



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Convegno ReLUIS



Kick off Meeting del Progetto DPC-ReLUIS 2024-2026

Napoli, 17-18 ottobre 2024

WP4 – MARS-CARTIS

MAppe di Rischio e Scenari di danno sismico

Sergio LAGOMARSINO, Angelo MASI, Giulio ZUCCARO

WP4 – MARS

MAPpe di Rischio e Scenari di danno sismico

Sergio LAGOMARSINO e Angelo MASI

31 Unità di Ricerca

10 Task



WP2 – CARTIS

Inventario delle tipologie edilizie esistenti

Giulio Zuccaro

28 Unità di Ricerca

9 Task



WP4 – MARS-CARTIS

Sergio LAGOMARSINO, Angelo MASI e Giulio Zuccaro

44 Unità di Ricerca

12 Task

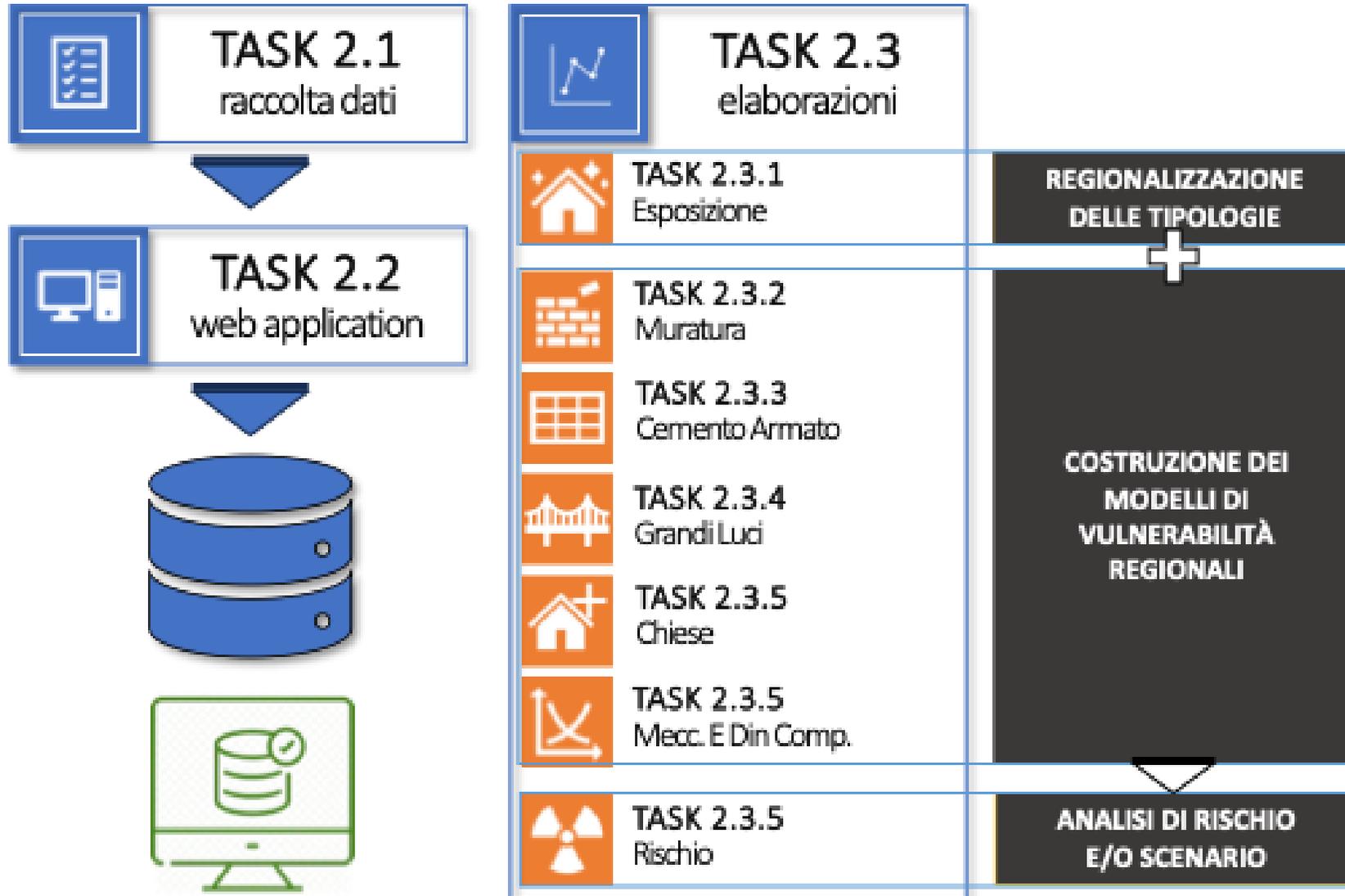
Progetto DPC-ReLUIIS 2022-24

CARTIS – Struttura del progetto

TASK 1	Schede CARTIS: rilievo e raccolta dati nel database	Giulio ZUCCARO Daniela DE GREGORIO
TASK 2	Sviluppo database e implementazione dati	Francesco MARMO Andrea MONTANINO
TASK 3.1	Esposizione	Stefano LENCI Maria POLESE
TASK 3.2	Vulnerabilità delle tipologie in muratura	Antonio FORMISANO Sergio LAGOMARSINO
TASK 3.3	Vulnerabilità delle tipologie in cemento armato	Giuseppina UVA Gerardo M. VERDERAME
TASK 3.4	Vulnerabilità delle tipologie grandi luci	Raffaele LANDOLFO Marco SAVOIA
TASK 3.5	Vulnerabilità delle Chiese	Giulio ZUCCARO Francesca DA PORTO
TASK 3.6	Meccanica e dinamica computazionale applicata ad analisi di vulnerabilità regionali	Giovanni GARCEA Fabio MINGHINI
TASK 3.7	Analisi di rischio a scala territoriale	Giuseppe BRANDO Andrea PROTA

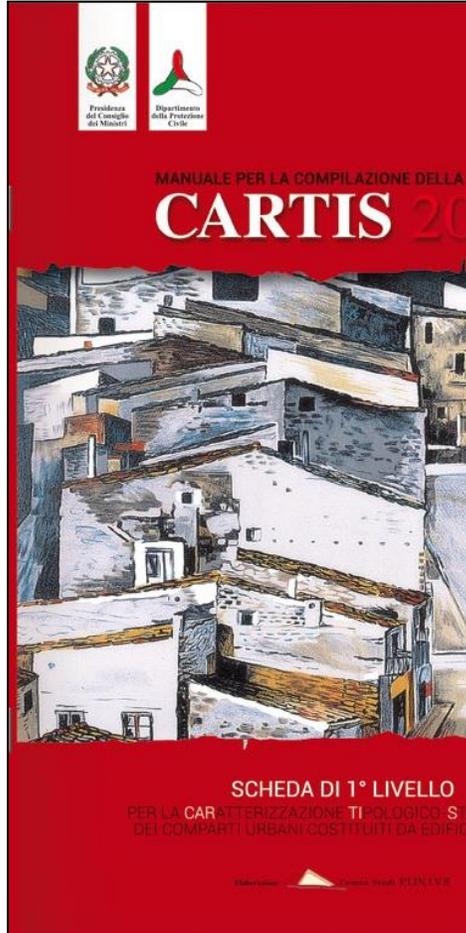
Progetto DPC-ReLUIIS 2022-24

CARTIS – Struttura del progetto



Progetto DPC-ReLUIS 2022-24

CARTIS – Task 1 Raccolta dati



CARTIS EDIFICIO-20
SCHEDA DI 2° LIVELLO PER LA CARATTERIZZAZIONE DI UN EDIFICIO ORDINARIO

PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

SEZIONE 0: Identificazione Comune ed Edificio

a. DATI DI LOCALIZZAZIONE Regione: VENETO
Provincia: VERONA
Comune: VESTENANOVA
Municipalità/ Frazione/ Località (denominazione): _____

b. DATI IDENTIFICATIVI UNITÀ DI RICERCA (UR) RELUIS Codice UR: UN11111
Referente: _____
Ente di appartenenza: Università degli Studi
Qualifica: _____
Titolo di studio: _____
Indirizzo: _____
Tel. ufficio: 049/8275386
Compilatore: Claudia Valotto
Firma del Compilatore: _____

c. DATI FONTE Tecnico/i: Presi Serafino
Progetto/i: _____

Elaborazione: _____ Centro Studi PLINIVS

CARTIS Grandi Luci

PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

Sezione 3F: Copertura e fondazioni

Copertura

Caratteristiche deformative	Luce max: $L > 10 m$	SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/>	Sistemi
Deformabile <input type="radio"/>	N° ordini copertura: <u>1</u>	semplice	
Rigida <input type="radio"/>	Controventi di falda: <input type="radio"/>	SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/>	

Sistema a semplice via

Tipologia membratura principale	Sez. co
<u>Piano</u> <input type="radio"/>	Parete piena (standard; comp. saldata) <input type="checkbox"/>
<u>A falde inclinate</u> <input type="radio"/>	Sezione cava (standard; comp. saldata) <input type="checkbox"/>
<u>Curvo</u> <input type="radio"/>	Sezione scatoriale <input type="checkbox"/>
	Reticolare <input type="checkbox"/>

Sistema a doppia via

Tipologia piastra/guscio	Sez. co
<u>Piano</u> <input type="radio"/>	Grigliato a semplice strato <input type="checkbox"/>
<u>A falde inclinate</u> <input type="radio"/>	Grigliato a doppio strato <input type="checkbox"/>
<u>Curvo</u> <input type="radio"/>	Continuo <input type="checkbox"/>

Elementi di chiusura

Non identic. <input type="radio"/>	A solaio piano <input type="checkbox"/>	A solaio inclinato <input type="checkbox"/>	A shed <input type="checkbox"/>	Lucernario <input type="checkbox"/>	Con tegoli affiancati <input type="checkbox"/>	Con tegoli distanziati <input type="checkbox"/>
------------------------------------	---	---	---------------------------------	-------------------------------------	--	---

Fondazioni

<input type="checkbox"/> Superficiale <u>I_II_II_II</u> %	1. Fondazione superficiale continua in pietrame o blocchi squadrati
<input type="checkbox"/> Profonda <u>I_II_II_II</u> %	2. Fondazione profonda in pietrame e blocchi squadrati
<input type="checkbox"/> Continua <u>I_II_II_II</u> %	3. Fondazione su archivi rovesci
<input type="checkbox"/> Discontinua <u>I_II_II_II</u> %	4. Plinti isolati senza travi di collegamento
	5. Plinti isolati con travi di collegamento
	6. Travi rovesce
	7. Reticolo di travi rovesce
	8. Piatte
	9. Plinti su pali
	10. Travi rovesce su pali
	11. Piatte su pali

Nessuna informazione

CARTIS CHIESE 2020

PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

SEZIONE 2: Caratteristiche generali (parte 1)

a. Età di primo impianto

A <input type="radio"/> Dal II sec. al VI sec.	E <input type="radio"/> XV sec. e XVI sec.
B <input type="radio"/> Dal VII sec. al X sec.	F <input type="radio"/> XVII sec. e prima metà del XVIII sec.
C <input type="radio"/> XI sec. e XII sec.	G <input type="radio"/> Seconda metà del XVIII sec. e XIX sec.
D <input type="radio"/> XIII sec. e XIV sec.	H <input type="radio"/> XX sec. e anni 2000

b. Trasformazioni significative SI (inserire data/periodo: _____) NO

c. Usi prevalenti (max 2)

A <input type="checkbox"/> Chiesa parrocchiale	E <input type="checkbox"/> Santuario
B <input type="checkbox"/> Capella	F <input type="checkbox"/> Basilica
C <input type="checkbox"/> Oratorio	G <input type="checkbox"/> Museo
D <input type="checkbox"/> Cattedrale/Duomo	H <input type="checkbox"/> Altro (_____)

d. Stile architettonico prevalente

A <input type="radio"/> Tardo antico	E <input type="radio"/> Gotico	I <input type="radio"/> Moderno/contemporaneo
B <input type="radio"/> Bizantino	F <input type="radio"/> Rinascimentale	L <input type="radio"/> Chiesa rurale
C <input type="radio"/> Longobardo	G <input type="radio"/> Barocco	M <input type="radio"/> Chiesa rupestre
D <input type="radio"/> Romanico	H <input type="radio"/> Neoclassico	N <input type="radio"/> Altro (_____)

e. Tipo di impianto

A <input type="radio"/> Pianta basilicale a croce latina	D <input type="radio"/> Pianta centrale - croce greca
B <input type="radio"/> Pianta basilicale senza transetto	E <input type="radio"/> Pianta centrale - circolare
C <input type="radio"/> Pianta ad aula unica	F <input type="radio"/> Pianta centrale - poligonale

f. Superficie coperta [m²]

A <input type="radio"/> < 100	D <input type="radio"/> 1000+1999
B <input type="radio"/> 100-499	E <input type="radio"/> 2000+5000
C <input type="radio"/> 500-999	F <input type="radio"/> > 5000

g. Navate

Navata centrale		Navate laterali	
Larghezza [m]	Numero di navate [N]	A <input type="radio"/> 1	B <input type="radio"/> 2
A <input type="radio"/> < 5	B <input type="radio"/> 5-9	C <input type="radio"/> 10-19	D <input type="radio"/> ≥ 20
Larghezza [m]	Larghezza [m]	A <input type="radio"/> < 5	B <input type="radio"/> 5-9
A <input type="radio"/> < 5	B <input type="radio"/> 5-9	C <input type="radio"/> 10-19	D <input type="radio"/> ≥ 20
Larghezza [m]	Larghezza [m]	A <input type="radio"/> < 5	B <input type="radio"/> 5-9
A <input type="radio"/> < 10	B <input type="radio"/> 10-19	C <input type="radio"/> 20-30	D <input type="radio"/> ≥ 30
Campate totali nelle navate [N]		A <input type="radio"/> 1-5	B <input type="radio"/> 6-9
		C <input type="radio"/> 10-19	D <input type="radio"/> ≥ 20

h. Presenza di cappelle laterali SI NO

l. Presenza di pontile tra navata e presbitero SI NO

l. Presenza di piani superiori (matrone, cori, etc.) SI NO

m. Presenza di piani interrati (cripte, etc.) SI NO

n. Transetto

Presenza di transetto	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Larghezza [m]	A <input type="radio"/> < 5	B <input type="radio"/> 5-9	C <input type="radio"/> 10-19	D <input type="radio"/> ≥ 20
Presenza di transetto a più navate	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Larghezza [m]	A <input type="radio"/> < 5	B <input type="radio"/> 5-9	C <input type="radio"/> 10-19	D <input type="radio"/> ≥ 20
Presenza di secondo transetto	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Altezza [m]	A <input type="radio"/> < 10	B <input type="radio"/> 10-19	C <input type="radio"/> 20-30	D <input type="radio"/> ≥ 30

Elaborazione: _____ PLINIVS B2/3

SCHEDE CARTIS

SCHEDA CARTIS EDIFICIO

SCHEDA CARTIS GRANDI LUCI

SCHEDA CARTIS CHIESE

- I primi anni del progetto CARTIS sono stati centrati sulla raccolta dati.
- Nel 2016-2017 è stata avviata la digitalizzazione.
- Nel 2021 è stata svolto un sanity check del database.
- Nel 2022 si è svolta prevalentemente lo sviluppo dei modelli di vulnerabilità.
- Nel 2023 è ripresa la raccolta dati.

