio-legno



Unità di Ricerca coinvolte

UR01		UNINA/1 – R. Landolfo
UR02		UNISA – V. Piluso
UR03		UNIFI – W. Salvatore
UR04		UNICAMP/ING – A. Mandara
UR05		UNICAMP/DADI – G. De Matteis
UR06		UNITS – C. Bedon

UR07		UNITN/1 – N. Baldassino
UR08		UNITN/2 – I. Giongo
UR09		UNIUD – S. Sorace
UR10		UNIVAQ – M. Fragiaco
UR11		UNINA/2 – B. Faggiano
UR12		UNIMOL – A. Sandoli

Contributo delle UR alle single task



Organizzazione in task

WP12

Task 12.1

Costruzioni in acciaio

- 12.1.1 Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici
- 12.1.2 Edifici ed impianti a carattere produttivo
- 12.1.3 Edifici con ossatura leggera in profili sottili di acciaio formati a freddo



Task 12.2

Costruzioni in legno

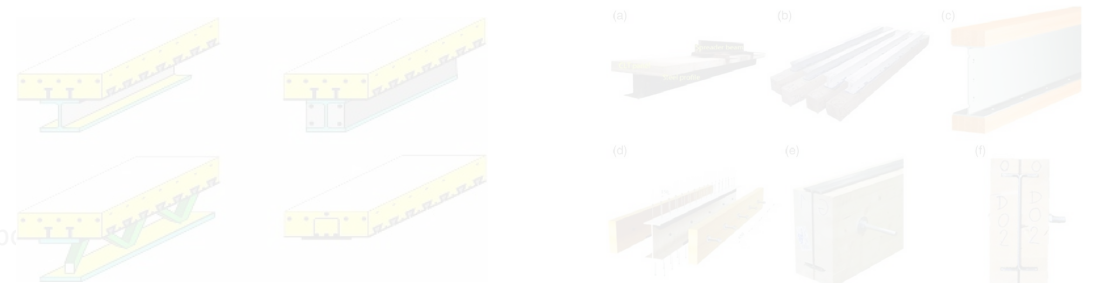
- 12.2.1 Edifici
- 12.2.2 Sopraelevazioni in legno
- 12.2.3 Durabilità



Task 12.3

Costruzioni composte

- 12.3.1 Edifici con strutture composte acciaio-clt
- 12.3.2 Edifici con strutture composte acciaio-legno



UR01-UNINA/1



Responsabile UR: Raffaele Landolfo

Componenti UR: Mario D'Aniello, Luigi Fiorino, Aldo Milone, Roberto Carlevaris, Massimo Cicia, Vito D'addesa, Massimino Gnazzo, Alessandro Prota, Giusy Terracciano

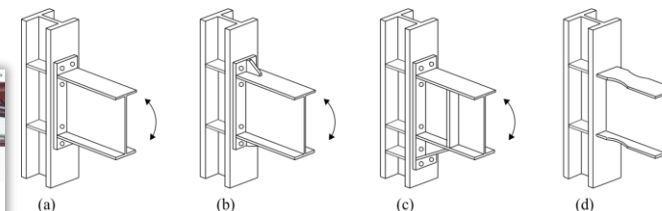
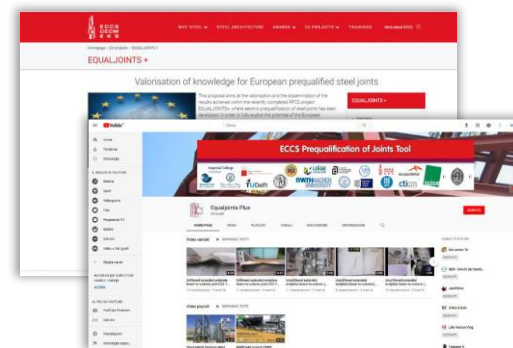
12.1.1 – Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici

Titolo/tema della Ricerca

Progettazione sismica di **edifici multipiano di acciaio**.

Obiettivo della Ricerca

Sviluppo di regole per la **prequalifica dei collegamenti** delle zone dissipative e non-dissipative delle strutture di acciaio. Investigare i limiti e l'efficacia delle **regole di progettazione sismica** delle strutture di acciaio fornite dalla **seconda generazione dell'Eurocodice**.



Approccio metodologico

Esecuzione di analisi parametriche per investigare la risposta dei sistemi strutturali progettati in accordo alla prEN1998-1-2.

DC1 or low-dissipative structures,
no capacity design rules
DC2 or medium-dissipative structure,
simplified capacity design rules
DC3 or high-dissipative structure,
full application of capacity design rules

S_d	No limits	
	DC3	$S_{\delta \lim, DC2}$ 6.5 m/s ² ▼
	DC2	$S_{\delta \lim, DC1}$ 5.0 m/s ² ▼
	DC1	

UR01-UNINA/1



Responsabile UR: Raffaele Landolfo

Componenti UR: Mario D'Aniello, Luigi Fiorino, Aldo Milone, Roberto Carlevaris, Massimo Cicia, Vito D'addesa, Massimino Gnazzo, Alessandro Prota, Giusy Terracciano

12.1.3 – Edifici con ossatura leggera in profili sottili di acciaio formati a freddo

Titolo/tema della Ricerca

Progettazione sismica di **Edifici con ossatura leggera** in profili sottili di acciaio formati a freddo

Obiettivo della Ricerca

Verifica e eventuale aggiornamento delle **Linee Guida di carattere pre-normativo** sviluppate nel precedente progetto DPC-Reluis alla luce dell'avanzamento del livello di conoscenza maturato negli ultimi anni.

1. Strap-braced walls



2. Shear walls with steel sheet sheathing

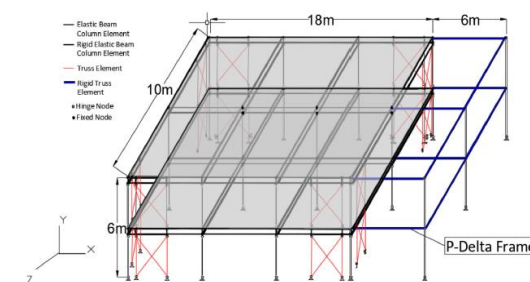
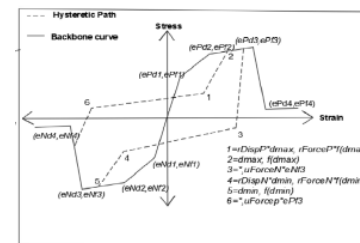


3. Shear walls with wood sheathing



Approccio Metodologico

Sono sviluppati studi teorico/numerici che avranno come riferimento le ricerche sperimentali disponibili nella letteratura di riferimento.



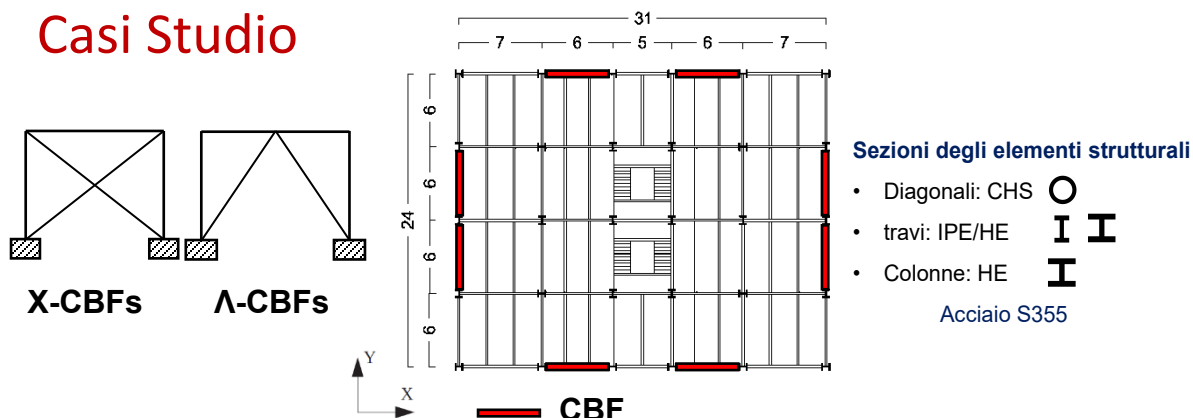
UR01-UNINA/1



Responsabile UR: Raffaele Landolfo

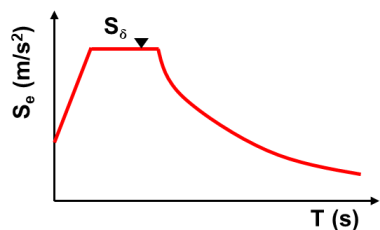
Sub task 12.1.1 - Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici

Casi Studio



Geometria in elevazione

Numero di piani: 3, 6 and 9
Altezza di interpiano: 3.50 m
Primo interpiano: 4.00 m



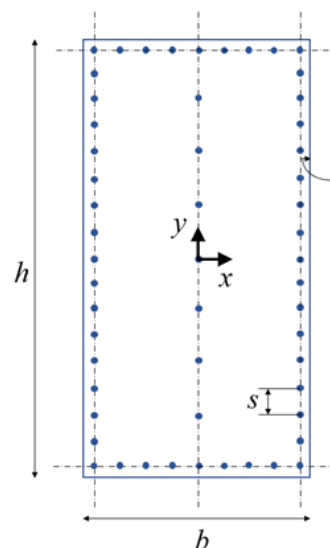
Criteri di progetto

Soil type C	$S_\delta = 5.0 \text{ m/s}^2$	$S_\delta = 6.5 \text{ m/s}^2$	$S_\delta = 7.5 \text{ m/s}^2$
DC1	✓		
DC2	✓	✓	
DC3		✓	✓
DCM	✓		
DCH			✓

Task 12.1 - Costruzioni di acciaio

Sub Task 12.1.3 - Edifici con ossatura leggera in profili sottili di acciaio formati a freddo

Approccio analitico per la valutazione della capacità degli elementi dissipativi



Pareti di taglio con pannelli in legno

Resistenza laterale della parete

Metodo di Easley et al. (1982):

$$R_{h,Rk} = \frac{F_v b}{\sqrt{\left(\frac{b-2e_d}{n_r}\right)^2 + \left(\frac{h-2e_d}{\beta}\right)^2}} \quad \text{con} \quad \beta = n_{ps} + \frac{4 \sum_{i=1}^{n_r} x_i^2}{(b-2e_d)^2}$$

Resistenza a taglio delle connessioni

Formule proposte:

$$F_{v,k} = 0.149 \rho_k d^{0.7} t \quad \text{per pannelli in compensato}$$

$$F_{v,k} = 84.8 d^{0.3} t^{1.1} \quad \text{per pannelli OSB}$$

UR01-UNINA/1



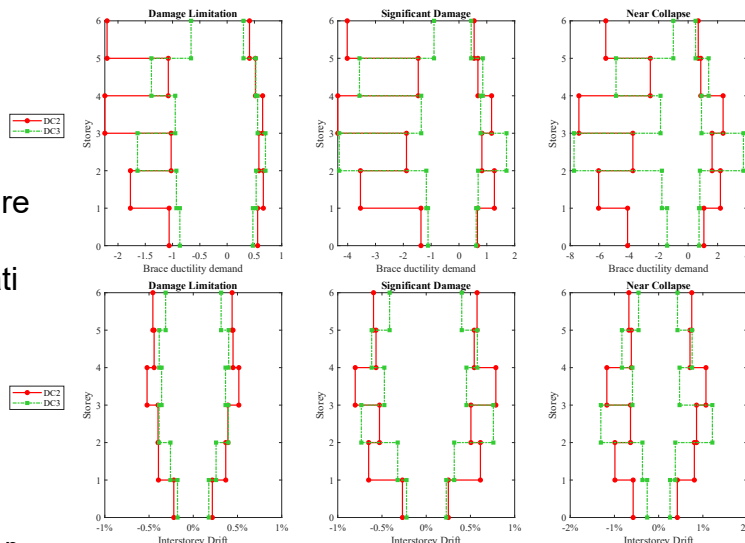
Responsabile UR: Raffaele Landolfo

Sub task 12.1.1 - Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici

Analisi parametriche

Inverted-V CBF – $S_{\delta} = 6.5 \text{ m/s}^2$ – NLTH risultati per DL, SD, NC

- In media, non si riscontrano grandi differenze in termini di **domanda di duttilità nelle diagonali tese**.
- Le diagonali nelle strutture in DC2 presentano accorciamenti più marcati (quindi un degrado maggiore).
- La distribuzione degli spostamenti relativi d'interpiano mostra una deformata shear-type per **DC2** e **DC3**.



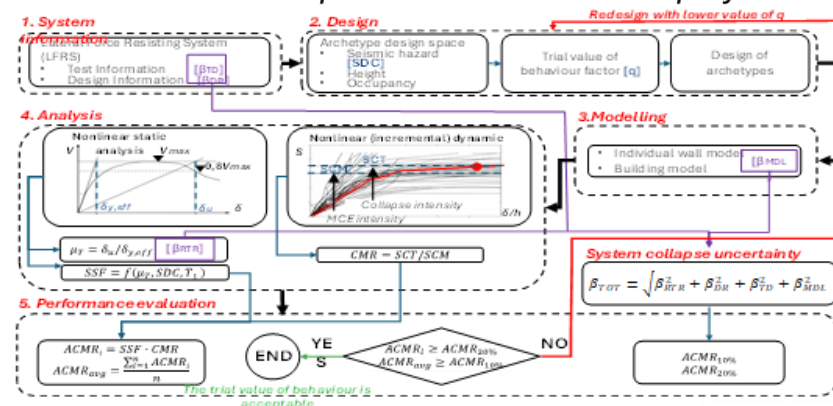
Task 12.1 - Costruzioni di acciaio

Sub Task 12.1.3 - Edifici con ossatura leggera in profili sottili di acciaio formati a freddo

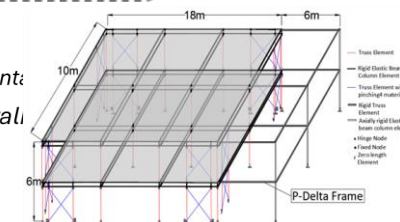
Valutazione dei parametri di progetto

per gli edifici con media duttilità (DC2)

Procedura FEMA P695 per la valutazione delle performance



Calibrazione comportamento isteretico basata su prove sperimentali
Definizione e progettazione sismica degli archetipi strutturali
Modellazione non lineare in ambiente OpenSees



UR02-UNISA



Responsabile UR: Vincenzo Piluso

Componenti UR: Rosario Montuori, Elide Nastri, Massimo Latour, Paolo Todisco,
Maria Maglio

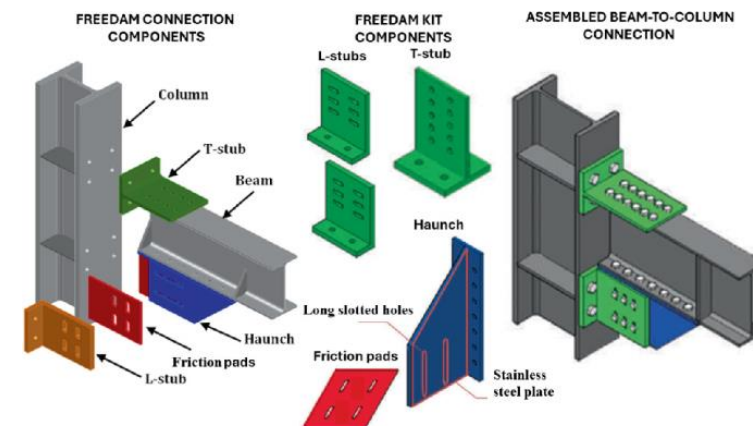
12.1.1 – Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici

Titolo/tema della Ricerca

Linee Guida per Strutture in Acciaio a **Basso Danneggiamento**: Soluzioni con **Dissipatori ad Attrito**.

Obiettivo della Ricerca

L'obiettivo della ricerca consiste nello **sviluppo di linee guida** per la progettazione di strutture in acciaio sismo-resistenti con **collegamenti trave-colonna ad attrito** al fine di migliorare la resistenza e la capacità di dissipazione dell'energia sismica, **riducendo i danni strutturali** in caso di terremoti significativi.



Approccio metodologico

Condotti **test sperimentali in laboratorio** per valutare nuovi dettagli costruttivi. Infine, un **edificio dimostratore** sarà **monitorato** in situ per osservare il **comportamento a lungo termine dei collegamenti**, con particolare attenzione al precarico dei bulloni e alla dissipazione dell'energia sismica.

UR02-UNISA



Responsabile UR: Vincenzo Piluso

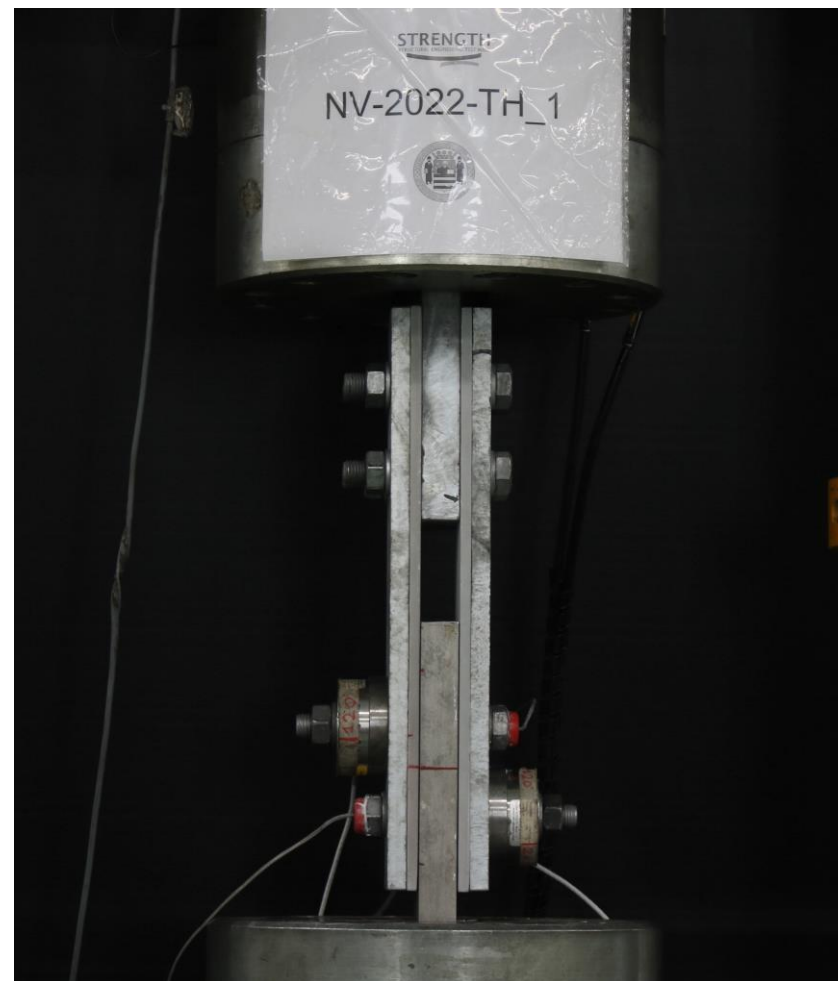
Task 12.1 – Costruzioni in acciaio

Sub task 12.1.1 - Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici

Attività sperimentali

La seconda annualità del progetto si è concentrata sulla **caratterizzazione sperimentale** dei dispositivi ad attrito attraverso prove **lap-shear test** in laboratorio.

