



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Convegno ReLUIs



Progetto DPC-ReLUIs 2024-2026 II anno

Napoli, 13-14 ottobre 2025

WP 15 - DISPOSITIVI E SISTEMI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

Coordinatori: Felice Carlo Ponzo, Giorgio Serino – Referente DPC: Daniele Spina

OBIETTIVI WP15

In linea con quanto previsto dall'art. 19 del D.Lgs. n. 1 del 2 febbraio 2018, obiettivo generale del WP è la promozione ed il trasferimento al Servizio Nazionale della Protezione Civile delle conoscenze e risultati più recenti relativi alla protezione delle costruzioni dal rischio sismico e da altri rischi allo stesso collegati tramite l'utilizzo delle tecniche di isolamento sismico e di dissipazione concentrata di energia. Tali tecniche hanno ormai raggiunto un livello di maturazione e consenso non solo nell'ambito della comunità scientifica, ma anche da parte del mondo professionale e degli operatori delle costruzioni, come testimoniato dalle ormai numerose applicazioni realizzate negli ultimi 30 anni sul territorio nazionale. Purtroppo, sussistono margini di miglioramento per una utilizzazione più efficiente di tali sistemi, che faccia anche tesoro dell'esperienza accumulata e che guardi al comportamento sperimentale nel ciclo di vita dei dispositivi e della struttura. A partire dalle esperienze e dai risultati raggiunti nell'ultimo biennio dalle UR afferenti al WP, che coinvolgono a livello nazionale i principali gruppi di ricerca che si interessano di queste tematiche, si intende effettuare una rivisitazione delle applicazioni oggi disponibili al fine di confermarne la validità ed individuare le criticità, in particolare quelle di carattere sperimentale legate alla qualifica ed accettazione dei dispositivi, quelle legate alla valutazione del degrado a cui sono soggetti i dispositivi, oltre a proporre nuovi sistemi non convenzionali anche di costo più contenuto rispetto agli attuali al fine incentivare ulteriormente l'utilizzo di tali tecnologie.

STRUTTURA WP15

Task 15.1 - STRUTTURE ESISTENTI CON SISTEMI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

Task 15.2 - STRUTTURE NON CONVENZIONALI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

Task 15.3 – ASPETTI SPERIMENTALI RELATIVI AI DISPOSITIVI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

STRUTTURA WP15 e Responsabili di Task e Sub-Task

WP15.1: STRUTTURE ESISTENTI CON SISTEMI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

Sub-Task 15.1.1. Analisi comportamento dinamico e Robustezza e ottimizzazione (Resp. Stefano Silvestri)

Sub-Task 15.1.2. Effetto del degrado e Manutenzione e Controllo (Resp. Dora Foti e Fabio Rizzo)

Sub-Task 15.1.3. Influenza delle tamponature e Esoscheletri (Resp. Gaetano Della Corte ed Elena Mele)

WP15.2: STRUTTURE NON CONVENZIONALI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

Sub-Task 15.2.1. Sistemi a basso costo e Certificazione e accettazione (Resp. Nicola Caterino e Mariacristina Spizzuoco)

Sub-Task 15.2.2. Isolamento geotecnico e Impianti industriali (Resp. Fabrizio Paolacci)

WP15.3: ASPETTI SPERIMENTALI RELATIVI AI DISPOSITIVI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

Sub-Task 15.3.1. Test di accettazione, Linee guida per i rapporti di prova, Macchine sperimentali, Resistenza al fuoco e Modellazione di sistemi fluido-viscosi (Resp. Antonio Di Cesare e Virginio Quaglini)

PARTECIPANTI AL WP15

N.	RESPONSABILE SCIENTIFICO	UNIVERSITÀ	DIPARTIMENTO	TASK 1	TASK 2	TASK 3
1	Ponzo Felice Carlo	Università degli Studi della Basilicata	SI	X	X	X
2	Serino Giorgio	Università degli Studi di Napoli Federico II	Di.St.	X	X	
3	Quaglini Virginio	Politecnico di Milano	ABC	X	X	X
4	Terenzi Gloria	Università degli Studi di Firenze	DICeA	X		X
5	Pavese Alberto	Università degli Studi di Pavia	DICAr	X		X
6	Silvestri Stefano	Università degli Studi di Bologna	DICAM	X		
7	Sorace Stefano	Università degli Studi di Udine	DPIA	X		
8	Mazza Fabio	Università della Calabria	DINCI	X		X
9	De Luca Antonio	Università degli Studi di Napoli Federico II	Di.St.	X		
10	Corbi Ottavia	Università degli Studi di Napoli Federico II	Di.St.	X		
11	Dall'Asta Andrea	Università degli Studi di Camerino	SAD	X		
12	Rosati Luciano	Università degli Studi di Napoli Federico II	Di.St.	X		
13	Mele Elena	Università degli Studi di Napoli Federico II	Di.St.	X	X	
14	Gara Fabrizio	Università Politecnica delle Marche	DICEA	X		
15	Massimino Maria Rossella	Università degli Studi di Catania	DICAR		X	
16	Castaldo Paolo	Politecnico di Torino	DISEG	X		
17	Paolacci Fabrizio	Università degli Studi Roma Tre	DICITA		X	
18	Foti Dora / Rizzo Fabio	Politecnico di Bari	ArCoD	X		X
19	Della Corte Gaetano	Università degli Studi di Napoli Federico II	Di.St.	X		
20	Caterino Nicola	Università degli Studi di Napoli "Parthenope"	D.I.		X	

STRUTTURA WP15

Task 15.1 - STUTTURE ESISTENTI CON SISTEMI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

- **Analisi del comportamento dinamico:** analisi dei dati provenienti da sistemi di monitoraggio (incluso OSS) e altre fonti per la **valutazione dell'efficacia** dei sistemi di isolamento e dissipazione in costruzioni esistenti (in coordinamento con WP6)
- **Effetto del degrado:** valutazione degli effetti del **degrado dei dispositivi** in costruzioni esistenti, tenendo conto dell'epoca di costruzione e delle caratteristiche attuali del sistema di protezione, anche attraverso eventuali sperimentazioni
- **Manutenzione e controllo:** definizione **procedure per la manutenzione ed il controllo dei dispositivi già installati** per ridurre le incertezze legate all'invecchiamento
- **Influenza delle tamponature:** valutazione **influenza delle tamponature nella risposta sismica degli edifici isolati in c.a.**, tenendo conto dell'evoluzione normativa in corso (in coordinamento con WP10 e WP11)
- **Esoscheletri dissipativi:** sviluppo di procedure per **l'ottimizzazione dei meccanismi di dissipazione all'interno di esoscheletri dissipativi** (in coordinamento con WP12)
- **Robustezza e ottimizzazione:** miglioramento della robustezza ed ottimizzazione dei metodi di progettazione di sistemi di isolamento e dissipazione

Sub-Task 15.1.1. Analisi comportamento dinamico e monitoraggio – UR2 UNINA_Serino

Monitoraggio vibrazioni indotte da sorgenti naturali e artificiali, su edifici, monumenti e opere d'arte

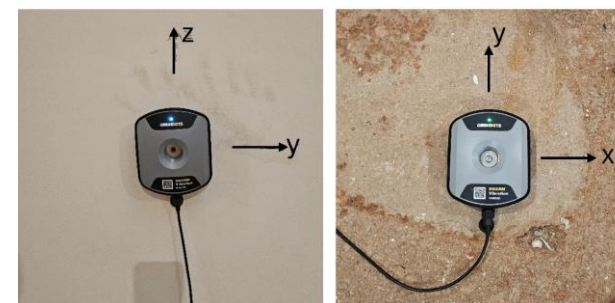
MONUMENTO ALLE QUATTRO GIORNATE DI NAPOLI



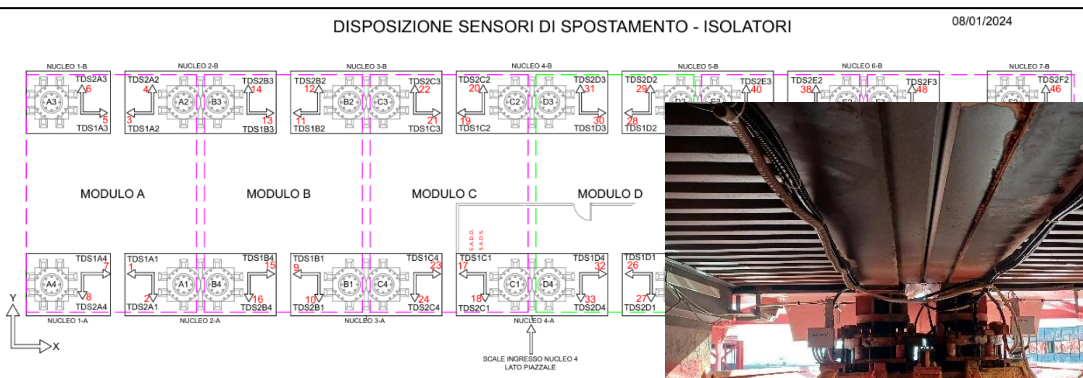
Isolatore multidirezionale



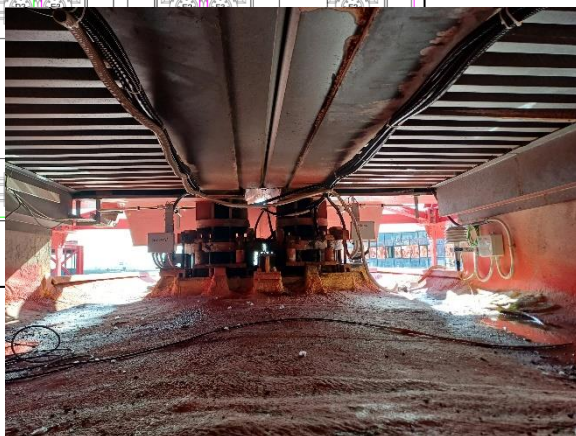
Isolatore elastomerico



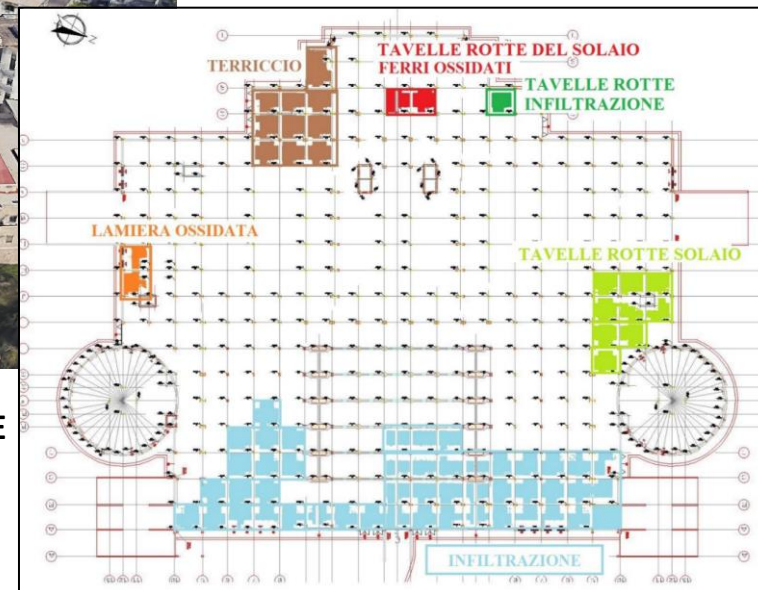
COMPIANTO SUL CRISTO MORTO
NEL CENTRO STORICO DI NAPOLI



PALAZZINA LOGISTICA DELLA CASERMA DEI VVFF DI NAPOLI



CENTRO POLIFUNZIONALE A NAPOLI



Detected problems around perimeter of building (1/3)

(a) rigid pipes straddling the vertical joint of the isolation system

(b) asphalt mat that prevents free motion at the isolation joint



(a)



(b)

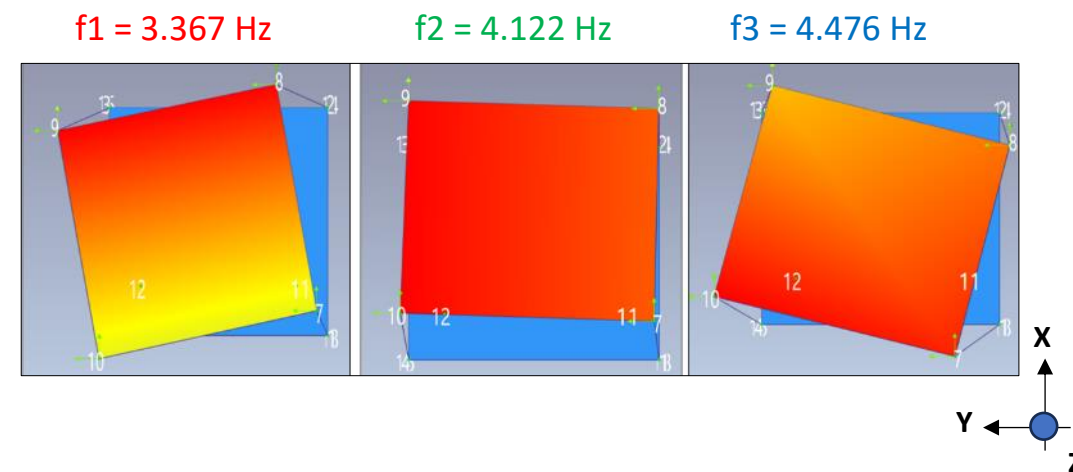
Sub-Task 15.1.1. Analisi comportamento dinamico e monitoraggio – UR11 UNICAM_Dall'Asta

UR UNIVERSITÀ DI CAMERINO



Principali attività svolte

- Progettazione del sistema di monitoraggio ed installazione.
- Raccolta dei dati relativi alla risposta strutturale mediante il sistema di monitoraggio permanente installato ed identificazione dei parametri di risposta modale dell'edificio.
- Installazione di una stazione meteorologica sul tetto dell'edificio e registrazione dei principali parametri ambientali:
 - Temperatura
 - Umidità relativa
 - Velocità massima del vento nell'intervallo orario
 - Direzione della folata massima
- Raccolta e analisi dei dati per la valutazione degli effetti ambientali sulla identificazione dei parametri di risposta modale dell'edificio.



Permanent Monitoring System			
Frequency	Type	Damping	Complexity
$f_1 = 3.367 \text{ Hz}$	Rototranslational Y	0.003 %	0.164 %
$f_2 = 4.122 \text{ Hz}$	Translational X	0.005 %	1.164 %
$f_3 = 4.476 \text{ Hz}$	Torsional	0.005 %	0.084 %

Sub-Task 15.1.1. Analisi comportamento dinamico e monitoraggio – UR14 UnivPM_Gara

CASO STUDIO

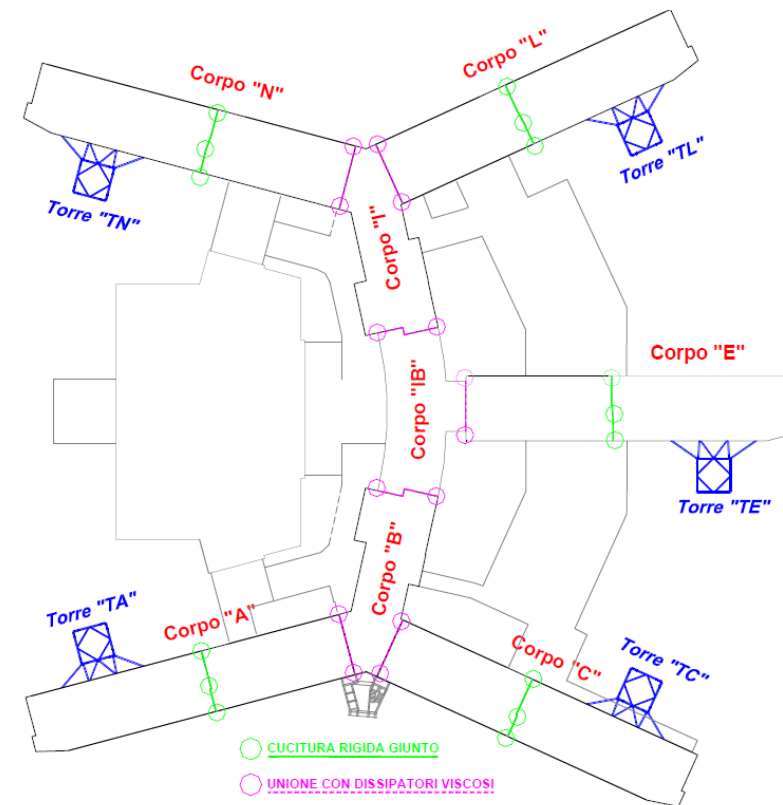
Plesso originario dell'Ospedale Regionale delle Marche (Torrette di Ancona)



Descrizione:

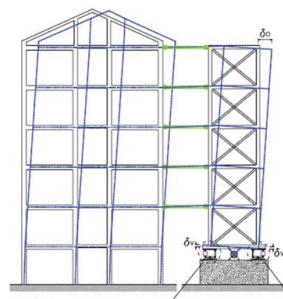
- 13 corpi di fabbrica separati da giunti strutturali ampi 5 cm
- Struttura portante a telaio in c.a. con tamponature in laterizio interne ed esterne
- 7 piani fuori terra + 1 sottotetto + 1 interrato
- Collegamento verticale garantito da diversi corpi scale e nuclei ascensore

INTERVENTO DI ADEGUAMENTO SISMICO



Costruito
tra gli anni
'60 – '70

Torri dissipative esterne



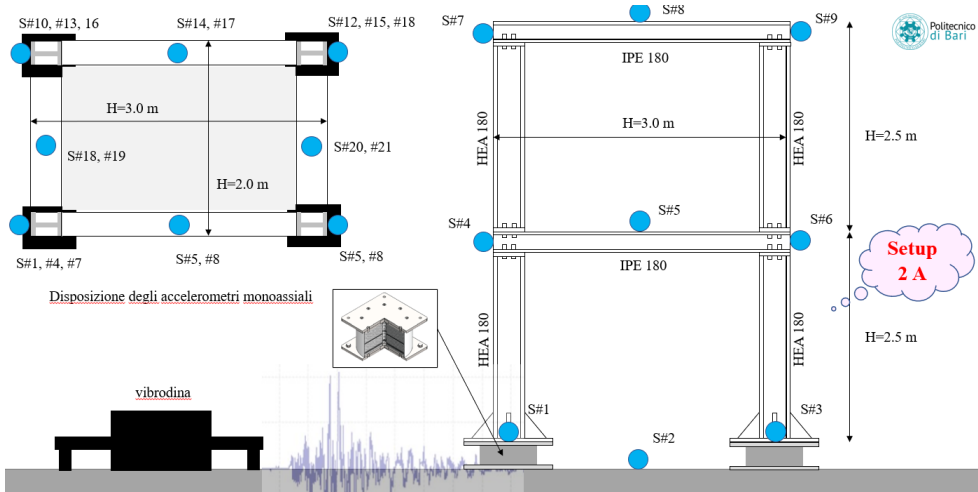
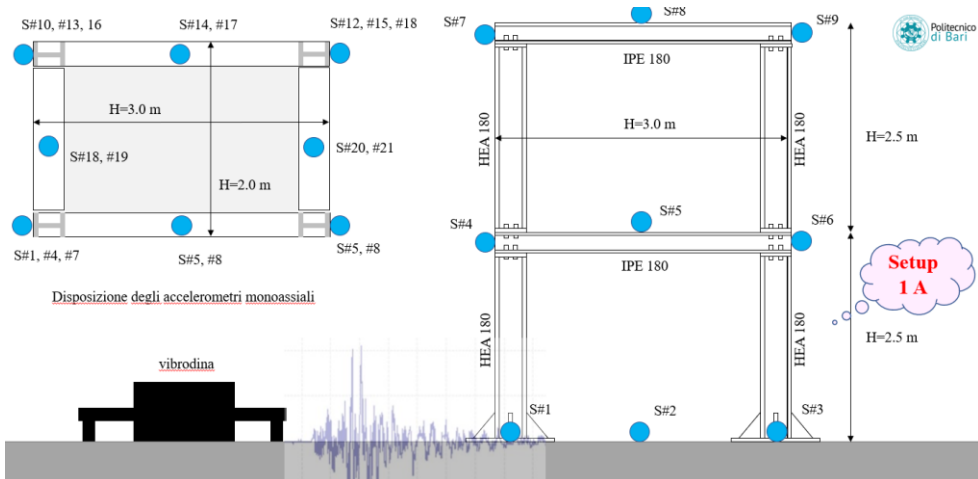
AMPLIFICAZIONE SPOSTAMENTI DAMPER
(allungamenti – accorciamenti)



- Cucitura rigida dei giunti con piastre in acciaio
- Unione con dissipatori viscosi (solaio)
- Torri dissipative esterne

DPC/ReLUIs 2024-2026 - WP15 Dispositivi e sistemi di isolamento e dissipazione

Sub-Task 15.1.1. Analisi comportamento dinamico e monitoraggio – UR18 POLIBA_Foti/Rizzo

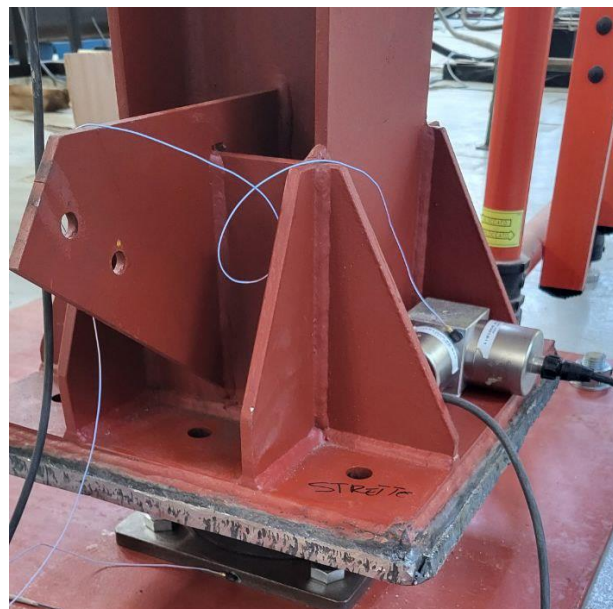


Le caratteristiche tecniche principali sono:

- diametro: $\varnothing = 30 \text{ mm}$;
- spessore totale dell'elastomero: $T_{\Sigma} = 70 \text{ mm}$;
- spostamento massimo orizzontale: $\Delta_{\text{max}} = 170 \text{ mm}$.