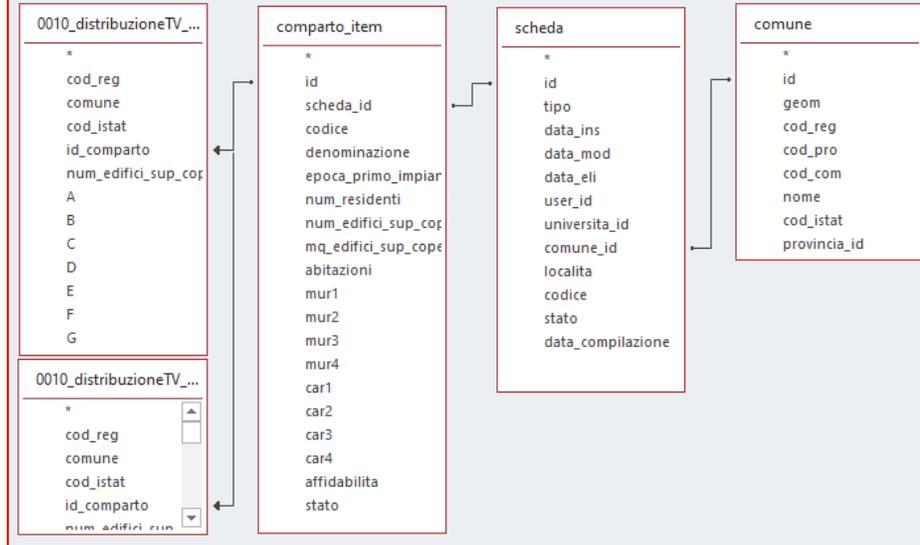
Progetto DPC-ReLuis 2022-24 CARTIS – Task 2 Web application

Administration Panel



Estrazione dati tipologico - strutturali CARTIS sulla base di interrogazioni SQL

```
SELECT comune.cod_reg, comune.nome, comparto_item.id,
comparto_item.num_edifici_sup_coperta,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_02di04_mur].A1,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_02di04_mur].A2,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_02di04_mur].B1,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_02di04_mur].B2,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_02di04_mur].C1,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_02di04_mur].C2,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_03di04_car].A,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_03di04_car].B,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_03di04_car].C,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_03di04_car].D,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_03di04_car].E,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_03di04_car].F,
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_03di04_car].G
FROM ( (0010_distribuzioneTV_per_comparti_03di04_car RIGHT
JOIN (0010_distribuzioneTV_per_comparti_02di04_mur RIGHT
JOIN comparto_item ON
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_02di04_mur].id_comparto =
comparto_item.id) ON
[0010_distribuzioneTV_per_comparti_03di04_car].id_comparto =
comparto_item.id) INNER JOIN scheda ON
comparto_item.scheda_id = scheda.id) INNER JOIN comune ON
scheda.comune_id = comune.id;
```



Sign In

Username

Password

Login



<http://cartis.plinivs.it>

Progetto DPC-ReLUIs 2022-24

CARTIS – Task 2 Web application

Administration Panel

Andrea

- Dashboard
- Comuni Schede
- Report Riepilogo Dati
- Schede Comparti
- Schede Edifici
- Report
- GL Comuni Schede
- GL Schede Comparti
- Documenti



Chiese

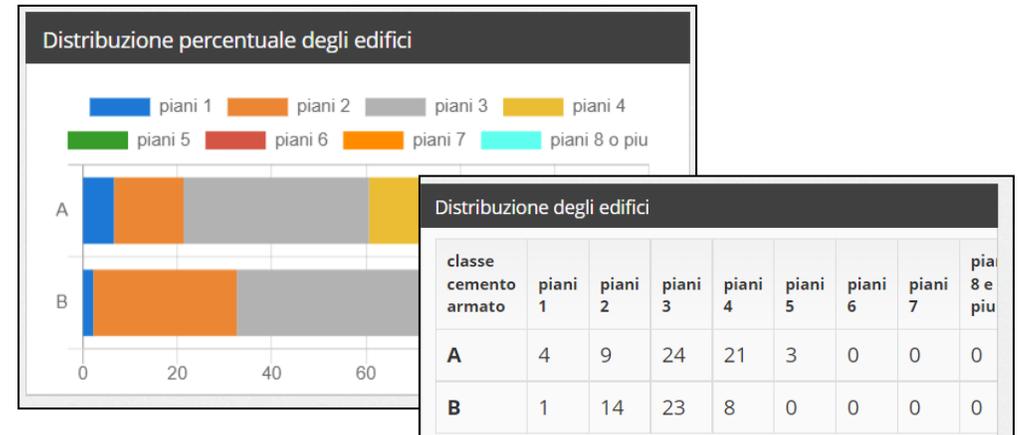
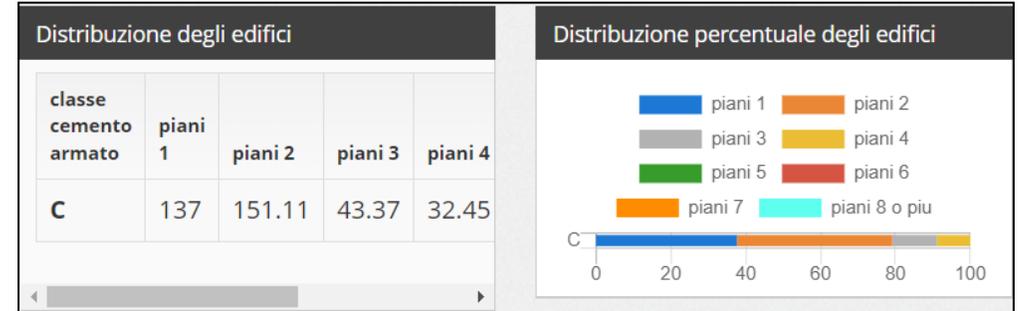
Report Schede Comparto

Attività	Note
N. Totale di Schede	551
Schede completate	465
Schede incomplete	86

Report Schede Edifici

Attività	Note
N. Totale di Schede	6161
Schede completate	4293
Schede incomplete	1868

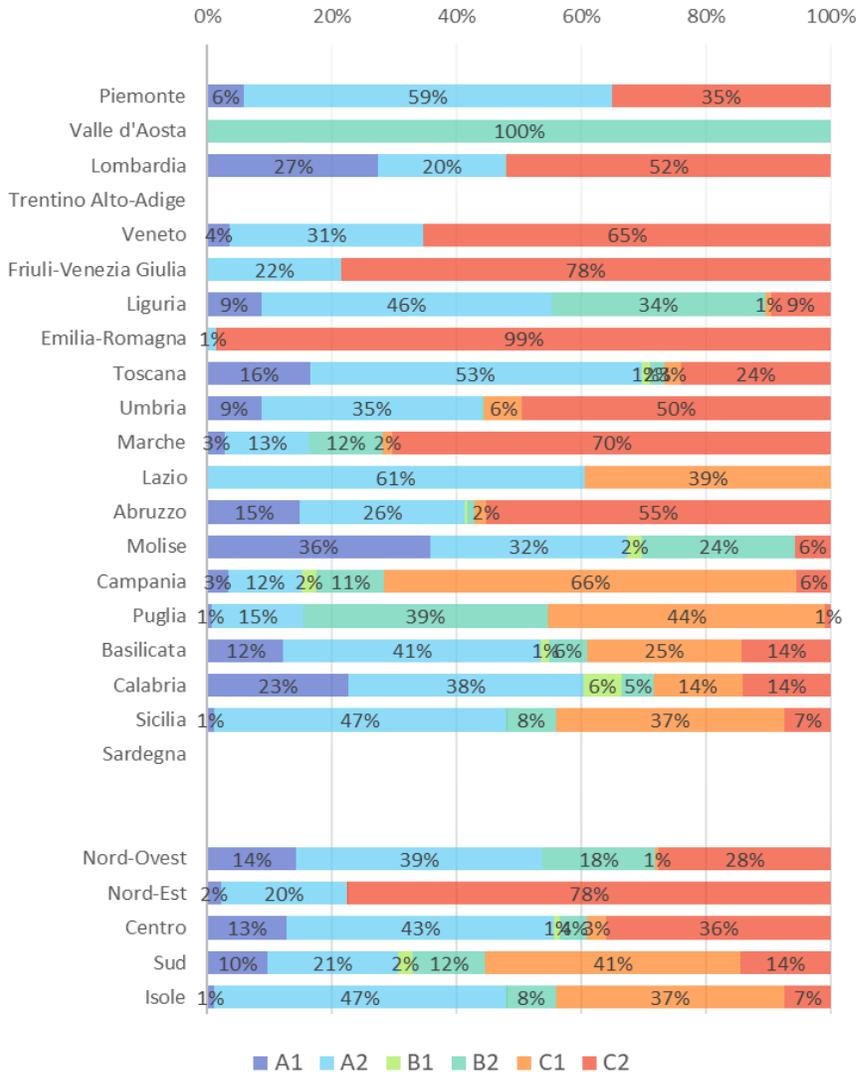
Regione: CAMPANIA
 Provincia: Napoli
 Comune: Ischia
 Tipologia Verticale *: Cemento Armato
 Secondo Parametro *: numero di piani



