

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## *Workshop*

*Progetto DPC\_ReLUIS 2019-2021*

*Roma 5 luglio 2022*

*WP5*

*INTERVENTI DI RAPIDA ESECUZIONE A BASSO IMPATTO ED INTEGRATI*

*Coordinatori: Francesca da Porto e Andrea Prota*

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## UNIVERSITA'-ENTI (24) e U.R. (42) COINVOLTE NEL WP5



Università di Padova  
F. da Porto, M.R. Valluzzi



Università di Napoli Federico II  
A. Prota, R. Landolfo,  
E. Nigro, G.M. Verderame,  
G. Della Corte, C. Menna,  
B. Calderoni - G. Brandonisio  
L. Rosati, F. Marotti De Sciarra  
F. Portioli



Università di Salerno  
G. Rizzano



Università di Pavia  
R. Pinho, A. Penna-F. Garziotti



Università di Bergamo  
A. Marini



Università di Genova  
S. Lagomarsino, S. Cattari



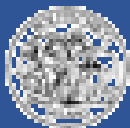
Università della Campania  
A. Mandara



Università La Sapienza  
L. Sorrentino  
G. Monti / N. Nisticò



Università di Napoli  
Parthenope  
N. Caterino



Politecnico di Milano  
M.A. Parisi, G. Milani



Università della Basilicata  
A. Masi



ITC - CNR  
C. Modena



Università di Pisa  
L. Giresini



Università di Udine  
G. Russo-M. Pauletta



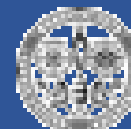
Università di Brescia  
G. Metelli, M. Preti



IUSS - Pavia  
R. Monteiro, G.M. Calvi



Università del Sannio  
M. Pecce - C. Del Vecchio,  
L. Di Sarno



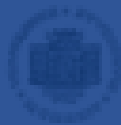
Università di Cagliari  
M. Sassu



Università Roma Tre  
G. de Felice



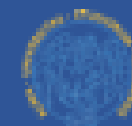
Università di Trento  
M. Piazza - I. Giongo



Università di Trieste  
N. Gattesco



Politecnico di Torino  
G. Ferro



Università di Parma  
G. Royer Carfagni



Università di Catania  
I. Calìò  
C. F. Carocci

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## OBIETTIVI COMPLESSIVI DEL WP

### Task 5.1 – Interventi di rapida esecuzione e a basso impatto (30 UR)

- ✓ messa a punto di strategie e tecniche di intervento volte alla ottimizzazione dei risultati a fronte di tempi, costi e grado di invasività limitato

### Task 5.2 – Interventi integrati e sostenibili per la riqualificazione di edifici esistenti (15 UR)

- ✓ messa a punto di strategie di intervento che integrino l'incremento di prestazioni strutturali con l'efficienza energetica

### Task 5.3 – Interventi su edifici vincolati monumentali e/o di culto (12 UR)

- ✓ messa a punto di strategie di intervento per gli edifici vincolati monumentali e di culto

### Task 5.4 – Interventi di miglioramento ed adeguamento di ponti esistenti (8 UR)

- ✓ definizione di interventi per i ponti esistenti al fine di migliorarne le prestazioni strutturali e valutare e contenere gli effetti del degrado

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021

### Task 5.1 – Interventi di rapida esecuzione e a basso impatto

### Task 5.2 – Interventi integrati e sostenibili per la riqualificazione di edifici esistenti

- ✓ Analisi di 12 edifici reali (c.a., muratura e acciaio) e pubblicazione casi studio per progettisti
- ✓ Sperimentazione/progettazione di tecniche di intervento combinate e/o integrate
- ✓ Software di calcolo per gli interventi di rinforzo nodi CA
- ✓ Raccolta, analisi e sviluppo di metodi di valutazione integrati per l'efficacia degli interventi

### Task 5.3 – Interventi su edifici vincolati monumentali e/o di culto

- ✓ Database danni osservati / interventi pregressi su chiese
- ✓ Analisi di 3 edifici di culto, progettazione interventi per 1 caso studio e report unitario
- ✓ 2 software di calcolo basate su analisi limite, per strutture con/senza interventi
- ✓ Benchmark su metodi di analisi e modellazione per chiese e report unitario di task

### Task 5.4 – Interventi di miglioramento ed adeguamento di ponti esistenti

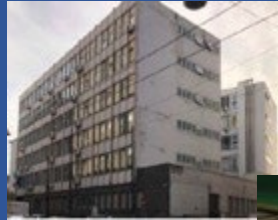
- ✓ Evoluzione del quadro normativo e linee guida per il progettista
- ✓ Analisi 5 macro classi di ponti, sviluppo di 5 casi studio e progettazione degli interventi
- ✓ Linee guida tipologiche per il progettista
- ✓ Definizione check list per analisi preliminari di fattibilità

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.1 / 5.2 – CASI STUDIO

Rilevanti  
ACCIAIO



Produttivo  
ACCIAIO



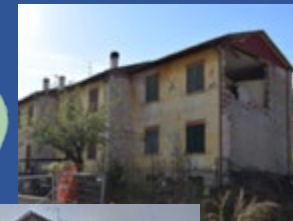
Rilevanti MUR



Residenziali CA



CASI STUDIO WP5  
(TASK 1-2)



Residenziale  
MUR



Scuole CA



Scuole MUR

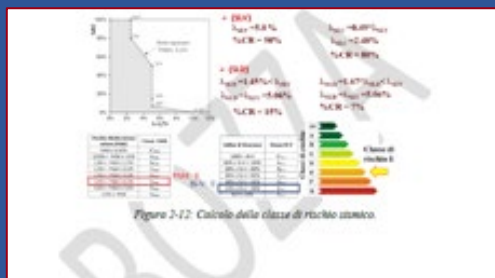
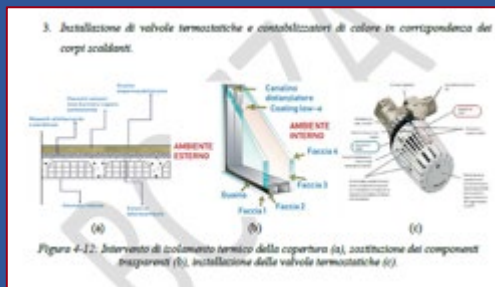


# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.1 / 5.2 – PUBBLICAZIONE CASI STUDIO

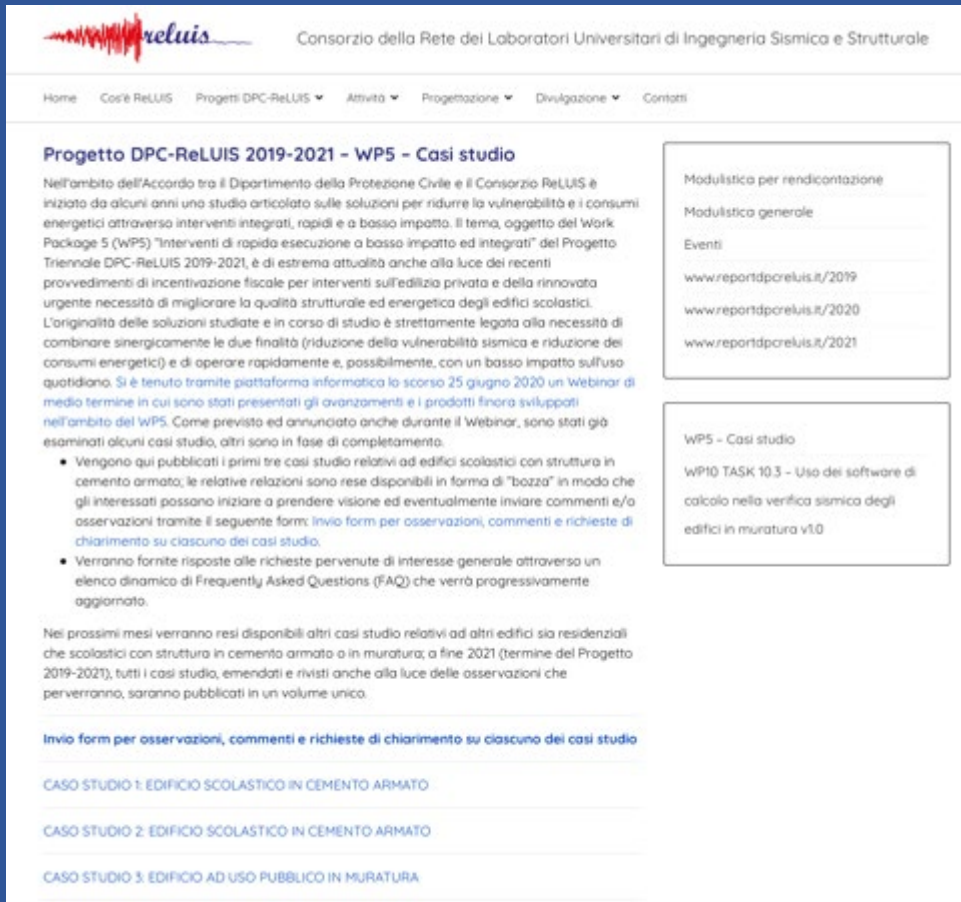
- Modellazione e analisi sismica ed energetica
- Progettazione interventi
- Quadro complessivo costi/benefici e tempi di intervento



# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.1 / 5.2 – PUBBLICAZIONE CASI STUDIO



Consorzio della Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e Strutturale

Home Cos'è ReLuis Progetti DPC-ReLuis Attività Progettazione Divulgazione Contatti

#### Progetto DPC-ReLuis 2019-2021 - WP5 - Casi studio

Nell'ambito dell'Accordo tra il Dipartimento della Protezione Civile e il Consorzio ReLuis è iniziato da alcuni anni uno studio articolato sulle soluzioni per ridurre la vulnerabilità e i consumi energetici attraverso interventi integrati, rapidi e a basso impatto. Il tema, oggetto del Work Package 5 (WP5) "Interventi di rapida esecuzione a basso impatto ed integrati" del Progetto Triennale DPC-ReLuis 2019-2021, è di estrema attualità anche alla luce dei recenti provvedimenti di incentivazione fiscale per interventi sull'edilizia privata e della rinnovata urgente necessità di migliorare la qualità strutturale ed energetica degli edifici scolastici. L'originalità delle soluzioni studiate e in corso di studio è strettamente legata alla necessità di combinare sinergicamente le due finalità (riduzione della vulnerabilità sismica e riduzione dei consumi energetici) e di operare rapidamente e, possibilmente, con un basso impatto sull'uso quotidiano. Si è tenuto tramite piattaforma informatica lo scorso 25 giugno 2020 un Webinar di medio termine in cui sono stati presentati gli avanzamenti e i prodotti finora sviluppati nell'ambito del WP5. Come previsto ed annunciato anche durante il Webinar, sono stati già esaminati alcuni casi studio, altri sono in fase di completamento.

- Vengono qui pubblicati i primi tre casi studio relativi ad edifici scolastici con struttura in cemento armato; le relative relazioni sono rese disponibili in forma di "bozza" in modo che gli interessati possano iniziare a prendere visione ed eventualmente inviare commenti e/o osservazioni tramite il seguente form: [Invio form per osservazioni, commenti e richieste di chiarimento su ciascuno dei casi studio](#).
- Verranno fornite risposte alle richieste pervenute di interesse generale attraverso un elenco dinamico di Frequently Asked Questions (FAQ) che verrà progressivamente aggiornato.

Nei prossimi mesi verranno resi disponibili altri casi studio relativi ad altri edifici sia residenziali che scolastici con struttura in cemento armato o in muratura; a fine 2021 (termine del Progetto 2019-2021), tutti i casi studio, emendati e rivisti anche alla luce delle osservazioni che perverranno, saranno pubblicati in un volume unico.

[Invio form per osservazioni, commenti e richieste di chiarimento su ciascuno dei casi studio](#)

CASO STUDIO 1: EDIFICIO SCOLASTICO IN CEMENTO ARMATO

CASO STUDIO 2: EDIFICIO SCOLASTICO IN CEMENTO ARMATO

CASO STUDIO 3: EDIFICIO AD USO PUBBLICO IN MURATURA

Modulistica per rendicontazione

Modulistica generale

Eventi

[www.reportdpcreluis.it/2019](http://www.reportdpcreluis.it/2019)

[www.reportdpcreluis.it/2020](http://www.reportdpcreluis.it/2020)

[www.reportdpcreluis.it/2021](http://www.reportdpcreluis.it/2021)

WP5 - Casi studio

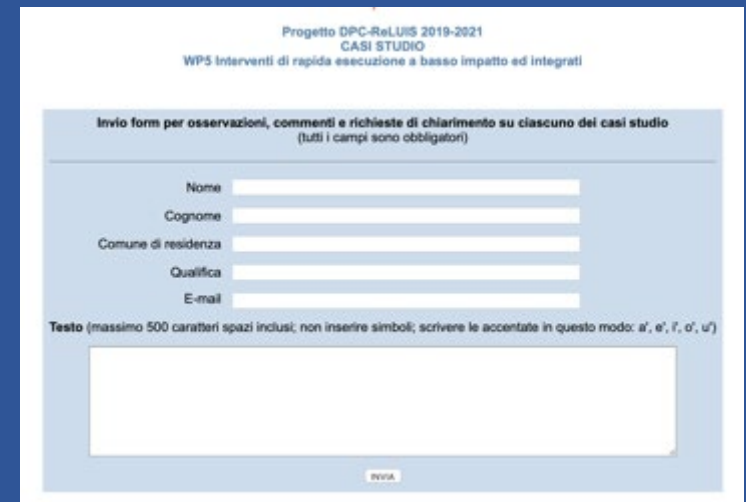
WP10 TASK 10.3 - Uso del software di calcolo nella verifica sismica degli edifici in muratura v1.0



3 Casi studio pubblicati.  
Programmazione pubblicazione  
altri 7 casi studio.



Creazione e aggiornamento  
elenco di **FAQ** sulla base form  
richieste da professionisti



Progetto DPC-ReLuis 2019-2021  
CASI STUDIO  
WP5 Interventi di rapida esecuzione a basso impatto ed integrati

**Invio form per osservazioni, commenti e richieste di chiarimento su ciascuno dei casi studio**  
(tutti i campi sono obbligatori)

Nome

Cognome

Comune di residenza

Qualifica

E-mail

**Testo** (massimo 500 caratteri spazi inclusi; non inserire simboli; scrivere le accentate in questo modo: a', e', i', o', u')

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.1 / 5.2 – SPERIMENTAZIONE/MODELLAZIONE TECNICHE DI INTERVENTO

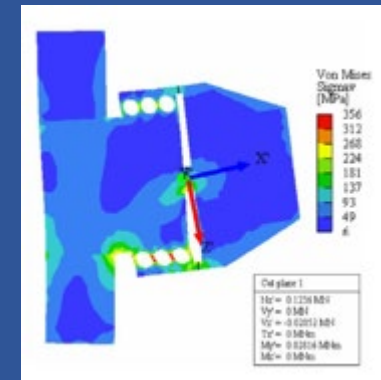
**SISTEMI IN LEGNO**



**CERCHIATURE**



**FRP + FRCM**



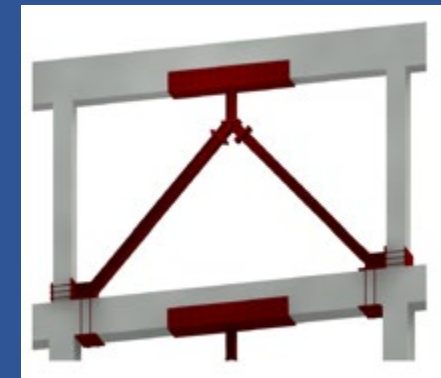
**ESOSCHELETRI**



**FRCM**



**ELEMENTI  
DISSIPATIVI**

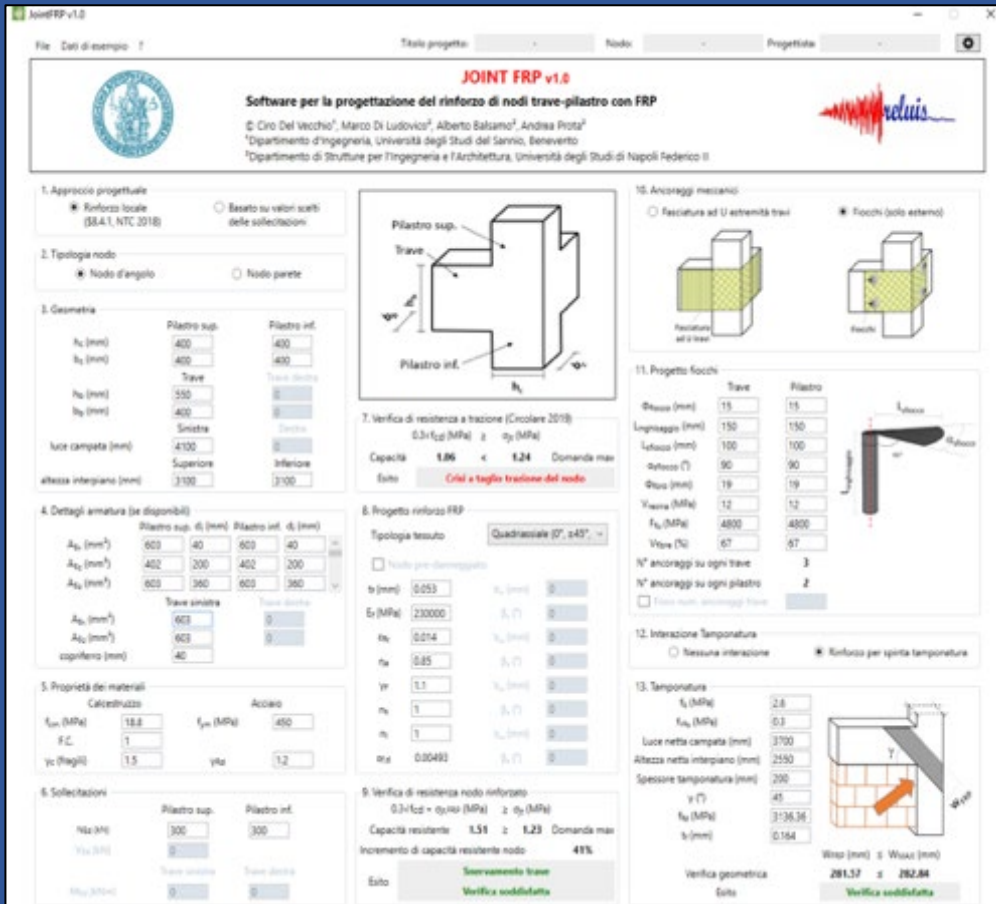




# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.1 / 5.2 – SOFTWARE DI PROGETTO



