



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Convegno ReLUIs



Progetto DPC_ReLUIs 2022-2024
Esposizione delle attività svolte e prospettive

Roma, 7 novembre 2023

WP 7 - ANALISI DATI POST SISMA
Marco Di Ludovico

TASK 7.1: EDIFICI RESIDENZIALI ISOLATI E AGGREGATI EDILIZI: DATI DI DANNO, INTERVENTI E COSTI DI RICOSTRUZIONE;

UNINAA – CNR ITC – UNIPG – UNICAM, UNIAQ - UNICH



TASK 7.2: EDIFICI SCOLASTICI E ATTIVITÀ PRODUTTIVE: DATI DI DANNO, INTERVENTI E COSTI DI RICOSTRUZIONE

UNINAA - CNR ITC – UNIBO -UNICAM



TASK 7.3: DANNO PER COMPONENTE E FUNZIONI DI CONSEGUENZA

UNINAA – UNIROMA



TASK 7.4: ANALISI DEL DANNO MEDIANTE INTELLIGENZA ARTIFICIALE E MODELLI DI MACHINE LEARNING

UNINAA – UNINAB



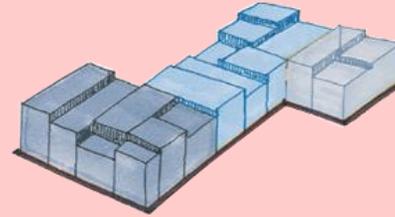
Referenti UR

Di Ludovico M., Mannella A., Marchetti A., Speranzini E.,
Fragiacomo M. Spacone E., Savoia M., Pampanin S., Asprone D,

9 UNITA' DI RICERCA

... In continuità con il progetto ReLUIS 2019-2021....

❖ EDILIZIA RESIDENZIALE



AGGREGATI



❖ SCUOLE ED
ATTIVITA' PRODUTTIVE

❖ INTELLIGENZA ARTIFICIALE E
MACHINE LEARNING

➤ Dall'edificio isolato all'Aggregato

Fuori Centro Storico - FCS

reluis FINTECNA CINEAS

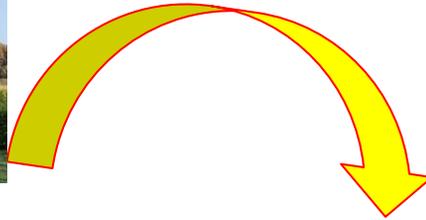
Libro bianco
sulla ricostruzione privata
fuori dai centri storici
nei comuni colpiti dal sisma
dell'Abruzzo del 6 aprile 2009

a cura di
Mauro Dolce
Gaetano Manfredi

2015



d/



CS L'Aquila




CS Barisciano



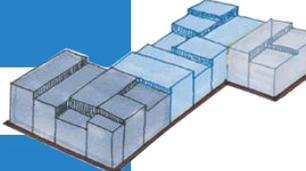
Centro Storico - CS

reluis USFPA Ufficio Nazionale per la Ricostruzione dell'Aquila u/s R C

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

a cura di
Marco Di Ludovico
Mauro Dolce
Andrea Prota

2022



d/

5,775 edifici

€ 2,6 MLD



6,198 Edifici

1,595 UMI

1,421 Aggregati

€ 3 MLD

INTRODUZIONE

CAPITOLO 1: Le procedure per la ricostruzione dell'edilizia privata nel post- sisma del 2009

CAPITOLO 2: Il processo di ricostruzione dei centri storici

CAPITOLO 3: Caratteristiche del costruito dei centri storici

CAPITOLO 4: Il danno rilevato nel costruito dei centri storici

CAPITOLO 5: Interventi di riparazione, rafforzamento sismico

CAPITOLO 6: Analisi dei costi

CAPITOLO 7: Analisi comparativa costi di ricostruzione fuori e dentro i centri storici

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

a cura di
Marco Di Ludovico
Mauro Dolce
Andrea Prota





VULNERABILITA' E DANNO

➤ Vulnerabilità

STRUTTURE VERTICALI

Strutture verticali		STRUTTURE IN MURATURA			
		B	C	D	E
Strutture orizzontali	Non identificate	tessitura irregolare e di cattiva qualità (Pietram non quadrato, cordoli,...)	tessitura regolare e di buona qualità (Blocchi; mattoni; pietra squadrata,...)		
		Senza catene cordoli	Con catene cordoli	Senza catene cordoli	Con catene cordoli
	A	B	C	D	E

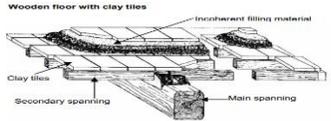
1	Non identificate	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Volte senza catene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2,3	con catene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Travi con soletta deformabile (travi in legno con semplice tavolato, travi e volte,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Travi con soletta semirigida (travi in legno con doppio tavolato, travi e tavelloni,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Travi con soletta rigida (solai di c.a., travi ben collegate a solette di c.a.,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

STRUTTURE ORIZZONTALI

2. 3. Volte



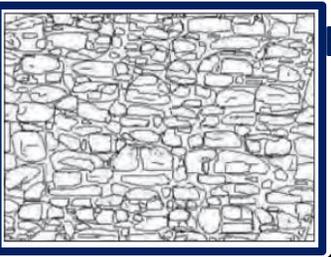
4. Solaio flessibile



5. Solaio semi-rigido



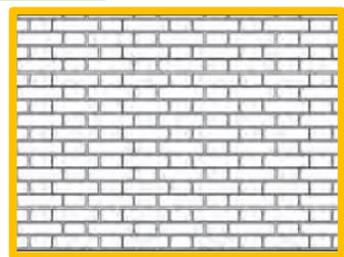
6. Solaio rigido

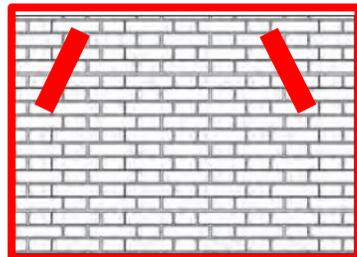
B. irregolare senza catene o cordoli



C. irregolare con catene o cordoli



D. regolare senza catene o cordoli

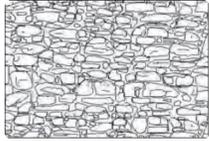


E. Regolare con catene o cordoli



Edifici isolati vs Edifici in aggregato

B. Irregolare
senza catene

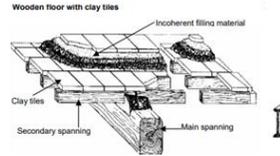


2B

2. 3. volte

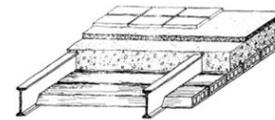


4. Travi con soletta
deformabile



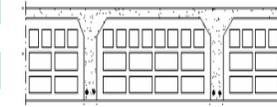
4B

5. Travi con soletta
semirigida



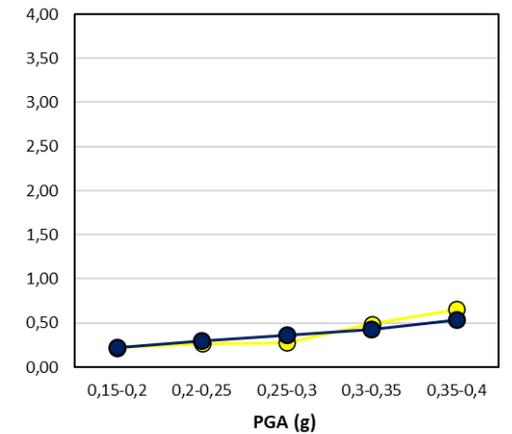
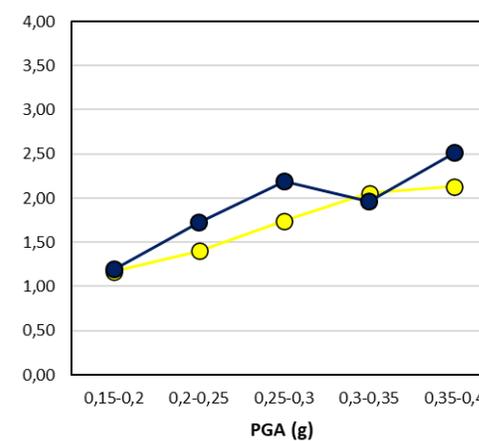
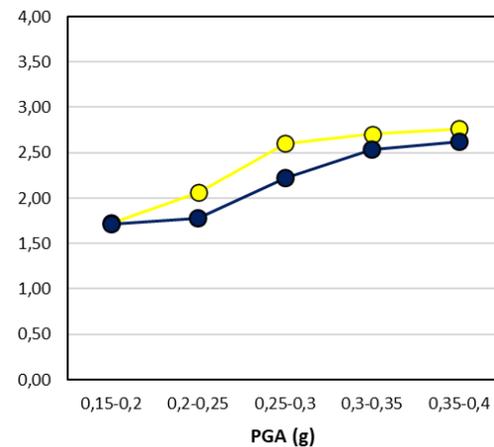
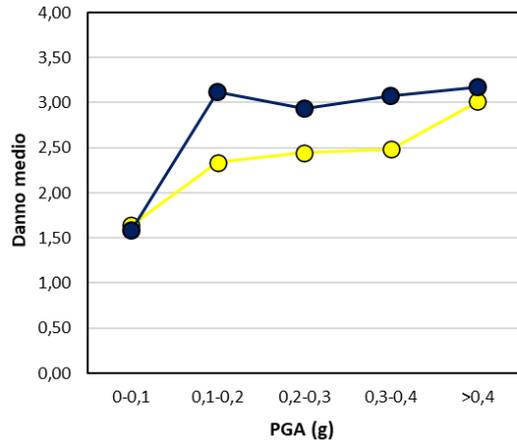
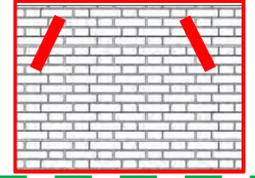
5B

6. Travi con soletta
rigida

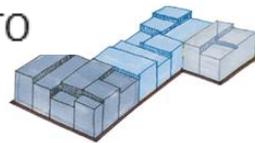


6E

E. Regolare con
catene



● ED IN AGGREGATO

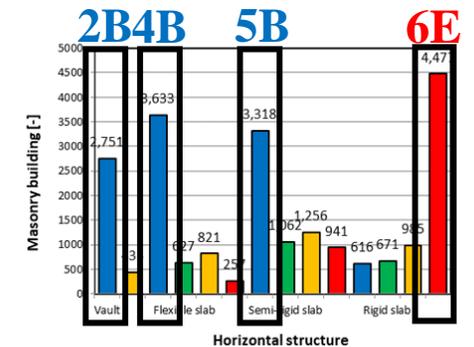


● ED ISOLATI



$$\mu_{D,j} = \frac{\sum_i DS_i(Iv_j)}{N_{ed}(Iv_j)}$$

A parità di classe di vulnerabilità accade che per alcune classi di vulnerabilità gli edifici isolati si danneggiano di più di quelli in aggregato (classi più vulnerabili con muratura scadente)



➤ Indice di danno per UMI

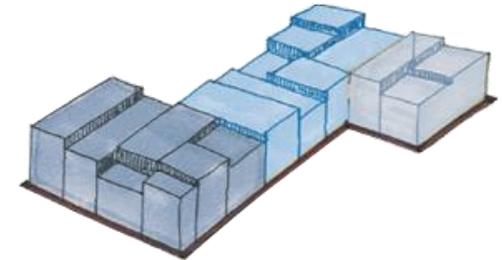
Edifici con danno diversi



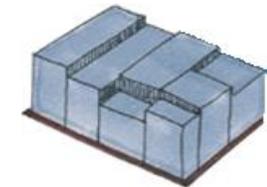
$$I_{DS,UMI} = \sum_i \frac{DS_i * S_{c,i}}{S_{c,UMI}}$$



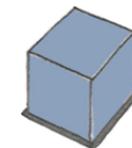
1,421 Aggregati



1,595 UMI

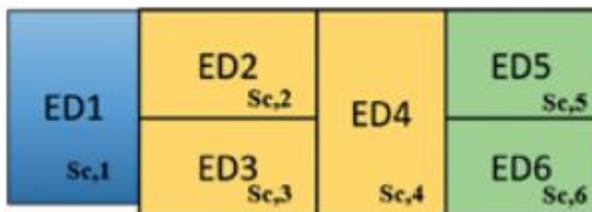


6,198 Edifici



- DS_i il danno globale dell' i -esimo edificio valutato in accordo alla metrica [Rota et al., 2008] o [Dolce et al., 2019]
- $S_{c,i}$ è la superficie lorda complessiva dell' i -esimo edificio;

- $S_{c,UMI}$ è la superficie lorda dell'intera UMI

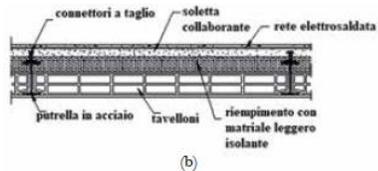


$$S_{c,UMI} = \sum_i S_{c,i}$$

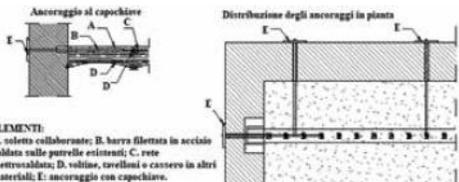
➤ Interventi più eseguiti nelle UMI soggette a miglioramento sismico.



