



Rete dei Laboratori Universitari  
di Ingegneria Sismica e Strutturale

# Convegno ReLUIS



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

## Kick off del Progetto DPC\_ReLUIS 2024-2026

Napoli, 17-18 ottobre 2024

### WP7: ANALISI DATI POST SISMA

Coordinatore: Marco Di Ludovico Referente DPC: Elena Speranza

#### Unità partecipanti:

Università degli Studi di Napoli Federico II - Di Ludovico M.

Istituto per le Tecnologie delle Costruzioni, Consiglio Nazionale delle Ricerche, L'Aquila - Mannella A

Università di Perugia – Speranzini E.

Università di Bologna – Savoia M., Ferretti F.

Università di Camerino - Dall'Asta A.

Università degli studi della Basilicata – A. Masi, V. Manfredi

Università di Roma Sapienza – Pampanin S.

Università del Salento – M.A. Aiello

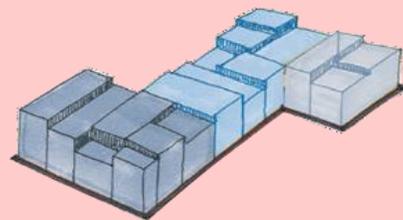
Università degli Studi "G. d'Annunzio« Chieti – Pescara – Spacone E. – G. Brando

Università degli Studi di Napoli Federico II - Asprone D.

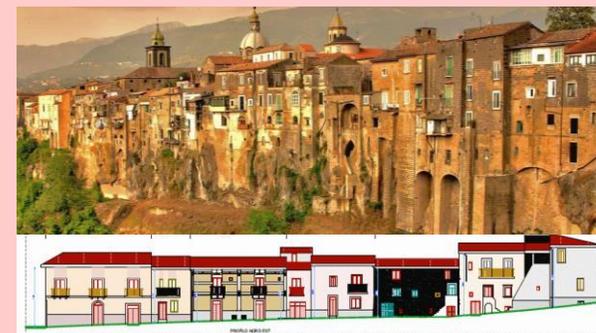
.... In continuità con il progetto ReLUIS 2022-2024....

## ❖ EDILIZIA RESIDENZIALE

- VULNERABILITÀ
- DANNO
- COSTI



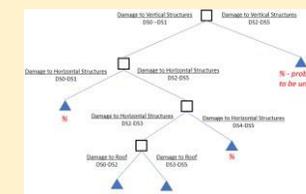
**AGGREGATI**



## ❖ SCUOLE ED ATTIVITA' PRODUTTIVE

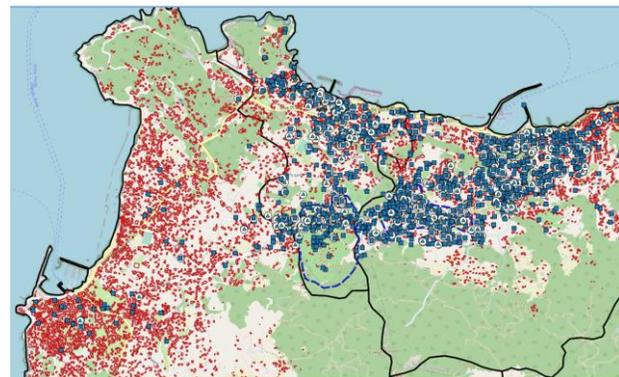


## ❖ INTELLIGENZA ARTIFICIALE E MACHINE LEARNING



.... Dal progetto ReLUIIS 2022-2024....alcune applicazioni utili....

## 2017 SISMA CASAMICCIOLA TERME



1200 Schede AeDES

- ANALISI DATI SEZIONE 3 – TIPOLOGIA COSTRUTTIVA
- ANALISI DATI SEZIONE 4 - DANNO



DEFINIZIONE DI  
LIVELLI OPERATIVI D'UFFICIO

## LIVELLI OPERATIVI D'UFFICIO ADOTTATI NELL'AMBITO DELLA RICOSTRUZIONE



Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Il Commissario Straordinario per la Ricostruzione  
nei territori dell'isola d'Ischia interessati dal sisma del 21 agosto 2017

Ordinanza n. 17 del 31 maggio 2022

Articolo 12  
(Livelli operativi)

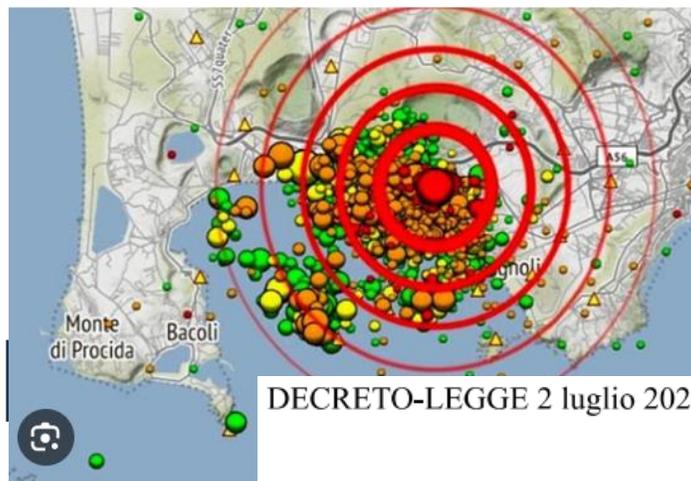
1. La classificazione dei livelli operativi degli interventi, ai fini della determinazione del costo convenzionale calcolato sulla base della combinazione tra “stati di danno rilevati” e “gradi di vulnerabilità dell’edificio”, è contenuta nel documento intitolato “Livelli Operativi”, che costituisce allegato alla presente Ordinanza (All.2), che contiene la valutazione del Livello Operativo, svolta sulla base delle analisi di danno e vulnerabilità e associato a ciascun edificio individuato dalla corrispondente scheda AeDES.
2. È fatta salva la facoltà del proprietario di presentare osservazioni in merito alla classificazione dei livelli operativi di cui al comma precedente, entro il termine di 60 giorni dalla data di pubblicazione della presente Ordinanza. Ove siano oggettivamente riscontrabili errori tecnici nella classificazione dei livelli operativi, è altresì possibile, previa adeguata motivazione, presentare una nuova proposta di classificazione unitamente al progetto.

.... Dal progetto ReLUIS 2022-2024....alcune applicazioni utili ....