**JOINT FRP v1.0**  
Software per la progettazione del rinforzo di nodi trave-pilastro con FRP

© Ciro Del Vecchio<sup>1</sup>, Marco Di Ludovico<sup>2</sup>, Alberto Balsano<sup>3</sup>, Andrea Prota<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Dipartimento d'Ingegneria, Università degli Studi del Sannio, Benevento  
<sup>2</sup>Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II

**1. Approccio progettuale**  
 Rinforzo locale (S.R.A.T. NTC 2018)  Basato su valori scali delle sollecitazioni

**2. Tipologia nodo**  
 Nodo d'angolo  Nodo parete

**3. Geometria**

	Pilastro sup.	Pilastro inf.
$h_x$ (mm)	400	400
$h_y$ (mm)	400	400
<b>Trave</b>		
$h_x$ (mm)	250	0
$h_y$ (mm)	400	0
<b>Luca campata (mm)</b>		
	Sinistra	Destra
	4100	0
<b>Altezza interpiano (mm)</b>		
	Superiore	Inferiore
	3100	0

**4. Dettagli armatura (se disponibili)**

	Pilastro sup. di (mm)	Pilastro inf. di (mm)
$A_{s1}$ (mm <sup>2</sup> )	603	40
$A_{s2}$ (mm <sup>2</sup> )	402	200
$A_{s3}$ (mm <sup>2</sup> )	603	390

**5. Proprietà dei materiali**

	Calcestruzzo	Acciaio
$f_{cm}$ (MPa)	18.8	$f_{yk}$ (MPa) 450
F.C.	1	
$\gamma_c$ (fragili)	1.5	$\gamma_{st}$ 1.2

**6. Sollecitazioni**

	Pilastro sup.	Pilastro inf.
$N_k$ (kN)	300	300
$V_k$ (kN)	0	0

**7. Verifica di resistenza a trazione (Circolare 2018)**  
 $0.3 \cdot f_{ctd}$  (MPa)  $\geq$   $\sigma_y$  (MPa)  
 Capacità **1.86**  $\geq$  **1.24** Domanda max  
 Esito **Criti e taglio trazione del nodo**

**8. Progetto rinforzo FRP**  
 Tipologia tessuto: **Quadrata (7', 645')**

	$t$ (mm)	$\rho_x$ (%)
$t$ (mm)	0.053	0
$E_f$ (MPa)	230000	0
$\rho_y$ (%)	0.014	0
$\rho_x$ (%)	0.85	0
$\rho_y$ (%)	1	0
$\rho_z$ (%)	1	0
$\rho_{xy}$ (%)	0.00492	0

**9. Verifica di resistenza nodo rinforzato**  
 $0.3 \cdot f_{ctd} + \sigma_{FRP}$  (MPa)  $\geq$   $\sigma_y$  (MPa)  
 Capacità resistente **1.51**  $\geq$  **1.23** Domanda max  
 Incremento di capacità resistente nodo **49%**  
 Esito **Superamento trave**  
**Verifica soddisfatta**

**10. Ancoraggi meccanici**  
 Fasciatura ad U estremità trave  Focchi (solo esterno)

**11. Progetto focchi**

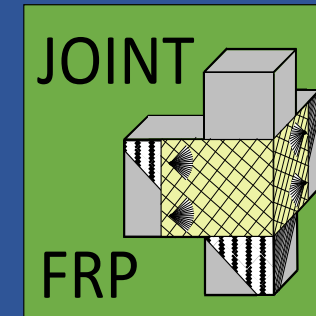
	Trave	Pilastro
Stesse (mm)	15	15
Legnaggio (mm)	150	150
Letasso (mm)	100	100
Intasso (°)	90	90
Spina (mm)	19	19
Vitezza (MPa)	12	12
$F_u$ (MPa)	4800	4800
Vite (N)	67	67

**12. Interazione Temperatura**  
 Nessuna interazione  Rinforzo per spinta temperatura

**13. Temperatura**

$f_t$ (MPa)	2.8
$f_{td}$ (MPa)	0.3
Luca netta campata (mm)	3700
Altezza netta interpiano (mm)	2150
Spessore temperatura (mm)	200
$\gamma$ (°)	45
$f_{td}$ (MPa)	3136.36
$\delta$ (mm)	0.164

**Verifica geometrica**  
 $W_{FRP}$  (mm)  $\geq$   $W_{FRP}$  (mm)  
 Esito **281.57**  $\geq$  **282.84**  
**Verifica soddisfatta**



**DOWNLOAD GRATUITO:**  
<https://www.reluis.it/it/progettazione/software/joint-frp.html>

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

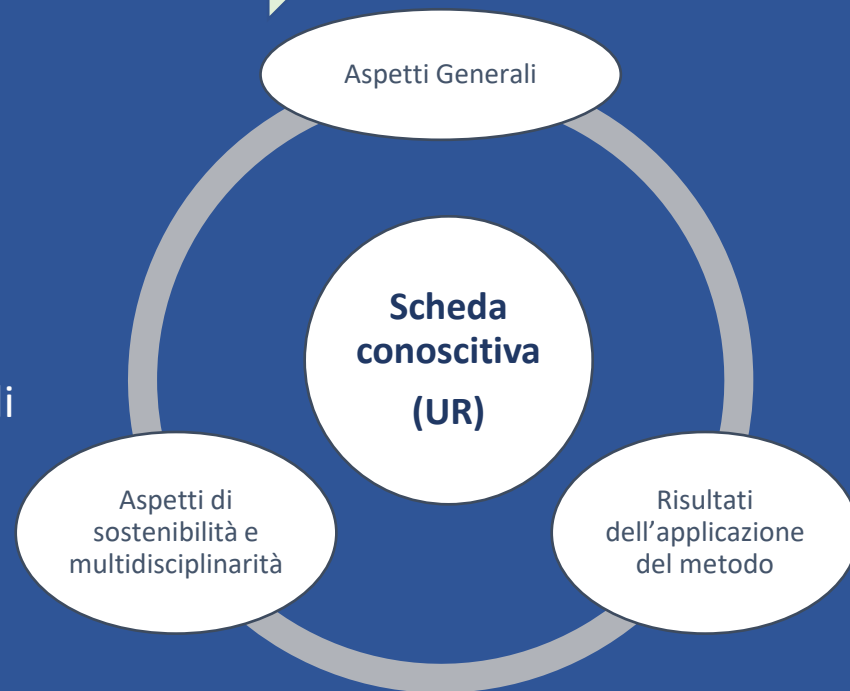
### Task 5.2 – RACCOLTA E CONFRONTO METODI DI VALUTAZIONE INTEGRATI

Elementi di diversificazione



Criteria

- Applicazioni a più livelli di target prestazionali
- Definizione di curve di iso-performance per la selezione di tecniche di intervento
- Criteri cost-optimal per la selezione di tecniche di intervento
- Metodi in prospettiva olistica per la valutazione basata su principi di sostenibilità e LCT



# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.3 – DATABASE CORRELAZIONE DANNEGGIAMENTO/INTERVENTI PREGRESSI

- OSSERVAZIONI SU SINGOLI CASI
- ANALISI DA DATABASE DaDo
- OSSERVAZIONI QUALI- E QUANTITATIVE



TIRANTI – PASSIVI ✓



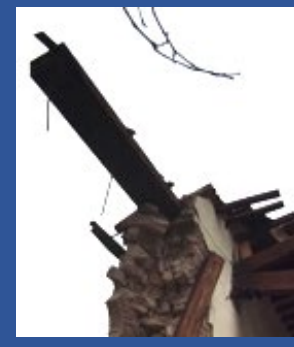
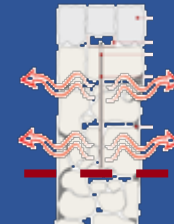
TIRANTI – ATTIVI ✓



COPERTURE PESANTI ✗



CORDOLATURE ⚠



# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.3 – CASI STUDIO



San Sebastiano



San Martino dei  
Gualdesi



Duomo  
Casertavecchia

CASI STUDIO WP5  
(TASK 3)

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.3 – BENCHMARK METODI DI ANALISI E MODELLAZIONE

METODO DI ANALISI	UR COINVOLTE	MODELLO								DOMANDA			
		forniti/condivisi				assunti				forniti/condivisi			
		Geometria	Carichi esterni	Densità	Modulo Elastico	Res. Compres.	Res. Trazione	Interfacce	Angolo di attrito	Energia di Frattura	Spettro ACC	Spettro Spostamento	Time History
ANALISI LIMITE - MECC. LOCALI	UniPD - UniGE	✓	✓	✓		⊕					✓		
ANALISI DINAMICA (da valutare se tenere)	UniPD - Roma3	✓	✓	✓	✓	⊕			⊕		✓		
FEM TIPO PATH-FOLLOWING	Roma3	✓	✓	✓	✓	✓	⊕	✓	✓	✓	✓	✓	
PUSHOVER GLOBALE	UniPD - UniNA?	✓	✓	✓	✓	✓	⊕			✓	✓	✓	
PUSHOVER LOCALE	UniPD - UniGE	✓	✓	✓	✓	✓	⊕			✓	✓	✓	
ANALISI CINEMATICA A BLOCCHI RIGIDI	UniNA	✓	✓								✓		
DEM - kinematic	UniPD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		
DEM - TIME HISTORY	UniPD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓
ADAPTIVE NURBS	POLIMI	✓	✓	✓	✓	✓	⊕	⊕	✓	✓	✓		
NON-SMOOTH-CONTACT-DYNAMICS	UniPR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
ANALISI RETICOLI DI SPINTA (ARS)	UniNA - ROSATI	✓	✓	✓							?		

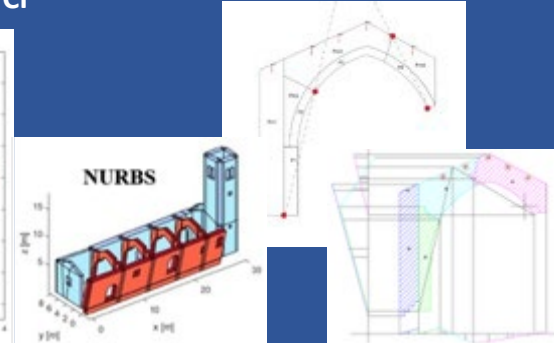
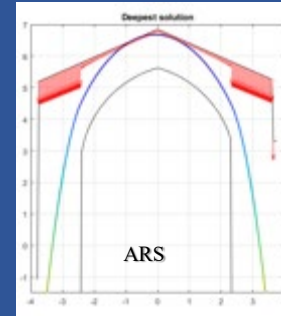


ReLuis 2019 - WP5

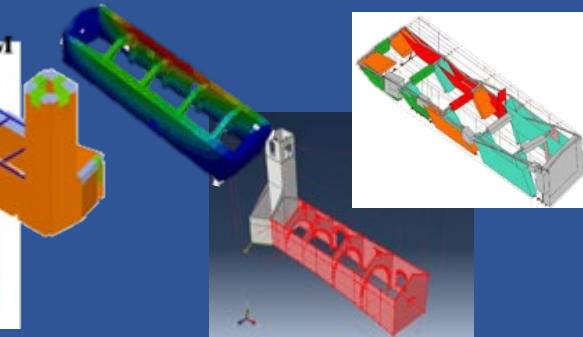
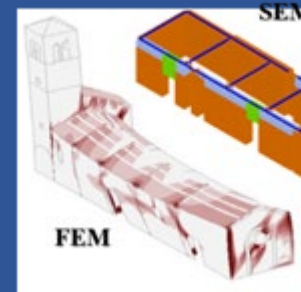
### REPORT UNITARIO DI TASK

Report conclusivo sull'applicazione di interventi a casi studio di edifici vincolati e/o di culto: osservazioni sull'efficacia di interventi in chiese colpite da terremoti e approcci di modellazione ed analisi per edifici di culto.

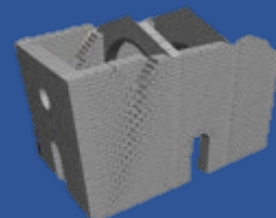
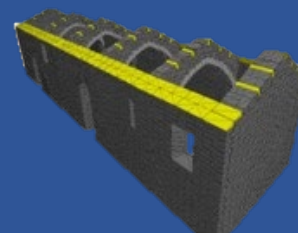
#### APPROCCI CINEMATICI



#### ELEMENTI FINITI



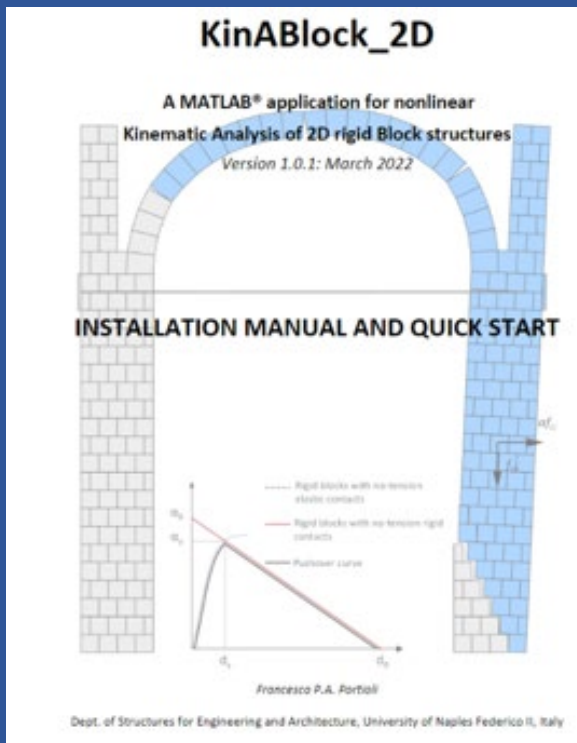
#### ELEMENTI DISCRETI



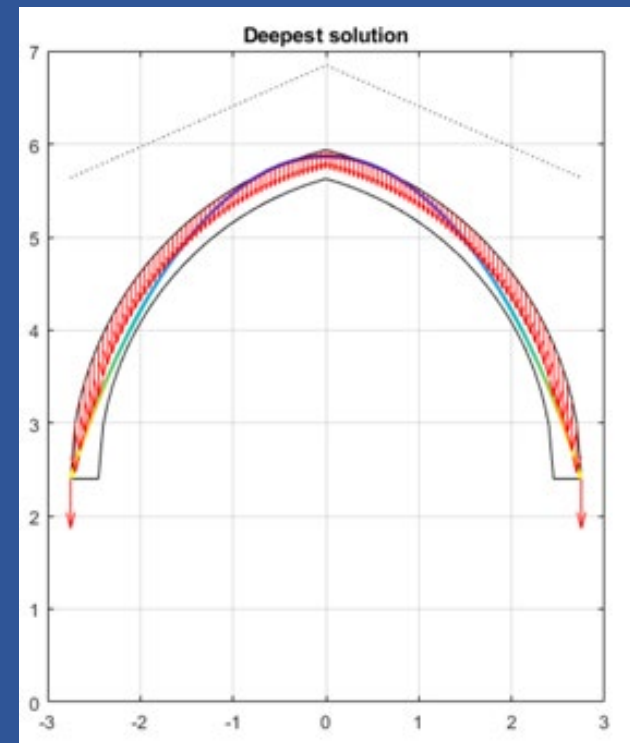
# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.3 – SOFTWARE PRODOTTI PER CHIESE



MODELLO A BLOCCHI RIGIDI  
<https://zenodo.org/record/6349373>  
 UNINA - Portioli



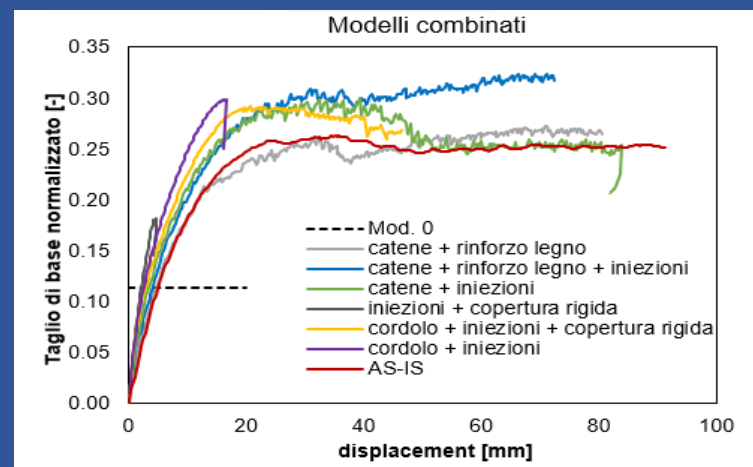
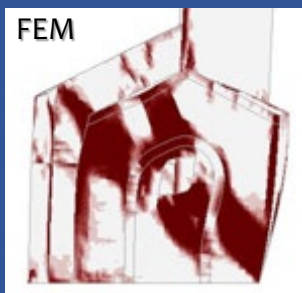
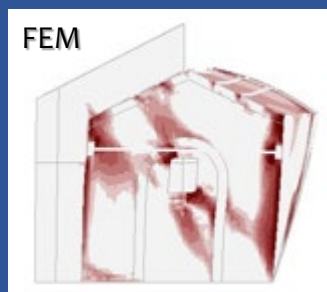
ANALISI RETICOLI DI SPINTA (ARS)  
<https://bit.ly/3krIVxH>  
 UNINA - Rosati

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.3 – EFFICACIA STRATEGIE DI INTERVENTO PER CHIESE A NAVATA SINGOLA

- + INIEZIONI
- + CATENE
- + CORDOLO SOMMITALE
- + IRRIGIDIMENTO COPERTURA (3 soluzioni)
- + COMBINAZIONE DEGLI INTERVENTI



ReLuis 2019 – WP5

### REPORT UNITARIO DI TASK

Report conclusivo sull'applicazione di interventi a casi studio di edifici vincolati e/o di culto: osservazioni sull'efficacia di interventi in chiese colpite da terremoti e approcci di modellazione ed analisi per edifici di culto.

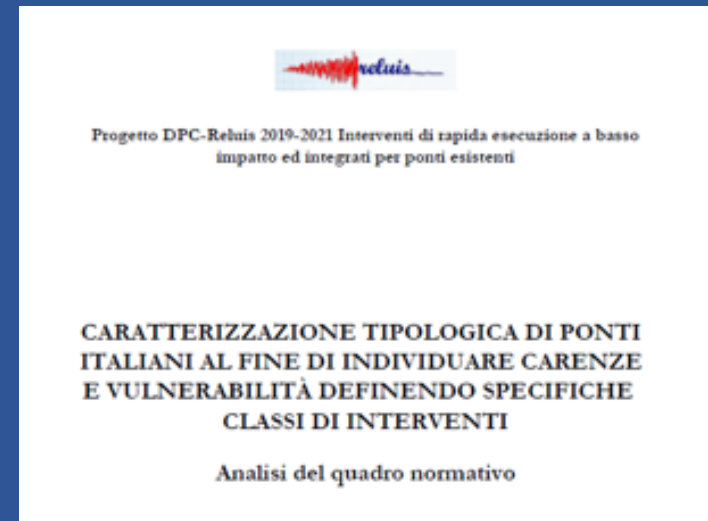
# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.4 – EVOLUZIONE QUADRO NORMATIVO E LINEE GUIDA

- Normale n. 8 del 15/09/1933;
- Normale n. 6018 del 09/06/1945;
- Normale n. 772 del 12/06/1946;
- Norma n. 384 del 14/02/1962;
- DM n. 380 del 02/08/1980;
- DM del 04/05/1990;
- OPCM 2003;
- NTC 2008 / NTC 2018;
- DM 578/2020 (Linee Guida).

