

Il percorso di valutazione del rischio sismico: storia, modelli, strumenti, risultati e prospettive

Il progetto MARS: modelli, risultati ed applicazioni

Angelo Masi, Sergio Lagomarsino, Roma 1/12/2025



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

La Valutazione del rischio sismico in Italia

Il WP MARS nei progetti DPC-ReLUIIS



Italian NRA 2018

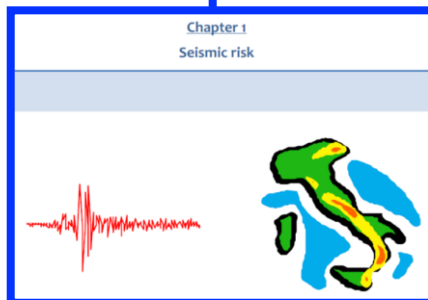


Presidency of the Council of Ministers
Italian Civil Protection Department



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



Progetto DPC-ReLUIIS 2019-21 WP MARS Mappe di Rischio e Scenari di danno sismico (coordinatori: Sergio LAGOMARSINO, Angelo MASI)

- Task 4.1 – Esposizione: inventario, regionalizzazione e classificazione
- Task 4.2 – Input Sismico: misure di intensità, microzonazione e mappe di scuotimento
- Task 4.3 – Vulnerabilità: modelli e curve di fragilità per il costruito residenziale diffuso
- Task 4.4 – Rischio: calcolo delle conseguenze e delle perdite economiche
- Task 4.5 – Scenari di danno: validazione modelli e criteri per la loro combinazione
- Task 4.6 – Strategie preventive: analisi comparata in termini di rischio a scala nazionale
- Task 4.7 – Modelli e curve di fragilità per le scuole e altri edifici strategici o rilevanti
- Task 4.8 – Modelli e curve di fragilità delle chiese
- Task 4.9 – Modelli e curve di fragilità dei ponti
- Task 4.10 – Interazione con Eucentre sulla funzionalità delle piattaforme
- Task 4.11 – Aggiornamento mappe di rischio

MARS-1 (2019-21)

Progetto DPC-ReLUIIS 2022-24 WP MARS Mappe di Rischio e Scenari di danno sismico (coordinatori: Sergio LAGOMARSINO, Angelo MASI)

- Task 4.1 – ESPOSIZIONE: regionalizzazione delle tipologie
- Task 4.2 – PERICOLOSITÀ: mappe di scuotimento per scenari ed effetti di sito
- Task 4.3 – VULNERABILITÀ del costruito residenziale: FC per edifici rinforzati e in aggregato
- Task 4.4 – VULNERABILITÀ di scuole ed ospedali
- Task 4.5 – VULNERABILITÀ di capannoni ed altri edifici «speciali»
- Task 4.6 – VULNERABILITÀ delle chiese e di altri edifici monumentali
- Task 4.7 – VULNERABILITÀ delle infrastrutture (individuale e sistemica)
- Task 4.8 – Calcolo delle CONSEQUENZE socio-economiche
- Task 4.8 – Valutazioni e strategie preventive Multirischio
- Task 4.9 – Aggiornamento MAPPE DI RISCHIO

MARS-2 (2022-24)

Summary Report Italia

RELAZIONE A NORMA DELL'ARTICOLO 6,
COMMA 1, LETTERA D), DELLA
DECISIONE N. 1313/2013/UE

Aggiornamento NRA 2023



Dolce M. et al. (2021) *Seismic risk assessment of residential buildings in Italy*, Bull Earth Eng

Masi A. et al. (2021) *Towards the updated Italian seismic risk assessment: exposure and vulnerability modelling*, Bull Earth Eng

Masi A. et al. (2022) *The Italian seismic risk maps: an overview of the methodology and results of MARS project*, ECEES

Elenco Task e coordinatori Task (Progetto DPC-ReLUIS 2022-2024)

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/Lagomarsino)

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)

Elenco Unità di Ricerca (e Responsabili)

N°	UR	Coordinatore	Task 4.1	Task 4.2	Task 4.3	Task 4.4	Task 4.5	Task 4.6
			Esposizione	Hazard	Vulnerabilità	Scuole	Capannoni	Chiese
1	UniBAS-a	Angelo MASI		X	X	X (Manfredi)		
2	UniGE-a	Sergio LAGOMARSINO	X		X			X (Calderini)
3	UniNA-f	Giulio ZUCCARO	X		X			X
4	PoliMI	Roberto PAOLUCCI		X				
5	UniPM	Sandro CARBONARI						
6	UniCAM	Andrea DALL'ASTA, Graziano LEONI				X		
7	UniCamp	Gianfranco DE MATTEIS				X		X
8	UniCH	G. BRANDO, Maria Giovanna MASCIOTTA			X		X	X
9	UniGE-b	Serena CATTARI			X	X		
10	UniNA-a	Gerardo VERDERAME	X	X	X	X		
11	UniNA-b	A. PROTA, M. DI LUDOVICO, M. POLESE	X		X	X		X
12	UniNA-c	Claudia CASAPULLA						X
13	UniNA-d	Fulvio PARISI	X		X			
14	UniNA-e	Lucrezia CASCINI						
15	UniParth	Francesca CERONI						X
16	UniPD	Francesca DA PORTO			X	X		X
17	UniPG	Emanuela SPERANZINI	X					X
19	UniPR	Beatrice BELLETTI			X			
20	UniPV	Andrea PENNA, Francesco GRAZIOTTI		X	X			X
21	UniRM1-a	Giorgio MONTI		X	X			
22	UniRM1-b	Luigi SORRENTINO						X
24	UniTS-a	Claudio AMADIO		X				
25	UniTS-b	Natalino GATTESCO				X		
26	UniCUS	Maria ZUCCONI						
27	UniNA	Antonio FORMISANO			X		X	
28	UniBO	Marco SAVOIA					X	
29	IUSS	Roberto NASCIMBENE					X	
30	UniNA	Iunio IERVOLINO						
31	GEOTEC	S. FOTI, S. RAMPELLO, F. SILVESTRI		X				
	Eucentre	Barbara BORZI		X	X	X	X	X
		tot. UR coinvolte	6	8	14	9	5	12



La stima dei danni e delle perdite di vite umane causate da futuri terremoti può essere effettuata in termini di:

- **ANALISI DI RISCHIO**

- **STUDIO DI SCENARI**

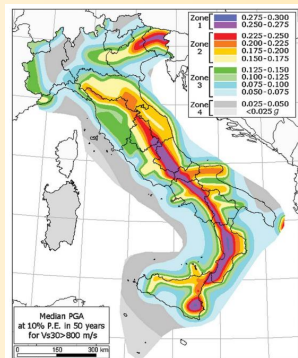
Nelle **ANALISI DI RISCHIO** viene stimata la PROBABILITÀ di perdite (vittime, feriti, senzatetto, edifici inagibili, ...) in uno specifico periodo di tempo (ad es. un anno) causata da TUTTI I POSSIBILI EVENTI (combinati con la loro specifica probabilità di occorrenza) che possono interessare l'area in esame.

Le analisi di rischio consentono di redigere mappe di rischio nazionali e locali finalizzate alla definizione di **PROGRAMMI DI PREVENZIONE** (allocazione delle risorse su base nazionale/regionale, priorità di intervento, ...).

Nello **STUDIO DI SCENARI** vengono quantificate le conseguenze in termini di perdite al verificarsi di UNO SPECIFICO EVENTO SISMICO (es. massimo evento atteso, MCE).

I risultati di questi studi sono utili alla predisposizione di **PIANI DI PROTEZIONE CIVILE** sia a livello provinciale che comunale (**PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA**).

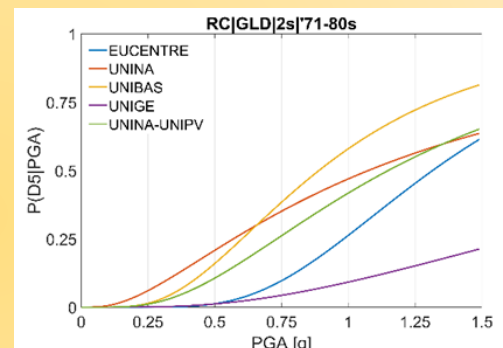
MARS: valutazione del rischio



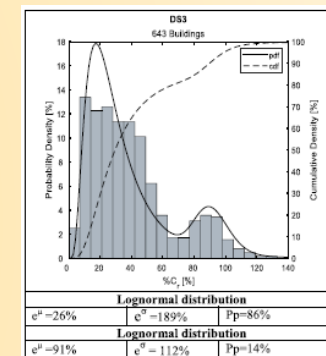
PERICOLOSITÀ



ESPOSIZIONE



VULNERABILITÀ



PERDITE





Consorzio ReLUIS



RISULTATI

IRMA  Italian Risk Maps

Piattaforma per la valutazione del rischio



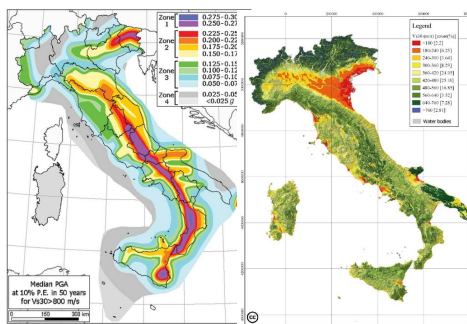
ANALISI DI RISCHIO

danni e perdite attesi in un determinato periodo di tempo a causa dei terremoti attesi

STUDI DI SCENARIO

danni e perdite attesi causati da uno specifico evento sismico in una determinata area

PERICOLOSITÀ



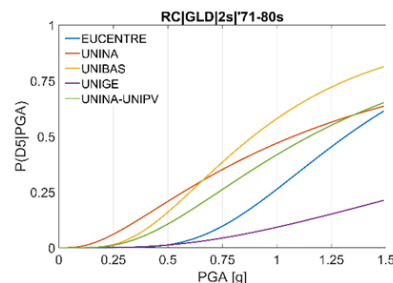
- Mappa della pericolosità di base MPS04 (INGV)
- Effetti di amplificazione locale valutati per l'intero territorio italiano (CMZS e CNR-IGAG)