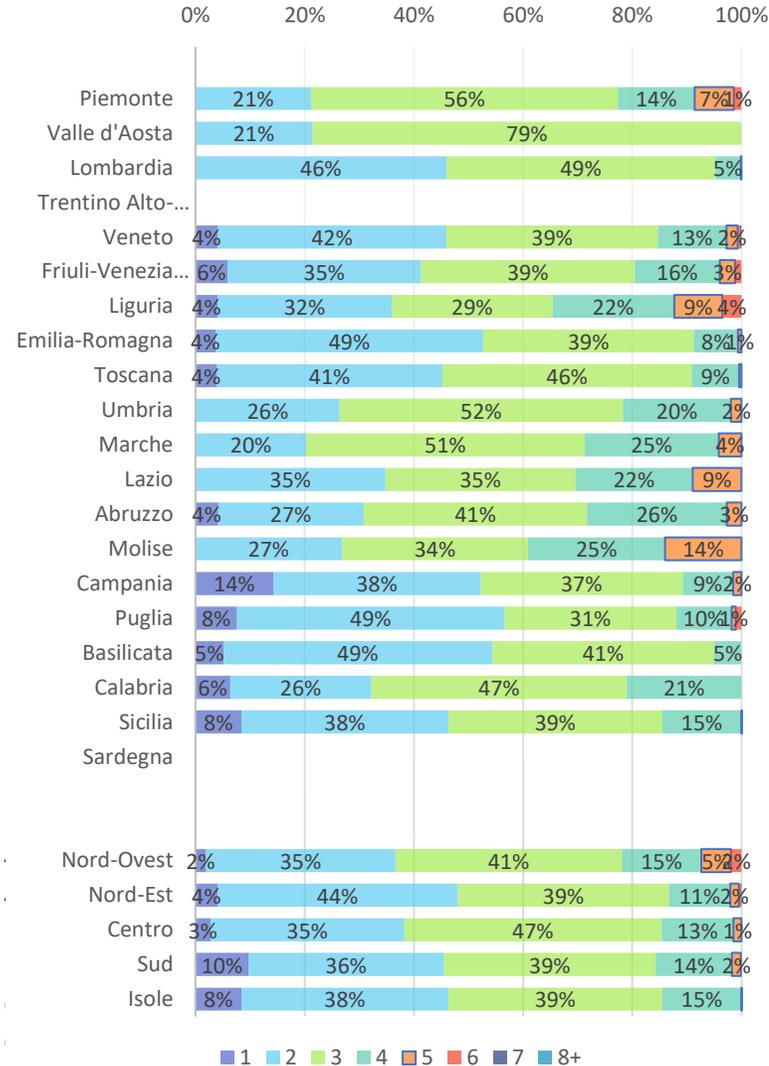
Progetto DPC-ReLuis 2022-24

CARTIS – Task 3.1 Esposizione

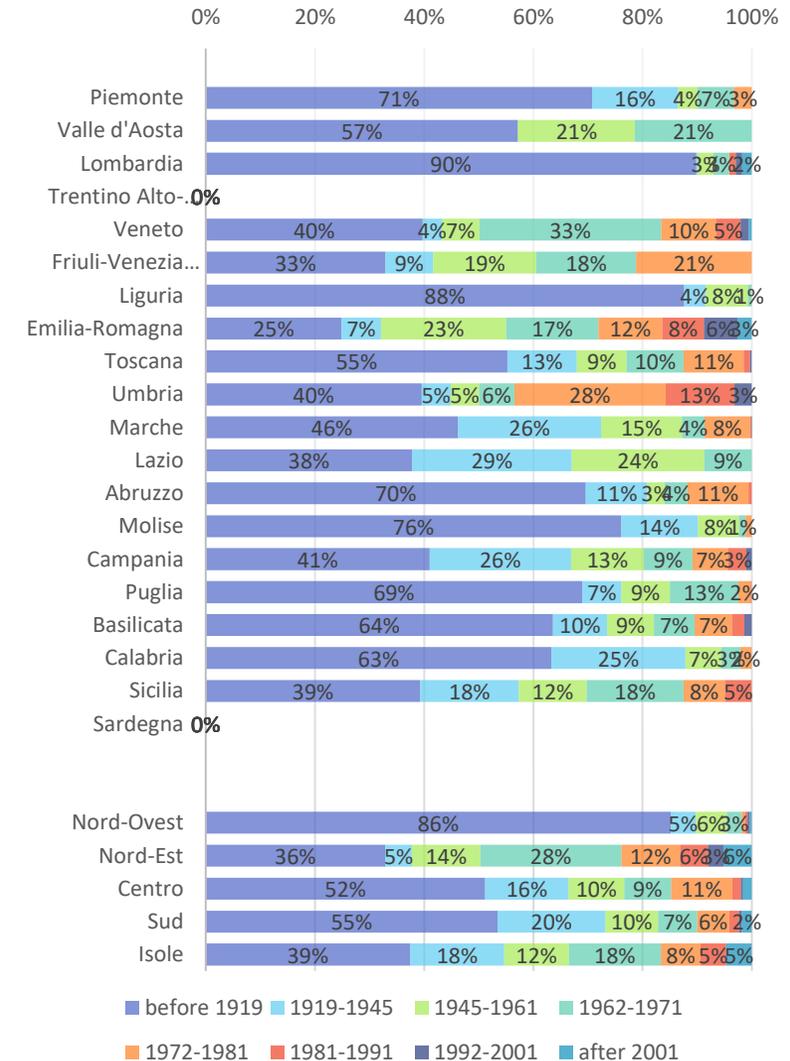
TIPOLOGIE MURARIE



OCCORRENZA DEL NUMERO DI PIANI



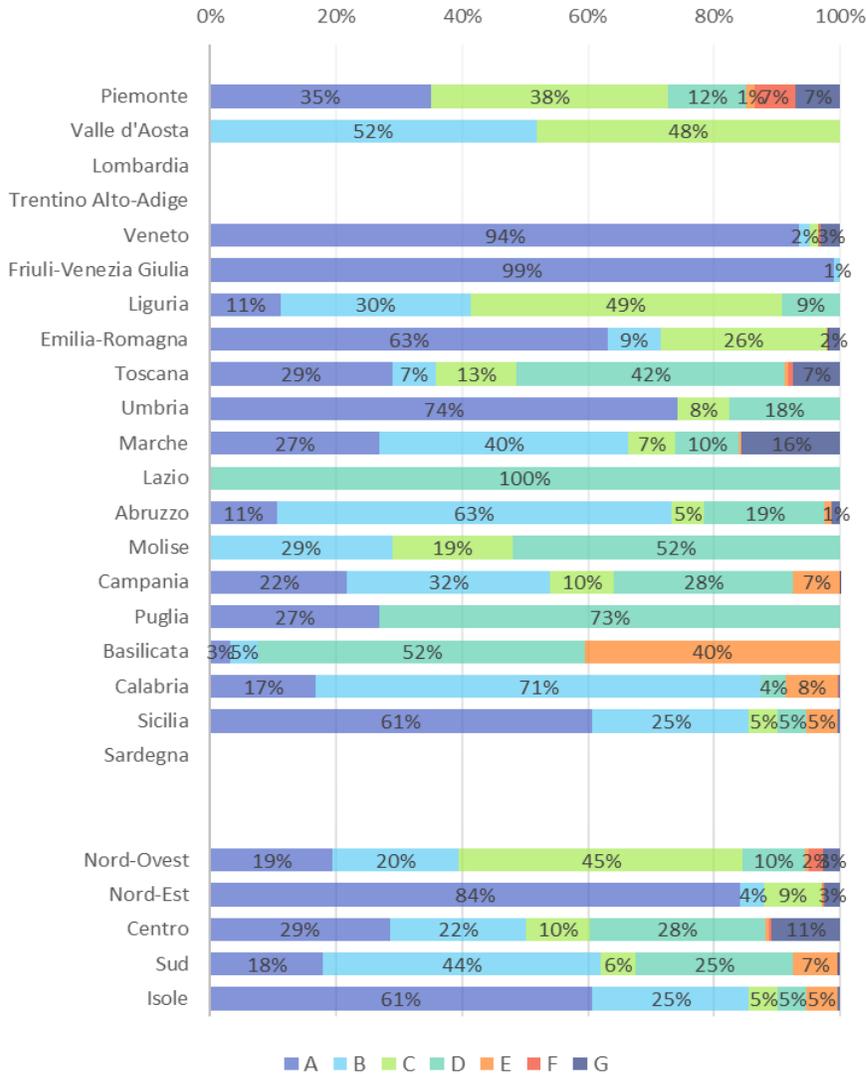
EPOCA DI COSTRUZIONE



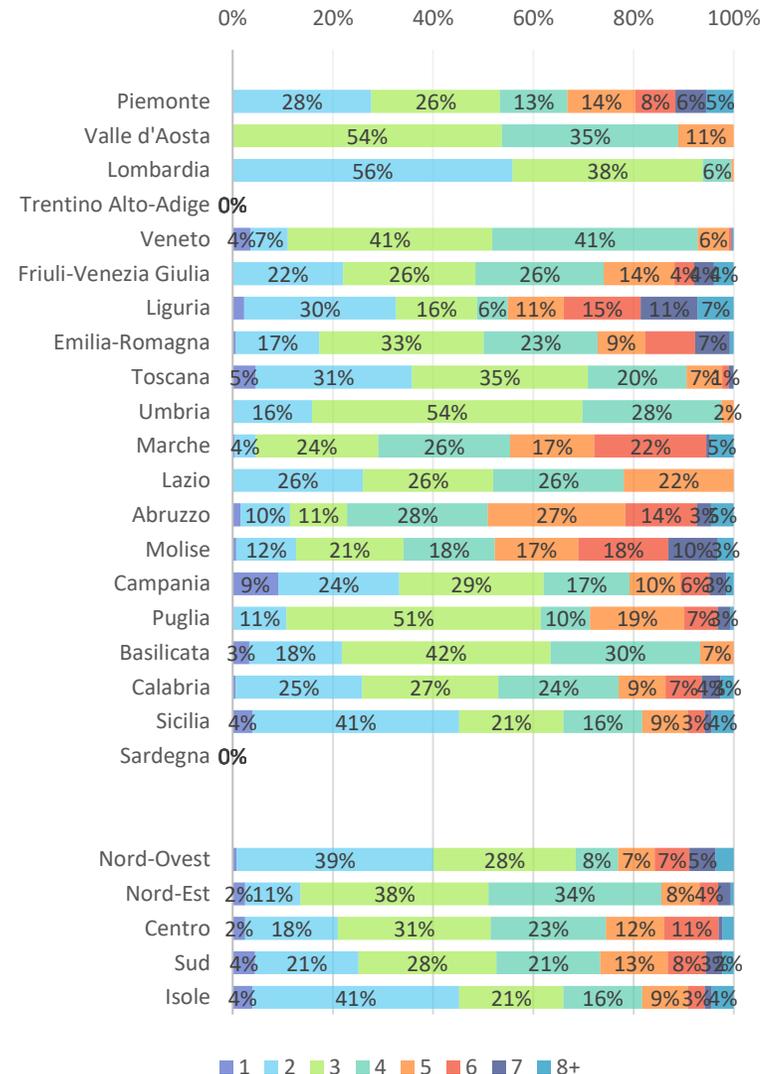
Progetto DPC-ReLuis 2022-24

CARTIS – Task 3.1 Esposizione

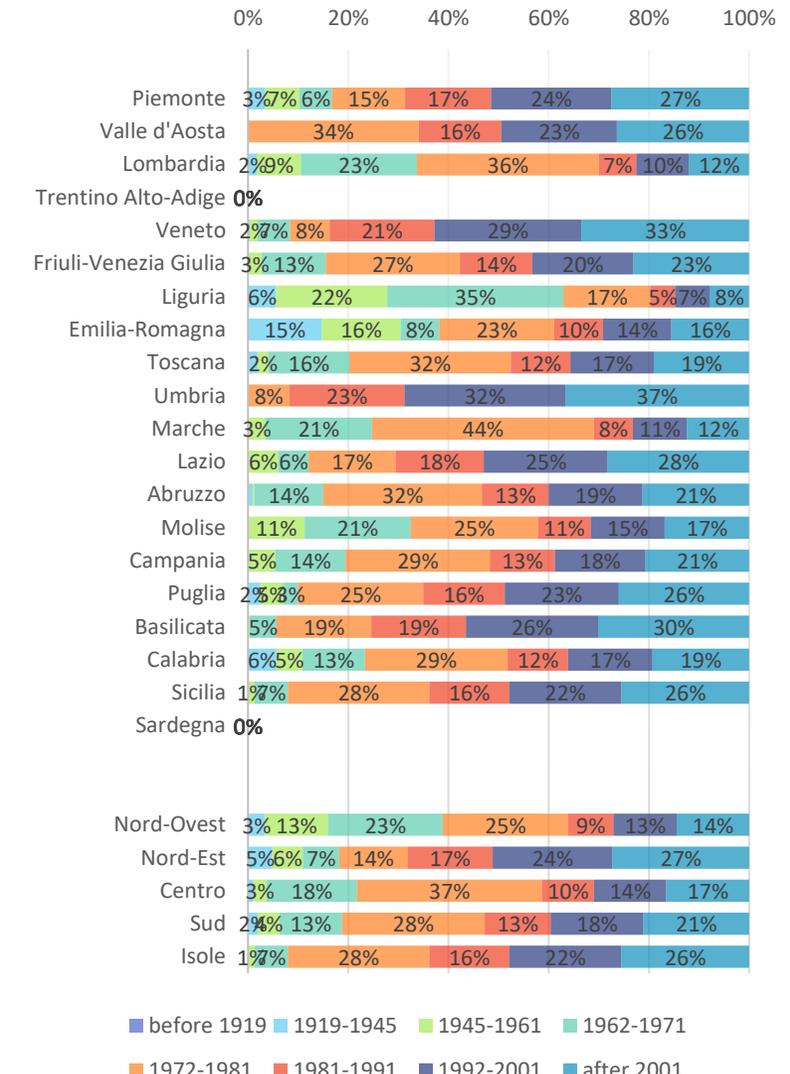
TIPOLOGIE CEMENTO ARMATO



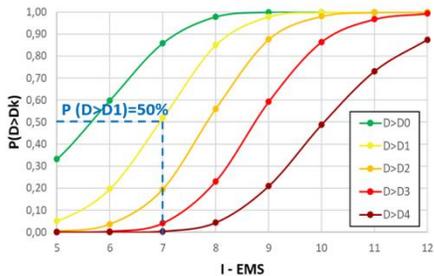
OCCORRENZA NUMERO DI PIANI



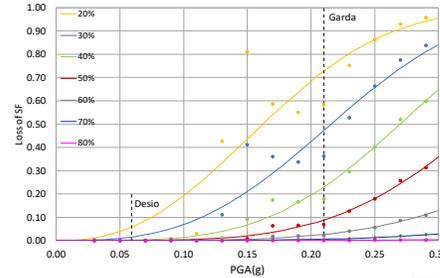
EPOCA DI COSTRUZIONE



ESEMPI DI MODELLI DI VULNERABILITÀ A SCALA REGIONALE O COMUNALE

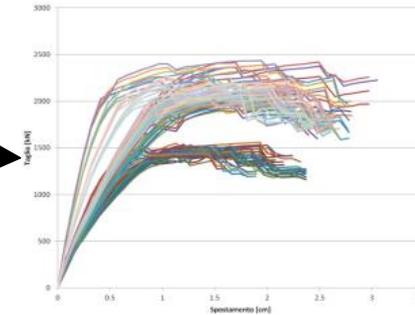


UNIMOL - valutazione della vulnerabilità sismica delle tipologie costruttive in muratura del Molise con applicazione al comune di Montelongo

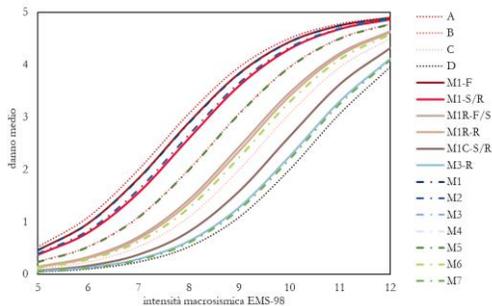


POLIMI - perdita di performance degli edifici storici con lo studio del fattore di sicurezza globale per una data tipologia al variare della situazione topografica e della tipologia di suolo

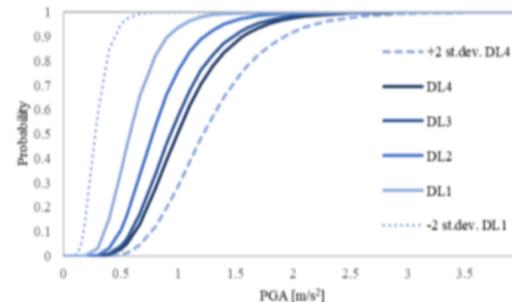
METODI EMPIRICI



UNIPG - capacità di edifici in muratura appartenenti a diversi comuni umbri al variare della **qualità muraria** per determinare curve di fragilità meccaniche



UNIPD a/b - vulnerabilità sismica del costruito mediante **metodo macrosismico**, anche considerando l'effetto degli **interventi** eseguiti dopo il sisma del 1976 sul comune friulano di Tolmezzo



UNIFI - valutazione della vulnerabilità sismica **edifici in aggregato** nell'area della Alta Val Tiberina, l'area della Garfagnana e l'area di Firenze città metropolitana con la sua provincia

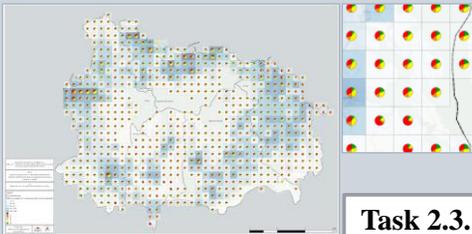
Progetto DPC-ReLuis 2022-24

CARTIS – Task 3.7 Rischio

UR UNINA-a: G. Zuccaro

EXPOSURE 1

- Danno con riferimento all'esposizione valutata attraverso **rilievi building by building**.
Unità di analisi: cella 250x250m (CARTIS EDIFICIO + PLINIVS + ISTAT);



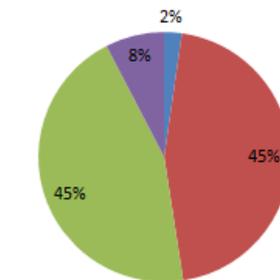
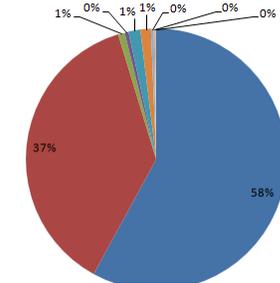
EXPOSURE 2

- Danno con riferimento all'esposizione valutata attraverso il solo dato **CARTIS COMPARTO**.
Unità di ana



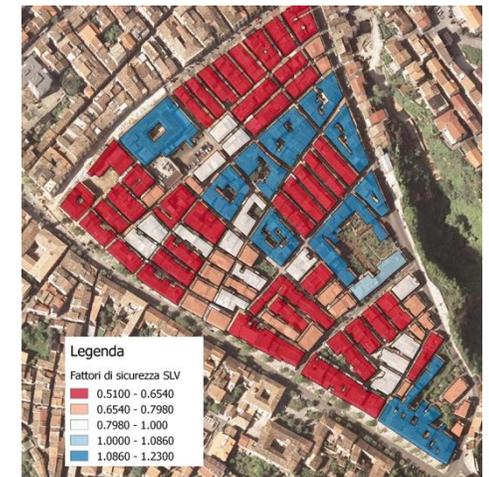
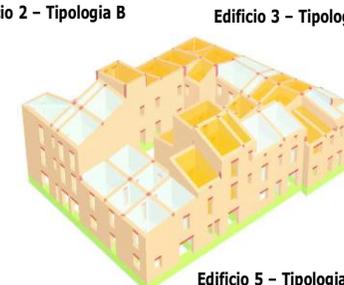
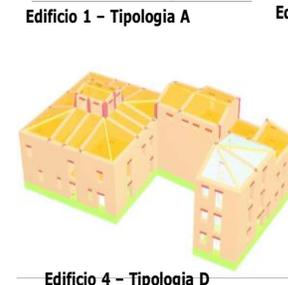
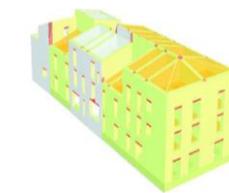
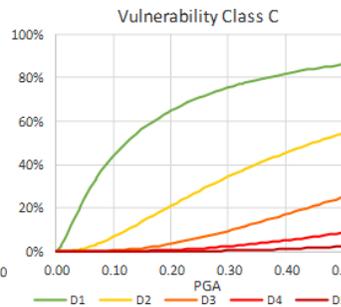
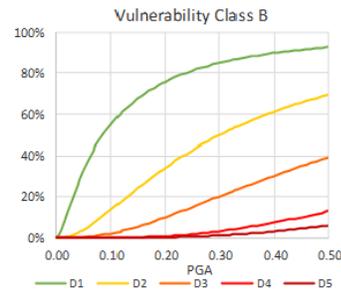
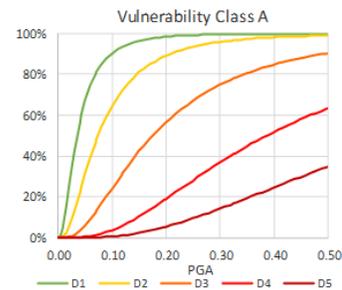
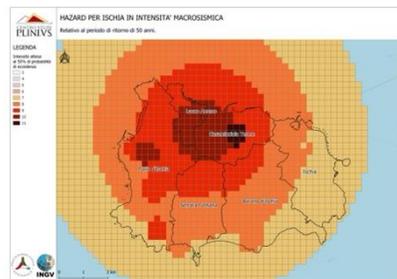
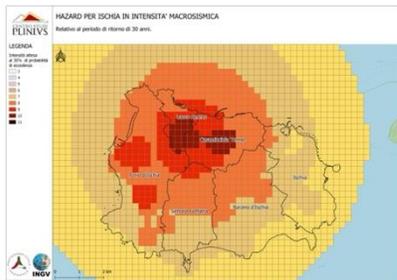
ESEMPI DI SCENARI DI IMPATTO A SCALA REGIONALE O COMUNALE

UR UNICAL: G. Garcea

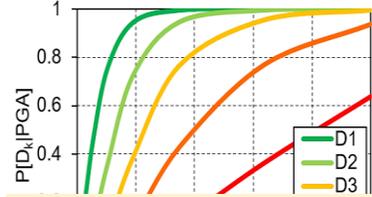
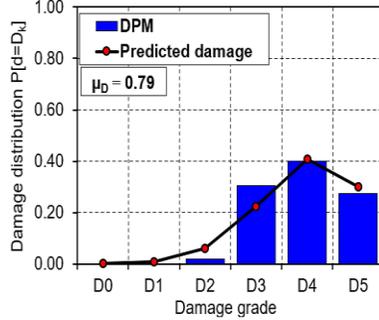
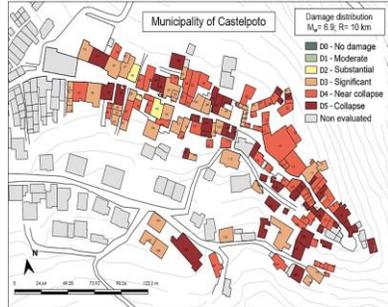


- Edifici ad uso residenziale costruiti prima del 1919
- Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1919 al 1945
- Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1946 al 1960
- Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1961 al 1970
- Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1971 al 1980
- Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1981 al 1990
- Edifici ad uso residenziale

- Edifici ad uso residenziale con un piano
- Edifici ad uso residenziale con 2 piani
- Edifici ad uso residenziale con 3 piani

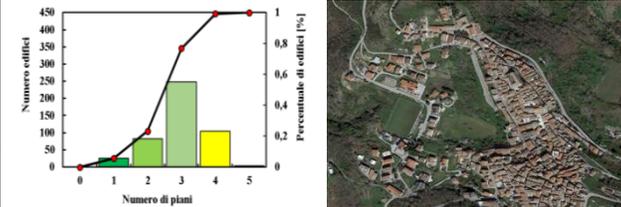
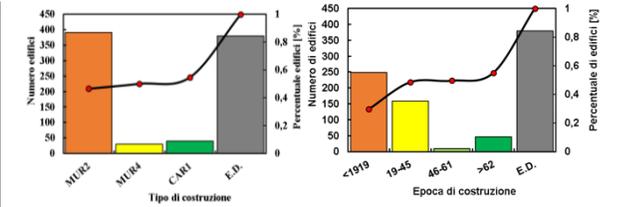
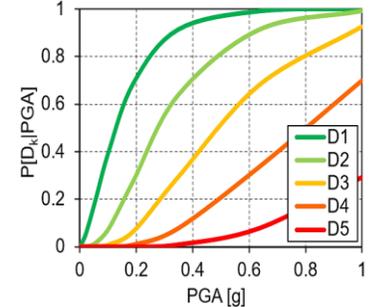
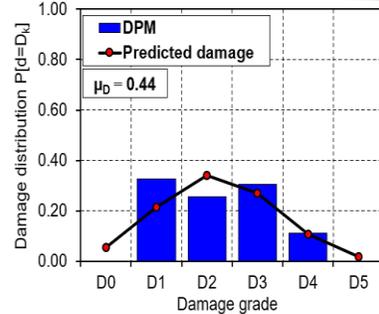