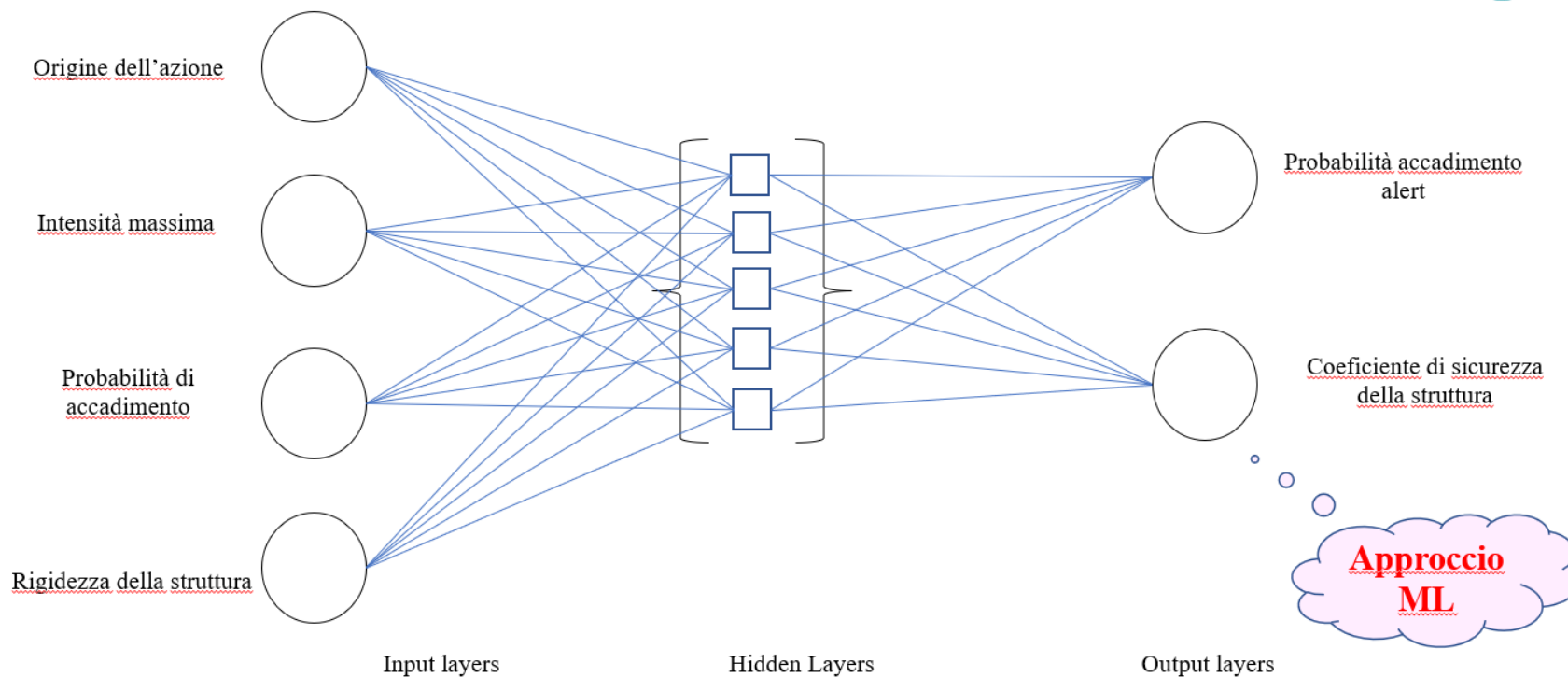
Di seguito, si riportano le specifiche tecniche fornite dalla documentazione ufficiale del produttore.

Vista 3D di un ISOSISM® HDRB



DPC/ReLUIIS 2024-2026 - WP15 Dispositivi e sistemi di isolamento e dissipazione

Sub-Task 15.1.1. Analisi comportamento dinamico e monitoraggio – UR18 POLIBA_Foti/Rizzo



Sub-Task 15.1.1. Robustezza ed ottimizzazione dei metodi di progetto – UR6 UNIBO_Silvestri

UNIBO

Sub-Task “Robustezza e ottimizzazione dei metodi di progetto”

TEMA = Studio dell'influenza del livello di intensità del terremoto, rispetto a quella del terremoto di progetto, sulla risposta dinamica di strutture smorzate con dispositivi fluido-viscosi (FVD).

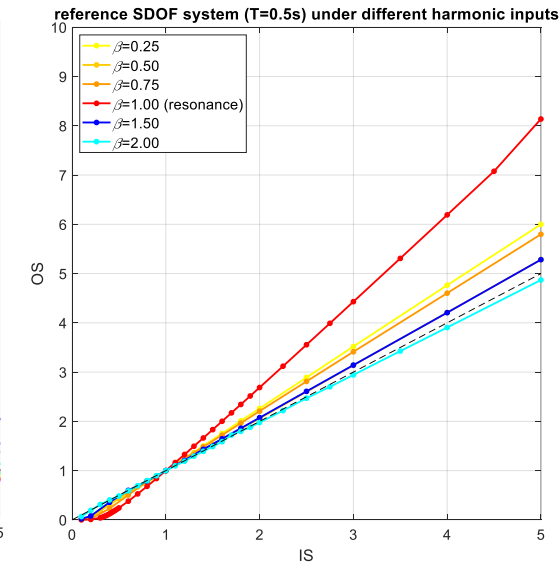
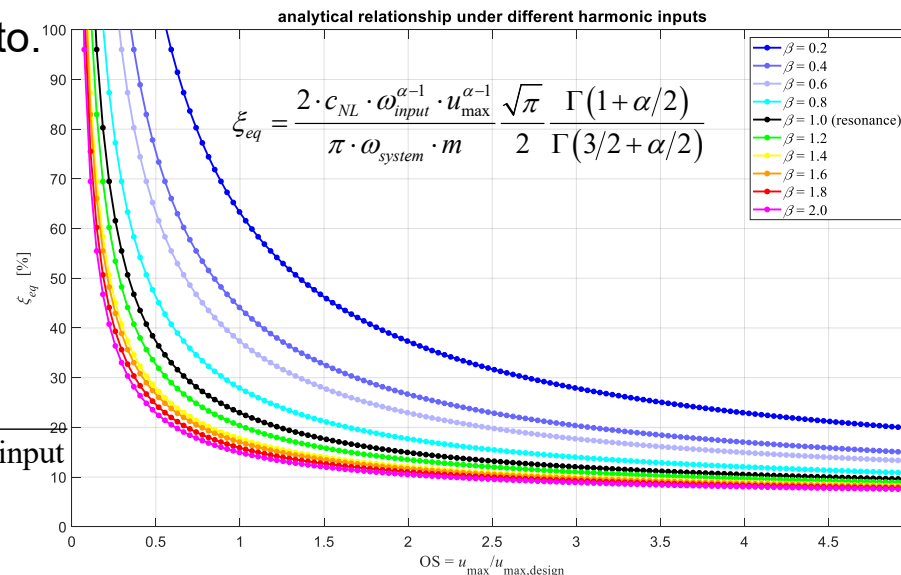
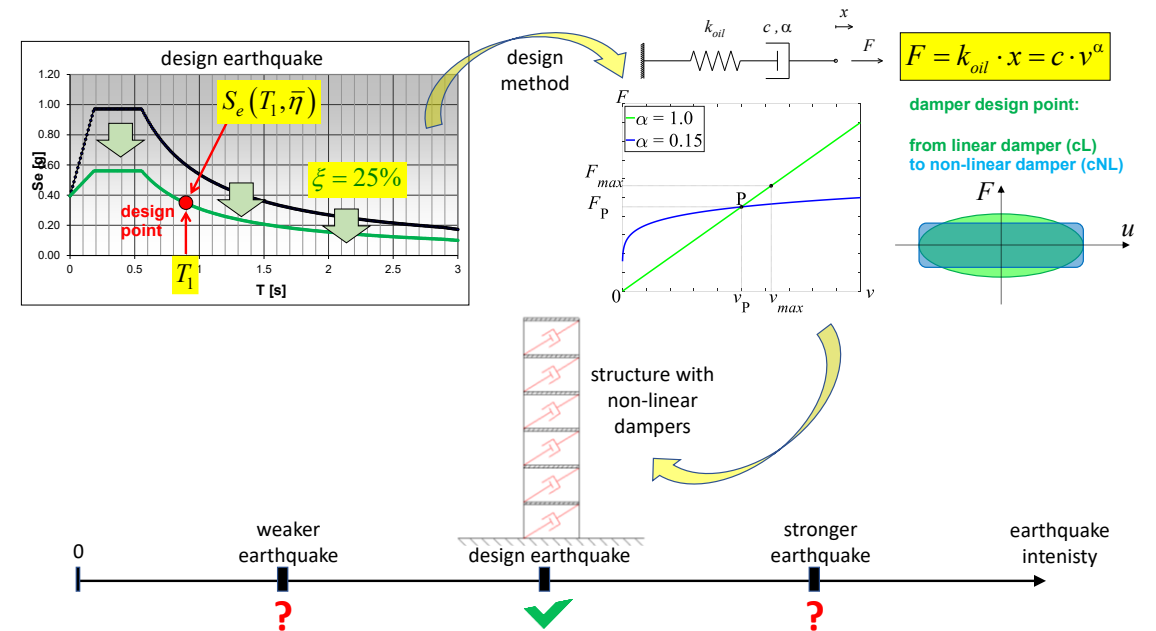
OBIETTIVO= indagare come le proprietà di dissipazione dell'energia di una struttura dotata di smorzatori viscosi non lineari dimensionati per un particolare punto di progetto (tipicamente corrispondente al terremoto “raro”) siano influenzati da un terremoto lontano dal punto di progetto.

IS = Input Scaling factor =

= $\frac{\text{scaled intensity of the dynamic input}}{\text{(not scaled) intensity of the design dynamic input}}$

OS = Output Scaling ratio =

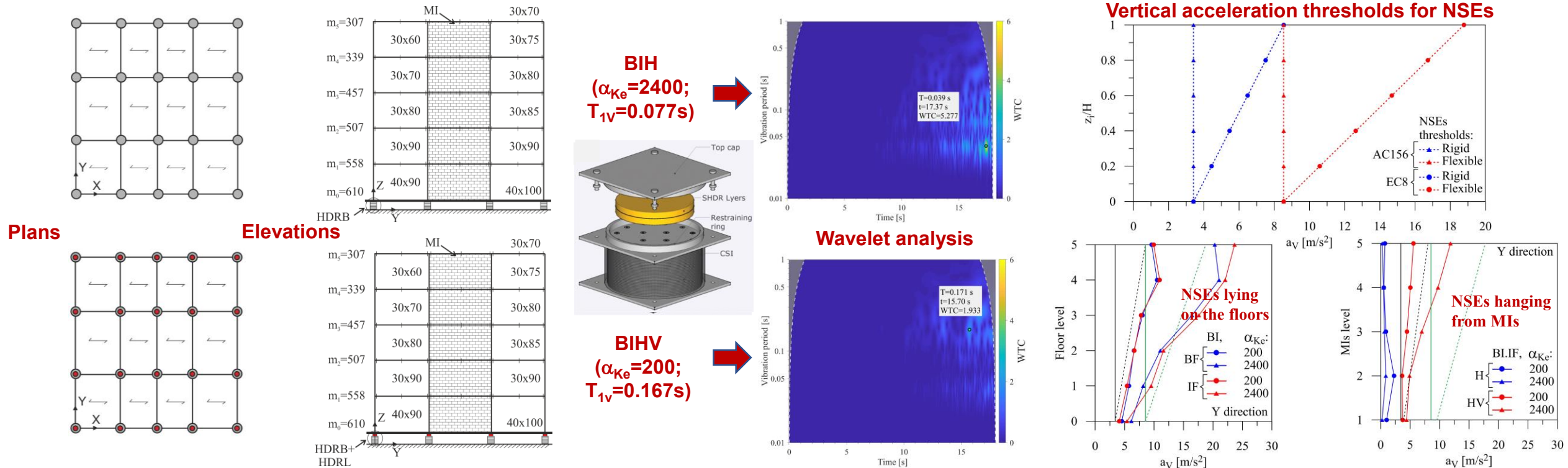
= $\frac{\text{response of the structure with non-linear dampers to the scaled input}}{\text{response of the structure with non-linear dampers to the design (not scaled) input}}$



Sub-Task 15.1.1. Robustezza ed ottimizzazione dei metodi di progetto – UR8 UNICAL_Mazza

1. Effectiveness of a double seismic isolation system for the vertical isolation against near-fault ground motions, on the reduction of the vertical acceleration of nonstructural elements.

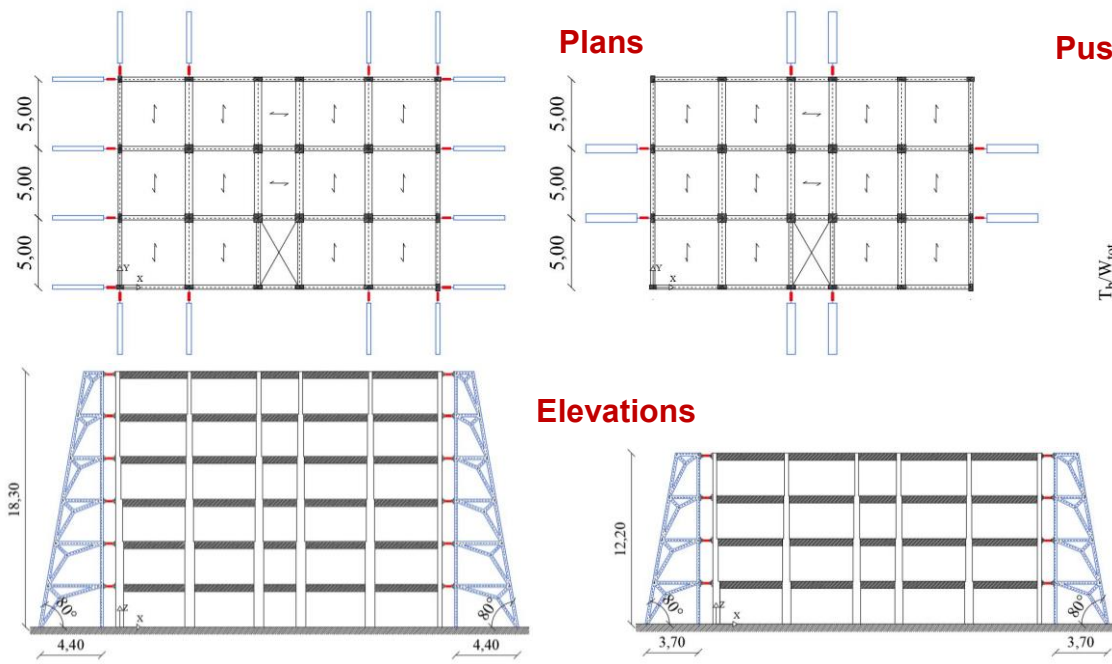
- Design of the **base-isolation system in both horizontal and vertical directions** for the seismic retrofitting of an existing RC hospital building, assuming a lower- and upper-bound approach (UNI-EN 15129).
- Definition of constant and linear vertical acceleration thresholds for **rigid and flexible** nonstructural elements (**NSEs**) **lying on the floors or hanging from masonry infills**.
- Wavelet analysis of the vertical seismic floor accelerations in order to identify moving resonance effects.



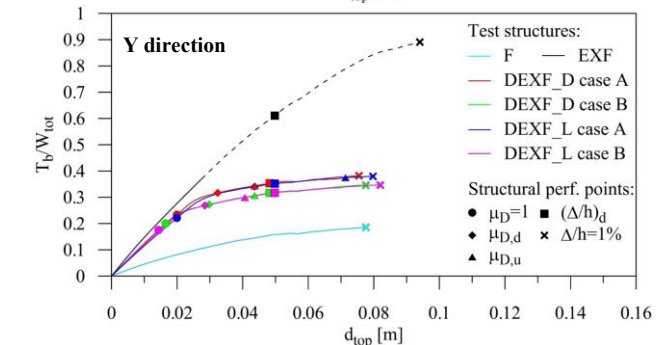
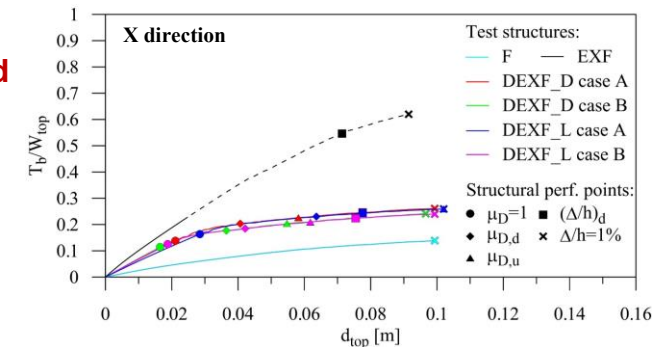
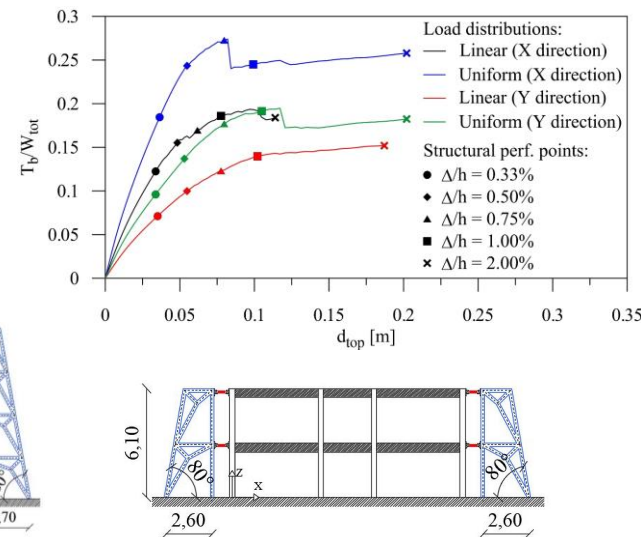
Sub-Task 15.1.1. Robustezza ed ottimizzazione dei metodi di progetto – UR8 UNICAL_Mazza

2. Effectiveness and reliability of a displacement-based design procedure of dissipative steel exoskeletons.

- A simulated design of **two- (F2), four- (F4) and six-storey (F6) RC framed structures** representative of the Italian building stock is preliminarily carried out for gravity loads only, in line with provisions of the former Italian code enforced up to the early '80.
- Different retrofitting layouts of the **dissipative exoskeleton (DEX)** are considered, involving a perpendicular elastic steel exoskeleton made with a Y-shaped tapered bracing system, **distributed or lumped along the in-plan principal directions** of the building and anchored to the existing structure with **hysteretic dissipative links**.
- Nonlinear static analysis of the RC framed structures is carried out, before and after retrofitting at the life-safety ultimate limit state provided by current Italian code (NTC18) in a high-risk seismic zone.