ESPOSIZIONE



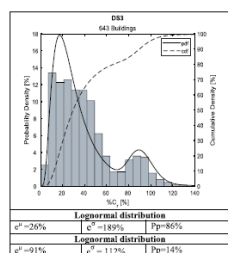
- Censimento nazionale ISTAT 2011
- Dati tipologici «locali» secondo la procedura CARTIS

VULNERABILITÀ



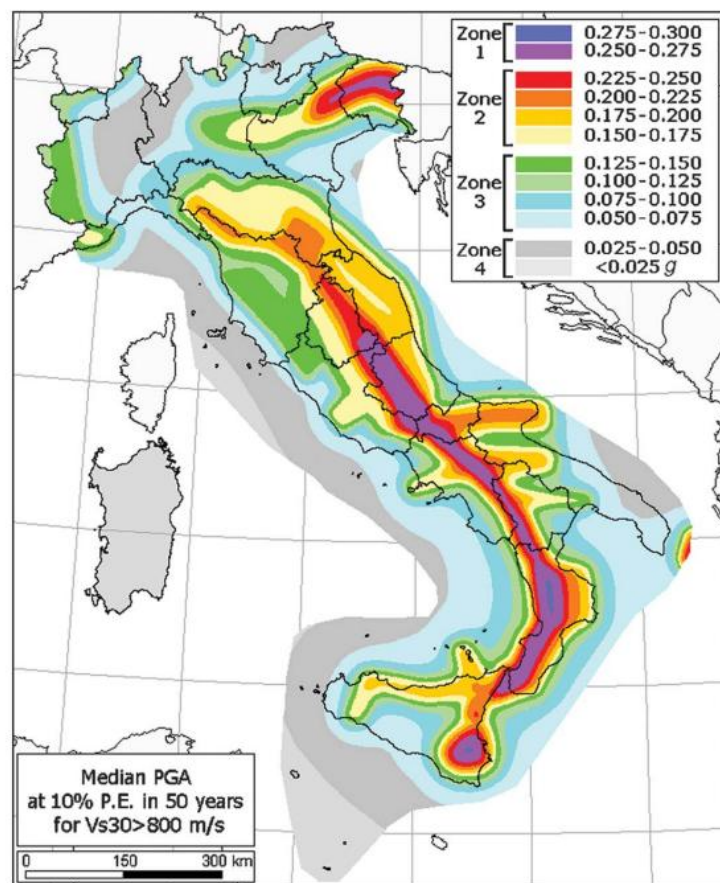
- Valutazione della vulnerabilità delle strutture adottando e combinando diversi approcci

PERDITE

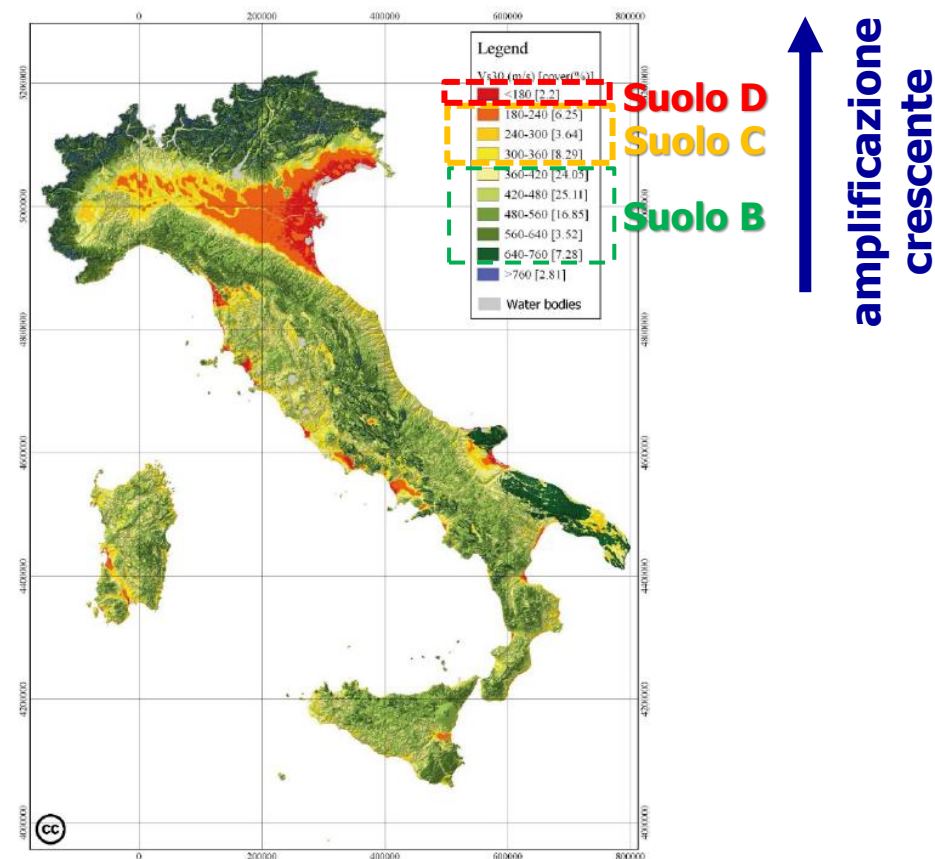


- Relazioni «livello di danno-conseguenze» basate sui dati relativi agli ultimi eventi italiani

PERICOLOSITÀ SISMICA (di base e locale)



Mappa di pericolosità MPS04 in termini di **PGA**
 (disponibile per 9 periodi di ritorno, 30÷2475anni)
 (Stucchi et al., 2011)

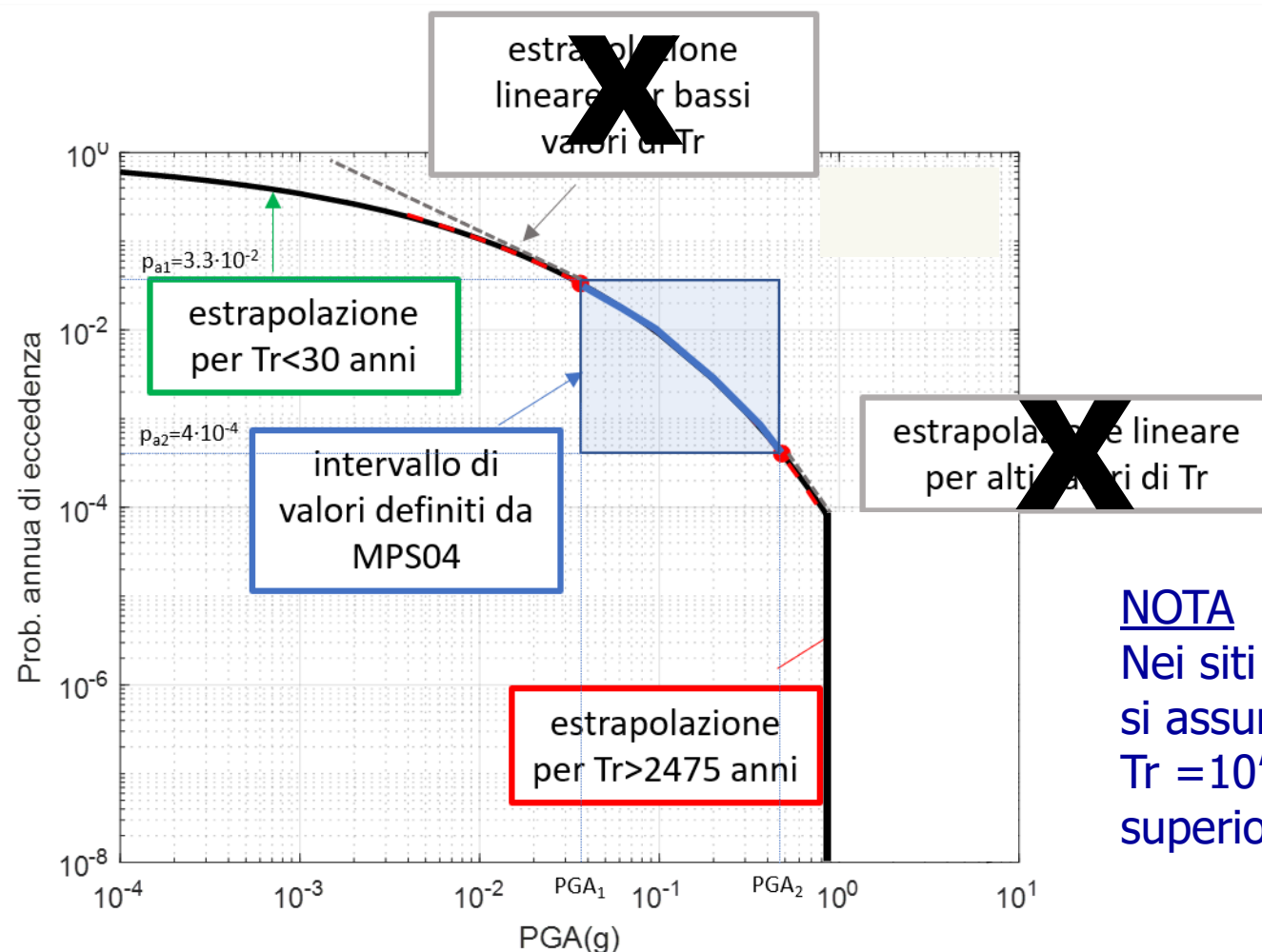


Mappa delle classi di suolo (amplificazioni locali) basate sui valori di V_{s30}
 (Mori et al., 2020)