Consolidamento SO



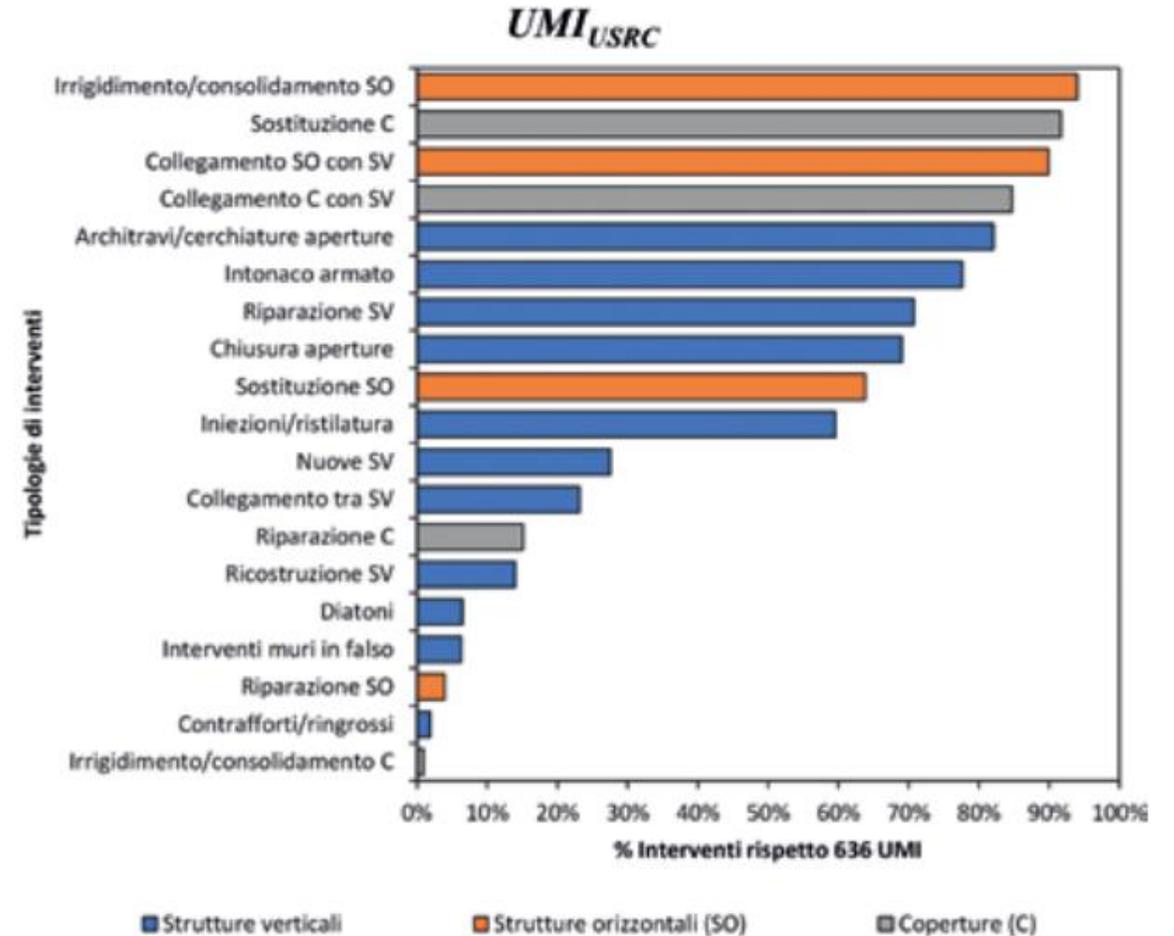
(b)



COLLEGAMENTO SO vs SV



CONSOLIDAMENTO SV



➤ Valutazione preliminare costi di intervento

Iniezioni in murature a sacco

Fasi costruttive

1. Spicconatura dell'intonaco
2. Perforazione e iniezione delle miscele
3. Rifacimento dell'intonaco
4. Tinteggiatura

Costo unitario per superficie interessata dall'intervento:

- strutturale = 130€/m²
- demolizione e ripristino delle finiture = 40 €/m²
- Totale: 170 €/m²



COSTI PER CATEGORIE DI EDIFICI

CATEGORIA EDIFICIO



EDIFICI CON VINCOLO DIRETTO



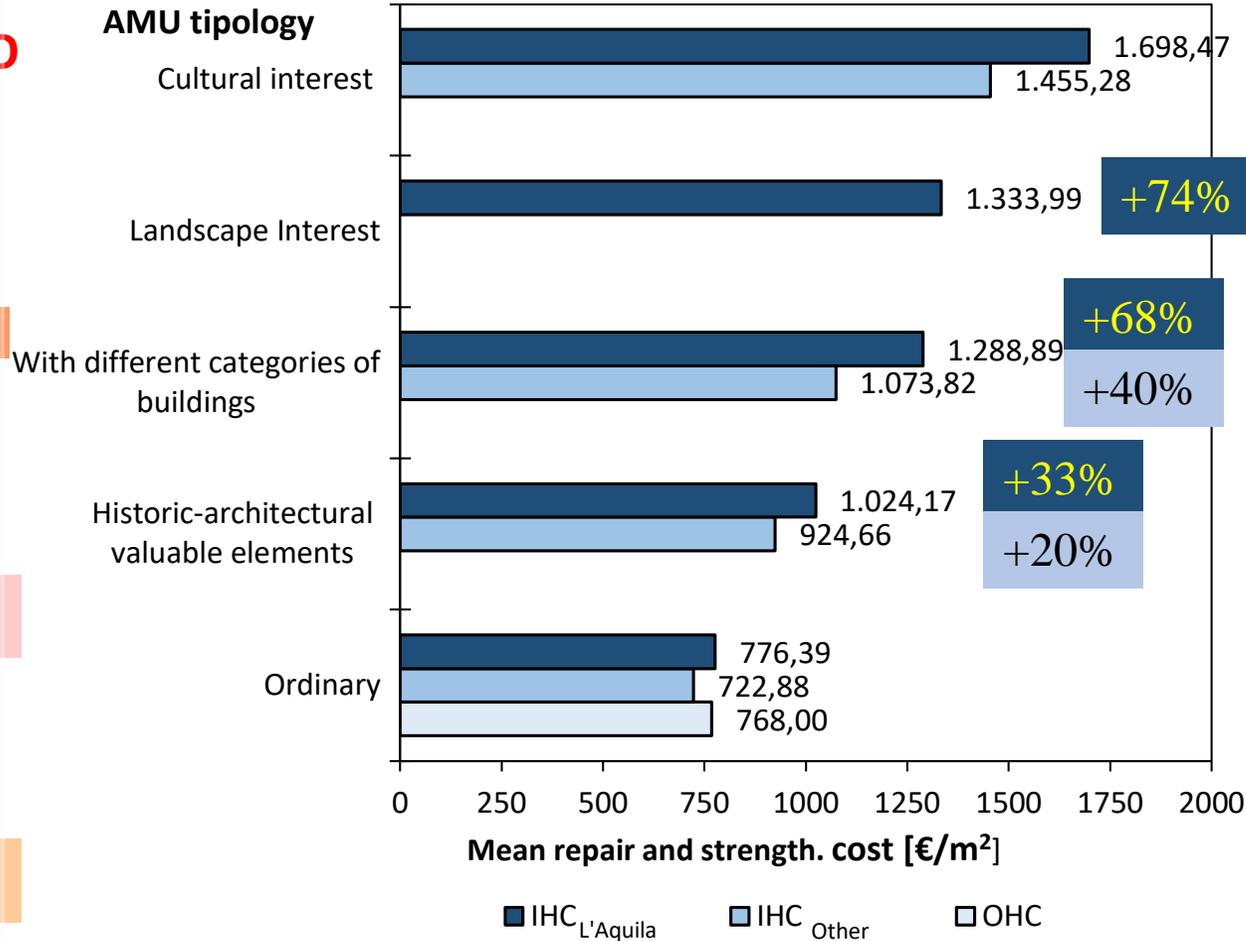
EDIFICI CON ATTESTAZIONE DI INTERESSE PAESAGGISTICO



EDIFICI CON CARATTERI DI PREGGIO STORICO-ARTISTICO



EDIFICI ORDINARI



costi di rip. e di migl. sismico
comprensivi di spese tecniche ed
esenti IVA

- ✓ Gli edifici ordinari hanno costi più bassi rispetto a tutte le altre categorie di edificio
- ✓ Per gli edifici ordinari USRA si ha un incremento dei costi medi del 4% rispetto agli edifici USRC
- ✓ Gli edifici con caratteristiche di pregio Storico-Artistico USRA hanno un incremento dei costi medi del 7% rispetto agli edifici USRC
- ✓ Per gli edifici con vincolo diretto USRA hanno un incremento dei costi medi del 17% rispetto agli edifici USRC

➤ Costi per categoria di spesa

CS_{USRC}



VOCI DA COMPUTO

- ❖ Riparazione del danno strutturale
 - ❖ Riparazione dei danni di elementi non strutturali
 - ❖ Riparazione dei danni degli impianti
 - ❖ Finiture connesse agli interventi strutturali
 - ❖ Impianti connessi agli interventi strutturali
-
- ❖ **Miglioramento**
-
- ❖ Adeguamento energetico e acustico conseguibile
 - ❖ Adeguamento igienico sanitario (Cat 7)
-
- ❖ Prove geotecniche e strutturali

Costi di riparazione
*elementi ordinari
*elementi di pregio

Costi di miglioramento
*elementi ordinari
*elementi di pregio

➤ Distribuzione Costi per categoria di spesa

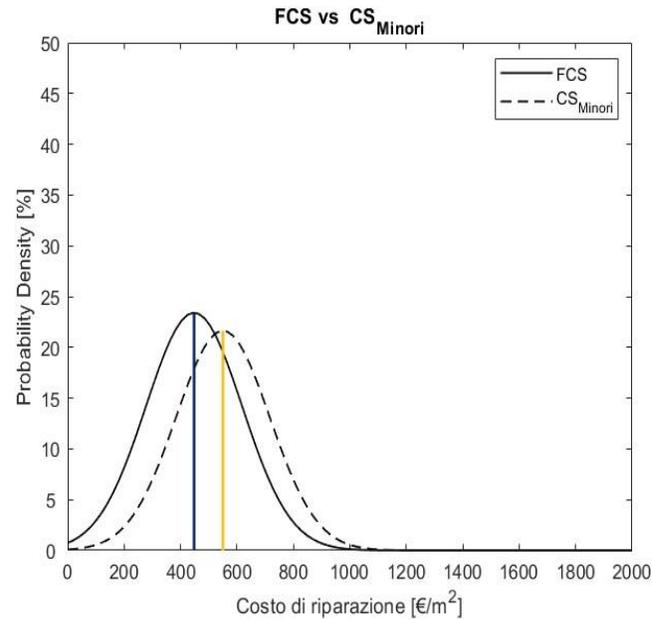
Fuori Centro Storico

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

Centro Storico

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

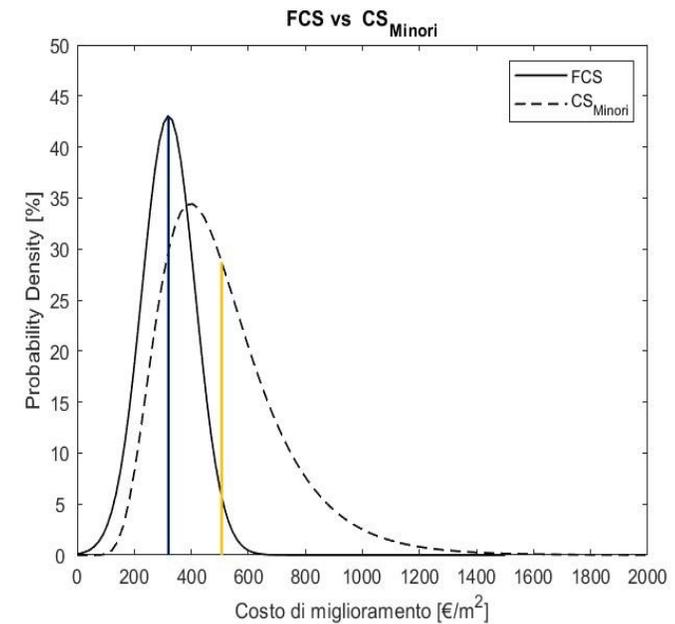
Costi di rip.



447,85 €/mq
550,05 €/mq

**+22% di cui 17%
elementi di pregio**

Costi di migl.