## 2024 CAMPI FLEGREI

Stima dei costi di riparazione e riqualificazione degli edifici residenziali danneggiati dal sisma di 4.4 del 20 Maggio 2024

Tipologia costruttiva	ESITO DI AGIBILITA'				TOTALE
	A	B	C	E	
C.A.	121	69	4	8	202
Muratura	104	50	3	28	185
Mista	51	27	2	11	91
<b>Totale</b>	<b>276</b>	<b>146</b>	<b>9</b>	<b>47</b>	<b>478</b>



DECRETO-LEGGE 2 luglio 2024, n. 91

Misure urgenti di prevenzione del rischio sismico connesso al fenomeno bradisismico nell'area dei Campi Flegrei e per interventi di protezione civile e di coesione. (24G00109)

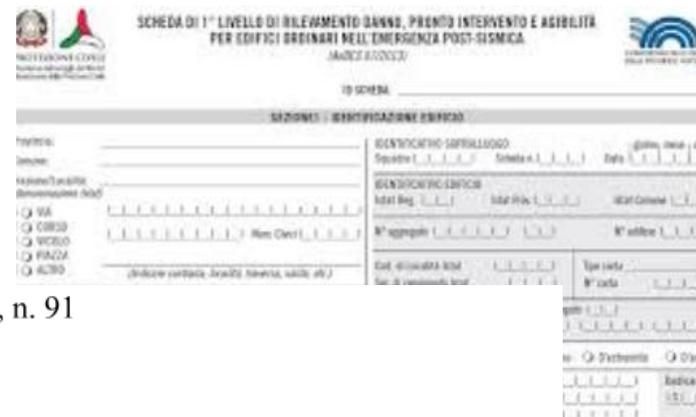
(GU n.153 del 2-7-2024)

ART. 8

(Misure urgenti per la riparazione e la riqualificazione sismica degli edifici residenziali inagibili)

- Al fine di favorire l'immediato utilizzo del patrimonio edilizio privato danneggiato dal sisma del 20 maggio 2024 verificatosi nell'ambito della crisi bradisismica in atto nella zona dei Campi Flegrei, è autorizzata la spesa di euro 20 milioni nell'anno 2024 e di euro 15 milioni di euro per ciascuno degli anni 2025 e 2026 per il riconoscimento di contributi per la realizzazione degli interventi di riqualificazione sismica e di riparazione del danno di cui al comma 2 in favore dei nuclei familiari la cui abitazione principale, abituale e continuativa, sia stata danneggiata e sgomberata per inagibilità in esecuzione di provvedimenti adottati, entro la data di entrata in vigore del presente decreto, delle competenti autorità in conseguenza del predetto evento sismico del 20 maggio 2024. Il contributo di cui al precedente periodo spetta, altresì, in favore dei nuclei familiari la cui abitazione principale, abituale e continuativa, sia stata danneggiata e sgomberata per inagibilità in esecuzione di provvedimenti per i quali, alla data di entrata in vigore del presente decreto, sia stata chiesta la verifica di agibilità in conseguenza del predetto evento sismico del 20 maggio 2024.
- Il contributo di cui al comma 1 è concesso per metro quadro di superficie coperta dell'edificio, come individuata ai sensi dell'articolo 3, lettera ff)

## CAMPI FLEGREI Sciame sismico del 20 maggio 2024



.... al progetto ReLUIS 2024-2026....

10 UNITA' DI RICERCA

## STRUTTURA DEL WP7

### TASK 7.1: LA RICOSTRUZIONE POST-SEQUENZA SISMICA CENTRO ITALIA 2016-2017

UNINA<sub>A</sub> – CNR ITC – UNIPG – UNICAM - UNICH



### TASK 7.2: DANNI DA SISMA E POLITICHE DI RICOSTRUZIONE NEL PANORAMA INTERNAZIONALE

UNINA<sub>A</sub> -CNR ITC – UNIBO – UNISAL-UNIBAS



### TASK 7.3: INFLUENZA DEGLI INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO SISMICO SULLA RIPRESA E RICOSTRUZIONE POST-SISMA

UNINA<sub>A</sub> – UNIROMA – UNIBO - CNR ITC- UNIPG - UNICAM



### TASK 7.4: IDENTIFICAZIONE DEL DANNO ATTRAVERSO INTELLIGENZA ARTIFICIALE

UNINA<sub>A</sub> – UNINAB



.... *Il progetto ReLUIIS 2024-2026*....

## TASK 7.1: LA RICOSTRUZIONE POST-SEQUENZA SISMICA CENTRO ITALIA 2016-2017

UNINA<sub>A</sub> – CNR ITC – UNIPG – UNICAM - UNICH



- ❖ Raccolta, sistematizzazione e omogeneizzazione di dati relativi alla ricostruzione in Abruzzo, Marche e Umbria
- ❖ Incidenza delle peculiarità costruttive regionali su vulnerabilità, danno, livello operativo e costi di intervento
- ❖ Tempi di cantierizzazione, rientro della popolazione e ripopolamento/spopolamento dei centri storici

**Prodotto:** Database integrato della ricostruzione





## TASK 7.1: LA RICOSTRUZIONE POST-SEQUENZA SISMICA CENTRO ITALIA 2016-2017

- ❖ Raccolta, sistematizzazione e omogeneizzazione di dati relativi alla ricostruzione in **Abruzzo**, Marche e Umbria
- ❖ **Tempi di cantierizzazione, rientro** della popolazione e **ripopolamento/spopolamento** dei centri storici

### Fuori Centro Storico - FCS

### Centro Storico - CS

**57 comuni del cratere con 78624 aggregati**

**Circa 80,000 schede AeDES Abruzzo relative a 20.268 aggregati (26%)**

**10.330 aggregati con pratiche di ricostruzione**



**20.072 edifici  
(di cui 15601 a L'Aquila)**

**11,973 edifici analizzati nelle precedenti annualità**



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

SCHEDA DI 1° LIVELLO DI RILEVAMENTO DANNO, PRONTO INTERVENTO E AGIBILITÀ  
PER EDIFICI ORDINARI NELL'EMERGENZA POST-SISMICA  
(AeDES 07/2013)

ID SCHEDA: \_\_\_\_\_

SEZIONE I - IDENTIFICAZIONE EDIFICIO

Provincia: \_\_\_\_\_

Comune: \_\_\_\_\_

Frazione/Località: (denominazione Istat) \_\_\_\_\_

1  VIA \_\_\_\_\_

2  CORSO \_\_\_\_\_

3  VICOLO \_\_\_\_\_

4  PIAZZA \_\_\_\_\_

5  ALTRO \_\_\_\_\_  
(Indicare contrada, località, traversa, salita, etc.)

IDENTIFICATIVO SOPRALLUOGO  
Squadra n. \_\_\_\_\_ Scheda n. \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_ giorno mese anno

IDENTIFICATIVO EDIFICIO  
Istat Reg. \_\_\_\_\_ Istat Prov. \_\_\_\_\_ Istat Comune \_\_\_\_\_

N° aggregato \_\_\_\_\_ N° edificio \_\_\_\_\_

Cod. di Località Istat \_\_\_\_\_ Tipo carta \_\_\_\_\_  
Sez. di censimento Istat \_\_\_\_\_ N° carta \_\_\_\_\_

COORDINATE  piano UTM  geografiche  altro

Fuso \_\_\_\_\_ Datum \_\_\_\_\_ Nord/Lat \_\_\_\_\_  
(32-33-34)  ED50 \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  WGS84 Est/Long \_\_\_\_\_

Dati catastali Foglio \_\_\_\_\_ Allegato \_\_\_\_\_  
Particelle \_\_\_\_\_

Posizione edificio  Isolato  Interno  D'estremità  D'angolo




Libro bianco sulla ricostruzione privata fuori dai centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo del 6 aprile 2009

Libro bianco sulla ricostruzione privata dei centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo del 6 aprile 2009