UR UNINA-b: A. Formisano

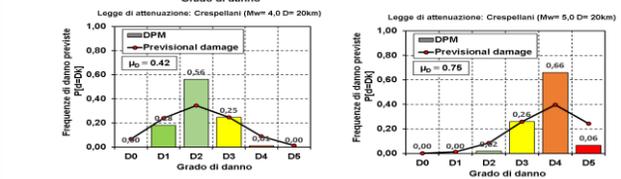
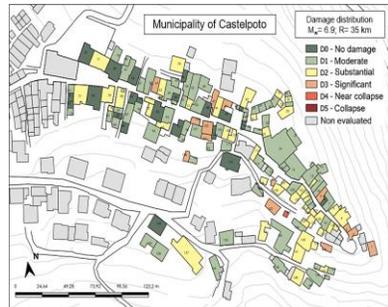
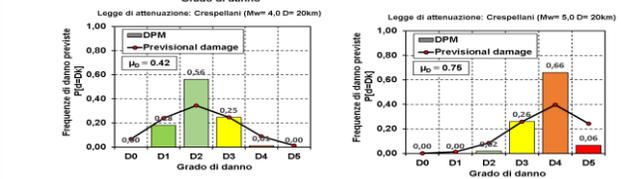
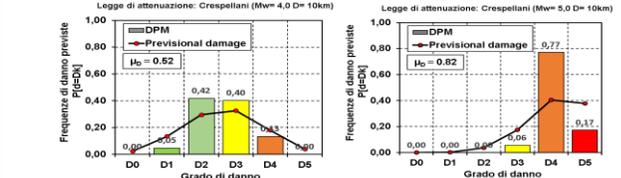
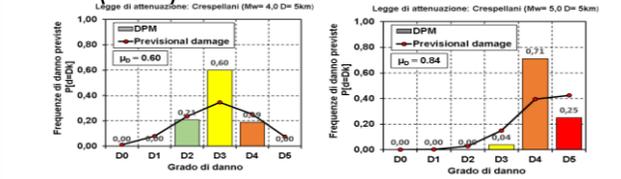
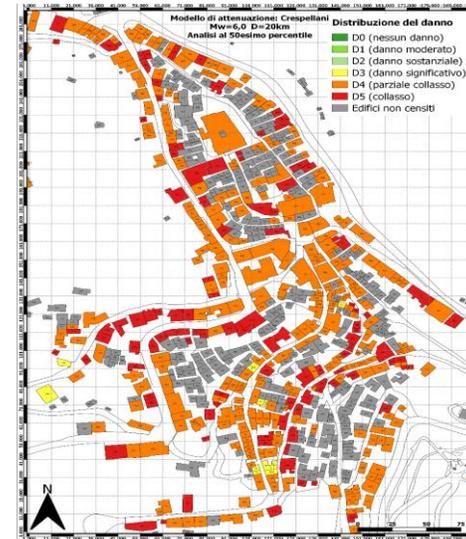
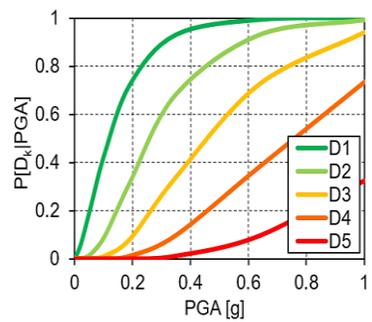
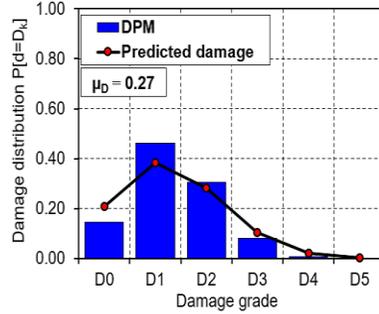
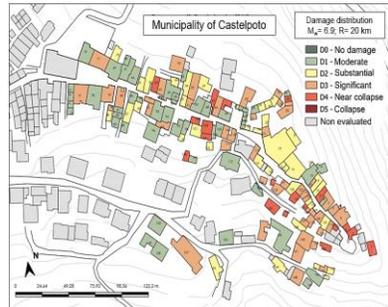


ESEMPI DI SCENARI DI IMPATTO A SCALA REGIONALE O COMUNALE

UR UNINA-c: R. Landolfo



MUR2 (pietrame, 47%)
MUR4 (pietrame, 4%)
CAR (<5%)



Progetto DPC-ReLUIS 2022-24

MARS – National Risk Assessment 2018

Decision 1313/2013/EU on a Union Civil Protection Mechanism

- EU Commission calls EU Member States to develop risk assessments making periodically available their National Risk Assessment (NRA)
- Prevention is recognized of key importance for protection against disasters
- MSs are required to provide prevention and preparedness plans in relation to specific disasters to maximize overall EU support to DRM
- Prevention policies should be strengthened also by ensuring necessary links to other key EU Policies, notably the Cohesion Policy



Presidency of the Council of Ministers
Italian Civil Protection Department

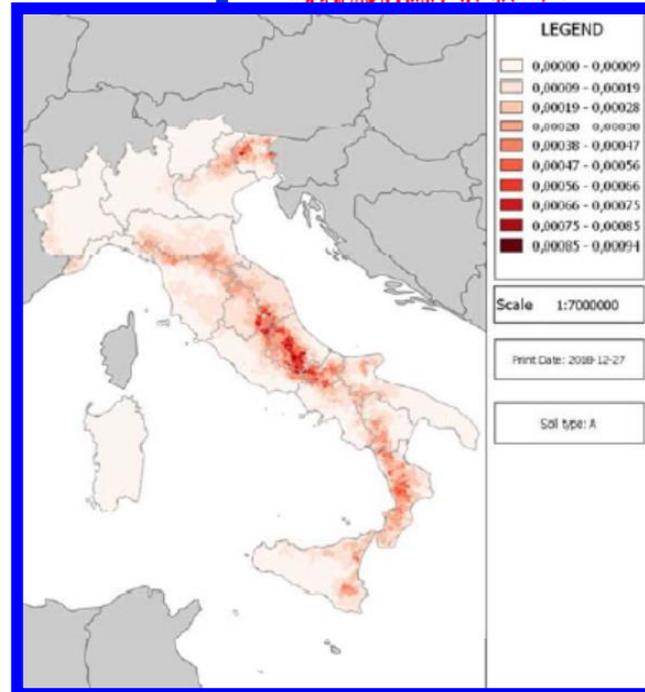
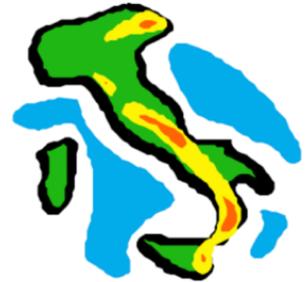
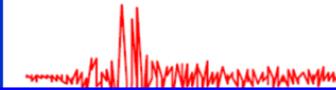


Italian NRA 2018

National risk assessment

Overview of the potential major disasters in Italy:
seismic, volcanic, tsunamis, hydro-geological/hydraulic and extreme
weather, droughts and forest fire risks

Chapter 1 Seismic risk



Progetto DPC-ReLUIIS 2022-24 MARS – Struttura del progetto

Task 4.1 – ESPOSIZIONE: regionalizzazione delle tipologie (Zuccaro)

Task 4.2 – PERICOLOSITÀ: mappe di scuotimento per scenari ed effetti di sito (Paolucci, Penna)

Task 4.3 – VULNERABILITÀ del costruito residenziale: curve di fragilità per edifici rinforzati e in aggregato (Lagomarsino, Verderame)

Task 4.4 – VULNERABILITÀ di scuole ed ospedali (Cattari, Manfredi)

Task 4.5 – VULNERABILITÀ di capannoni ed altri edifici «speciali» (Savoia, Nascimbene)

Task 4.6 – VULNERABILITÀ delle chiese e di altri edifici monumentali (da Porto, Calderini)

Task 4.7 – VULNERABILITÀ delle infrastrutture (individuale e sistemica) (Prota)

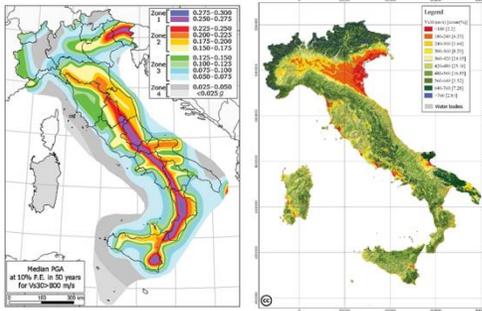
Task 4.8 – Calcolo delle CONSEQUENZE socio-economiche per rischio incondizionato o di scenario (Di Ludovico)

Task 4.9 – Valutazioni e strategie preventive MULTIRISCHIO (Masi)

Task 4.10 – Aggiornamento MAPPE DI RISCHIO (Lagomarsino, Masi)

Progetto DPC-ReLuis 2022-24 MARS – Struttura del progetto

PERICOLOSITÀ



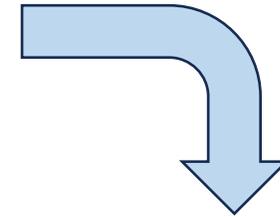
- Mappa della pericolosità MPS04 (INGV)
- Effetti di amplificazione locale valutati con mappa dei suoli (CMZS e CNR-IGAG)

**ANALISI DI RISCHIO
SCENARI DI DANNO**

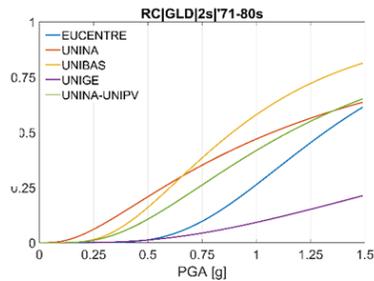
ESPOSIZIONE



- Censimento nazionale ISTAT 2011
- Dati tipologici regionali da CARTIS

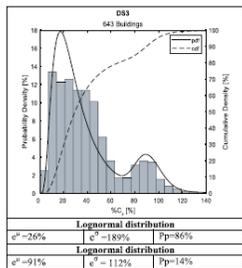


VULNERABILITÀ

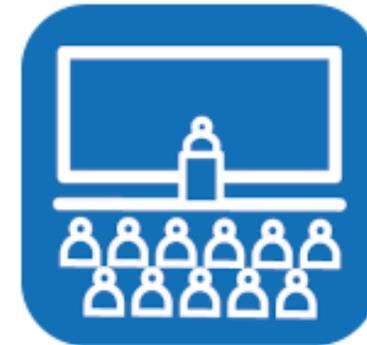


IRMA  Italian Risk Maps

PERDITE



**IRMA V2- Edilizia
residenziale**



IRMA - Scuole

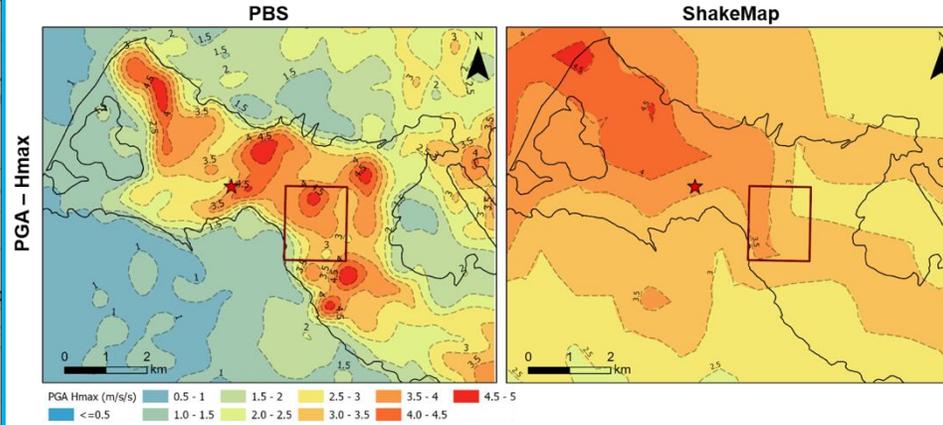
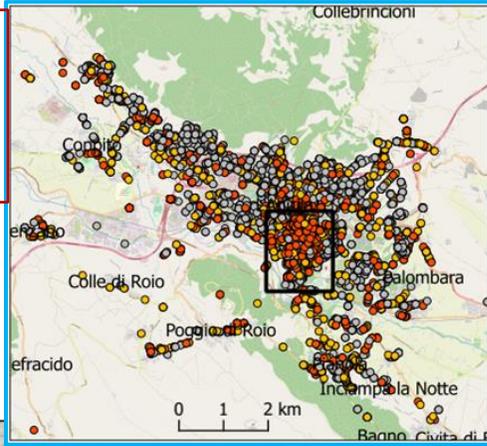
Scenari di scuotimento simulati per derivare curve di fragilità

Selezione di accelerogrammi spetro-compatibili **reali** (NGA-West2) e **simulati** (BB-SPEEDset) in ampio intervallo di PGA (0.05g ÷ 1 g)

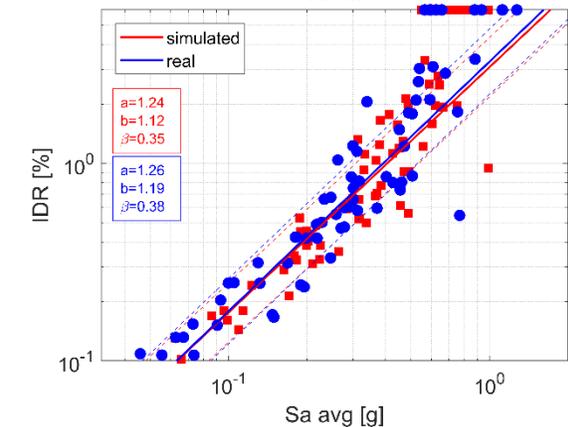
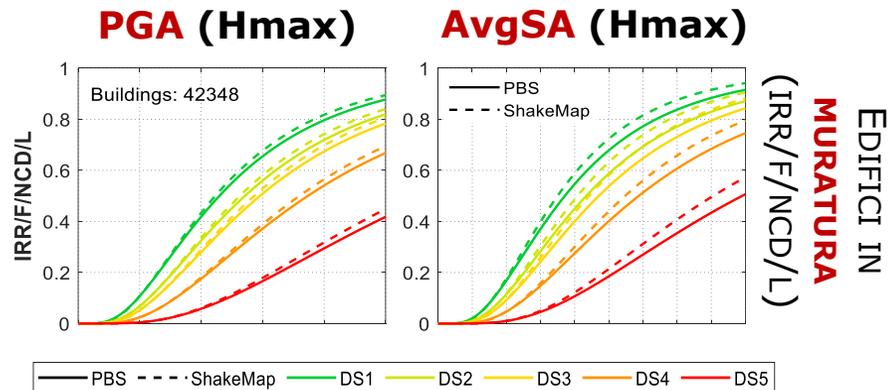
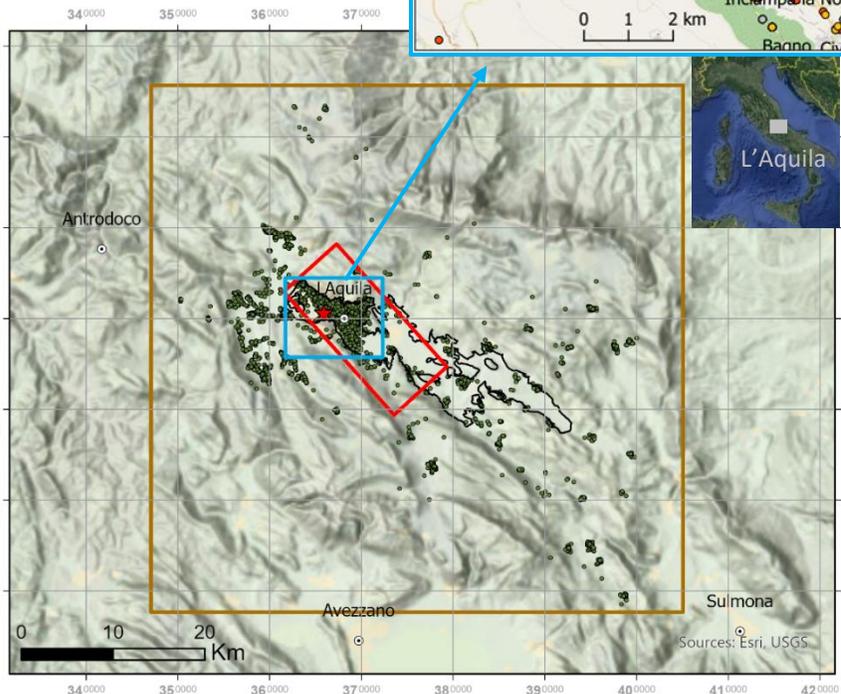
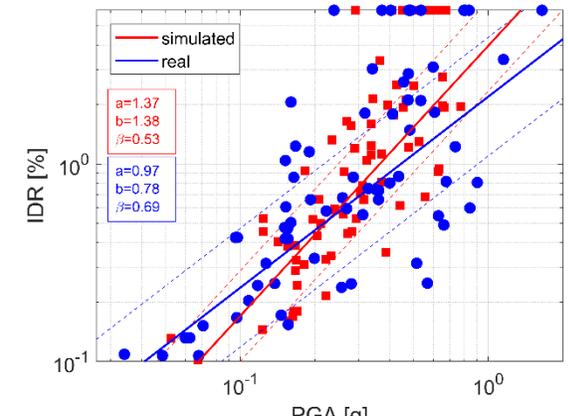
Analisi efficienza di diverse IM:
PGA, PGV, SA(T0), AvgSA, HI, IA, CAV