Normative storiche di RILIEVO  
per carichi e schemi di carico





# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.4 – MACRO CLASSI DI PONTI ANALIZZATE

Ponti ad arco a via superiore in c.a.

Struttura mista acciaio-calcestruzzo



Ponti ad arco a via inferiore in c.a.



CASI STUDIO WP5  
(TASK 4)



Travata isostatica in c.a. e c.a.p.



Ponti con sella gerber

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### Task 5.4 – LINEE GUIDA TIPOLOGICHE



Progetto DPC-Reluis 2019-2021 Interventi di rapida esecuzione a basso impatto ed integrati per ponti esistenti

**CARATTERIZZAZIONE TIPOLOGICA DI PONTI ITALIANI AL FINE DI INDIVIDUARE CARENZE E VULNERABILITÀ DEFINENDO SPECIFICHE CLASSI DI INTERVENTI**

Ponti ad arco a via superiore in calcestruzzo




Progetto DPC-Reluis 2019-2021 Interventi di rapida esecuzione a basso impatto ed integrati per ponti esistenti

**CARATTERIZZAZIONE TIPOLOGICA DI PONTI ITALIANI AL FINE DI INDIVIDUARE CARENZE E VULNERABILITÀ DEFINENDO SPECIFICHE CLASSI DI INTERVENTI**

Ponti ad arco a via inferiore in calcestruzzo armato



ANALISI TIPOLOGICA

ANALISI CASO STUDIO

1. INTRODUZIONE
2. CONCEZIONE STRUTTURALE
3. EVOLUZIONE DELLE TIPOLOGIE E DEI PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO
4. ASPETTI PROGETTUALI
5. TECNICHE COSTRUTTIVE
6. DETTAGLI COSTRUTTIVI
7. PROBLEMATICHE STRUTTURALI E DEGRADO
  - 7.1 Degrado
  - 7.2 Possibili problematiche statiche
  - 7.3 Possibili problematiche sismiche
  - 7.4 Possibili problematiche funzionali
8. CLASSI DI INTERVENTO APPLICABILI
9. CASO STUDIO
  - 9.1 Stato di fatto
  - 9.2 Indagini
    - 9.2.1 Prove di caratterizzazione dei materiali
    - 9.2.2 Indagini sperimentali sulla struttura
  - 9.3 Strategia di modellazione
  - 9.4 Analisi dello stato di fatto
    - 9.4.1 Analisi della struttura per le combinazioni statiche
    - 9.4.2 Verifiche statiche – SLU
    - 9.4.3 Analisi sismica della struttura
    - 9.4.4 Verifiche sismiche - SLV
  - 9.5 Possibili strategie di intervento
    - 9.5.1 Intervento 1
    - ....
    - 9.5.x Intervento x
    - 9.5.x+1 Conclusioni
  - 9.6 Analisi di fattibilità
10. RIFERIMENTI

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI CHECK-LIST ANALISI DI PRE-FATTIBILITA'

### Post tensione esterna

### FRP su elem. longitudinali

### Sistema isolamento

### Nuovi controventi

PARTE DEL PONTE COINVOLTA NELL'INTERVENTO:	SI	NO	PARZIALE
I Sovrastruttura	X		
II Dispositivi di appoggio/giunti e elementi annessi	X	X	
III Sottostruttura	X		
<b>FASI OPERATIVE:</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>PARZIALE</b>
1 Interferenze con il traffico	X		
Blocco del traffico veicolare e ciclopedonale dovuto alla demolizione della pavimentazione e ai lavori di demolizioni localizzate in corrispondenza del paraghiaia.			
2 Autorizzazioni enti e convenzioni con privati	X		
Richiesta di autorizzazione da parte dell'ente gestore per occupaz. temporanea di suolo pubblico, in particolare per l'area di cantiere adiacente al ponte, passerelle ciclopedonali e corsia di traffico.			
3 Sottoservizi	X		
Realizzazione di un by-pass dei sottoservizi presenti per eseguire le lavorazioni in sicurezza.			
4 Opere Propedeutiche	X		
Necessario provvedere allo sfalcio di vegetazione in adiacenza alle spalle.			
5 Utilizzo di apprestamenti e mezzi speciali		X	
6 Scavi e movimenti terra	X		
Scavi in trincea a largo del paraghiaia al fine di agevolare la demolizione localizzata e necessità di prevedere accesso sicuro e veicolabile per il raggiungimento delle zone di appoggio del ponte.			
7 Sottostrutture	X		
Demolizione localizzata del paraghiaia per permettere l'ancoraggio e la testatura dei cavi di post-tensione.			
8 Appoggi e giunti	X		
Ritocamento, al termine delle lavorazioni, del giunto.			
9 Sovrastruttura	X		
Esecuzione di canteggi in corrispondenza dell'estremità delle catene per l'alloggiamento dei caui di post-tensione.			
10 Gestione terre/materiali e aspetti ambientali	X		
Trasporto e conferimento in discarica di materiali di risulta di seguito alle lavorazioni sul paraghiaia e all'estremità delle catene.			
<b>NUMERO MACRO-CLASSI OPERATIVE NECESSARIE</b>	<b>8/10</b>	<b>1/10</b>	<b>-</b>

PARTE DEL PONTE COINVOLTA NELL'INTERVENTO:	SI	NO	PARZIALE
I Sovrastruttura	X		
II Dispositivi di appoggio/giunti e elementi annessi	X	X	
III Sottostruttura	X		
<b>FASI OPERATIVE:</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>PARZIALE</b>
1 Interferenze con il traffico	X		
Blocco del traffico veicolare e ciclo-pedonale al fine di procedere in sicurezza e per il corretto funzionamento dell'intervento.			
2 Autorizzazioni enti e convenzioni con privati	X		
Richiesta di autorizzazione da parte dell'ente gestore per occupaz. temporanea di suolo pubblico, in particolare per l'area di cantiere adiacente al ponte.			
3 Sottoservizi	X		
Realizzazione di un by-pass dei sottoservizi presenti per eseguire le lavorazioni in sicurezza.			
4 Opere Propedeutiche	X		
5 Utilizzo di apprestamenti e mezzi speciali	X		
Installazione di ponteggio fisso all'interno del ponte, in corrispondenza delle spalle, per favorire le lavorazioni e utilizzo di fly-bridge per applicazione di fibre lungo la luce della catena.			
6 Scavi e movimenti terra	X		
7 Sottostrutture	X		
8 Appoggi e giunti	X		
9 Sovrastruttura	X		
Lavoraz. di smontaggio al fine di consentire l'approntamento di fly-bridge e di ponteggio fisso. Lavoraz. necessarie al trattamento dell'intradosso della catena per favorire l'applicazione delle fibre.			
10 Gestione terre/materiali e aspetti ambientali	X		
<b>NUMERO MACRO-CLASSI OPERATIVE NECESSARIE</b>	<b>5/10</b>	<b>5/10</b>	<b>-</b>

PARTE DEL PONTE COINVOLTA NELL'INTERVENTO:	SI	NO	PARZIALE
I Sovrastruttura	X	X	
II Dispositivi di appoggio/giunti e elementi annessi	X		
III Sottostruttura	X		
<b>FASI OPERATIVE:</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>PARZIALE</b>
1 Interferenze con il traffico	X		
Blocco del traffico veicolare e ciclo-pedonale di conseguenza alle lavorazioni necessarie per la demolizione del paraghiaia.			
2 Autorizzazioni enti e convenzioni con privati	X		
Autorizzazione dell'ente gestore per occupazione temporanea di suolo pubblico, in particolare dell'area di cantiere adiacente al ponte, passerelle ciclopedonali e corsia di traffico.			
3 Sottoservizi	X		
Realizzazione di un by-pass dei sottoservizi presenti per eseguire le lavorazioni in sicurezza.			
4 Opere Propedeutiche	X		
Realizzazione di struttura in acciaio per alloggiamento di martinetti per sollevamento impalato, previa stabilizzazione del suolo in corrispondenza delle spalle.			
5 Utilizzo di apprestamenti e mezzi speciali	X		
6 Scavi e movimenti terra	X		
Scavi in trincea a largo del paraghiaia per demolizione localizzata dello stesso e necessità di prevedere accesso sicuro e transitabile per il raggiungimento delle zone in prossimità delle spalle.			
7 Sottostrutture	X		
Demolizione localizzata del paraghiaia e opere necessarie al fine di permettere installazione dei nuovi dispositivi e realizzazione di baglii.			
8 Appoggi e giunti	X		
Sollevamento dell'impalato tramite utilizzo di martinetti e rimozione appoggi originali e ripristino del giunto.			
9 Sovrastruttura	X		
10 Gestione terre/materiali e aspetti ambientali	X		
<b>NUMERO MACRO-CLASSI OPERATIVE NECESSARIE</b>	<b>7/10</b>	<b>3/10</b>	<b>-</b>

PARTE DEL PONTE COINVOLTA NELL'INTERVENTO:	SI	NO	PARZIALE
I Sovrastruttura	X		
II Dispositivi di appoggio/giunti e elementi annessi	X	X	
III Sottostruttura	X		
<b>FASI OPERATIVE:</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>PARZIALE</b>
1 Interferenze con il traffico	X		
Blocco del traffico veicolare temporaneo a causa dell'occupazione della corsia da parte dei mezzi di sollevamento. Blocco del passaggio ciclo-pedonale. Necessario porre limitazioni di altezza al transito di veicoli durante le lavorazioni.			
2 Autorizzazioni enti e convenzioni con privati	X		
Autorizzazione dell'ente gestore per occupazione temporanea di suolo pubblico, in particolare dell'area di cantiere adiacente al ponte, passerelle ciclopedonali e corsia di traffico.			
3 Sottoservizi	X		
4 Opere Propedeutiche	X		
5 Utilizzo di apprestamenti e mezzi speciali	X		
Realizzazione di piano di lavoro all'interno dei controventi. Utilizzo di PLE per trasporto e montaggio del piano di lavoro. Richiesti lavorati in quota.			
6 Scavi e movimenti terra	X		
7 Sottostrutture	X		
8 Appoggi e giunti	X		
9 Sovrastruttura	X		
Demolizione localizzata di coprifero dell'arco in corrispondenza dell'ancoraggio del nuovo sistema di controventamento.			
10 Gestione terre/materiali e aspetti ambientali	X		
<b>NUMERO MACRO-CLASSI OPERATIVE NECESSARIE</b>	<b>4/10</b>	<b>6/10</b>	<b>-</b>



Intervento STATICO	Macro- classi operative
1 Post tensione della catena	9/ 10
2 FRP intradosso della catena	5/ 10
Intervento SISMICO	
3 Isolamento sismico	7/ 10
4 Sistema di controventi	4/ 10

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## PRODOTTI

### PRODUZIONE SCIENTIFICA WP5

- ARTICOLI SU RIVISTA INTERNAZIONALE: 129

di cui in collaborazione tra più UR: 18

- ARTICOLI SU ALTRE RIVISTE E A CONGRESSI: 75

di cui in collaborazione tra più UR: 13

- SOFTWARE DI CALCOLO: 3 (tutti pubblicati online)

- BREVETTI RILASCIATI: 1 (N. 102019000006567, 15/03/2021)

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## *Workshop*

*Progetto DPC\_ReLUIS 2019-2021*

*Roma 5 luglio 2022*

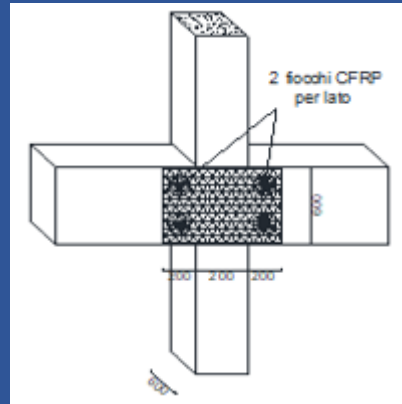
*WP: 5 Interventi di rapida esecuzione a basso  
impatto ed integrati*

*TASK 5.1 – 5.2  
CASI STUDIO*

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio C.A.:

### Scuola media Parozzani, Isola del Gran Sasso (TE)



Perdita Media Annuale attesa (PAM)	Classe PAM	Indice di Sicurezza	Classe IS-V
PAM < 0,50%	A <sup>+</sup>	100% < IS-V	C
0,50% < PAM < 1,0%	A	80% < IS-V < 100%	B
1,0% < PAM < 1,5%	B <sup>+</sup>	60% < IS-V < 80%	B
1,5% < PAM < 2,5%	C <sup>+</sup>	45% < IS-V < 60%	D
2,5% < PAM < 3,5%	D <sup>+</sup>	30% < IS-V < 45%	D
3,5% < PAM < 4,5%	E <sup>+</sup>	15% < IS-V < 30%	E
4,5% < PAM < 7,5%	F <sup>+</sup>	IS-V < 15%	F
7,5% > PAM	G <sup>+</sup>		G

Disponibile online da Luglio 2020

**Progetto DPC-ReLUI 2019-2021**

**WPS: Interventi di rapida esecuzione a basso impatto ed integrati**

**CASO STUDIO 1: EDEFCIO SCOLASTICO IN CEMENTO ARMATO**

VERSIONE: 1.0 (BOZZA LUGLIO 2020)

UR: UNINA, prof. Andrea Prota

Gruppo di lavoro: prof. Marco Di Ludovico, ing. Ciro Del Vecchio, ing. Costantino Menna

Collaboratori: ing. Raffaele Frascadore, ing. Fabio Palladino, ing. Vincenzo Paolillo

Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università degli studi di Napoli "Federico II"

in collaborazione con UR UNISANNIO, ing. Luigi Di Sarno

WPS: Interventi di rapida esecuzione a basso impatto ed integrati

[http://www.reluis.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=688&lang=it](http://www.reluis.it/index.php?option=com_content&view=article&id=688&lang=it)

- Interventi integrati rinforzo sismico (FRP solo esterno, controventi dissipativi) ed efficientamento energetico
- Computi metrici e dettaglio tempi esecuzione lavori

UR di coordinamento del caso: UNINA-Prota  
 Unità partecipanti al caso studio: UNINA-Prota, UNINA-Menna, UNISANNIO-Del Vecchio, UNISANNIO-Di Sarno Collaboratori: Marco Di Ludovico, Raffaele Frascadore, Fabio Palladino

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio C.A.:

### Scuola Parrozzani Adeguamento sismico con carpenteria metallica

1 -Confronto tra l'intervento progettato in base ad un'analisi dinamica lineare e un'analisi statica non lineare

**Analisi statica non lineare:** Rinforzo di 70 pilastri + elementi vano scala

**Analisi dinamica lineare:** Rinforzo di 51 travi (46 a flessione e 26 a taglio) + tutti i pilastri + vano scala

2 -Analisi statica non lineare con intervento realizzato solo sui pilastri perimetrali e su tutti gli elementi del vano scala la  $(PGA_C/PGA_D)_{MIN} = 0.70$

3 -Analisi dinamica lineare con intervento realizzato solo sugli elementi perimetrali  $(CS)_{MIN} = 0.37$  (taglio trave resistente/sollecitante)

### OBIETTIVO

***Determinare l'influenza della tipologia di analisi***

*L'analisi non lineare comporta una notevole riduzione dell'intervento*

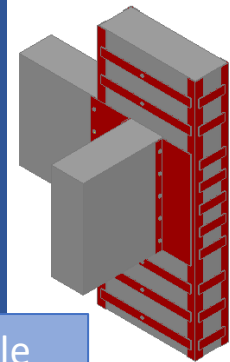
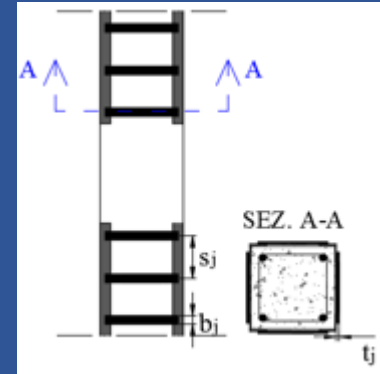
sull'individuazione delle carenze della struttura

sulla progettazione degli interventi di rinforzo in acciaio

Non è stato sviluppato un computo metrico completo ma sono calcolate:

- % di superficie interessata dall'intervento;

- Quantità di acciaio necessaria per rinforzare gli elementi (pilastri; travi e nodi)



# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio C.A.:

Scuola media G. Parrozzani – Isola del Gran Sasso d'Italia

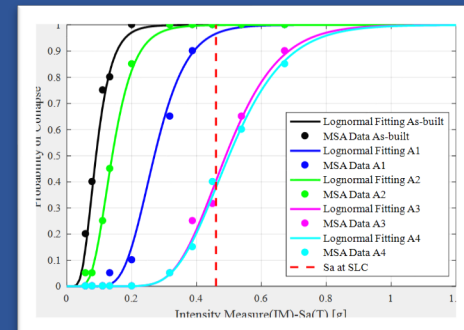
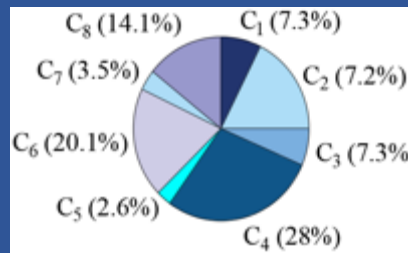
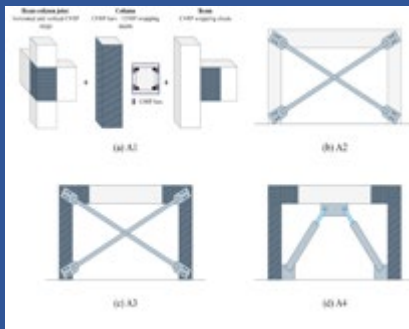


Multi-criteria decision-making per la valutazione dell'alternativa migliore  
Interventi strutturali ( $S_i$ ) ad energetici ( $E_j$ )

Diversi criteri di valutazione:

- Costi
- Life-Cycle dell'EI atteso
- Probabilità di collasso
- Durata lavori
- etc.