L'obiettivo principale è stato quello di valutare il comportamento dei cuscinetti ad attrito sotto carichi ciclici, analizzando parametri fondamentali come **il coefficiente di attrito dinamico**, la stabilità del precarico dei bulloni e la capacità di dissipazione energetica.



UR02-UNISA



Responsabile UR: Vincenzo Piluso

Attività sperimentali

01 Caratterizzazione materiali

Studio delle proprietà tribologiche delle superfici a contatto (acciaio-acciaio inossidabile)

02 Prove cicliche

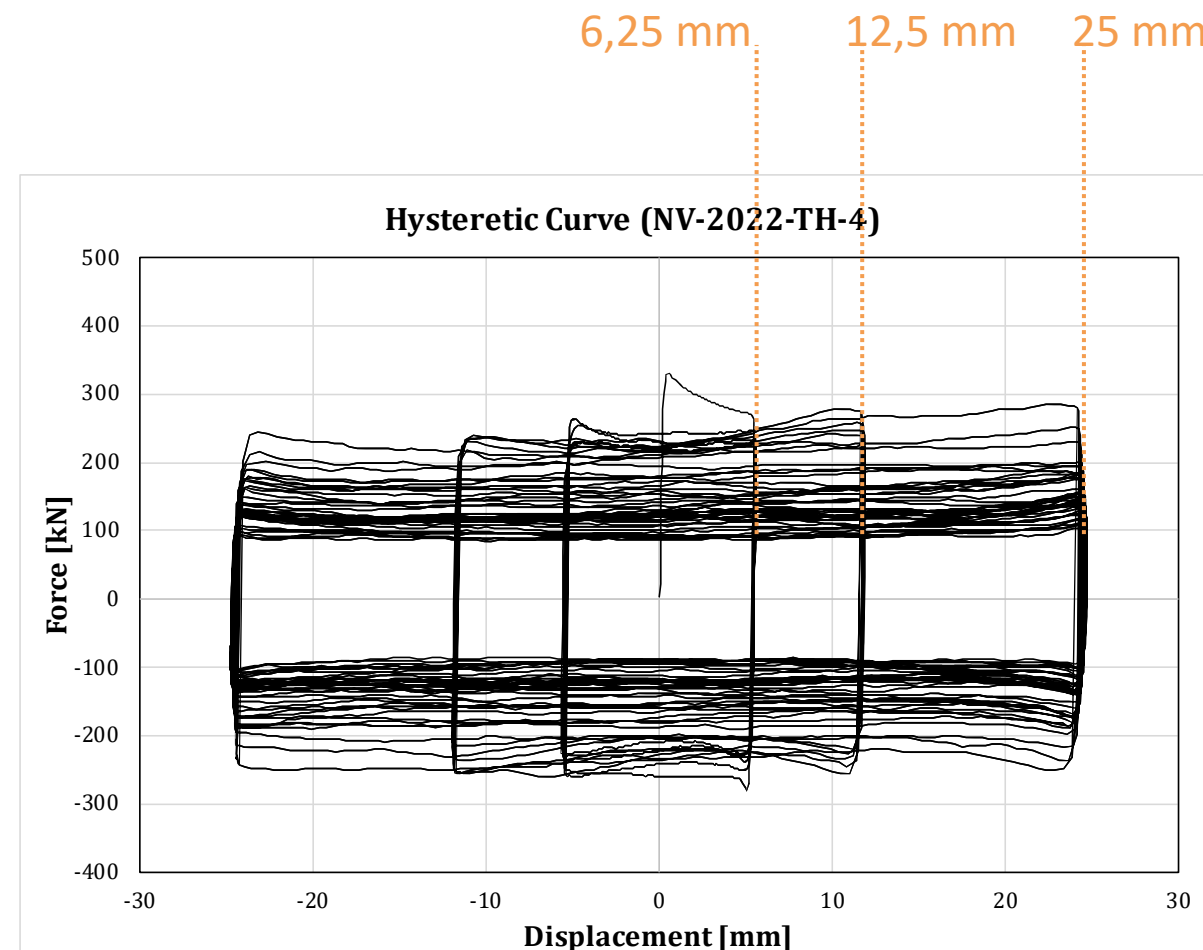
Esecuzione di test lap-shear per determinare il comportamento sotto carico ciclico

03 Analisi parametrica

Valutazione dell'influenza del precarico, del numero di asole e della velocità di scorrimento

Task 12.1 – Costruzioni in acciaio

Sub task 12.1.1 - Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici



UR04-UNICAMP/ING

V: Responsabili UR: Alberto Mandara – Massimiliano Ferraioli
Componenti UR: Angelo Lavino, Osvaldo Pecorari, Salvatore Mottola

12.1.1 – Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici

Titolo/tema della Ricerca

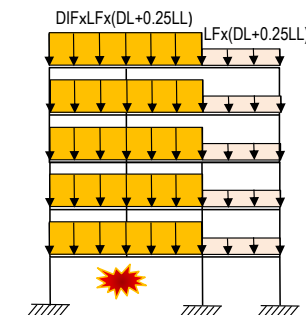
Criteri e metodi per la progettazione, il calcolo e l'implementazione di strategie e tecniche atte a **mitigare il rischio di collasso progressivo**.

Obiettivo della Ricerca

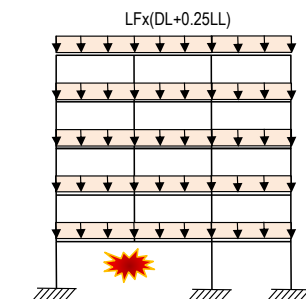
Sviluppo di **linee guida progettuali** di carattere pre-normativo per la **resistenza a collasso progressivo** degli edifici. Con particolare focus sui criteri di progetto, i metodi di analisi e i criteri di verifica da adottare.



Analisi statica non lineare



Analisi dinamica non lineare



Approccio metodologico

L'approccio è di tipo **numerico** e coinvolge:

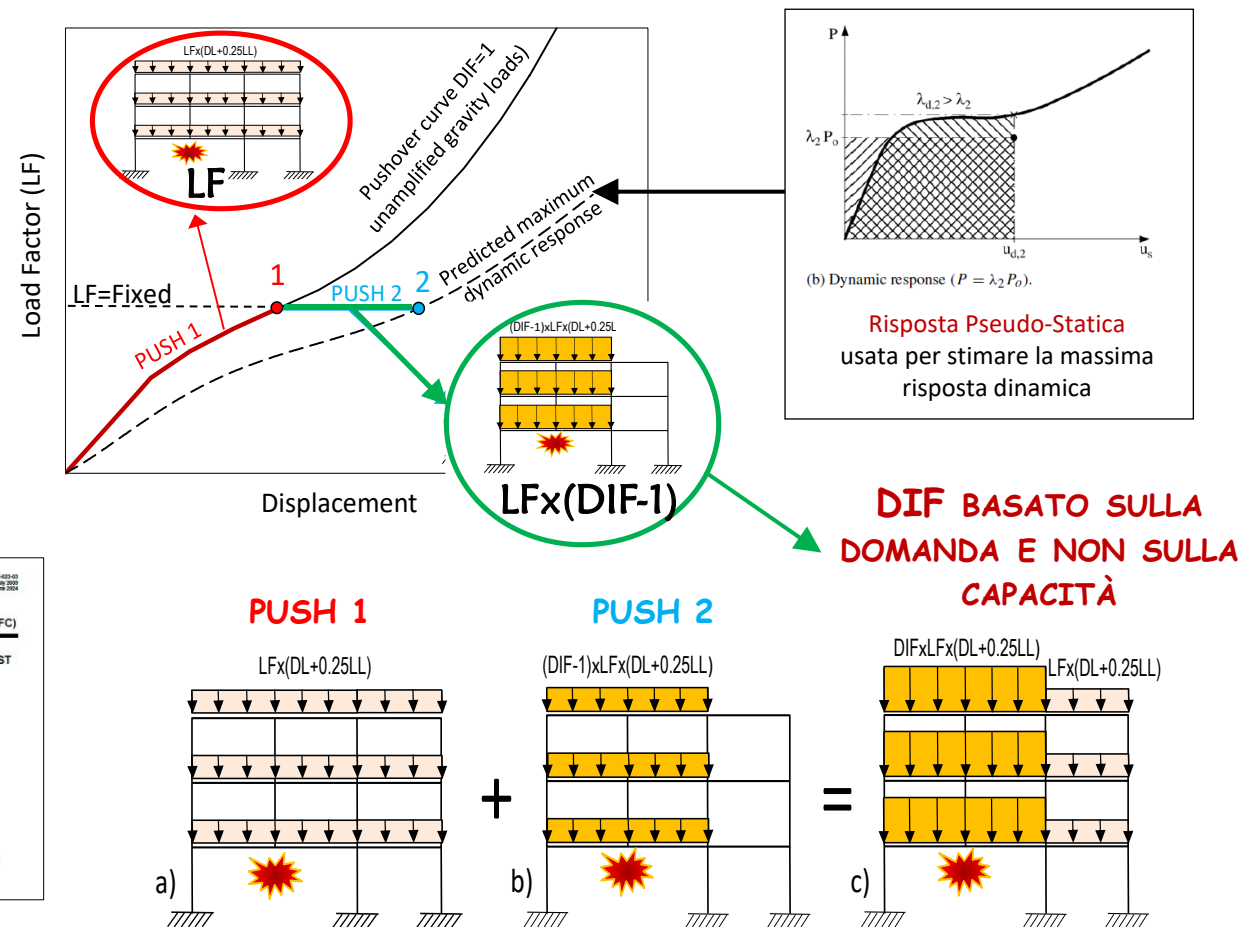
- Definizione dei **requisiti generali di progetto a collasso progressivo** per costruzioni nuove ed esistenti.
- Procedure di progetto **specifiche per edifici in acciaio**.
- Modellazione numerica con **analisi lineare e non lineare**.
- **Sviluppo di esempi applicativi** specifici da inserire in appendice alle linee guida.

V: Responsabile UR: Alberto Mandara – Massimiliano Ferraioli

- **Requisiti generali di progetto a collasso progressivo per costruzioni nuove ed esistenti.** Categorie di rischio. Percorso Alternativo dei Carichi. Resistenza locale. Forze di collegamento.
- **Procedure di progetto specifiche per edifici in acciaio.** Proprietà dei materiali. Fattore di riduzione della resistenza per acciai strutturali. Percorso Alternativo dei Carichi. Modellazione. Analisi statica lineare. Analisi statica non lineare. **Fattore di amplificazione dinamica (DIF)**. Analisi dinamica non lineare. Forze di collegamento. Resistenza locale.



Sub task 12.1.1 - Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici

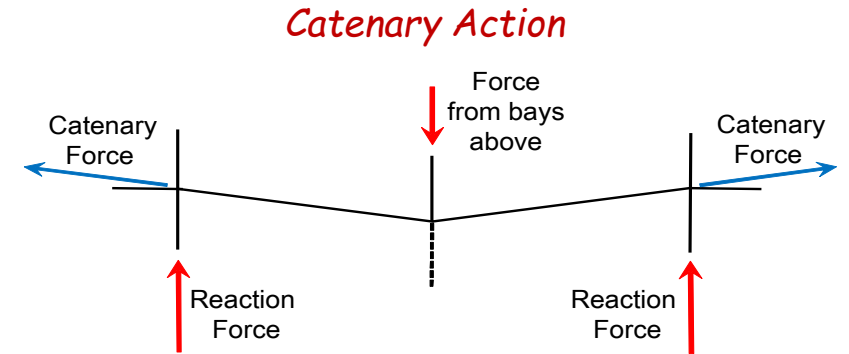
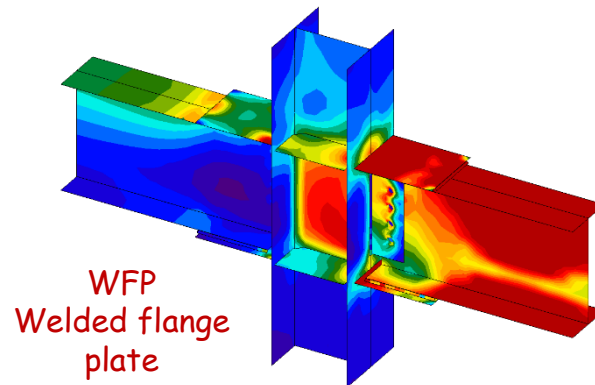
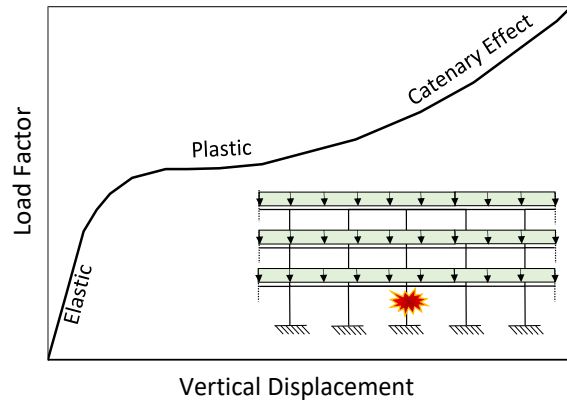


UR04-UNICAMP/ING

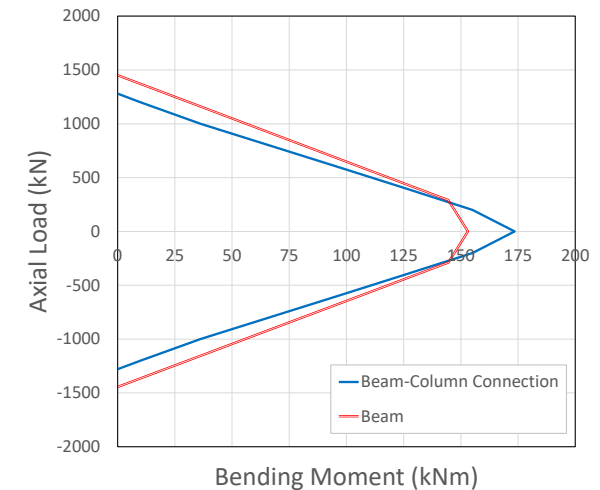
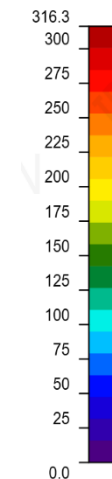
V: Responsabile UR: Alberto Mandara – Massimiliano Ferraioli

Attività svolte

- Capacità di rotazione dei collegamenti in presenza degli sforzi di trazione. Comportamento e modellazione non lineare collegamenti metallici trave-colonna (rigidi, semi-rigidi e flessibili) nei riguardi del collasso progressivo (ampie rotazioni plastiche e regime di sollecitazione di tenso-flessione).
- Criteri di accettazione per le connessioni.
- Modellazione non lineare dei collegamenti trave-colonna in scenari di rimozione di una colonna.



[MPa]



UR05-UNICAMP/DADI

V: Responsabili UR: G. De Matteis

Componenti UR: G. Brando, G. A. Venneri, C. Chisari, M. Zizi

12.1.1 – Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici

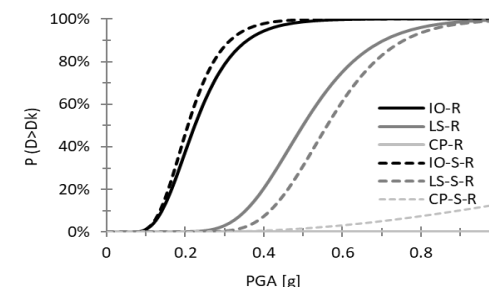
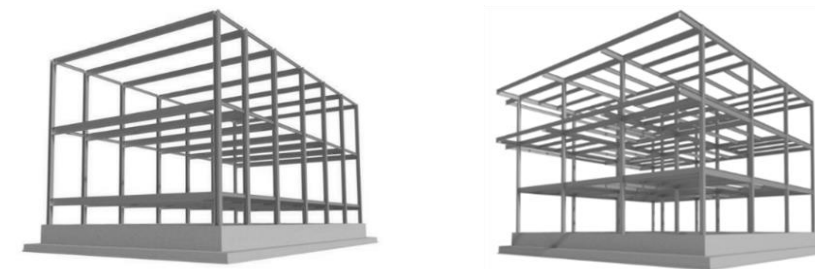
Titolo/tema della Ricerca

Valutazione delle nuove regole contenute nella nuova versione dell'EC3 con riferimento alla **classificazione dei giunti trave-colonna e colonna-fondazione**.

Obiettivo della Ricerca

Valutazione dell'incidenza delle **nuove formulazioni** contenute nella nuova versione **dell'EC3** incidano sulla risposta strutturale, principalmente in termini di **vulnerabilità sismica** degli edifici oggetto di indagine.

EDIFICI OGGETTO DI STUDIO



Approccio metodologico

E' utilizzato un **approccio numerico** al fine di definire la vulnerabilità sismica degli edifici oggetto di indagine. Approfondendo **l'incidenza del comportamento dei giunti trave-colonna e colonna-fondazione sulla risposta sismica globale**. Vengono eseguite **analisi dinamiche non lineari time history**, con successiva costruzione di **curve di fragilità**.

UR05-UNICAMP/DADI

V: Responsabili UR: G. De Matteis

Componenti UR: G. Brando, G. A. Venneri, C. Chisari, M. Zizi

12.1.2 – Edifici ed impianti a carattere produttivo

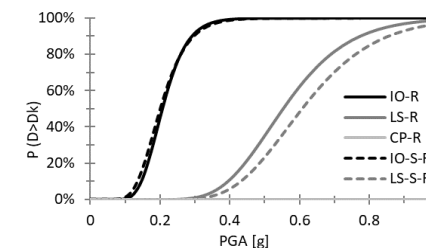
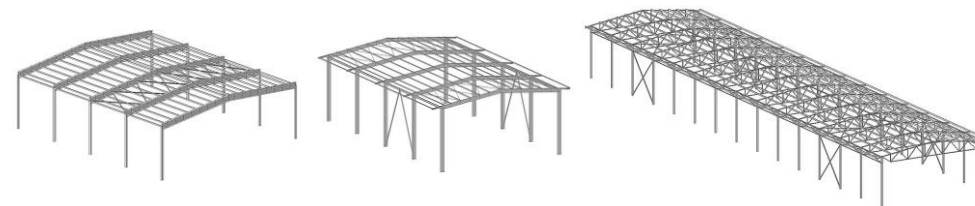
Titolo/tema della Ricerca

Valutazione delle nuove regole contenute nella nuova versione dell'EC3 con riferimento alla **classificazione dei giunti trave-colonna e colonna-fondazione**.

Obiettivo della Ricerca

Valutazione dell'incidenza delle **nuove formulazioni** contenute nella nuova versione **dell'EC3** incidano sulla risposta strutturale, principalmente in termini di **vulnerabilità sismica** degli edifici oggetto di indagine.