2015

2022

5,775 edifici

€ 2,6 MLD

L'Aquila 2009

6,198 Edifici

1,595 UMI

1,421 Aggregati

€ 3 MLD

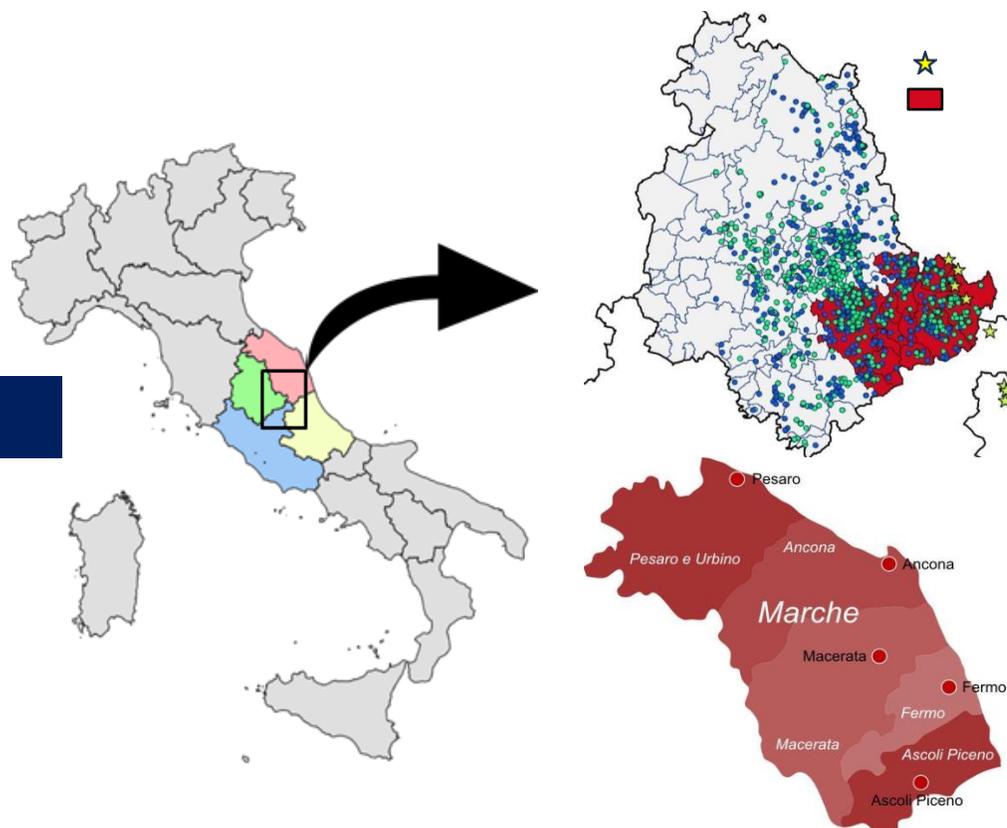
## TASK 7.1: LA RICOSTRUZIONE POST-SEQUENZA SISMICA CENTRO ITALIA 2016-2017



Referenti:  
Di Ludovico; Speranzini,  
Dall'Asta

- ❖ Raccolta, sistematizzazione e omogeneizzazione di dati relativi alla ricostruzione in Abruzzo, **Marche e Umbria**
- ❖ Incidenza delle **peculiarità costruttive regionali** su vulnerabilità, danno, livello operativo e costi di intervento

**Centro Italia 2016**



Ricostruzione leggera O.C. 4/2016	Ricostruzione pesante O.C. 19/2017
2216	1008
€0,40 mld	€1,24 mld

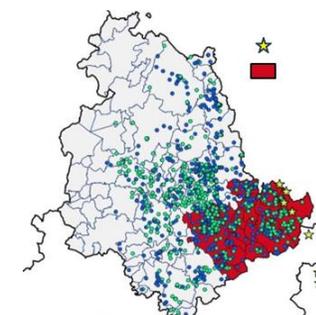
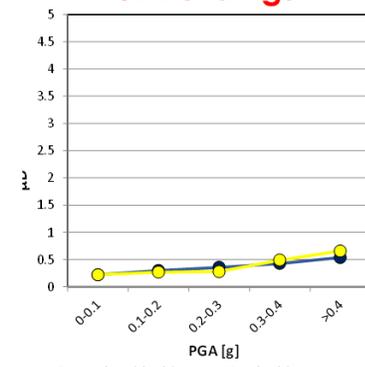
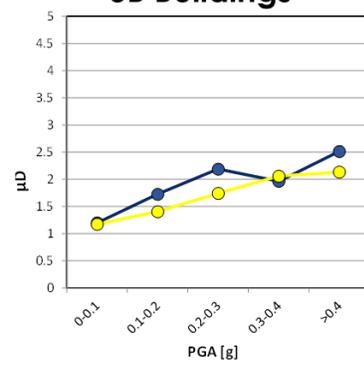
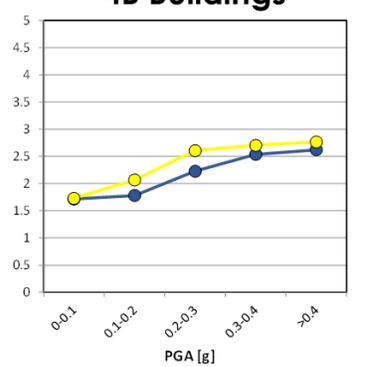
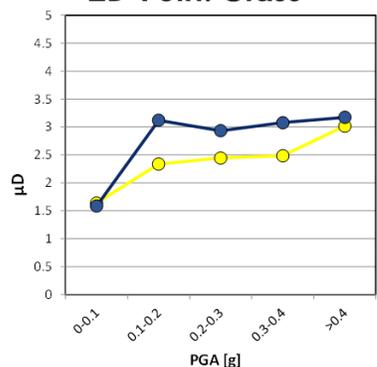
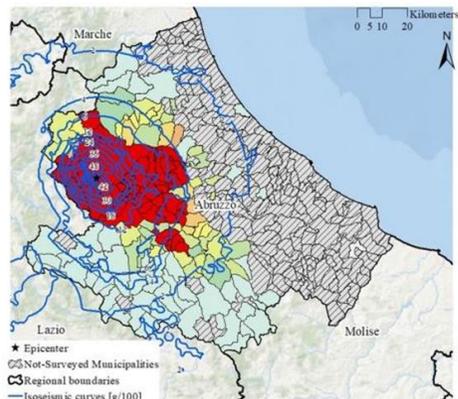
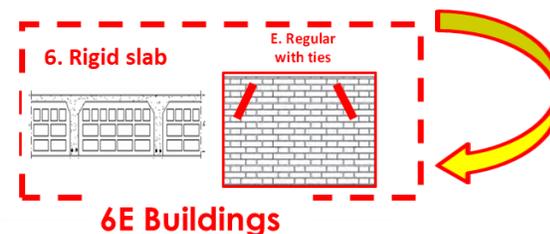
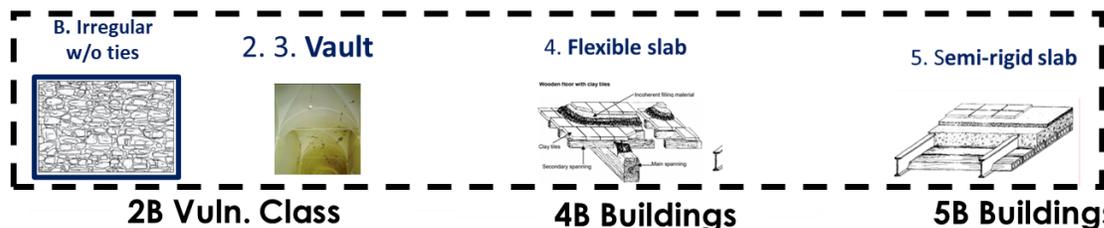
Ricostruzione leggera O.C. 4/2016	Ricostruzione pesante O.C. 19/2017
5959	6032
€1,37 mld	€8,27 mld