320,15 €/mq
506,30 €/mq

**+58% di cui 21%
elementi di pregio**

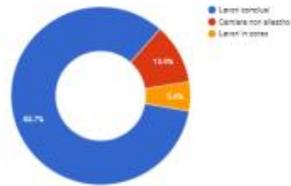
FCS
CS_{minori}

➤ Analisi e definizione di modelli di resilienza basati sull'elaborazione dei dati di L'Aquila

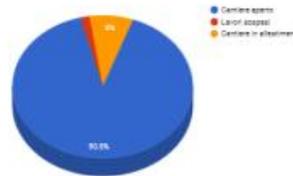


Stato della ricostruzione

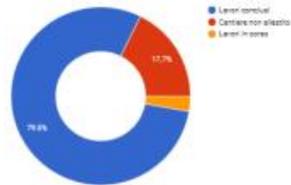
Stato attuale dei lavori per FASCICOLO



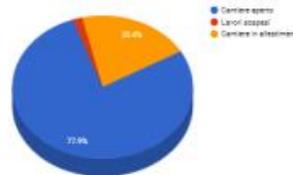
Dettaglio dei "LAVORI IN CORSO"



Stato attuale dei lavori per PRATICA

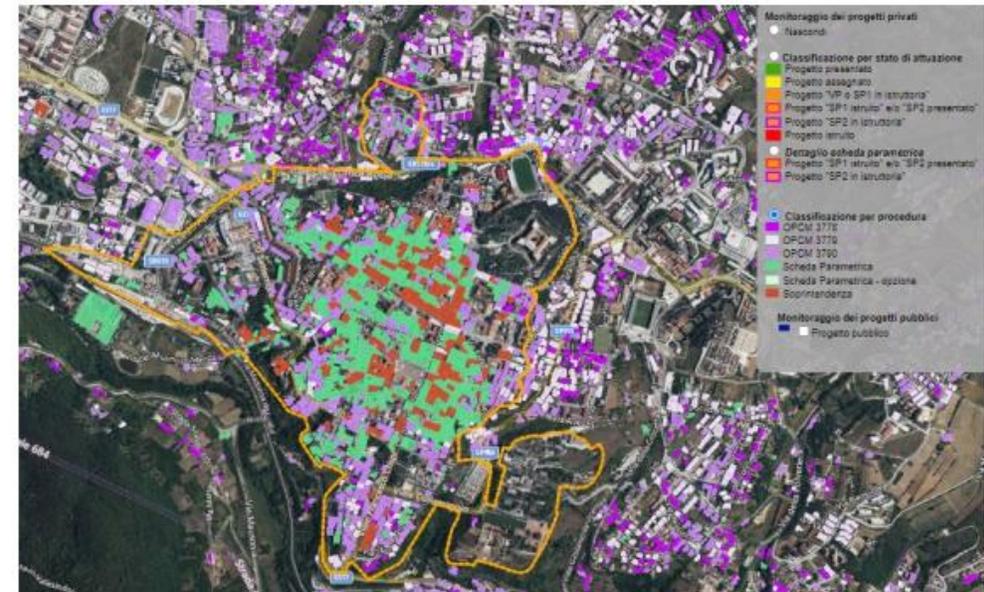


Dettaglio dei "LAVORI IN CORSO"



Aggiornato al 25/07/23

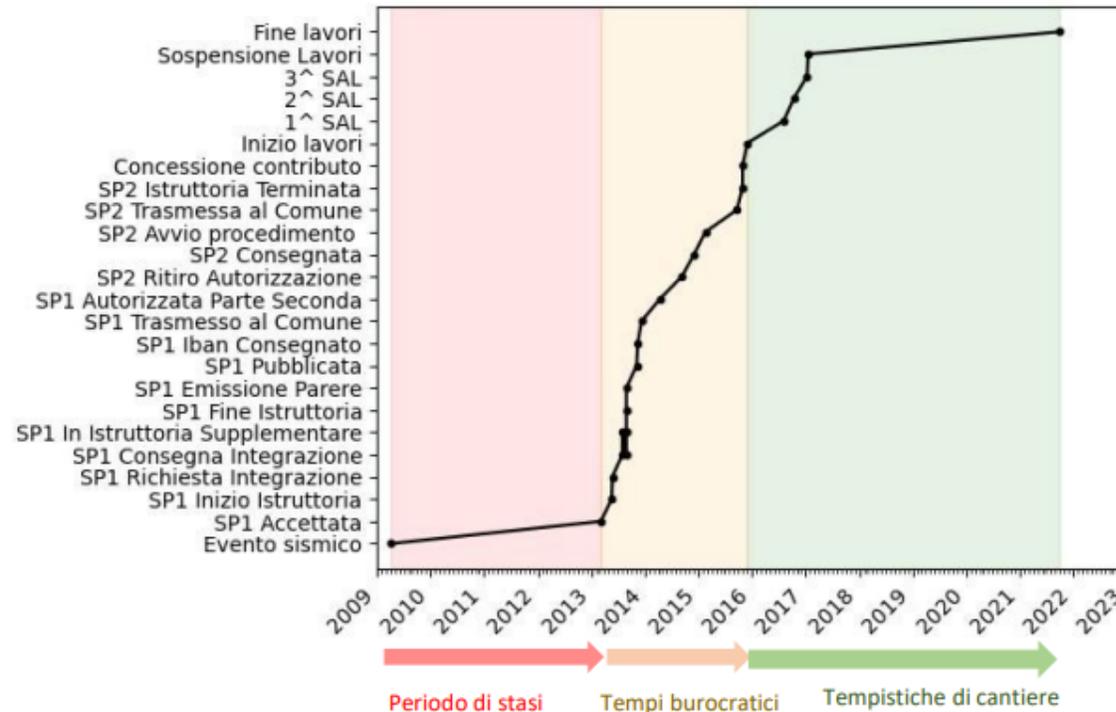
Stato delle pratiche: Procedura Parametrica



➤ Analisi e definizione di modelli di resilienza basati sull'elaborazione dei dati di L'Aquila

$Tempistiche = f(\text{fattori antropici}, \text{fattori oggettivi}) = f(\text{es. personale}, \text{Località}, \text{Volume dell'aggregato}, \text{Danno iniziale}, \text{ecc ...})$

☐ Pratica tipo di un aggregato del centro storico di L'Aquila



	Giorni	
	Media	Dev. St.
Periodo di stasi	1628	246
Tempi Burocratici	1556	539
Tempistiche di cantiere	1013	402
Tempo Totale	4197	596

In dettaglio:

- Redazione e approvazione pratiche (SP1 e SP2)
- Redazione del progetto da parte dei tecnici
- Concessione dei contributi

In dettaglio:

- Tempo intercorso tra approvazione progetto e apertura cantieri
- Tempi di cantiere per la realizzazione degli interventi progettuali





AGGREGATO



Ricostruzione leggera (esito B-C):
2929 pratiche presentate
1740 pratiche approvate (0,19Mld€)

ED. SINGOLO



Ricostruzione pesante (esito E):
1516 pratiche presentate
707 pratiche approvate (0,50Mld€)

4445 edifici residenziali
1,34 Mld€



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

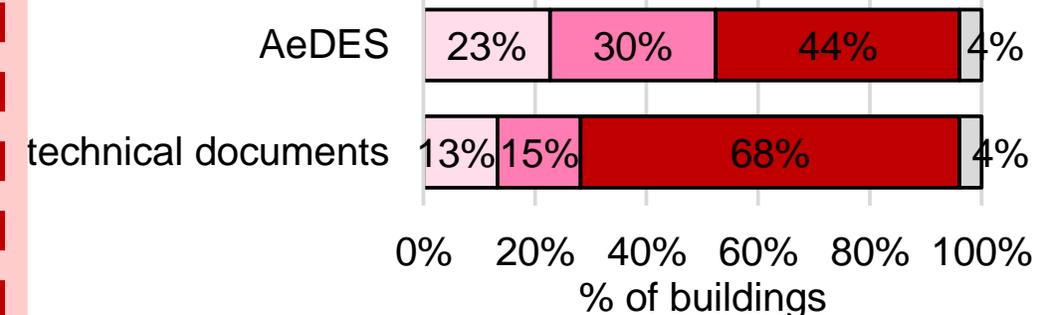
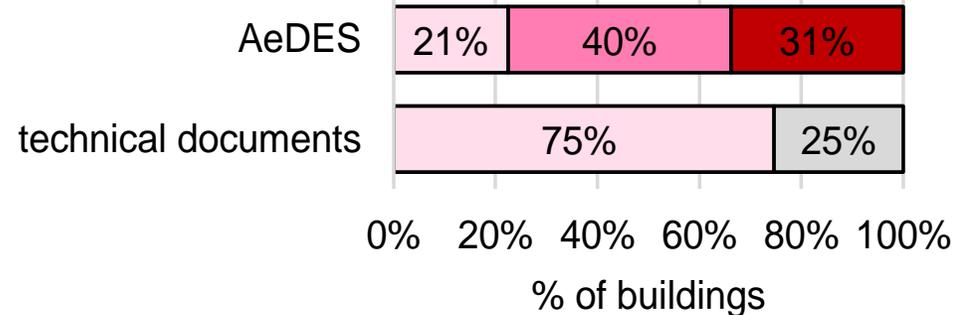
- Creazione di un archivio su NAS ReLUIIS con 887 progetti
- Analisi di 215 progetti di ricostruzione

VULNERABILITA' E DANNO

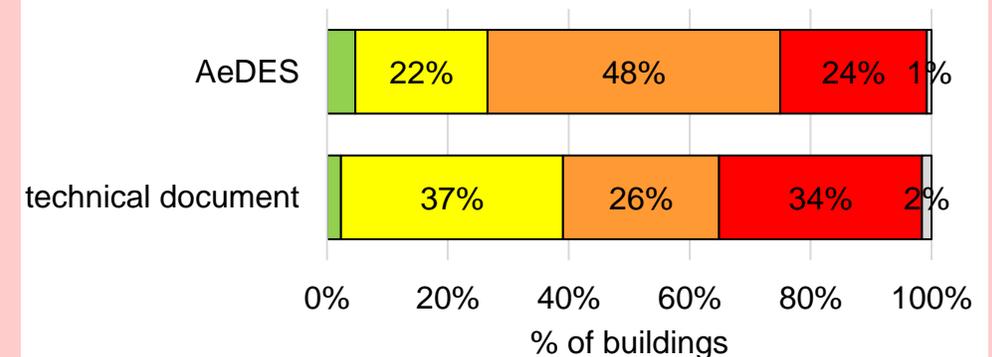
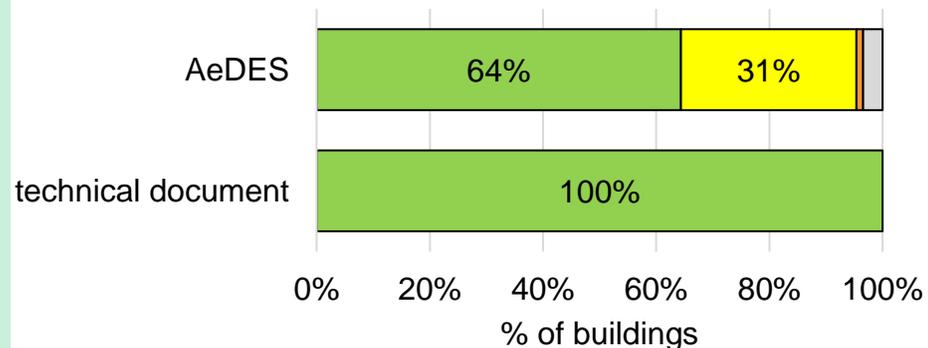
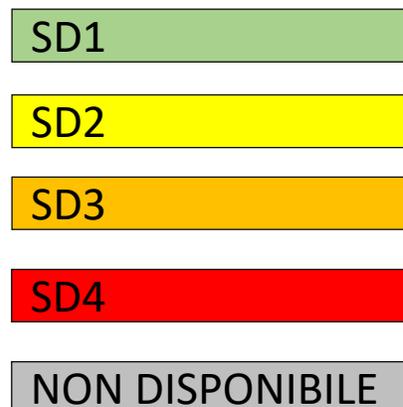
Ricostruzione leggera (esito B-C) 87 EDIFICI

Ricostruzione pesante (esito E) 128 EDIFICI

VULNERABILITÀ



DANNO





Vulnerabilità

Danno



Damage-Vulnerability	IUC [€/m ²]
L0	700
L1	1000
L2	1100
L3	1270

	n. pratiche	Superficie di piano m ²	Costo finanziato €/m ²	Costo di rip.+ raff./migl. €/m ²	Opere di finitura €/m ²	Costo di prove geo+stru €/m ²	Spese tecniche €/m ²
Livello operativo							
L0	88	200	304	187	80	0	58
L1	18	288	1041	651	376	9	163
L2	14	372	1363	835	477	13	220
L3	18	314	1685	1027	627	20	288
L4	25	374	2026	1041	953	44	344



... In continuità con il progetto ReLUIS 2019-2021....