EDIFICI OGGETTO DI STUDIO



Approccio metodologico

Viene utilizzato un **approccio numerico** al fine di definire la vulnerabilità sismica degli edifici oggetto di indagine. Approfondendo **l'incidenza del comportamento dei giunti trave-colonna e colonna-fondazione sulla risposta sismica globale**. Vengono eseguite **analisi dinamiche non lineari time history, con successiva costruzione di curve di fragilità**.

UR05-UNICAMP/DADI

V: Responsabile UR: Gianfranco De Matteis

Attività svolte

- Valutazione delle regole contenute nella nuova versione dell'EC3 con riferimento alla classificazione dei giunti trave-colonna e colonna-fondazione.
- Studio del comportamento di giunti reali tramite l'applicazione del nuovo EC3-1-8.
- Valutazione dell'influenza dei giunti esaminati sul comportamento sismico globale di strutture in acciaio esistenti.

Edifici esaminati:

Strutture industriali monopiano esistenti e strutture residenziali multipiano archetipo.

Sub task 12.1.1 - Edifici residenziali con struttura in acciaio

Sub task 12.2.1 - Edifici industriali con struttura di acciaio

Eurocode 3 – Part 1-8: Design of joints

1ST Generation
EN 1993-1-8: 2005

EUROPEAN STANDARD	EN 1993-1-8
NORME EUROPÉENNE	
EUROPÄISCHE NORM	May 2005
ICS 91.010.30	
Supersedes ENV 1993-1-1:1992 Incorporating Corrigenda December 2005 and July 2009	
English version	
Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints	
Eurocode 3: Calcul des structures en acier - Partie 1-8: Calcul des assemblages	
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen	
This European Standard was approved by CEN on 16 April 2004.	

2ND Generation
EN 1993-1-8: 2024

EUROPEAN STANDARD	EN 1993-1-8
NORME EUROPÉENNE	
EUROPÄISCHE NORM	March 2024
ICS 91.010.30; 91.080.13	
Supersedes EN 1993-1-8:2005	
English Version	
Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-8: Joints	
Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-8: Assemblages	
Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Anschlüsse	
This European Standard was approved by CEN on 1 January 2024.	
CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.	



- **Analisi comparativa** tra vecchia e nuova versione dell'EC3-1-8.
- **Classificazione dei giunti** secondo la nuova normativa.
- **Valutazione della vulnerabilità sismica** di edifici industriali e residenziali in funzione del comportamento dei giunti.

UR05-UNICAMP/DADI

V: Responsabile UR: Gianfranco De Matteis

Attività svolte

INDIVIDUAZIONE PRINCIPALI AGGIORNAMENTI DEL NUOVO EC3-1-8:

- **Struttura riorganizzata del codice.**
- **Quattro nuovi Annex:**
 - Annex A: *Structural properties of basic components.*
 - Annex B: *Design of moment-resisting beam-to-column joints and splices.*
 - Annex C: *Design of nominally pinned connections.*
 - Annex D: *Design of column bases.*
- **Formulazioni aggiornate per il calcolo di rigidità e resistenza di alcune componenti:** Es. pannello d'anima della colonna, anima della colonna in compressione, flangia della colonna inflessa, piastra di estremità inflessa.
- **Nuovo approccio per il calcolo del giunto di base (Annex D).**
- **Introduzione di formule per il calcolo degli irrigidimenti della piastra di estremità inflessa.**
- **Trattazione più ampia dei giunti:** Circa 100 pagine dedicate, a fronte delle 80 pagg. della versione precedente.

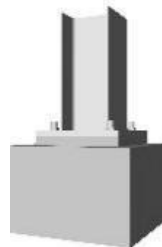
Sub task 12.1.1 - Edifici residenziali con struttura in acciaio

Sub task 12.2.1 - Edifici industriali con struttura di acciaio

CLASSIFICAZIONE DEI GIUNTI DI EDIFICI INDUSTRIALI IN ACCORDO AL NUOVO EC3-1-8:

Giunti rappresentativi del campione:

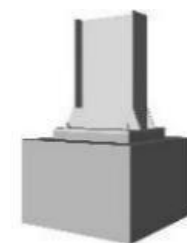
STRUTTURA A



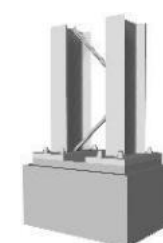
STRUTTURA H



STRUTTURA C



STRUTTURA M



2ND Generation Vs 1ST Generation

Giunti	Mj,Rd	Sj,ini
Strutt. A	invariato	invariato
Strutt. B	+10%	+24%
Strutt. C	+18%	31%
Strutt. D	invariato	invariato
Strutt. E	invariato	invariato
Strutt. F	+10%	+15%
Strutt. G	+42%	+60%
Strutt. H	+17%	+29%
Strutt. I	+13%	+10%
Strutt. L	+5%	+15%
Strutt. M	+20%	+20%

UR07-UNITN/1



Responsabile UR: Nadia Baldassino

Componenti UR: Maria Paola Gatti, Ivan Giongo, Riccardo Zandonini

12.1.3 – Edifici con ossatura leggera in profili sottili di acciaio formati a freddo

Titolo/tema della Ricerca

Sviluppo di **linee-guida pre-normative** per **sistemi leggeri di acciaio**.

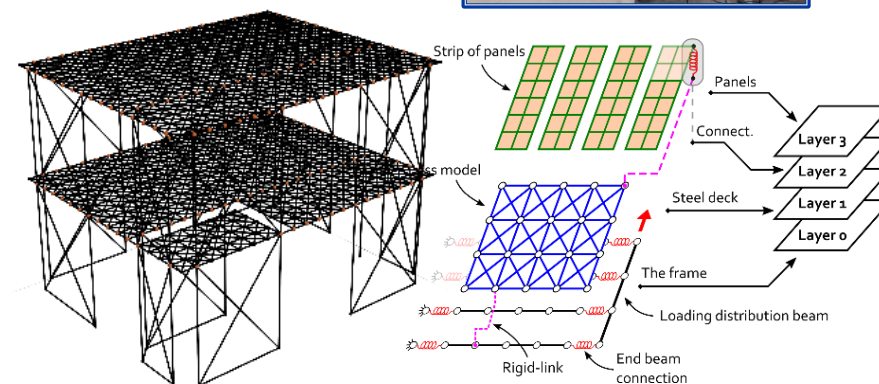
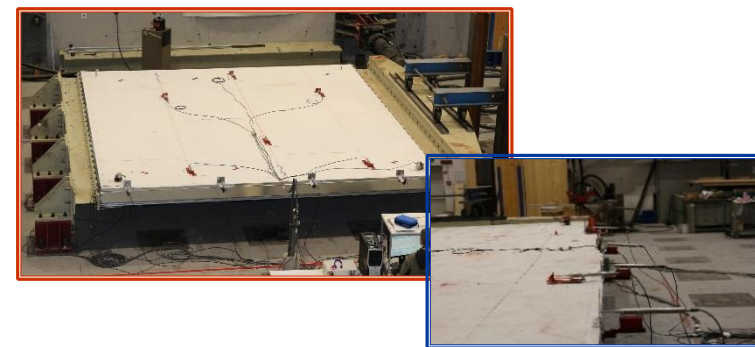
Obiettivo della Ricerca

Approfondimento ed aggiornamento delle linee guida pre-normative riguardanti la progettazione dei sistemi leggeri di acciaio messe a punto durante il progetto DPC-ReLUIIS 2022-2024. Verifica e **puntualizzazione delle indicazioni progettuali** già delineate, con particolare attenzione sul **sistema di piano e la sua interazione con il sistema delle pareti verticali**.

Approccio metodologico

Attività sperimentali su connessioni e rivestimenti. Impostazione della attività di analisi numerica sia per approfondire quanto emerso nel progetto precedente sia per definire i campi di variazione dei singoli parametri di influenza.

Analisi numeriche parametriche sui sistemi di piano e di parete. Progettazione di eventuali attività sperimentali ritenute necessarie sulla base dei risultati ottenuti.



UR07-UNITN/1



Responsabile UR: Nadia Baldassino

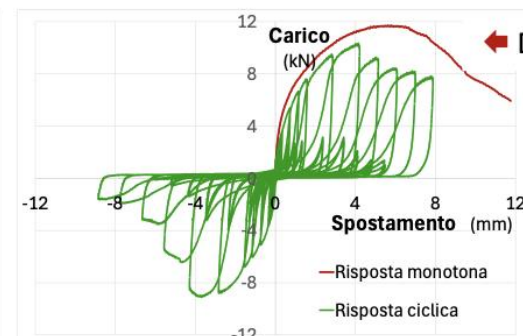
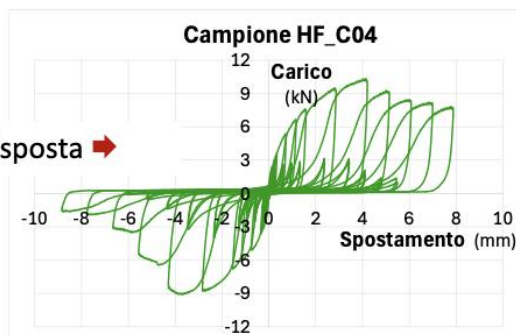
Studio sperimentale-analitico

Caratterizzazione in campo monotono e ciclico di connessioni profili CFS-rivestimenti

- Profilo a C con anima irrigidita di spessore 1,2 mm
- Tre tipi di rivestimento (cartongesso/cartongesso rinforzato/OSB)
- Connessione multipla (3+3 viti)



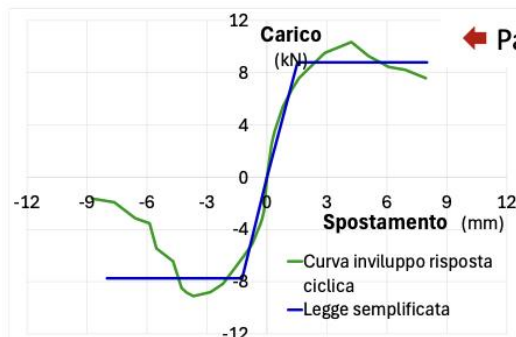
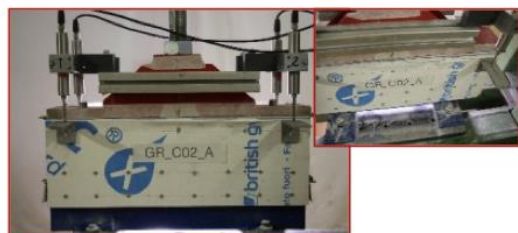
Caratterizzazione della risposta →



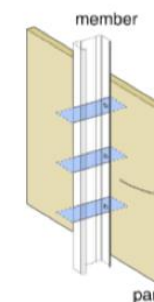
← Degrado della risposta

Modello della risposta della connessione

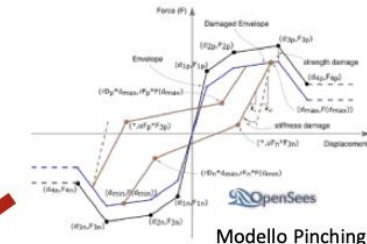
Effetto di gruppo ? →



← Parametri di rigidezza e resistenza



connessione



Modelli FEM per pareti e sistemi di piano

UR07-UNITN/1

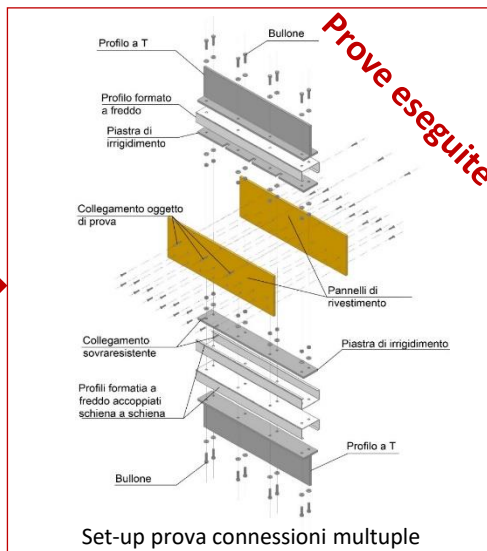
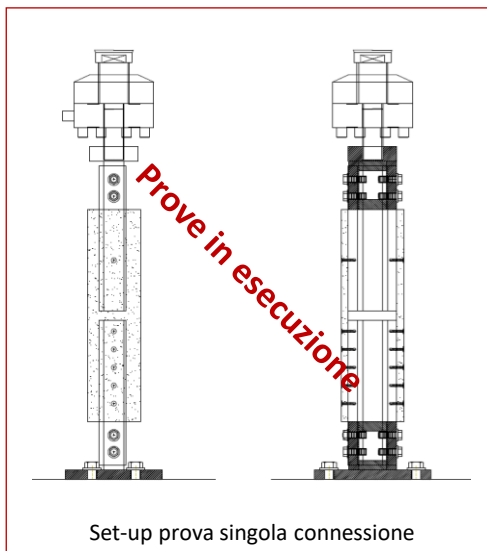


Responsabile UR: Nadia Baldassino

Studio sperimentale-analitico

Effetto di gruppo della connessione

- Profilo a C con anima irrigidita di spessore 1,2 mm
- Tre tipi di rivestimento (cartongesso/cartongesso rinforzato/OSB)
- Connessione isolata (1+1 vite)



Task 12.1 Costruzioni di acciaio

Sub task 12.1.3 - Edifici con ossatura leggera in profili sottili di acciaio formati a freddo

Studio numerico sulla risposta dei sistemi di piano

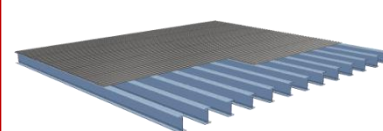
Condizioni di rigidezza/flessibilità di sistemi di piano

Messa a punto di modelli FEM di sistemi di piano

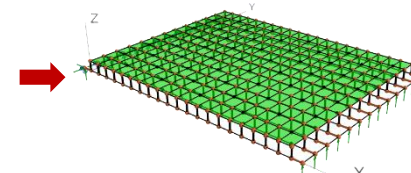
- Travi binate in configurazione semplice
- Travi con irrigidimenti di piano (blocking systems)
- Diversi sistemi di implacato

Analisi parametriche su sistemi di piano e pareti

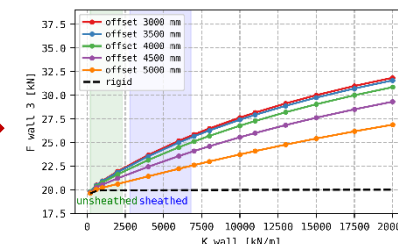
Analisi dei risultati anche con riferimento a criteri di classificazioni dei solai di letteratura



Solaio



Modello FEM



Analisi parametriche

UR03-UNIP1



Responsabile UR: Walter Salvatore

Componenti UR: Silvia Caprili, Francesco Morelli, Agnese Natali, Francesca Mattei,
Daniele Mattoccia, Federica del Carlo

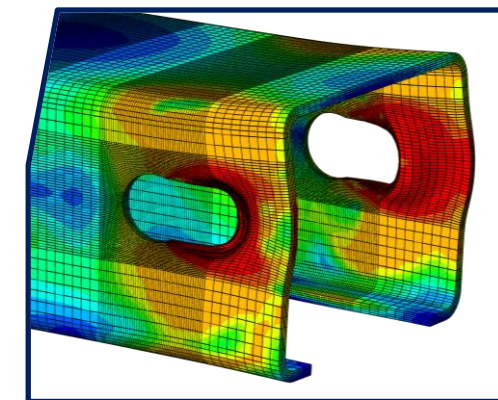
12.1.2 – Edifici ed impianti a carattere produttivo

Titolo/tema della Ricerca

Strategie per il controllo della **resistenza al rifollamento** dei profili sottili tipicamente utilizzati per le **scaffalature metalliche**.

Obiettivo della Ricerca

La ricerca ha come obiettivo l'analisi delle principali fonti di vulnerabilità sismica **dei Magazzini Autoportanti verticali (MAV)**. A tal fine, particolare attenzione sarà posta al **comportamento delle connessione montante-diagonale** e sulla possibilità di controllare il meccanismo del rifollamento quale fonte di duttilità.



Approccio metodologico

Lo studio ha carattere **prevalentemente numerico-sperimentale**, nel quale è previsto che i **vari modelli numerici** siano calibrati sulla base delle prove sperimentali reperibili in letteratura e un numero limitato di **prove in laboratorio**.