Referenti:  
Di Ludovico; Speranzini,  
Dall'Asta

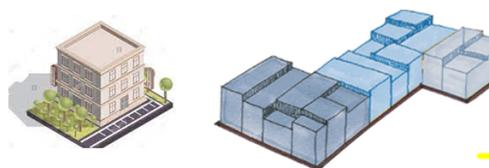
## TASK 7.1: LA RICOSTRUZIONE POST-SEQUENZA SISMICA CENTRO ITALIA 2016-2017

❖ Incidenza delle peculiarità costruttive regionali su vulnerabilità, danno, livello operativo e costi di intervento



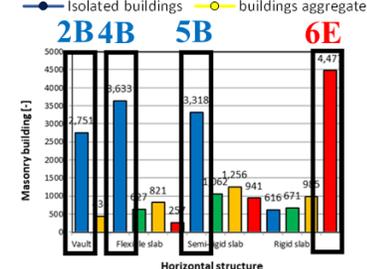
(OHC)  
Masonry Buildings

● Isolated buildings



(IHC)  
Masonry Aggregate Buildings

● buildings aggregates



.... Il progetto ReLUIS 2024-2026....

## TASK 7.2: DANNI DA SISMA E POLITICHE DI RICOSTRUZIONE NEL PANORAMA INTERNAZIONALE

UNINAA -CNR ITC – UNIBO – UNISAL -UNIBAS



- ❖ Sistematizzazione dei dati-Ricognizione in-situ dei danni
- ❖ Analisi di casi studio
- ❖ Analisi processi di ricostruzione internazionali
- ❖ **Prodotto:** Report osservazioni di ricognizione , Report sulle politiche di ricostruzione internazionali



## TASK 7.2: DANNI DA SISMA E POLITICHE DI RICOSTRUZIONE NEL PANORAMA INTERNAZIONALE

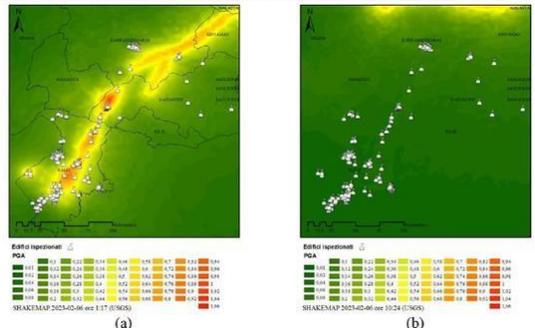
UNINAA -CNR ITC – UNIBO – UNISAL -UNIBAS



**Mission**  
**ReLUIS and EUCENTRE, in collaboration with**  
**METU and TEDU Universities of Ankara**



Sopralluoghi su **204 edifici scolastici** (scuole primarie e secondarie) delle province di Hatay, Maras, Antep e Adana



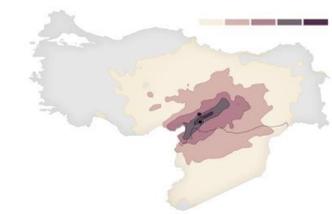
EUCENTRE FOR YOUR SAFETY reluis  
**Italian Joint Reconnaissance Mission**

# Türkiye

May 8<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup> 2023

In collaboration with:  
 TED ÜNİVERSİTESİ ODTÜ METU

<https://www.reiuis.it/en/37-news/>



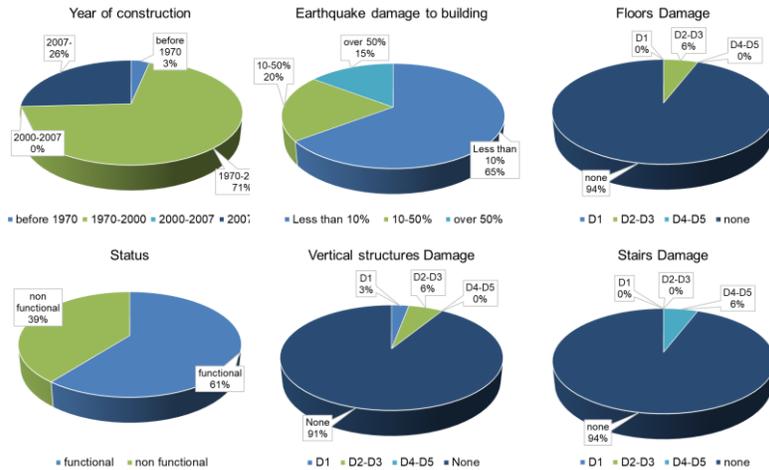
## TASK 7.2: DANNI DA SISMA E POLITICHE DI RICOSTRUZIONE NEL PANORAMA INTERNAZIONALE

UNINAA -CNR ITC – UNIBO – UNISAL -UNIBAS

### ➤ Analisi danno Osservato



Soft-story mechanism



### L'Aquila 2009



### Turkey-Syria 2023 – Province of hatay




EUCENTRE FOR YOUR SAFETY. reluis

Italian Joint Reconnaissance Mission

# Türkiye

May 8<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup> 2023

In collaboration with:



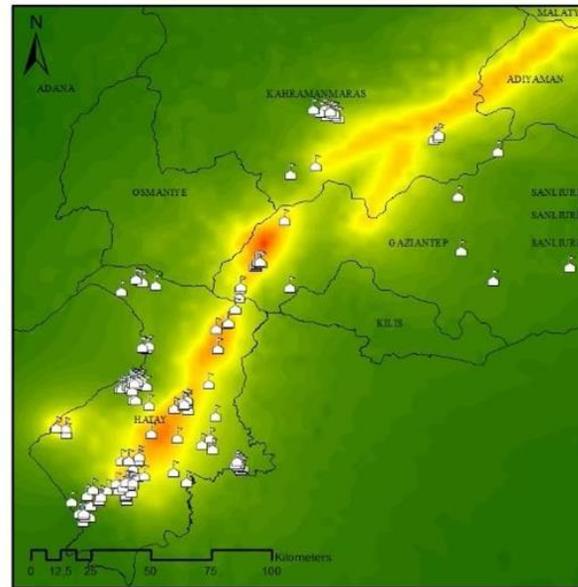

## TASK 7.2: DANNI DA SISMA E POLITICHE DI RICOSTRUZIONE NEL PANORAMA INTERNAZIONALE

UNINAA -CNR ITC – UNIBO – UNISAL -UNIBAS

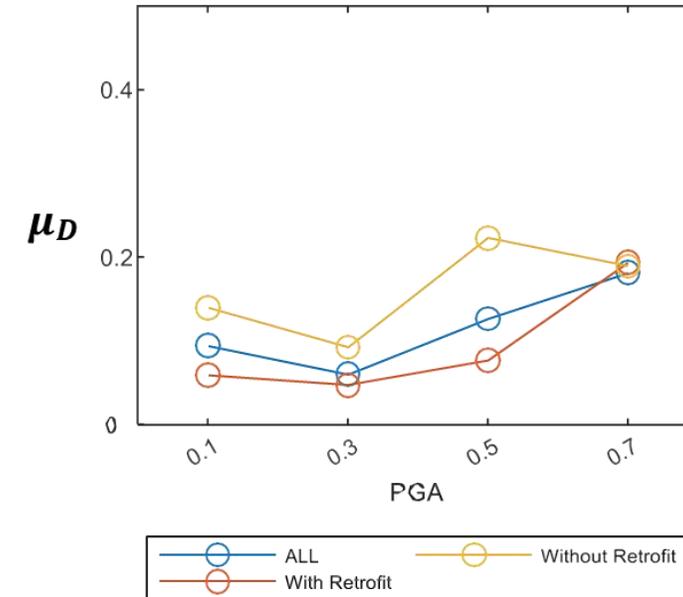
- Edifici scolastici ispezionati (circa 200)
- Analisi comparativa comportamento edifici **senza** o **con rinforzo**



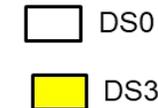
Inserimento di  
setti in ca.



- PGA (bin 0,2g) vs Damage (DS)



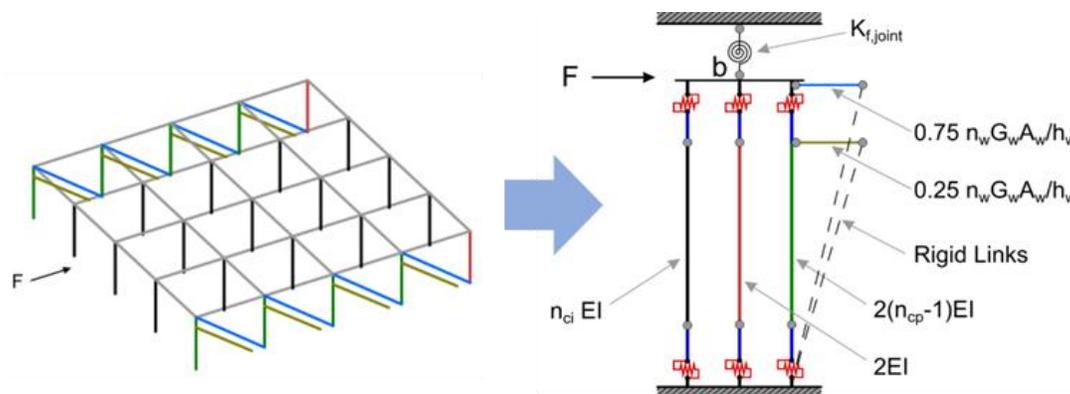
$$\mu_D = \frac{\sigma_i \cdot i \cdot N_b [DS = i]}{5 \sigma_i N_b [DS = i]}$$



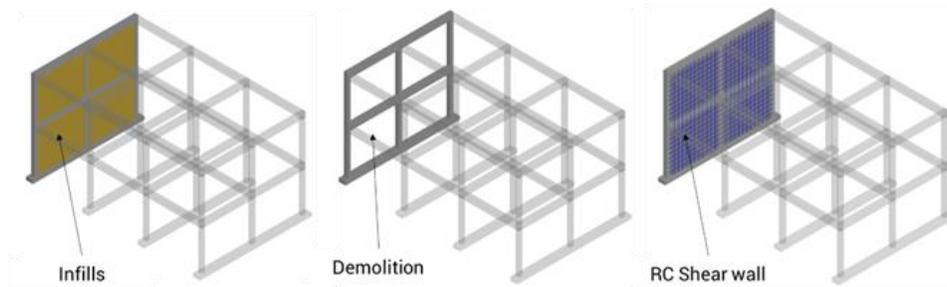
## TASK 7.2: DANNI DA SISMA E POLITICHE DI RICOSTRUZIONE NEL PANORAMA INTERNAZIONALE

UNINA<sub>A</sub> -CNR ITC – UNIBO – UNISAL -UNIBAS

- **Edifici scolastici ispezionati**
- **Analisi di casi studio:** sviluppo di modelli numerici semplificati per la simulazione delle prestazioni sismiche pre- e post-intervento.
- **Confronto pre-post sisma:** sviluppo di metodi semplificati per l'analisi speditiva delle performances pre- e post-sisma in presenza e assenza di interventi



Simplified model



Retrofit simulation

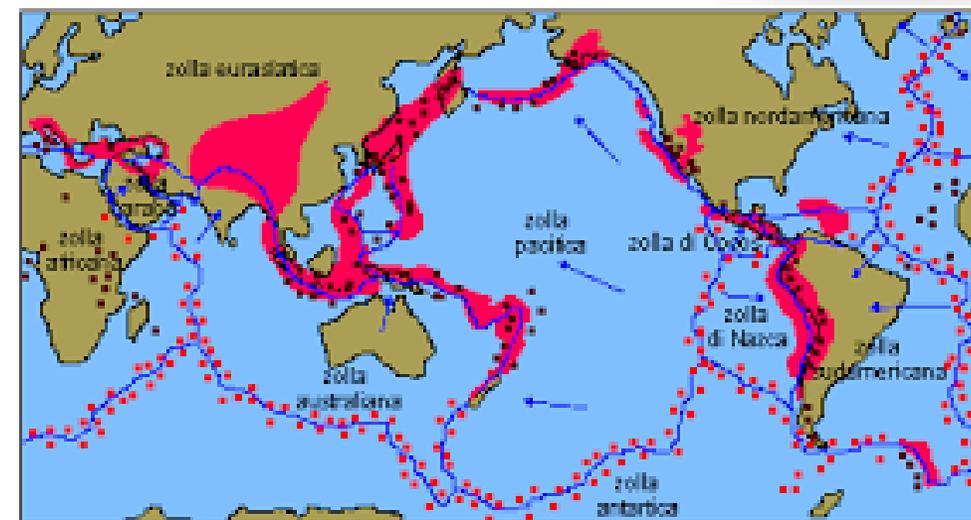
## TASK 7.2: DANNI DA SISMA E POLITICHE DI RICOSTRUZIONE NEL PANORAMA INTERNAZIONALE

UNINA<sub>A</sub> - CNR ITC – UNIBO – UNISAL - UNIBAS



### ➤ Ricognizione delle politiche di ricostruzione adottate in ambito internazionale

- ✓ Strategia di intervento (riparazione/miglioramento/adeguamento?)
- ✓ Livello di sicurezza post-intervento (build back better?)
- ✓ Integrazione con altri interventi (energetici, barriere architettoniche etc?)
- ✓ Tipologia contributo (statale/obbligo assicurazione?)
- ✓ Tempi di recupero (amministrativi, lavori, rientri)
- ✓ Limite di convenienza/sostenibilità interventi (riparabilità/demolizione)
- ✓ ...