Pushover curves for the original and retrofitted four-storey RC framed structures



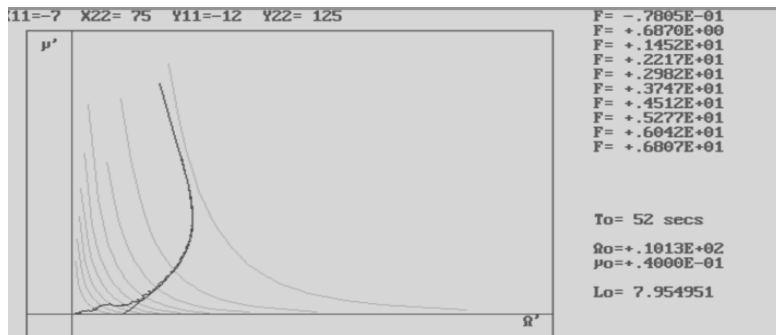
Sub-Task 15.1.1. Robustezza ed ottimizzazione dei metodi di progetto – UR10 UNINA_Corbi

1. Formulazione di metodi di progetto per dissipatori viscoelastici
2. Analisi numeriche su varie tipologie strutturali con studi di sensitività ed ottimizzazione dell'apporto dissipativo.

Dispositivi visco-elastici ricentranti



Procedura di progetto e sviluppo di codici di calcolo



Dimensionamento dei dispositivi

Operatori di risposta

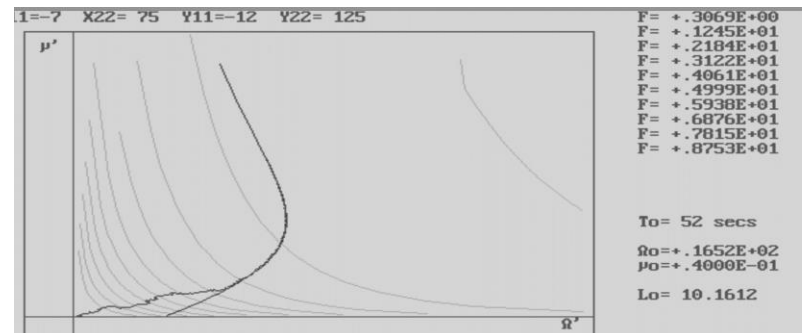
$$\mathcal{L}^2(t|\omega_o, \zeta_o) = \|h_D(t)\|^2 = \int_0^t h_D^2(t-\theta) d\theta = \int_0^t h_D^2(x) dx$$

$$\mathcal{Q}^2(t|\omega_o, \zeta_o) = \|\dot{h}_D(t)\|^2 = \int_0^t \dot{h}_D^2(t-\theta) d\theta = \int_0^t \dot{h}_D^2(x) dx$$



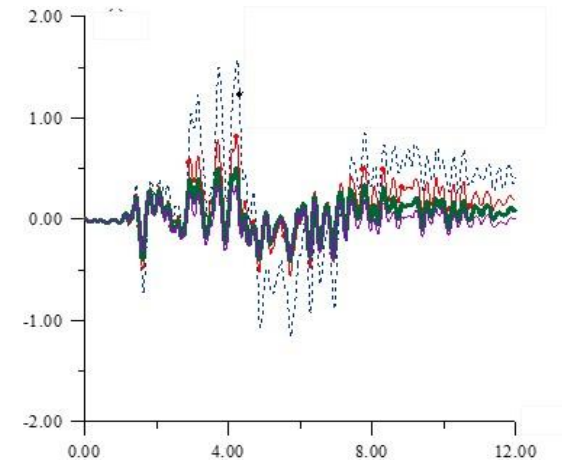
Assegnazione di η ed f_0

Minimizzazione di massima risposta non
lineare vs limite di prestazione



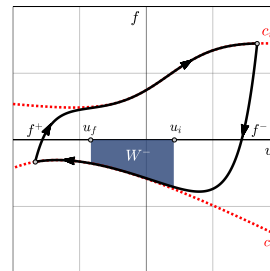
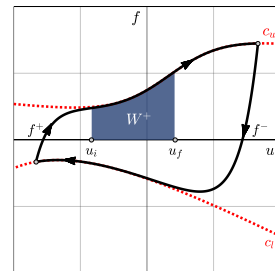
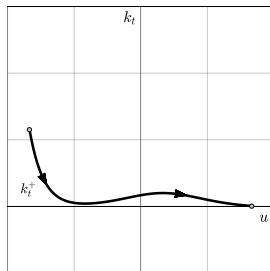
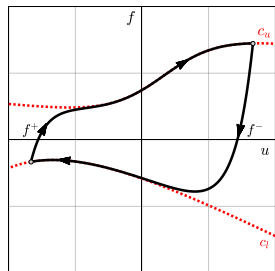
Analisi dinamiche non lineari

Time-histories del drift di piano
per struttura shear-type originale e
adequata con dispositivi con varie
percentuali di dissipazione



Sub-Task 15.1.1. Robustezza ed ottimizzazione dei metodi di progetto – UR12 UNINA_Rosati

Task 15.1
Strutture esistenti con sistemi di isolamento e dissipazione
Attività
Robustezza e ottimizzazione
Obiettivi
Il principale obiettivo delle attività di ricerca condotte dalla UR12 - Unina Rosati riguarda la formulazione di una procedura di dimensionamento degli isolatori che tenga conto del reale comportamento non lineare . A tal fine, si impiega un modello di isteresi avente formulazione analitica e recentemente formulato da Vaiana e Rosati (VRM).



FORZA

$$f = f_e(u) + k_b u + f_0 - (f_e(u_p) + k_b u_p + f_0 - f_p) e^{-\alpha(u-u_p)}$$

RIGIDEZZA TANGENTE

$$k_t = k_e(u) + k_b + \alpha (f_e(u_p) + k_b u_p + f_0 - f_p) e^{-\alpha(u-u_p)}$$

LAVORO

$$W = W_a(u_i, u_f) + W_b(u_i, u_f) + W_c(u_i, u_f) + W_d(u_i, u_f, u_p, f_p)$$

con

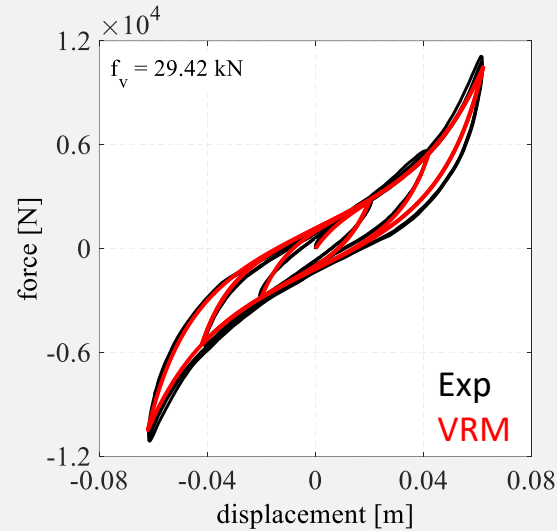
$$f_e(u) = \beta_1 e^{\beta_2 u} - \beta_1 + \frac{4\gamma_1}{1 + e^{-\gamma_2(u-\gamma_3)}} - 2\gamma_1$$

$$k_e(u) = \beta_1 \beta_2 e^{\beta_2 u} + \frac{4\gamma_1 \gamma_2 e^{-\gamma_2(u-\gamma_3)}}{[1 + e^{-\gamma_2(u-\gamma_3)}]^2}$$

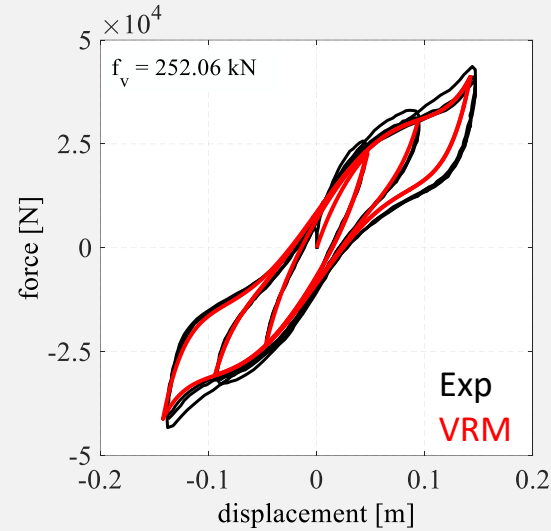
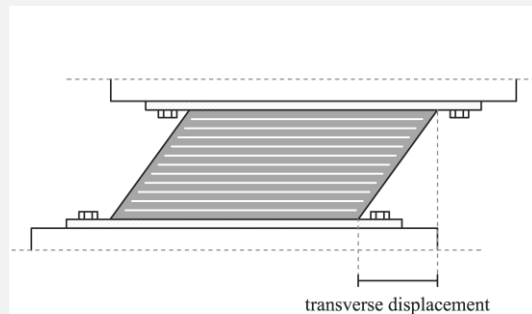
Tutti i **parametri** sono stati espressi in funzione di termini aventi chiaro **significato meccanico**: forza e/o rigidezza e/o spostamento.

Sub-Task 15.1.1. Robustezza ed ottimizzazione dei metodi di progetto – UR12 UNINA_Rosati

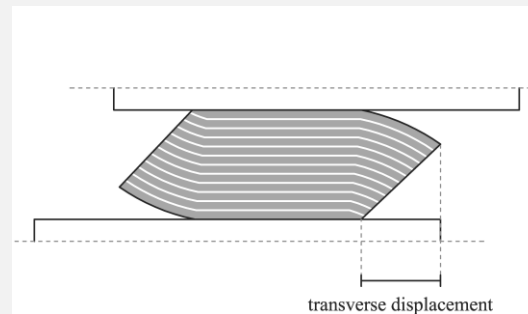
APPLICAZIONE DEL VRM 1D AD ISOLATORI ELASTOMERICI



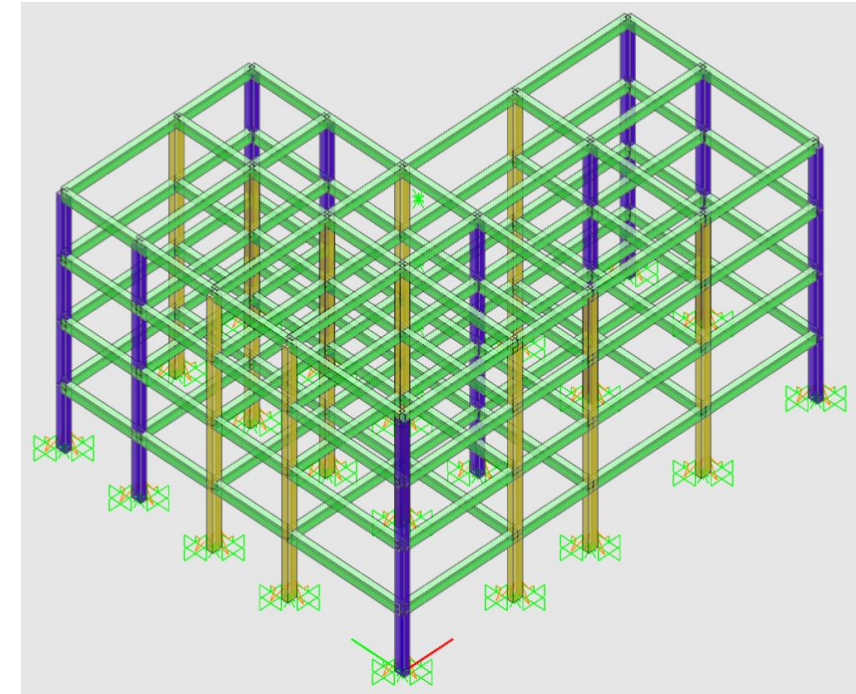
HDRB



UFRB

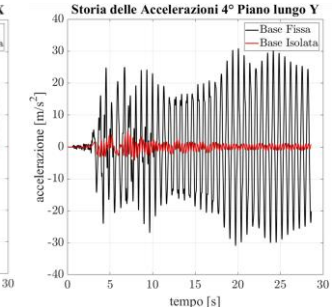
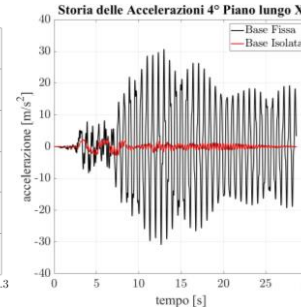
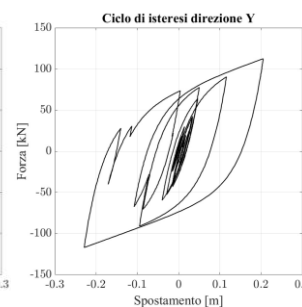
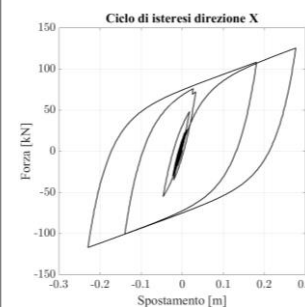


ANALISI DINAMICHE NON LINEARI AGLI ELEMENTI FINITI



Requested data	
kb+	181.49
f0+	75.43
alfa+	21.65
beta1+	0
beta2+	0
gamma1+	0
gamma2+	0
gamma3+	0
umax	0.35
kb-	181.49
f0-	75.43
alfa-	21.65
beta1-	0
beta2-	0
gamma1-	0
gamma2-	0
gamma3-	0
umin	-0.35

OK

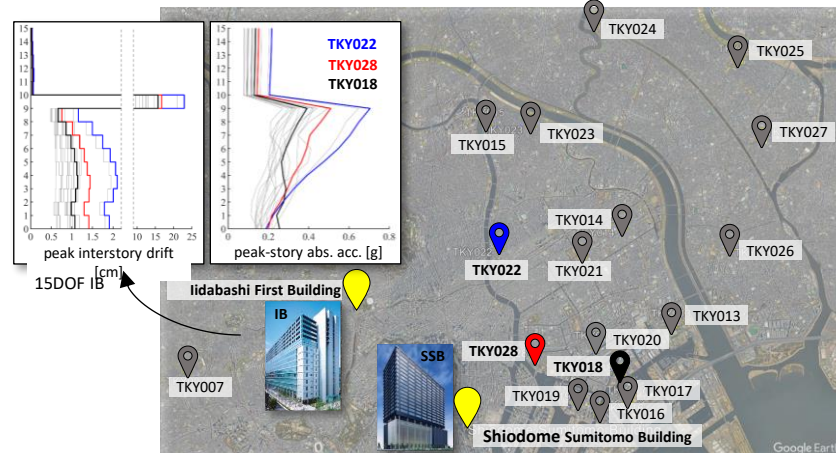


INTERMEDIATE ISOLATION SYSTEM (IIS) FOR NEW AND EXISTING BUILDINGS

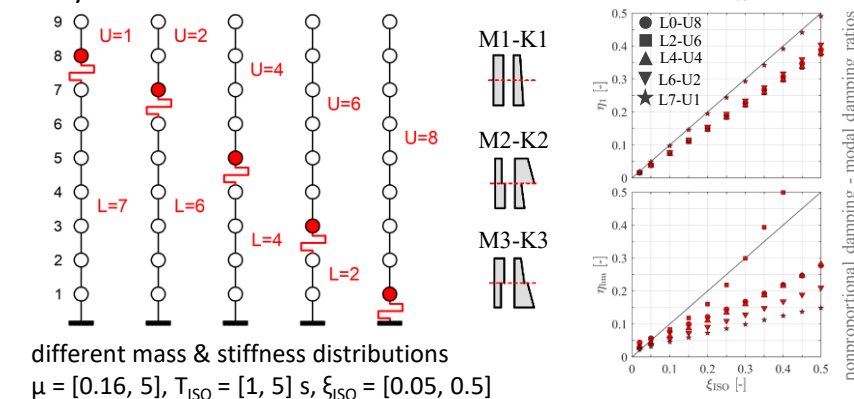
TASK 15.1.1 – TASK 15.2

NEW BUILDINGS

- ✓ Seismic data of Japanese stations (NIED)

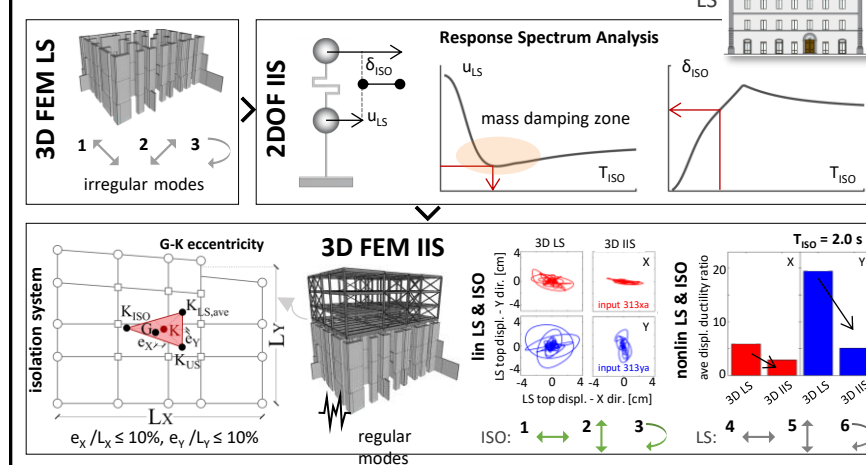


- ✓ Dynamics of MDOF IIS models

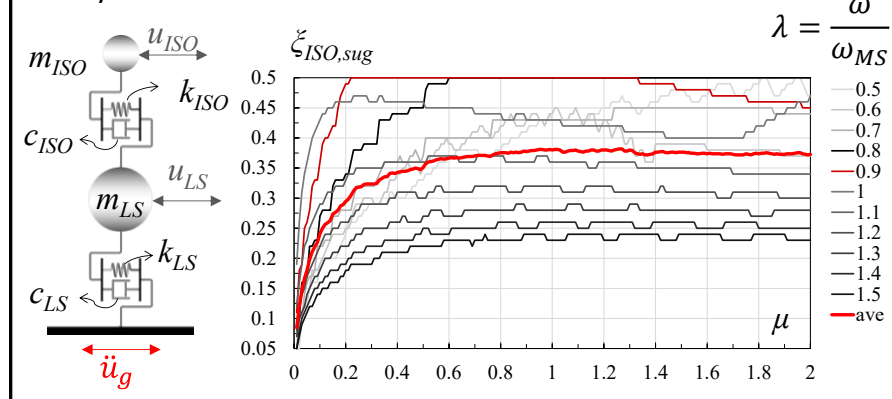


EXISTING BUILDINGS

- ✓ Reduction of seismic demand and irregular response in the lower structure of IIS