Simulazione terremoto L'Aquila 6 aprile 2009

Database di danno dell'Aquila
(Rosti et al. 2019; 2021; 2022)



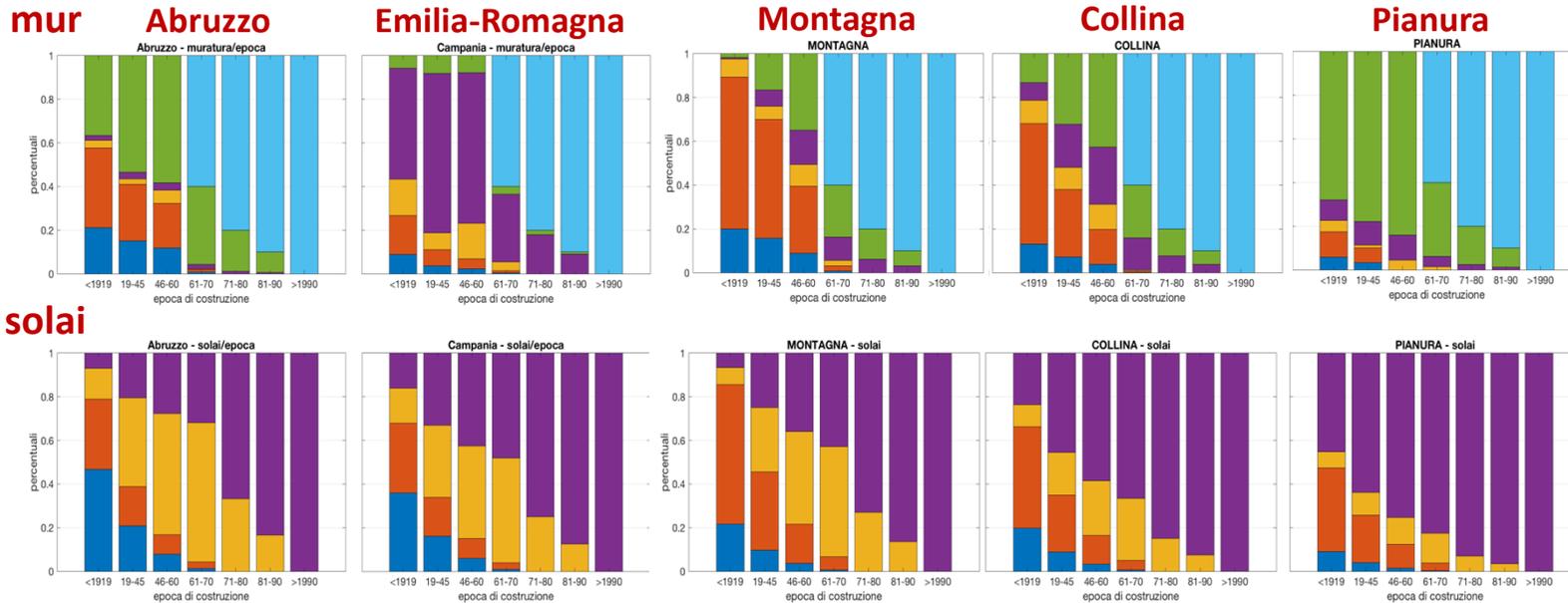
Confronto fra curve di fragilità derivate da scenari simulati "physics-based" (PBS) e da ShakeMap



Modello di esposizione regionale da usare nella piattaforma IRMA

- Derivazione di un modello di esposizione regionalizzato, elaborato a partire dalle percentuali estratte dal database CARTIS, costituito da distribuzioni muratura/solai (6x4) per 7 epoche dell'ISTAT, in ciascun ambito territoriale (20x3x4=240 complessivamente):
 - 20 Regioni
 - 3 ambiti Altimetrici (montagna, collina, montagna)
 - 4 ambiti demografici (<2000, 2000-10000, 10000-50000, >50000)

Regioni



Sub-tipologie per edifici in MURATURA

PARETI: A1 - pietra arrotondata, A2 - pietra grezza, B1 - pietra lastriforme, B2 - pietra regolare, C1 - pietra tenera (tufo), C2 - mattoni



SOLAI: volte, flessibile, semi-rigido, rigido



- Queste 7x240=1680 matrici delle frequenze delle tipologie murarie (6x4=24) hanno consentito di caricare nella piattaforma IRMA v2 uno specifico file esposizione/vulnerabilità per calcolare lo scenario in ciascuno dei 240 diversi ambiti territoriali.

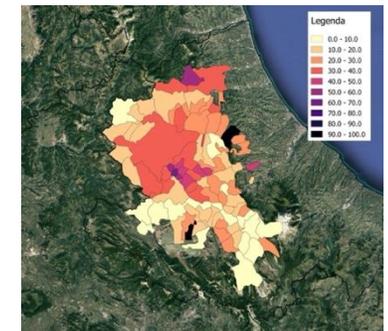
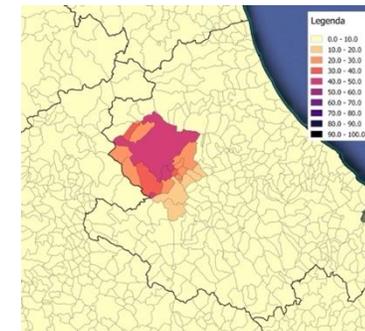
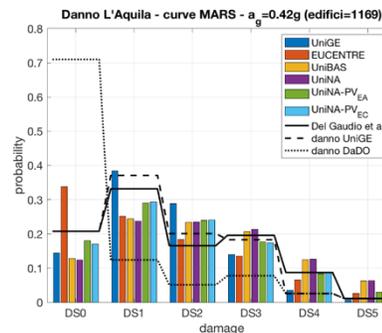
VULNERABILITÀ DEL COSTRUITO RESIDENZIALE

Base dati ISTAT 2011, aggregata a scala comunale: numero di edifici, abitazioni, superficie appartamenti e popolazione. Parametri di esposizione associati ad una tassonomia: materiale, epoca e numero di piani (oltre 100 tipologie ISTAT).

SVILUPPO DI CURVE DI FRAGILITÀ E VALIDAZIONE CON IL DANNO OSSERVATO

Ciascuna UR ha sviluppato curve di fragilità attraverso diversi approcci (derivate/calibrate/validate tramite DaDO):

- empirico-osservazionale
- euristico-macrosismico o ibrido
- meccanico-analitico (ASNL)
- meccanico-numeric (ADNL)

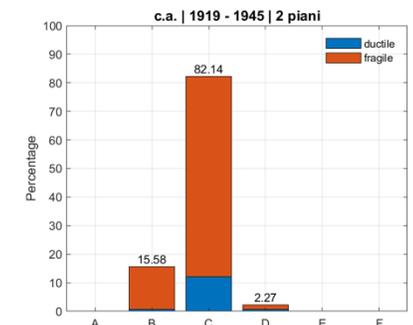
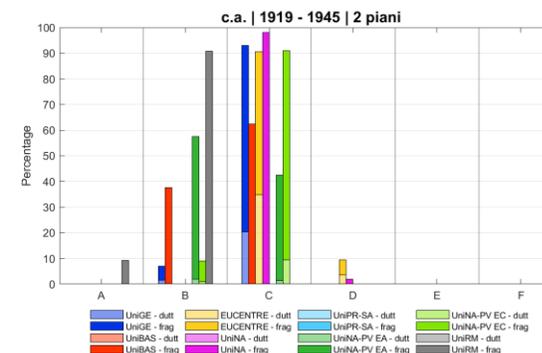


METRICA DI VULNERABILITÀ MARS

Curve di fragilità sono state associate alla classi di vulnerabilità EMS98. La vulnerabilità di ciascuna tipologia è descritta da una percentuale di classi EMS. Questo rende confrontabili e integrabili i diversi modelli.

classe EMS	A	B	C	D	E	F
PGA_{D2} [g]	0.11	0.20	0.36	0.64	1.16	2.09

$$PGA_{Dk} = PGA_{D2} e^{\alpha(k-2)}$$



VULNERABILITÀ DEL COSTRUITO RESIDENZIALE

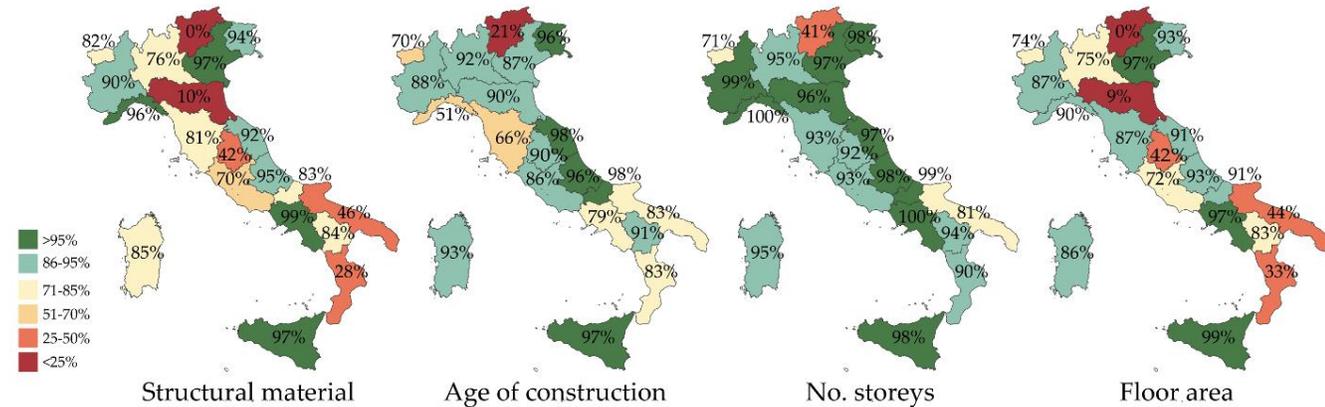
Base dati ISTAT 2011, aggregata a scala comunale: numero di edifici, abitazioni, superficie appartamenti e popolazione. Parametri di esposizione associati ad una tassonomia: materiale, epoca e numero di piani (oltre 100 tipologie ISTAT).

VULNERABILITÀ DI SCUOLE ED OSPEDALI

Scuole: AES 2022 (Anagrafe dell'Edilizia Scolastica), circa 50.000 edifici descritti da una tassonomia più accurata (area) e da parametri di esposizione (grado scolastico,...).

Ospedali: creazione di una base dati dalle schede di CLE

Implementazioni in IRMA



	Tipologia costruttiva	Epoca di costruzione	Numero di piani	Area di piano
AES 2005	69%	86%	93%	69%
AES 2022	92%	78%	95%	94%



VULNERABILITÀ DELLE CHIESE

VIR (Vincoli In Rete): database del MiBAC/ICCD, contenente circa 32.000 chiese
 BeWeB: database della CEI, contenente circa 67.000 chiese → oltre 88.000 chiese
 Parametri considerati: epoca, forma in pianta, manutenzione, materiale, snellezza

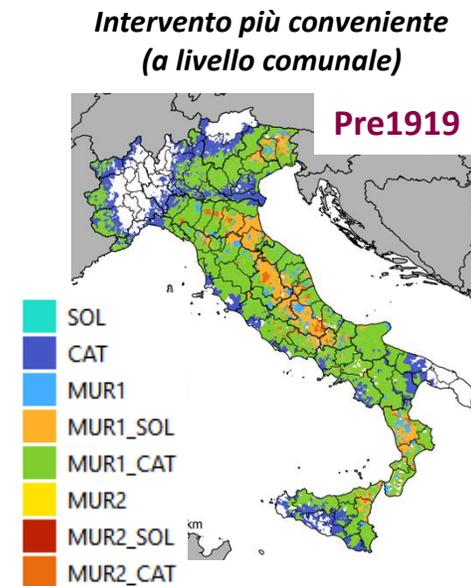
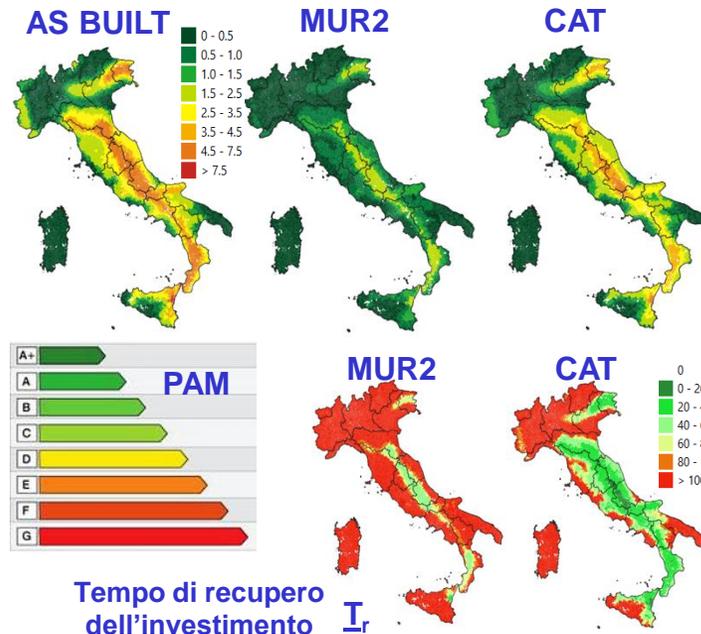
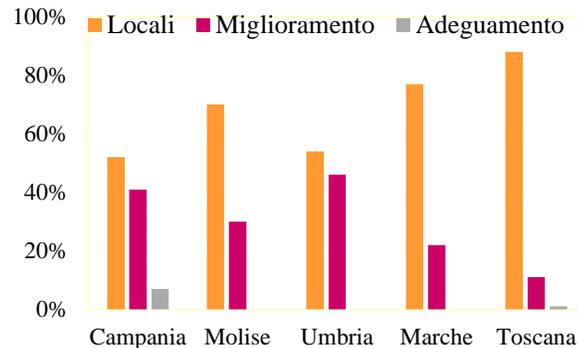
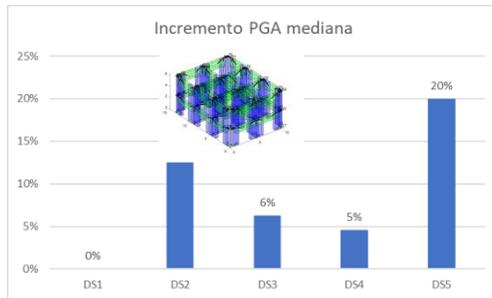


Curve di fragilità di edifici in muratura rinforzati e strategie ottimali di rinforzo

Sviluppo di **curve di fragilità** di edifici appartenenti alle diverse tipologie ISTAT e soggetti a diverse **tecniche di rinforzo**, attraverso approcci: macrosismico, ibrido, meccanico-analitico e meccanico-numeric.