Aree sismiche    
  Epicentri dei sismi    
  Vulcani attivi    
  Limite delle placche litosferiche

.... *Il progetto ReLUIS 2024-2026*....

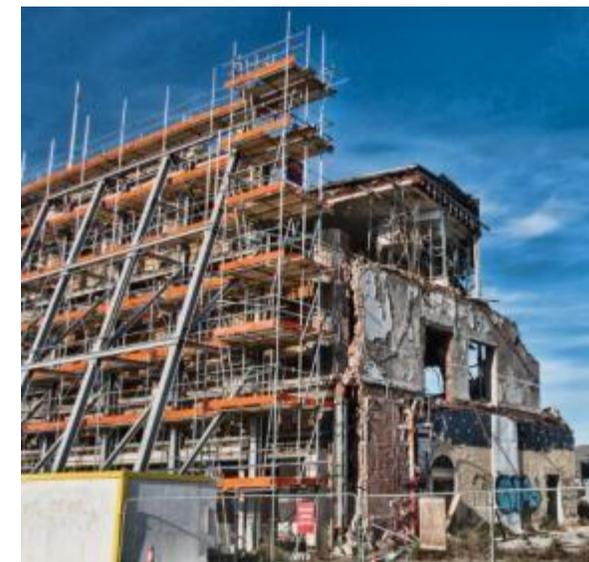
## TASK 7.3: INFLUENZA DEGLI INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO SISMICO SULLA RIPRESA E RICOSTRUZIONE POST-SISMA

UNINA<sup>A</sup> – UNIROMA – UNIBO - CNR ITC- UNIPG - UNICAM



- ❖ Efficacia degli interventi pre-sisma
- ❖ Tipologie di interventi post-sisma, costi e tempi di realizzazione su edilizia residenziale, scolastica e produttiva
- ❖ Fattori che influenzano la scelta di interventi di demolizione e ricostruzione

**Prodotto:** Criteri per l'ottimizzazione della scelta degli interventi post-sima



## TASK 7.3: INFLUENZA DEGLI INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO SISMICO SULLA RIPRESA E RICOSTRUZIONE POST-SIMA



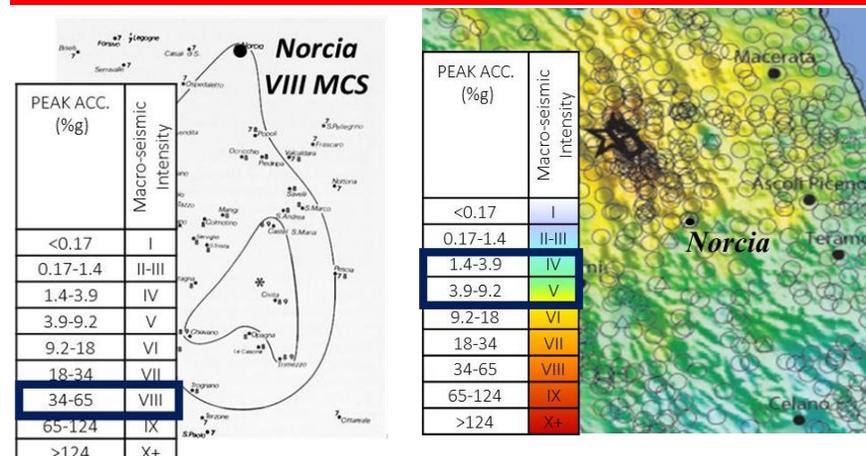
UR: UNINA- ITC CNR- UNIPG-UNICAM



Referenti:  
Di Ludovico; Mannella,  
Speranzini, Dall'Asta

- Interventi post sisma Umbria 1979/1997 Marche 1997: Efficacia interventi pre sisma 2016.
- Interventi post sisma Abruzzo Molise 1984: Efficacia interventi pre sisma 2016.

### UMBRIA 1979/1997- MARCHE 1997



### ABRUZZO 1984



Database	Nro US	Contributi 1979/1997	AeDES 2016	Contrib. 2016
DB_79	73	si	si	no*
DB_79_2016	129	si	si	si
DB_2016	99	no	si	si

- ❖ Analisi degli interventi messi in opera
- ❖ Efficacia interventi (riduzione danno)
- ❖ Impatto su ricostruzione post sisma più recente
- ❖ Analisi benefici costi interventi

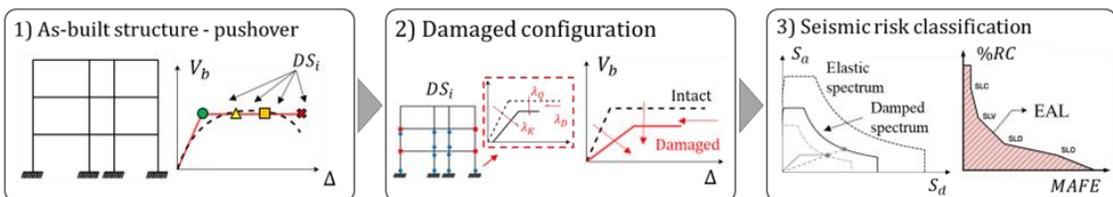
## TASK 7.3: INFLUENZA DEGLI INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO SISMICO SULLA RIPRESA E RICOSTRUZIONE POST-SIMA

UR: UNINA- UNIROMA



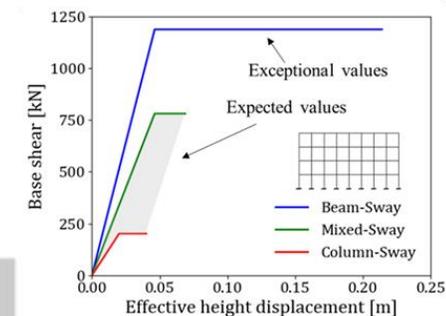
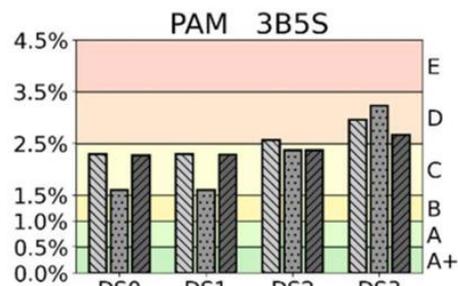
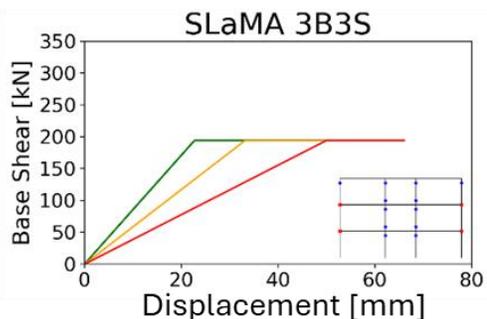
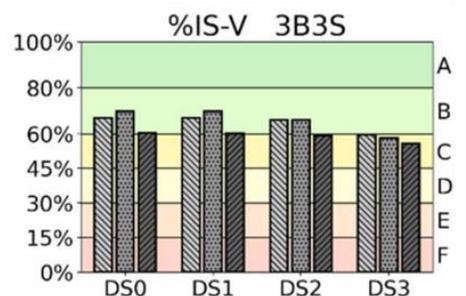
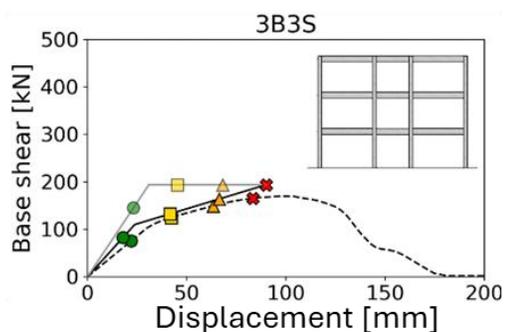
Referenti:  
Di Ludovico; Pampanin