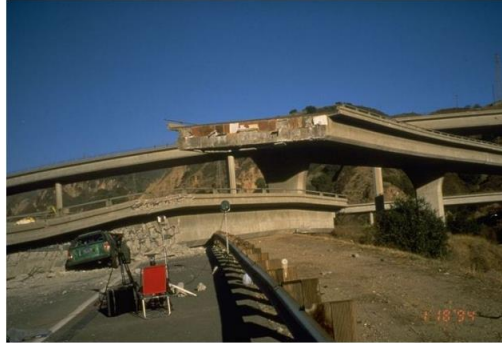


- ✓ Dynamics of 2DOF IIS models



Sub-Task 15.1.1. Robustezza ed ottimizzazione dei metodi di progetto – UR16 POLITO_Castaldo

SPATIAL VARIABILITY OF EARTHQUAKE GROUND MOTION

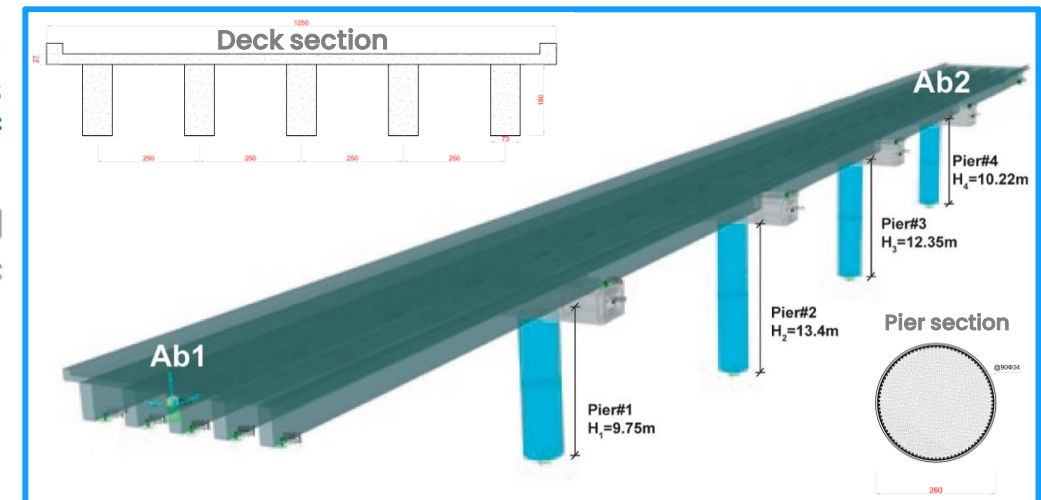
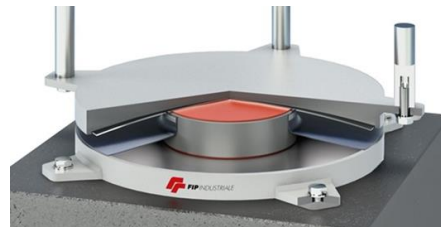


One of the most dangerous types of failure is associated with unseating at abutments and expansion joints. This risk arises primarily from the spatial variability of earthquake ground motion at different bridge supports (piers and abutments), leading to dynamic relative displacements of the superstructure (adjacent bents may move out of phase).

CASE STUDY

The superstructure spans over a total length of 163.0m and consists of **five simply-supported spans**, including 5 RC I-shaped girders and a superior RC slab of 27.0cm. The substructure of the bridge comprises thin un-reinforced elastomeric bearings (70x50x2cm) placed on each of the girder beams, a cap beam with a hollow rectangular section and **four RC piers with different heights**. The bridge at each end is supported by a **seat-type, zero skew-angle abutment with five elastomeric bearings** placed on the abutment stemwall.

Seismic retrofitting by means of **FPS** devices:

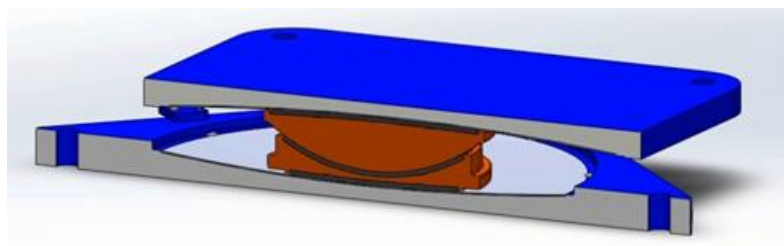


Sub-Task 15.1.2. Effetti del degrado dei dispositivi in costruzioni esistenti – UR3 POLIMI_Quaglini

Effetto della contaminazione da ghiaccio sul coefficiente di attrito degli isolatori a scorrimento

Isolatori a scorrimento (CSS/FPS):

il coefficiente di attrito è un parametro fondamentale per le loro prestazioni



Effetti della bassa temperatura valutati mediante prove in piccola scala in assenza di ghiaccio (EN 15129) mostrano un incremento dell'attrito

Table J.6 — f_2 – Temperature

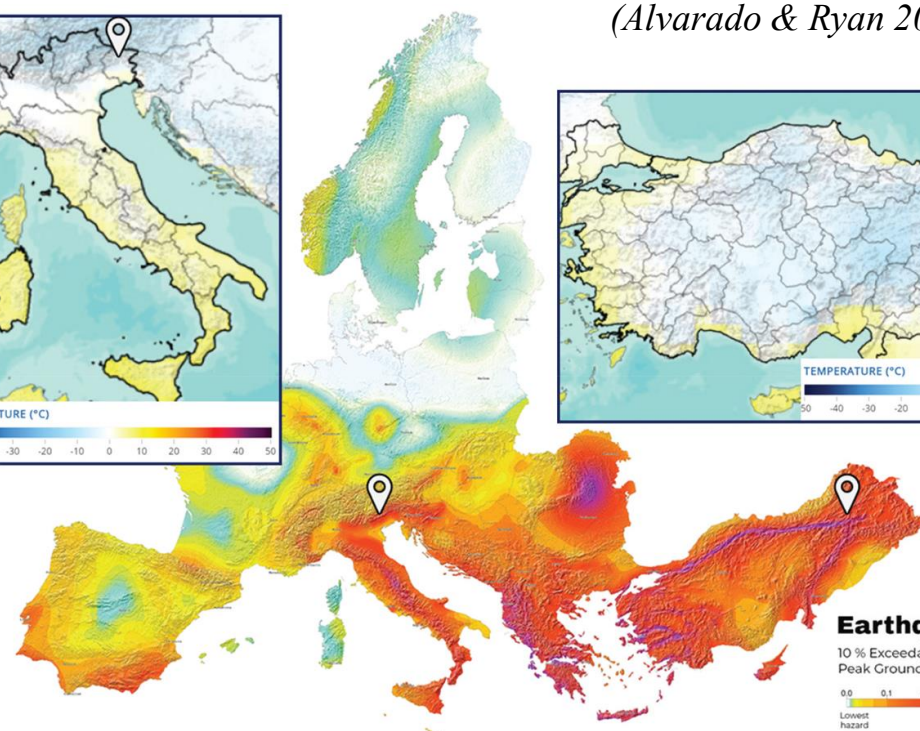
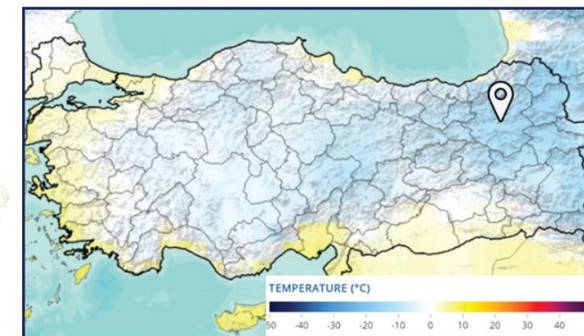
Design Temperature	$\lambda_{\max, f_2}$		
$T_{\min, b}$ (°C)	Unlubricated PTFE	Lubricated PTFE	Bimetallic Interfaces
20	1,0	1,0	To be established by test
0	1,1	1,3	
-10	1,2	1,5	
-30	1,5	3,0	

In condizioni reali, il danneggiamento della scossalina e la presenza di umidità possono causare la **formazione di ghiaccio** sulle superfici

L'effetto della contaminazione da ghiaccio non è mai stato indagato sistematicamente



(Alvarado & Ryan 2023)

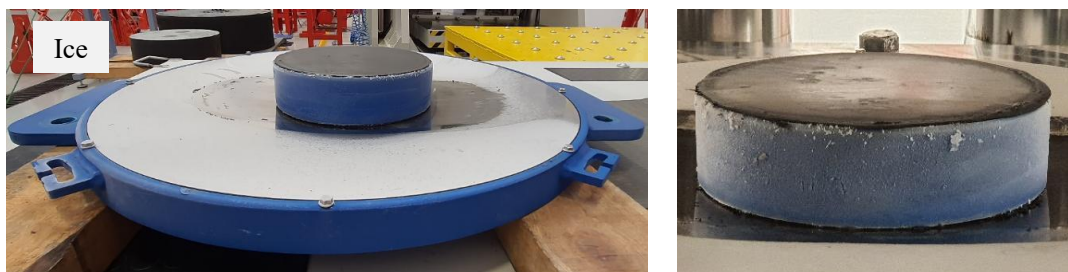
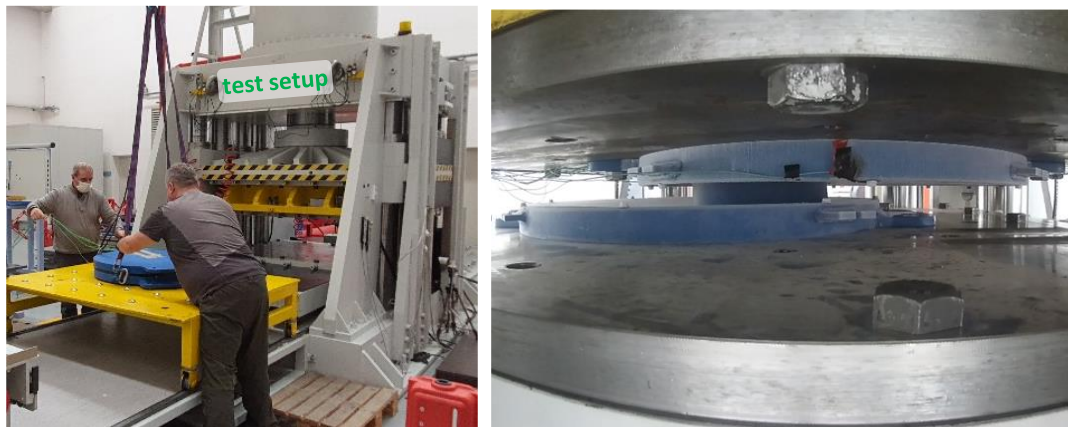


regioni ad elevata sismicità esposte a climi rigidi

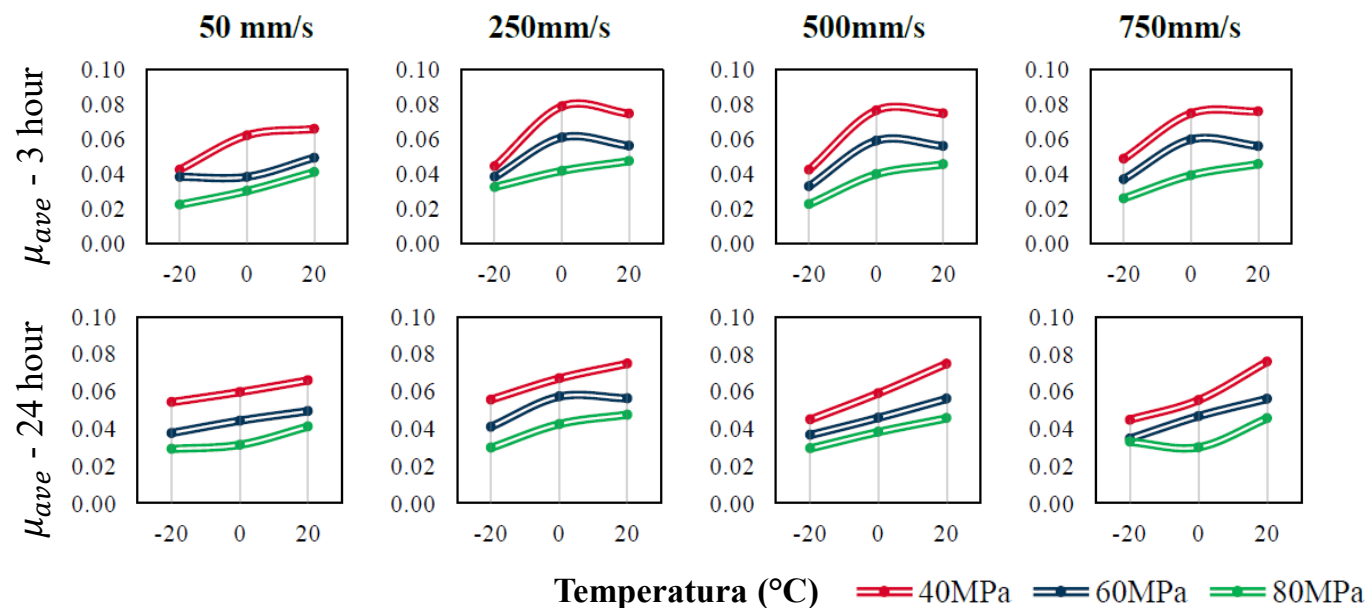
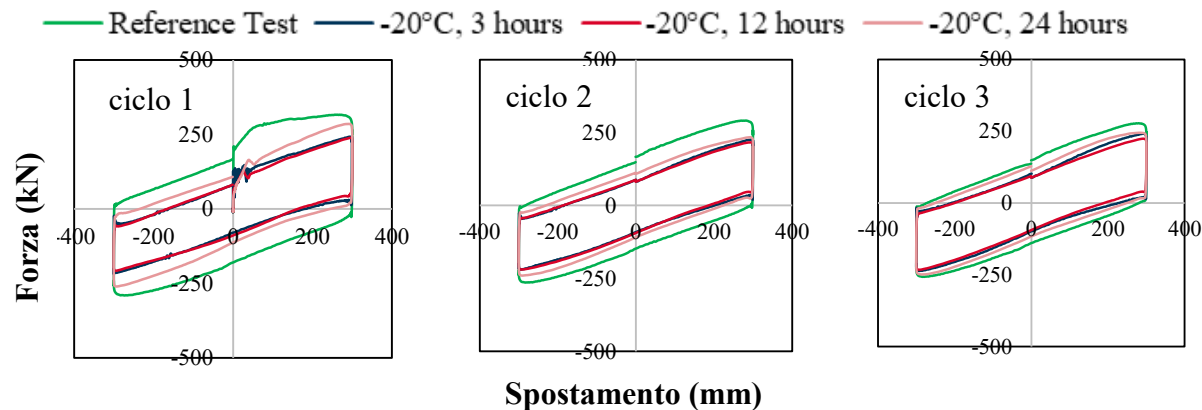
Earthquake hazard
10 % Exceedance Probability in 50 years
Peak Ground Acceleration (PGA) / [g]
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6
Lowest hazard Highest hazard

Effetto della contaminazione da ghiaccio sul coefficiente di attrito degli isolatori a scorrimento

Analisi sperimentale in grande scala



pressione, p (MPa)	40, 60, 80
velocità, v (mm/s)	50, 100, 200, 250
Temperatura, T (°C)	-20, 0, 20
durata esposizione, t (h)	3, 12, 24



- Dopo esposizione a -20 °C si osserva la formazione di uno **strato di ghiaccio** che causa la riduzione del coefficiente di attrito
- A 0°C la formazione di ghiaccio e la riduzione del coefficiente di attrito sono influenzati dalla **durata di esposizione**

Sub-Task 15.1.2. Effetti del degrado dei dispositivi in costruzioni esistenti – UR4 UNIFI_Terenzi

Task 15.1 Strutture esistenti con sistemi di isolamento e dissipazione.

Tema «Effetto del degrado». *Nell'ambito delle tematiche affrontate nel Task 15.1, in riferimento a dispositivi fluido-viscosi a matrice siliconica pressurizzati, l'Unità di Ricerca UNIFI ha ripreso in mano dispositivi ed esiti di prove sperimentali del passato per progettare delle nuove sperimentazioni su di essi che ne possano confermare la buona conservazione delle caratteristiche meccaniche, evidenziando quindi lo stato di conservazione nel tempo.*

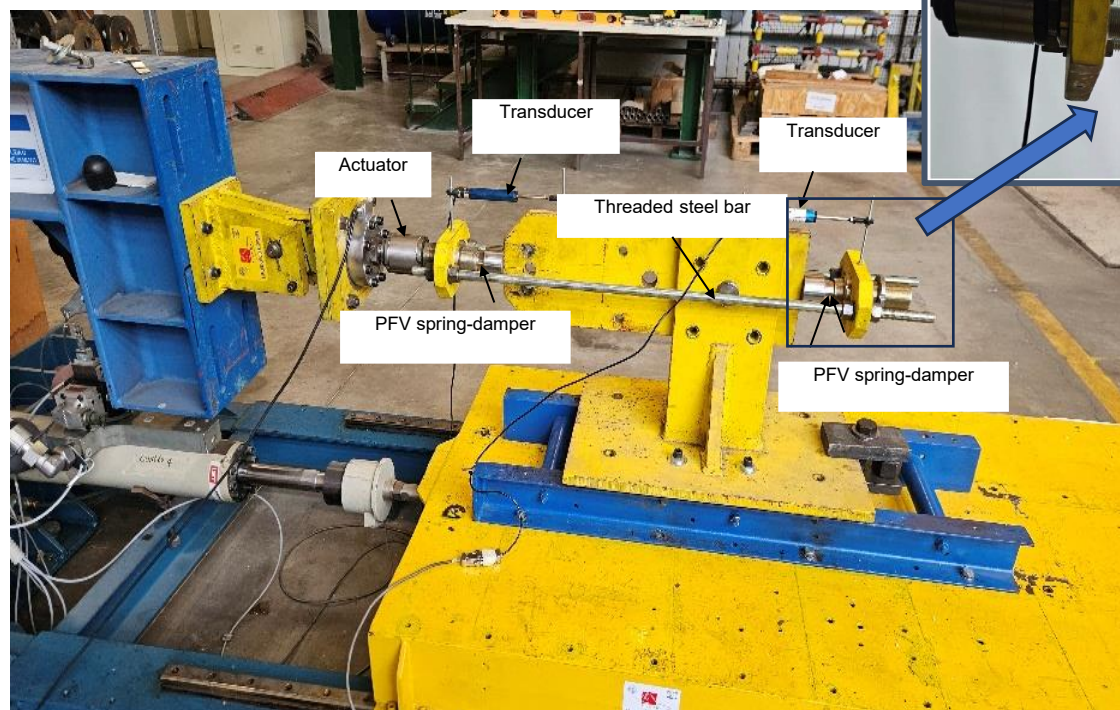
Sperimentazione della risposta dinamica di coppie di dispositivi fluido-viscosi pressurizzati del tipo BC1BN-FC e BC1DN-FC, con replica delle prove già condotte su di essi nel 2008.

La campagna sperimentale è stata effettuata presso il Laboratorio Prove, Materiali e Strutture dell'Università della Basilicata, a Potenza, fra gennaio e febbraio 2025.

Per essi gli effetti del tempo sono stati ricercati esaminando se, a distanza di 17 anni, la pressurizzazione del fluido siliconico in fase costruttiva avesse procurato un'alterazione dei parametri rappresentativi della risposta dinamica, anche a seguito di spostamenti imposti di tipo armonico ad elevato numero di cicli (imposizione di 100 cicli per entrambe le coppie).