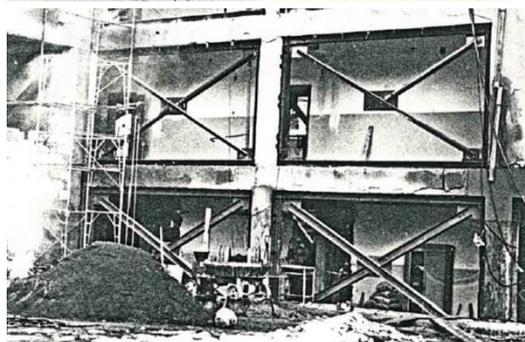
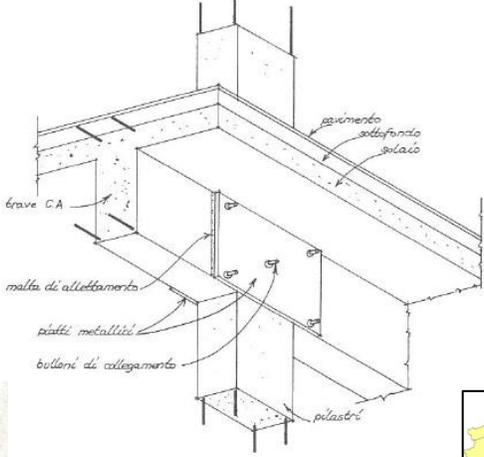
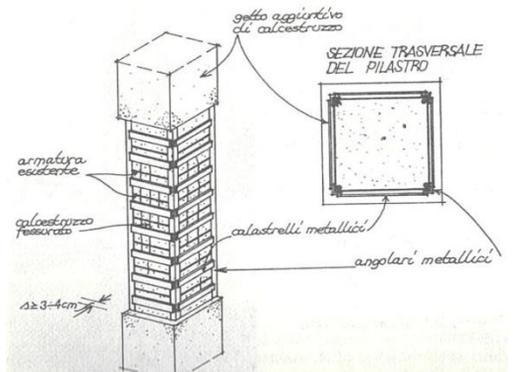
L'obiettivo è duplice:

- **Identificazione della percentuale di edifici** esistenti nei quali sono già stati attuati **interventi** (analisi condotta nelle diverse regioni attraverso il **database CARTIS**)
- **Analisi costi-benefici** per identificare le **tipologie ottimali di rinforzo** in funzione della **pericolosità**

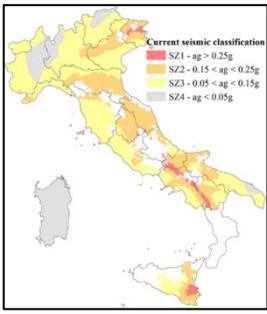


Curve di fragilità di edifici in c.a. rinforzati e strategie ottimali di rinforzo

- Ricognizione delle tecniche di intervento di riparazione e rinforzo adottate nelle diverse epoche, a partire dal post terremoto in Irpinia (1980)
- Curve di fragilità per edifici rinforzati, con modellazioni meccanico-analitiche o meccanico-numeriche, su edifici prototipo, nei quali: **a)** siano state **eliminate le crisi fragili** (rottture a taglio-trazione di elementi e nodi); **b)** sia **incrementata la rigidezza**.

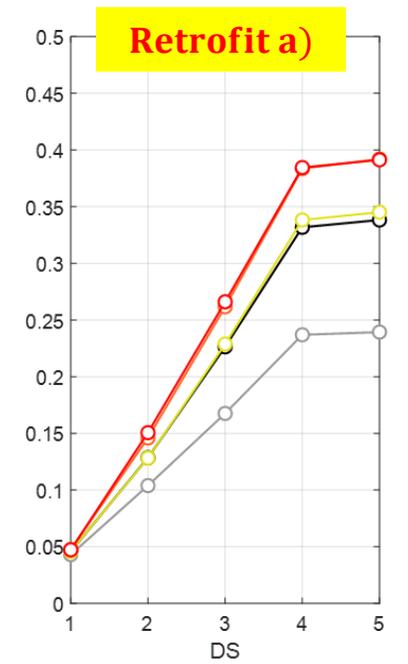
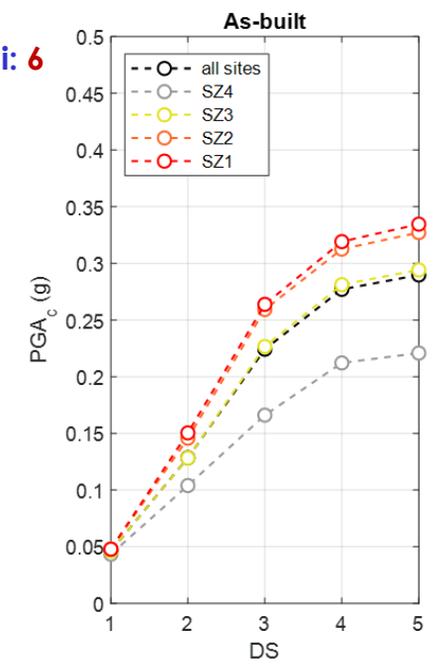


Zone Sismica (SZ)
Comuni non classificati
prima del 1971



Progettazione: **GLD**
EC: **pre-1971**
Numero Piani: **6**

PGA|DS media tra i Comuni appartenenti alla specifica SZ



Progetto DPC-ReLUIs 2022-24

MARS – Task 4 Vulnerabilità scuole e ospedali

RISULTATI AGGIORNAMENTO MODELLO MARS - SCUOLE NON RINF.

Curve di fragilità nello stato **NON** rinforzato

Da Analisi dinamiche NON LINEARI su archetipi aggiuntivi

Per MURATURA: valutazione impatto «REGIONALIZZAZIONE» con modelli analitici usando campioni *ad hoc*

Sub-tipologie rappresentative di scuole a struttura MISTA MURATURA- CA

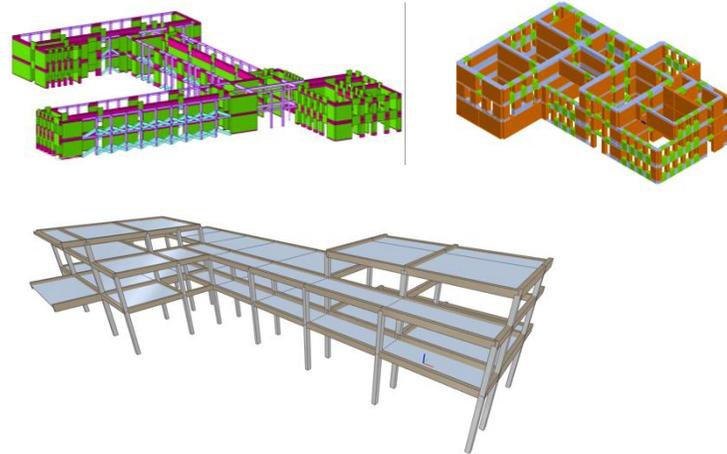
Curve di fragilità nello stato **RINFORZATO**

Classificazione interventi ricorrenti (tradizionali e moderni)

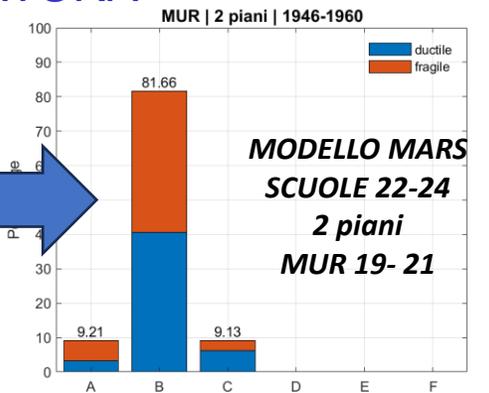
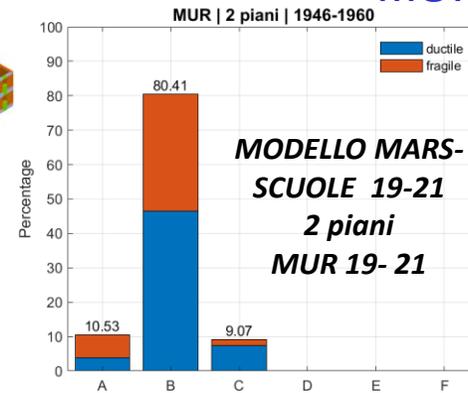
Analisi costi e tempi di esecuzione dei rinforzi (da ricostruzione post-sisma)

Definizione e analisi di archetipi rinforzati con tecniche maggiormente diffuse

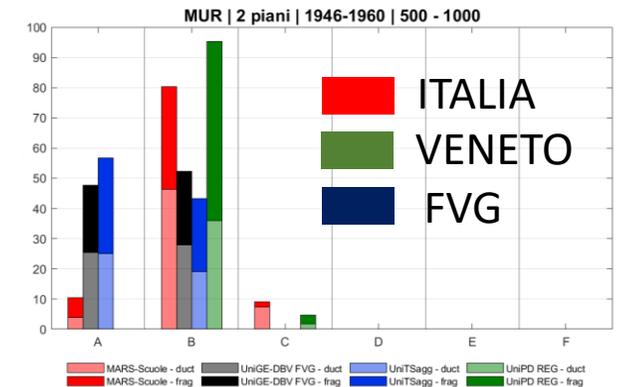
(O1/O3) TOTALE ARCHETIPI ADNL aggiuntivi: CA (+2 UNIBAS) , MUR (+7 UNIGE) , MISTE MUR-CA (+1 UNIPD) + approfondimenti sul ruolo tamponature (CA - UNINA) e definizione DL (MUR - UNIGE)



MURATURA



(O2) **REGIONALIZZAZIONE (MUR):** approfondimenti sul campione FVG (UNIGE-UNITS) + curve per Pianura Padana (UNIPD)



Progetto DPC-ReLuis 2022-24

MARS – Task 4 Vulnerabilità scuole e ospedali

RISULTATI CURVE FRAGILITA' NELLO STATO RINFORZATO

Curve di fragilità nello stato NON rinforzato

Da Analisi dinamiche NON LINEARI su archetipi aggiuntivi

Per MURATURA: valutazione impatto «REGIONALIZZAZIONE» con modelli analitici usando campioni *ad hoc*

Sub-tipologie rappresentative di scuole a struttura MISTA MURATURA- CA

Curve di fragilità nello stato RINFORZATO

Classificazione interventi ricorrenti (tradizionali e moderni)

Analisi costi e tempi di esecuzione dei rinforzi (da ricostruzione post-sisma)
ANALISI DATI IN CORSO

Definizione e analisi di archetipi rinforzati con tecniche maggiormente diffuse

(O4) CLASSIFICAZIONE INTERVENTI:

AVVIO analisi dati a disposizione UR (tutte) + database scuole in c.a. che hanno subito interventi di miglioramento/ adeguamento sismico messo a disposizione da POLIMI (L.Petrini)

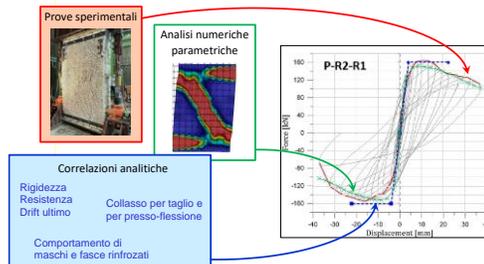


(O6) ADNL SU ARCHETIPI RINFORZATI & APPLICAZIONE MODELLI A BASE MECCANICA NELLO STATO RINFORZATO

UNITS

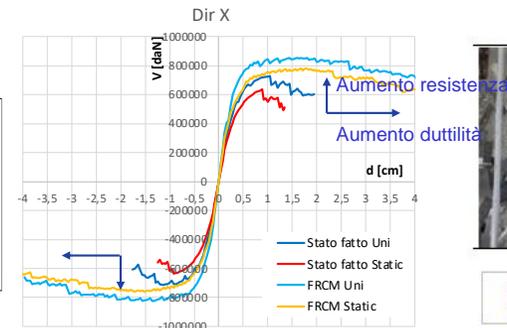
CRM SU MUR

(uso di dati sperimentali per stima effetti da implementare in modelli semplificati)



UNIGE

FRCM SU MUR ANALISI SU MODELLI A TELAIO



UNINA

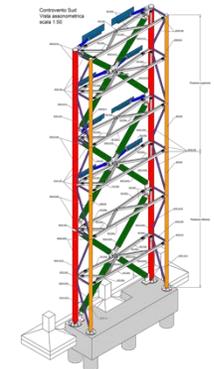
EFFETTO Chiusura crisi taglio-trazione SU CA



NODI TRAVE-COLONNA

UNICAM

ESOSCHELETRI DISSIPATIVI SU CA



PER CIASCUNA TECNICA: STIMA IMPATTO SULLE CURVE DI FRAGILITA' IN TERMINI DI VARIAZIONE VALORE MEDIANO ED EVENTUALE SU DISPERSIONE

Progetto DPC-ReLUIs 2022-24

MARS – Task 5 Vulnerabilità capannoni

Fase 1

Raccolta e analisi di dati empirici-osservazionali raccolti a valle di eventi sismici passati



Definizione casi studio capannoni monopiano (distribuzione in un comparto industriale)



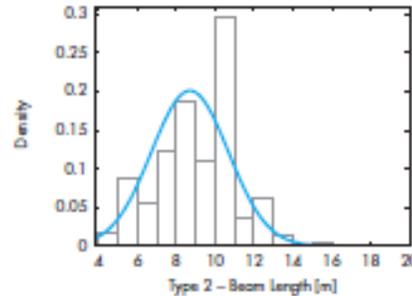
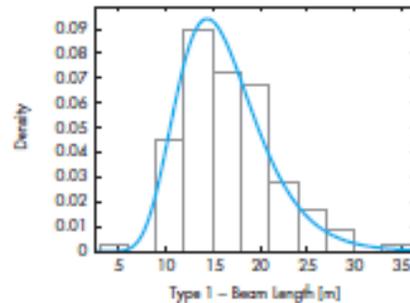
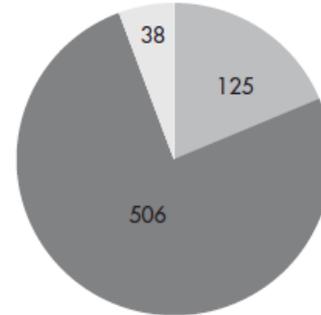
□ Tipo 1



■ Tipo 2



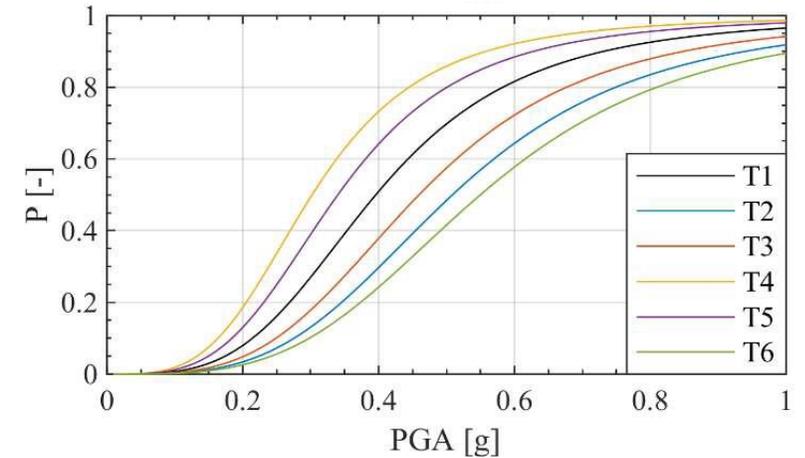
■ Tipo 3



Fase 2

Costruzione curve di fragilità per modelli di capannone monopiano a telaio («nudi»)

Validazione modelli numerici con casistiche da eventi passati



IMPLEMENTAZIONE IN IRMA DELL'ANAGRAFICA E ATTRIBUZIONE CURVE DI FRAGILITÀ



Struttura curve di fragilità mutuata da quella della piattaforma SCUOLE

Matrice di esposizione

Tipologia	Epoca	Complessità	Conservazione	Copertura	Snellezza	Modello										Verifica		
						Comportamento duttile					Comportamento molto duttile							
						%A _d	%B _d	%C _d	%D _d	%E _d	%F _d	%A _{md}	%B _{md}	%C _{md}	%D _{md}	%E _{md}	%F _{md}	
MISTA C.A./MUR	XIX	Bassa	Scarso	Spingente	da definire_1	80						20						Valido

3 parametri di base
(buona copertura dati)

Tipologia
Epoca
Complessità

3 parametri aggiuntivi
(scarsa copertura dati)

Stato di Conservazione
Copertura
Snellezza

2 modelli di comportamento
(come IRMA Scuole)

Duttile
Fragile

Dati
86827
Chiese

**DADO
Chiese**

VINCOLI in rete
Ministero per i beni e le attività culturali



BeWeB



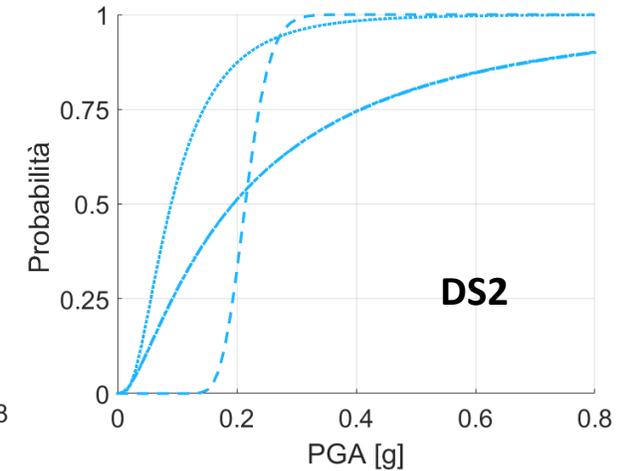
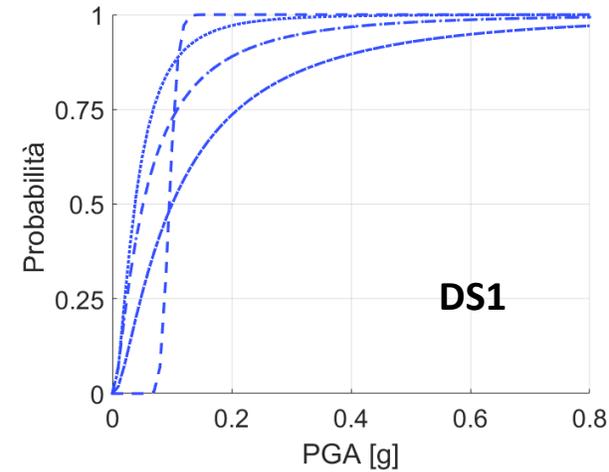
PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