Task 12.1 - Costruzioni di Acciaio

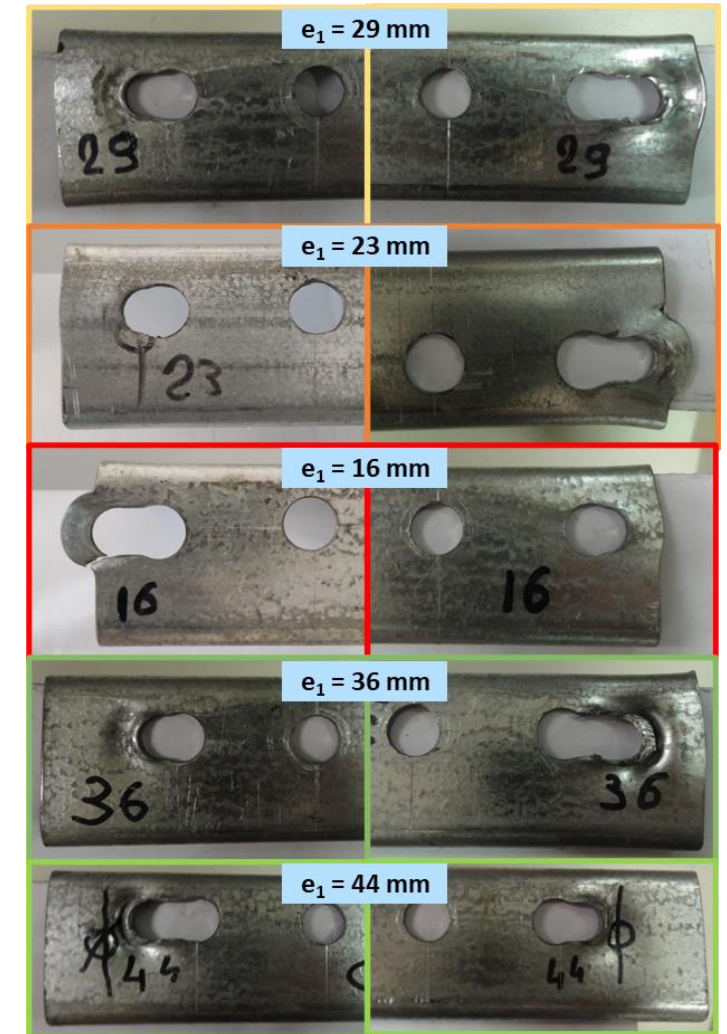
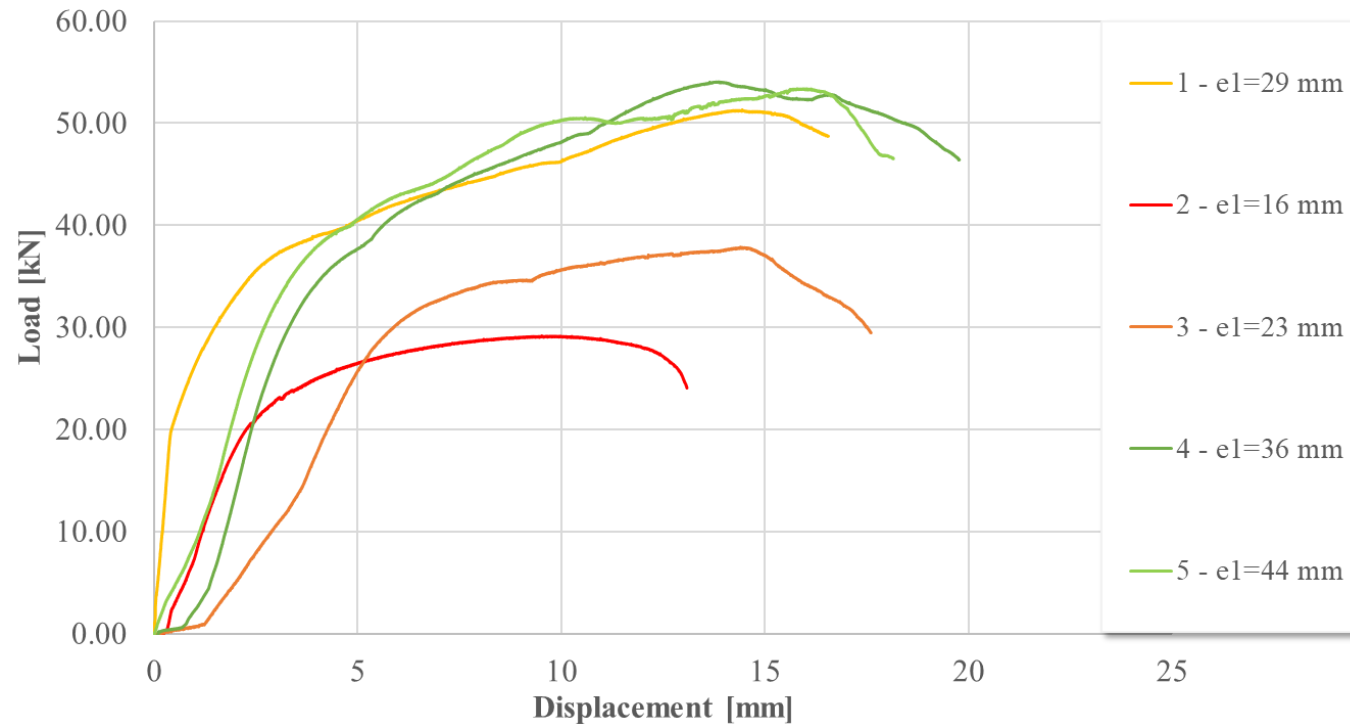
Sub task 12.1.2 - Edifici ed impianti a carattere produttivo

UR03-UNIFI



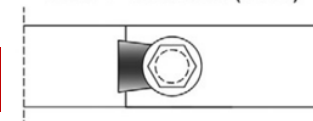
Responsabile UR: Walter Salvatore

Analisi della resistenza a rifollamento dei collegamenti - sperimentazione

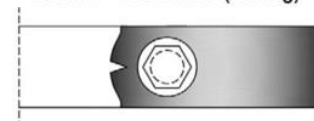


MODALITÀ DI ROTTURA

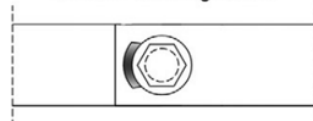
Mode I - end failure (shear)



Mode I - end failure (tearing)



Mode II - bearing failure



Task 12.1 - Costruzioni di Acciaio

Sub task 12.1.2 - Edifici ed impianti a carattere produttivo

UR03-UNIFI

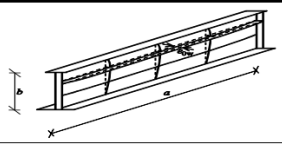
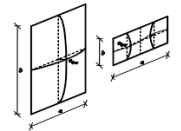
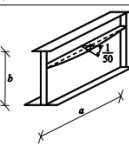
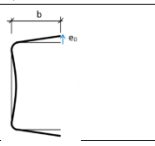
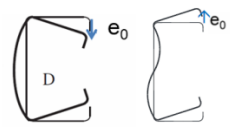


Responsabile UR: Walter Salvatore

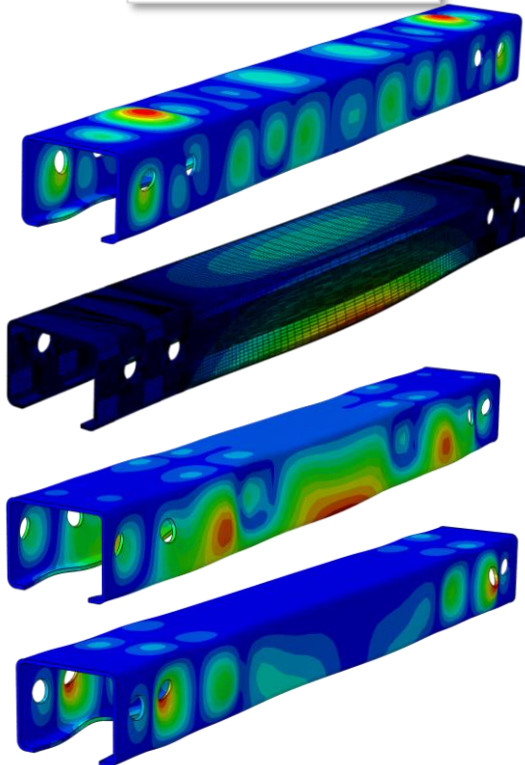
Sviluppo di modelli numerici della connessione

→ shell con imperfezioni iniziali

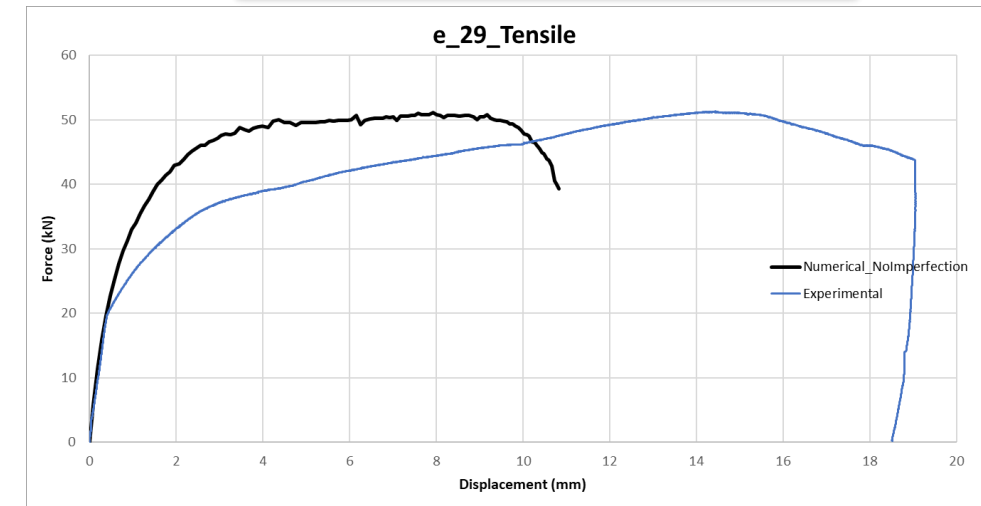
Normativa

Type of imperfection	Component
longitudinal stiffener with length a	
panel or sub-panel	
stiffener or flange subject to twist	
local buckling of outstand elements for cold-formed structures	
distorsional buckling of cold-formed sections	

Analisi di buckling



Confronto risultati numerici e sperimentali



Necessario utilizzare strategie di modellazione più raffinate → modellazione mediante elementi solidi.

Organizzazione in task

WP12

Task 12.1

Costruzioni in acciaio

- 12.1.1 Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici
- 12.1.2 Edifici ed impianti a carattere produttivo
- 12.1.3 Edifici con ossatura leggera in profili sottili di acciaio formati a freddo

Task 12.2

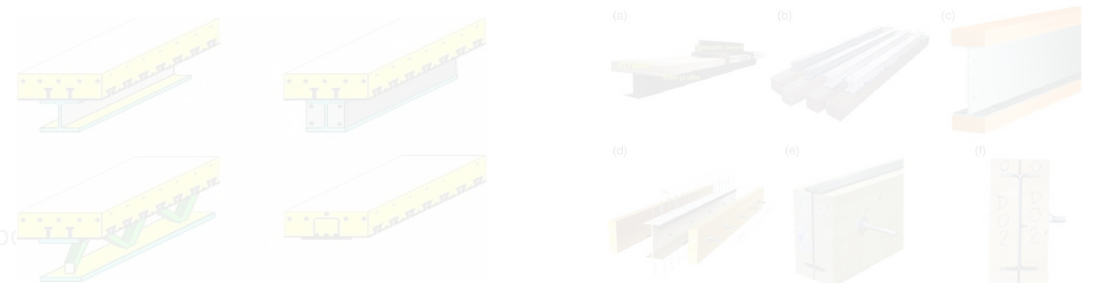
Costruzioni in legno

- 12.2.1 Edifici
- 12.2.2 Sopraelevazioni in legno
- 12.2.3 Durabilità

Task 12.3

Costruzioni composte

- 12.3.1 Edifici con strutture composte acciaio-clt
- 12.3.2 Edifici con strutture composte acciaio-legno



UR08-UNITN/2



Responsabile UR: Ivan Giongo

Componenti UR: Maurizio Piazza, Daniele Casagrande,
Andrea Bartolotti, Daniele Salzani, Andrea Gaspari

12.2.1 – Edifici in legno

Titolo/tema della Ricerca

Aggiornamenti normativi e **progettazione semplificata** di
strutture a pannelli massicci multi-pannello.

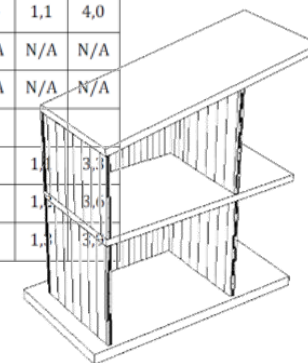
Obiettivo della Ricerca

L'attività sarà focalizzata sull'analisi dell'impatto della **seconda generazione dell'EC 5 e EC 8**, in fase finale di approvazione:

- Aggiornamento versione attuale prEN 1995-1-1 e prEN 1998-1-2 e proposta di aggiornamento NTC 18 e Circ. esplicativa (in collaborazione con UR10-UNIVAQ)
- **Elaborazione di linee guida** per l'applicazione delle nuove norme con riferimento al comportamento degli edifici a pannelli massicci
- Estensione metodo di calcolo Annex R prEN1195-1-1 («lateral displacement») a edifici multi-piano con pareti segmentate

Table 13.2 — Default values of the behaviour factors q for buildings regular in elevation with maximum values of the seismic action index S_b for design in DC1

Structural type	Maximum S_b for design in DC1 [m/s ²]	Ductility class						
		DC1	DC2			DC3		
		q	q_0	q_R	q	q_0	q_R	q
a) Cross laminated timber (CLT) structures	4,0	1,5	1,2	1,3	2,3	1,4	1,5	3,2
b) Framed wall structures								
b1) With fully anchored walls	5,0	1,5	1,5	1,1	2,5	2,4	1,1	4,0
b2) With non-fully anchored walls	3,0	1,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
c) Log structures	4,0	1,5	1,2	1,1	2,0	N/A	N/A	N/A
d) Moment-resisting frames structures								
d1) Single storey	4,0	1,5	1,3	1,1	2,1	2,0	1,1	3,3
d2) Multi-storey, one-bay	4,0	1,5	1,3	1,2	2,3	2,0	1,1	3,0
d3) Multi-storey, multi-bay	4,0	1,5	1,3	1,3	2,5	2,0	1,1	3,9



Approccio metodologico

- Revisione dei documenti normativi e descrizione critica delle principali novità introdotte (in collaborazione con UR10-UNIVAQ).
- Stesura di **esempi di calcolo** per la progettazione di elementi strutturali negli edifici in legno a pannelli massicci
- **Studio numerico** del comportamento cinematico e della trasmissione delle azioni interne in **pareti multi-piano segmentate** al fine di individuare una metodologia semplificata per il calcolo degli spostamenti laterali

UR08-UNITN/2



Responsabile UR: Ivan Giongo

Componenti UR: Maurizio Piazza, Daniele Casagrande,
Andrea Bartolotti, Daniele Salzani, Andrea Gaspari

12.2.2 – Sopraelevazioni in legno

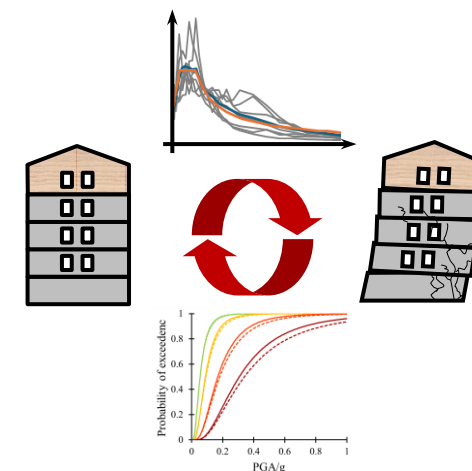
Titolo/tema della Ricerca

Analisi di **edifici esistenti con sopraelevazioni** a pareti portanti in legno

Obiettivo della Ricerca

Lo studio si propone di indagare gli effetti delle **sopraelevazioni in legno** sulla risposta sismica di edifici esistenti (in collab. con UR12-UNIMOL):

- Definizione di **modelli semplificati** per la valutazione dell'impatto delle sopraelevazioni in legno sulla vulnerabilità sismica di edifici esistenti
- Elaborazione di **strategie progettuali** atte ad ottimizzare la risposta dinamica del sistema edificio-sopraelevazione
- Eventuale **proposta di aggiornamento** delle attuali prescrizioni normative inerenti alle sopraelevazioni lignee



Approccio metodologico

- Analisi numerica su casi studio** dell'impatto di sopraelevazioni in legno sulla risposta sismica di edifici esistenti
- Analisi parametrica** per studiare l'influenza delle variabili di progetto delle sopraelevazioni in legno sulla risposta dinamica di strutture esistenti
- Verifica della robustezza** degli approcci proposti tramite analisi estensiva di edifici archetipo

UR08-UNITN/2



Responsabile UR: Ivan Giongo

Componenti UR: Maurizio Piazza, Daniele Casagrande,
Andrea Bartolotti, Daniele Salzani, Andrea Gaspari

12.2.3 - Durabilità

Titolo/tema della Ricerca

Analisi dell'aspettativa di vita di edifici in legno

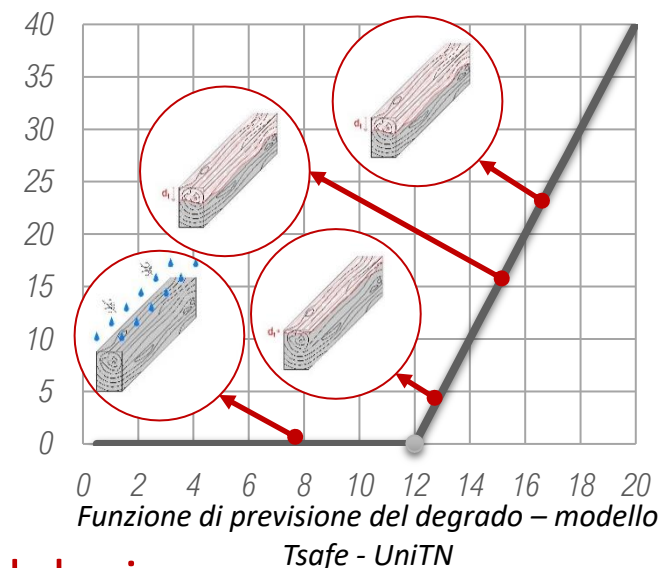
Obiettivo della Ricerca

L'attività si focalizzerà sulla **durabilità delle strutture in legno** e sulla previsione del degrado materico, per garantire la **corrispondenza tra la prestazione strutturale attesa e quella effettiva**, attraverso:

- La definizione di **linee guida per il progetto della durabilità**
- L'elaborazione e l'aggiornamento di **modelli predittivi del degrado delle strutture di legno**
- La definizione di **strategie di intervento in caso di degrado**



*Degrado del tavolato
individuato durante le
ispezioni di balconi in legno*



Approccio metodologico

- Analisi del **background scientifico esistente**
- **Aggiornamento dei modelli predittivi** attraverso la revisione dell'approccio di base sviluppato nel progetto precedente e l'adattamento alle tipologie costruttive e al contesto italiano
- **Definizione di un portfolio di casi studio rappresentativo** utile alla validazione sperimentale in situ dei modelli e alla *definizione delle linee guida*

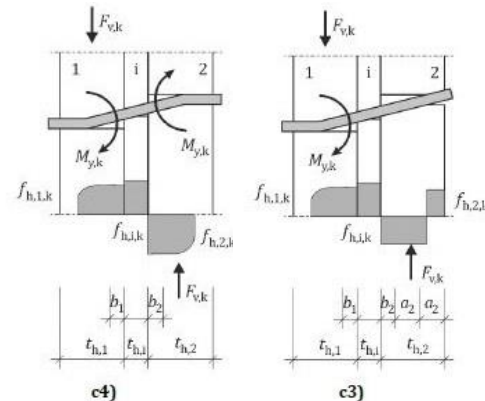
UR08-UNITN/2



Responsabile UR: Ivan Giongo

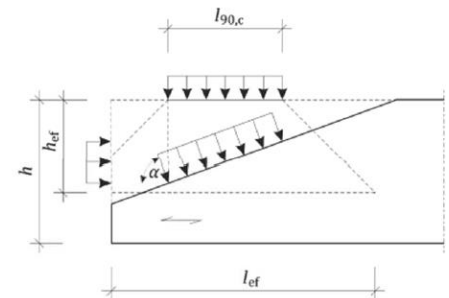
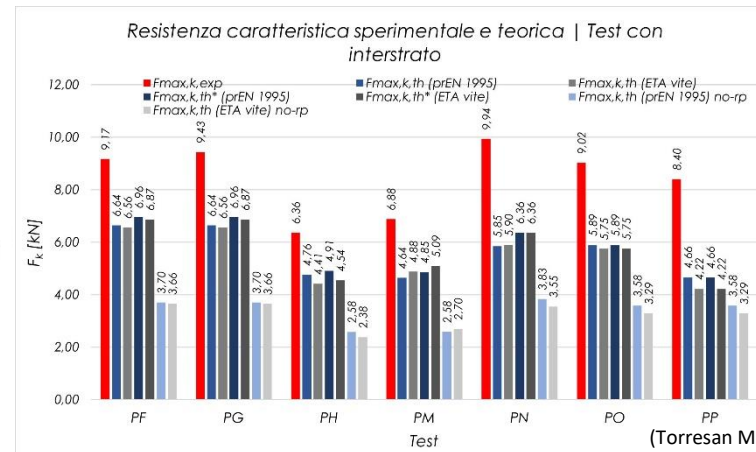
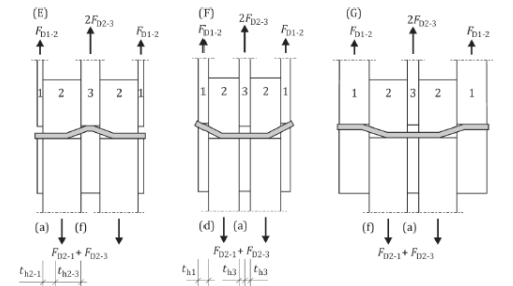
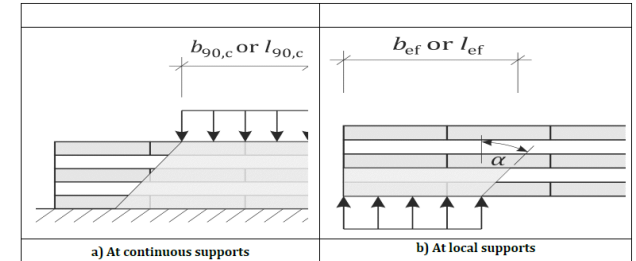
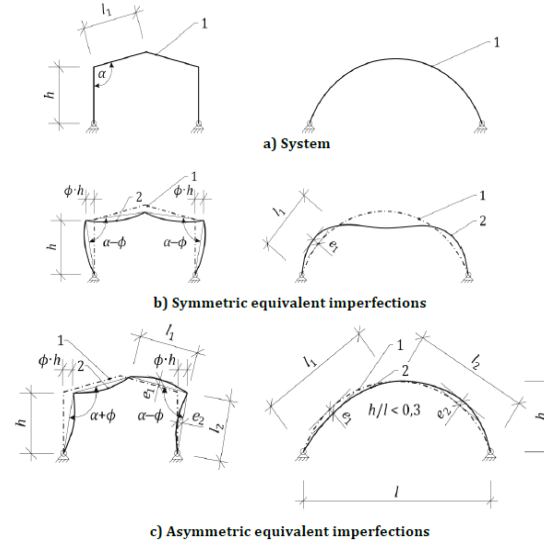
Attività svolte

- **Aggiornamento** del documento esplicativo «Analisi critica delle principali novità della norma prEN 1995-1-1», con l'estensione ai capitoli:
 - 7 (Structural Analysis),
 - 8 (Ultimate limit states),
 - 9 (Serviceability limit states),
 - 10 (Fatigue),
 - 11 (Connections);
- Redatti i primi **esempi** di calcolo focalizzati principalmente sulle verifiche SLU e SLE.