Nelle analisi MARS, la curva di hazard di ogni sito per gli intervalli $Tr < 30$ anni («coda» inferiore) e $Tr > 2475$ anni («coda» superiore) è estrapolata adottando la seguente espressione:

$$\log_{10} p_a = -bPGA^k$$

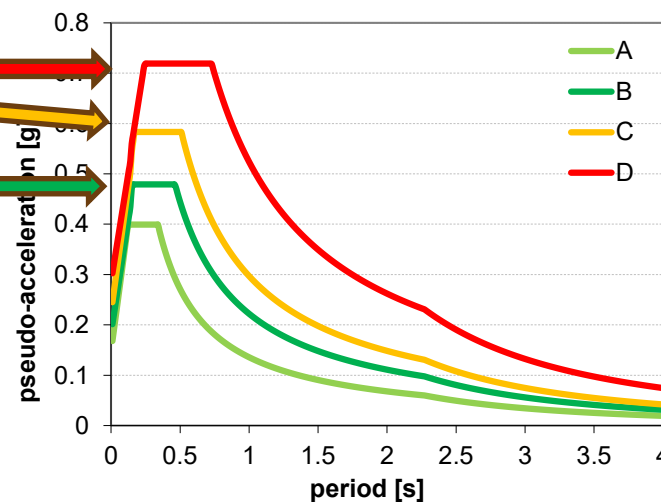
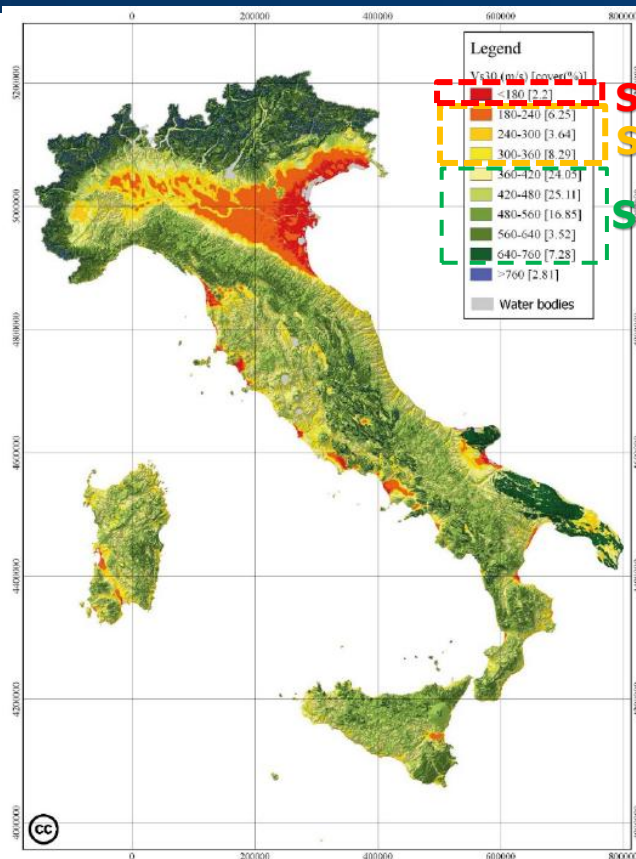
I parametri b e k sono determinati dalla condizione di passaggio della curva dai punti $Tr = 30$ e 2475 anni (analisi prof. Paolucci)



NOTA

Nei siti ove $PGA = 1g$ corrisponde a $Tr > 10'000$ anni, si assume come massimo valore di PGA quello per $Tr = 10'000$ anni (ossia la probabilità per PGA superiori è posta pari a 0)

Mappa delle classi di suolo ed effetti di amplificazione locale



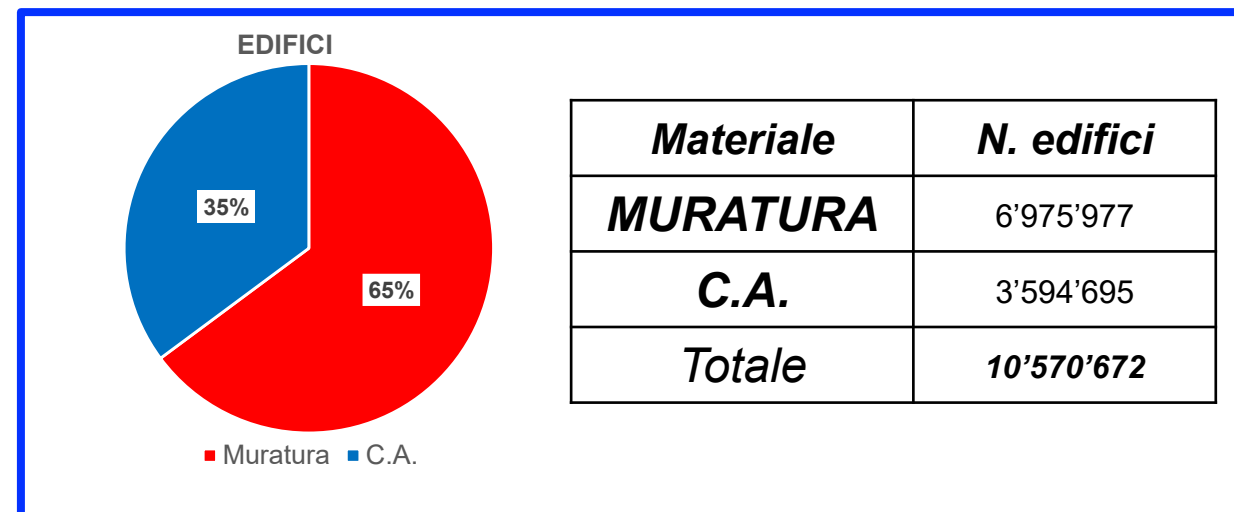
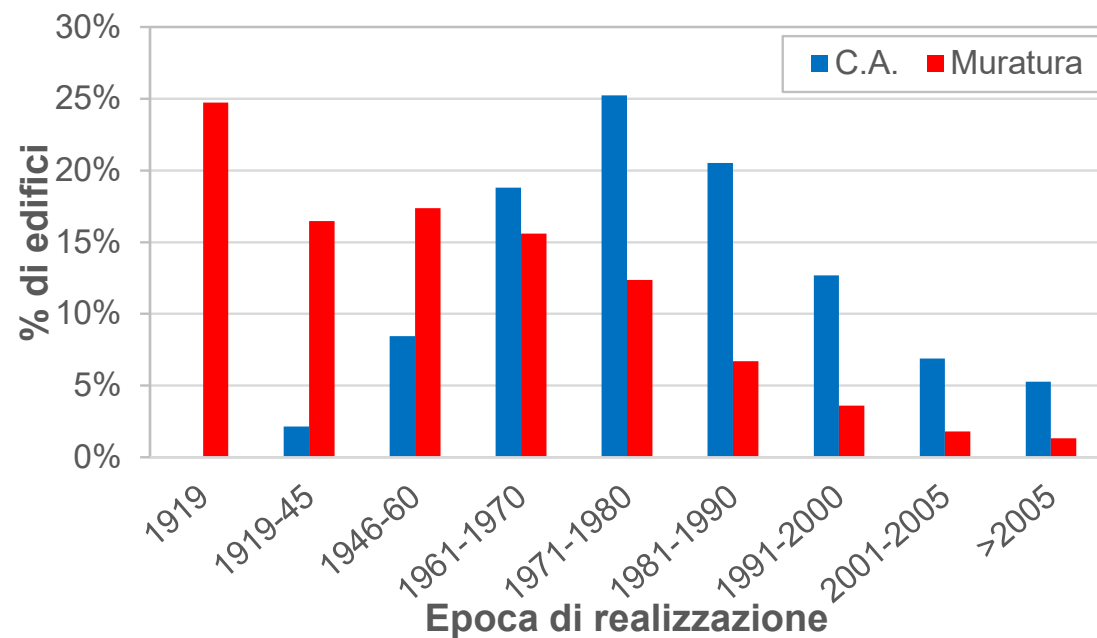
Spettri S_a per $TR=475$ anni e differenti classi di suolo (Napoli)

Distribuzione delle
Classi di suolo
 su scala regionale



PATRIMONIO EDILIZIO RESIDENZIALE

Dati di esposizione tratti dal Censimento Nazionale (**ISTAT 2011**)



TASSONOMIA

- Materiale
- Numero di piani
- Periodo di costruzione
- Livello di Prog. Sismica

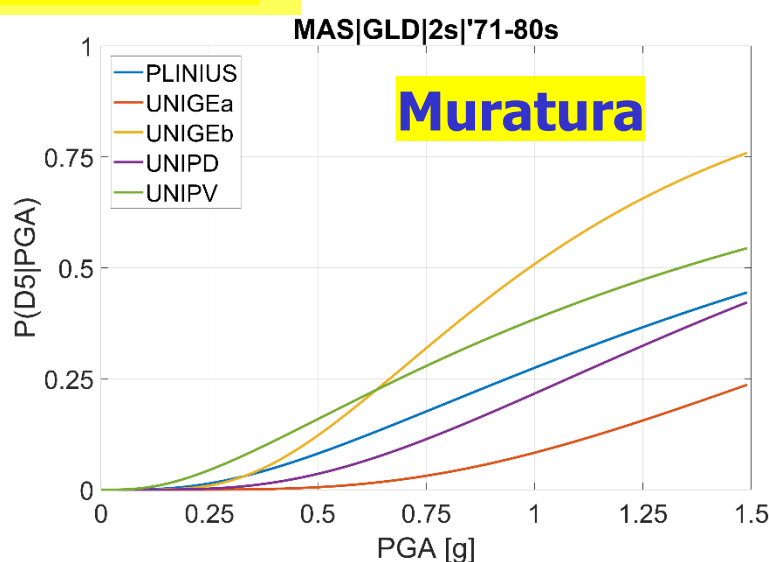
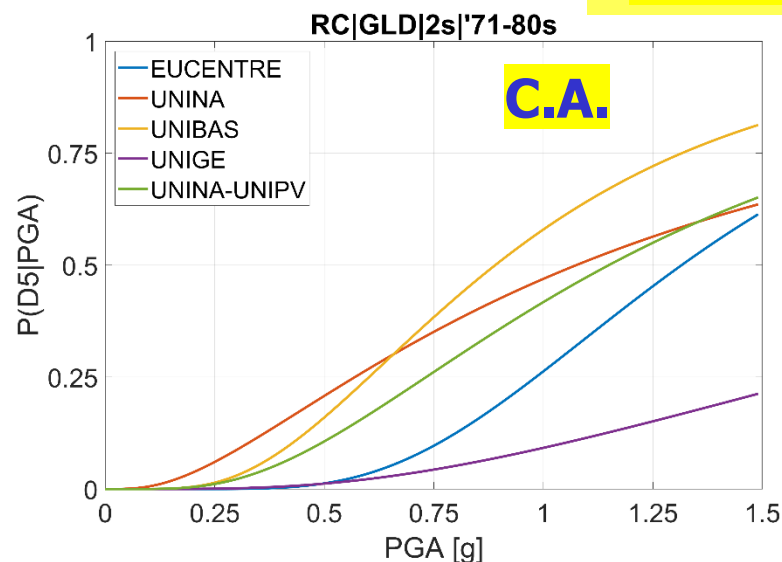