Rank	Site C		Site M		Site W	
	Alternative	Rel. Clos.	Alternative	Rel. Clos.	Alternative	Rel. Clos.
1	S <sub>3</sub> E <sub>3</sub>	0.6408	S <sub>4</sub> E <sub>3</sub>	0.6325	S <sub>4</sub> E <sub>2</sub>	0.6599
2	S <sub>4</sub> E <sub>3</sub>	0.6182	S <sub>4</sub> E <sub>2</sub>	0.6170	S <sub>4</sub> E <sub>1</sub>	0.6456
3	S <sub>3</sub> E <sub>2</sub>	0.6098	S <sub>4</sub> E <sub>1</sub>	0.5949	S <sub>4</sub> E <sub>3</sub>	0.6326
4	S <sub>4</sub> E <sub>2</sub>	0.6083	S <sub>3</sub> E <sub>3</sub>	0.5924	S <sub>3</sub> E <sub>2</sub>	0.6163
5	S <sub>3</sub> E <sub>1</sub>	0.5903	S <sub>3</sub> E <sub>2</sub>	0.5699	S <sub>3</sub> E <sub>3</sub>	0.6143
6	S <sub>4</sub> E <sub>1</sub>	0.5840	S <sub>2</sub> E <sub>3</sub>	0.5607	S <sub>3</sub> E <sub>1</sub>	0.5996
7	S <sub>2</sub> E <sub>3</sub>	0.5443	S <sub>3</sub> E <sub>1</sub>	0.5577	S <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	0.5623
8	S <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	0.5239	S <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	0.5228	S <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	0.5585
9	S <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	0.5154	S <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	0.5168	S <sub>2</sub> E <sub>3</sub>	0.5264
10	S <sub>1</sub> E <sub>3</sub>	0.3987	S <sub>1</sub> E <sub>3</sub>	0.4547	S <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	0.4426
11	S <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	0.3566	S <sub>1</sub> E <sub>1</sub>	0.4198	S <sub>1</sub> E <sub>1</sub>	0.4415
12	S <sub>1</sub> E <sub>1</sub>	0.3553	S <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	0.4194	S <sub>1</sub> E <sub>3</sub>	0.4385



UR di coordinamento del caso: UNINA – Prof. Prota

Unità partecipanti al caso studio: IUSS Pavia

Prof. Ricardo Monteiro, G. Gabbianelli, W. Carofilis, N. Clemett, G. O'Reilly

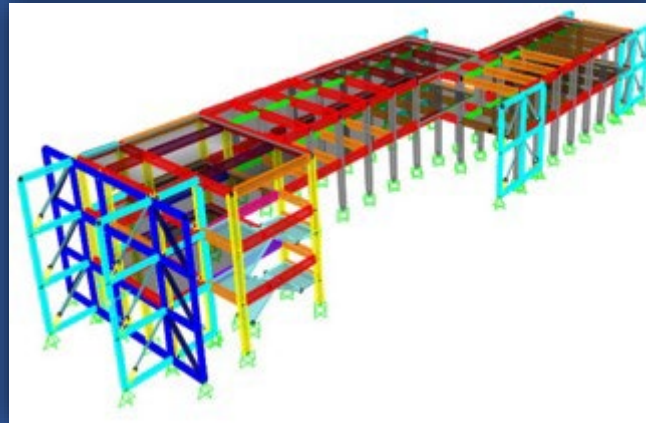
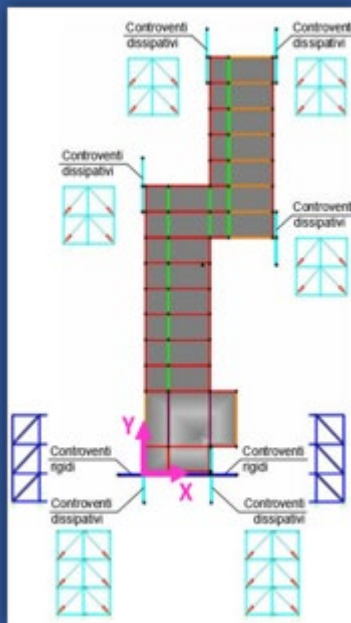


# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

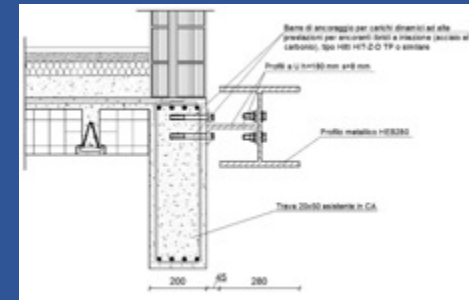
## Caso studio C.A.:

### Scuola Parrozzani – UNIUD

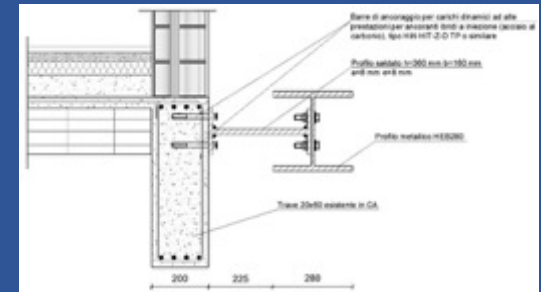
Rinforzo globale mediante telai esterni in acciaio con controventi rigidi in direzione X e controventi dissipativi, con dispositivi BRAD, in direzione Y.  
I telai sono collegati alla struttura esistente in corrispondenza delle travi di piano.



Connessione del telaio in X alle travi in c.a.



Connessione dei telai in Y alle travi in c.a.

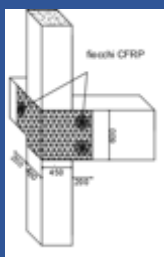


UR di coordinamento del caso: UNINA – Prof. Prota  
Unità partecipanti al caso studio: UNIUD – G. Russo e M. Pauletta

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio C.A.:

### Scuola media Santini, Loro Piceno (MC)



Disponibile online da Luglio 2020



Progetto DPC-ReLUIs 2019-2021

WP5: Interventi di rapida esecuzione a basso impatto ed integrati

CASO STUDIO 2: EDIFICIO SCOLASTICO IN CEMENTO ARMATO

VERSIONE: 1.0 (BOZZA LUGLIO 2020)

UR: UNINA, prof. Andrea Prota

Gruppo di lavoro: prof. Marco Di Ludovico, ing. Ciro Del Vecchio, ing. Costantino Menna

Collaboratori: ing. Raffaele Frascadore, ing. Fabio Palladino, ing. Vincenzo Paolillo

Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università degli studi di Napoli "Federico II"

in collaborazione con UR UNINA, prof. Gaetano Della Corte

WP5: Interventi di rapida esecuzione e basso impatto ed integrati

[http://www.reluis.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=688&lang=it](http://www.reluis.it/index.php?option=com_content&view=article&id=688&lang=it)

UR di coordinamento del caso: UNINA-Prota

Unità partecipanti al caso studio: UNINA-Prota, UNINA-Menna, UNISANNIO-Del Vecchio, UNINA-Della Corte

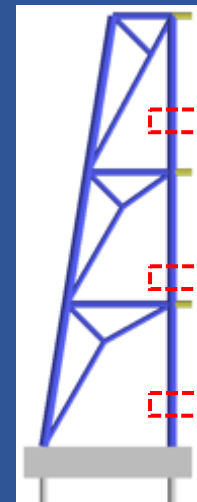
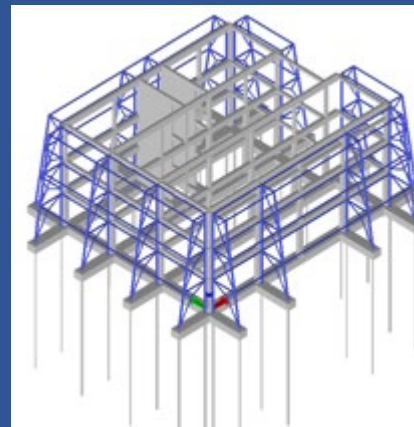
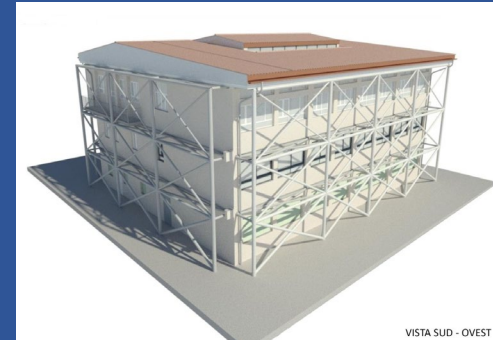
- Interventi integrati rinforzo sismico (FRP solo esterno, controventi dissipativi) ed efficientamento energetico
- Computi metrici e dettaglio tempi esecuzione lavori

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio C.A.:

### Scuola «P. Santini» a Loro Piceno (MC)

Le attività hanno riguardato una prima fase di valutazione del comportamento strutturale ed energetico del caso studio. Sono stati impiegati esoscheletri paralleli ed ortogonali alle facciate dell'edificio come soluzioni alternative per il retrofit sismico, mentre come intervento energetico sono stati previsti pannelli forati e moduli in policarbonato con isolamento termico realizzati con materiali isolanti trasparenti. Sono state poi investigate sia le modalità di collegamento degli esoscheletri alla struttura che il progetto delle relative fondazioni. Le soluzioni progettuali proposte sono state infine quantificate in termini economici.



UR di coordinamento del caso: UNINA-Prota

Unità partecipanti al caso studio: UNINA-Landolfo

Componenti: R. Landolfo, G. Di Lorenzo, A. Formisano, A. Di Filippo, E. Colacurcio, R. Tartaglia

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso Studio C.A.

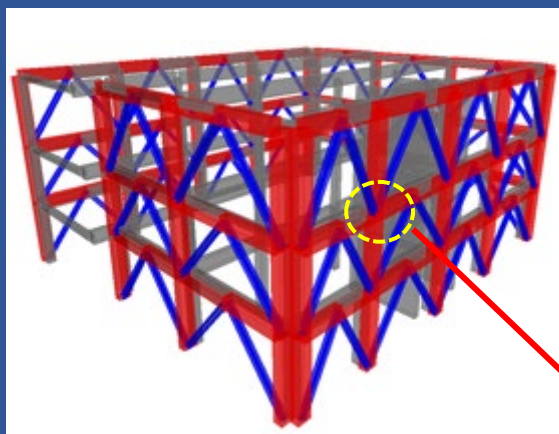
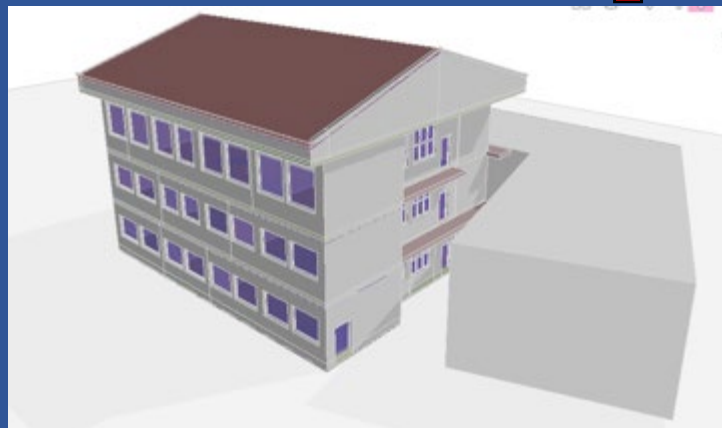
Scuola media Santini, Loro Piceno (MC)

### MIGLIORAMENTO SISMICO

$$\zeta_{E,SLV} = 0.12$$

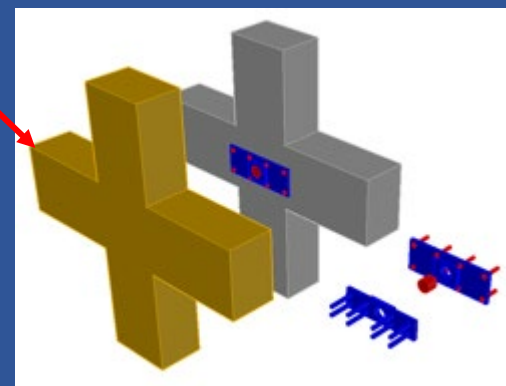


$$\zeta_{E,SLV} = 0.60$$



Intervento SOLO dall'esterno mediante **esoscheletro dissipativo HPDF** in c.a. e controventi in acciaio

Costo di intervento ~ 550 €/mq



### EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

$$EP_{gl,nren} = 189 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$$



$$EP_{gl,nren} = 34 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$$

interventi sugli impianti:  
Fotovoltaico  
Pompa di calore  
Nuovi corpi illuminanti

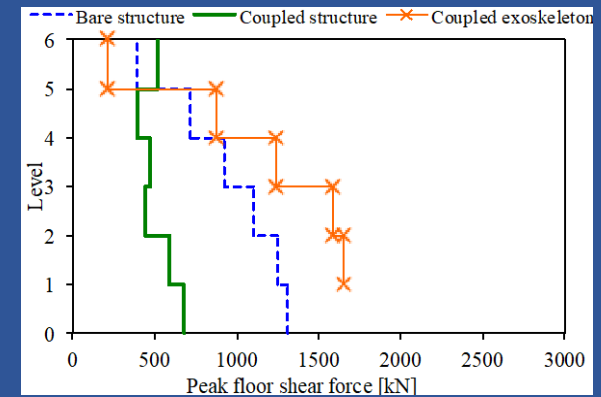
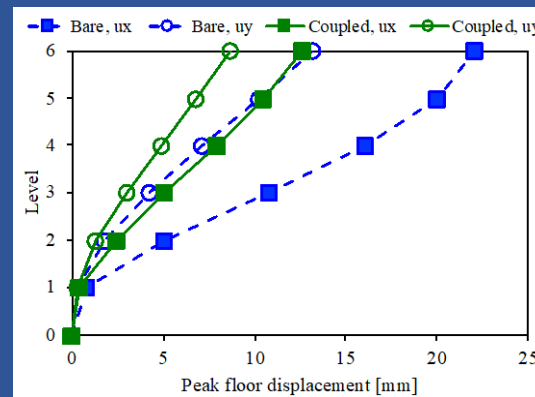
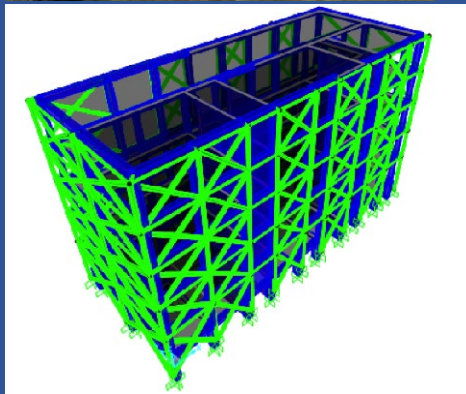


interventi sull'involucro:  
Isolamento termico facciate  
Isolamento termico copertura  
Nuovi infissi a taglio termico

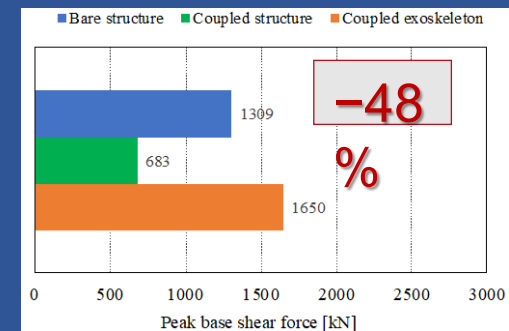
# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale



## Caso studio C.A.: Edificio IACP, Torino

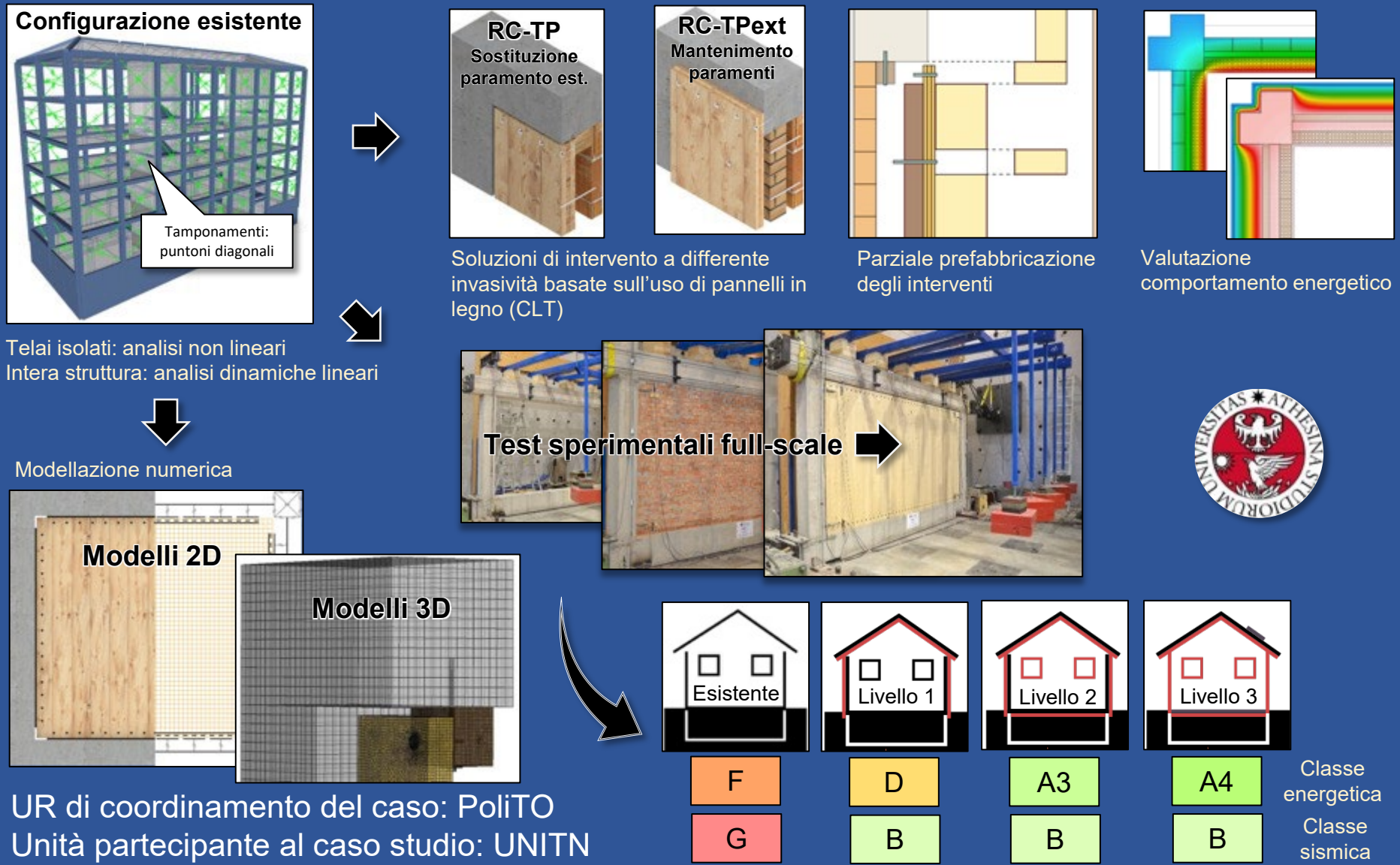


Component	Performance parameter	Ante	Post
Opaque envelope	$U_{op}$ [ $W m^{-2} K^{-1}$ ]	1.08	0.22
Windows	$U_w$ [ $W m^{-2} K^{-1}$ ]	4.90	0.84
	$G_{gl+sh}$ [-]	-	0.18
Doors	$U_w$ [ $W m^{-2} K^{-1}$ ]	5.70	1.26
Building envelope	$H^*_{\tau}$ [ $W m^{-2} K^{-1}$ ]	-	0.58



# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio C.A.: Edificio ex I.A.C.P. (Torino)



# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

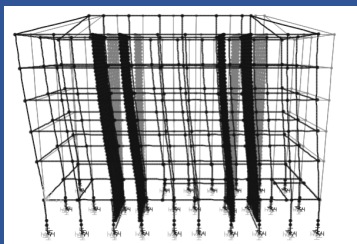
## Caso studio C.A.:

### EDIFICIO IACP - TORINO

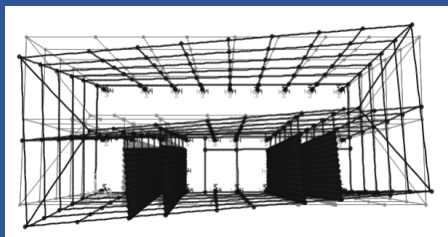


Sono state condotte analisi dinamiche lineari e statiche non lineari che hanno consentito di evidenziare l'effetto della interazione terreno-struttura (SSI) sulla valutazione dell'indice di vulnerabilità sismica del caso studio. Inoltre, le analisi in assenza (SDF) e in presenza (SDP) dell'esoscheletro esterno in acciaio hanno messo in risalto l'effetto di tale metodologia di intervento anche sulla riduzione del numero di interventi locali necessari per l'adeguamento sismico, evidenziando anche l'effetto della SSI.