Task 12.2 – Costruzioni in legno

Sub task 12.2.1 - Edifici a pannelli massicci



UR08-UNITN/2



Responsabile UR: Ivan Giongo

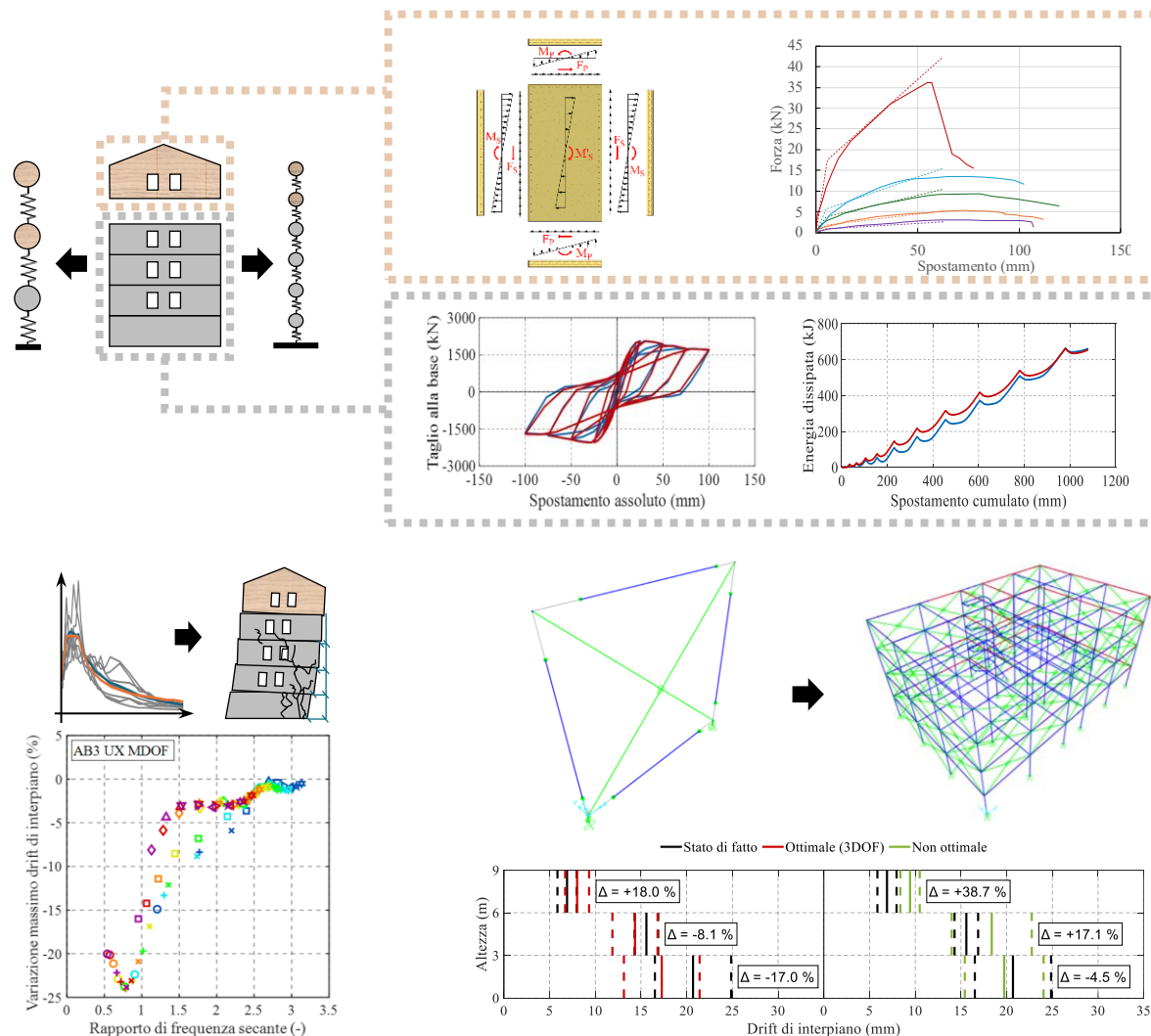
Attività svolte

- **Definizione** di una procedura semplificata per il progetto ottimizzato di **sopraelevazioni in legno a pareti intelaiate** in legno
- **Applicazione** della procedura a **edifici archetipo in CA**, rappresentativi delle pratiche costruttive tipiche dell'edilizia residenziale multipiano degli anni '70 in Italia.
- **Validazione** della procedura tramite analisi dinamiche non lineari su modelli raffinati agli elementi finiti degli edifici analizzati.
- **Valutazione** della robustezza e dell'affidabilità della procedura rispetto alla variabilità dell'azione sismica

Pubblicazione: *Seismic analysis and design optimization of Light Timber Frame Vertical Additions on RC low-code buildings; COMPDYN 2025*

Task 12.2 – Costruzioni in legno

Sub task 12.2.2 - Sopraelevazioni in legno



UR08-UNITN/2

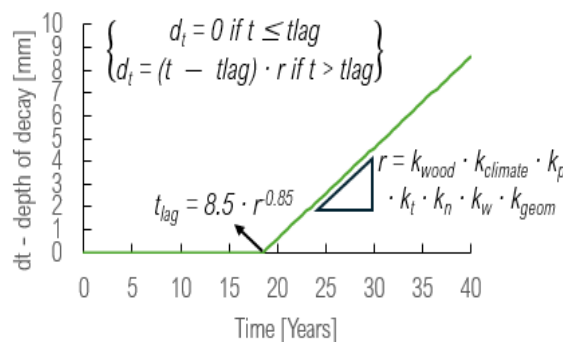


Responsabile UR: Ivan Giongo

Attività svolte

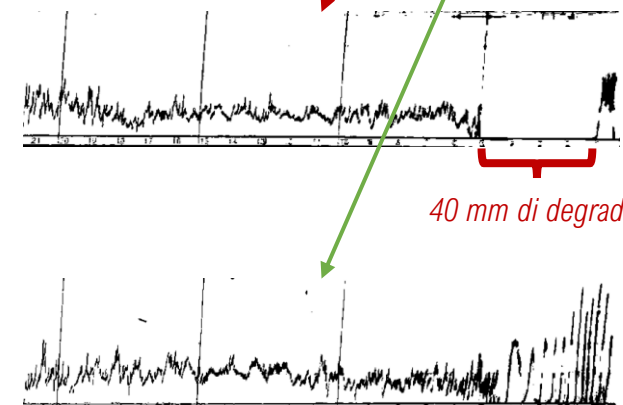
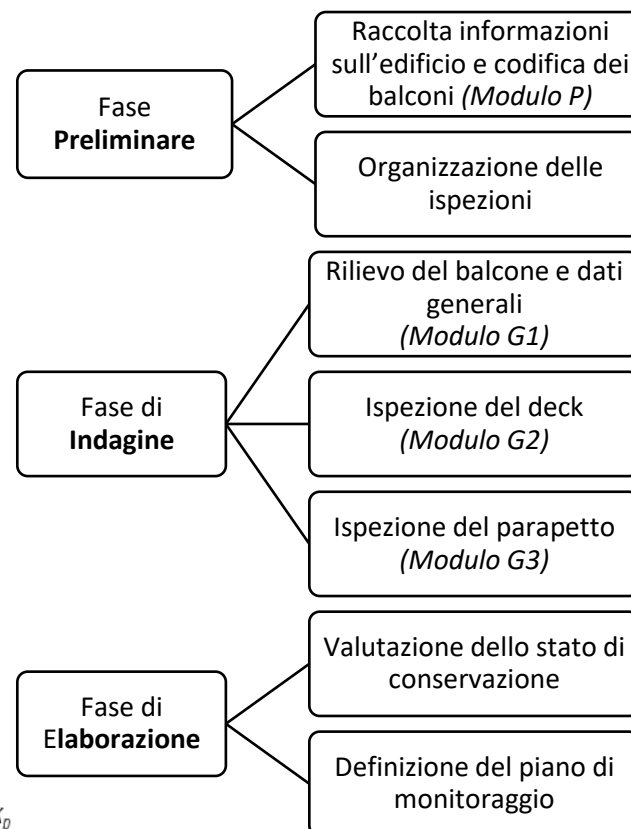
- **Aggiornamento** *Linee guida per il progetto della durabilità* attraverso aggiunta riguardante la progettazione dei balconi e dell'attacco a terra
- Ispezione e raccolta dati di **58 balconi in legno**
- **Definizione procedura per ispezione, valutazione, manutenzione** dei balconi in legno (adattabile ad altre strutture lignee) e calcolo del Piano di monitoraggio basato sul *modello di previsione del degrado T-safe*

Pubblicazione: *Timber Balcony Monitoring Plan: Review and Step-by-Step Procedure; WCTE 2025*



Task 12.2 – Costruzioni in legno

Sub task 12.2.3 - Durabilità



UR09-UNIUD



Responsabile UR: Stefano Sorace

Componenti UR: Arianna Straulino, Anna Frangipane,
Gloria Terenzi, Samantha Lisetto

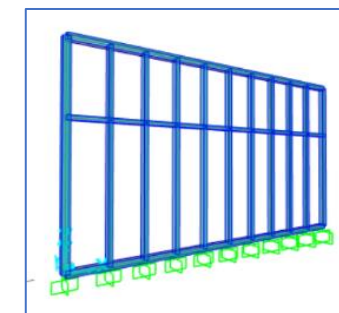
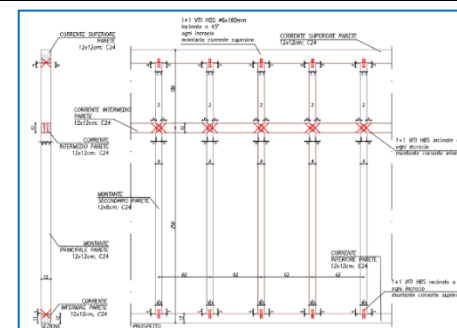
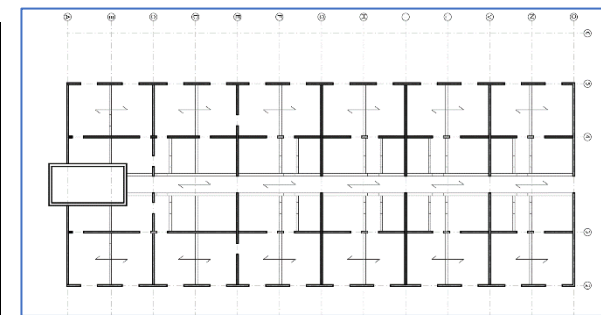
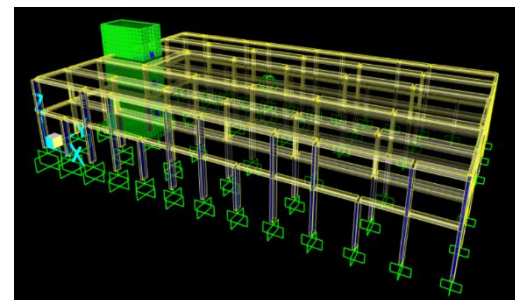
12.2.2 – Sopraelevazioni in legno

Titolo/tema della Ricerca

Studio di **sopraelevazioni** con struttura costituita
da **telai lignei leggeri**

Obiettivo della Ricerca

Valutazione della prestazione sismica e
dell'efficacia di soluzioni strutturali a **telaio
leggero in legno** di tipo tradizionale, con
configurazione «platform frame», o **innovativo,
integrante sistemi di dissipazione
supplementare dell'energia**, in interventi di
sopraelevazione edilizia.



Approccio metodologico

L'approccio è di tipo numerico/progettuale. Individuato un **caso studio rappresentativo** (edificio ad uso di civile abitazione con **struttura in c.a.**), e viene effettuata la modellazione agli elementi finiti allo stato attuale. Dopodiché **si procede con il progetto della sopraelevazione a telaio ligneo leggero** di tipo tradizionale e **modellazione agli elementi finiti** della stessa.

UR09-UNIUD



Responsabile UR: Stefano Sorace

Attività numerico-modellative e di simulazione progettuale

1. Completamento del primo caso di studio, con progetto della **sopraelevazione a telaio ligneo leggero** di tipo tradizionale

Obiettivo

Valutazione dell'influenza della sopraelevazione sulla risposta della struttura esistente

Risultati

- Cresce la percentuale di pilastri fuori sicurezza per le verifiche flessionali: PT **41%** (sdf **35%**); P1 **30%** (sdf **15%**)
- Cresce lo spostamento relativo di piano: PT **0,77%** (sdf **0,63%**); P1 **1,41%** (sdf **1,19%**)

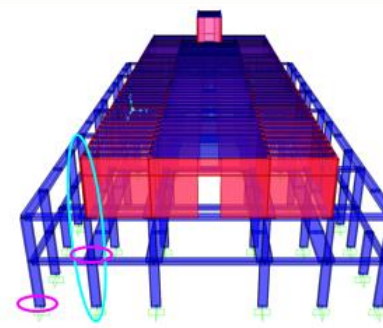
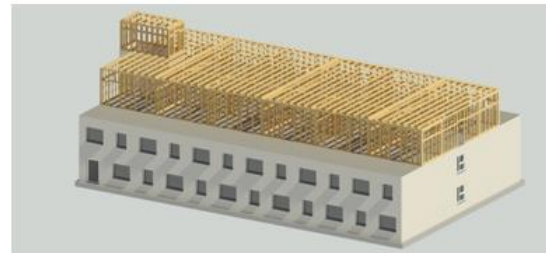
Grazie all'intrinseca leggerezza della soluzione LFT, gli incrementi sono di ragionevole entità

Task 12.2 – Costruzioni di legno

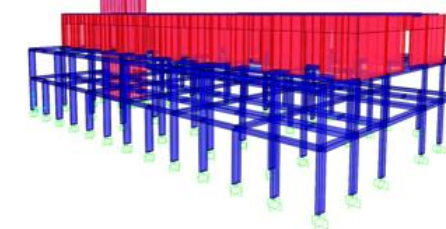
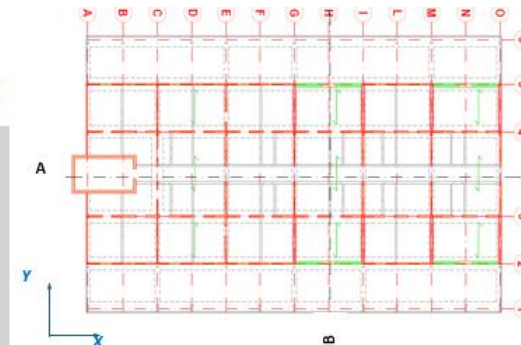
Sub task 12.2.2 – Sopraelevazioni in legno

Sopraelevazione (LFT)

Altezza piano aggiuntivo 3,80 m



Edificio con sopraelevazione tradizionale a telaio ligneo leggero e modello strutturale agli elementi finiti



UR09-UNIUD



Responsabile UR: Stefano Sorace

Attività svolte nel corso del secondo anno Numerico-modellative e di simulazione progettuale

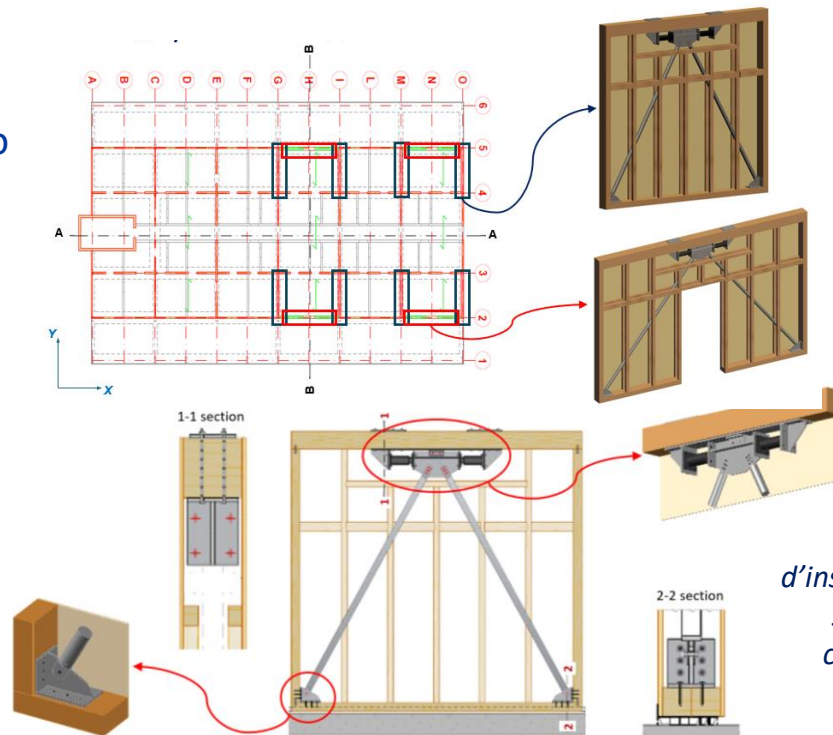
- Progetto **alternativo**, con inserimento di un limitato numero di **controventi includenti dissipatori fluido-viscosi** pressurizzati nella sopraelevazione (DB)