❖ EDILIZIA RESIDENZIALE

- VULNERABILITÀ
- DANNO
- COSTI

❖ SCUOLE ED ATTIVITA' PRODUTTIVE



❖ INTELLIGENZA ARTIFICIALE E MACHINE LEARNING

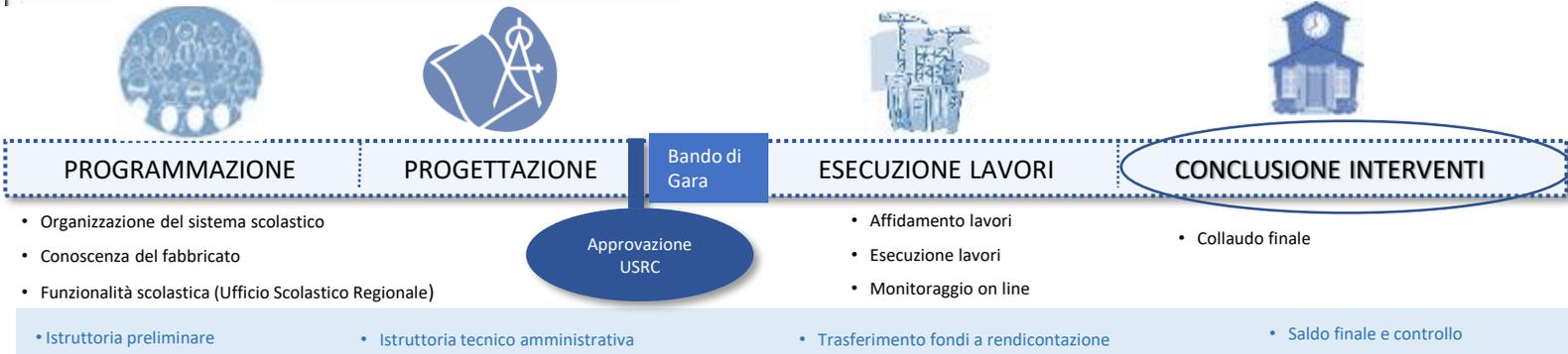


245 INTERVENTI FINANZIATI per 244 mln€, di cui:

- ➔ **86 INTERVENTI CONCLUSI**, per 84 mln€
- ➔ **37 INTERVENTI IN ESECUZIONE**, per 43 mln€
- ➔ **103 INTERVENTI IN PROGETTAZIONE**, per 56 mln€
- ➔ **19 INTERVENTI DEFINANZIATI**, per 7,4 mln€



96 mln€ TRASFERITI
Da **USRC** ai **SOGETTI ATTUATORI**



4 Province 98 Comuni

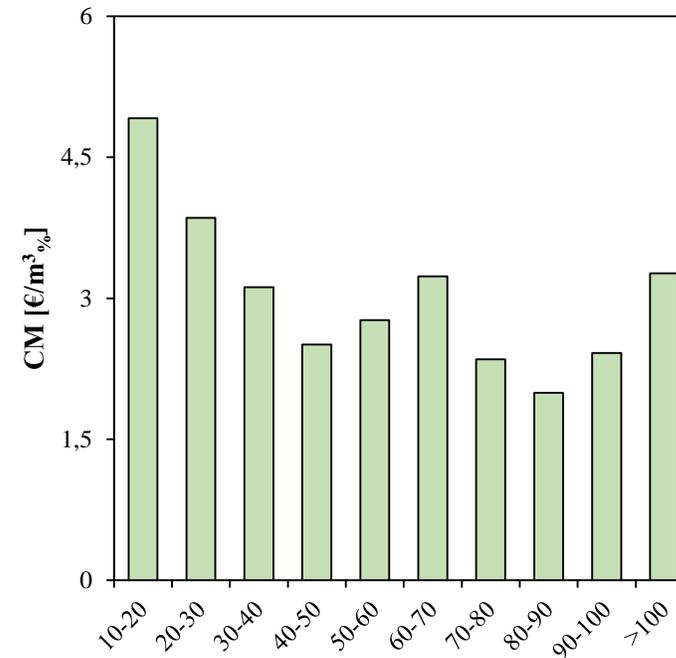
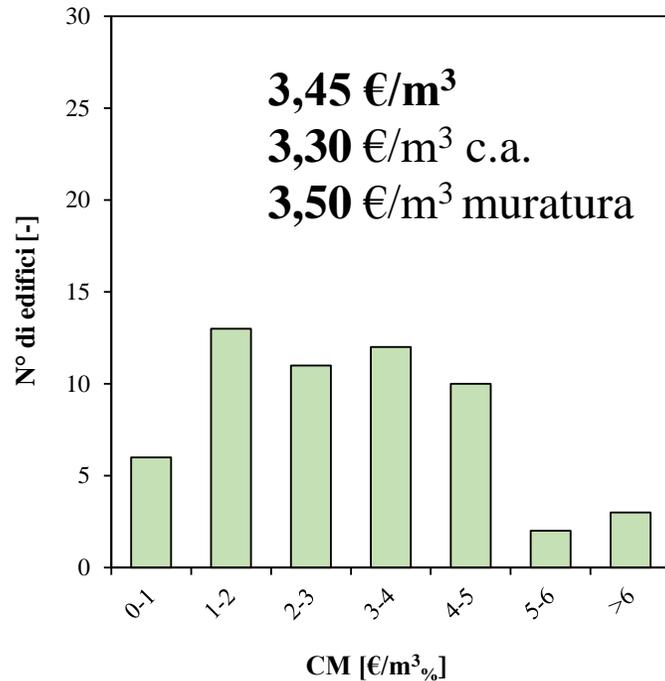
Costo marginale

$$CM = c / \Delta\alpha_{SLV}$$

c: costo unitario €/mc

$\Delta\alpha_{SLV}$ incremento del livello di sicurezza

57 edifici con DS0-DS1



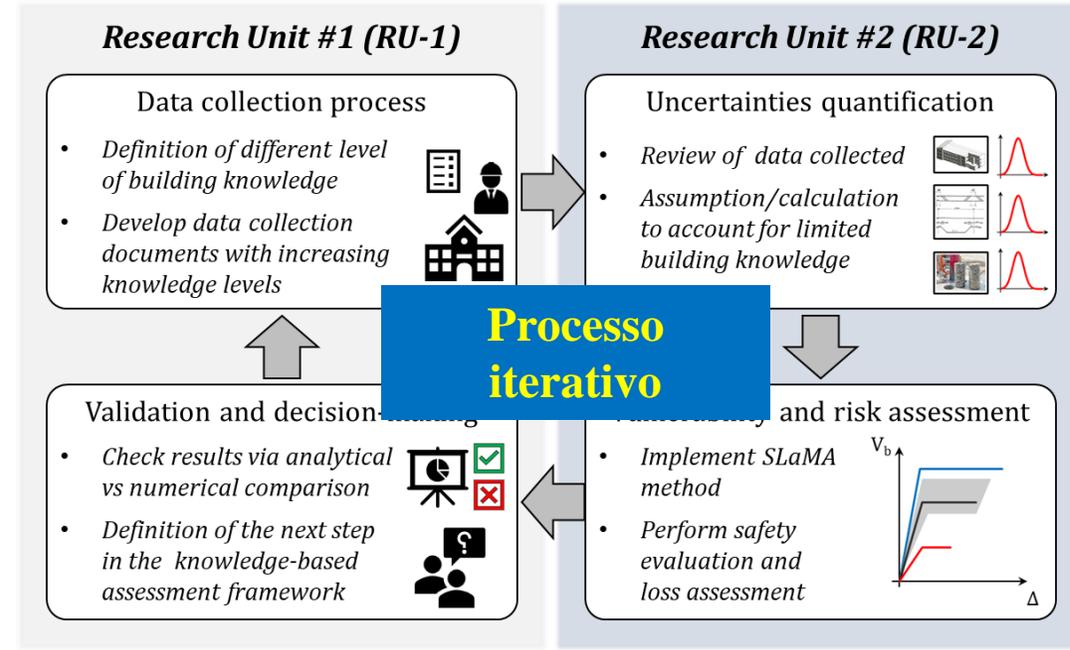
- ❖ **73%** del campione (42 edifici su 57) ha **CM inferiore o uguale a 4 €/m³**, il che significa che circa 4 €/m³ sono stati spesi per aumentare il livello di sicurezza di un punto percentuale
- ❖ Per **3** edifici (5% del campione), **CM è superiore a 6 €/m³**
- ❖ I CM risultano mediamente più alti di 1€/m³ rispetto ai costi marginali riportati in Dolce et al 2021*

CASO STUDIO: ACCURATEZZA VALUTAZIONI SICUREZZA E PERDITE AL VARIARE DEL LIVELLO INFORMATIVO



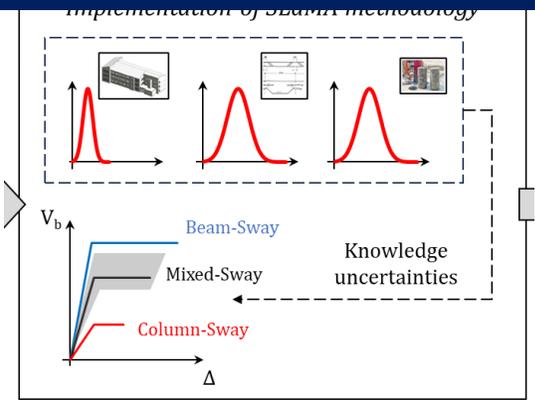
Selezione

- Caso studio
- Approfondimento informazioni

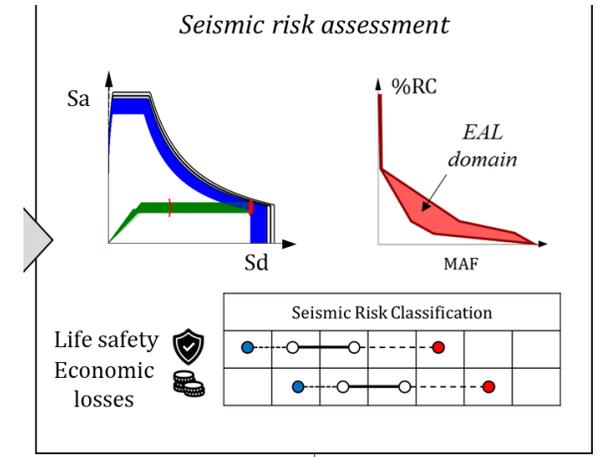


- Geometry and construction period
- Steel reinforcement and structural details
- Mechanical properties of material

Implementazione del metodo SLaMA



Definizione delle curve EAL





- Anagrafica MIUR 2015/2016: 1240 scuole
- Schede AeDES- ReLUIS Centro Italia
- Schede AeDES reperite presso USR Marche

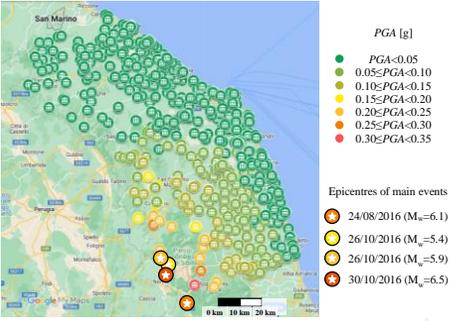


Database scuole_schede_AeDES
Relazioni scuole esito E – commissario Errani



Database unificato con dati di danno su circa 700 scuole
(56% del totale di 1240 scuole censite dal MIUR)

➤ Correlazione danno intensità sismica



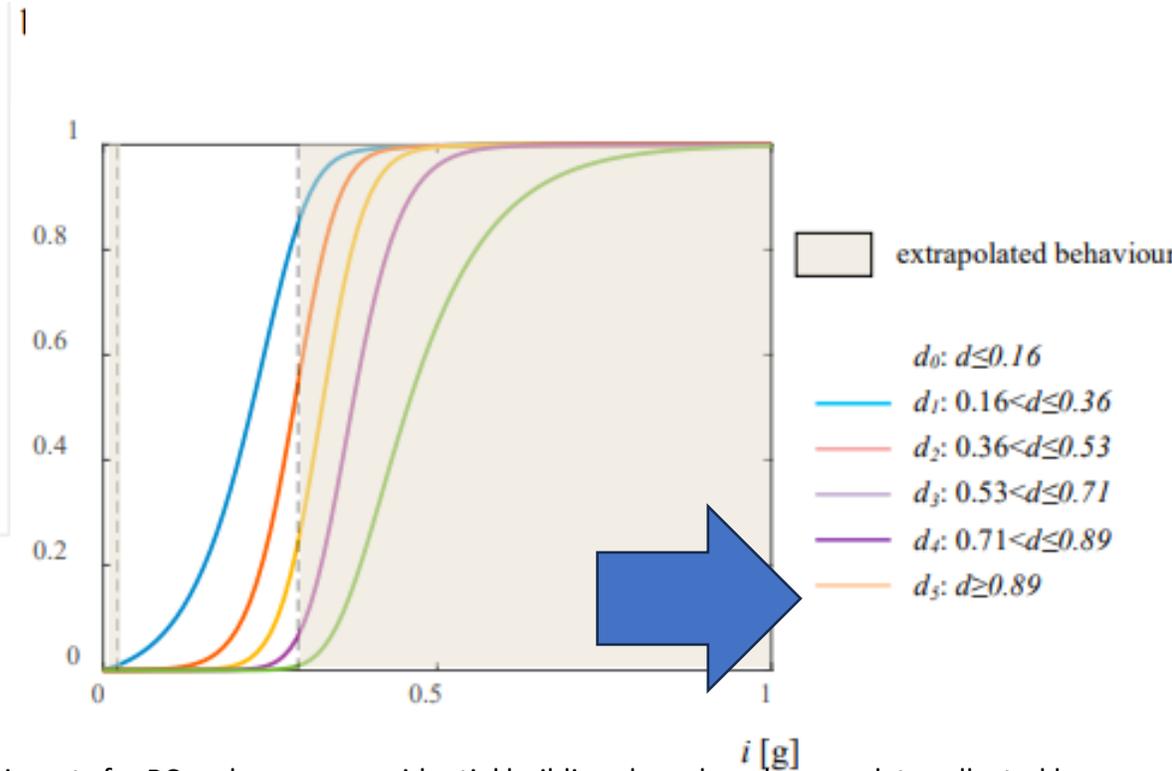
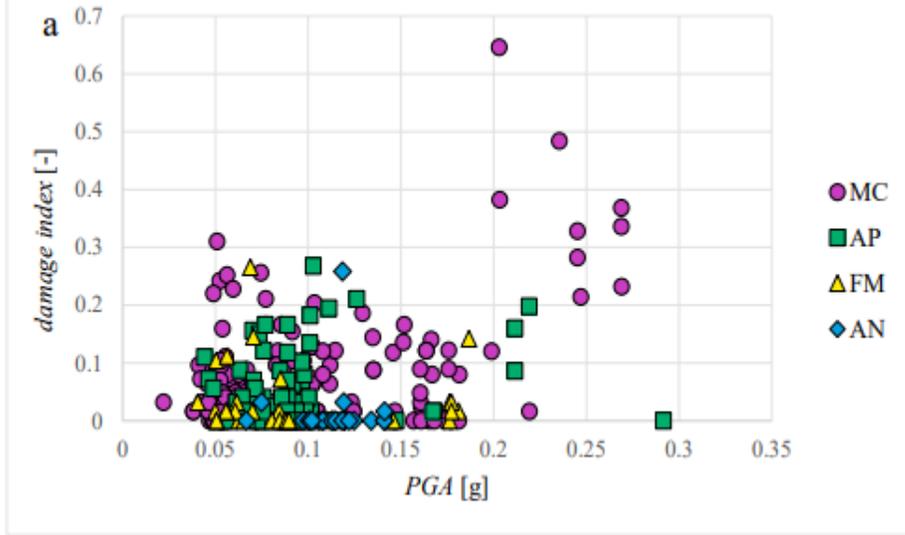
$$d_j = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 \bar{d}_j = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 \left(\frac{\sum_{D=D_0}^{D_5} DL \cdot e_{k,D}}{5} \right) \quad d_j \in [0,1]$$