TIPOLOGIE EDILIZIE

- **52 per la MURATURA**
- **64 per il C.A.**

- La **vulnerabilità** viene portata in conto mediante **Curve di Fragilità (FC)**, ossia curve che forniscono la probabilità condizionata di superare un certo livello di danno D_i per un assegnato valore della misura di intensità sismica I (es. accelerazione max al suolo PGA).
- Per gli edifici residenziali sono stati definiti **5 set di FC**, sia per la **muratura** che per il **cemento armato (c.a.)**, impiegando **differenti approcci** (empirico, analitico, ...) adottati dalle UR impegnate in MARS

Livello di danno D5



FC relative al livello di danno D5 (collasso totale) per edifici progettati a carichi verticali (GLD) di 2 piani (2s) e realizzati nel periodo 1971-80
(predisposte dalle diverse UR impegnate in MARS)

DEFINIZIONE DELLE CURVE DI FRAGILITÀ

Approcci adottati in MARS

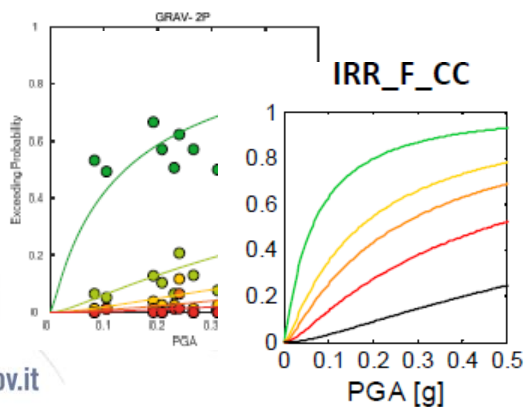
EMPIRICO - OSSERVAZIONALE

Da.D.O.

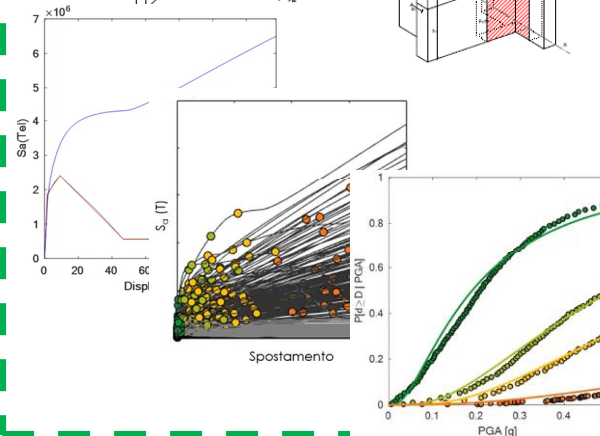
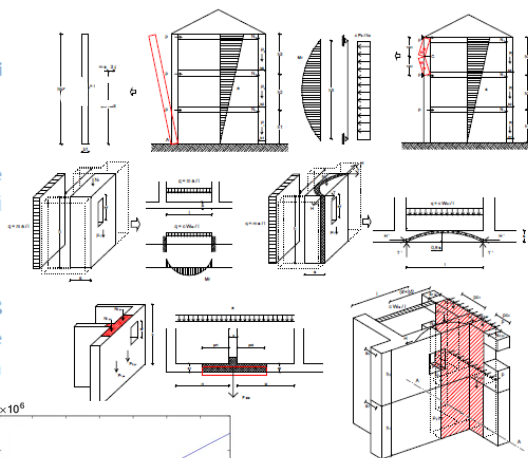
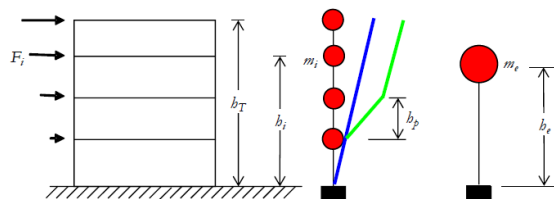
(Dolce et al. 2017)

Database danno
≈ 320.00 edifici

- Friuli 1976
- Irpinia 1980
- Abruzzo 1984
- Umbria-Marche 1997
- Pollino 1998
- Molise e Puglia 2002
- Emilia 2003
- L'Aquila 2009
- Emilia 2012



ANALITICO «SEMPLIFICATO»



ANALITICO di «DETTAGLIO» (ASNL, ADNL)

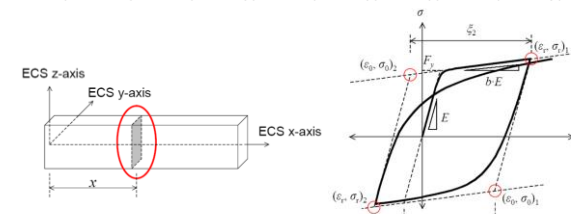
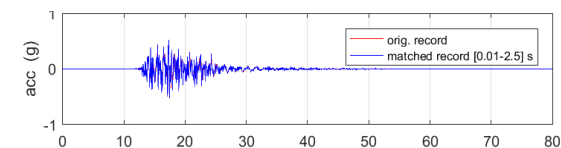
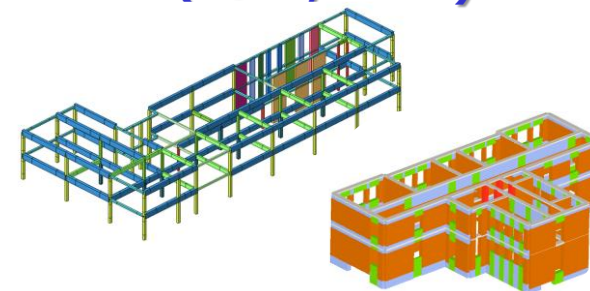
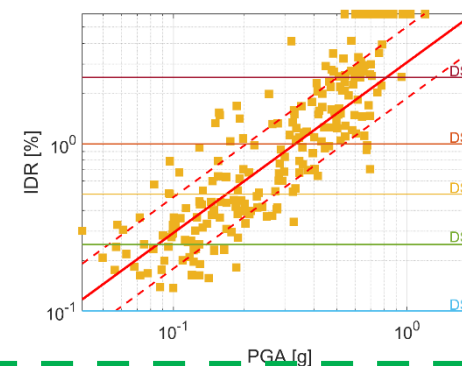
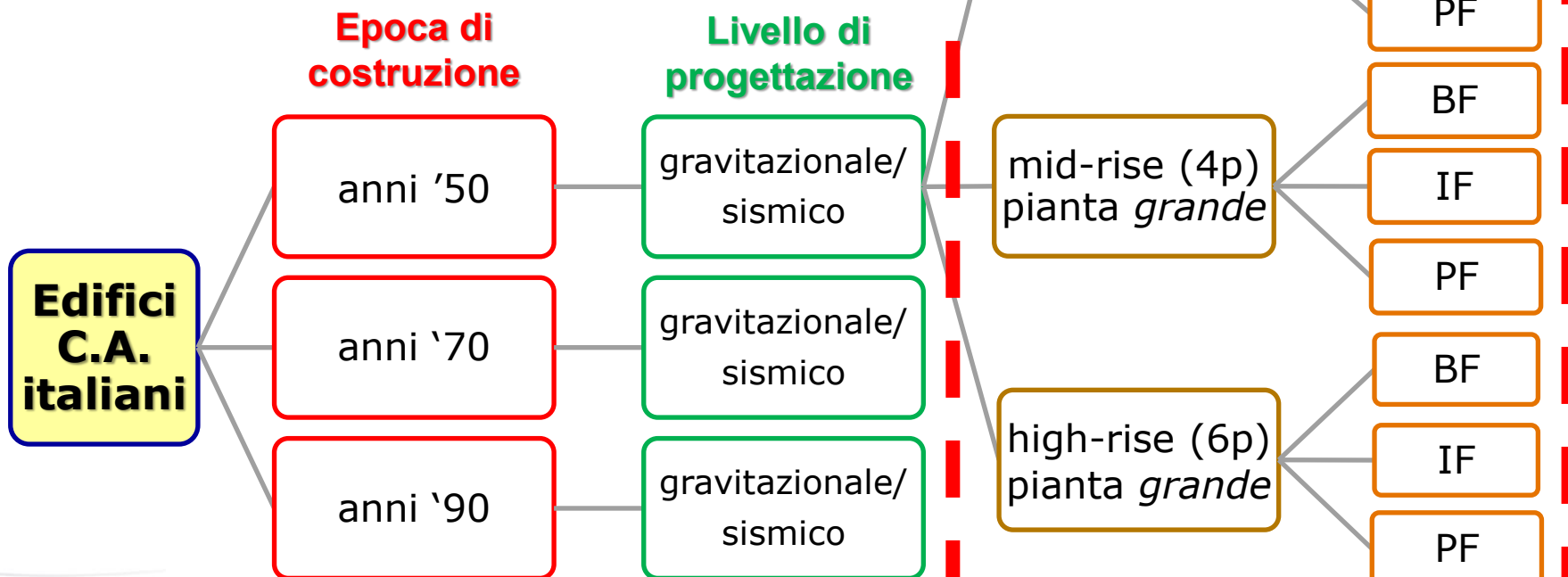


Fig. 2.44 Steel fiber constitutive model



DEFINIZIONE DELLE CURVE DI FRAGILITÀ

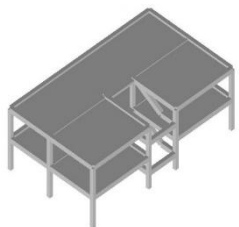
Un esempio per gli edifici in C.A.: CLASSIFICAZIONE