Obiettivo

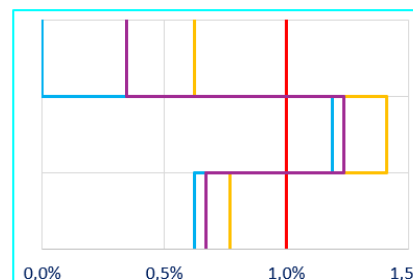
Sensibile riduzione dell'incremento di domanda sismica sulla struttura esistente

Risultati

- Decresce la percentuale di pilastri fuori sicurezza per le verifiche flessionali sino a valori anche inferiori a quelli allo stato di fatto: PT **33%** (sdf **35%**); P1 **24%** (sdf **15%**), unitamente ai corrispondenti rapporti domanda/capacità
- Decresce lo spostamento relativo di piano rispetto ai valori ottenuti per il progetto tradizionale (LFT): PT **0,67%** (LFT **0,77%**); P1 **1,23%** (LFT **1,41%**)

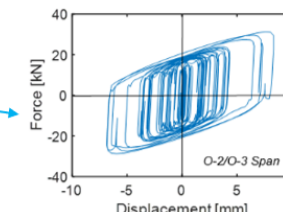
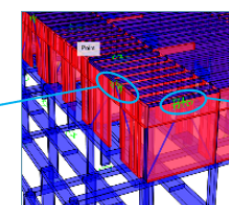
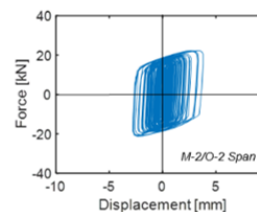


*Dettagli
d'installazione del
sistema di
controventi
dissipativi*



■ O-2 IDR_v – configurazione sdf
■ O-2 IDR_v – configurazione LFT
■ O-2 IDR_v – configurazione DB

*Confronto tra i profili di
spostamento massimo interpiano*



Cicli di risposta dei dissipatori allo SLV: M2-O2 (sinistra); O2-O3 (destra)

UR10-UNIVAQ



Responsabile UR: Massimo Fragiacomò

Componenti UR: Martina Sciomenta, Vincenzo Rinaldi,
Gloria Rosone

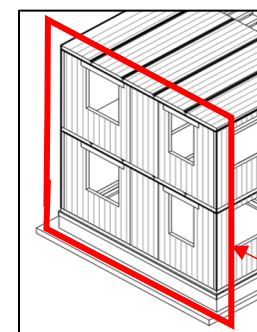
12.2.1 – Edifici in legno

Titolo/tema della Ricerca

Aggiornamenti normativi e **progettazione semplificata** di
strutture a pannelli massicci multi-pannello.

Obiettivo della Ricerca

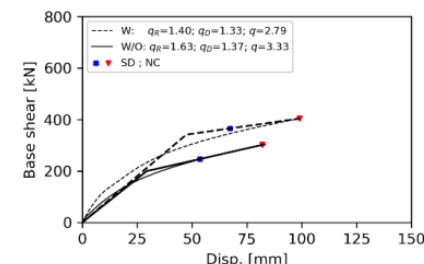
- Introdurre modifiche per rendere il **Capitolo 13 della prEN 1998-1-2 compatibile con l'ultima versione della prEN 1995-1-1**, in collaborazione con UR08-UNITN
- Validare la **progettazione in classe di duttilità intermedia** (definita DC2+) nata per ovviare alle criticità di progettazione della classe DC3 evidenziate nel corso del precedente Progetto DPC-ReLuis 2022-2024
- Aggiornamento e modifica delle NTC 2018 e relativa Circolare Applicativa in collaborazione con UR08-UNITN



Parete tipo MP



4m 6m



		DC2+	
		DANNO SIGNIFICATIVO	QUASI-COLLASSO
W			
W/O			

Approccio metodologico

L'approccio metodologico è prevalentemente di carattere numerico e si baserà:

- Sulla progettazione di un numero di archetipi strutturali in DC2+ in accordo a prEN 1998-1-2 e la nuova bozza dell'Eurocodice sul legno prEN 1995-1-1.
- Sull'esecuzione di analisi statiche e dinamiche non-lineari per la valutazione del fattore di comportamento q da proporre per la classe di duttilità DC2 plus

UR10-UNIVAQ



Responsabile UR: Massimo Fragiacommo

Aggiornamento Normativo

➤ Capitolo 13 della prEN1998-1-2 predisposto per il Formal Vote

Correzione di alcuni errori materiali e aggiornamento dei riferimenti alla versione finale della prEN 1995-1-1 (Eurocodice 5 sulle strutture in legno) inviata per il Formal Vote, per la realizzazione dell'Early Amendment alla prEN1998-1-2.

Amendments				Date: 06.08.2025	Document: EN1998-1-2 N1396	
Preliminary draft of Early amendments of EN 1998-1-2 to be distributed for discussion at SC8 54 th meeting 22-23 rd September 2025						
MB ¹	Line number	Paragraph/ Figure/Table	Type of comment	Comment (justification for change) by the MB	Proposed change	Observation of the Secretariat
	54 of page 27	3.2.1.1	ed	Notation $F_{t,Rd}$ is wrong	Delete "b" in $F_{t,Rd}$ which then become $F_{t,Rd}$	
	3 of page 28	3.2.1.1	ed	Notation $F_{t,Rd}$ is wrong	Delete "b" in $F_{t,Rd}$ which then become $F_{t,Rd}$	
	2 of page 28	3.2.1.1	ed	The description of the quantity $F_{t,Rd}$ is inappropriate	Replace the definition of symbol "design strength in tension conditions of the anchoring connection against overloading" with "tension-reduced design strength of the anchoring (3D or 2D) connections against overloading"	
	20 of page 28	3.2.1.1 Formula (13.5) in 13.4.3(4) and the relative description	ed	Notation $F_{t,Rd}$ and relative description is inconsistent with the corresponding variable in prEN 1995-1-1:2023	Replace "b" by "R" and delete "R" by "R" in $F_{t,Rd}$ which then become $F_{t,Rd}$ Replace the definition of symbol "characteristic strength of the selected ductile failure mode providing energy dissipation, according to EN 1995-1-1" by "characteristic value of the dowel effect contribution per shear plane of the selected ductile failure mode providing energy dissipation, according to EN 1995-1-1:2024, 11.2.3.2(7)"	
	22 of page 28	3.2.1.1 Formula (13.5) in 13.4.3(4) and the relative description	ed	Notation $F_{t,Rd}$ and relative description is inconsistent with the corresponding variable in prEN 1995-1-1:2023	Replace "b" by "R" and delete "R" by "R" in $F_{t,Rd}$ which then become $F_{t,Rd}$ Replace the definition of symbol "characteristic strength of the less ductile failure mode" by "characteristic value of the dowel effect contribution per shear plane of the non-dissipative failure mode with the minimum strength, according to EN 1995-1-1:2024, 11.2.3.2(7)"	
	16 of page 29	3.2.1.1 L4(1)	ed	Notation $K_{d,Rd}$ is inappropriate 11.3.8 is a wrong reference	Delete "tension" in $K_{d,Rd}$ which then become $K_{d,Rd}$ and replace the definition of symbol " according to EN 1995-1-1:2024, 11.3.8" by " according to EN 1995-1:2024, 11.3.8.2" For L4(1) replace "EN 1995-1-1:2024, 11.3.8, Table 11.2" by "EN 1995-1-1:2024, 11.3.8.2"	
	33 of page 29 15 of page 30 30 of page 32	3.2.1.1	ed	The term "segmented" in the description is inappropriate	Delete "segmented" in $M_{d,Rd}$ description $M_{d,Rd}$ description $V_{d,Rd}$ description $M_{d,Rd}$ description	
¹ MB = Member body (enter the ISO 3166 two-letter country code, e.g. FR for France, comments from the CMC editing unit are identified by "C"); no indication for SC8 WG5						
2. Type of comment: g = general / te = technical / ed = editorial						
NOTE: Numbers 1, 2, 4, 5, 6 are compulsory						
CEB electronic distribution committee's responsibility (version 2025.01.03)						
page 5 of 5						

1 MB = Member body (enter the ISO 3166 two-letter country code, e.g. FR for France; comments from the CMC editing unit are identified by "C"); no indication for SC8 WG8
2 Type of comment: ge = general te = technical ed = editorial
NOTE Columns 1, 2, 4, 5 are compulsory
CEN electronic balloting commenting template version 2001-10

page 1 of 33

Revisione del prodotto della ricerca del progetto Reluis 2022-24 per la pubblicazione online sul sito Volume Contributi Normativi di Reluis

Il prodotto della ricerca del progetto Reluis 2022-24 intitolato: «Esempio di calcolo di un edificio a pannelli di compensato di tavole in zona sismica: Progettazione in bassa, media ed alta duttilità.» è stato rivisto e modificato, ed è ora liberamente scaricabile al link: <http://tiny.cc/VolumeContributiNormativi>

Task 12.2 - Costruzioni di legno Sub task 12.2.1 - Edifici

➤ Documento di background del Capitolo 13 della prEN1998-1-2

Aggiornamento del documento di background iniziale per tener conto delle varie modifiche introdotte nel Capitolo 13 rispetto alla versione originaria predisposta dal Project Team (assieme all' UR08-UNITN).

Background Document of Chapter 13 of EN 1998-1-2:2025

13.1 General

(1) This Chapter should be satisfied in addition to EN 1995-1-1.

13.2 Design concepts

- (1) Earthquake-resistant timber buildings should be designed in accordance with EN 1998-1-2:2024, 4.3.2(1), following either a) or b):
- a) low-dissipative structural behaviour: Ductility Class DC1;
 - b) dissipative structural behaviour: Ductility Classes DC2 or DC3.

(2) If a building is designed in DC1, when using the reduced spectrum defined in EN 1998-1-2:2024, 4.4.1, the behaviour factor components q_1 and q_2 should be taken equal to 1.0. The behaviour factor component q_3 should be taken equal to 1.5.

For low-dissipative structural behaviour, neither the dissipation capacity and the energy dissipation capacity of the structure (q_1 and q_2) nor the overstrength due to the redistribution of seismic action should be considered. Redundant structures ($q_3 = 1.5$) are taken into account in evaluating the behaviour factor q for use in the reduced spectrum for the force-based approach, in accordance with 4.4.1(1), (2) and (3) of EN 1998-1-2:2024 (EN, 2024).

The behaviour factor component accounting for overstrength due to all other sources, q_3 , should be taken equal to 1.5 for low-dissipative timber structures, so all timber structures have an inherent overstrength of at least the ratio between the mean strength $F_{t,Rd}$ and the design value $F_{t,Rd}$ in accordance with Normative (3.2.1), multiplied by all the possible sources of overstrength q_3 (see also Jentzen and Fragiacommo, 2013) ($q_3 = F_{t,Rd}/F_{t,Rd} = 1.5$).

(3) If a building is designed in DC1, only 10.2.2(1), (11), 10.2.2(2), 10.2.2(4), 10.2.2(5), 10.2.2(6), 10.2.2(7), 10.2.2(8), 10.2.2(9), 10.2.2(10), 10.2.2(11) and 10.2.2(12) should be satisfied. The general and the detailing rules for such structural type are given in 10.2.2(1) to 10.2.2(12) should be satisfied.

(4) If a building is designed in DC2 or DC3, when using the force-based approach with the reduced spectrum defined in EN 1998-1-2:2024, 4.4.1(1), the behaviour factor components q_1 and q_2 may be taken greater than 1.0.

For moderate- and high-dissipative structural behaviour, with the dissipation capacity and the energy dissipation capacity of the structure (q_1 and q_2) and the overstrength due to the redistribution of seismic action should be considered. Redundant structures ($q_3 = 1.5$) are taken into account in evaluating the behaviour factor q for use in the reduced spectrum for the force-based approach, in accordance with 4.4.1(1), (2) and (3) of EN 1998-1-2:2024 (EN, 2024).

NOTE: Initial values of q_1 and q_2 depending on the ductility class and structural type are given in 10.2.2.

(5) Axially-loaded and laterally-loaded braced-in-roofs may be used as an alternative to braced-type frames in a building designed to DC1.

EN 1998-1-2:2024
WP11 - Contributi normativi a struttura in legno



WP11: Contributi normativi - Strutture di legno

Coordinatore WP: Maurizio Piazza
Task 1: Edifici a pannelli massicci

Esempio di calcolo di un edificio a pannelli di compensato di tavole in zona sismica: Progettazione in bassa, media e alta duttilità



Fig. 1.1: Vista prospettica dell'edificio

UR10-UNIVAQ

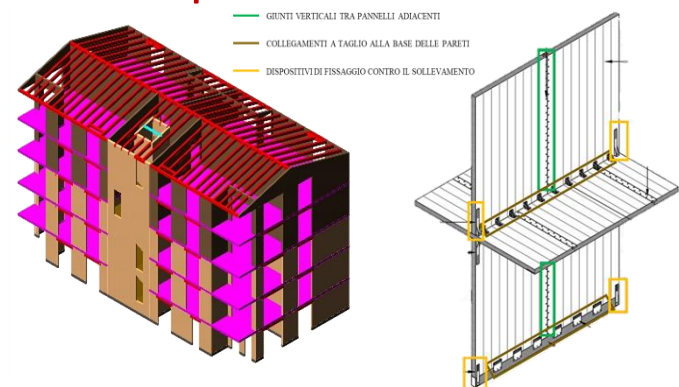


Responsabile UR: Massimo Fragiacommo

Comportamento sismico strutture in legno a pannelli massicci multi-pannello (MP)

Task 12.2 - Costruzioni di legno

Sub task 12.2.1 - Edifici

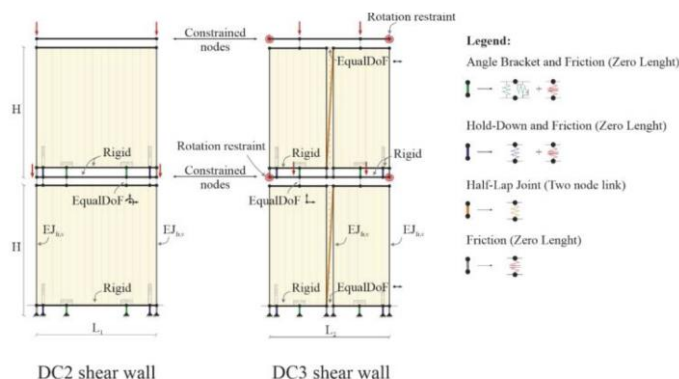


Valutazione del fattore q per la DC2+:

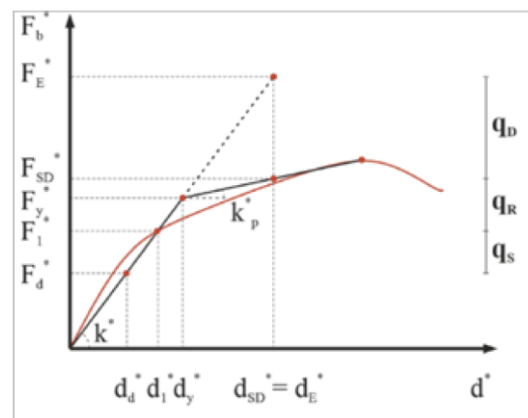
Mediante analisi statiche non lineari su 64 archetipi strutturali

Numero di piani:	Da 1 a 4
Archetipi:	[4],[6],[4,4],[6,6],[4,6],[3,6,6],[4,5,6],[4,5,5,6]
lunghezza di influenza delle pareti: (per determinare i carichi verticali)	1m, 5m
lunghezza di influenza delle pareti: (per determinare la Massa sismica)	5m
Categoria sottosuolo: (Categoria topografica T1)	B, C
Profilo di carico: 1° modo	1
Numero analisi	128

Tabella 1 Riassunto delle configurazioni di analisi degli archetipi strutturali.



Analisi eseguite: 128



Risultati:

	Pareti scariche					
	DC2		DC2+		DC3	
	μ	CoV	μ	CoV	μ	CoV
q_R	1,46	0,97%	1,66	3,59%	1,73	4,31%
q_D	1,17	2,55%	1,39	3,15%	1,37	2,92%
q	2,57	2,67%	3,47	6,45%	3,57	5,54%

	Pareti cariche					
	DC2		DC2+		DC3	
	μ	CoV	μ	CoV	μ	CoV
q_R	1,38	3,27%	1,50	7,02%	1,48	5,80%
q_D	1,22	5,95%	1,36	6,02%	1,42	4,15%
q	2,52	6,23%	3,06	12,95%	3,18	8,23%

Osservazioni:

- Riduzione del livello di duttilità collegato ad un prevalente meccanismo di scorrimento (rispetto alla DC3)
- Valore di $q > 2,75$, ma per confermarlo è necessario eseguire una analisi di sensitività, variando la duttilità delle connessioni in accordo all'Eurocodice 8.

Metodo "Rigoroso" (DC3)

$q=3.20$

Difficoltà nel rispetto della gerarchia delle resistenze



Sviluppo di un Metodo "Semplificato" (DC2+)

$q=2.75$

Semplificazioni nel rispetto della gerarchia delle resistenze

UR12-UNIMOL



Responsabile UR: Antonio Sandoli

Componenti UR: A. Sandoli, G. Fabbrocino, F. Santucci de Magistris, S. Panunzi, C. Grandon-Soliz

12.2.2 – Sopraelevazioni in legno

Titolo/tema della Ricerca

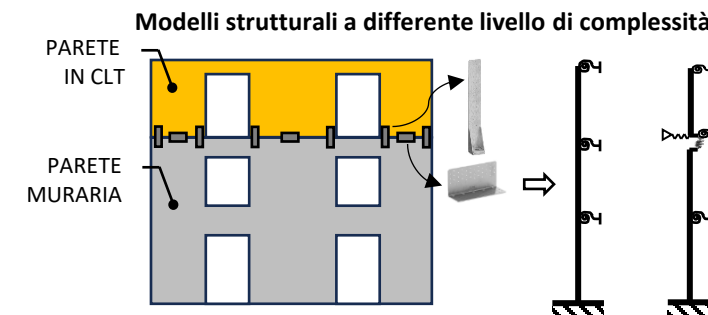
Comportamento strutturale sismico di **sistemi «integrati»** costituiti da **edifici in muratura con sopraelevazioni** (anche pluripiano) realizzate con elementi a base di legno, principalmente **pannelli in Cross-Laminated Timber (CLT)**.