Sub-Task 15.1.2. Effetti del degrado dei dispositivi in costruzioni esistenti – UR4 UNIFI_Terenzi

UR4_UNIFI – Sperimentazione effettuata presso il Laboratorio Prove, materiali e strutture dell'Università della Basilicata a Potenza



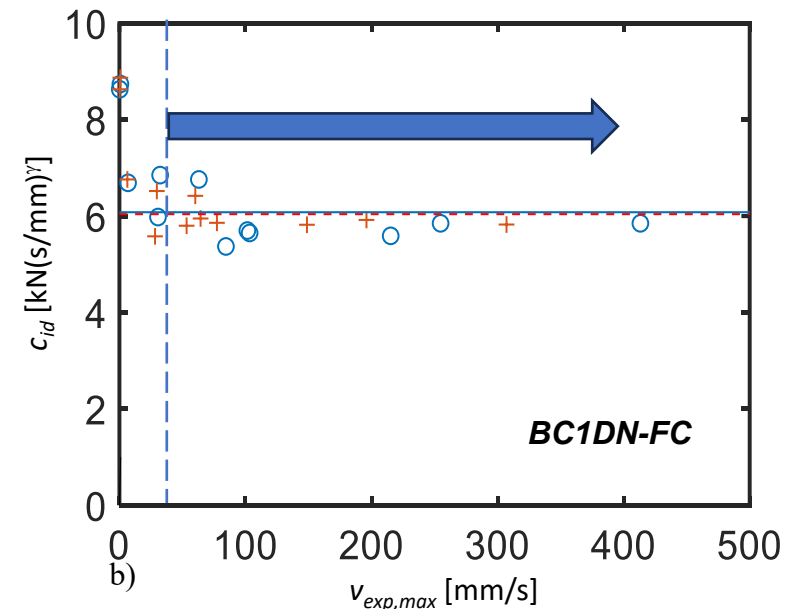
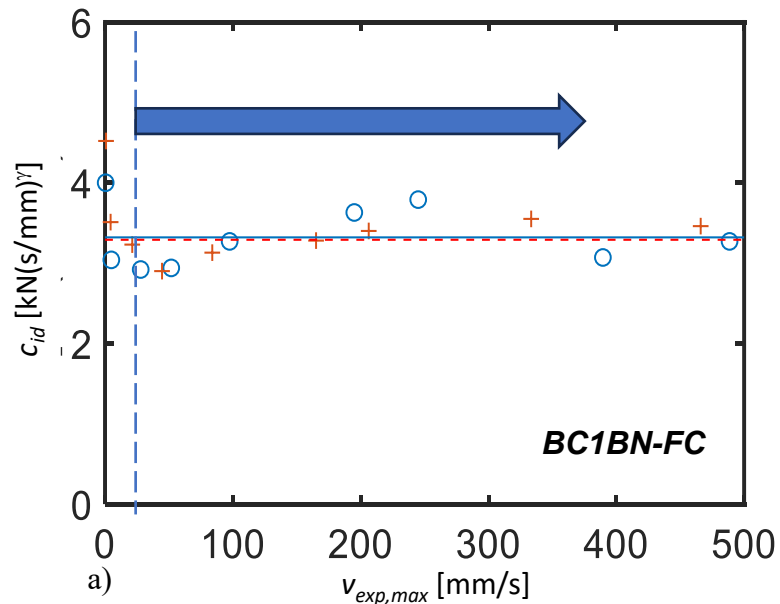
Prove dispositivi 25/08/08						
Piccoli	BC1BN-FC					
Dispo N.1	matr n. 4817					
Dispo N.2	matr n. 4898					
Test N.	freq (Hz)	Acq (Hz)	Amp (mm)	Cicli	Tipo	nome file
1	0,01	2	9	5	sinus	Test1-Jarret-1-2-P-250808
2	0,1	20	9	5	sinus	Test2-Jarret-1-2-P-250808
3	0,5	100	9	5	sinus	Test3-Jarret-1-2-P-250808
4	1	200	9	5	sinus	Test4-Jarret-1-2-P-250808
5	2	400	9	10	sinus	Test5-Jarret-1-2-P-250808
6	4	1000	9	10	sinus	Test6-Jarret-1-2-P-250808
7	5	1000	9	10	sinus	Test7-Jarret-1-2-P-250808
8	8	2000	9	10	sinus	Test8-Jarret-1-2-P-250808
9	10	2000	9	10	sinus	Test9-Jarret-1-2-P-250808

Grandi	BC1DN-FC					
Dispo N.1	matr n. 4619					
Dispo N.2	matr n. 4612					
Test N.	freq (Hz)	Acq (Hz)	Amp (mm)	Cicli	Tipo	nome file
1	0,01	2	5	1	generic	Test1-Jarret-1-2-G-250808
2	0,01	2	14	2	generic	Test2-Jarret-1-2-G-250808
3	0,1	20	14	5	sinus	Test3-Jarret-1-2-G-250808
4	0,5	100	14	5	sinus	Test4-Jarret-1-2-G-250808
5	1	200	14	5	sinus	Test5-Jarret-1-2-G-250808
6	2	400	5	5	sinus	Test6-Jarret-1-2-G-250808
7	4	1000	5	5	sinus	Test7-Jarret-1-2-G-250808
8	5	1000	5	5	sinus	Test8-Jarret-1-2-G-250808
9	5	1000	10	10	sinus	Test9-Jarret-1-2-G-250808
10	4	1000	10	10	sinus	Test10-Jarret-1-2-G-250808
11	2	400	10	10	sinus	Test11-Jarret-1-2-G-250808
12	8	2000	10	10	sinus	Test12-Jarret-1-2-G-250808

Sub-Task 15.1.2. Effetti del degrado dei dispositivi in costruzioni esistenti – UR4 UNIFI_Terenzi

UR4_UNIFI – Damping component F_D : Identification of c_{id}

- **BC1BN-FC** – The $c_{id} = 4.0 \text{ kN(s/mm)}^\gamma$ ($T1_{BN}^{08}$ test – 0.01 Hz).
- Starting from $T4_{BN}^{08}/T4_{BN}^{25}$ tests (1 Hz) c_{id} appears to be stable, with mean values of **3.33 kN(s/mm) $^\gamma$** for the 2008 tests (blue straight line), and **3.29 kN(s/mm) $^\gamma$** (red dotted line), for the 2025 tests.
- The mechanical behaviour of spring-dampers is not affected by any appreciable aging effect.
- **BC1DN-FC** – The $c_{id} = 8.87 \text{ kN(s/mm)}^\gamma$ ($T1_{DN}^{08}-T2_{DN}^{08}/T1_{DN}^{25}-T2_{DN}^{25}$ – 0.01 Hz).
- Starting from $T5_{DN}^{08}/T5_{DN}^{25}$ tests (1 Hz) c_{id} is stable, with mean values of **6.08 kN(s/mm) $^\gamma$** for 2008 tests (blue straight line), and **6.04 kN(s/mm) $^\gamma$** (red dotted line), for 2025 ones.

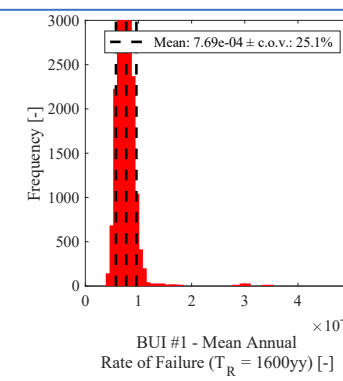
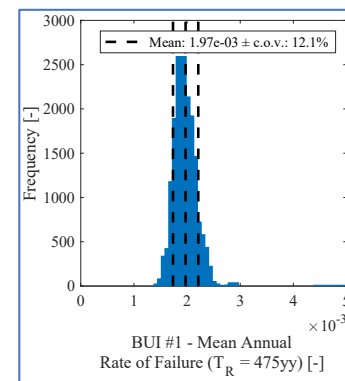
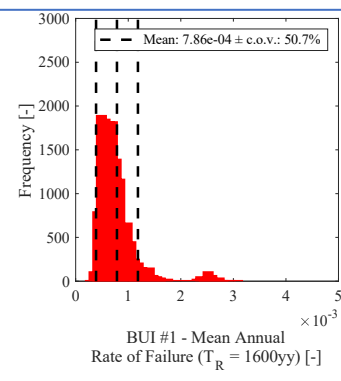
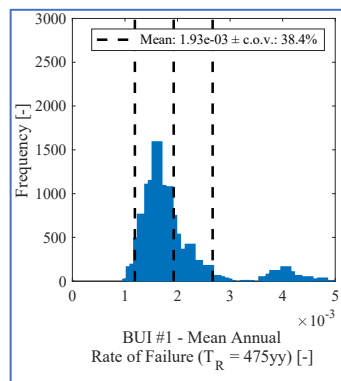
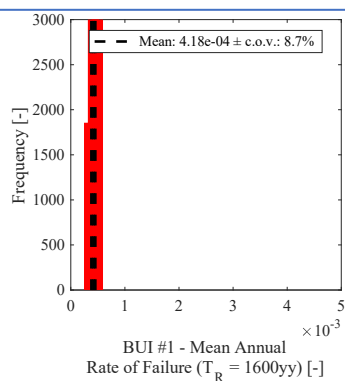
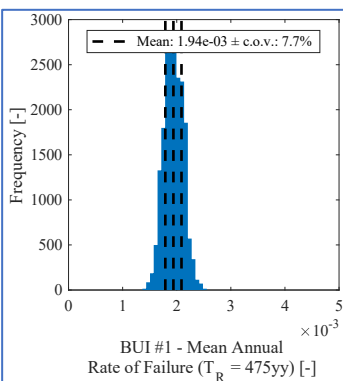
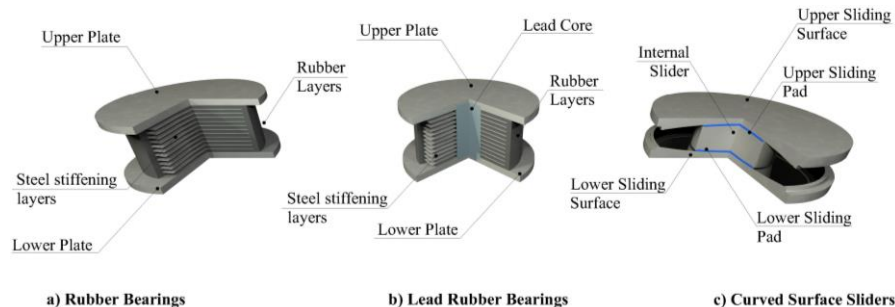
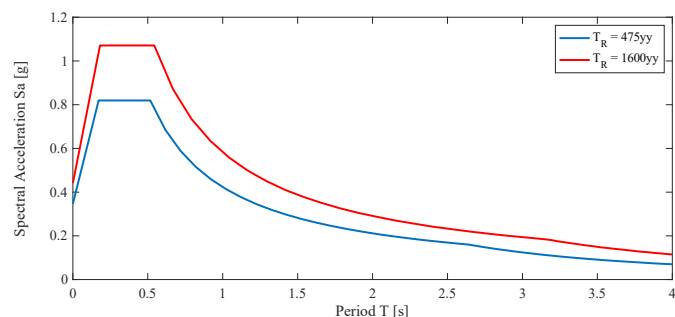


Sub-Task 15.1.2. Effetti del degrado dei dispositivi in costruzioni esistenti – UR5 UNIPV_Pavese

UR: UNIPV (*Alberto Pavese & Marco Furinghetti*)

Task 15.1 Strutture esistenti con sistemi di isolamento e dissipazione

Le analisi eseguite nel periodo di riferimento hanno messo in evidenza l'influenza della variabilità delle proprietà meccaniche delle principali tecnologie di isolamento sismico sulla valutazione del rischio sismico, inteso come la Mean Annual Rate of Failure (MARF). Tale aleatorietà delle proprietà meccaniche è considerata il risultato del possibile danneggiamento dei materiali costituenti i dispositivi utilizzati ai fini dell'isolamento sismico, come evidenziato da numerose prove sperimentali.



Sub-Task 15.1.2. Effetti del degrado dei dispositivi in costruzioni esistenti – UR7 UNIUD_Sorace

Annualità 2025

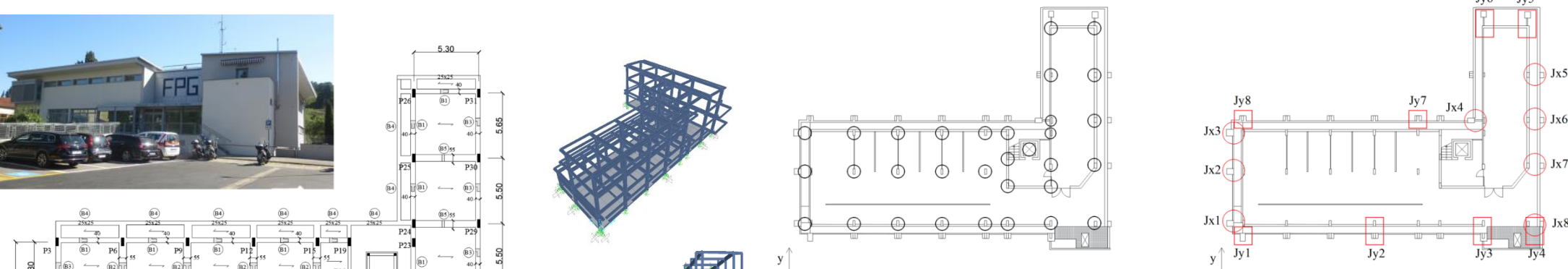
• Effetti del degrado sulla prestazione nel tempo di isolatori sismici

Attività svolta

Svolgimento di una prima parte dello studio, previsto per l'annualità 2026 nel programma originariamente proposto da UNIUD, sugli effetti del degrado in sistemi di isolamento alla base a seguito di una significativa vita in opera degli stessi.

con

analisi di un caso di studio reale realizzato circa venti fa, valutandone la risposta in relazione agli ipotizzati livelli di possibile degrado, anche sulla base di rilevazioni non strumentali in situ dello stato di conservazione degli isolatori.



Gli effetti del degrado sono simulati incrementando il coefficiente di attrito degli isolatori in acciaio-PTFE, assunto pari al 2% nel progetto dell'edificio in base alla qualificazione sperimentale degli stessi svolta all'epoca, a valori del 4% e del 5,5%.

I primi risultati mostrano una moderata influenza sulla risposta della sovrastruttura, pur con alcuni aspetti meritevoli di ulteriori approfondimenti, che verranno sviluppati nella restante parte dell'annualità 2025 e nel 2026.

Sub-Task 15.1.3. Influenza delle tamponature nella risposta sismica di edifici isolati in c.a. – UR7 UNIUD_Sorace

Annualità 2025

- Influenza delle tamponature

Attività svolta

Sviluppo di un secondo rappresentativo caso di studio reale, dopo quello esaminato nell'annualità 2024, del quale è stata indagata la prestazione sismica allo stato attuale, con valutazione della risposta delle tamponature e delle tramezzature.

La modellazione di queste è stata affinata,

ed è stata condotta:

- . un'analisi dinamica incrementale assumendo gli 8 livelli dell'azione sismica previsti nell'Allegato B delle NTC2008/2018, con $P_{VR}/V_R=81\%, 63\%, 50\%, 39\%, 30\%, 22\%, 20\%, 5\%$;
- . un'analisi probabilistica basata sulla generazione di curve di fragilità per i pannelli murari.

Sub-Task 15.1.3. Influenza delle tamponature nella risposta sismica di edifici isolati in c.a. – UR7 UNIUD_Sorace

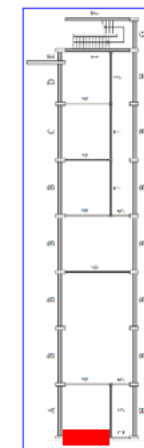
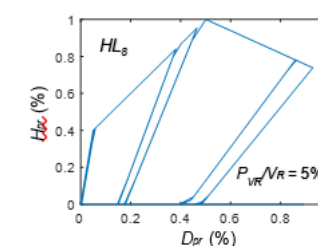
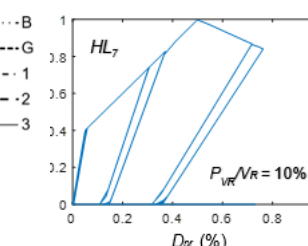
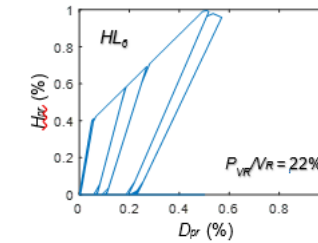
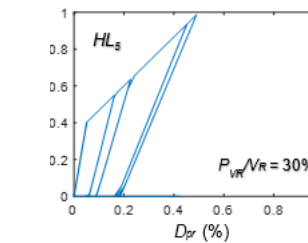
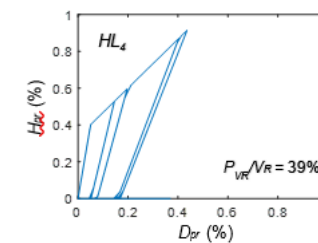
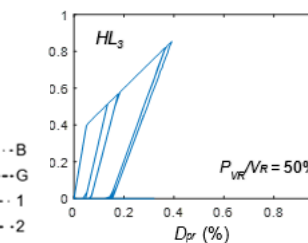
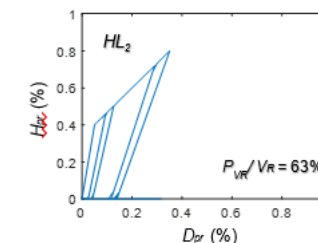
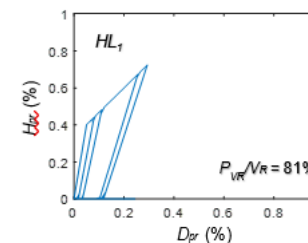
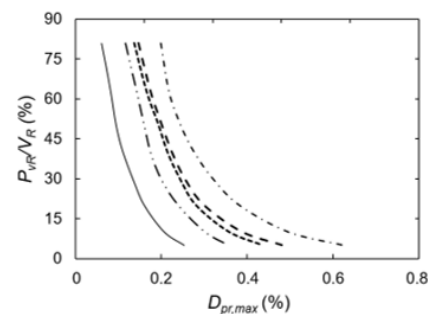
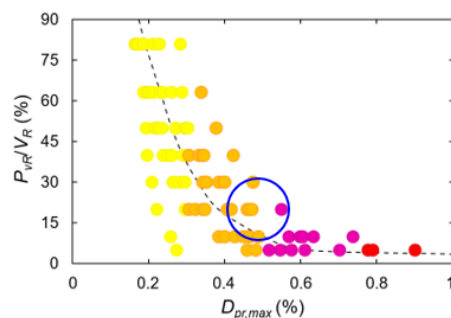
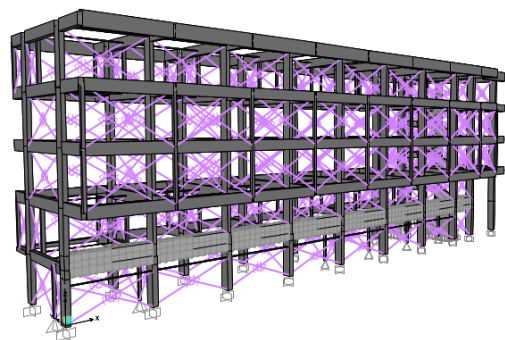


Figure 13. $P_{VR}/V_R - D_{pr,max}$ curves of all partitions of the building (left) and of each storey (right).