SIV3274



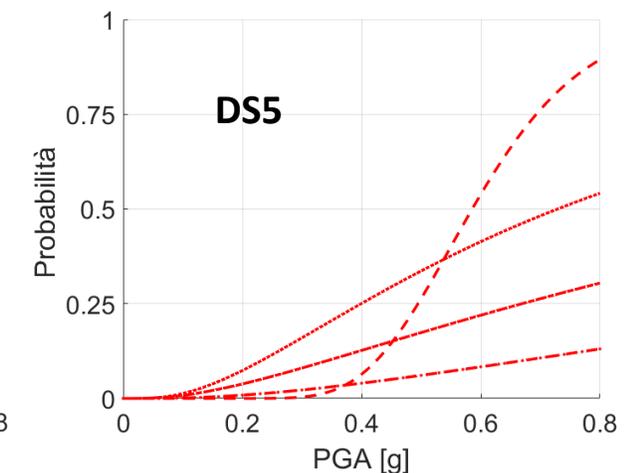
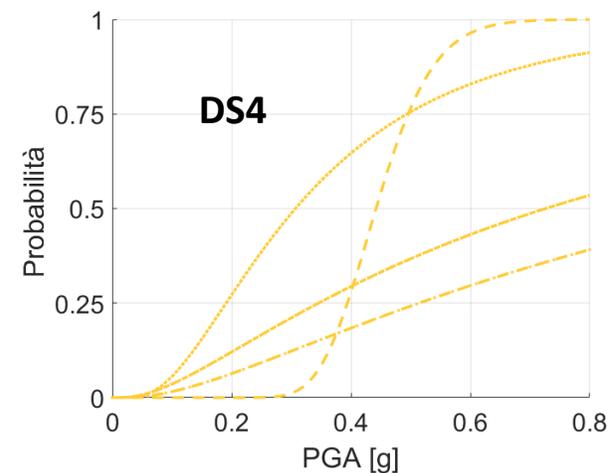
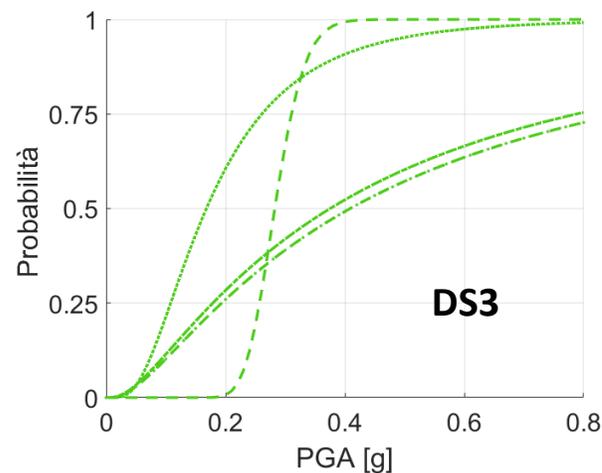
SVILUPPO DI CURVE DI FRAGILITÀ TIPOLOGICHE GLOBALI APPROFONDIMENTO SU MACRO-ELEMENTI CON DERIVAZIONE DI CURVE DI FRAGILITÀ CONFRONTO CURVE DI FRAGILITÀ OTTENUTE DALLE UR

mediana	μ [g] DS1	μ [g] DS2	μ [g] DS3	μ [g] DS4	μ [g] DS5
UniCAMP	0.100	0.194	0.375	0.726	1.405
UniNA	0.096	0.214	0.283	0.442	0.586
UniCH	0.038	0.090	0.168	0.307	0.729
UniPV	0.052	0.194	0.409	1.087	2.779
UniGE	0.078	0.182	0.424	0.991	2.316



chiese a complessità bassa

- UniCAMP
- - - UniNA
- UniCH
- · - UniPV

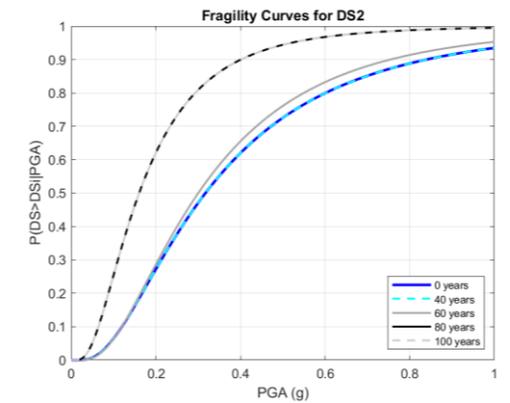
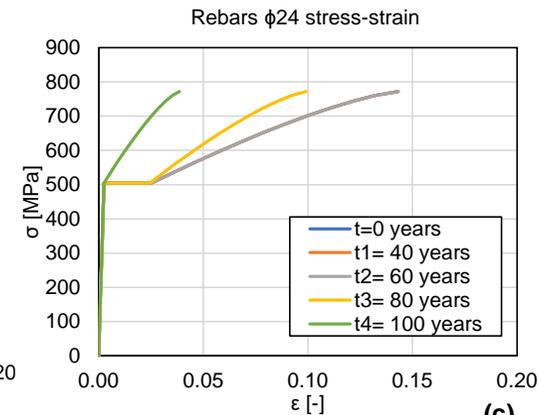
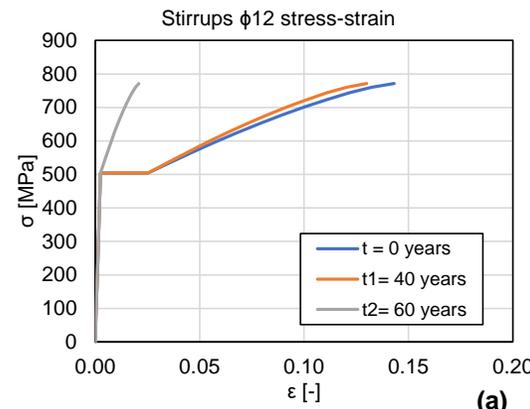
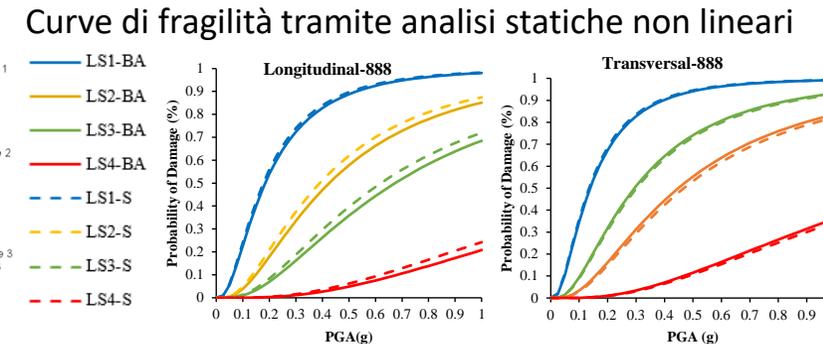
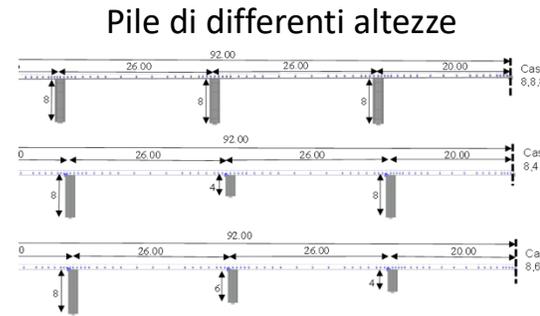
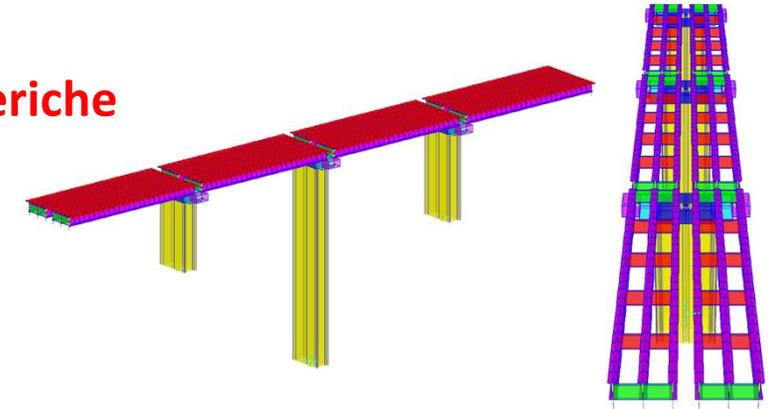
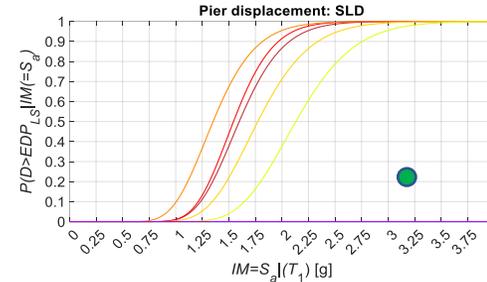


Degrado di pile di ponti a travata in c.a. e valutazione attraverso analisi numeriche

Analisi della fragilità sismica di ponti in c.a.p. a cavi post-tesi con geometria regolare e irregolare

Impatto dei parametri geometrico-strutturali sulla vulnerabilità di ponti esistenti in c.a./c.a.p.

Studio dell'influenza della corrosione sulle prestazioni strutturali del ponte



AGGIORNAMENTO DEI MODELLI DI PERDITA

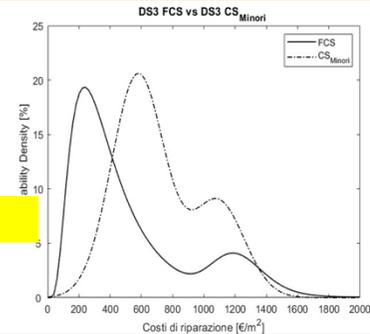
Relazioni tra livelli di danno (D1-D5) e conseguenze, derivate da dati relative alla ricostruzione L'Aquila 2009: **casualties** (vittime e feriti gravi), **edifici inagibili** (di breve e lungo periodo) e **perdite economiche dirette**

EDIFICI IN AGGREGATO (centri storici)

- ❖ Calibrazione su dati ricostruzione di funzioni di conseguenza per edifici in aggregato (centri storici) e comparazione con edifici isolati
- ❖ Incidenza delle peculiarità dei centri storici sulle perdite economiche (elementi di pregio e vincoli)

Fuori Centro Storico (FCS)

Centri Storici (CS_{minori})



FCS_DS3: 554,54 €/m²
CS_{minori}_DS3: 708,16 €/m²

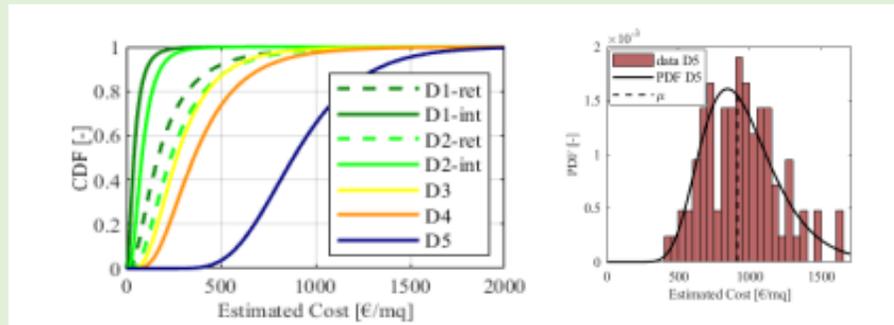
DS3 Riparazione

Damage States	FCS	CS _{minori}
N. Edifici	292	87
16° percentile [€/m²]	216.43	462.19
Mediana [€/m²]	443.74	622.52
84° percentile [€/m²]	1050.99	1127.22
Media [€/m²]	554.54	708.16
σ [€/m²]	377.37	278.41
CoV	68%	39%

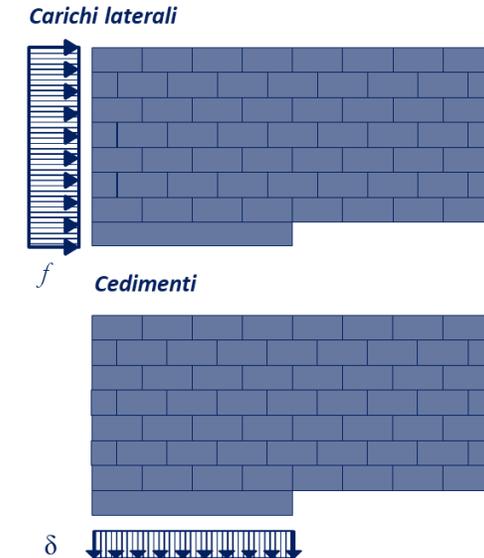
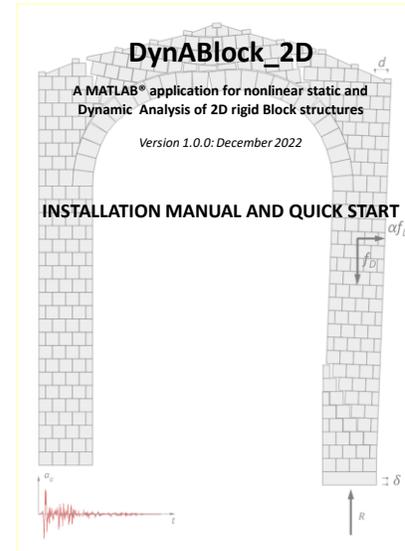
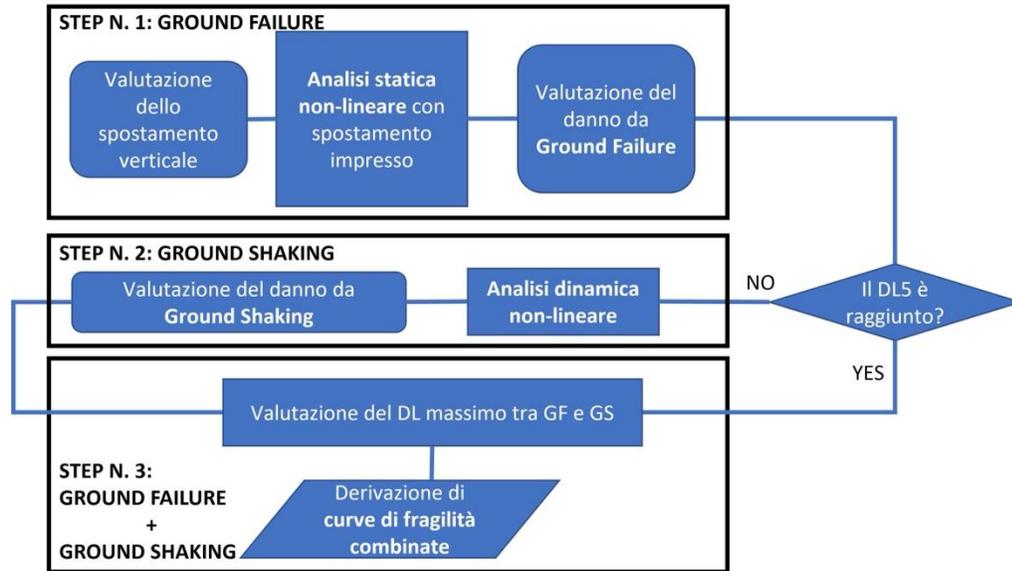


ATTIVITA' PRODUTTIVE

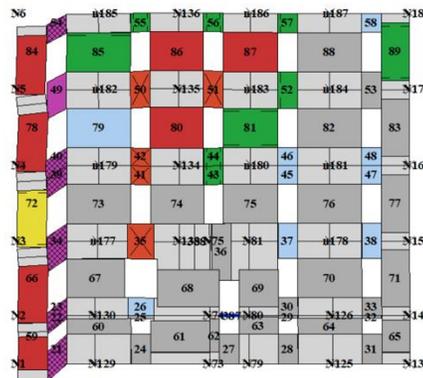
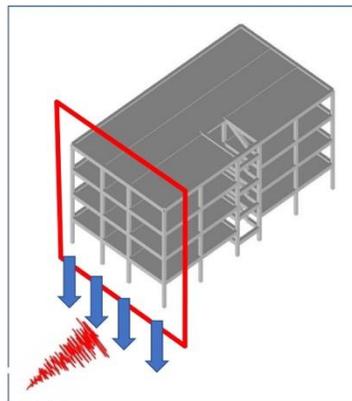
- ❖ Individuazione delle classi tipologiche
- ❖ Stima delle perdite economiche dirette per diverse classi tipologiche
- ❖ Calibrazione CDF di costo di riparazione in funzione di diversi livelli di danno DS.