Obiettivo della Ricerca

Definizione di modelli semplificati per l'analisi strutturale di sistemi strutturali con sopraelevazione in legno, **finalizzati alla definizione di criteri e regole di progetto** per edifici in zona sismica.



Sopraelevazione di 6 piani con struttura intelaiata in legno (Milano)



Approccio metodologico

Approccio di tipo numerico finalizzato alla **definizione e calibrazione di modelli semplificati** (multi-spring) – **considerando anche l'effetto dei collegamenti** - per l'analisi sismica lineare (e non lineare) di **sistemi strutturali integrati composti da edifici in muratura con sopraelevazioni in Cross-Laminated Timber (CLT)**.

UR12-UNIMOL



Responsabile UR: Antonio Sandoli

Attività svolte

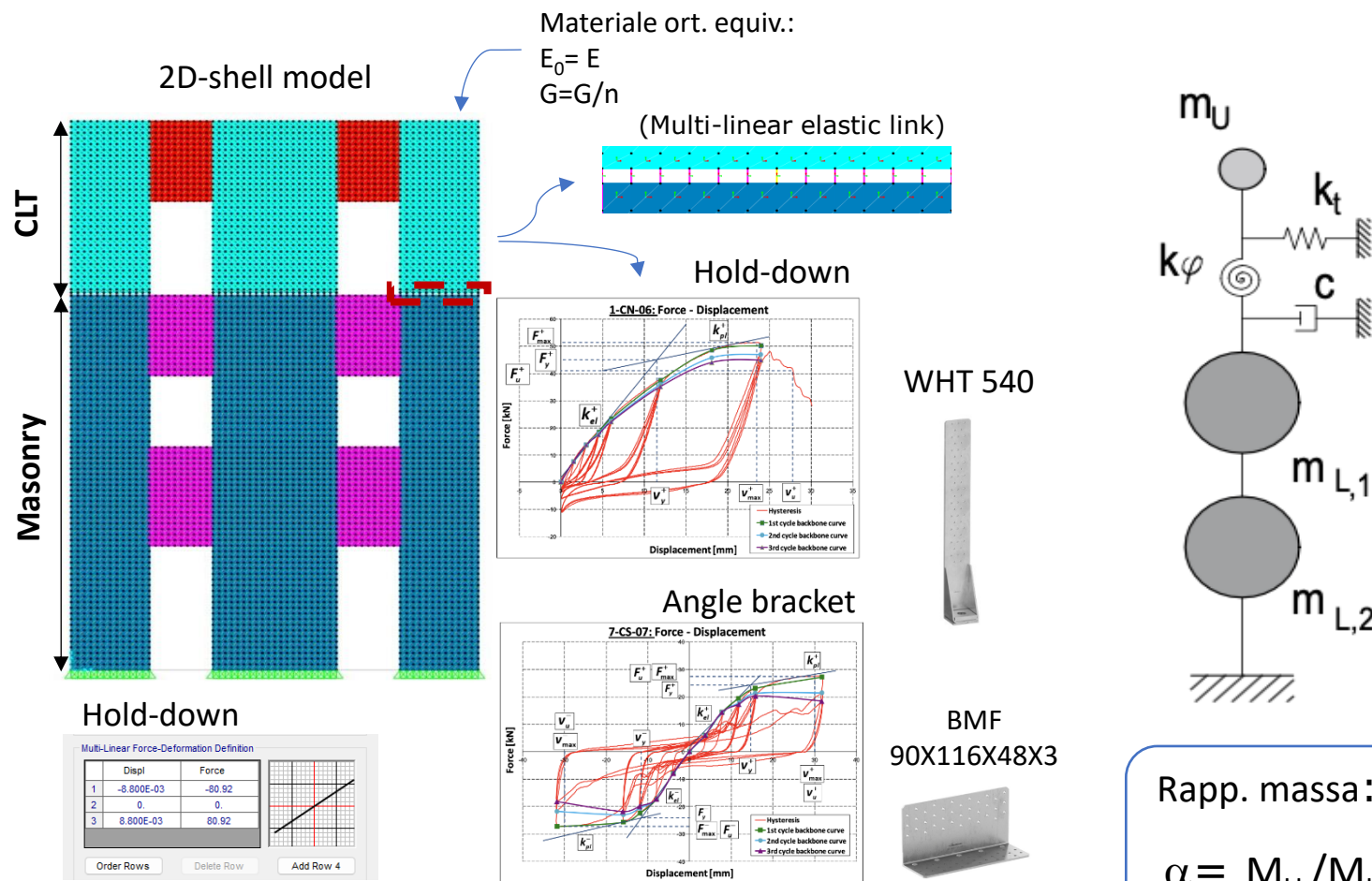
- **Analisi della risposta dinamica** di pareti in muratura con sopraelevazioni in Cross-Laminated Timber.
- Sviluppo di un modello agli elementi finiti (shell) di un edificio di riferimento.
- Svolgimento di analisi dinamiche modali **parametriche**, al variare di:
 - *numero di sopraelevazioni;*
 - *presenza/assenza dei sistemi di collegamento.*
 - *rapporto di massa.*

SCOPO:

- Investigare il ruolo delle sopraelevazioni (modi superiori) sulla **domanda sismica** (distribuzione azioni sismiche).

Task 12.2 – Costruzioni di legno

Sub task 12.2.2 – Sopraelevazioni in legno



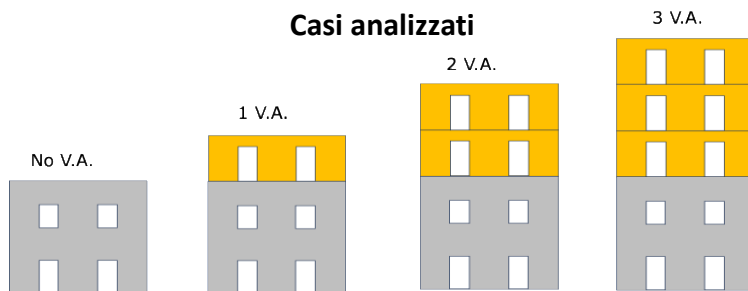
UR12-UNIMOL



Responsabile UR: Antonio Sandoli

Attività svolte

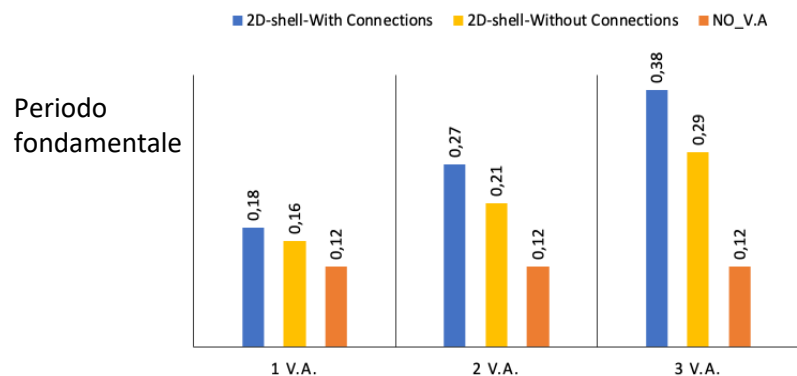
Casi analizzati



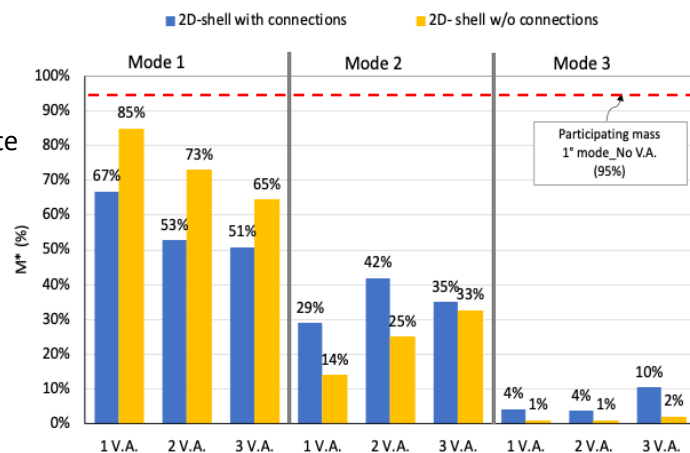
# V.A.	Mass ratio $\alpha = M_U / M_L$
1	23 %
2	44 %
3	66 %

- L'analisi modale è stata svolta con riferimento ai casi di 1, 2 e 3 **Vertical Additions (VA)**.
- E' stata investigate l'influenza dei **modi di vibrazione superiori** nella valutazione della domanda sismica.

Parametri modali



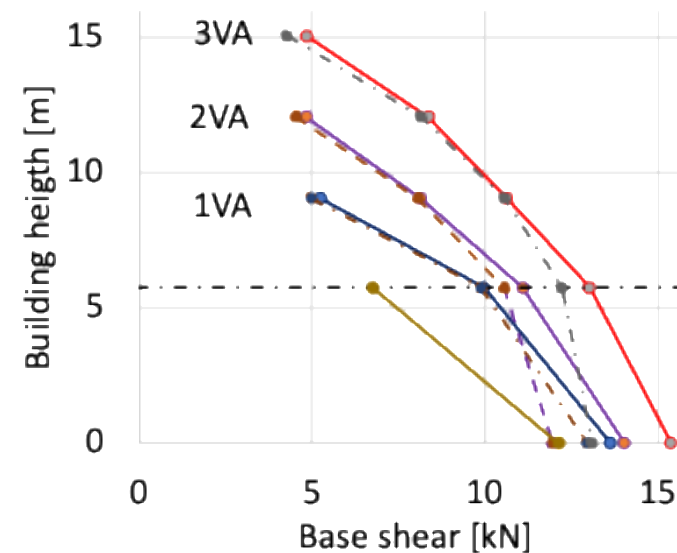
Massa partecipante



Distribuzione del tagliante sismico

La distribuzione di V_b è stata valutata considerando:

- Combinazione SRSS (modi con $M^* > 5\%$)
- Effetto del primo modo solamente



- L'influenza dei modi superiori non sempre risulta essere significativa.

UR11-UNINA/2



Responsabile UR: Beatrice Faggiano

Componenti UR: Giacomo Iovane

12.2.1 – Edifici in legno

Titolo/tema della Ricerca

Sviluppo di sistemi strutturali in legno a telaio, con controventi e a pannelli

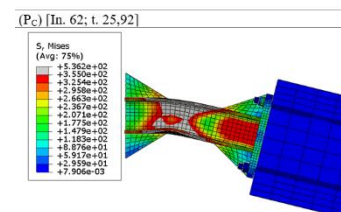
Obiettivo della Ricerca

Aggiornamento delle **Linee Guida di carattere pre-normativo sulla progettazione, anche sismica, dei sistemi strutturali e dei collegamenti dei sistemi sismoresistenti per gli edifici in legno a telaio pesante e a pannelli massicci.**

Edifici a telaio pesante



Edificio Tamedia Zurigo, Svizzera, 2015
Arch. Jean De Gastines, CREATION HOLZ GmbH

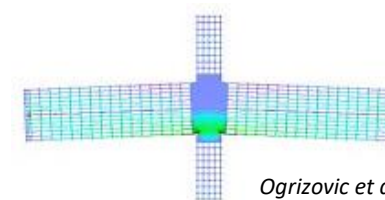


Iovane et al, 2023b

Edifici a pannelli portanti



CENNI DI CAMBIAMENTO, Milano, Italia, 2013
Arch. Fabrizio Rossi Prodi



Ogrizovic et al, 2016

Approccio metodologico

Analisi numeriche di tipo parametrico per la valutazione di: comportamento globale delle strutture a telaio pesante, con controventi e con pannelli. Studio del **comportamento dei collegamenti trave-colonna, con controventi, con dispositivi dissipativi, tra i pannelli.** Definizione di linee guida per la progettazione.

UR11-UNINA/2



Responsabile UR: Beatrice Faggiano

Componenti UR: Giacomo Iovane

12.2.3 - Durabilità

Titolo/tema della Ricerca

Influenza della **durabilità** sulle **prestazioni** delle **costruzioni in legno**

Obiettivo della Ricerca

Redazione delle Linee Guida di carattere pre-normativo sulla **definizione ed applicazione dei metodi speditivi** per il calcolo della vita di servizio e la **valutazione della vulnerabilità strutturale delle costruzioni in legno**, che tengono conto degli aspetti di **durabilità ed invecchiamento**.



Palazzo Reale (Napoli)

Approccio metodologico

Sviluppo di **metodi di valutazione della durabilità**. Vengono create **schede di indagine**, stimate le vite utili con **metodi speditivi**, ottimizzati per l'**analisi della vulnerabilità**, e definito un **indice di vulnerabilità globale** che considera sia la struttura che la durabilità. I metodi sono calibrati tramite **casi studio reali** e vengono elaborate linee guida pre-normative.

UR11-UNINA/2



Responsabile UR: Beatrice Faggiano

Componenti UR: Giacomo Iovane

12.3.2 - Edifici con strutture composte acciaio-legno

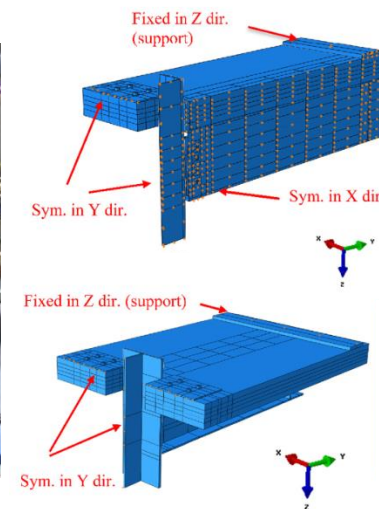
Titolo/tema della Ricerca

Sviluppo di sistemi strutturali composti acciaio-legno

Obiettivo della Ricerca

Definizione delle prime regole progettuali per i **sistemi strutturali composti acciaio-legno**, **sviluppo di esempi di calcolo** e redazione delle linee guida per la progettazione.

Strutture composte e ibride acciaio-legno



Approccio metodologico

L'approccio metodologico si baserà su **analisi numeriche parametriche** per valutare sia il **comportamento globale delle strutture che delle connessioni tra gli elementi**. I criteri progettuali vengono calibrati e validati in base agli studi condotti, con l'obiettivo finale di definire linee guida per la progettazione.

UR11-UNINA/2



Responsabile UR: Beatrice Faggiano

Attività svolte

- 1- STRUTTURE IN LEGNO SISMORESISTENTI CON DISPOSITIVI DISSIPATIVI IN ACCIAIO
- 2- CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DI GIUNTI TRAVE-COLONNA IN LEGNO

Task 12.2 – Costruzioni in Legno Sub task 12.2.1 - Edifici

- 3- ENDOSCHELETRI IN CLT PER IL RETROFIT DI EDIFICI IN MURATURA ESISTENTI
- 4- ESOSCHELETRI IN LEGNO PER IL RETROFIT DI EDIFICI IN CALCESTRUZZO ARMATO ESISTENTI

OBIETTIVI E RISULTATI

1- Analisi del comportamento dei telai MRF con link dissipativi

- Definizione di criteri di progetto per strutture dissipative in legno a telaio;
- Valutazione delle prestazioni strutturali.

2- Proposta del metodo di classificazione meccanica e applicazione ai giunti trave-colonna di letteratura

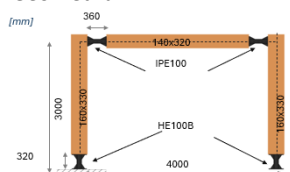
- Proposta di un metodo di classificazione dei giunti trave-colonna in legno;
- Definizione delle tipologie ricorrenti di giunti in legno;
- Classificazione in termini di rigidità dei giunti di letteratura.

Iovane G., Faggiano B. (2025). Seismic timber frames with steel link: mechanical characterization through numerical investigation. In: WCTE 2025. <https://doi.org/10.52202/080513-0166>.

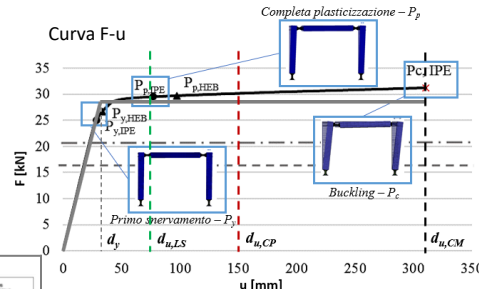
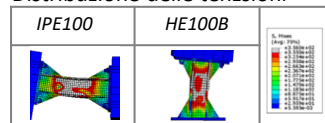
Iovane G., Faggiano B. (2025). Mechanical classification of timber beam-to-column joints. In: Structural Integrity Procedia (ANIDIS 2025). 2452-3216 © 2025 The Authors, Published by Elsevier B.V.

1- Analisi del comportamento dei telai MRF con link dissipativi

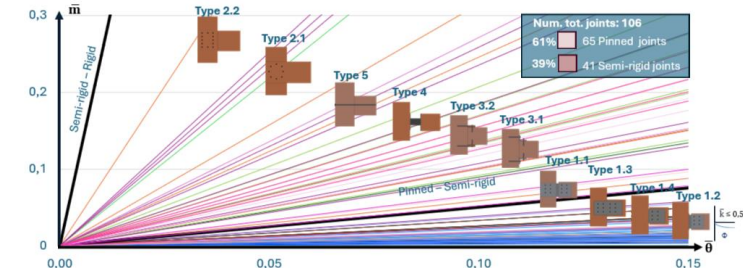
Geometria



Distribuzione delle tensioni



2- Proposta del metodo di classificazione meccanica e applicazione ai giunti trave-colonna di letteratura



OBIETTIVI E RISULTATI

3- Caso studio: Palazzo della Valle a Piedimonte Matese, Caserta

4- Caso studio: Complesso scolastico Salvo D'Acquisto, Napoli

- Definizione di sistemi in legno per il retrofit integrato strutturale ed energetico di edifici esistenti in calcestruzzo armato e muratura;
- Proposta di criteri di progetto;
- Valutazione delle prestazioni compressive dei sistemi integrati.

Zoccolillo A., Faggiano B., Iovane G., Marranzini D., Sandoli A. (2024). Endoscheletri in legno per il recupero degli edifici storici. RASSEGNA TECNICA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA & NOTIZIARIO INGEGNERI. ANNO LXX - MARZO/APRILE 2024. rt nuova serie 396. ISSN 2421-0889.