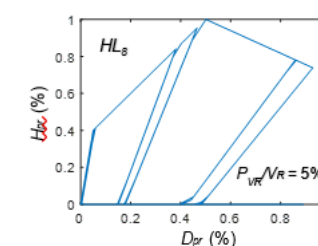
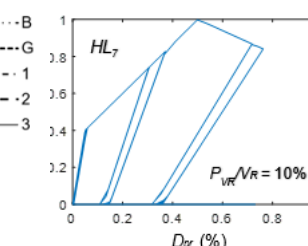
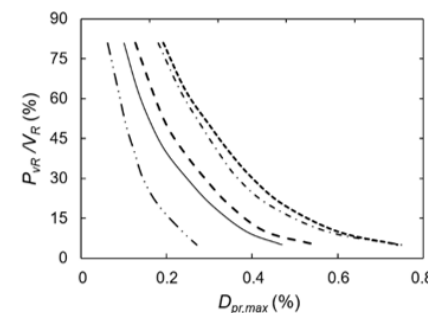
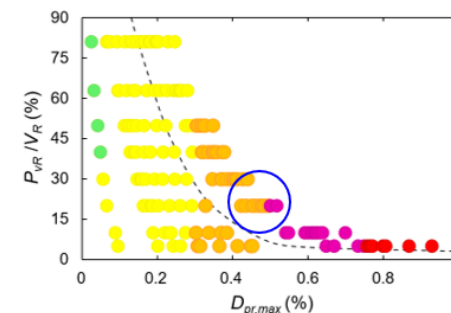


Figure 14. $P_{VR}/V_R - D_{pr,max}$ curves of all infills of the building (left) and of each storey (right).

Sub-Task 15.1.3. Influenza delle tamponature nella risposta sismica di edifici isolati in c.a. – UR7 UNIUD_Sorace



Figure 15. Colour representation of the state of all infills of the building at the eight hazard levels according to the chromatic scale of the backbone curve.

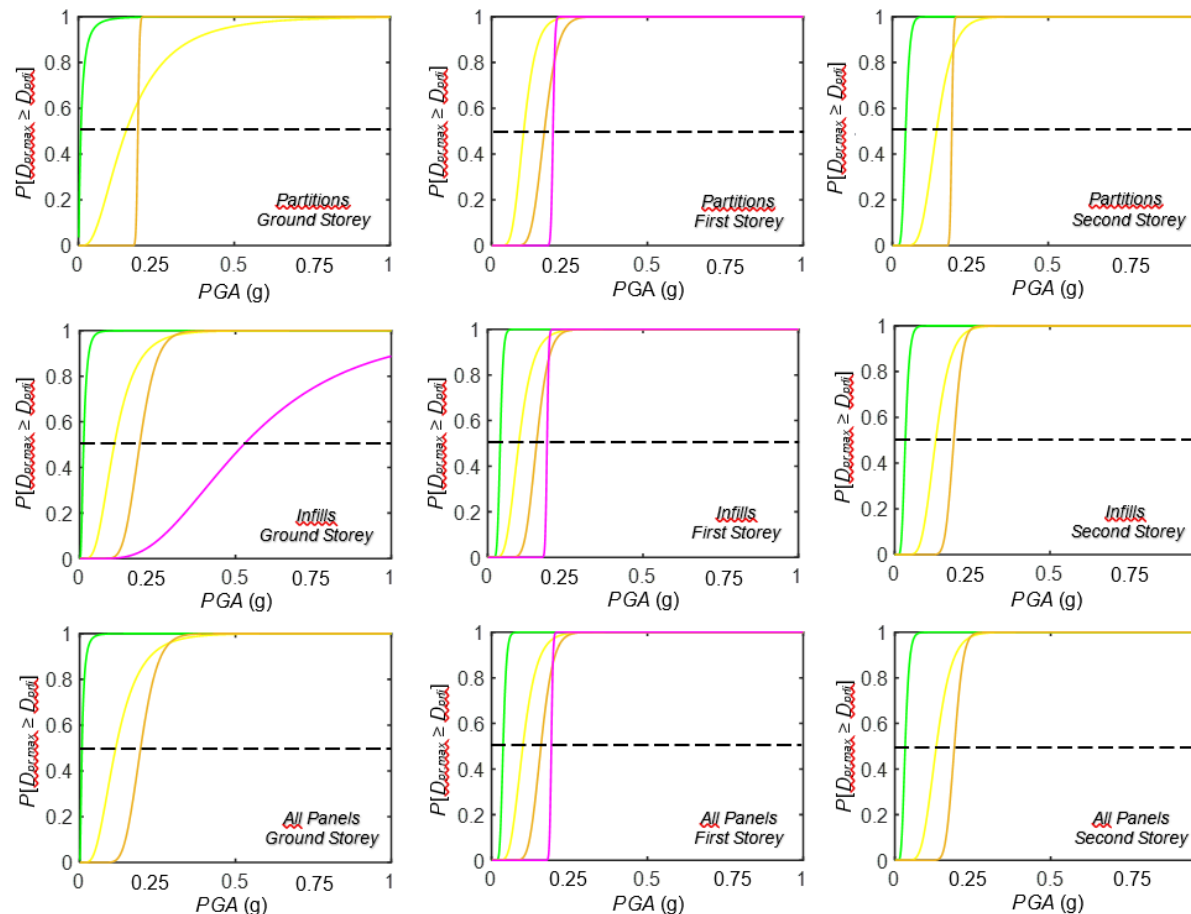


Figure 17. Fragility curves of infills, partitions and all panels belonging to the ground, first and second storeys

La doppia analisi converge nella valutazione della vulnerabilità sismica dell'edificio, tracciando la strada verso possibili interventi di adeguamento.

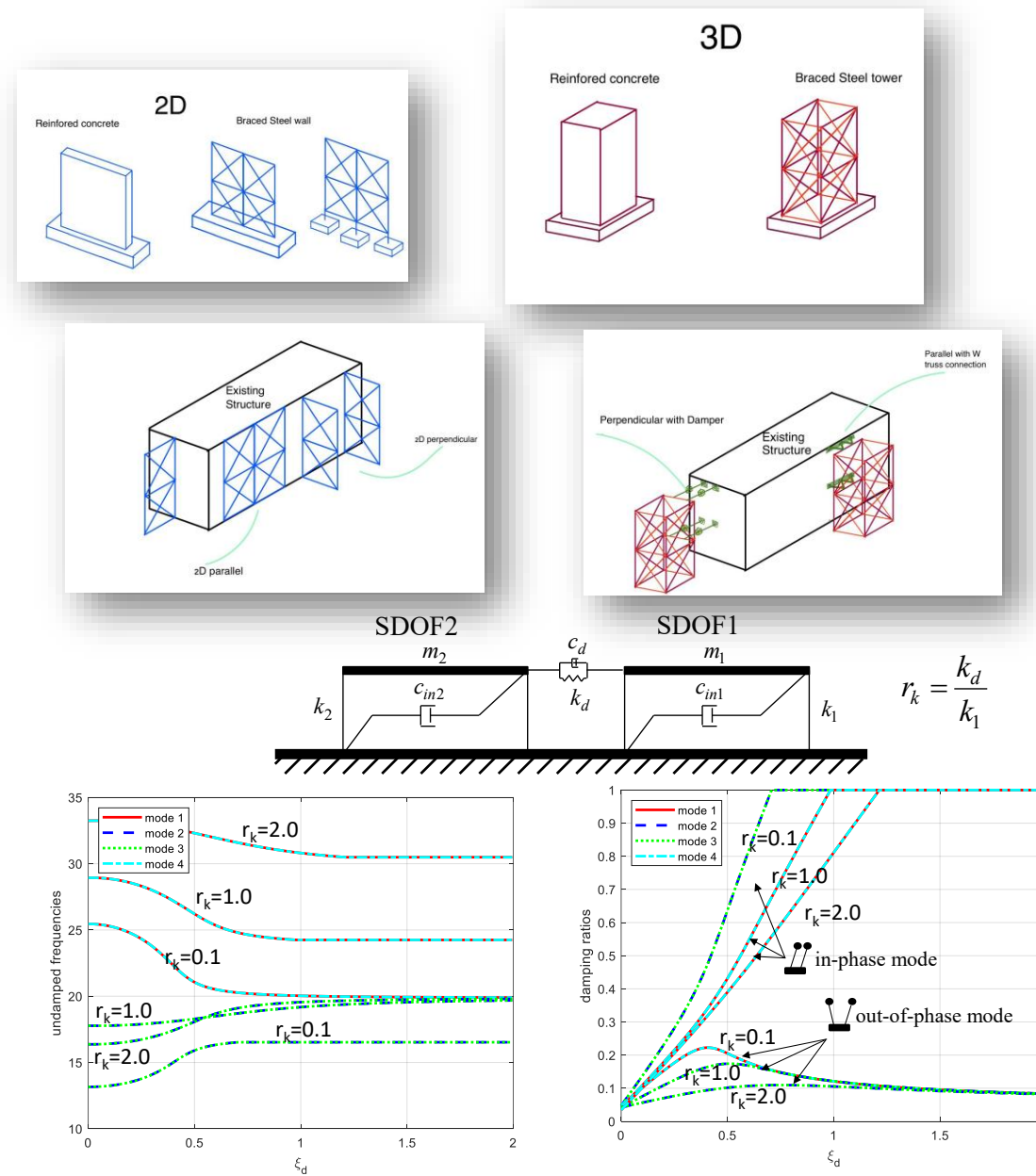
Inoltre, pone in evidenza l'opportunità, in future revisioni delle NTC, di considerare un livello sismico intermedio tra $P_{VR}/V_R=63\%$ (SLD) e 10% (SLV) al fine di condurre un più completo e probante accertamento delle prestazioni allo stato attuale.

Sub-Task 15.1.3. Ottimizzazione dei meccanismi di dissipazione in esoscheletri dissipativi UR6 UNIBO_Silvestri

UNIBO

Sub-Task “Esoscheletri dissipativi”

- Analisi bibliografica al fine di inquadrare tutte le possibili soluzioni tecniche che possono essere classificate come “Esoscheletri dissipativi”.** Nello specifico: soluzioni tecniche bidimensionali e tridimensionali, soluzioni parallele alle facciate degli edifici e soluzioni agenti in direzione ortogonale alle facciate, sistemi strutturali di rinforzo in acciaio e/o c.a., sistemi dotati di controventi dissipativi (sistema riconducibile a smorzamento di tipo proporzionale alle rigidità, SPD) o di collegamenti dissipativi (sistema riconducibile a smorzamento di tipo proporzionale alle masse, MPD), con riferimento all'utilizzo di smorzatori fluido-viscosi.
- Approfondimento del comportamento dinamico di edifici adiacenti connessi tramite smorzatori viscoelastici (VE)** modellati come un “sistema minimo” accoppiato a 2 gradi di libertà. Lo smorzatore VE ha due effetti principali sul comportamento dinamico del sistema: (i) la dissipazione di energia fornita dalla componente viscosa, (ii) il trasferimento di energia e l'accoppiamento tra i modi dei due sistemi SDOF.

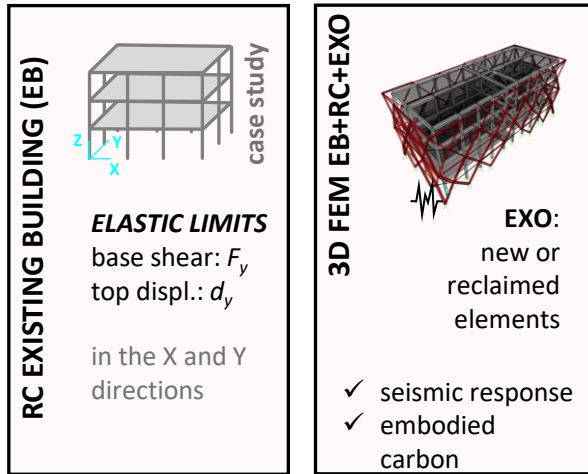


Sub-Task 15.1.3. Ottimizzazione dei meccanismi di dissipazione in esoscheletri dissipativi UR13 UNINA_Mele

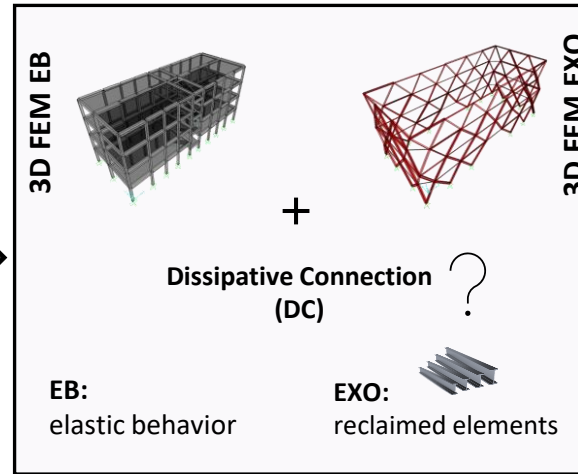
REUSE AND DISSIPATIVE CONNECTIONS IN STEEL EXOSKELETONS

TASK 15.1.3

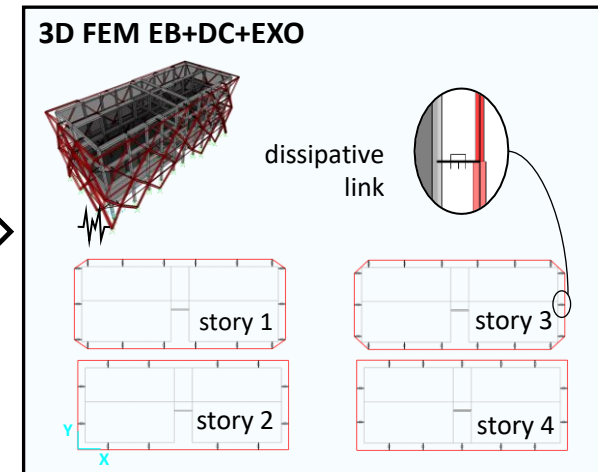
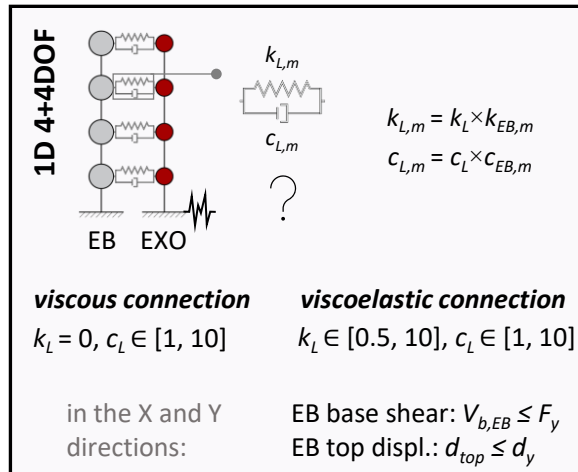
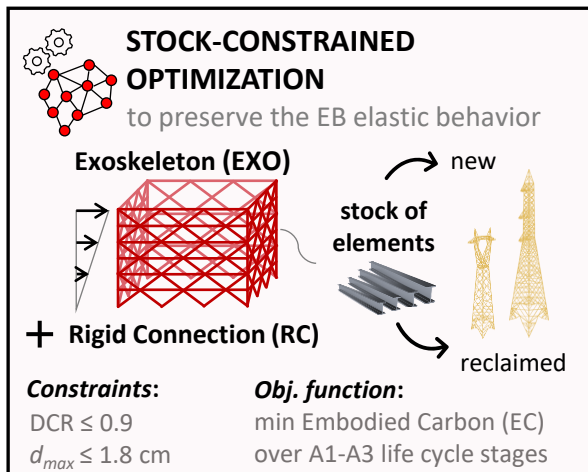
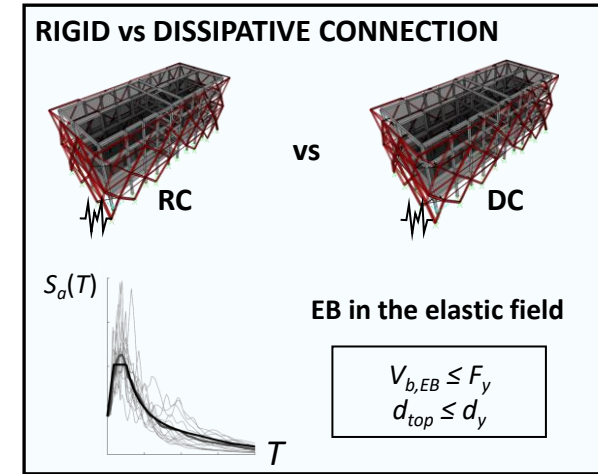
I – Rigid Connection



II – Dissipative Connection



III – Seismic Assessment



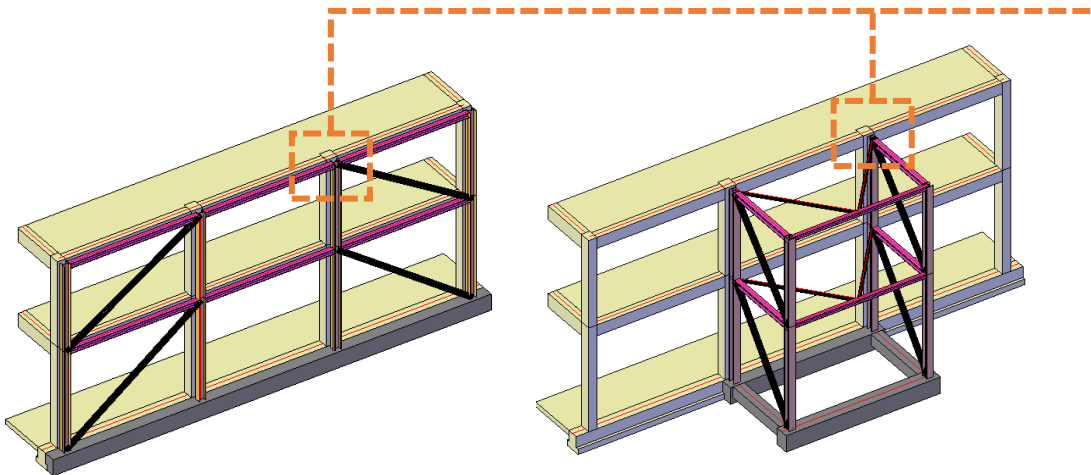
Sub-Task 15.1.3. Ottimizzazione dei meccanismi di dissipazione in esoscheletri dissipativi UR19 UNINA_Della_Corte

Steel-concrete connections

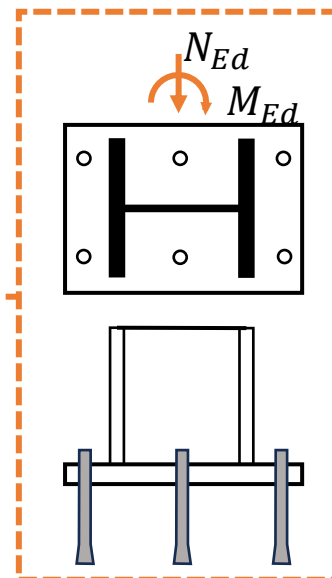
Different arrangements of the new steel frames