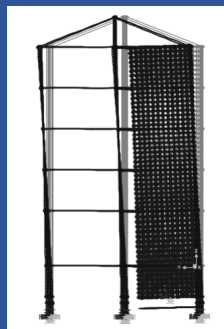
#### Analisi dinamiche lineari:



Modo 1 – Traslazionale X

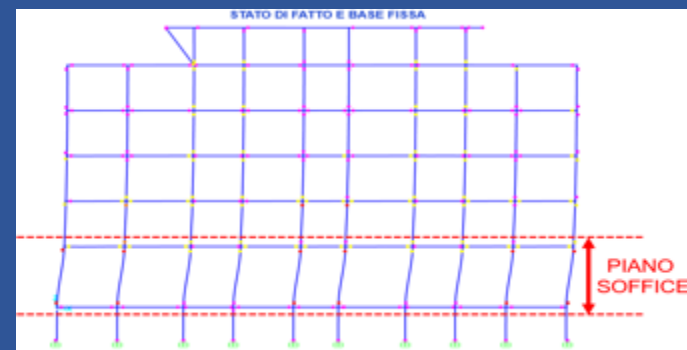


Modo 2 – Torsionale



Modo 3 – Traslazionale Y

#### Analisi statiche non-lineari:



#### Riepilogo dell'indice di vulnerabilità sismica

Modello	$\xi_E$			
	Stato di Fatto		Stato di Progetto	
	Lineare	Non lineare	Lineare	Non lineare
FB	0.28	0.42	0.52	1.15
SSI	0.21	0.39	0.32	1.04

#### Numero di interventi locali in funzione della presenza della SSI ed dell'esoscheletro

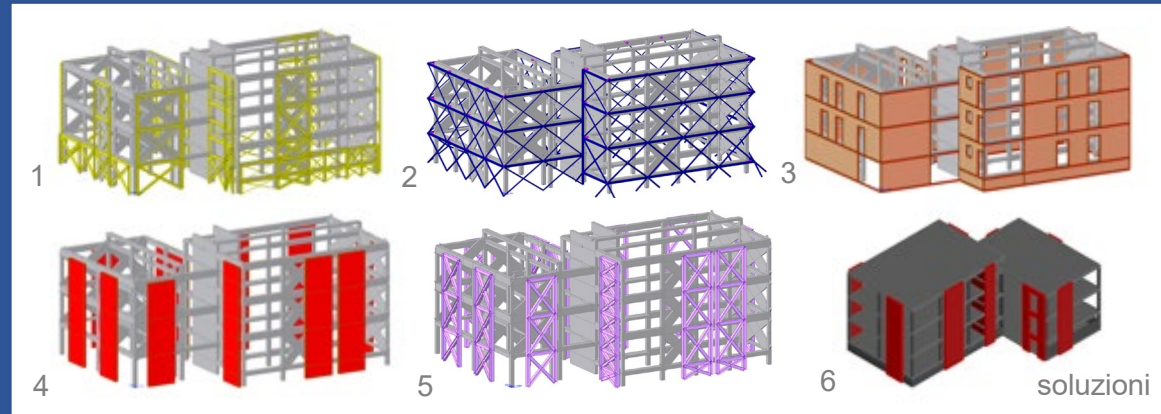
	Interventi locali		
	Travi	Colonne	Nodi
SDF – base fissa – analisi lineare	39	3	47
SDF – base deformabile – analisi lineare	42	6	45
Stato adeguato – base fissa – analisi lineare	6	0	27
Stato adeguato – base deformabile – analisi lineare	8	3	22
SDF – base fissa – analisi non lineare	6	0	26
SDF – base deformabile – analisi non lineare	6	0	28
Stato adeguato – base fissa – analisi non lineare	0	0	0
Stato adeguato – base deformabile – analisi non lineare	0	0	0

UR di coordinamento del caso: UR Ferro (Polito)

Unità partecipanti al caso studio: UR Nigro (UniNA)

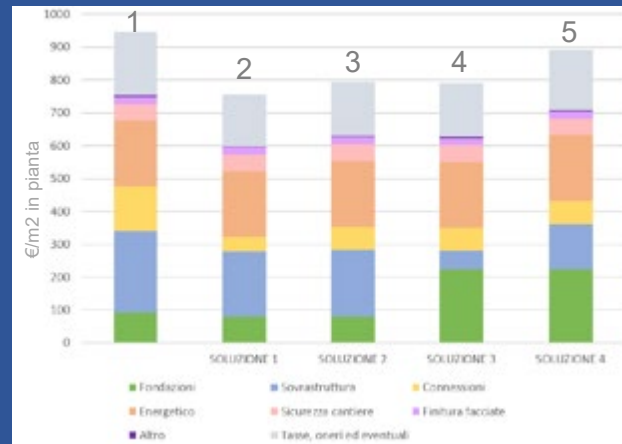
# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio: edificio residenziale in c.a.

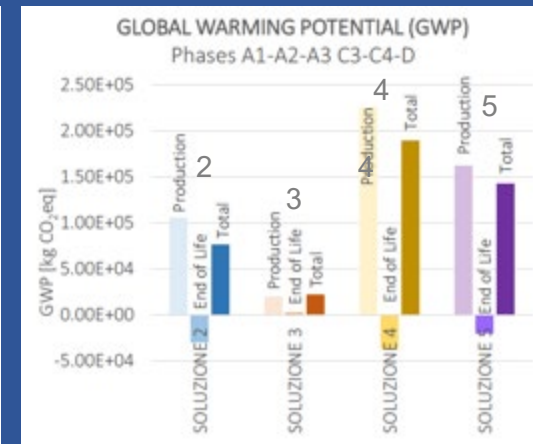


- 1 – analisi stato di fatto
- 2 – concezione in ottica LCT di soluzioni di recupero integrato (strutturale ed energetico) ISO-PERFORMANCE
- 3 – analisi dei costi di costruzione
- 4 – analisi semplificata LCC
- 5 – analisi LCA basata su metodi semplificati EDP
- 6 – schede di supporto alla progettazione strutturale per i professionisti

COSTI



IMPATTI



UR di coordinamento del caso: UNIBG  
 Unità partecipanti al caso studio: UNIBG, UNIBS

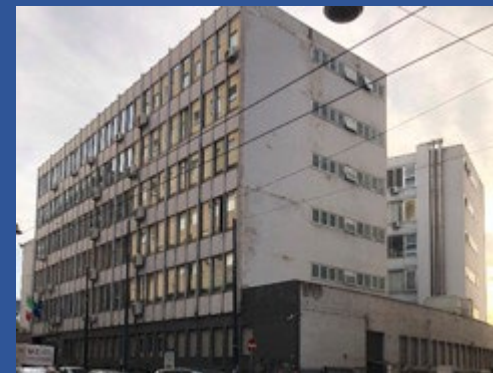


# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Casi studio acciaio:

### 1 – Genio Civile di Napoli

Le attività hanno riguardato una prima fase di valutazione del comportamento energetico e strutturale del caso studio concentrandosi sia sul comportamento locale dei singoli collegamenti, sia sul comportamento globale della struttura. Sono state poi investigate molteplici alternative di intervento di rinforzo strutturale al fine di migliorare il comportamento sismico della struttura. Infine si è proceduto al progetto di interventi di rinforzo strutturale sia sui nodi che sull'intera struttura. La soluzione proposta è stata successivamente poi valutata anche in termini economici.



### 2 – Edificio industriale ex ALMEC

Le attività hanno riguardato una prima fase di valutazione del comportamento energetico e strutturale del caso studio concentrandosi sia sul comportamento locale dei singoli collegamenti, sia sul comportamento dei travature reticolari. Si sono progettati sia interventi di rinforzo locale dei collegamenti tra le travature reticolari e le colonne, sia un sistema di controventi da introdurre nella struttura esistente al fine di ridurre la deformabilità laterale. La soluzione proposta è stata successivamente poi valutata anche in termini economici.



### Unità partecipanti:

Componenti UR UNINA: Raffaele Landolfo, M. D'Aniello, L. Fiorino, R. Tartaglia, A. Campiche, A. Milone

Componenti UR UNISA: V. Piluso, R. Montuori, M. Latour, E. Natri, A. B. Francavilla, A. Pisapia, S. Streppone, S. Di Benedetto, B. Tagliaferro, E. Elettore

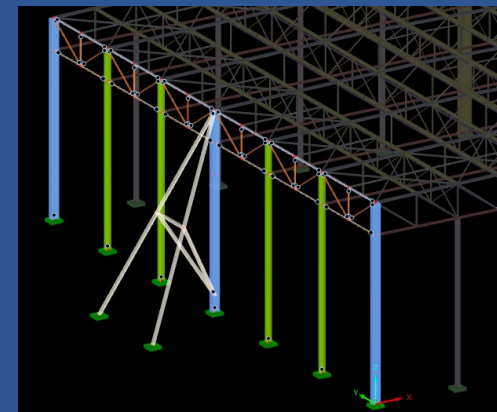
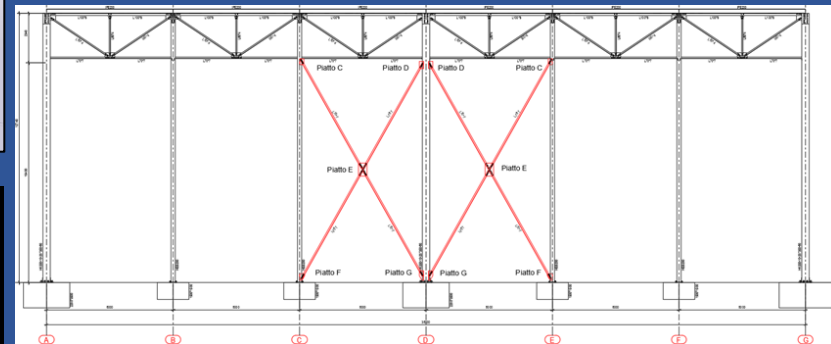
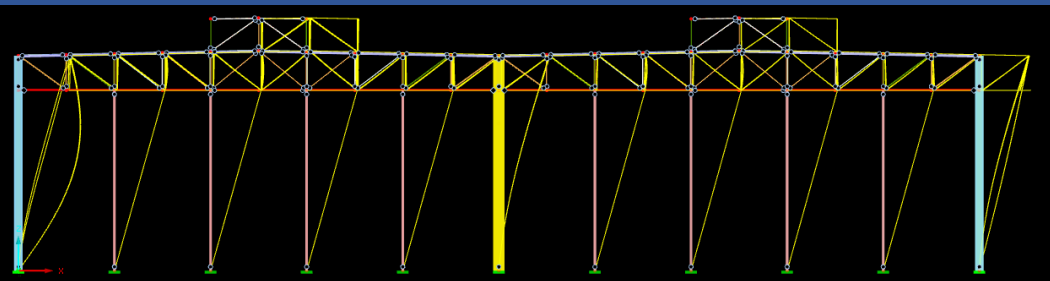
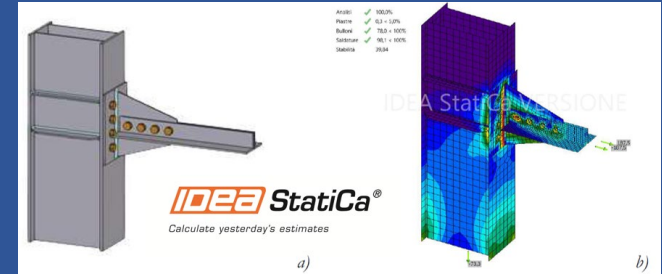
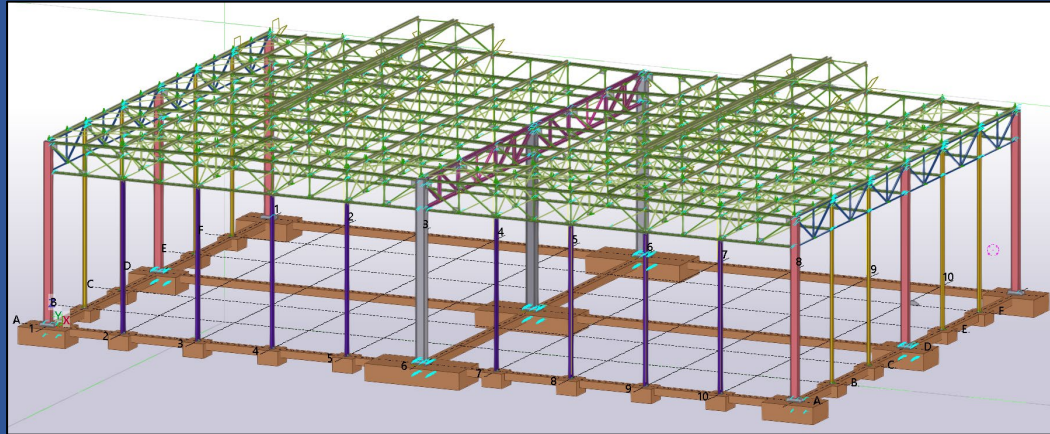
Componenti UR UNICAMPANIA: M. Ferraioli, A. Lavino

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio: Edificio industriale (Nusco)

### Stato di fatto

### Soluzione di intervento n. 1

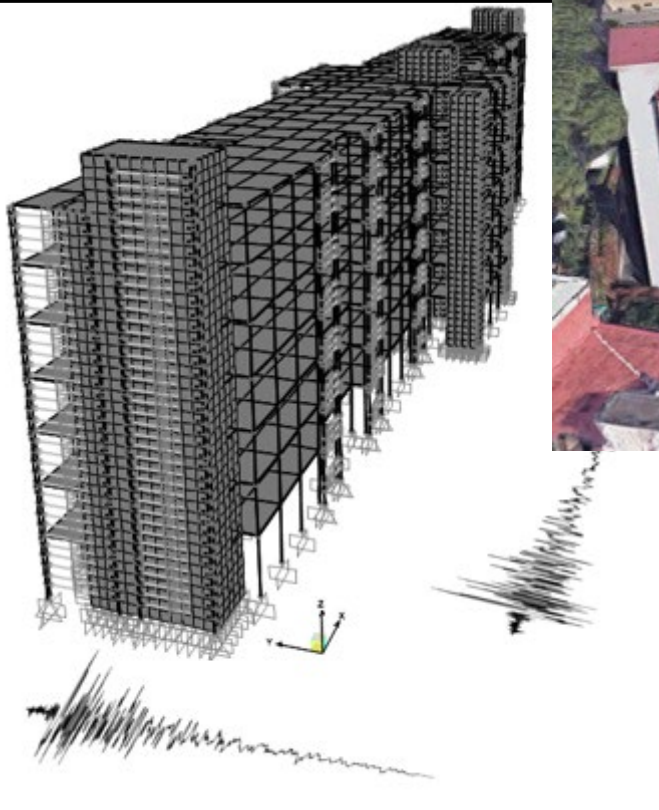


### Soluzione di intervento n. 2

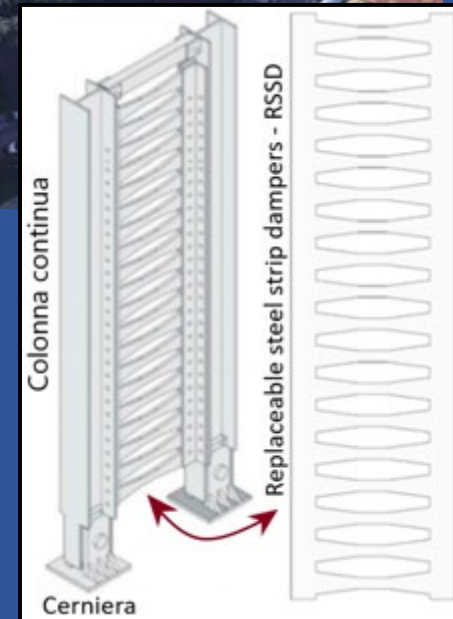
UR di coordinamento del caso: UNINA (Landolfo)  
 Unità partecipanti al caso studio: UNISA (Rizzano)

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio acciaio: Adeguamento sismico Istituto Nazionale dei Tumori Fondazione Pascale - Napoli



Edificio a struttura mista  
acciaio-calcestruzzo



# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio muratura: Ex-tribunale di Fabriano

	Intervento sismico	Efficientamento energetico	
LIVELLO 1	Strutture verticali	Isolamento murature, sostituzione serramenti	
LIVELLO 2	Strutture orizzontali	Isolamento solai, sostituzione impianti	
LIVELLO 3	Strutture verticali e orizzontali	3	NZEB
		Isolamento pareti e solai, sostituzione impianti, sostituzione serramenti	Isolamento pareti e solai, sostituzione impianti, sostituzione serramenti, impianto fotovoltaico