SEZIONE 4 - DANNI AD ELEMENTI STRUTTURALI e provvedimenti di pronto intervento (P.I.) eseguiti

Componente strutturale-Danno preesistente	Livello-estensione										Danno (1)						Provvedimenti di P.I. eseguiti					
	D4 - D5 Gravissimo			D2 - D3 Medio Grave			D1 Leggero			Nulla			Nessuno	Demolizioni	Cercelature e/o tiranti	Riparazione	Puntelli	Trasame e protezione passaggi				
	> 2/3	1/3 - 2/3	< 1/3	> 2/3	1/3 - 2/3	< 1/3	> 2/3	1/3 - 2/3	< 1/3	Nulla												
1 Strutture vorticali	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	A	B	C	D	E	F						
2 Solai	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	A	B	C	D	E	F						
3 Scale	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	A	B	C	D	E	F						
4 Copertura	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	A	B	C	D	E	F						
5 Tamponature - Tramezzi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	A	B	C	D	E	F						
6 Danno preesistente	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	A	B	C	D	E	F						

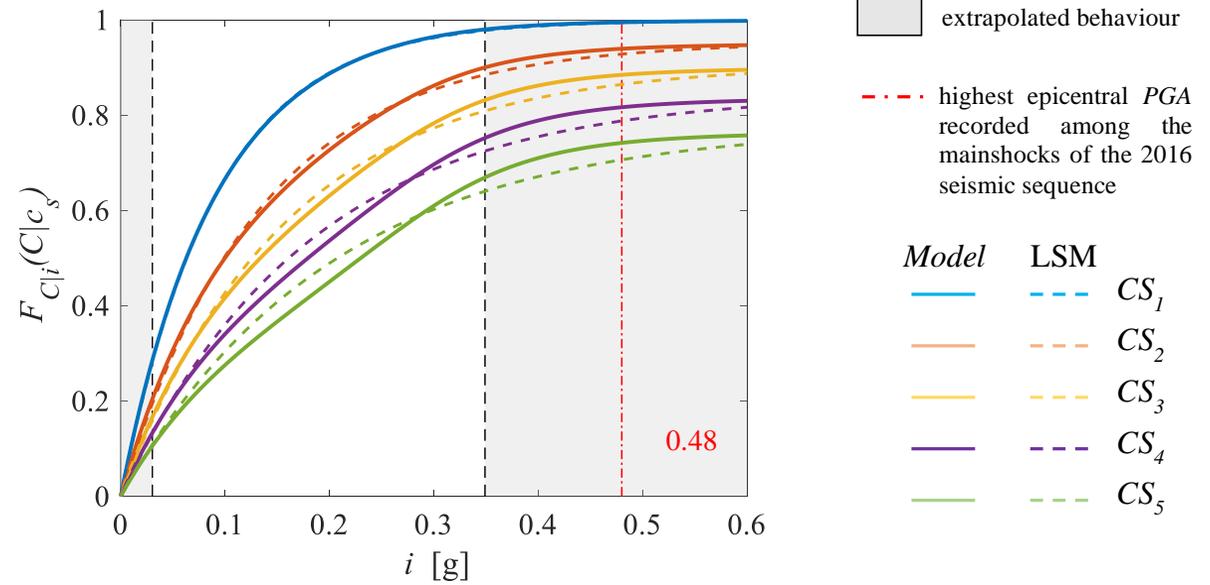
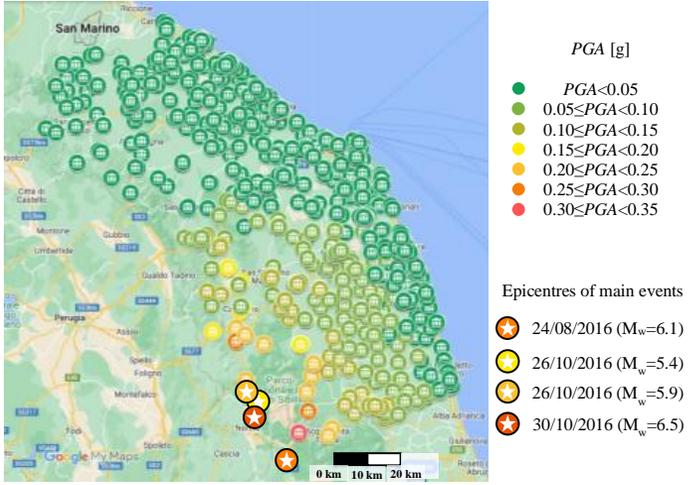
(1) - Di ogni livello di danno indicare l'estensione solo se esso è presente. Se l'oggetto indicato nella riga non è danneggiato, compiere Nulla.

•PGA misura dell'intensità sismica i ottenuta a partire dalle Shake Maps INGV dei quattro eventi principali della sequenza sismica Centro Italia 2016



*De Martino, G., Di Ludovico, M., Prota, A., Moroni, C., Manfredi, G., Dolce, M., 2017. Estimation of repair costs for RC and masonry residential buildings based on damage data collected by post-earthquake visual inspection. Bulletin of Earthquake Engineering, 15, 1681- 1706.

➤ Correlazione costi di intervento intensità sismica



Classi di costo CS_k	Soglie di costo [€/m ²]
CS_0 Costo nullo	$c < 300$
CS_1	$300 \leq c < 650$
CS_2	$650 \leq c < 800$
CS_3	$800 \leq c < 950$
CS_4	$950 \leq c < 1100$
CS_5	$c \geq 1100$

Parametri	CS_1	CS_2	CS_3	CS_4	CS_5
$x_{1,k}^*$	0.999	0.954	0.907	0.847	0.778
$x_{2,k}^*$	11.010	7.509	6.367	5.544	4.948

Dati osservazionali → Database per analisi perdite di edifici prefabbricati nelle zone colpite dal terremoto dell'Emilia del 2012

EMILIA-ROMAGNA



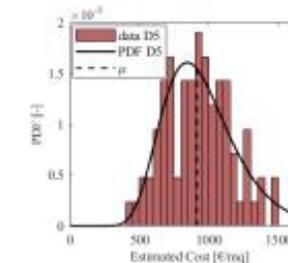
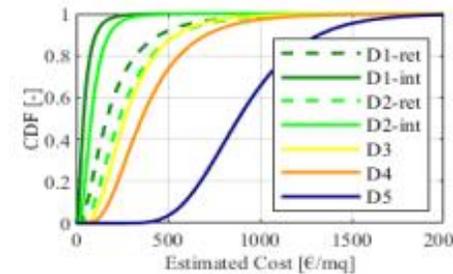
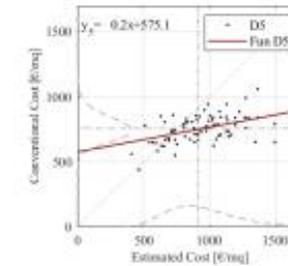
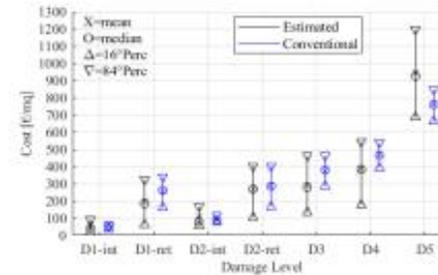
Creazione di database relativo a edifici monopiano danneggiati dal sisma 2012



Analisi statistica delle perdite economiche



Funzioni di conseguenza

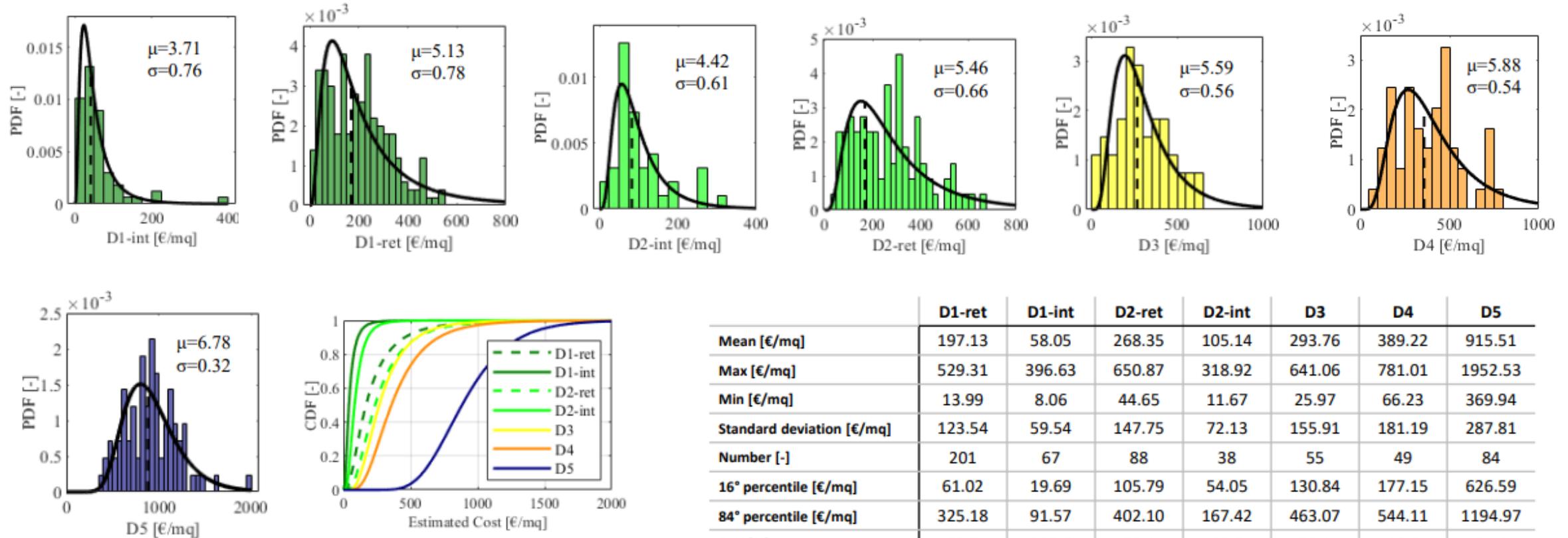




Database tipologico – Analisi dati

Stima delle perdite per diversi livelli di danno

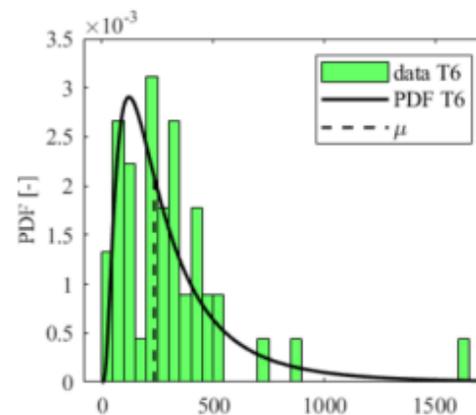
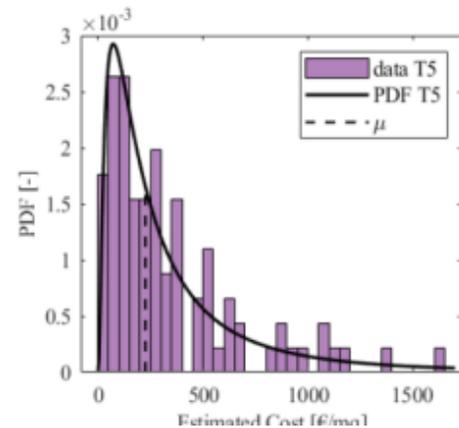
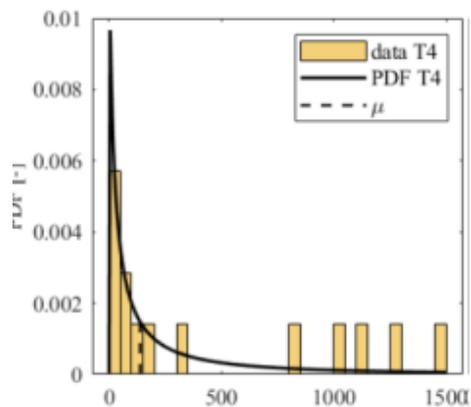
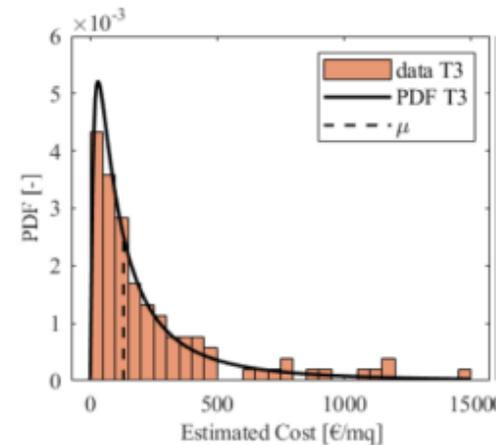
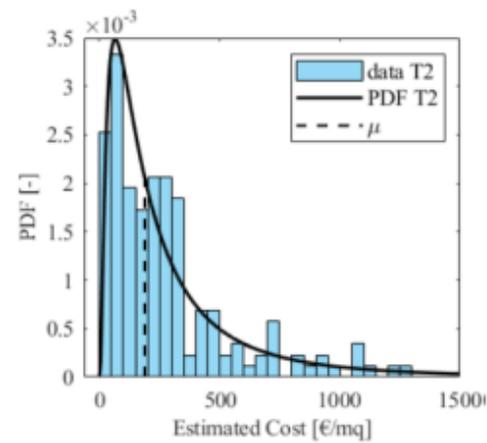
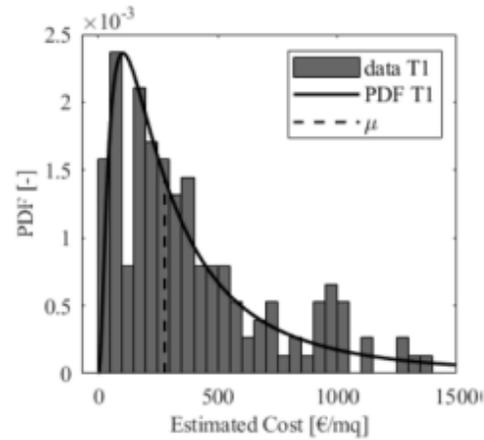
Costi stimati