"Parallel" arrangement

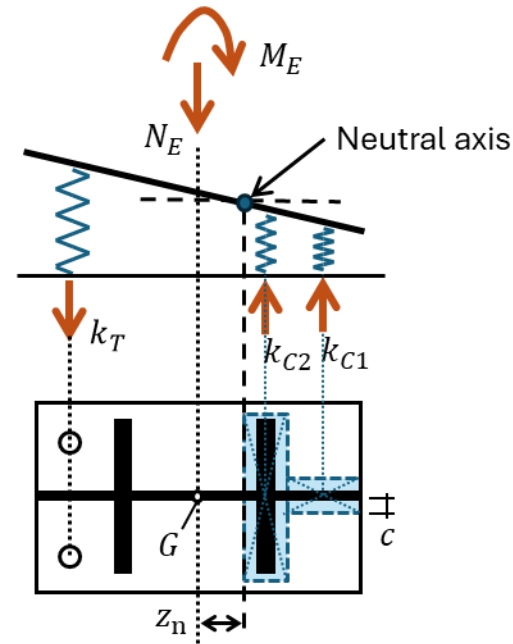
"Perpendicular" arrangement



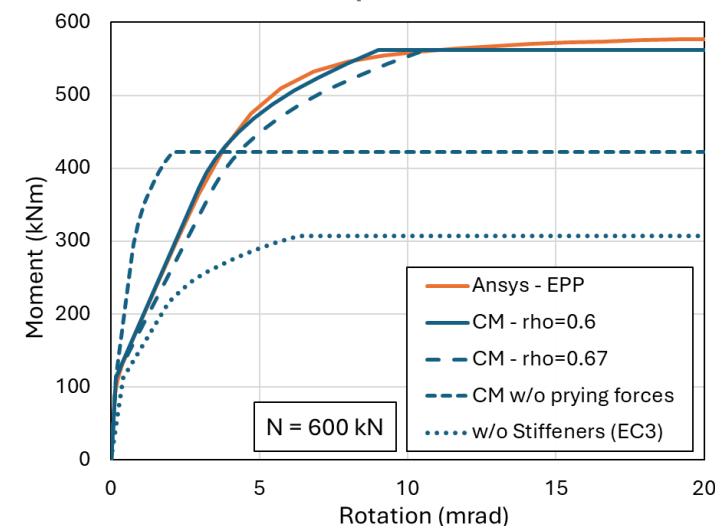
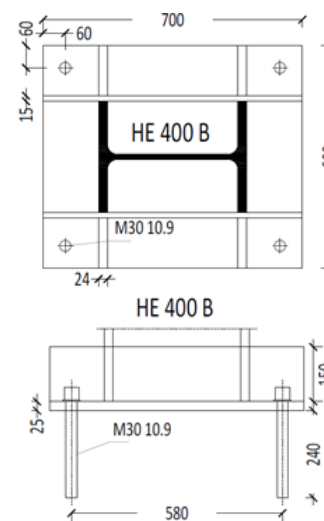
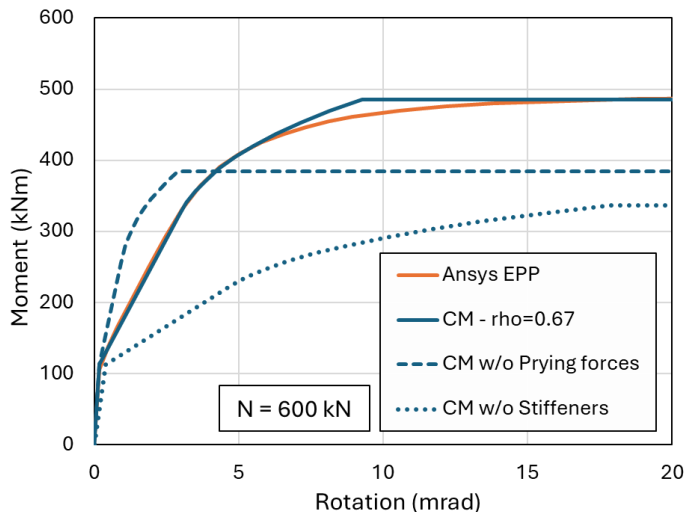
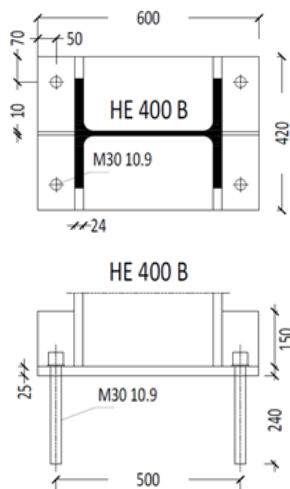
The basic connection element



The mechanical model

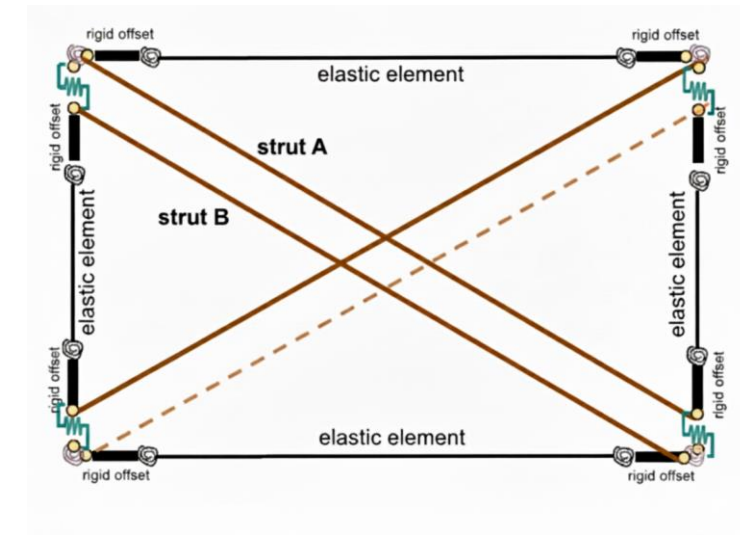
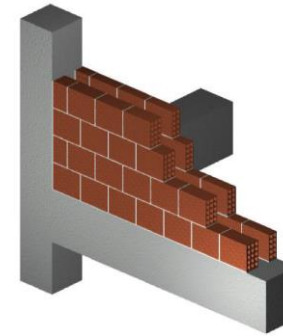
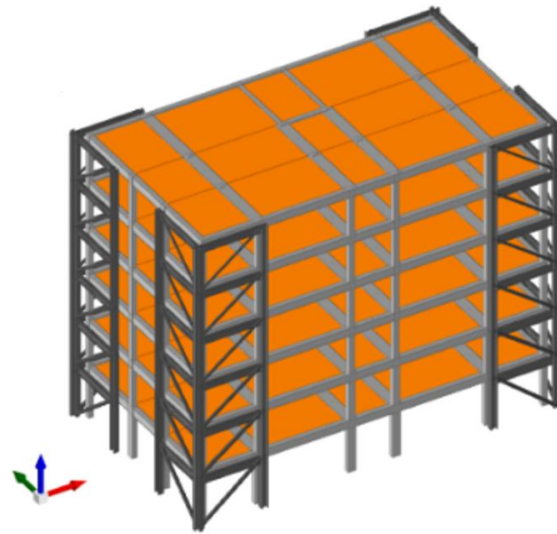
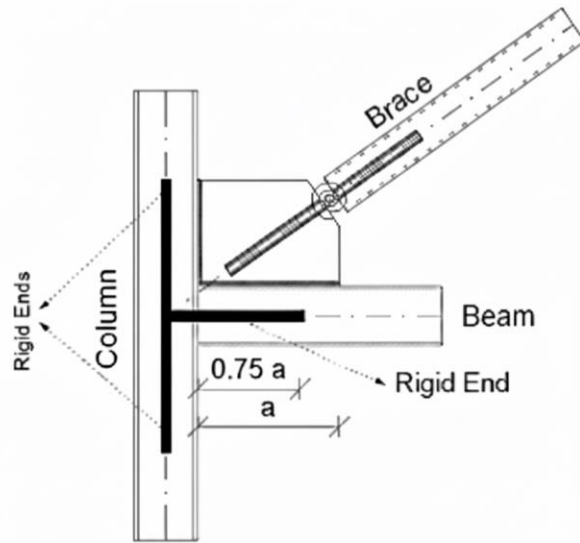


Case studies and comparison with numerical FEM results



Sub-Task 15.1.3. Ottimizzazione dei meccanismi di dissipazione in esoscheletri dissipativi UR19 UNINA_Della_Corte

Effects of masonry infills on the effectiveness of exoskeletons



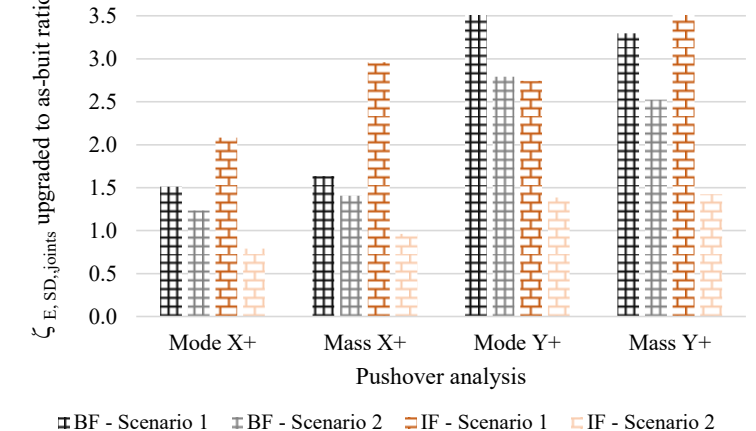
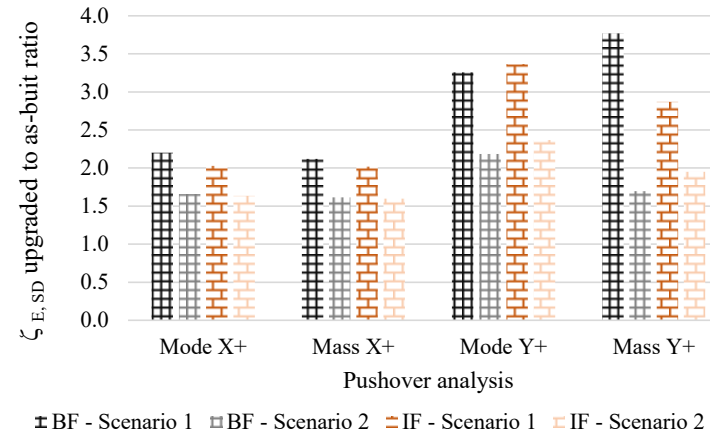
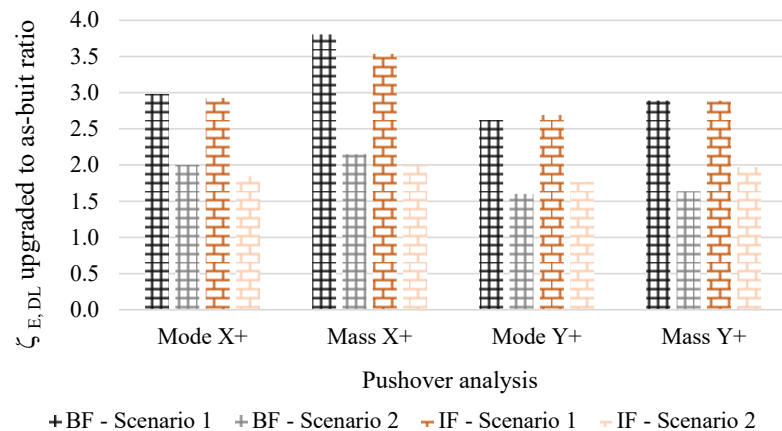
$$V_{b,d, \text{Scenario 1}} = (\lambda m_{tot}) \cdot \delta \cdot \frac{S_a(T_{1,SCBFs}, PGA_{SD})}{q_{SCBFs}}$$

$$V_{b,d, \text{Scenario 2}} = 0.50 \cdot V_{b,d, \text{Scenario 1}}$$

Damage Limitation

Severe Damage (ductile failures)

Severe Damage (RC joint failures)



Task 15.1. Strutture esistenti con sistemi di isolamento e dissipazione UR9 UNINA_De_Luca

Edifici Esistenti in c.a.

PECULIARITA' dei casi studio

- Edifici progettati per soli carichi verticali, in zone a bassa sismicità
- Strutture intelaiate, aventi telai sismo-resistenti in una sola direzione
- Sistemi strutturali con caratteristiche affini a molti edifici progettati negli anni 60

OBIETTIVO no.1 Del Biennio 2024/2026

Valutare la vulnerabilità sismica di edifici in c.a. progettati per soli carichi verticali

APPROCCIO

- (1) Caraterizzazione dinamica da analisi modale
- (2) Check sulla deformabilità e sensibilità agli effetti P- Δ
- (3) Preliminari verifiche sulla Capacità Sismica da Analisi Lineare
- (4) Vulnerabilità sismica da Analisi Statica Nonlineare: (ξ) capacità v.s. domanda (metodo N2)
- (5) Confronto con outputs da Analisi Dinamica non lineare
- (6) Definizione di strategie di intervento integrate a basso impatto mediante isolamento alla base

Caso studio no.1 (Edificio Residenziale)



Caso studio no.2 (Edificio Scolastico)



Caso studio no.3 (Edificio per Uffici)



STRUTTURA WP15

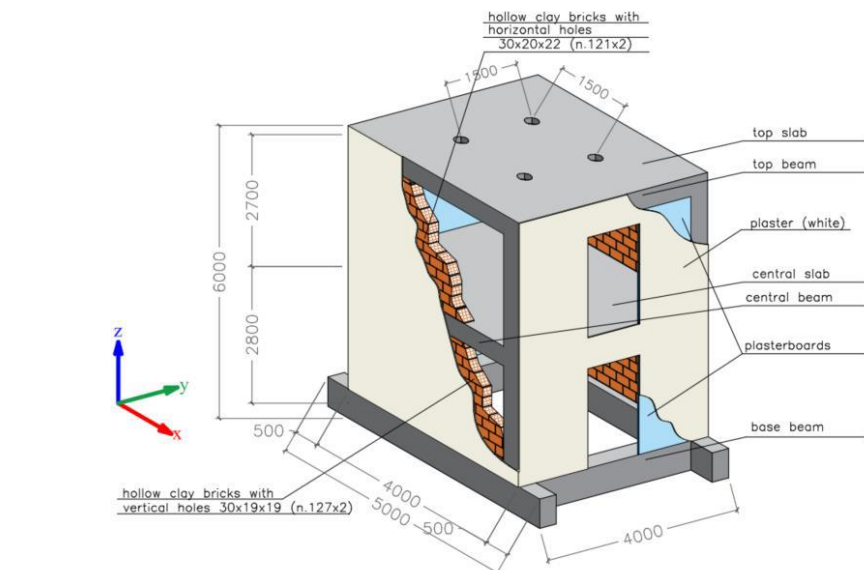
Task 15.2 – SISTEMI NON CONVENZIONALI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

- **Sistemi a basso costo:** valutazione della possibilità di utilizzare sistemi e dispositivi di costo più contenuto rispetto a quelli attuali, garantendo livelli di sicurezza non inferiori (approccio prestazionale)
- **Isolamento geotecnico:** valutazione, anche attraverso confronti prestazionali e costi, le possibilità offerte dalle tecniche di isolamento geotecnico per la protezione sismica
- **Protezione sismica di impianti industriali mediante isolamento e/o dissipazione:** individuazione delle tecniche di isolamento e/o dissipazione maggiormente indicate per gli impianti industriali
- **Certificazione e accettazione:** definizione delle procedure di certificazione, qualifica ed accettazione per dispositivi e sistemi non convenzionali

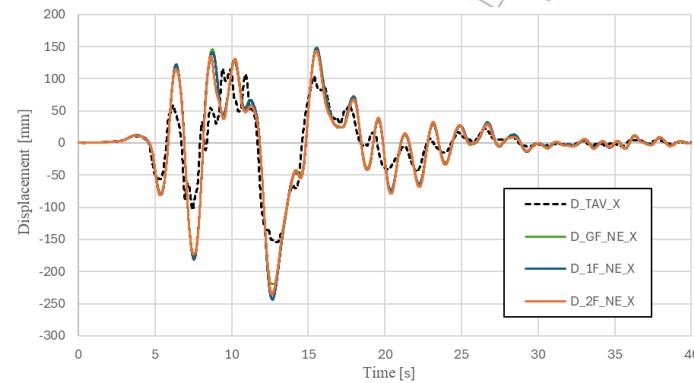
Sub-Task 15.2.1. Sistemi a basso costo – UR2 UNINA_Serino

Prove sperimentali su tavola vibrante, su due sistemi di isolamento FREI progettati per valutare le prestazioni di dispositivi innovativi per edifici residenziali: un sistema con elastomero vergine e rinforzo in fibre di carbonio (VC-FREI) e un sistema con elastomero rigenerato e rinforzo in fibre di poliestere (RP-FREI).

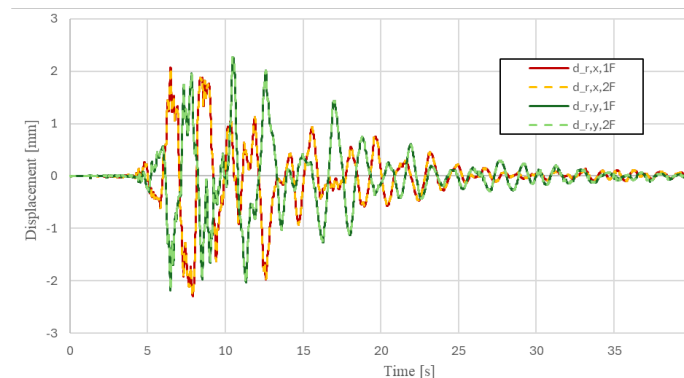
PROTOTIPO DI EDIFICIO ISOLATO IN SCALA REALE



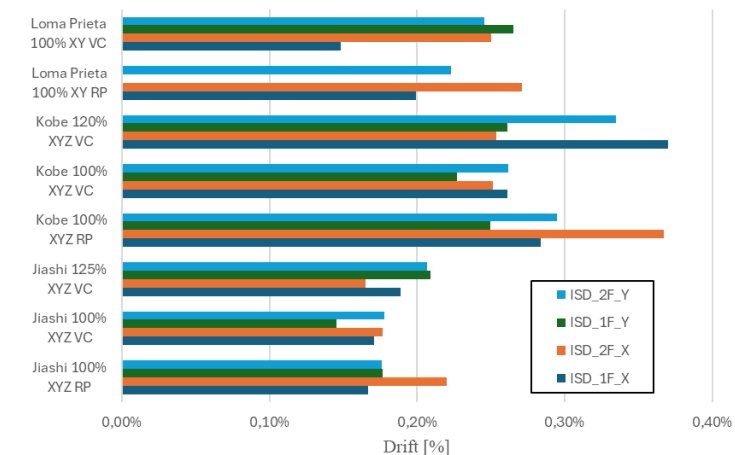
RP-FREI (sinistra) e
VC_FREI (destra)



Spostamento relativo dovuto al
rocking nelle direzioni X e Y



Drift di interpiano misurati per
ciascuna prova nelle direzioni X e Y.



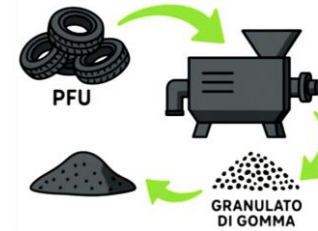
Sub-Task 15.2.2. Isolamento geotecnico – UR15 UNICT Massimino

Uso di miscele ghiaia-gomma (GRM) quali isolatori geotecnici sismici (GSI)

OGGETTO DELLA RICERCA:

L'idea è **trasformare un rifiuto in risorsa** per salvaguardare le strutture, *migliorando il terreno di fondazione* mediante **miscele di ghiaia e granulato di gomma (GRM) ottenuto da PFU**,

dissipando così l'energia sismica prima che possa raggiungere la struttura sovrastante.