**Vale anche per le tipologie
anni '70 e '90**

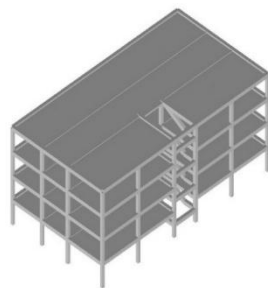
DEFINIZIONE DELLE CURVE DI FRAGILITÀ

Un esempio per gli edifici in C.A.: TIPOLOGIE EDILIZIE



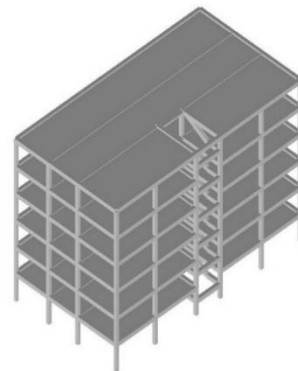
2 piani

Low-rise 1-2p



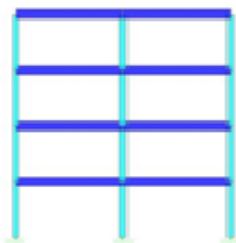
4 piani

Mid-rise 3-5p

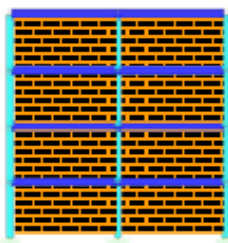


6 piani

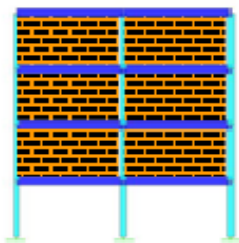
High-rise $\geq 6p$



(a)



(b)



(c)

a) edificio non tamponato (BF)

b) edificio completamente tamponato (IF)

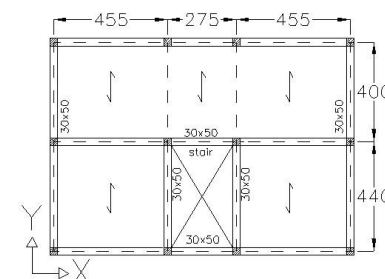
c) edificio con piano porticato (PF)

■ Ed. non-sismici (carichi verticali):

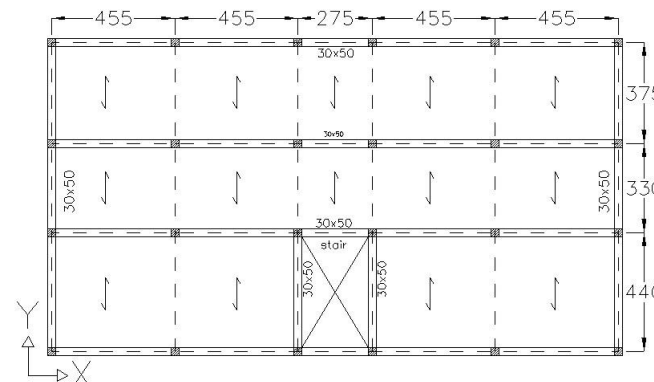
- **Anni '50 (RD 2229/1939)**
- **Anni '70 (DM 30/5/1972)**
- **Anni '90 (DM 1/4/1983)**

■ Ed. sismici:

- **Anni '50 (RD 640/1935)**
- **Anni '70 (Legge 1684/1962)**
- **Anni '90 (DM 24/1/1986)**



*Carpenteria tip. 2p
pianta «piccola»*



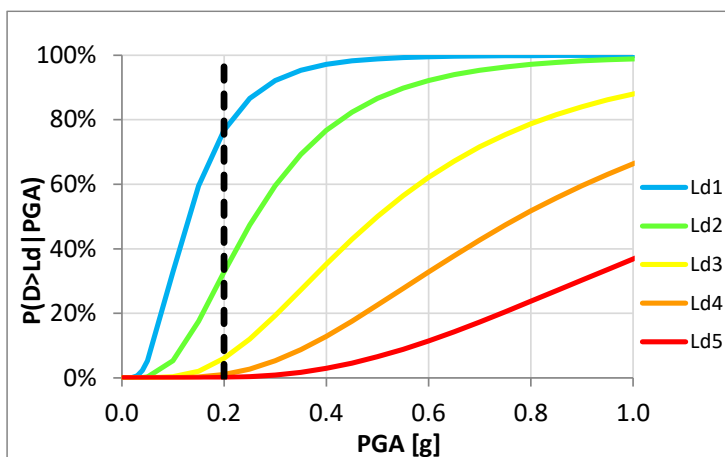
*Carpenteria tipologie
4p/8p con pianta
«grande»*

DEFINIZIONE DELLE CURVE DI FRAGILITÀ

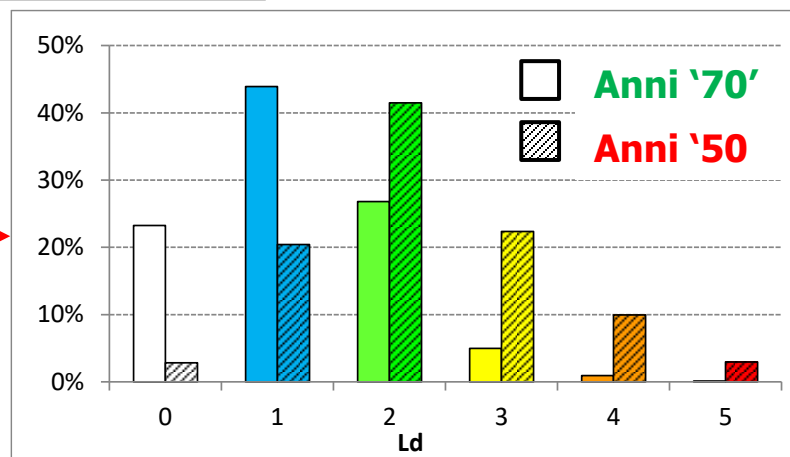
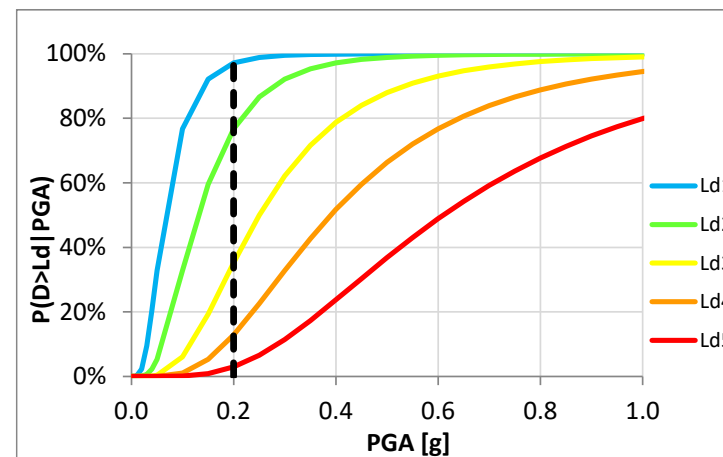
Un esempio per gli edifici in C.A.: STIME DI DANNO

Esempio di stima dei **danni attesi** ($Ld_i = ds_i$, classificazione EMS-98) per diverse **tipologie edilizie in C.A. con 4 piani**, progettati negli anni '50 e '70, a seguito di eventi di **intensità sismica** $PGA=0.2g$

FC edifici anni '70



FC edifici anni '50



Indice di danno medio

$$DI_{med} = \frac{\sum_i (ds_i \cdot f_i)}{n}$$

- anni '70 → $DI_{med}=0.23$
- anni '50 → $DI_{med}=0.45$

Relazioni tra livelli di danno (D1-D5) e conseguenze in termini di: perdite umane (vittime e feriti), edifici inagibili (breve e lungo periodo) e perdite economiche dirette.

Le Relazioni sono basate principalmente su dati tratti da terremoti passati.

VITTIME

VITTIME	D1	D2	D3	D4	D5
Morti (%)	0	0	0	1	10
Feriti (%)	0	0	0	5	30



(%) EDIFICI	D1	D2	D3	D4	D5
Agibili	100	60	0	0	0
Inagibili (breve periodo)	0	40	40	0	0
Inagibili (lungo periodo)	0	0	60	100	0
Crollati	0	0	0	0	100

EDIFICI INAGIBILI

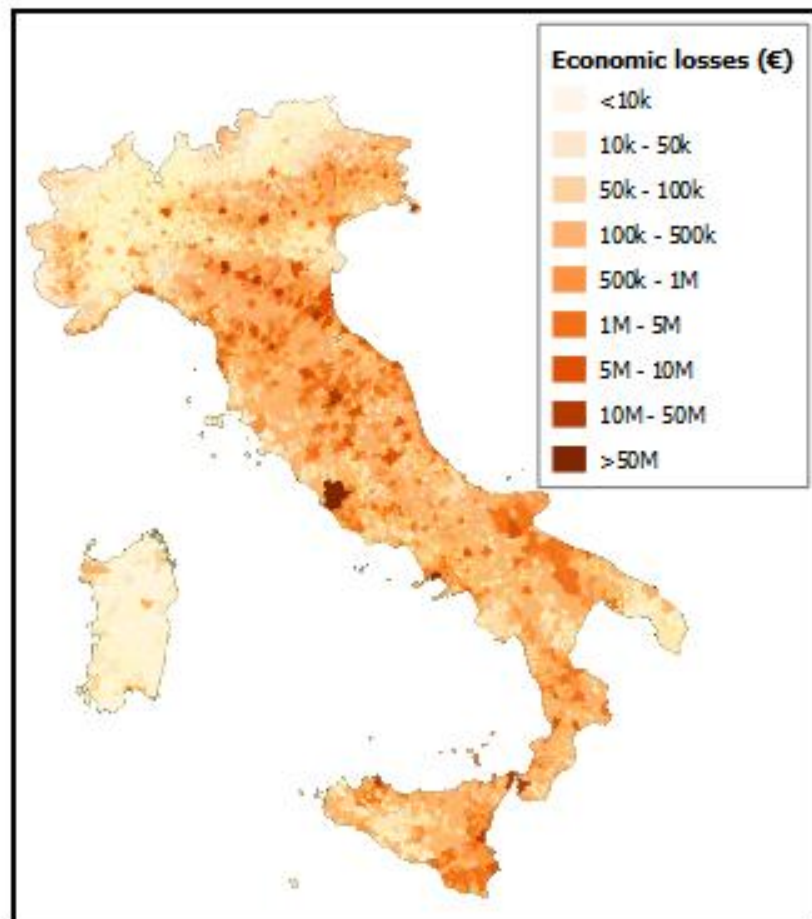
PERDITE ECONOMICHE (dirette)