LIVELLO 1



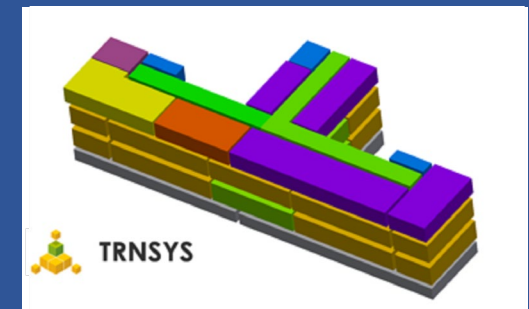
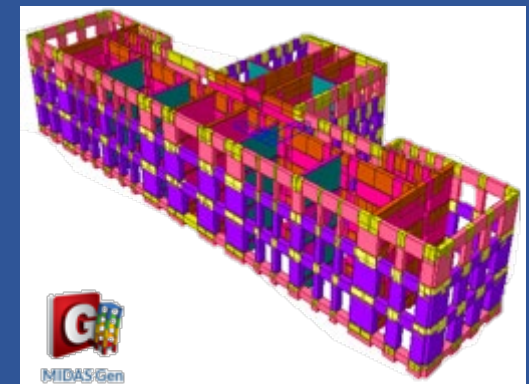
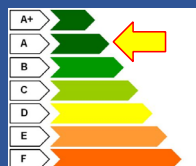
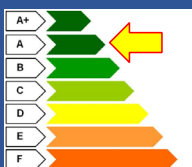
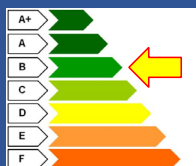
LIVELLO 2



LIVELLO 3



NZEB



# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio muratura:

### Grande Albergo Terme (Terme di Comano TN)

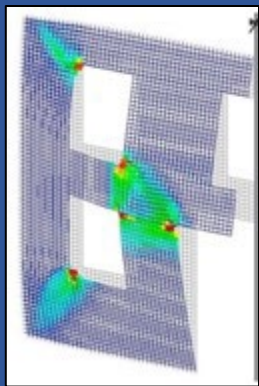
- Soluzioni diverse con diverso livello di invasività
- Rinforzo orizzontamenti/pareti con pannelli lignei
- Rinforzo pareti con metodo CRM
- Irrigidimento solai con tiranti in acciaio
- Efficientamento energetico con intervento su superfici opache



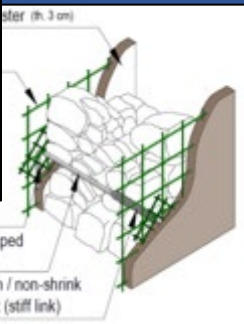
Immagine prima metà '900



Immagine attuale

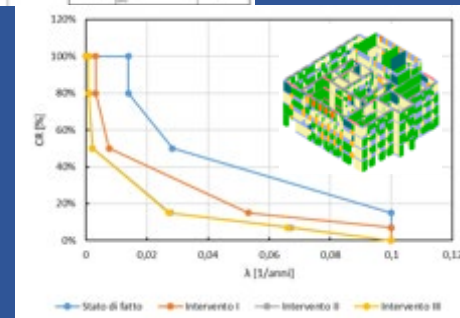


Modellazioni numeriche



Analisi di vulnerabilità su singoli elementi e analisi globali

Sintesi dell'analisi di vulnerabilità	
Struttura	Grande Albergo Terme
Tipologia	Muratura
Località	Terme di Comano (TN)
Intervento	Rinforzo con pannelli lignei e CRM
Stato attuale	Stato di fatto
Stato futuro	Stato con interventi
Analisi	Analisi di vulnerabilità globale e locale
Parametri	λ [1/anno]
Stato di fatto	~0,10
Intervento I	~0,02
Intervento II	~0,01
Intervento III	~0,005



Test sperimentali in-situ in piccola scala e a scala reale

UR di coordinamento del caso: UNITN  
 Unità partecipanti al caso studio: POLIMI, UNITS

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio muratura: Edificio residenziale a schiera a PIEVE TORINA (MC)



### METODOLOGIA

#### 1. VALUTAZIONE STATO DI FATTO



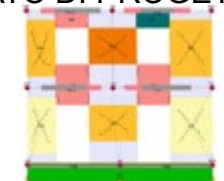
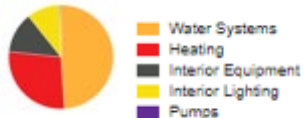
Consumi energetici

Analisi pushover

#### 2. PROGETTO DI DETTAGLIO



#### 3. VALUTAZIONE STATO DI PROGETTO

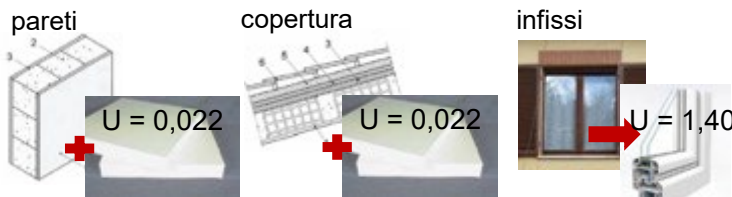
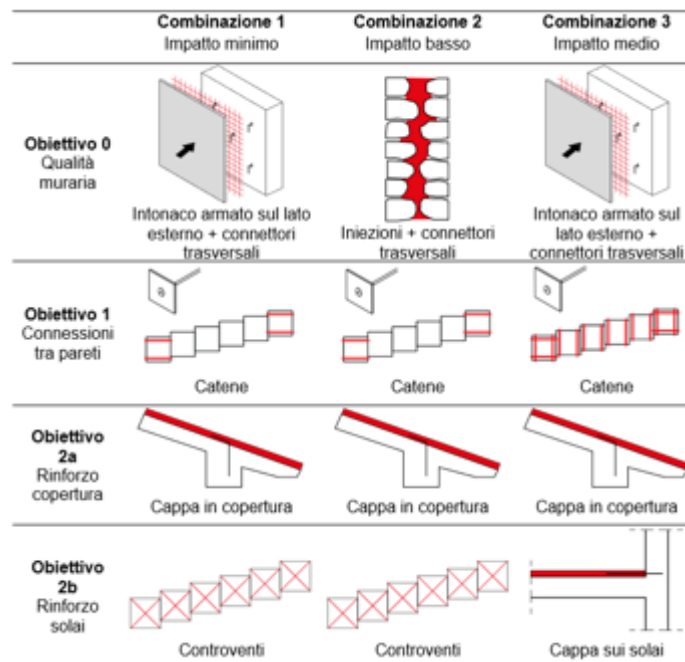


Consumi energetici

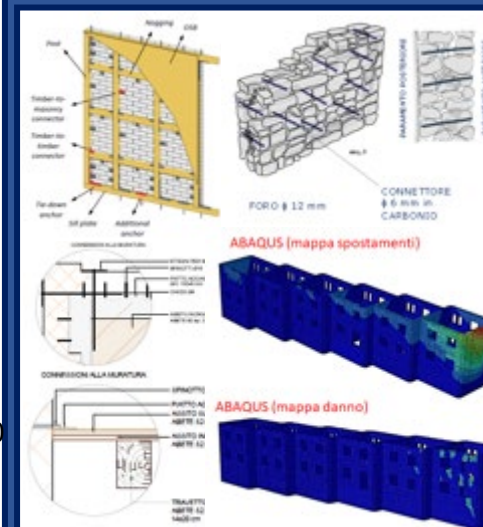
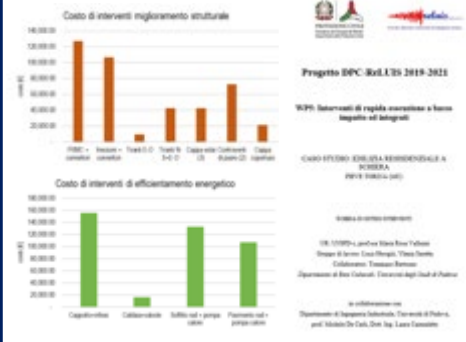
Analisi pushover

#### 4. COMPUTO METRICO

### 3 COMBINAZIONI DI INTERVENTO



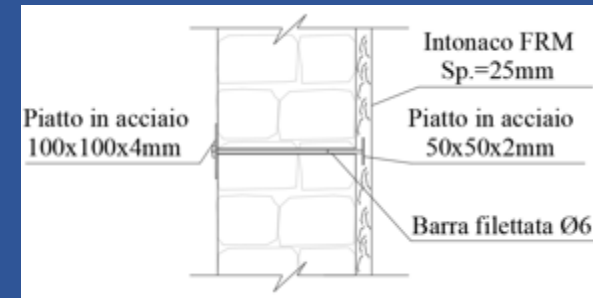
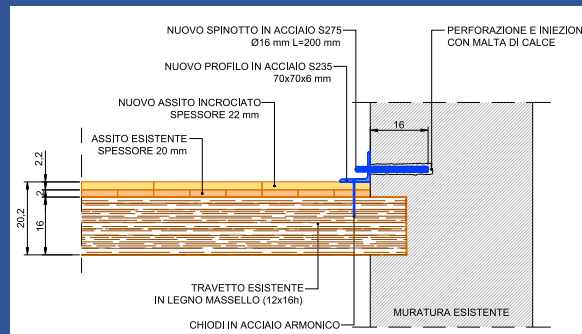
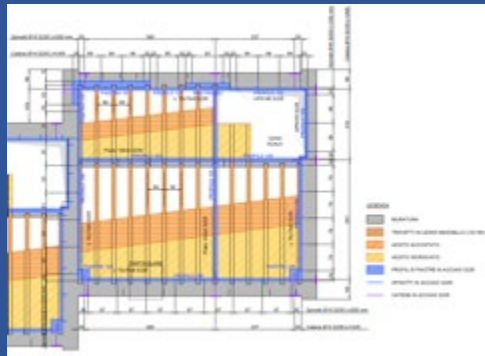
### DOCUMENTO SINTESI



# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

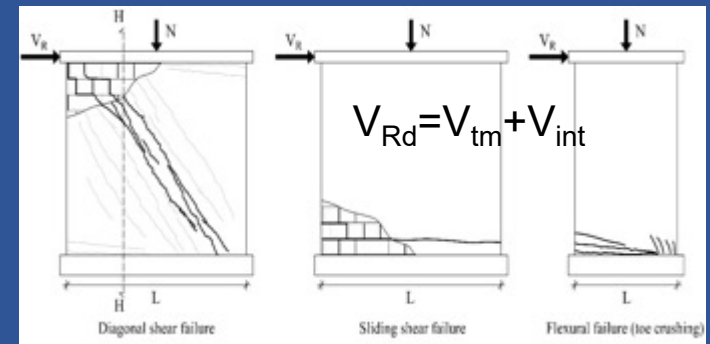
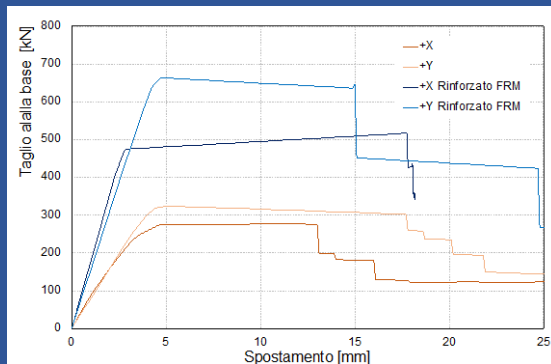
## Caso studio muratura:

Edificio residenziale a schiera a **PIEVE TORINA (MC)**, simulazione con impalcati lignei – Rinforzo con imp. ligneo con assito incrociato e rinforzo pareti con malta ad alte prestazioni fibro-rinforzata



Resistenza dei maschi calcolata mediante modello proposto nell'ambito del DPC ReLuis 2019/2021 – **WP14**

(Autori: Facconi L., Lucchini S., Minelli F. & Plizzari G.)



## 2022: elenco lavorazioni e analisi dei costi

UR di coordinamento del caso: UNIPD – prof.ssa Valluzzi

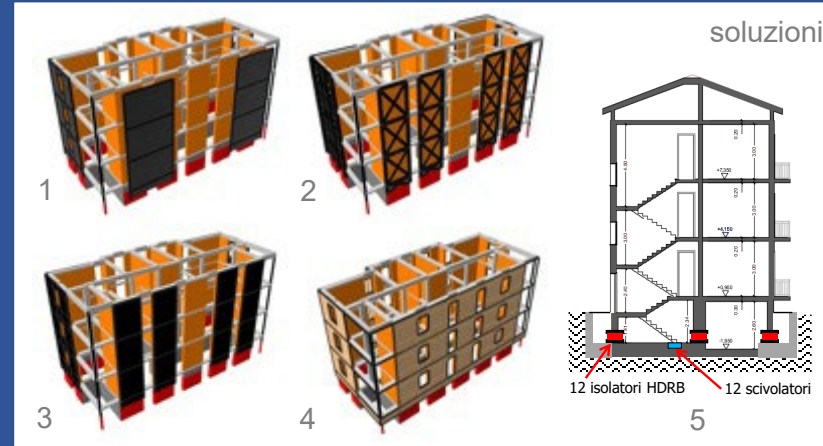
Unità partecipanti al caso studio: UNIBS + UNIBG

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio muratura: Edificio residenziale in mattoni a fori orizzontali

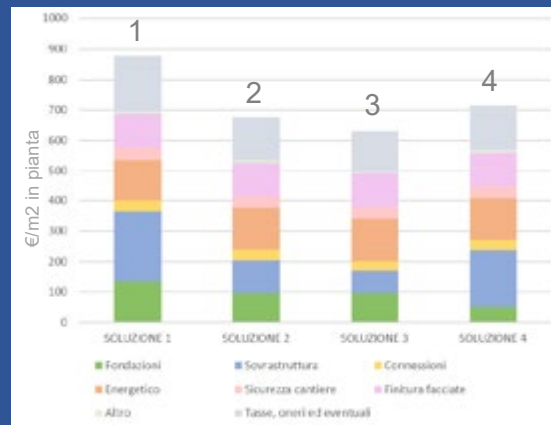


PROVE

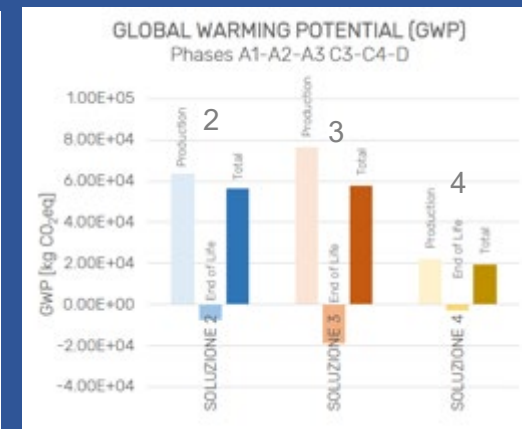


- 1 – analisi stato di fatto
- 2 – approfondimento sperimentale e analitico per murature con fori orizzontali
- 3 – concezione in ottica LCT di soluzioni di recupero integrato (strutturale ed energetico) ISO-PERFORMANCE
- 4 – analisi dei costi di costruzione
- 5 – analisi semplificata LCC
- 6 – analisi LCA basata su metodi semplificati EDP
- 7 – schede di supporto alla progettazione strutturale per i professionisti

COSTI



IMPATTI



UR di coordinamento del caso: UNIBG - Marini

Unità partecipanti al caso studio: UNINA – Brandonisio, UNIBS – Preti



# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

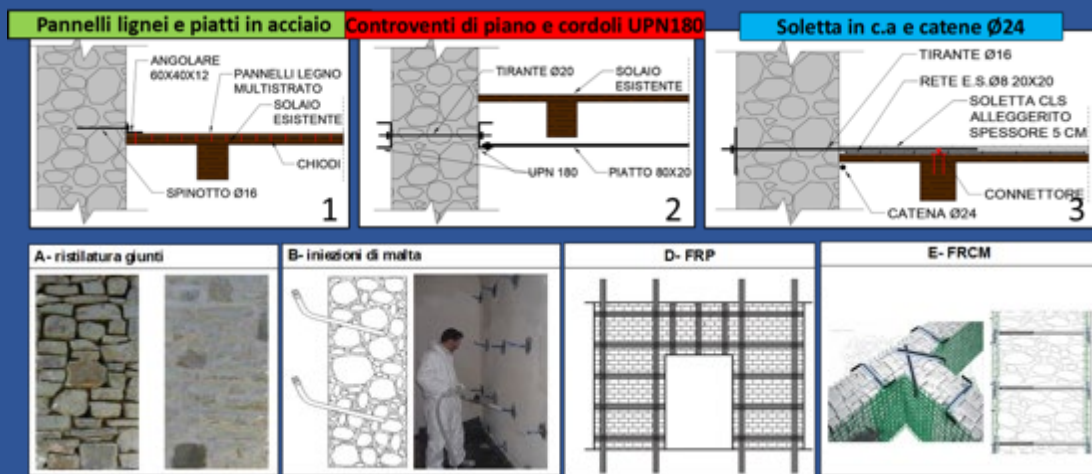
## Caso studio muratura: Scuola di Visso

1 – Peculiarità: modellazione centralizzata; configurazione virtuale con solai flessibili e fasce deboli. Nello stato di fatto si parte da Classe di Rischio D

2 – Interventi strutturali progettati per step: (I) solo irrigidimento dei solai e connessione tra pareti ortogonali (n. 3 soluzioni analizzate); (II) miglioramento della capacità portante delle pareti verticali (n. 4 soluzioni analizzate)

3 – Interventi di efficientamento energetico per step (n. 4 scenari di intervento):

- (0) sostituzione impianti + infissi
- (1) aggiunta di isolamento solai
- (2) aggiunta di coibentazione pareti verticali
- (3) aggiunta di impianto fotovoltaico



Descrizione intervento	Classe di rischio sismico	Importo [€]	Incidenza al mq [€/mq]	Incidenza al mc [€/mc]
<u>3.A</u> Soletta c.a. + ristilatura	Classe B	327'361	356	86
<u>3.B</u> Soletta c.a. + ristilatura + iniezioni	Classe B	463'483	504	122
<u>3.C</u> Soletta c.a. + ristilatura + FRP	Classe B	399'756	434.5	105
<u>3.D</u> Soletta c.a. + ristilatura + iniezioni + FRP	Classe A	495'293	538	130
<u>3.E</u> Soletta c.a. + ristilatura + iniezioni + FRCM	Classe B	633'453	688.5	167

### SINTESI DEI RISULTATI

efficientamento energetico

Scenario	Efficientamento energetico	Importo [€]	Inc/mq [€/mq]	Inc/mc [€/mc]
<u>Scenario 1</u>	Classe D	290'970	316	77
<u>Scenario 2</u>	Classe A3	334'222	363	88
<u>Scenario 3</u>	Classe A4	398'534	433	105

interventi strutturali

UR di coordinamento del caso: UniGE

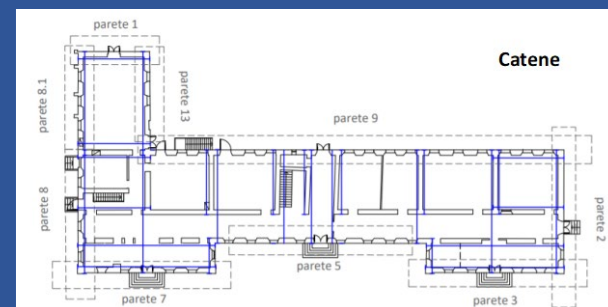
Unità partecipanti al caso studio: UniPD (per efficientamento energetico) – da ReLUIS 2018 UniBS e UniCH per il progetto di alcune soluzioni strutturali