Sistema ecosostenibile

Bassi costi di produzione

Caratteristiche delle GRM:



Basso peso specifico



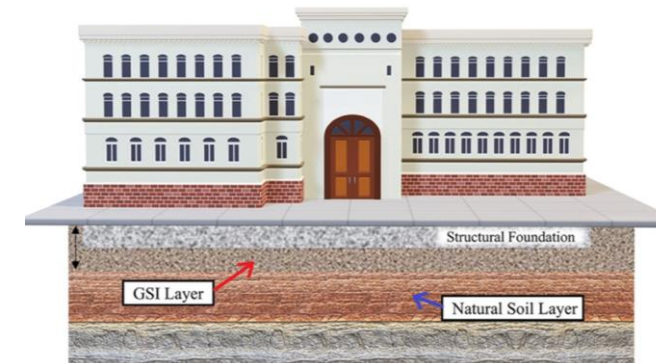
Elevata permeabilità



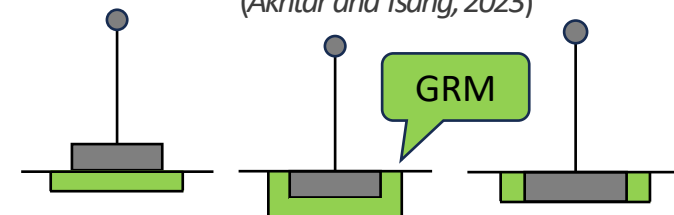
Buona resistenza



Elevato smorzamento



(Akhtar and Tsang, 2023)



Possibili configurazioni GSI per una struttura (schematizzata come SDOF)

CONTESTO:

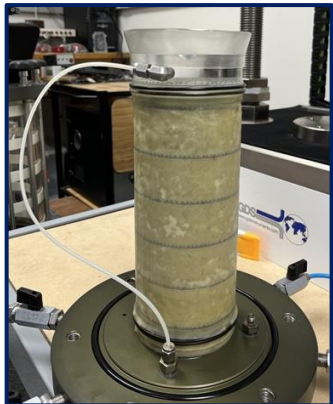
- Problema crescente dello **smaltimento dei PFU** (Pneumatici fuori uso)
- Vulnerabilità delle strutture** al rischio sismico
- Allineamento con le **priorità globali (Agenda 2030)**

OBIETTIVI PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE



ATTIVITA' DI RICERCA svolte ad oggi:

- Modellazione **FEM** prove di laboratorio triassiali cicliche su miscele ghiaia-gomma
 - Calibrazione dei parametri del **modello costitutivo HS-small** (Benz et al., 2009) presente nei codici FEM di ampio utilizzo
- Modellazione **DEM** prove di laboratorio triassiali monotone su miscele ghiaia-gomma

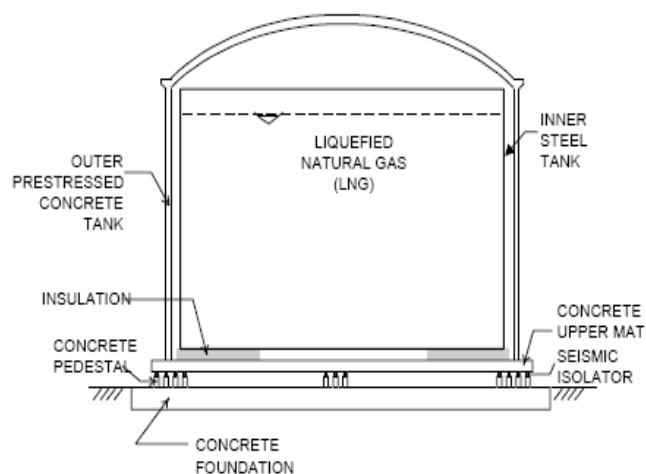


Sub-Task 15.2.2. Protezione sismica di impianti industriali mediante isolamento e/o dissipazione – UR17 UNIROMA3_Paolacci

Studio dei sistemi di isolamento sismico e dissipazione per serbatoi atmosferici e in pressione

- ❑ E' stato condotto uno studio delle soluzioni che prevedono l'uso di isolatori elastomerici e a pendolo, per la protezione sismica delle singole unità e dei sistemi di controllo (dissipativo o TLD) per il tetto galleggiante

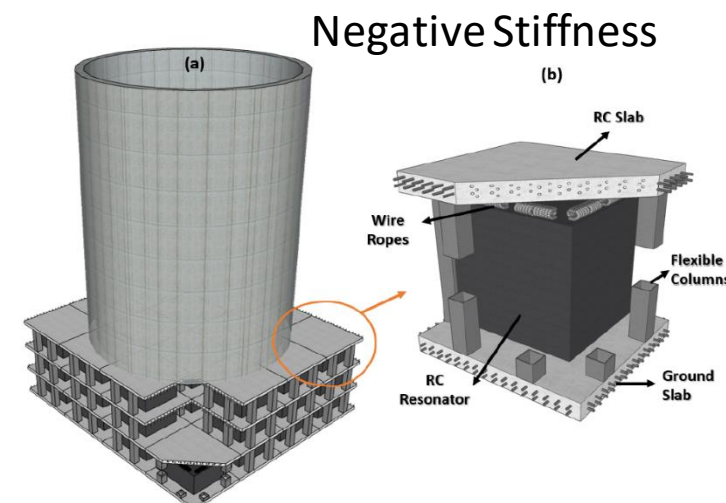
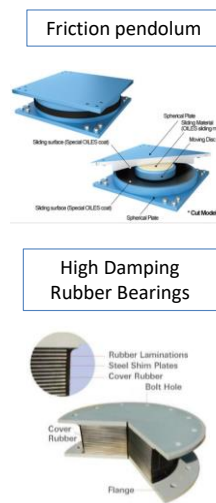
Revithousa Island



ISOLAMENTO DI SERBATOI LNG



ISOLAMENTO DI SERBATOI SOPRELEVATI



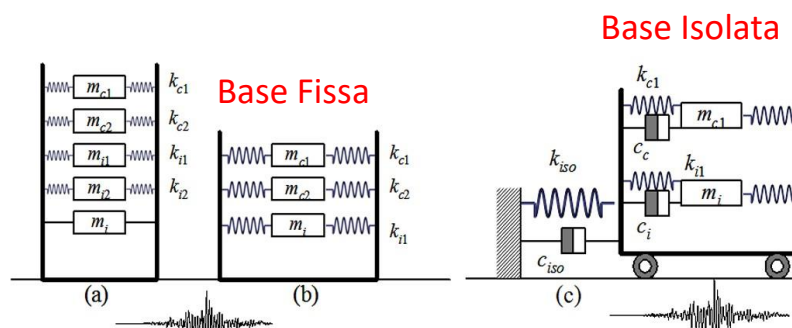
ISOLAMENTO SERBATOI CON METAFONDAZIONI

Per ottenere l'isolamento sismico, è necessario creare una discontinuità strutturale, generalmente alla base della costruzione, che consenta grandi spostamenti orizzontali relativi tra la parte superiore (sovrastuttura) e la parte inferiore (sottostruttura) della stessa, soprattutto nelle direzioni orizzontali. Questa operazione in genere non risulta agevole soprattutto per i serbatoi esistenti. Oltre a ciò risulta impossibile limitare con l'isolamento il moto convettivo che ha frequenze molto basse. La metafondazioni sembrano essere utili al problema anche se questa soluzione è ancora in fase di studio soprattutto per i problemi tecnologici che sotto intendono la loro realizzazione

Sub-Task 15.2.2. Protezione sismica di impianti industriali mediante isolamento e/o dissipazione – UR17 UNIROMA3_Paolacci

Studio dei sistemi di isolamento sismico e dissipazione per serbatoi atmosferici e in pressione

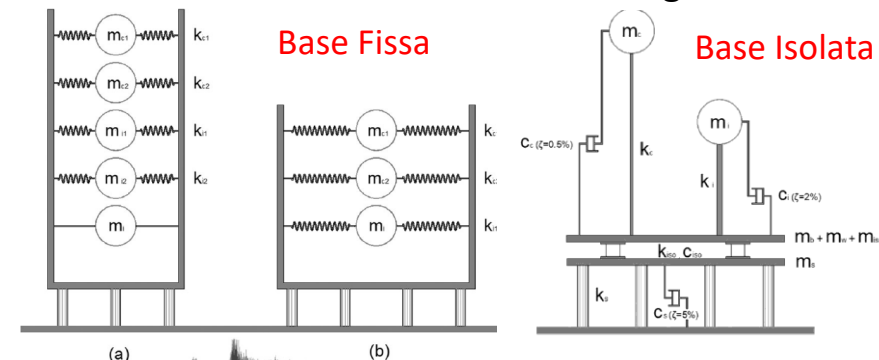
- Sono stati messi a punto modelli meccanici utili ad elaborare una indagine parametrica volta ad analizzare l'efficacia di tali sistemi nei confronti dell'azione sismica, utilizzando modelli meccanici low-fidelity anche per mezzo di analisi di fragilità.



Serbatoi atmosferici poggiati a terra

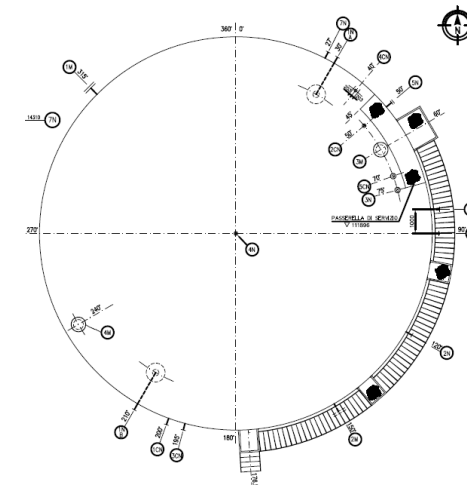
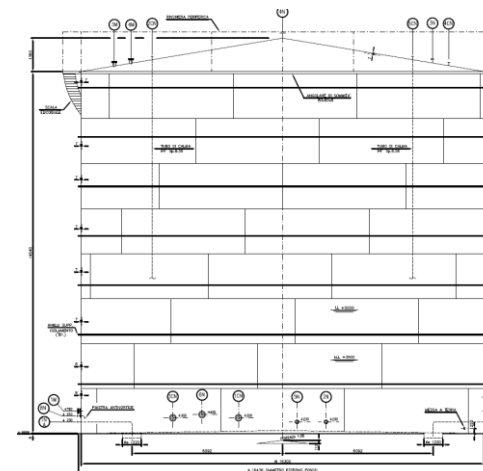
$$T_{iso} \approx 2\pi \sqrt{\frac{M_i + M_w + M_b}{k_{iso}}} \quad \text{Isolatori EM e FP}$$

$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K_e}} = 2\pi \sqrt{\frac{(M_{imp} + M_{ss} + M_{iso})}{gM_{tot} \left(\frac{1}{R} + \frac{\mu}{X} \right)}}$$



Serbatoi atmosferici poggiati a terra

- E' state selezionato un caso studio di serbatoio appartenente ad un impianto upstream. Esso contiene acqua per il sistema di emergenza antincendio. Ha diametro 16.3 m e altezza massima 14.64 m. Il tetto è fisso di forma tronco-conica. Lo spessore medio delle pareti è pari a 7 mm. Verranno analizzate sia le configurazioni a base fissa che isolata. L'efficacia dell'isolamento verrà analizzata in termini di capacità di contenere il rilascio



Sub-Task 15.2.2. Protezione sismica di impianti industriali mediante isolamento e/o dissipazione – UR20 UNIPARTH_Caterino

Turbine eoliche on-shore: disamina dei collassi strutturali ad oggi occorsi, identificazione delle principali vulnerabilità



Bolt collapse



Blades



Rotor



Tower



Extreme oscillations



Overturning foundation



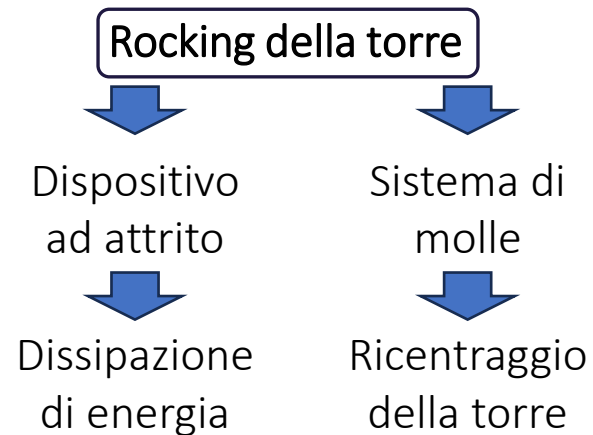
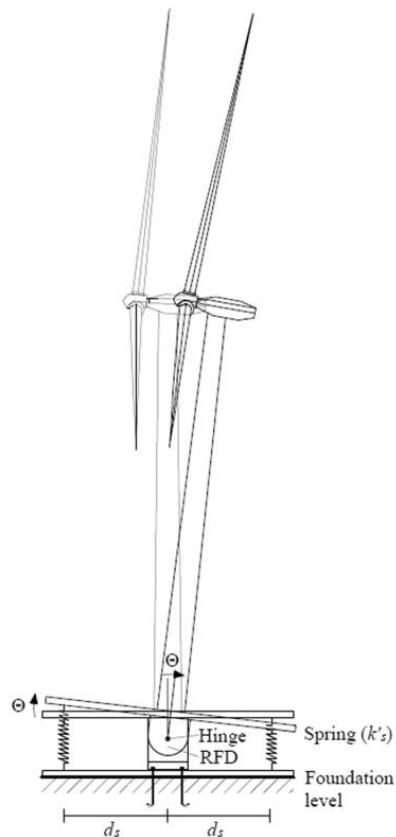
Section collapse at the base

Sub-Task 15.2.2. Protezione sismica di impianti industriali mediante isolamento e/o dissipazione – UR20 UNIPARTH_Caterino

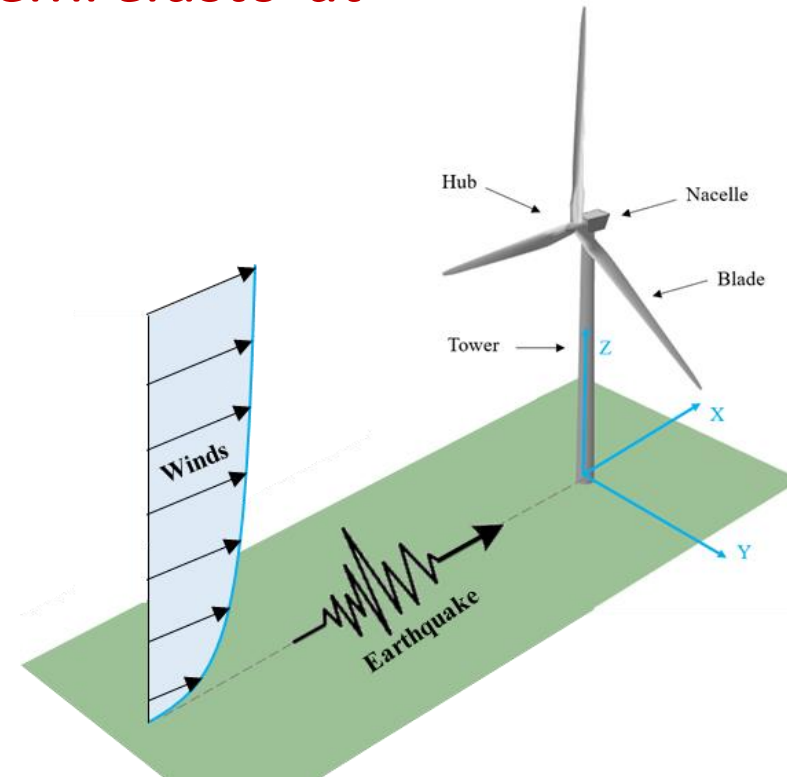
Controllo passivo delle vibrazioni mediante sistemi *elasto-attritivi* alla base della torre

Sistema di controllo, posto alla base della torre, composto da:

- Dissipatori ad attrito
- Sistema di molle elastiche ricentranti



Riduzione del momento flettente per torre e fondazione



Vento e Sisma

Danno a fatica (torre, solo vento):
riduzione 50-60%

Domanda di picco (mom. alla base; vento+sisma):
riduzione 20-25%

STRUTTURA WP15

Task 15.3 – ASPETTI SPERIMENTALI RELATIVI AI DISPOSITIVI DI ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE

- **Test di accettazione:** aggiornamento delle prescrizioni NTC relativi alle prove di accettazione sui dispositivi, con la possibilità di scartare singoli provini ma non l'intera fornitura
- **Linee guida per i rapporti di prova:** definizione di linee guida per uniformare i rapporti delle prove di qualifica ed accettazione dei dispositivi
- **Macchine sperimentali:** definizione delle caratteristiche e modalità di utilizzo delle macchine di prova per test di accettazione e qualifica dei dispositivi
- **Resistenza al fuoco:** valutazione della possibilità di stabilire le proprietà di resistenza al fuoco di alcune tipologie di dispositivi e sistemi di isolamento e dissipazione più diffusi
- **Modellazione di sistemi fluido-viscosi:** sviluppo di modelli di sistemi fluido-viscosi per la semplificazione delle procedure di progettazione

Sub-Task 15.3.1. Test di accettazione – UR1 UNIBAS_Ponzo

Requisiti normativi

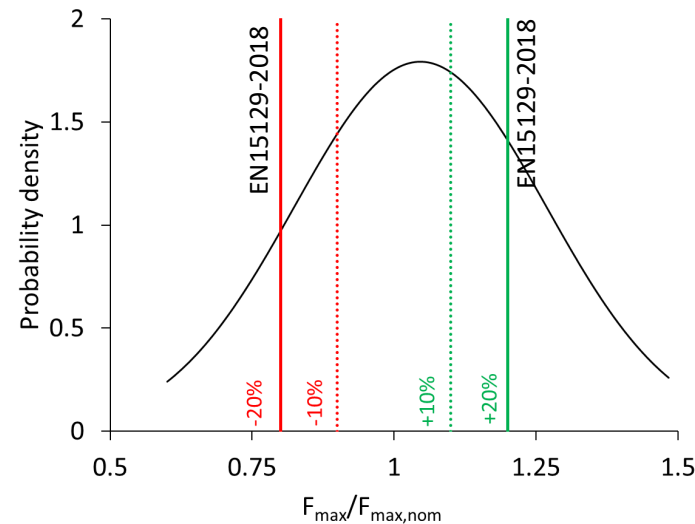
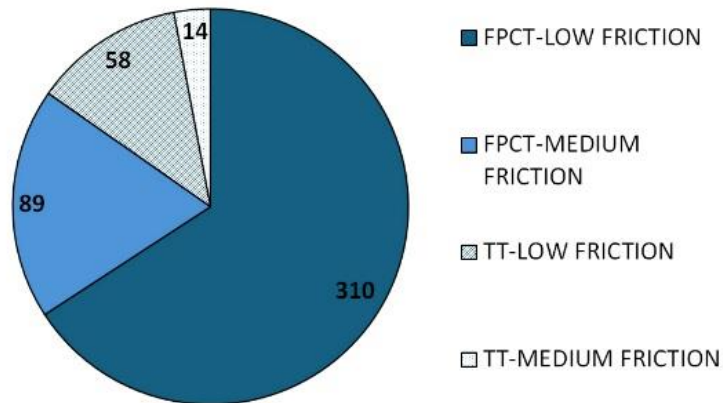
Acceptance requirements EN 15129 2009 (8.3.1.2.6)

...4) The maximum lateral force for each of the three cycles is within $\pm 15\%$ of the design value; ...

Acceptance requirements EN 15129 2018 (8.3.1.2.6)

...4) The maximum horizontal force for each of the three cycles shall be within $\pm 20\%$ of the design value; ...

Analisi statistica subset Database UNIBAS 471 isolatori ad attrito a superficie di scorrimento singola (CSS) e doppia (DCCSS)



Mean Value	1.05
Median Value	1.04
Standard deviation	0.22
Percentile at -20%	13%
Percentile at +20%	75%

Sub-Task 15.3.1. Macchine sperimentali – UR5 UNIPV_Pavese

UR: UNIPV (*Alberto Pavese & Marco Furinghetti*)

Task 15.3 Aspetti sperimentali relativi ai dispositivi di isolamento e dissipazione

Le analisi svolte nel periodo di riferimento hanno permesso di considerare gli spostamenti che si ottengono da date assunzioni di riferimento, in termini di periodo e smorzamento, e a partire da questi calcolare le prestazioni di prova delle macchine utilizzate per eseguire i test prescritti dalle principali normative relative ai dispositivi antisismici.