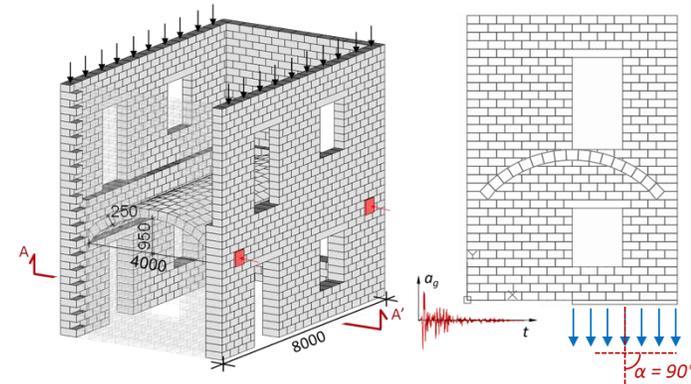
Modelli di valutazione degli effetti «Ground failure + Ground shaking»



Applicazioni a casi studio in C.A. e muratura per la derivazione di curve di fragilità «combinate»



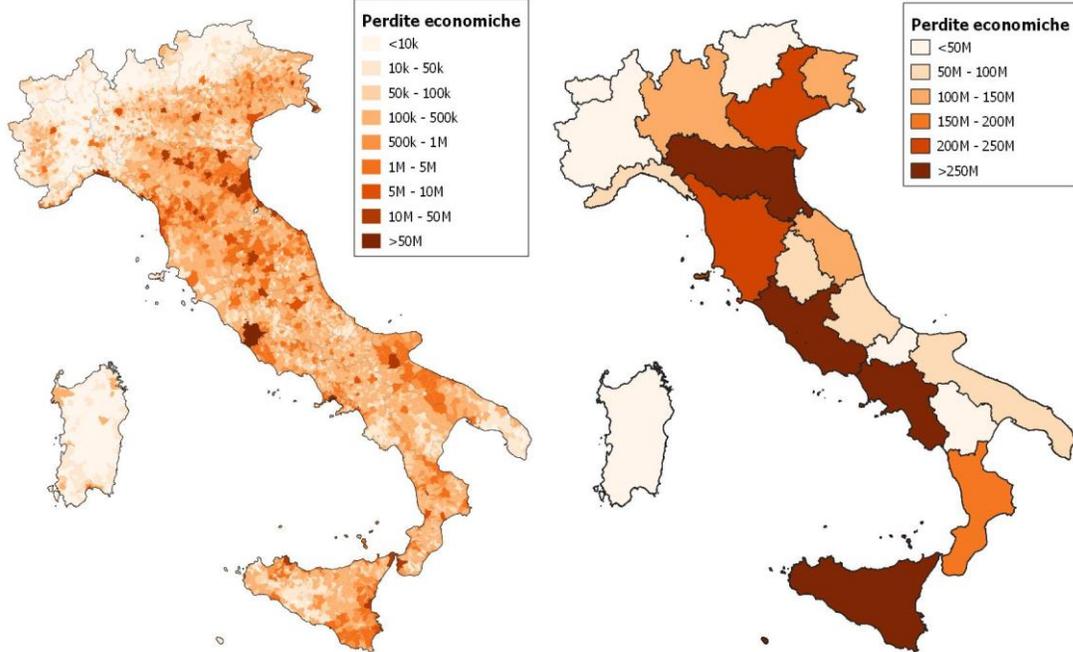
Tipologia in c.a.
4p | GLD | 70s e 2 edifici in muratura di 2 e 5 livelli.
GF applicato ad un telaio/pareti di testata al variare dell'accelerazione di attivazione del cedimento (k_y)



Analisi dei meccanismi di crisi in un edificio a due livelli in muratura (storica) a secco

CONTRIBUTO AL SUMMARY REPORT DEL DPC (AGGIORNAMENTO DEL NATIONAL RISK ASSESSMENT)

Perdite economiche dirette in 1 anno per il patrimonio
RESIDENZIALE italiano su scala comunale e regionale

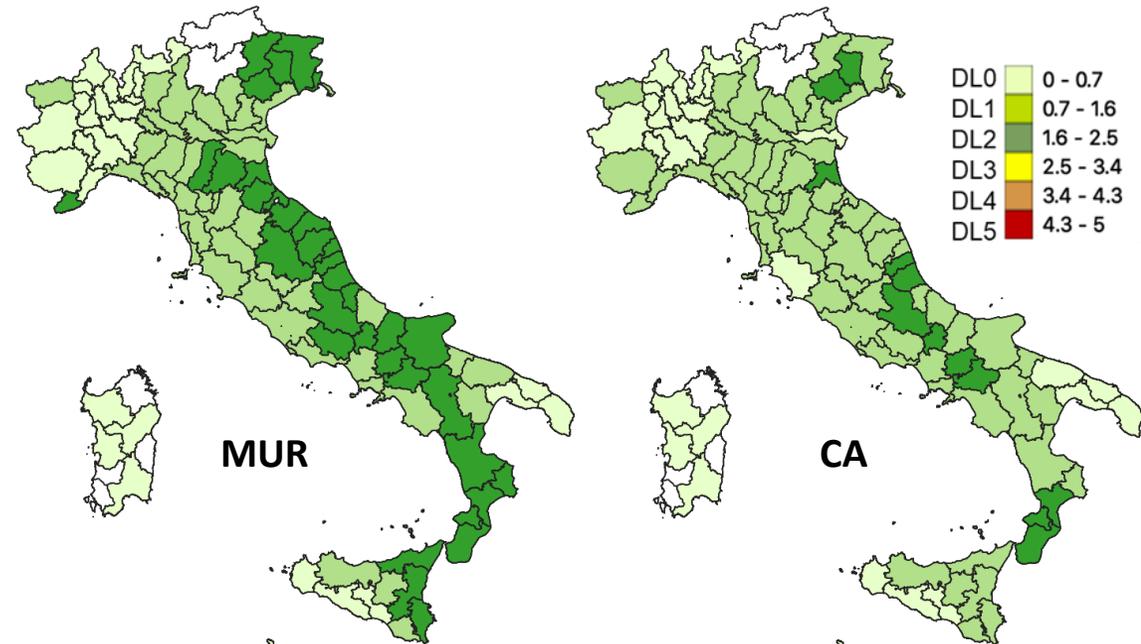


	MUR	CA	MUR + CA
Valore medio annuo	1'470 M€	1'250 M€	2'720 M€
Dispersione	0.16	0.38	0.26
16° percentile	1'260 M€	860 M€	2'120 M€
84° percentile	1'730 M€	1'830 M€	3'560 M€

NRA 2018 2.130M€

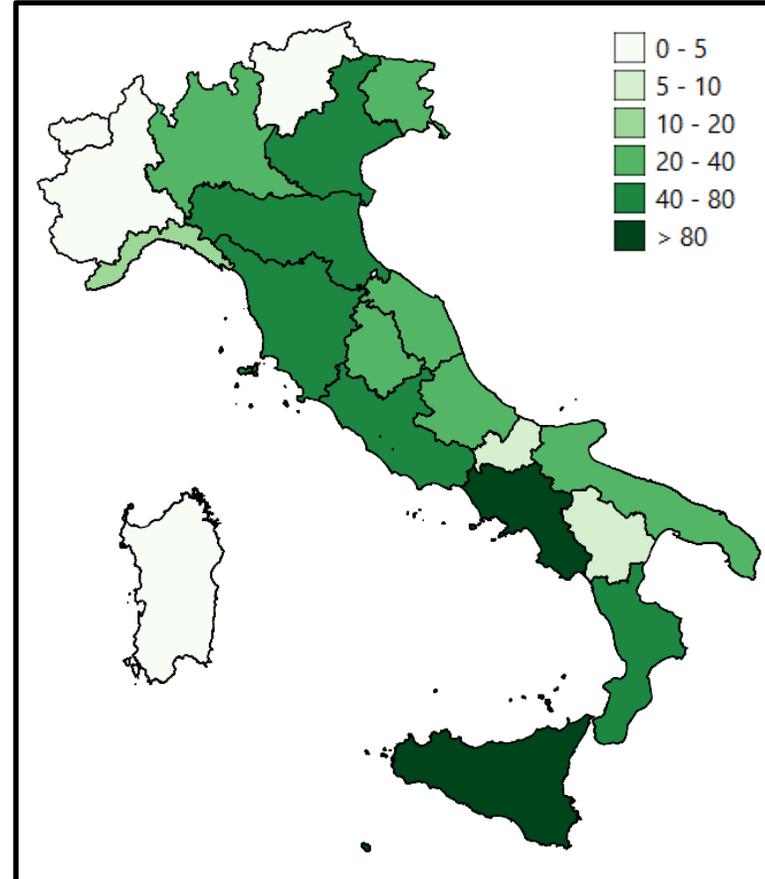
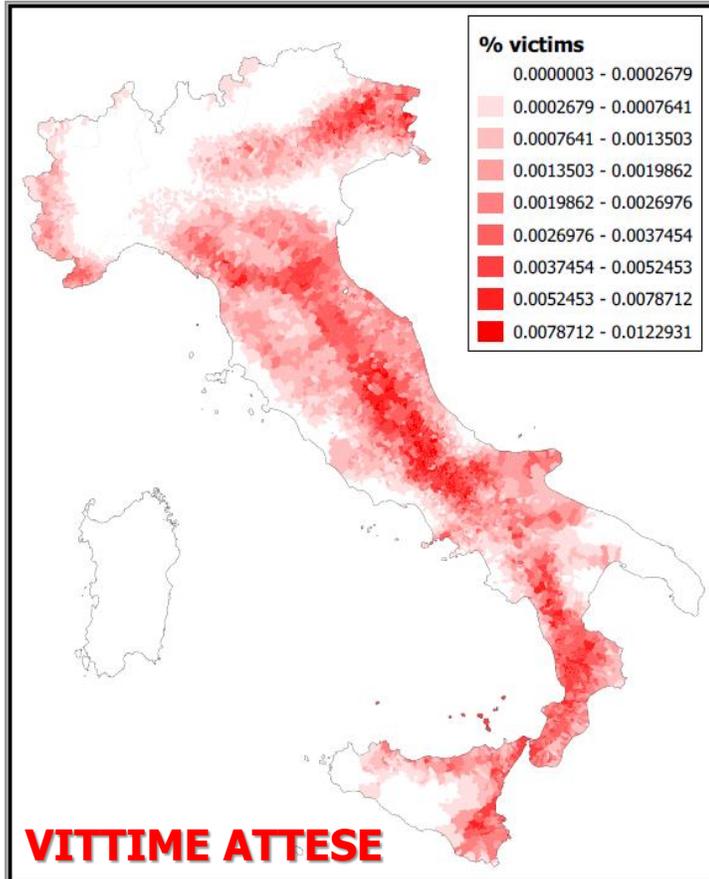
	Muratura		Cemento Armato		MUR + CA	
	Vittime	Feriti gravi	Vittime	Feriti gravi	Vittime	Feriti gravi
Valore medio	375	1'300	247	870	620	2'170
Dispersione	0.37	0.36	0.77	0.75	0.53	0.51
16°percentile	260	910	110	410	370	1'320
84°percentile	540	1'855	530	1'840	1'080	3'690

Mappe di danno medio nelle **SCUOLE**, condizionato a 475
anni di periodo di ritorno, aggregato a scala provinciale



Progetto DPC-ReLUIs 2022-24

MARS – Task 10 Mappe di rischio



Conseguenze	Perdite annue medie (16%/84%)
N. ABITAZIONI INAGIBILI (breve periodo)	30,815 (24,940 / 38,720)
N. ABITAZIONI INAGIBILI (lungo periodo)	18,510 (13,230 / 26,540)
N. EDIFICI COLLASSATI	1,100 (710 / 1,750)

media **620**
(375 MUR + 245 CA)

16%-84% **370 - 1,080**

NRA 2018 505

WP4 – MARS-CARTIS

Sergio LAGOMARSINO, Angelo MASI e Giulio Zuccaro

44 Unità di Ricerca - 12 Task

Principali obiettivi del nuovo WP:

- Edifici residenziali: aggiornamento dei modelli di vulnerabilità (sviluppati in MARS) con particolare attenzione agli edifici rinforzati e alla regionalizzazione (utilizzando i risultati di CARTIS)
- Esposizione: aggiornamento dell'inventario e implementazione in IRMA per analisi di rischio e scenari di danno per scuole, chiese, ospedali, edifici industriali e infrastrutture (ponti)
- Aggiornamento delle funzioni di perdita, includendo anche i costi indiretti (ossia relativi all'assistenza alla popolazione e all'interruzione delle attività produttive)
- Scenari multi-rischio considerando pericoli indotti sismicamente (ad es. frane)
- Supporto tecnico-scientifico nello sviluppo di strumenti per analisi di rischio dalla scala nazionale a quella comunale, e per scenari di danno post-evento o per valutazioni probabilistiche delle perdite sismiche a breve termine (OELF)

Progetto DPC-ReLUIIS 2024-26

MARS-CARTIS - Struttura del progetto

- Task 4.1 Pericolosità (scenari di scuotimento e misure di intensità) (coord. R. Paolucci, A. Penna)
 - Task 4.2 Esposizione (dati e tassonomie) (coord. G. Zuccaro, M. Polese)
 - Task 4.3 Vulnerabilità (misure di danno e modelli) (coord. S. Lagomarsino, G. Zuccaro)
- Task 4.4 Esposizione/ Vulnerabilità del residenziale (coord. G. Verderame, F. Parisi)
 - Task 4.5 Esposizione / Vulnerabilità di scuole e ospedali (coord. S. Cattari)
 - Task 4.6 Esposizione / Vulnerabilità delle chiese (coord. C. Calderini, F. da Porto)
 - Task 4.7 Esposizione / Vulnerabilità capannoni e strutture con grandi luci (coord. R. Landolfo, R. Nascimbene)
 - Task 4.8 Esposizione / Vulnerabilità delle infrastrutture (coord. A. Prota)
- Task 4.9 Conseguenze (coord. M. Di Ludovico)
 - Task 4.10 Valutazione multirischio per effetti sismo-indotti (coord. A. Masi)
- Task 4.11 Rischio a scala nazionale e locale (coord. S. Lagomarsino, A. Masi, G. Zuccaro)
 - Task 4.12 Scenari di danno sismico (OELF, post-evento) (coord. S. Lagomarsino, A. Masi, G. Zuccaro).

Progetto DPC-ReLUIs 2024-26

MARS-CARTIS – Prodotti

Prodotti attesi:

- Aggiornamento mappe di rischio nazionale del costruito residenziale: i) implementazione di nuove curve di fragilità; ii) revisione delle funzioni di conseguenza, calibrate sulle perdite relative al terremoto de L'Aquila (2009).
- Elaborazione di mappe di rischio per edifici specialistici (scuole, chiese, ospedali, capannoni e ponti), a partire da un miglioramento dell'anagrafica e delle curve di fragilità validate da dati osservati.
- Procedure per l'elaborazione di scenari di danno sismico e la loro rappresentazione con modalità efficaci e funzionali a diverse finalità di utilità per la Protezione Civile (OELF, post-evento), da implementare nella piattaforma SIGE Plus.
- Pericolosità: i) individuazione di misure di intensità più efficienti, da implementare nelle piattaforme per il calcolo del rischio (IRMA) o lo sviluppo di scenari (SIGE Plus) o, in alternativa, derivazione di curve di fragilità dipendenti dalle condizioni del sottosuolo; ii) sviluppo di scenari fisicamente basati.
- Prosecuzione delle attività di compilazione delle schede CARTIS, riferite alle tipologie edilizie ordinarie (Scheda CARTIS Comparto e Scheda CARTIS Edificio), di grande luce (Scheda CARTIS Grandi Luci) e chiese (Scheda CARTIS Chiese). Inoltre, saranno sviluppate nuove schede: CARTIS Scuole (estensione della CARTIS Edificio) e CARTIS Ospedali.
- Implementazione di una metrica della vulnerabilità, basata sulle classi EMS 98 (duttile e fragili), per l'integrazione delle curve di fragilità ottenute dai diversi modelli in un modello unico capace di rappresentare la incertezze epistemiche.
- Definizione, per ciascuna tipologia di manufatto, di misure del danno robuste e ben correlate con le perdite, al fine di migliorare le stime delle diverse conseguenze.

Progetto DPC-ReLUIS 2024-26

WP4 – MARS-CARTIS

Grazie per l'attenzione