- Sviluppo e calibrazione su casi reali di una metodologia SLaMA pre-sisma e post-sisma per strutture a telaio in c.a



- Studio ed applicazione di una metodologia semplificata basata sul metodo SLaMA per analisi di rischio sismico a differenti livelli di conoscenza dell'edificio

Applicazione a edificio scolastico esistente sito a Sulmona (AQ)



### Research Unit #1 (RU-1)

#### 1) Data collection process

- Definition of different level of building knowledge
- Develop data collection documents with increasing knowledge levels



### Research Unit #2 (RU-2)

#### 2) Uncertainties quantification

- Review of data collected
- Assumption/calculation to account for limited building knowledge



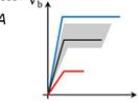
#### 4) Validation and decision-making

- Check results via analytical vs numerical comparison
- Definition of the next step in the knowledge-based assessment framework



#### 3) Vulnerability and risk assessment

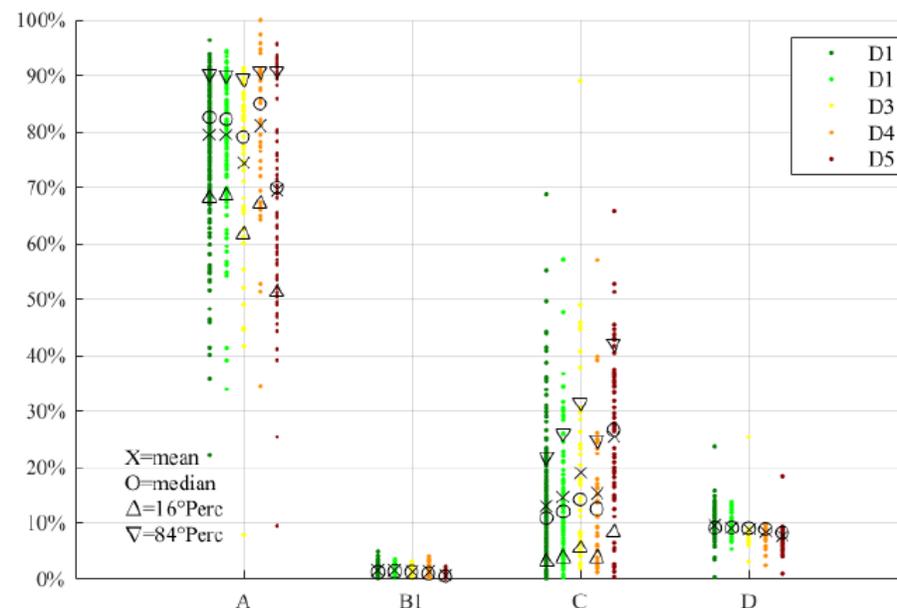
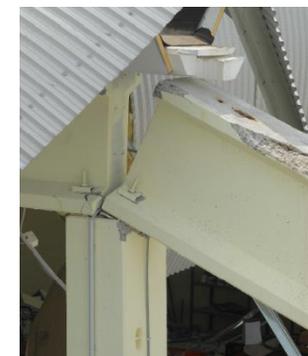
- Implement SLaMA method
- Perform safety evaluation and loss assessment



## TASK 7.3: INFLUENZA DEGLI INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO SISMICO SULLA RIPRESA E RICOSTRUZIONE POST-SISMA

### ➤ Valutazione dei costi indiretti evento-dipendenti per edifici industriali prefabbricati in c.a.

- Integrazione database sviluppato in precedenza (dati riguardanti tipologia e durata degli interventi, interruzione delle attività produttive)
- Ricalibrazione delle funzioni di conseguenza



#### Regione Emilia-Romagna

Database SFINGE: raccolta di richieste di finanziamento per la ricostruzione  
→ Ord. Commissariale 57/2012

#### CREAZIONE DI DATABASE:

- Database Tipologico:**  
600 edifici prefabbricati C.A.
- Database Strutturale:**  
150 edifici prefabbricati C.A.

- Costi convenzionali**
- Costi stimati**
  - Costi per interventi strutturali
  - Costi tecnici (es. iscrizione catasto, valutazione di conformità, etc.)
  - Costi per interventi non strutturali (finiture, impianti, etc...)
  - Oneri professionali
- Assicurazione**
- Fondi erogati:** minimo tra costi convenzionali e stimati, depurati dell'indennizzo dell'assicurazione



.... *Il progetto ReLUIS 2024-2026*....

## TASK 7.4: IDENTIFICAZIONE DEL DANNO ATTRAVERSO INTELLIGENZA ARTIFICIALE

UNINAA – UNINAB

- ❖ Catalogazione fotografica del danno
- ❖ Calibrazione di algoritmi per l'identificazione del danno

**Prodotto:** Galleria di immagini e algoritmo di riconoscimento danno; strumento di ausilio alla valutazione del danno empirico e di parametri utili al processo di ricostruzione