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

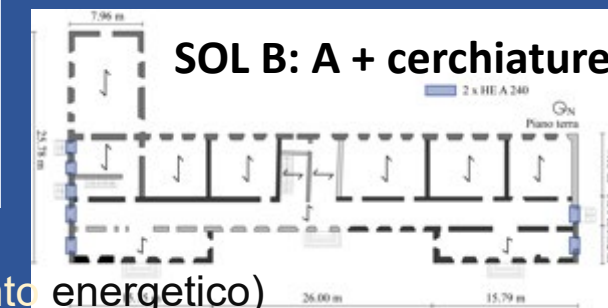
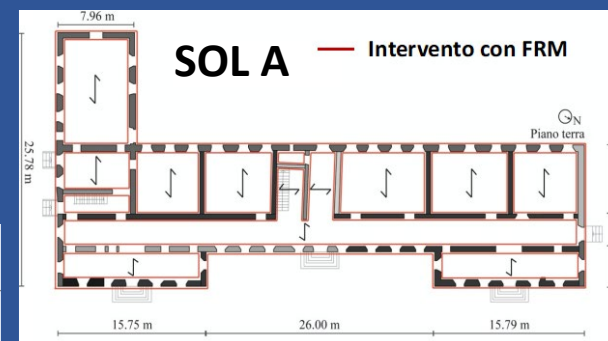
## Caso studio muratura: Scuola di Caldarola

- 1 – Peculiarità: scarsa qualità muraria (muratura in conci con scarsa aderenza della malta ai blocchi), effetti di amplificazione di sito, vulnerabilità ai meccanismi nel piano e fuori piano. Nello stato di fatto si parte da Classe di Rischio D
- 2 – Interventi strutturali progettati: (I) incatenamento sistematico (sviluppato con approccio elastico (A+) oppure duttile (A)); (II) rinforzo della capacità portante dei muri verticali (Sol A con FRM – Sol B FRM + cerchiature)
- 3 - Interventi di efficientamento energetico (soluzione + vantaggiosa): sostituzione di lampade LED, infissi e caldaia con pompa di calore aria/acqua + coibentazione superfici opache verticali

MECCANISMI LOCALI: incatenamento sistematico



RISPOSTA NEL PIANO



## SINTESI DEI RISULTATI

Descrizione intervento	Classe di rischio / eff. energetico	Importo [€]	Incidenza al mq [€/mq]	Incidenza al mc [€/mc]
Catene duttili	<b>Classe A</b>	20'730	17	3.4
<u>Sol A</u> – Intervento con FRM + opere accessorie	Classe B	759'675	633	124
<u>Sol B</u> – Intervento con FRM + cerchiature + opere accessorie	<b>Classe A</b>	882'505	735	144
Efficientamento energetico (soluzione + vantaggiosa)	<b>Classe A2</b>	181'221	151	30

UR di coordinamento del caso: UniGE

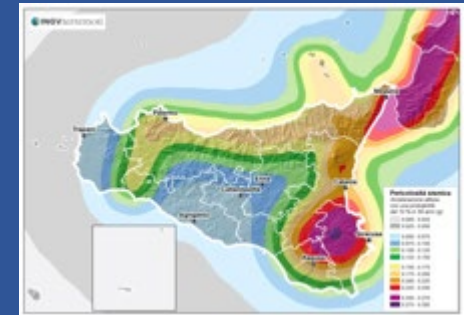
Unità partecipanti al caso studio: UniRM1 – UniPD (efficientamento energetico)

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio muratura:

### Istituto di Istruzione Superiore G.Marconi – Vittoria (RG)

Domanda Sismica:



Modello Termico:



Modello Meccanico:

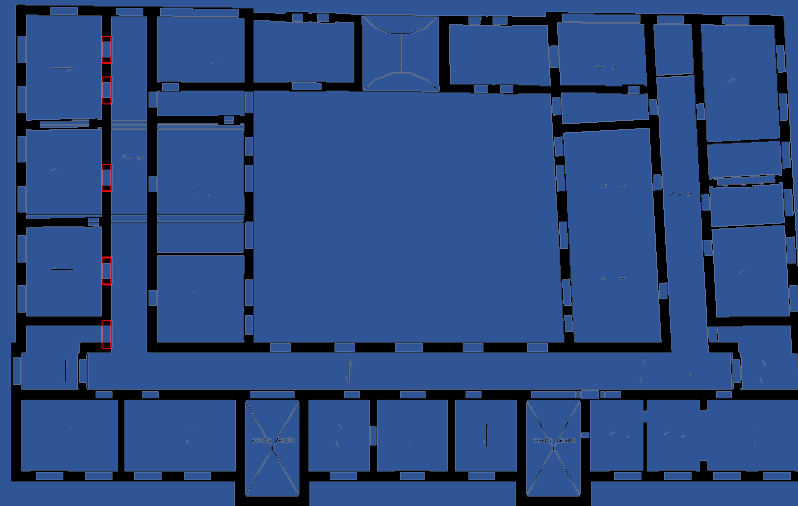
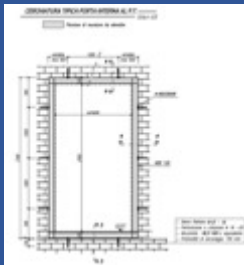


La struttura è costituita da muratura lapidea (roccia calcarea caratteristica dell'area iblea, sistematicamente utilizzata nell'architettura storica) con orizzontamenti di calcestruzzo armato e laterizi.



Sono stati valutati diversi interventi di rinforzo integrato (strutturale e termico).

È stata considerata anche una tecnica di rinforzo ibrida basata sull'utilizzo di reti in fibra di vetro e cerchiature in acciaio dei vani porta e finestra.



Edificio aule. Pianta del piano terra.

UNICT : Ivo Calì, Francesco Cannizzaro, Giuseppe Occhipinti (CNR-IGAG)

UNICA : Mauro Sassu, Flavio Stochino, F.Mistretta, A.Frattolillo, F. Pittau

UNIPI : Linda Giresini, F. Solarino, P. Croce

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## *Workshop*

*Progetto DPC\_ReLUIS 2019-2021*

*Roma 5 luglio 2022*

*WP: 5 Interventi di rapida esecuzione a basso  
impatto ed integrati*

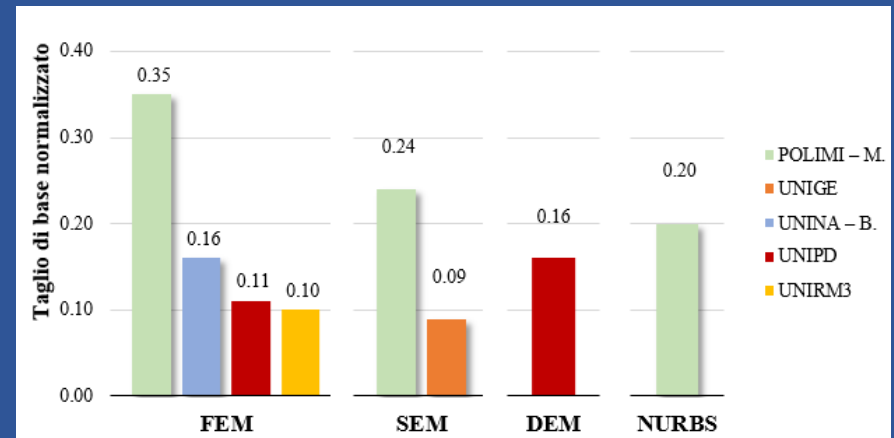
*TASK 5.3  
CASI STUDIO*

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

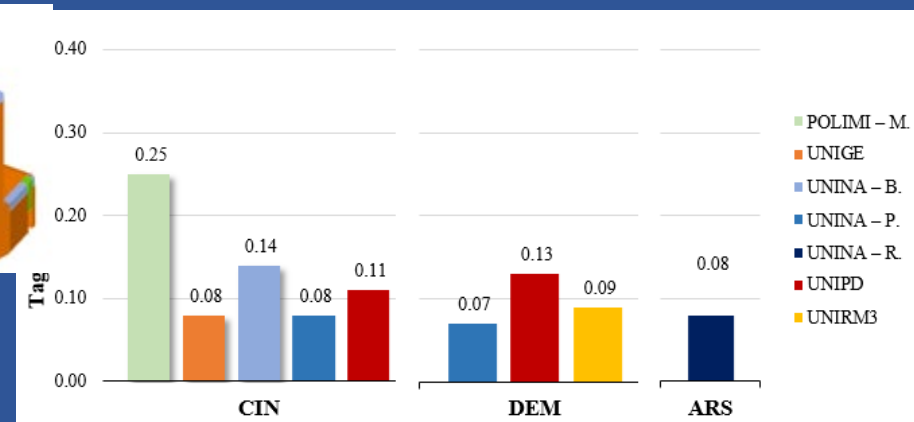
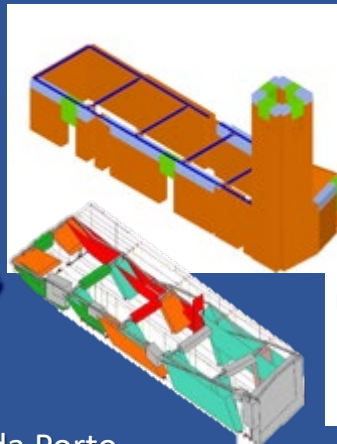
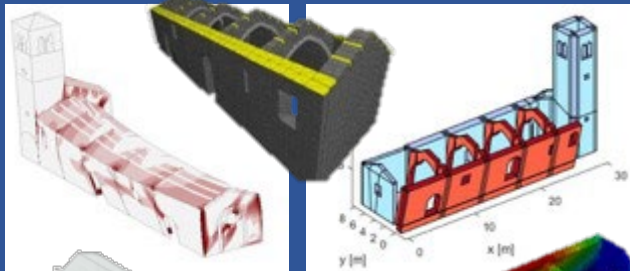
## Caso studio: San Martino dei Gualdesi



### MODELLI GLOBALI



### MODELLI LOCALI

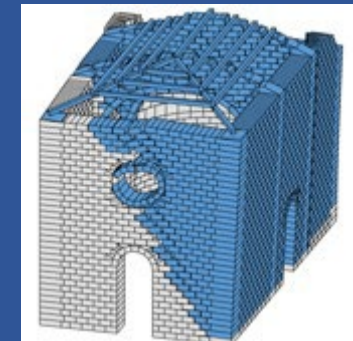
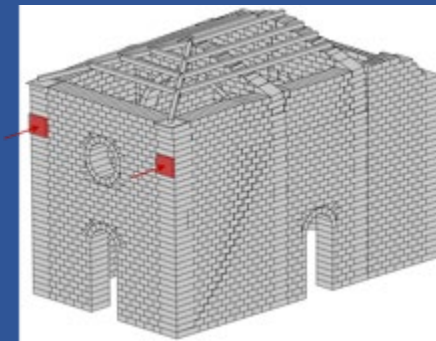
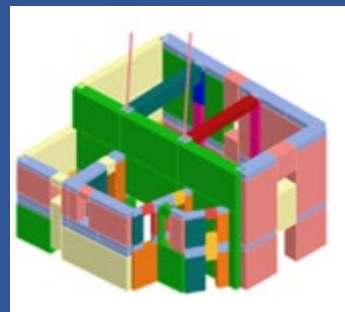
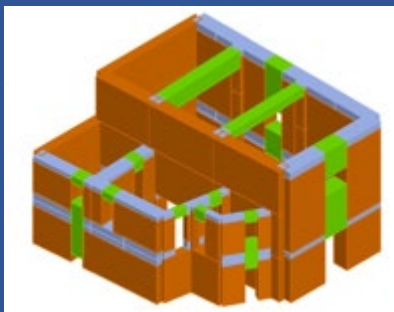
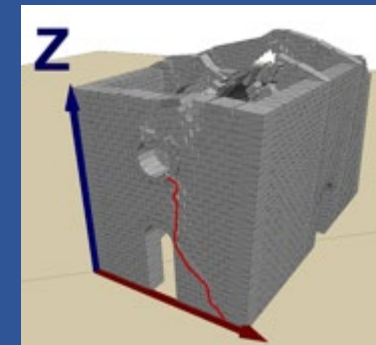
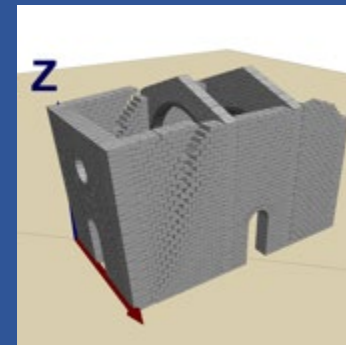


UR di coordinamento del caso: UNIPD – da Porto

Unità partecipanti al caso studio: ICT- MODENA; POLIMI – MILANI; POLIMI – PARISI; UNIGE – LAGOMARSINO; UNINA – BRANDONISIO; UNINA – PORTIOLI; UNINA – ROSATI; UNIRM – DE FELICE

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio: San Sebastiano

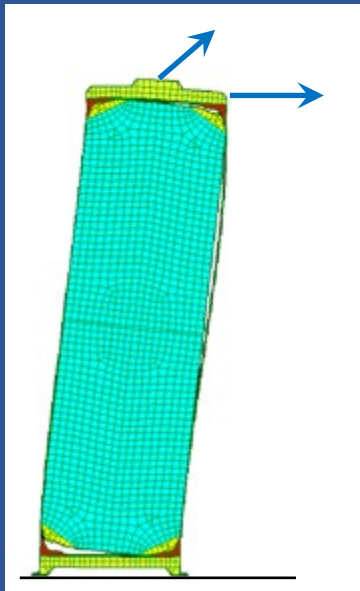
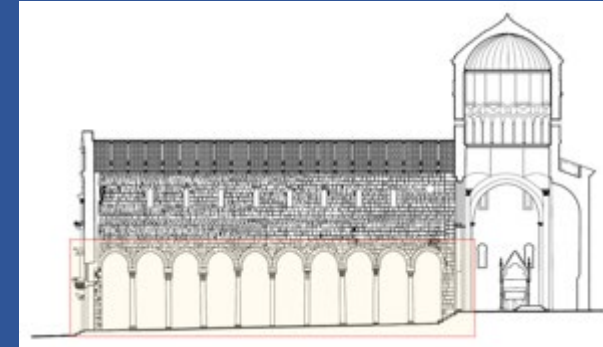
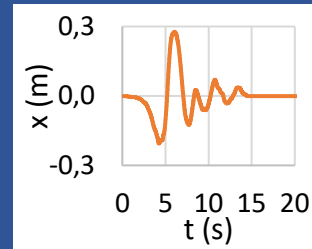
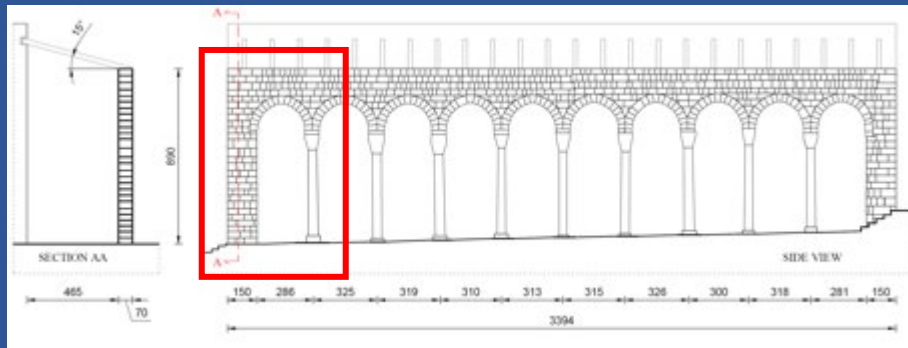


UR di coordinamento del caso: UNIPD – da Porto

Unità partecipanti al caso studio: ICT - MODENA, UNIGE – LAGOMARSINO; UNINA – PORTIOLI; UNINA – ROSATI;

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

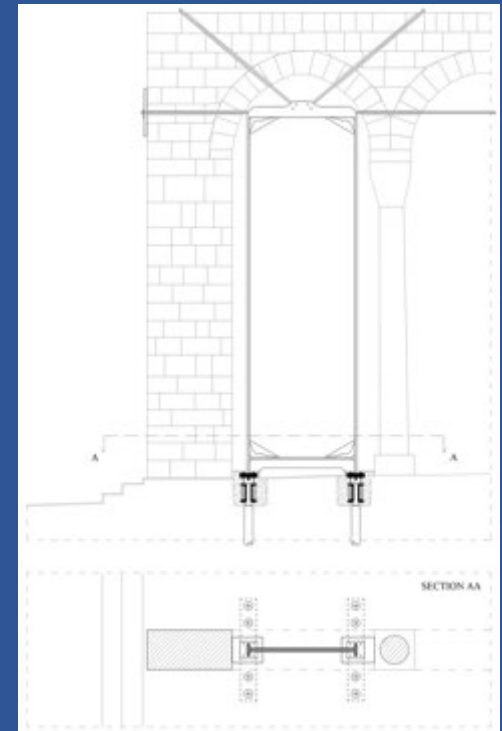
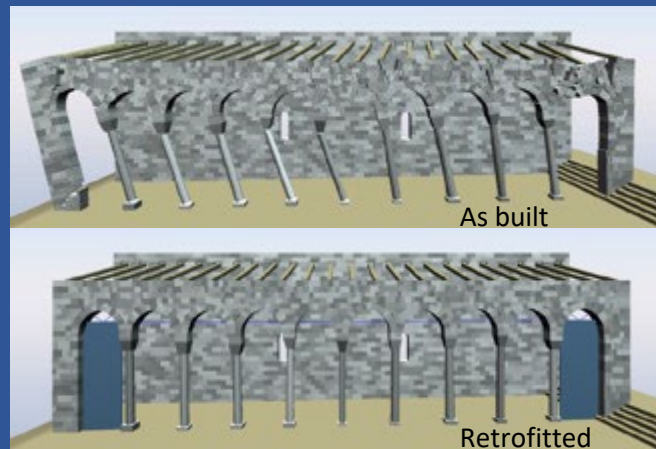
## Caso studio: Duomo di Casertavecchia