CU (Euro/m ²)	D1	D2	D3	D4	D5
1350	2	10	30	60	100

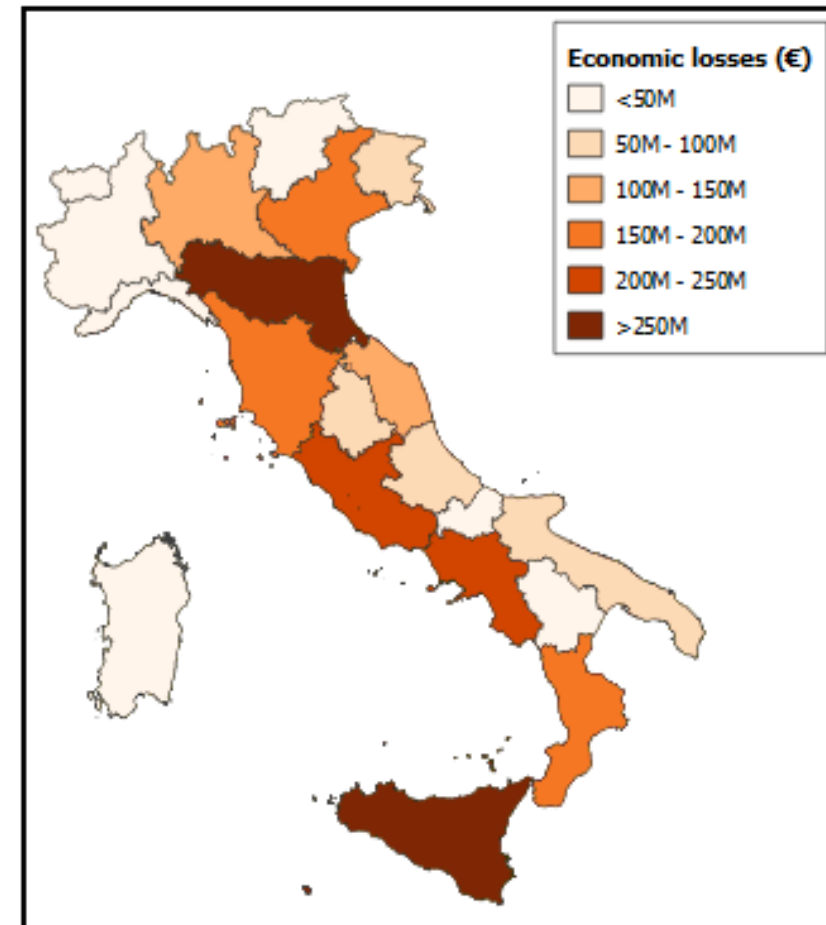
(% del costo unitario di ricostruzione CU)



PERDITE ECONOMICHE DIRETTE (attese in 1 anno, MUR+C.A.)

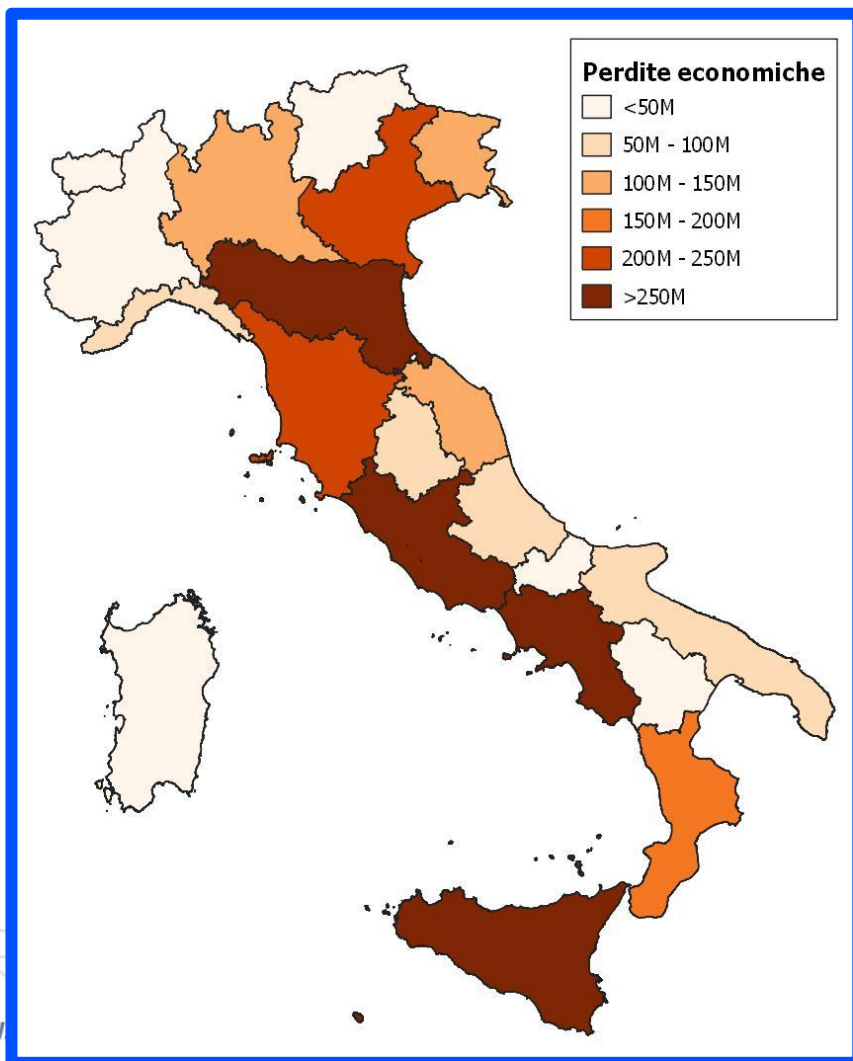


Scala comunale



Scala regionale

PERDITE ECONOMICHE DIRETTE (attese in un anno, MUR+C.A.)



Stima dei costi di riparazione o ricostruzione attesi in **un anno** (aggregato su base regionale)

VALORI COMPLESSIVI

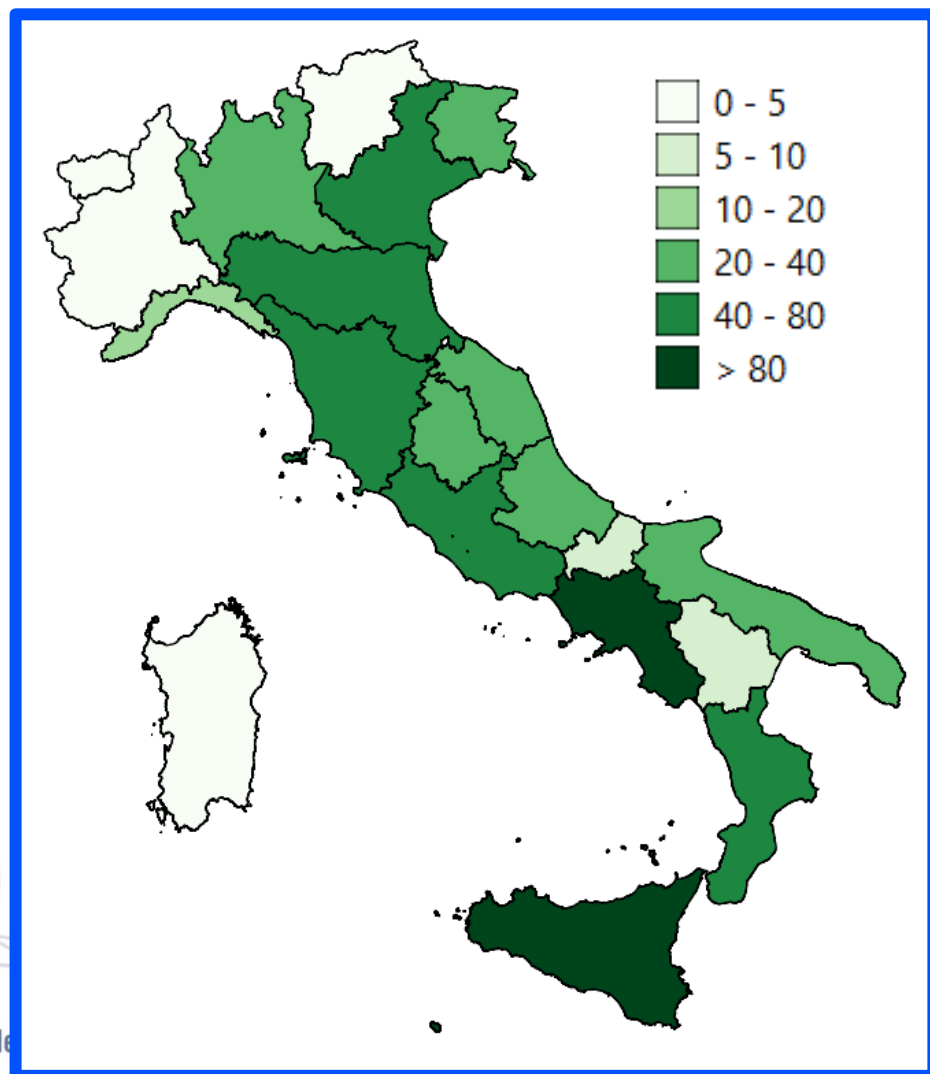
media **2.730M€**
(1.470M€ per MUR, 1.250M€ per CA)

16°-84° percentile **2.115 – 3.560M€**

COSTI CAUSATI DA TERREMOTI PASSATI

1970-2020 → 4.000 M€/anno

VITTIME (attese in un anno, MUR+C.A.)