Database tipologico – Analisi dati

Stima delle perdite per tipologia strutturale

Costi stimati



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

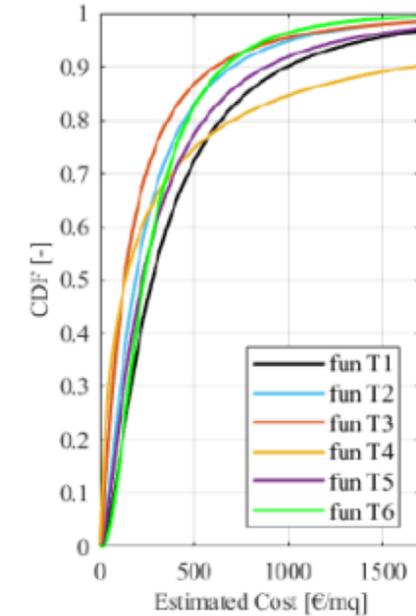


Table 31. Statistical analysis of the estimated costs of different structural typologies.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Mean [€/mq]	388.90	278.98	245.06	474.97	346.94	304.96
Median [€/mq]	287.04	208.89	132.49	156.94	249.34	264.28
Max [€/mq]	1365.65	1268.34	1494.78	1496.18	1617.17	1621.01
Min [€/mq]	13.12	8.66	8.06	25.86	24.06	19.35
Standard deviation [€/mq]	325.39	264.52	294.57	550.64	332.95	270.43
Total number [-]	152	174	106	14	91	45
16° percentile [€/mq]	78.47	62.14	37.95	28.00	65.98	78.27
84° percentile [€/mq]	730.91	468.11	405.34	1177.48	614.91	449.40
Kurtosis [-]	0.5	2.8	4.7	-1.1	2.6	12.2
Skewness [-]	1.1	1.7	2.1	0.7	1.6	2.8
CoV [%]	83.7	94.8	120.2	115.9	96.0	88.7
90% C.I. mean (-) [€/mq]	345.61	246.09	198.13	233.62	289.70	238.85
90% C.I. mean (+) [€/mq]	432.18	311.86	291.98	716.32	404.18	371.07



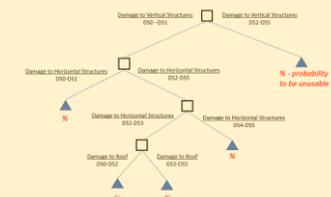
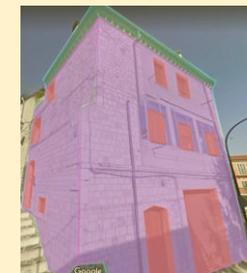
.... In continuità con il progetto ReLUIS 2019-2021....

❖ EDILIZIA RESIDENZIALE

- VULNERABILITÀ
- DANNO
- COSTI

❖ SCUOLE ED ATTIVITA' PRODUTTIVE

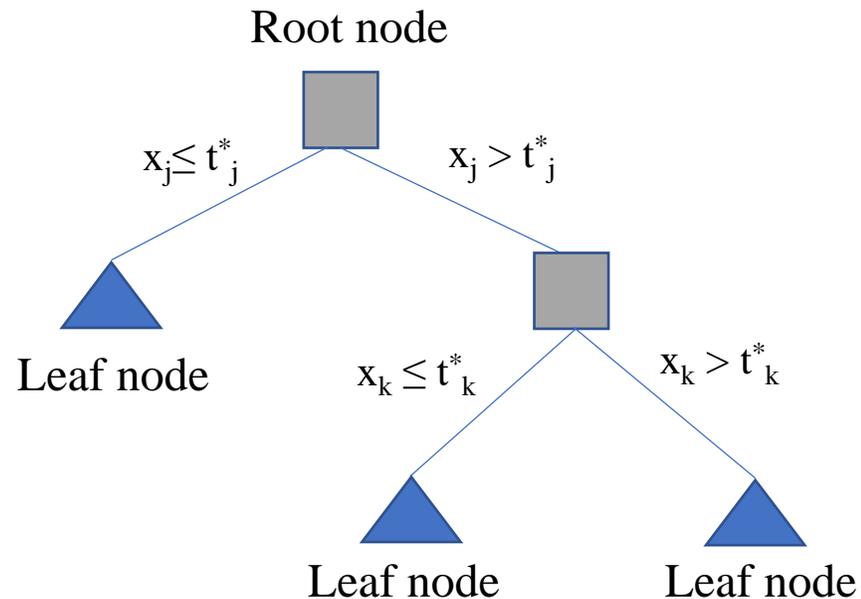
❖ INTELLIGENZA ARTIFICIALE E MACHINE LEARNING



➤ Machine Learning per valutazione edifici parzialmente o totalmente inagibili

Alberi Decisionali (*Decision Trees*)

Algoritmo di Classificazione



Numero osservazioni: n° schede AeDES
L'Aquila (edifici rilevati)

Per ogni osservazione:

X → Vettore variabili input

Danno osservato per:

- Strutture verticali
- Solai
- Scale
- Coperture
- Tamponature/Tramezzi
- Elementi non strutturali

Y → Variabile output

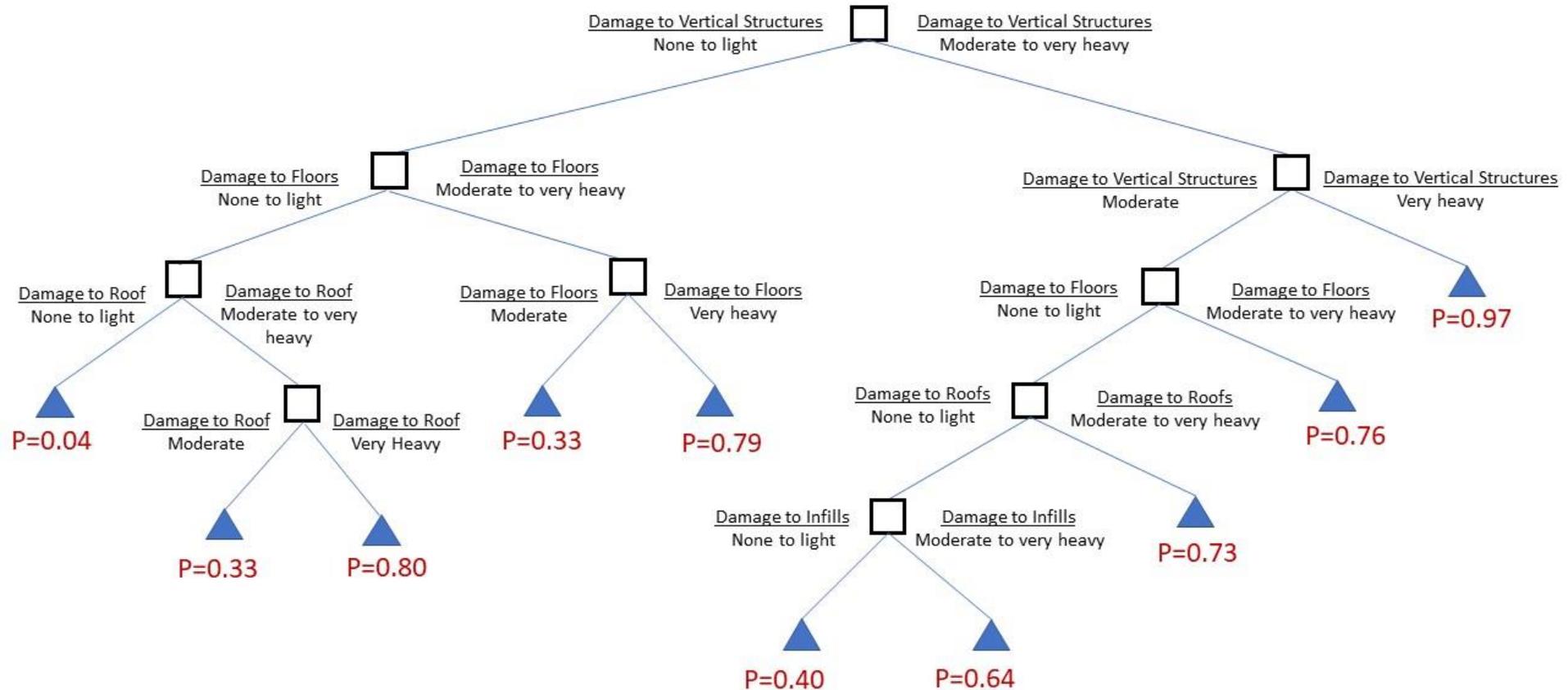
Classificazione agibilità:

- Agibile
- Inagibile l.p.



➤ Machine Learning per valutazione edifici parzialmente o totalmente inagibili

Albero Decisionale edifici in muratura, inagibilità lungo termine

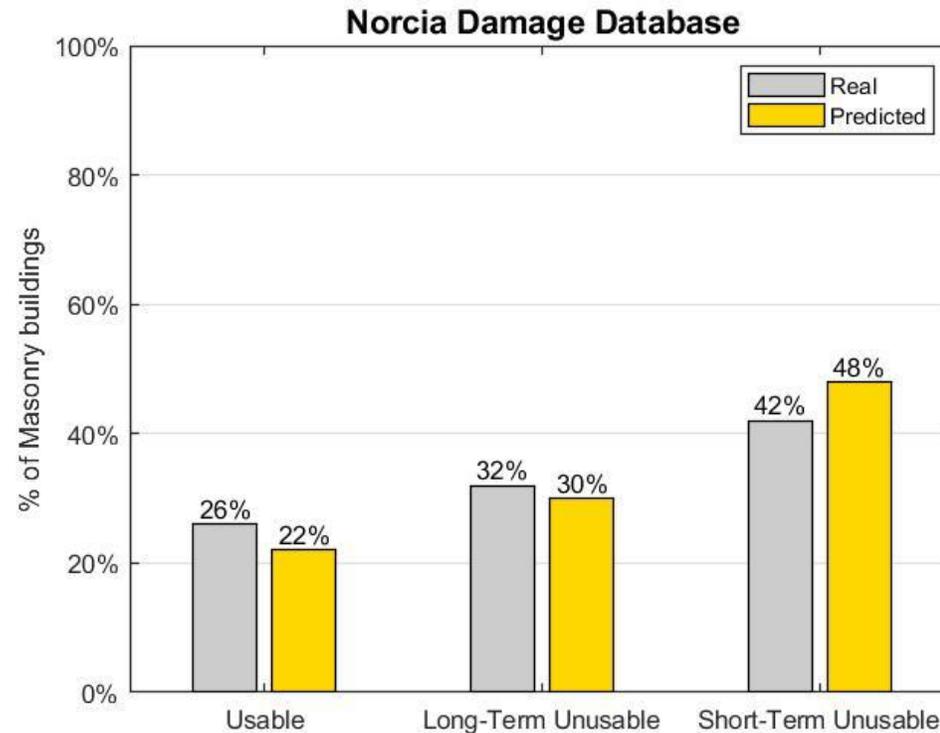


P → probabilità di inagibilità a lungo termine (rapporto tra edifici inagibili l.p. ed edifici totali aventi lo stesso livello di danno osservato)



➤ Machine Learning per valutazione edifici parzialmente o totalmente inagibili

Confronto tra dato reale e dato «predetto»



Modello predittivo inagibilità b.p. calibrato utilizzando il sub-set di dati de L'Aquila relativi ai comuni con **BASSO** danno complessivo (Danno Medio, *Dolce & Goretti 2015*)

➤ IA per identificazione e quantificazione del danno

Identificazione, Valutazione e

 Localizzazione delle fessure e della loro

 intensità

Damage Assessment Matrix di

 danno fornisce informazioni su:

- quantità
- intensità
- localizzazione del danno



	Piers	Spandrels	Rigid Zones
low	0	0	0
moderate	2	1	3
high	10	7	12



➤ IA per identificazione e quantificazione del danno



Arete Danneggiate

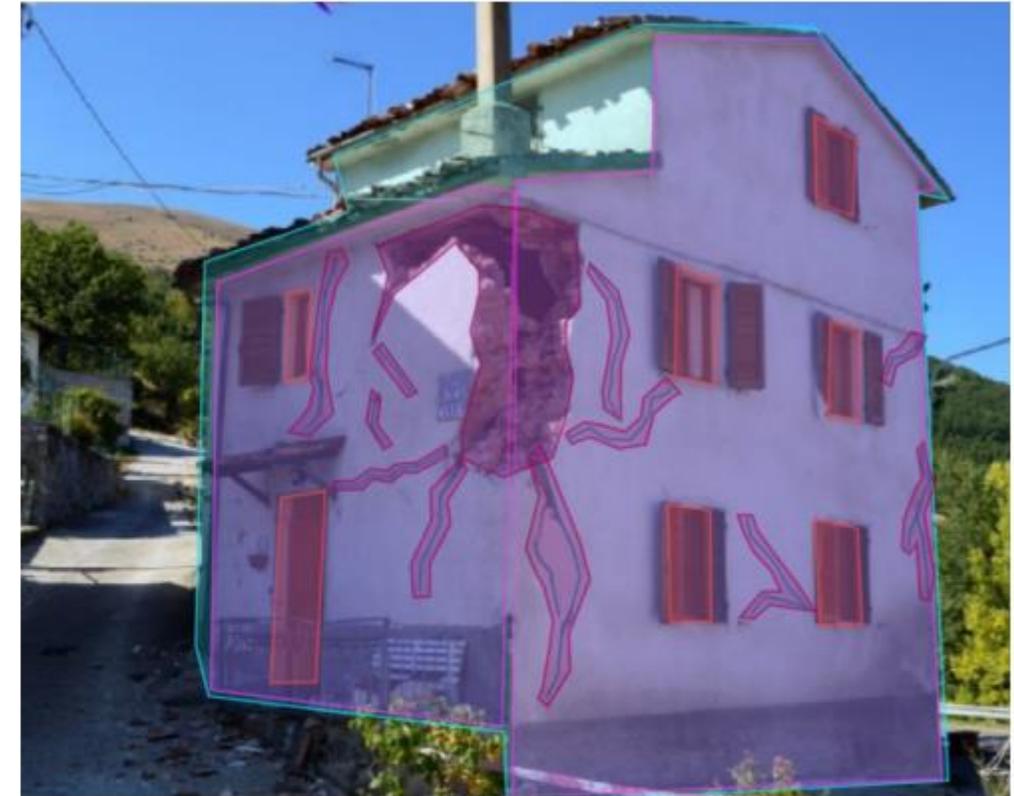


Perimetro edificio



Crack Line

APPLICAZIONE MANUALE		
Percentuali		Classe di danno
% pixel crack	4.06%	D3
% pixel crack Low	26.97%	
% pixel crack Moderate	44.57%	
% pixel crack High	28.46%	



**Classificazione del danno secondo
EMS-98**



➤ IA per identificazione e quantificazione del danno



Utilizzando il **Dataset aggiornato con le classi di Danno** è attualmente in corso lo sviluppo e l'addestramento di un modello di classificazione per la definizione di classe di danno.

....Sviluppi futuri....



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale



EUCENTRE
FOR YOUR SAFETY.



GEOREFERENZIAZIONE IN GIS DELLE PRATICHE DI RICOSTRUZIONE

Google Maps

Map data © Google.

Aggregati DPC

<https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/approfondimento/dataset-nazionale-degli-aggregati-strutturali-italiani/>

Carte tecniche regionali o Mappa catastale:

<https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/web/guest/schede/fabbricatiterreni/consultazione-cartografia-catastale/servizio-consultazione-cartografia>

Piattaforma Da.D.O.

https://egeos.eucentre.it/danno_osservato/web/danno_osservato



Pratiche Ricostruzione Uffici speciali USRA,USRC,USR

- ❑ 11973 edifici resid Abruzzo
- ❑ 4445 edifici resid Umbria
- ❑edifici resid Marche

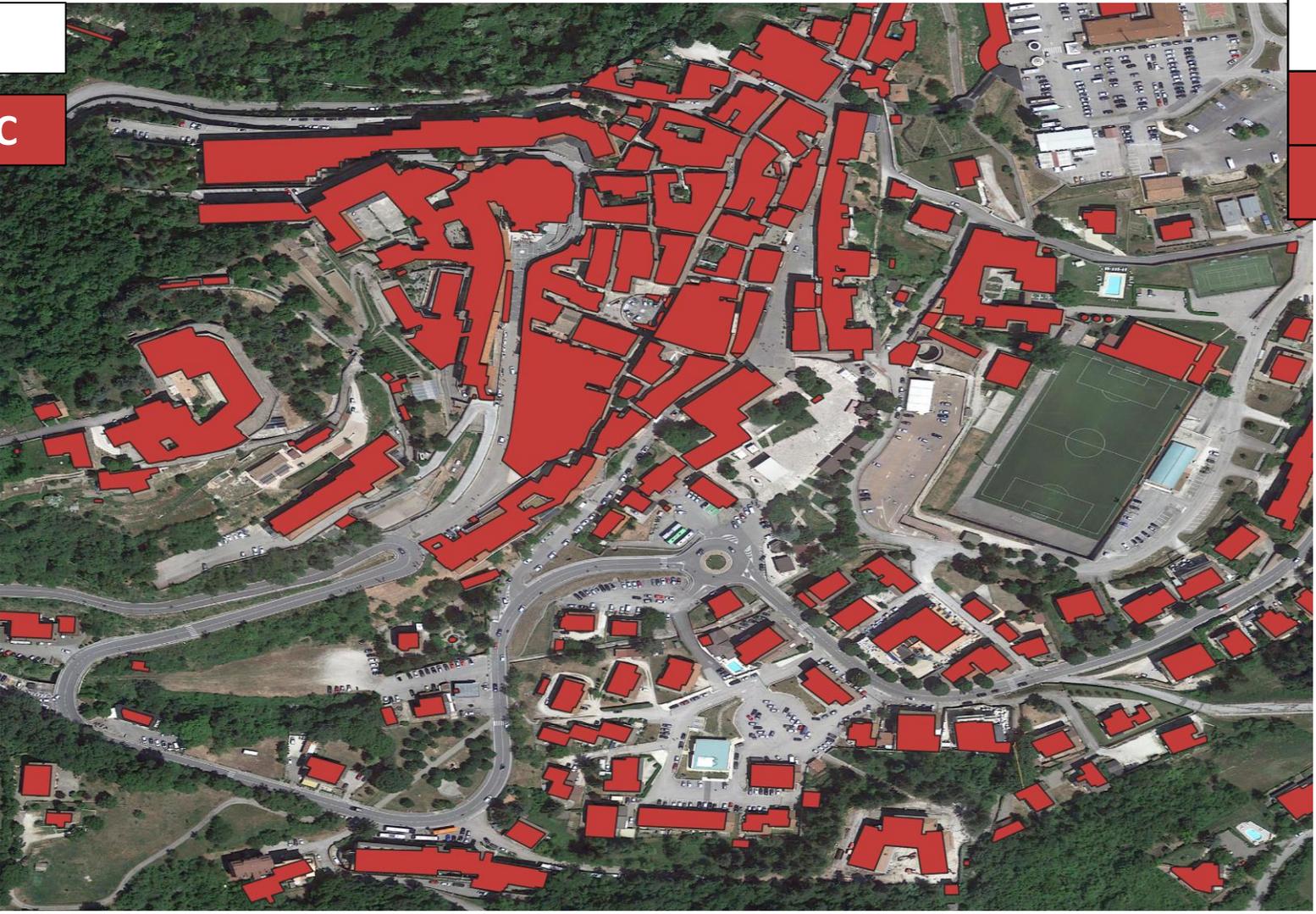
Step 0: Google Maps

Immagini satellitare



Step 0: Google Maps

Step 1: Aggregati DPC

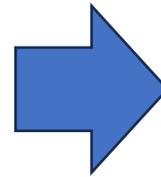


- Immagini satellitare
- Forma Aggregato
- Codice Aggregato

Step 2: Carta Tecnica regionale, CTR



Aggregati DPC



CTR

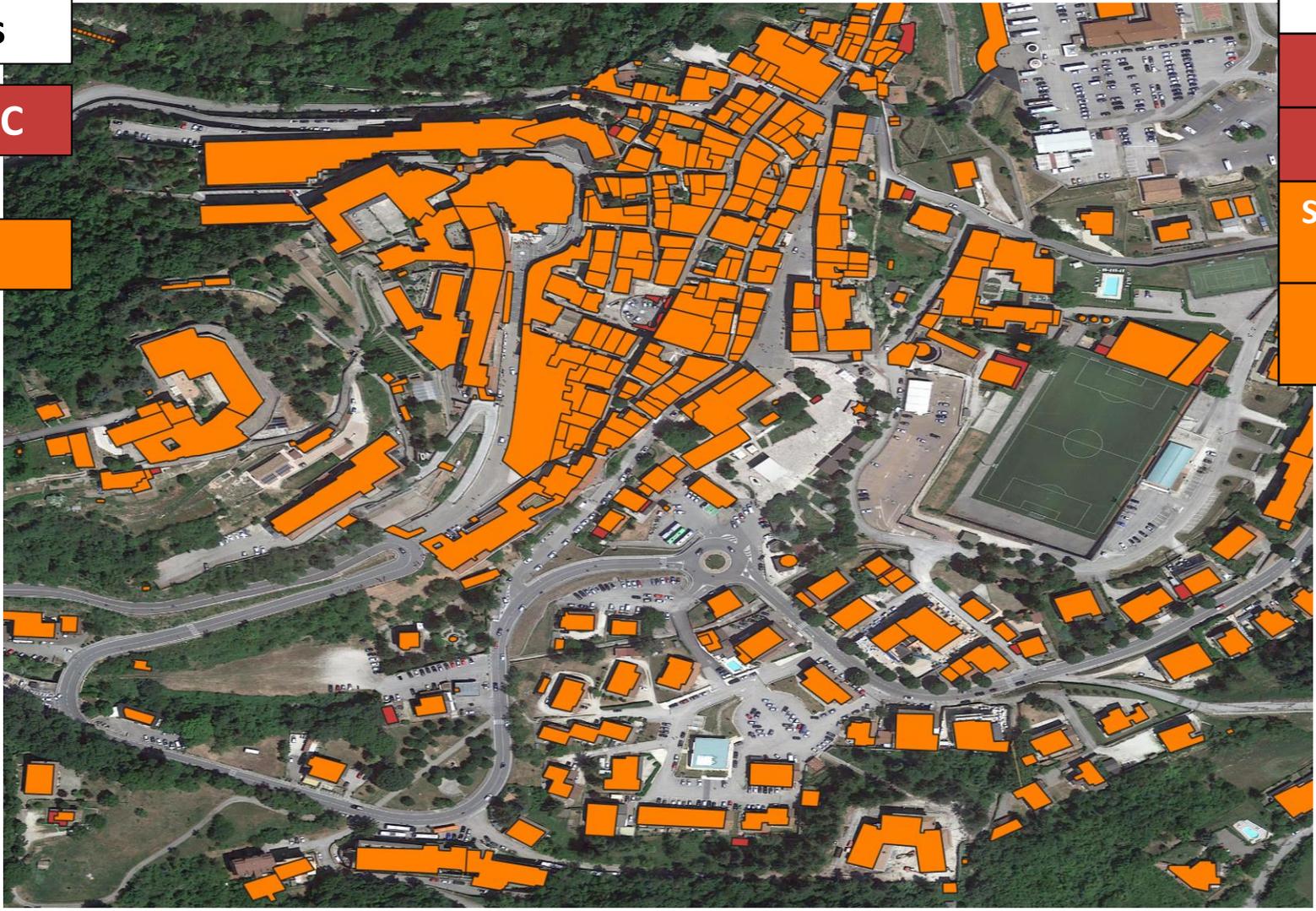
- Suddivisione in particelle catastali
- Destinazione d'uso per ciascuna particella

...WORK IN PROGRESS...