FEM for  
bracing design

+

DEM for  
bracing-structure  
interaction



Studio e progettazione di interventi di controventamento con pannelli di vetro

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## *Workshop*

*Progetto DPC\_ReLUIS 2019-2021*

*Roma 5 luglio 2022*

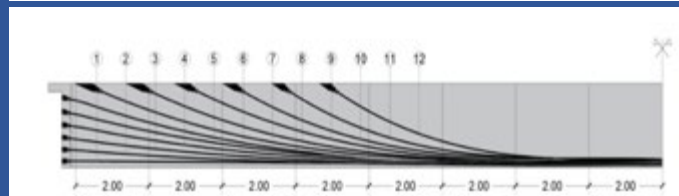
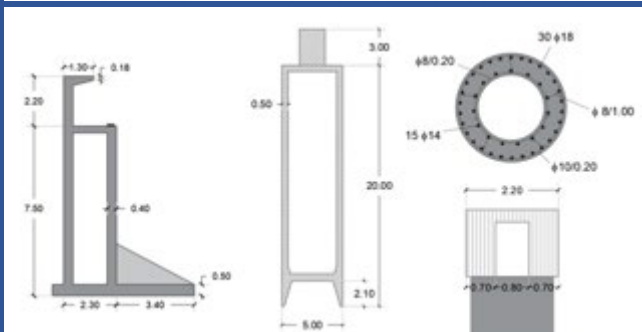
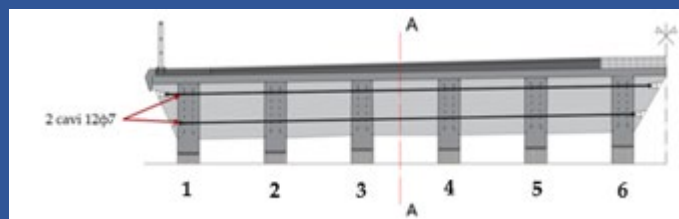
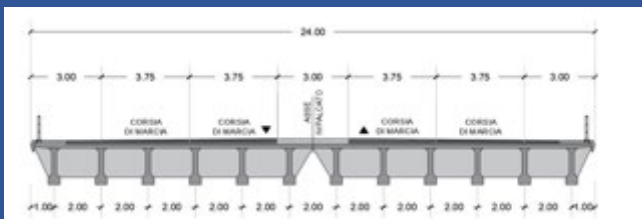
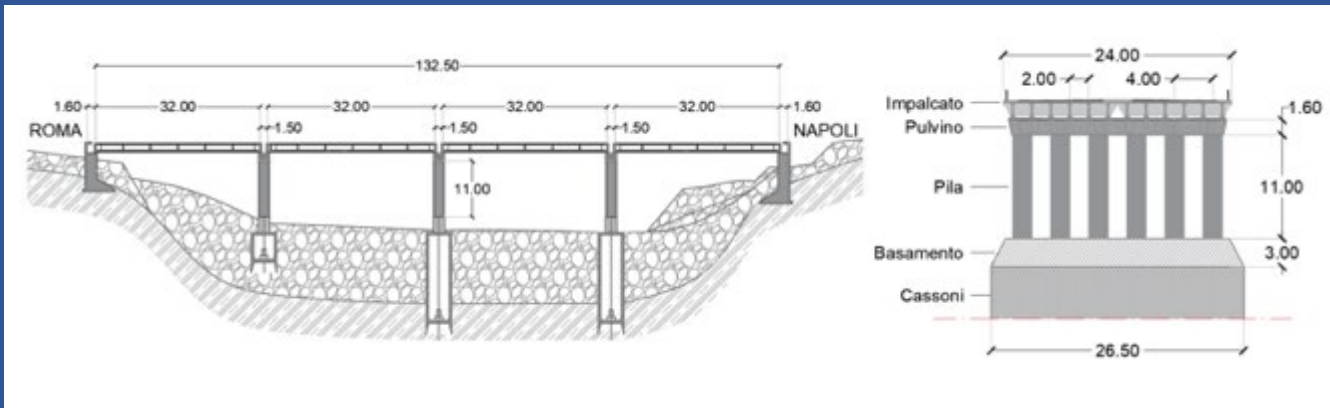
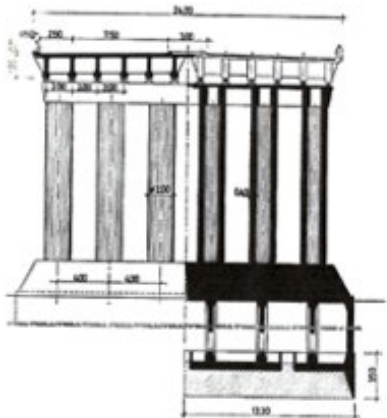
*WP: 5 Interventi di rapida esecuzione a basso  
impatto ed integrati*

*TASK 5.4  
CASI STUDIO*

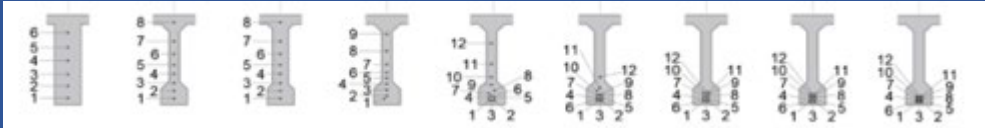


# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio: Ponte a travata isostatica in C.A.-C.A.P.



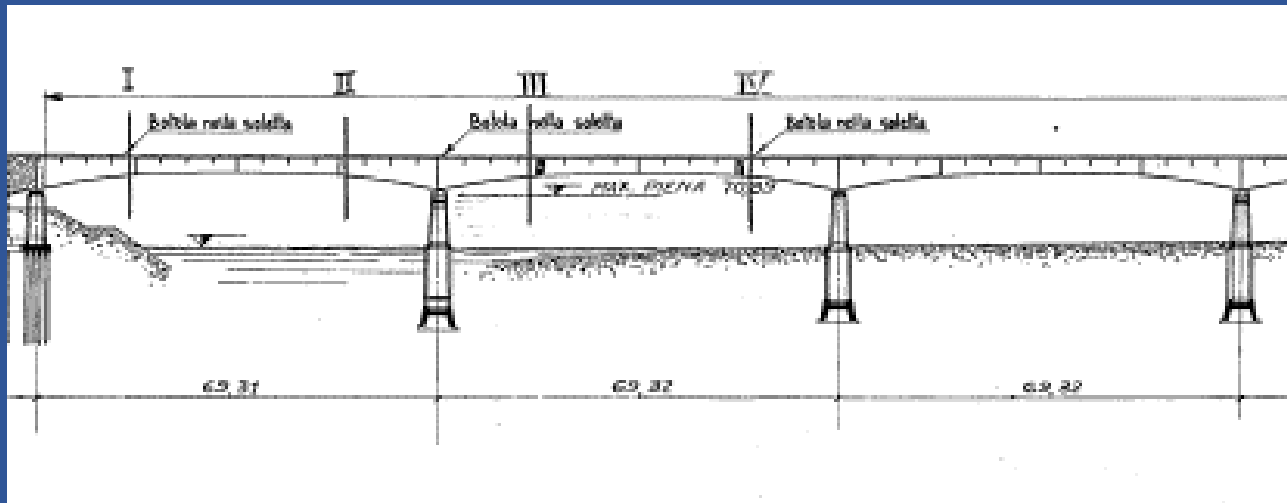
UR di coordinamento del caso: UniRoma1  
Unità partecipanti al caso studio: UniRoma1



# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio: VIADOTTO SUL PO (Autostrada A7)

- Opera in c.a., progettata e realizzata a cavallo degli anni '60 e soggetta a interventi di consolidamento e adeguamento sismico

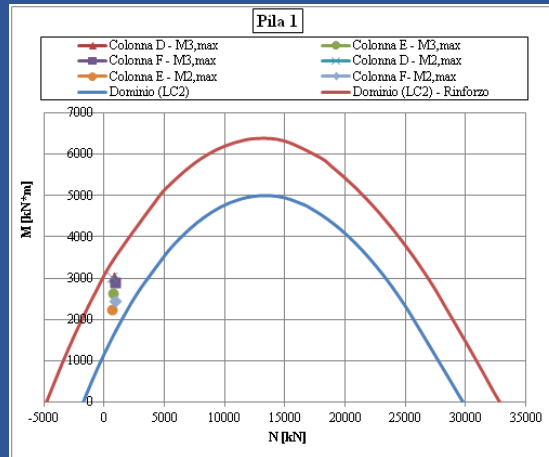
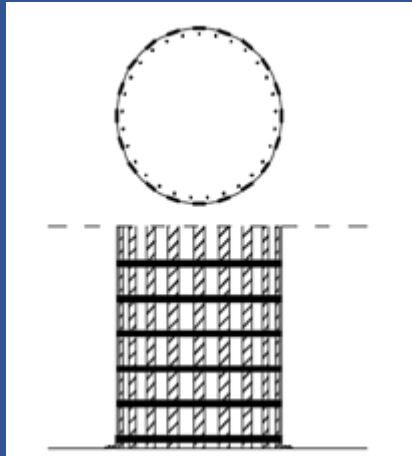


- 11 campate (luce 70m, lung. totale 800 m)
- Impalcato: 6 cassoni cellulari e 5 travi tampone (luce 35 m) su selle Gerber
- 10 pile a cassone
- Fondazioni miste (a cassone per pile, su pali per spalle)

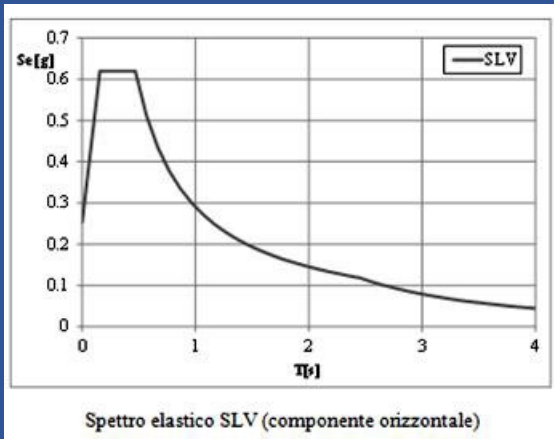
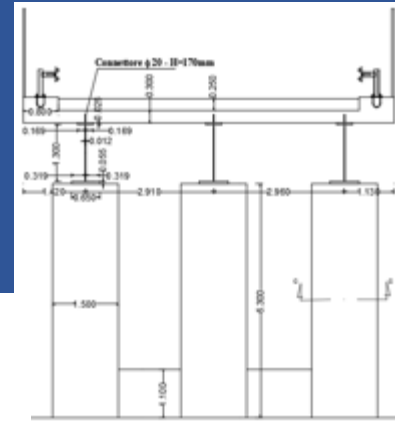
# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio: Adeguamento sismico di un ponte composto acciaio-CA

### Rinforzo pile in c.a. con piastre di acciaio



Increment of strength with negligible increment of stiffness



Progetto rigidezza isolatori K:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \Rightarrow 2 = 2\pi \sqrt{\frac{407,747}{K}} \Rightarrow K = 4020 \text{ kN/m}$$

-per ogni isolatore (6 isolatori per campata)  $K = 0.67 \text{ KN/mm}$

-In SLV:  $T = 2 \text{ s} \Rightarrow S_e = 0.168 \text{ g}$

$$S_{De} = S_e \times \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = 0.168 \times 9.81 \times \left(\frac{2}{2\pi}\right)^2 = 0.17 \text{ m} = 170 \text{ mm}$$

In SLC:  $T = 2 \text{ s} \Rightarrow S_e = 0.226 \text{ g}$

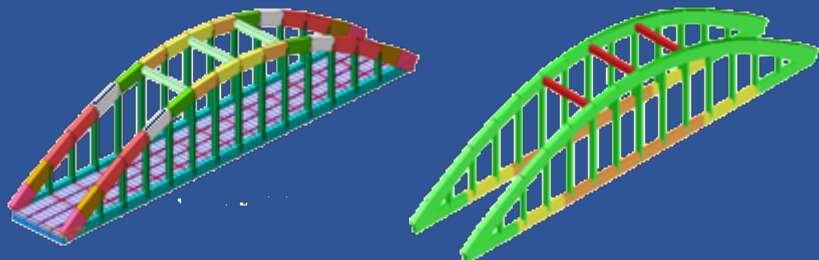
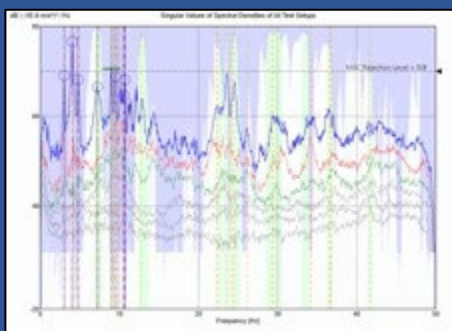
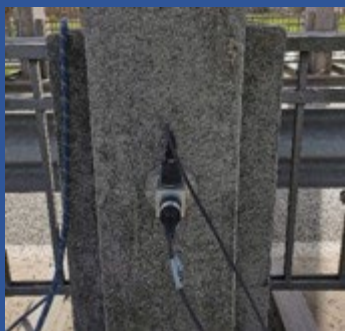
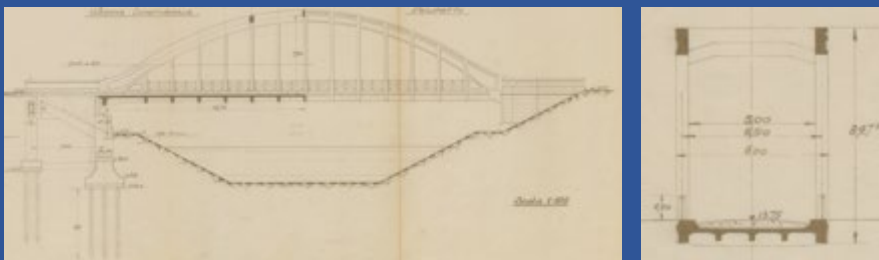
$$S_{De} = 0.226 \times 9.81 \times \left(\frac{2}{2\pi}\right)^2 = 0.25 \text{ m} = 250 \text{ mm}$$

The shear on piers reduces of 70-80%

# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio: Ponte ad arco a via inferiore in CA

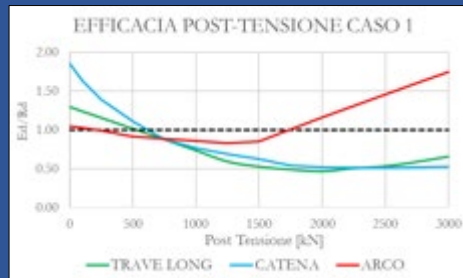
Analisi dello stato di fatto



Possibili strategie di intervento

STATICHE

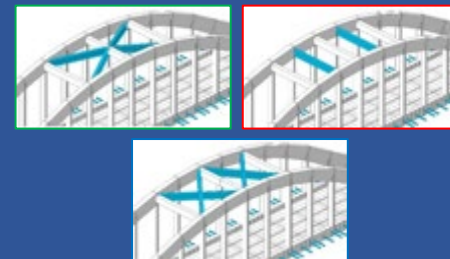
Post-tensione intradosso catena



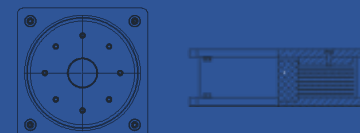
Rinforzo FRP intradosso catena

SISMICHE

Nuovo sistema di controventi

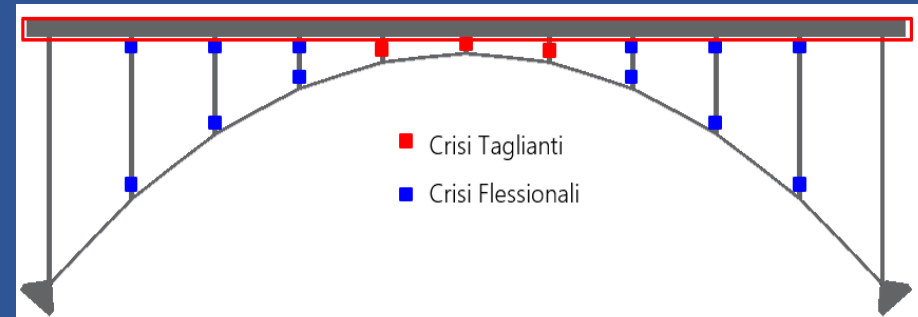
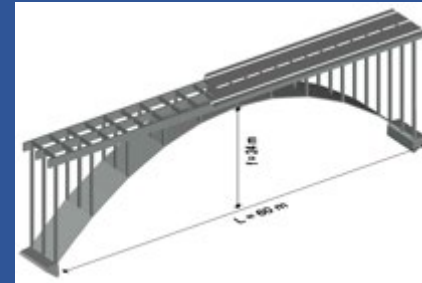
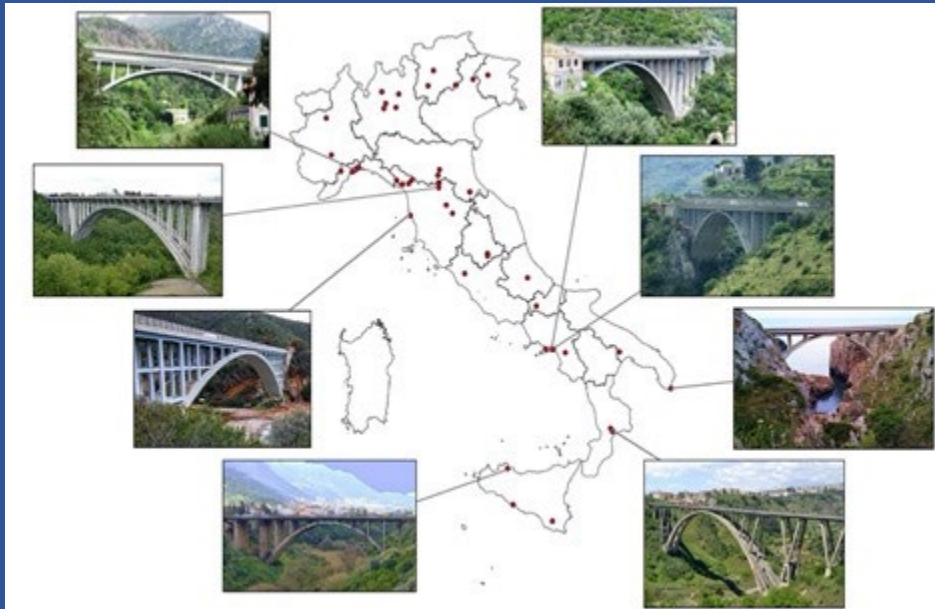


Nuovo sistema di isolamento

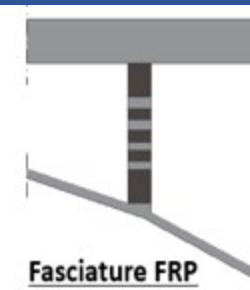


# Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

## Caso studio: Ponte ad arco a via superiore in CA



INTERVENTI:



*Utilizzo di varie fonti: ANAS, progetti, libri storici, manuali di progettazione  
Per collezione casi e progetto simulato*