Stima del valore atteso delle
vittime in **un anno**
(aggregato su base regionale)

VALORI COMPLESSIVI

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

16°-84°
percentile **370 - 1080**

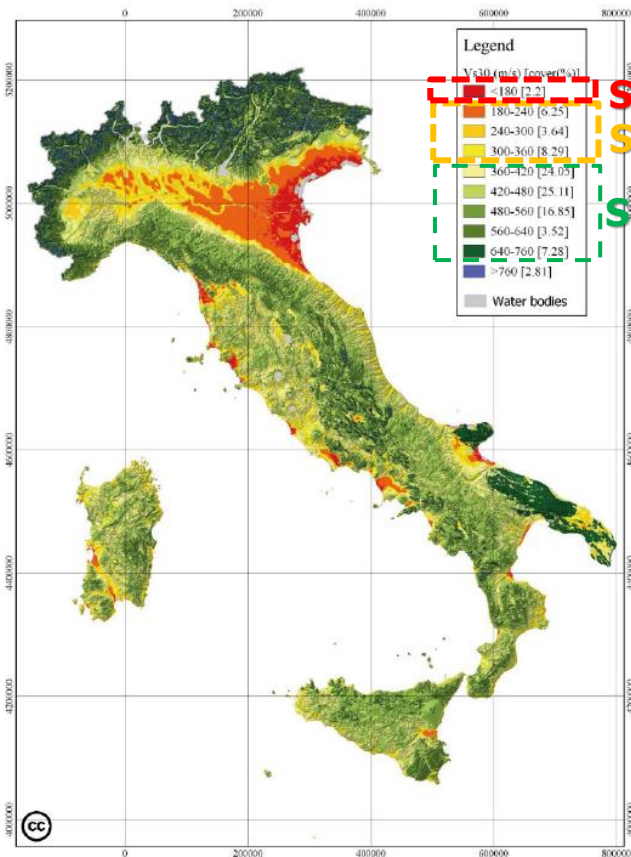
VITTIME CAUSATE DA TERREMOTI PASSATI

1970-2020: n.ab. 54-60 mil → **100 v/anno**

1920-1970: n.ab. 38-54 mil → **40 v/anno**

1870-1920: n.ab. 28-38 mil → **2400 v/anno**

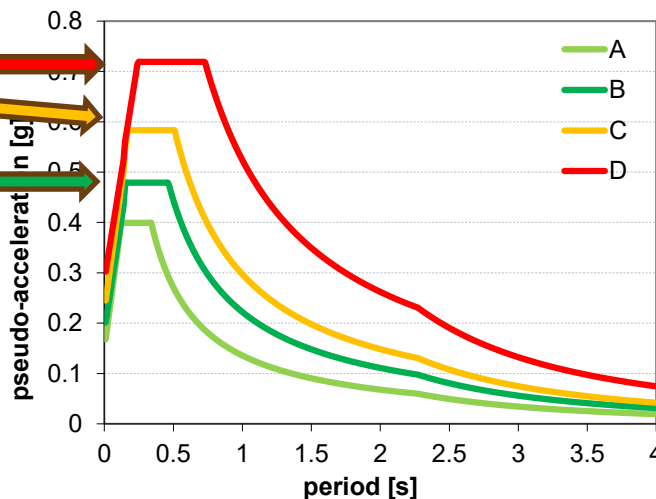
MED 1870-2020 → 850 v/anno



Suolo D

Suolo C

Suolo B



Spettri S_a per TR=475 anni e differenti classi di suolo (Napoli)

Perdite attese in 1 anno (Edifici residenziali)

Variazione perdite attese in 1 anno in funzione delle classi di suolo

Classe di suolo	Perdite umane		Perdite economiche	Impatto (N. abitazioni)		Impatto (N. edifici)
	Vittime	Feriti	Dirette (M€)	Inagibili breve periodo	Inagibili lungo periodo	Collassati
Suolo A	295	1040	1445	16805	9340	580
Suolo B	490	1715	2220	25370	14900	940
Suolo C	855	2980	3535	39280	24435	1615
Suolo D	1350	4685	5115	55250	36360	2500
Mappa suoli	620	2165	2725	30815	18510	1100

LE PERDITE ATTESE a scala regionale

Stima delle perdite ECONOMICHE in 1 anno per ogni regione

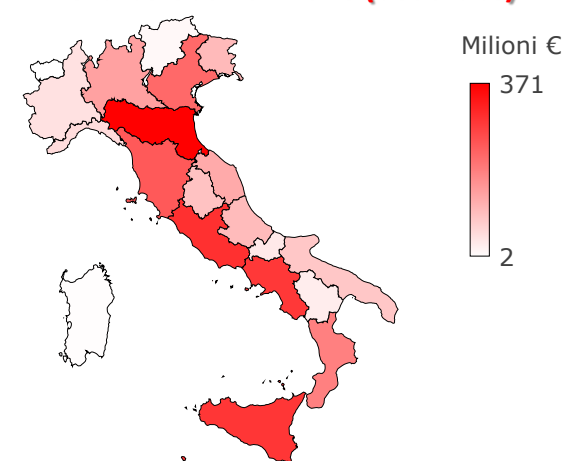
Perdite economiche dirette (assolute)

Posiz.	Regione	Milioni €
1	Emilia-Romagna	371
2	Lazio	301
3	Sicilia	292
4	Campania	290
5	Toscana	242
6	Veneto	218
7	Calabria	185
8	Lombardia	138
9	Marche	125
10	Friuli-Venezia Giulia	101
11	Abruzzo	100
12	Umbria	89
13	Puglia	83
14	Liguria	53
15	Piemonte	45
16	Molise	33
17	Basilicata	29
18	Trentino-Alto Adige	13
19	Sardegna	5
20	Valle d'Aosta	2

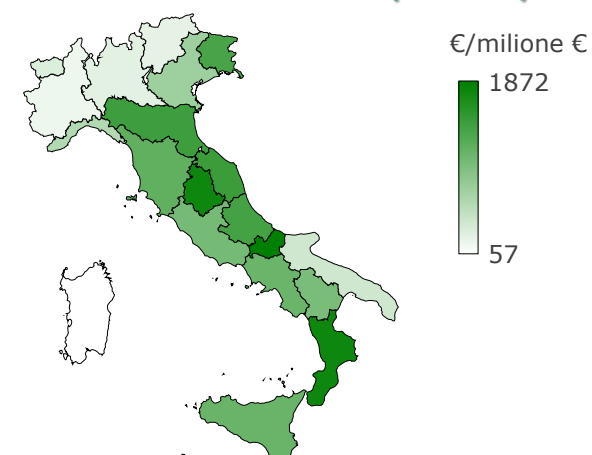
Perdite economiche dirette (relative*)

Posiz.	Regione	€/milione €	
1	Molise	1872	↑+15
2	Calabria	1772	↑+5
3	Umbria	1770	↑+9
4	Marche	1457	↑+5
5	Emilia-Romagna	1446	↓-4
6	Abruzzo	1389	↑+5
7	Friuli-Venezia Giulia	1354	↑+3
8	Toscana	1187	↓-3
9	Sicilia	1125	↓-6
10	Campania	1111	↓-6
11	Lazio	1040	↓-9
12	Basilicata	1002	↑+5
13	Veneto	744	↓-7
14	Liguria	598	-
15	Puglia	398	↓-2
16	Valle d'Aosta	304	↑+4
17	Lombardia	258	↓-9
18	Trentino-Alto Adige	243	-
19	Piemonte	177	↓-4
20	Sardegna	57	↓-1

Perdite economiche (assolute)



Perdite economiche (relative)



*Rapporto tra perdite assolute e costo teorico di ricostruzione totale del patrimonio edilizio residenziale

LE PERDITE ATTESE a scala regionale

Stima delle VITTIME in 1 anno per ogni regione

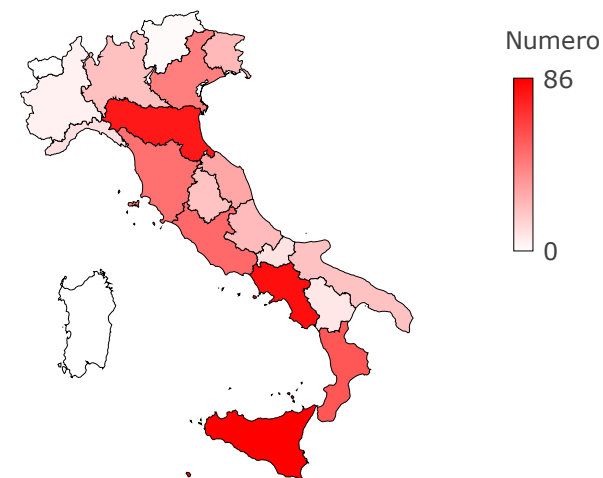
Vittime (assolute)

Posiz.	Regione	Numero
1	Sicilia	86
2	Campania	81
3	Emilia-Romagna	78
4	Calabria	57
5	Lazio	50
6	Toscana	48
7	Veneto	43
8	Marche	30
9	Friuli-Venezia Giulia	23
10	Abruzzo	23
11	Lombardia	21
12	Puglia	21
13	Umbria	20
14	Liguria	11
15	Molise	10
16	Basilicata	8
17	Piemonte	5
18	Trentino-Alto Adige	2
19	Valle d'Aosta	0
20	Sardegna	0

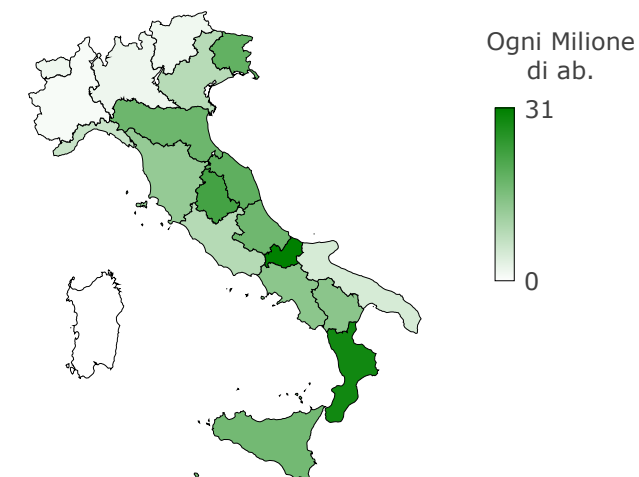
Vittime (relative)