Step 0: Google Maps

Step 1: Aggregati DPC

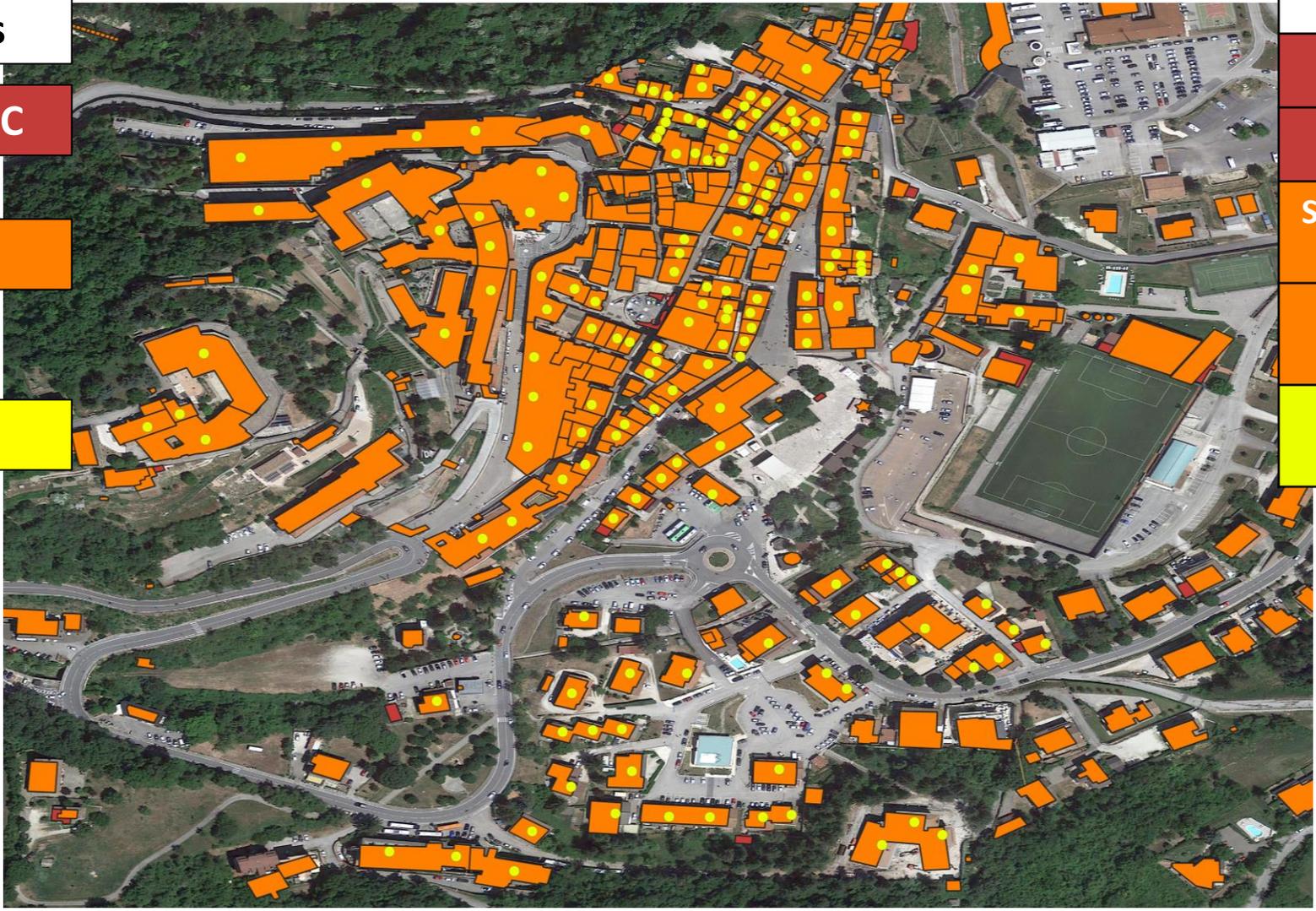
Step 2: CTR



- Immagini satellitare
- Forma Aggregato
- Codice Aggregato
- Suddivisione degli aggregati in particelle catastali
- Destinazione d'uso delle particelle

...WORK IN PROGRESS...

- Step 0: Google Maps
- Step 1: Aggregati DPC
- Step 2: CTR
- Step 3: Dati Da.D.O.



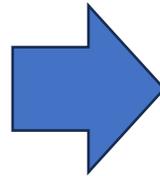
- Immagini satellitare
- Forma Aggregato
- Codice Aggregato
- Suddivisione degli aggregati
in particelle catastali
- Destinazione d'uso delle
particelle
- Dati metrici e tipologici
(Da.D.O.)

Step 4: Pratiche Ricostruzione

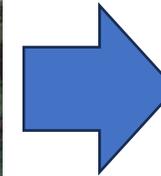
Individuare Unità strutturali dal progetto e per ciascuna di essa implementare le informazioni relative



Aggregati DPC



CTR



- Perizia asseverata
- Danno e Vulnerabilità
- Livello Operativo
- Elementi di pregio
- Tipologie d'Interventi
- Costi d'intervento

...WORK IN PROGRESS...

Step 0: Google Maps

Step 1: Aggregati DPC

Step 2: CTR

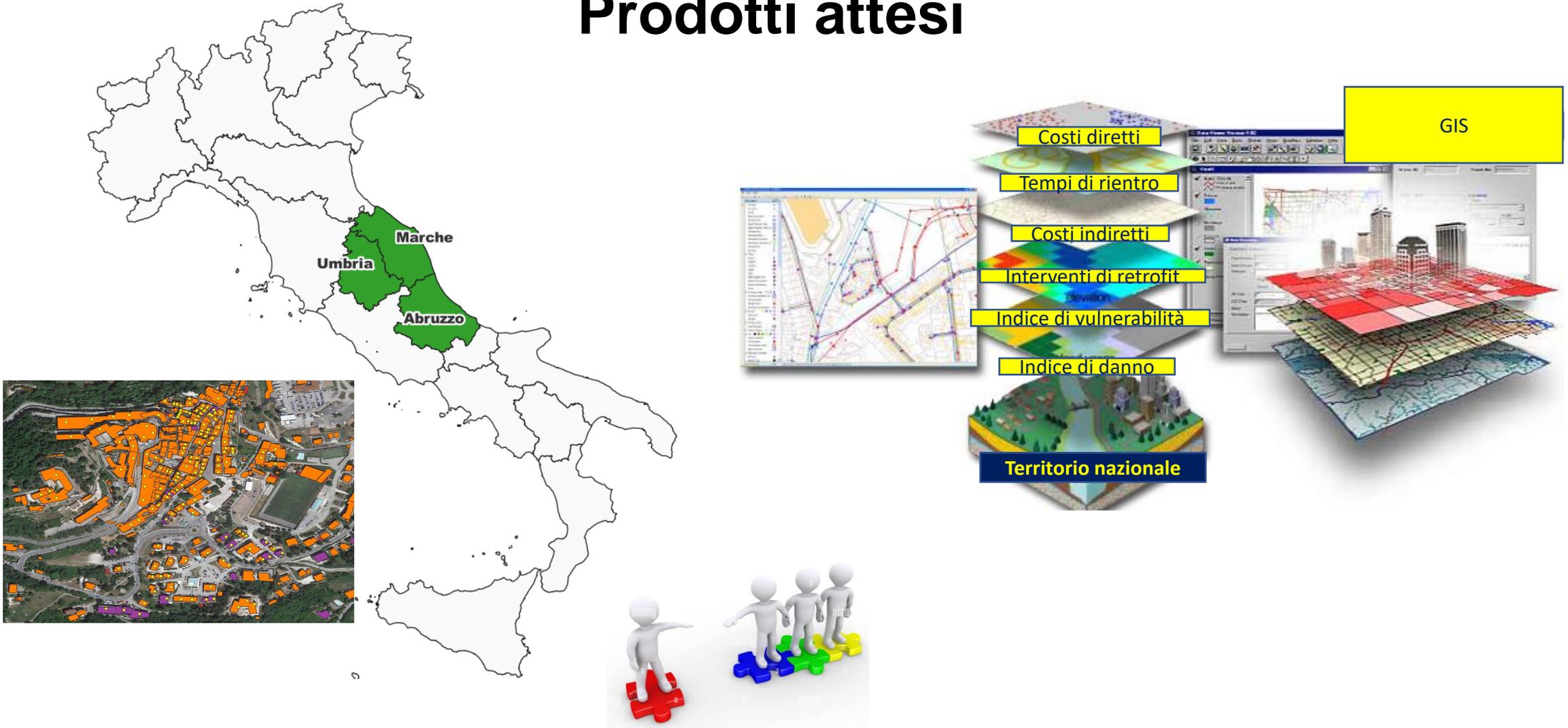
Step 3: Dati Da.D.O.

Step 4: Pratiche Ricostruzione



Immagini satellitare
Forma Aggregato
Codice Aggregato
Suddivisione degli aggregati in particelle catastali
Destinazione d'uso delle particelle
Dati metrici e tipologici (Da.D.O.)
Perizie asseverate
Danno e vulnerabilità
Livello Operativo
Elemento di pregio
Tipologia d'intervento
Costi d'intervento

Prodotti attesi



Database cartografico consultabile, interrogabile ed interoperabile con DaDO

Volumi

- Dolce M, Di Ludovico M, Prota A, Libro Bianco sulla Ricostruzione Privata dei Centri Storici nei Comuni Colpiti dal Sisma Abruzzo 2009, doppiavoce, 2023
- R. Fico, Il Futuro in sicurezza. La ricostruzione dell'edilizia scolastica danneggiata dal sisma del 2009 nell'esperienza dell'USRC, doppiavoce, 2023

Riviste

- Sisti R., Di Ludovico M., Borri A., Prota A., (2022), "Seismic performance of strengthened masonry structures: actual behaviour of buildings in Norcia and Campi Alto during the 2016 Central Italy seismic sequence", **Bulletin of Earthquake Engineering**, 2022, 20(1), pp. 321–348, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01248-0>
- Di Ludovico M., De Martino G., Prota A., Manfredi G., Dolce M., (2022), "Relationships between empirical damage and direct/indirect costs for the assessment of seismic loss scenarios", **Bulletin of Earthquake Engineering**, 2022, 20(1), pp. 229–254, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01235-5>
- Sisti R, De Martino G., Di Ludovico M., Prota A., Speranzini E, Abbozzo A, Modesti F, Fagotti G, Nodessi S, Preliminary results from the analysis of the reconstruction process in Umbria after 2016 earthquake. 246 – maggio/giugno 2023 – paper 13 – **Structural** – <https://doi.org/10.12917/STRU246.13>
- Praticò, L., Bovo, M., Buratti, N. et al. Large-scale seismic damage scenario assessment of precast buildings after the May 2012 Emilia earthquake. **Bull Earthquake Eng** 20, 8411–8444 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10518-022-01529-2>
- Bovo, M., Praticò, L. & Savoia, M. PRESSAFE-disp: a method for the fast in-plane seismic assessment of existing precast RC buildings after the Emilia earthquake of May 2012. **Bull Earthquake Eng** 20, 2751–2794 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10518-022-01318-x>
- Laura Gioiella, Michele Morici, Andrea Dall'Asta, Empirical predictive model for seismic damage and economic losses of Italian school building heritage, **International Journal of Disaster Risk Reduction**, Volume 91, 2023, 103631, ISSN 2212-4209, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103631>.
- Gioiella, Laura and Morici, Michele and Dall'Asta, Andrea, Empirical Predictive Model for Seismic Damage and Economic Losses of Italian School Building **Heritage**. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4258923> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4258923>
- Gabriella Tocchi, Sushreyo Misra, Jamie E. Padgett, Maria Polese, Marco Di Ludovico, The use of machine-learning methods for post-earthquake building usability assessment: A predictive model for seismic-risk impact analyses, **International Journal of Disaster Risk Reduction**, Volume 97, 2023, 104033, ISSN 2212-4209, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.104033>.

Convegni

- De Martino G., Marotta P., Di Ludovico M., Iannella S., Albanese V., Prota A. (2022), "Il processo di ricostruzione del costruito sull'isola di Ischia", XIX ANIDIS 2022, Torino 11-15 Settembre 2022
- De Martino G., Di Ludovico M., Mannella A., Speranza E., Fico R., Provenzano S., Prota A., Dolce M. (2022), "La ricostruzione post sisma del costruito residenziale dei centri storici: tipologie e costi di intervento per aggregato strutturale" XIX ANIDIS 2022, Torino 11-15 Settembre 2022
- Mannella A., De Martino G., Di Ludovico M., Speranza E., Provenzano S., Fico R., Dolce M., Prota A. (2022), "La ricostruzione post sisma del costruito residenziale dei centri storici: indice di danno per aggregato strutturale" XIX ANIDIS 2022, Torino 11-15 Settembre 2022
- Sisti R., Di Ludovico M., Prota A., (2022), "Effectiveness of traditional strengthening measures on historic buildings: the seismic performance of Palazzo Comunale and Borgia fortress in Camerino after 2016-17 seismic sequence" XIX ANIDIS 2022, Torino 11-15 Settembre 2022
- Giacco, G., Mariniello, G., Marrone, S., Asprone, D., Sansone, C. (2022). Toward a System for Post-Earthquake Safety Evaluation of Masonry Buildings. In: Sclaroff, S., Distante, C., Leo, M., Farinella, G.M., Tombari, F. (eds) Image Analysis and Processing – ICIAP 2022. ICIAP 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13232. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06430-2_26
- Lucia Praticò, Marco Bovo, Marco Savoia, Observational loss database of typological precast RC buildings damaged after the 2012 Emilia Earthquake, **Procedia Structural Integrity**, Volume 44, 2023, Pages 1776-1783, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.227>.
- Laura Gioiella, Michele Morici, Andrea Dall'Asta, Observed damage and empirical predictive model of the school building heritage of the Marche region, **Procedia Structural Integrity**, Volume 44, 2023, Pages 1808-1815, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.231>.
- L. Pedone, S. Bianchi, G. Zampella, C. Del Vecchio, M. Di Ludovico, S. Pampanin. Implementing a knowledge-based seismic risk assessment approach for an existing school in Italy. WCEE 2024, Milano, Italia.
- Sisti R., De Martino G., Di Ludovico M., Speranzini E., Modesti F., Fagotti G., Prota A. (2024). Reconstruction process in Umbria region after 2016 central Italy seismic sequence. 18th world conference on earthquake engineering, 30th June-5th July 2024, Milan, Italy
- Gabriella Tocchi, Maria Polese, Andrea Prota, Improving building inventory with a machine learning approach: application in southern Italy, **Procedia Structural Integrity**, Volume 44, 2023, Pages 1972-1979, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.252>.

WP7 – ANALISI DATI POST SISMA

Thanks for your attention