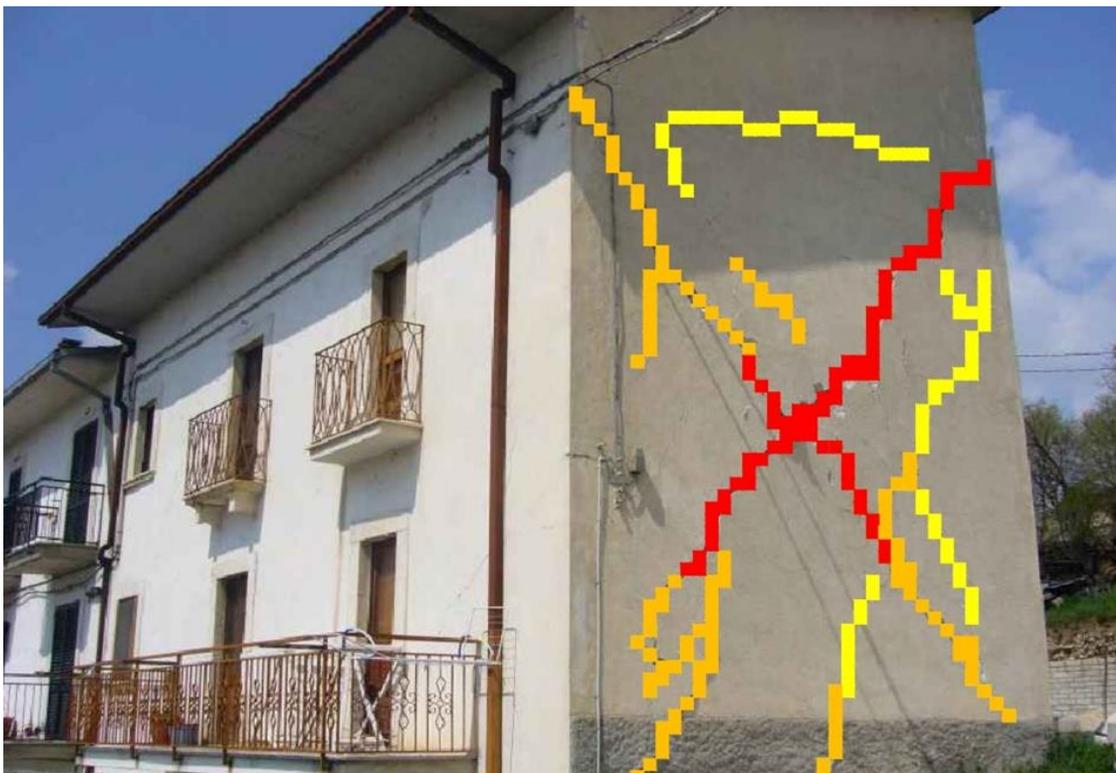


## TASK 7.4: IDENTIFICAZIONE DEL DANNO ATTRAVERSO INTELLIGENZA ARTIFICIALE

UNINAA – UNINAB



- **Ampliamento del dataset e test di valutazione accuratezza algoritmo sviluppato per muratura.**



Severità delle fessure:

**Giallo** = Fessure lievi

**Arancione** = Fessure moderate

**Rosso** = Fessure elevate

APPLICAZIONE MANUALE		Classe di danno
Percentuali		
% pixel crack	4.06%	
% pixel crack Low	26.97%	
% pixel crack Moderate	44.57%	
% pixel crack High	28.46%	

**Accuratezza 90-95%**

## TASK 7.4: IDENTIFICAZIONE DEL DANNO ATTRAVERSO INTELLIGENZA ARTIFICIALE

UNINAA – UNINAB



- **Estensione del dataset a strutture in cemento armato (c.a.):** immagini, video e dati relativi a strutture in cemento armato, provenienti da sopralluoghi post-sisma
- **Progettazione di un applicativo** per rilevare automaticamente danni strutturali in tempo reale.

### RILIEVO DEL DANNO

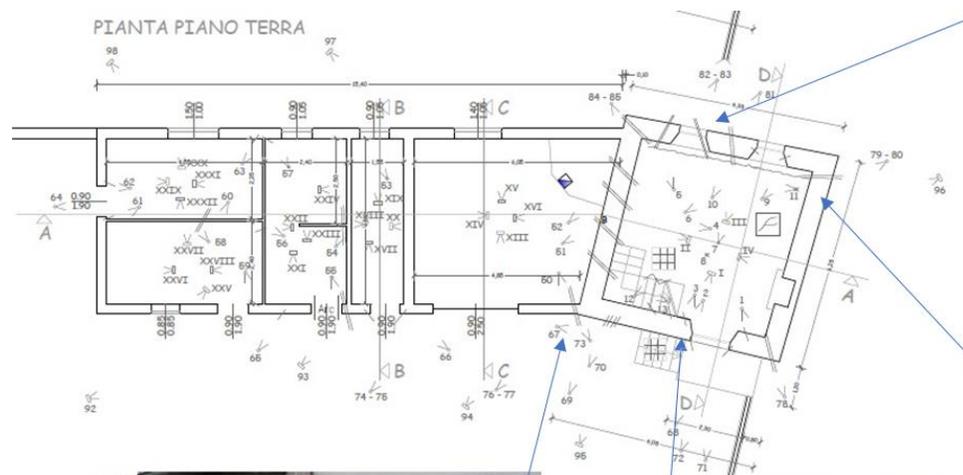
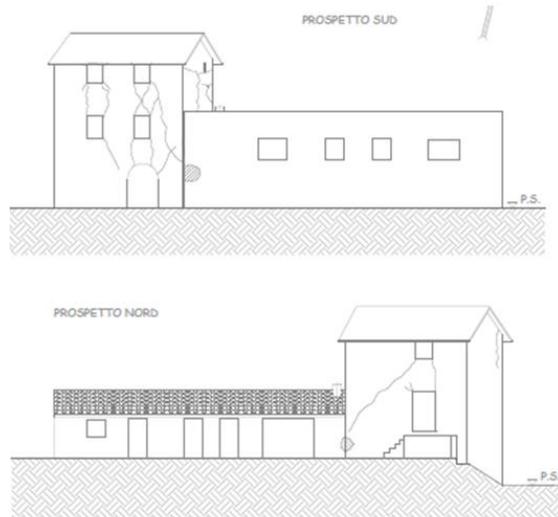


Foto n. 82



Foto n. 80

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto n. 73



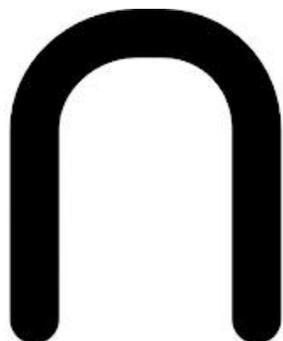
Foto n. 71

## TASK 7.4: IDENTIFICAZIONE DEL DANNO ATTRAVERSO INTELLIGENZA ARTIFICIALE

UNINAA – UNINAB



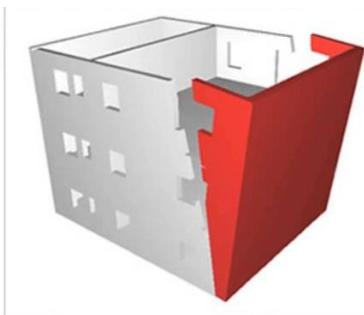
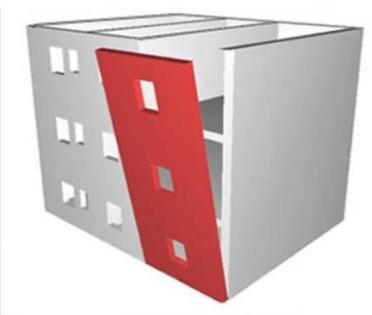
- **Valutazione della precisione dei modelli di rilevamento dei danni basati su immagini e video:** Agibilità, livelli operativi etc.



**Danno**



**Vulnerabilità**



**TABELLA 5- LIVELLI OPERATIVI**

Vulnerabilità	Stato di danno 1	Stato di danno 2	Stato di danno 3	Stato di danno 4
BASSA	L0	L1	L2	L4
SIGNIFICATIVA	L0	L1	L3	L4
ALTA	L0	L2	L3	L4

**TABELLA 6 - COSTI PARAMETRICI**

Costi parametrici riferiti ai livelli operativi della Tabella 5					
Costo parametrico	L0	L1	L2	L3	L4
Fino a 130 mq	400	850	1100	1250	1450
Da a 130 a 220 mq	330	750	900	1100	1250
Oltre 220 mq	300	650	800	950	1100

# Convegno ReLUIS

## Kick off del Progetto DPC\_ReLUIS 2024-2026

**Napoli, 17-18 ottobre 2024**

### **WP7: ANALISI DATI POST SISMA**

**Coordinatore: Marco Di Ludovico Referente DPC: Elena Speranza**

**....grazie per l'attenzione...**