Cucuzza R., Iovane G., Lazzurri T., Domaneschi M., Faggiano B. (2025). Structural, Economic and Environmental assessment of steel and timber exoskeletons for the retrofit of R.C. buildings. In: PROHITECH 2025

3- Caso studio: Palazzo della Valle a Piedimonte Matese, Caserta

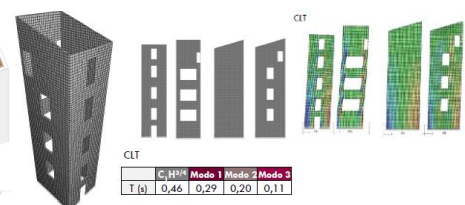
Progetto



Modello strutturale

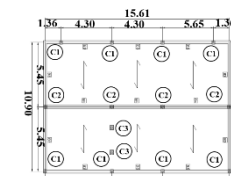


Analisi numerica

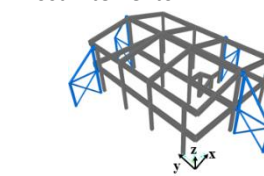


4- Caso studio: Complesso scolastico Salvo D'Acquisto, Napoli

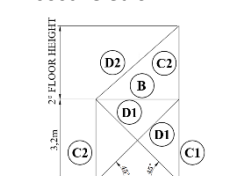
Geometria



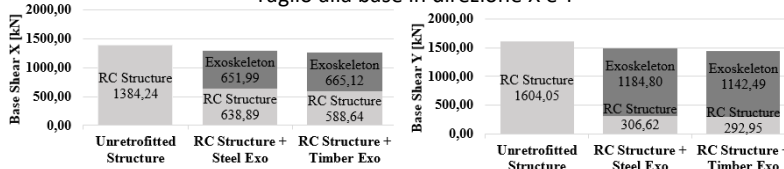
Post-intervento



Esoscheletro



Taglio alla base in direzione X e Y



UR11-UNINA/2



Responsabile UR: Beatrice Faggiano

Attività svolte

- 1- GIUNTO A COLLARE IN ACCIAIO PER SOLAI COMPOSTI LEGNO-CALCESTRUZZO
- 2- SISTEMI STRUTTURALI COMPOSTI E IBRIDI ACCIAIO-LEGNO SISMORESISTENTI

OGGETTIVI E RISULTATI

1- Analisi del comportamento dei sistemi a collare di acciaio

- Proposta di criteri di progetto;
- Valutazione del comportamento meccanico della connessione.

2- Progetto preliminare di sistemi ibridi a telaio monopiano monocampata

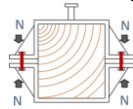
- Identificazione delle principali tipologie di telai ibridi;
- Progettazione sismica preliminare dei sistemi ibridi a telaio.

Iovane G., Mazzolani F.M., Faggiano B. (2025). Steel collar connectors for TCC floors: interpretation of the mechanical behaviour through numerical studies. In: International Conference on Protection of Historical Constructions (PROHITECH 2025).

Iovane G., Landolfo R., Faggiano B. (2025). Potential of hybrid steel-timber frames as sustainable seismic structures. In: Structural Integrity Procedia (ANIDIS 2025). 2452-3216 © 2025 The Authors, Published by Elsevier B.V.

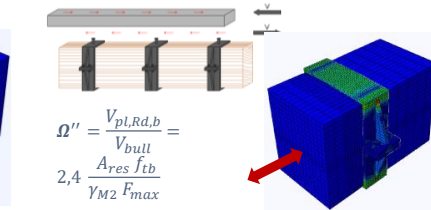
1- Analisi del comportamento dei sistemi a collare di acciaio

Fase 1: Serraggio bulloni



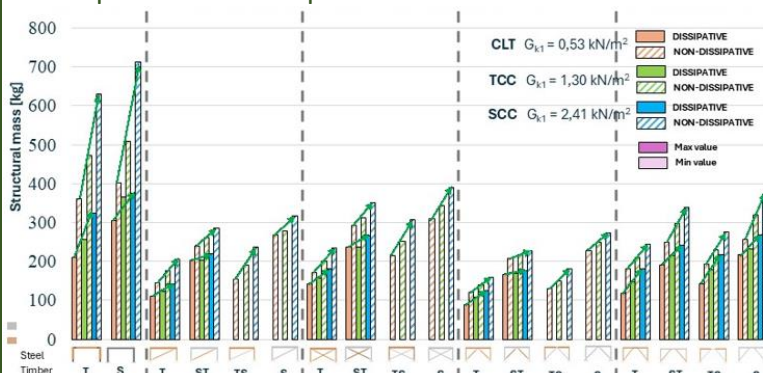
$$\Omega' = \frac{N_{pl,Rd,b}}{A_{res} f_{tb}} = \frac{N_{bull}}{\gamma_{M2} F_{max}}$$

Fase 2: Condizione di servizio



$$\Omega'' = \frac{V_{pl,Rd,b}}{A_{res} f_{tb}} = \frac{V_{bull}}{\gamma_{M2} F_{max}}$$

2- Progetto preliminare di sistemi ibridi a telaio monopiano monocampata



Task 12.2 – Costruzioni in Legno

Sub task 12.3.2 – Edifici con strutture composte acciaio-legno

Sub task 12.2.3 – Durabilità

- 1- LA SCHEDA DI RILIEVO IIBC PER LE STRUTTURE IN LEGNO ESISTENTI
- 2- IDENTIFICAZIONE MECCANICA DI MEMBRATURE LIGNEE IN SITU

OGGETTIVI E RISULTATI

1- ICOMOS International Wood Committee - IIBC

- Fornire una scheda di indagine per ampliare le conoscenze sulla conservazione delle strutture lignee storiche e applicazione a un caso studio.

2- Correlazioni tra i parametrici meccanici di prove non distruttive e distruttive

- Definizione di procedure e sviluppo di modelli per la valutazione in situ di elementi lignei antichi in CS-PNL.

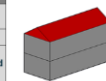
Faggiano B., Iovane G., Marranzini D., Augelli F., Bernardi F., Bertolini C., Campisi T., Derinaldis P.P., Marzi T., Menichelli C., Pignatelli O., Roberti G., Ruggieri N., Tardini C., Salonia P., Frattari A. (2025). The IIBC survey form for existing timber structures. In: PROHITECH 2025.

Marranzini D., Iovane G., Verre S., Brunetti M., Nocetti M., Ruggieri N., Togni M., Ombres L., Faggiano B. (2025). Exploring correlations between non-destructive and destructive tests for the mechanical characterization of existing timber structures. In: WCTE 2025.

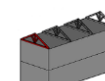
1- ICOMOS International Wood Committee - IIBC

Scheda di rilievo IIBC proposta

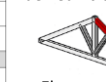
Scope	Section	Description
Building analysis	1	Building identification
	2	Building description
	3	Identification of the building components (BC) and structural units (SU)
Typological and technological survey	4	Survey
	4.1	Survey of the Structural Unit (SU)
	4.2	Survey of the Structural Member (SM)
Assessment of the state of conservation	4.3	Survey of the Structural Nodes (SN)
	5	Diagnosis
	5.1	Diagnosis of the Structural Unit (SU)
	5.2	Diagnosis of the Structural Member (SM)



Componente dell'edificio



Unità strutturale



Elemento strutturale e nodi



2- Correlazioni tra i parametrici meccanici di prove non distruttive e distruttive



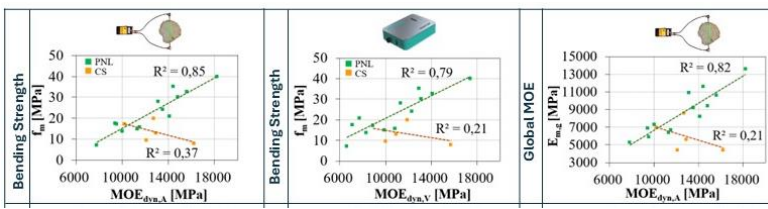
Test acustico

Test vibrazionale

Test penetrometrico

Pinus Nigra subsp. Laricio – PNL: 13

Castanea Sativa – CS: 5 provini



Organizzazione in task

WP12

Task 12.1

Costruzioni in acciaio

- 12.1.1 Edifici civili ad uso residenziale e/o uffici
- 12.1.2 Edifici ed impianti a carattere produttivo
- 12.1.3 Edifici con ossatura leggera in profili sottili di acciaio formati a freddo



Task 12.2

Costruzioni in legno

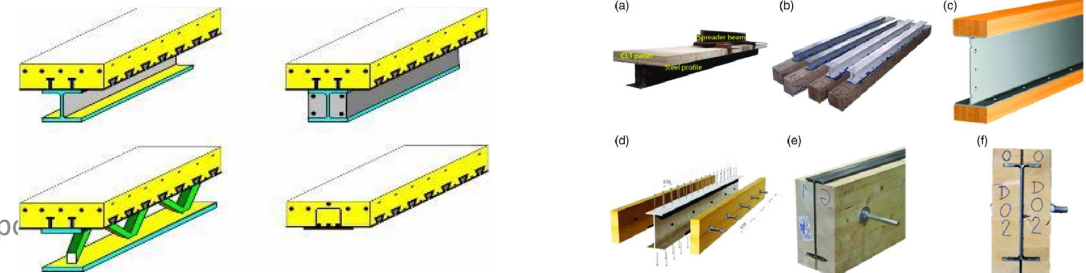
- 12.2.1 Edifici
- 12.2.2 Sopraelevazioni in legno
- 12.2.3 Durabilità



Task 12.3

Costruzioni composte

- 12.3.1 Edifici con strutture composte acciaio-clt
- 12.3.2 Edifici con strutture composte acciaio-legno



UR06-UNITS



Responsabile UR: Chiara Bedon

Componenti UR: Marco Fasan, Riccardo Del Bello, Alessandro Mazelli

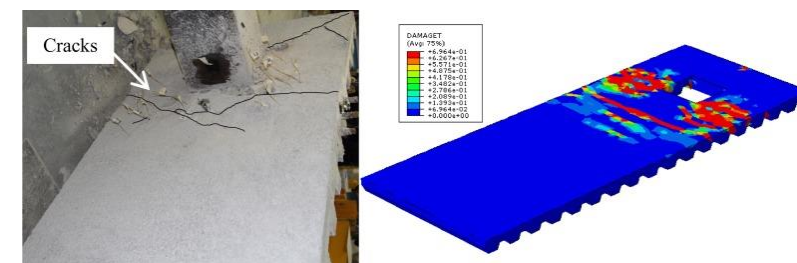
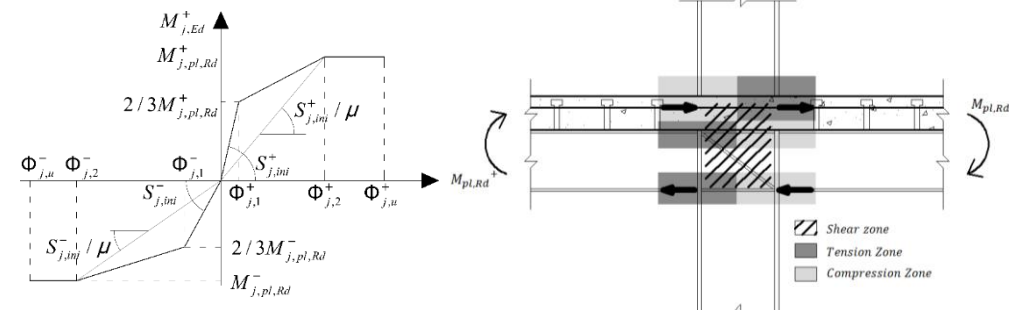
12.3.1 – Edifici con strutture composte acciaio-calcestruzzo

Titolo/tema della Ricerca

Analisi di giunti e telai composti in acciaio-calcestruzzo

Obiettivo della Ricerca

- Validazione delle prescrizioni normative in tema di progettazione dei **nodi e dei telai composti in acciaio-calcestruzzo** riportate nella seconda generazione degli eurocodici (ad es. EN1998-1-2)
- Valutazione ed elaborazione di eventuali proposte normative migliorative
- Elaborazione di indicazioni utili per ulteriore sviluppo di linee guida o documenti normativi di nuova generazione.



Approccio metodologico

Lo studio è sviluppato su **base teorica e numerica**, anche traendo vantaggio da studi sperimentali già disponibili in letteratura. È prevista **un'intensa attività di ricerca numerica**, mediante modelli a elementi finiti più accurati o procedure semplificate.

UR06-UNITS



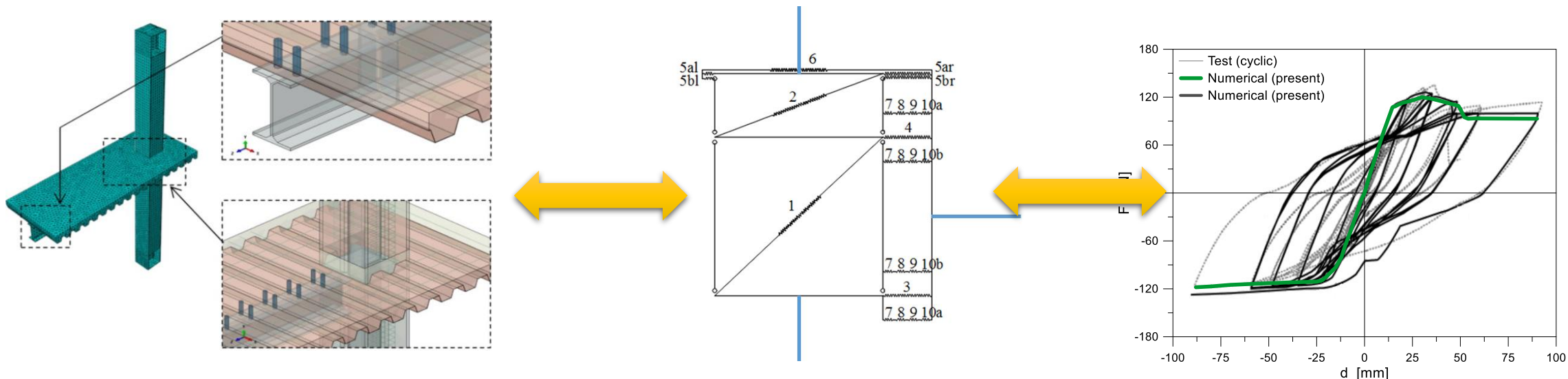
Responsabile UR: Chiara Bedon

Attività teoriche/numeriche)

Task 12.3 – Costruzioni composte

Sub task 12.3.1 - Edifici con strutture composte acciaio-calcestruzzo

Validazione di strategie semplificate di modellazione numerica per giunti composti acciaio-calcestruzzo



Prodotti attesi

Le attività del WP12 sono inquadrare nell'ambito di quelle di cui alla Lettera D della convenzione tra DPC e ReLUIS e sono dunque finalizzate a contribuire allo sviluppo normativo. In tale prospettiva, il contributo del WP12 allo sviluppo del quadro normativo relativo alle **costruzioni in acciaio, in legno e composte acciaio-calcestruzzo e acciaio-legno** viene declinato attraverso i seguenti prodotti:



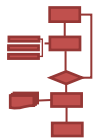
Proposte di modifiche di regole già contenute negli attuali documenti normativi;



Proposte di introduzione di nuove regole/capitoli normativi;



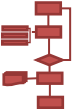
Linee Guida (documenti pre-normativi);



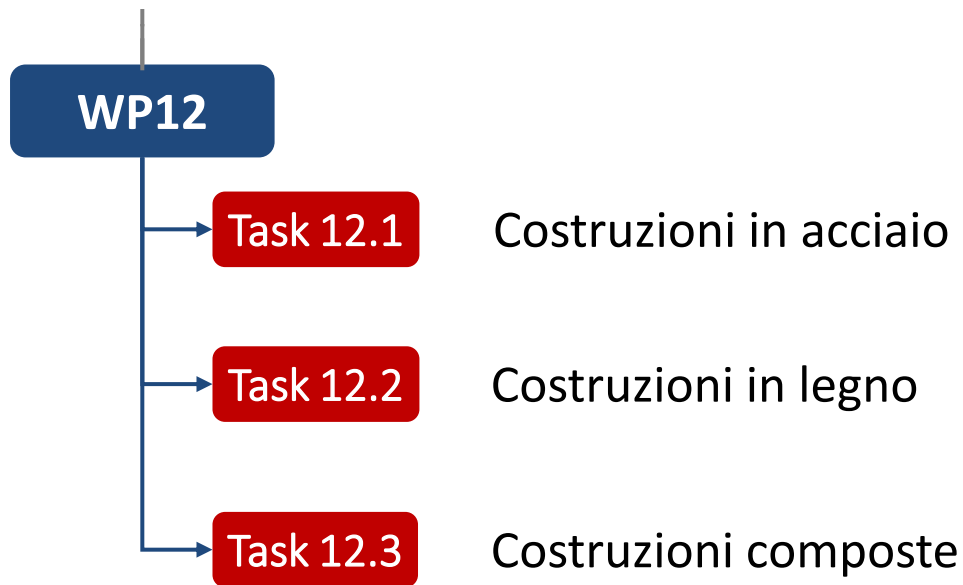
Strumenti per la progettazione (esempi applicativi).

Prodotti attesi

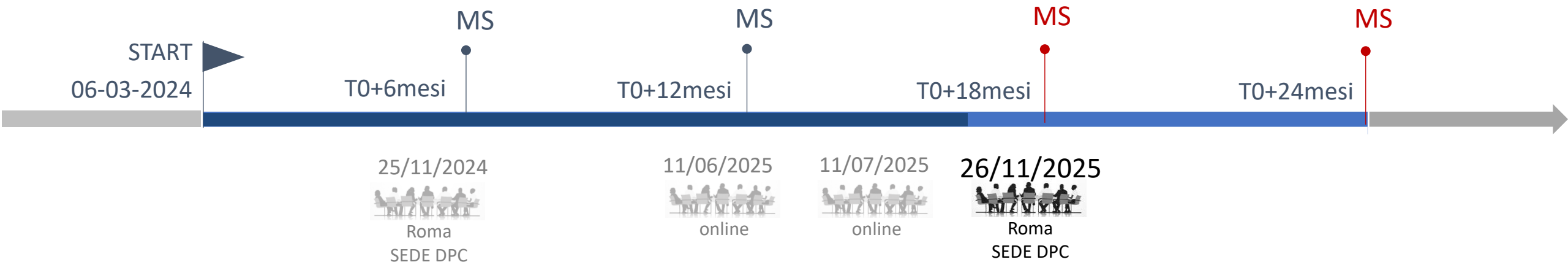
Il contributo del WP12 allo sviluppo del quadro normativo relativo alle **costruzioni in acciaio, in legno e composte acciaio-calcestruzzo e acciaio-legno** viene declinato attraverso i seguenti prodotti:

	 UNINA/1	 UNISA	 UNIPI	 UNICAMP/ING	 UNICAMP/DADI	 UNITS	 UNITN/1	 UNITN/2	 UNIUD	 UNIVAQ	 UNINA/2	 UNIMOL
Proposte di modifiche di regole già contenute negli attuali documenti normativi; 	✓			✓	✓		✓		✓	✓	✓	
Proposte di introduzione di nuove regole/capitoli normativi; 	✓								✓	✓		
Linee Guida (documenti pre-normativi); 	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓		
Strumenti per la progettazione (esempi applicativi) 		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓

Prossima riunione



UR01		UNINA/1	UR07		UNITN/1
UR02		UNISA	UR08		UNITN/2
UR03		UNIPI	UR09		UNIUD
UR04	V:	UNICAMP/ING	UR10		UNIVAQ
UR05	V:	UNICAMP/DADI	UR11		UNINA/2
UR06		UNITS	UR12		UNIMOL



**Grazie
per la cortese attenzione**

**Convegno DPC-ReLUIS 2024-2026
Napoli
13-14 ottobre 2025**

Coordinatore
Raffaele Landolfo
Referente DPC
Daniele Spina