Posiz.	Regione	ogni 1'000'000 ab.	
1	Molise	31	↑+14
2	Calabria	29	↑+2
3	Umbria	23	↑+10
4	Marche	20	↑+4
5	Friuli-Venezia Giulia	19	↑+4
6	Emilia-Romagna	18	↓-3
7	Abruzzo	18	↑+3
8	Sicilia	17	↓-7
9	Basilicata	14	↑+7
10	Campania	14	↓-8
11	Toscana	13	↓-5
12	Lazio	9	↓-7
13	Veneto	9	↓-6
14	Liguria	7	-
15	Puglia	5	↓-3
16	Lombardia	2	↓-5
17	Valle d'Aosta	2	↑+2
18	Trentino-Alto Adige	2	-
19	Piemonte	1	↓-2
20	Sardegna	0	-

Stima vittime (val. assoluto)



Stima vittime (val. relativo)

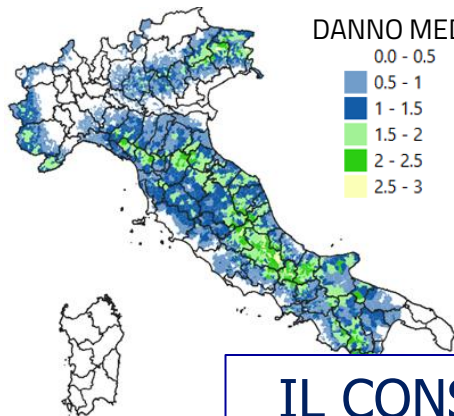
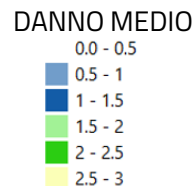


ANALISI DEL RISCHIO MITIGATO

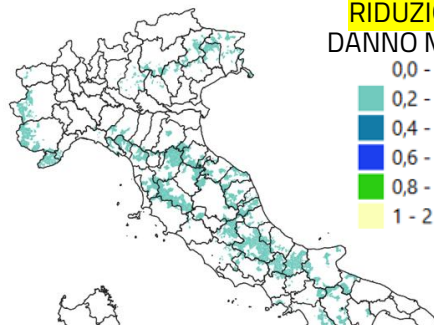
Impatto di diverse soluzioni di intervento

Stima della riduzione del rischio per il costruito in muratura con comuni tecniche di rinforzo

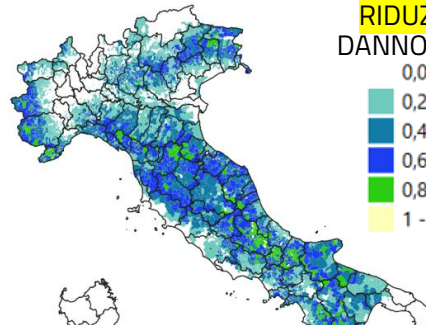
Stato di fatto



Inserimento di catene



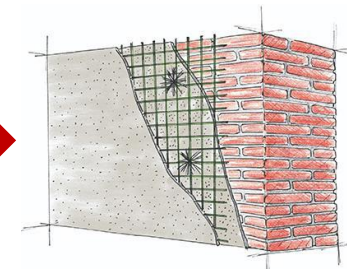
Consolidamento muratura



Inserimento di catene

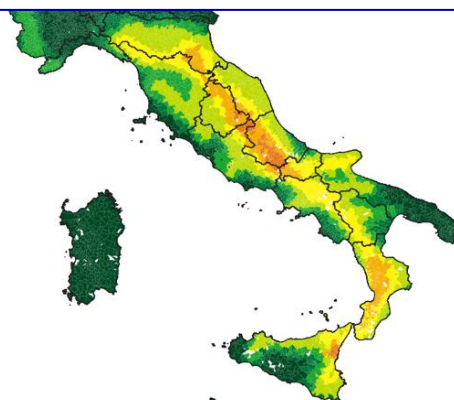
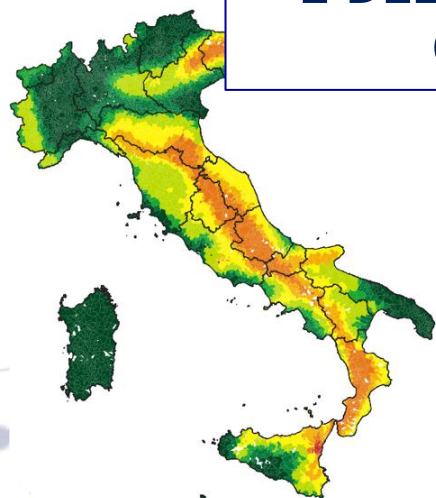
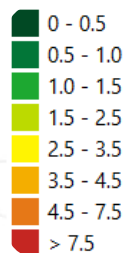


Consolidamento della muratura



IL CONSOLIDAMENTO DELLA MURATURA PRODUCE UNA SIGNIFICATIVA RIDUZIONE DEL DANNO ATTESO E DELLA PAM RISPETTO ALL'INSERIMENTO DELLE CATENA...MA CON COSTI MAGGIORI!!!

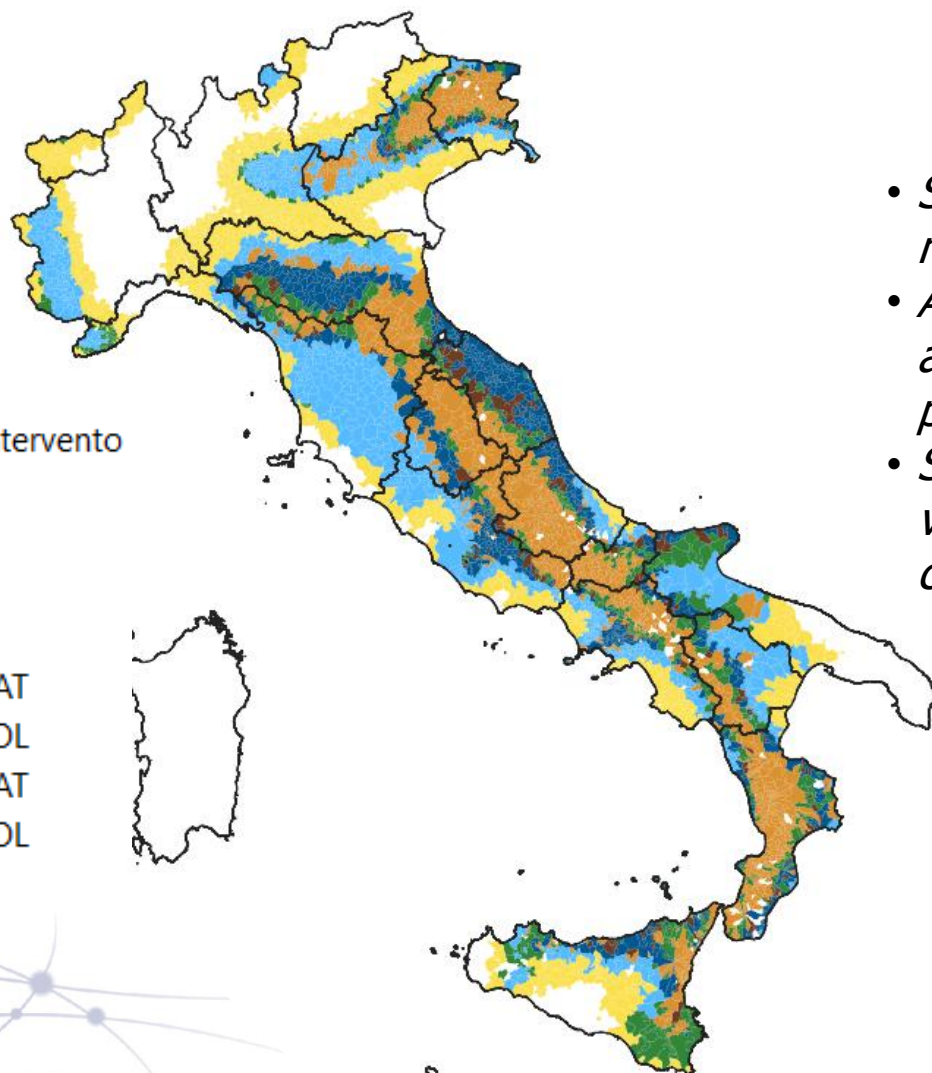
PAM



Perdita Annua Media (PAM)

$$\frac{\text{Perdite economiche annue [€]}}{\text{area[m}^2\text{]} \cdot 1350[\text{€}/\text{m}^2]} \cdot 100$$

Individuazione di **strategie ottimali** tramite analisi **costi-benefici**



ESEMPIO DI CRITERI PER LA INDIVIDUAZIONE DELLA STRATEGIA DI INTERVENTO OTTIMALE

- Se la PAM nello stato di fatto è già bassa (Classe A+) non è necessario alcun intervento
- Altrimenti prendo in considerazione gli interventi che mi portano almeno in Classe A, e seleziono quello che ha il tempo di recupero* più breve
- Se invece nessun intervento mi porta in Classe A (edifici molto vulnerabili in zone ad elevata pericolosità sismica), seleziono quello che rende minima la PAM

L'ASSEGNAZIONE DEI PESI ATTRIBUITI AI CRITERI DI OTTIMIZZAZIONE PUÒ VARIARE IN FUNZIONE DELLE NECESSITÀ DEGLI *STAKE-HOLDER*, ANCHE CONSIDERANDO ALTRI REQUISITI NELL'AMBITO DI **STRATEGIE INTEGRATE (ES. SISMICO-ENERGETICHE)**

Ministero dell'Istruzione e del Merito



Totale Unità Strutturali: **52567**



Anagrafe dell'Edilizia Scolastica (AES) e definizione della tassonomia

SINGOLA SCUOLA PRESENTE
NELL'INVENTARIO



COMPORTAMENTO DELLA SUB-
TIPOLOGIA A CUI APPARTIENE

*esempio di definizione della tipologia di un
dato edificio in funzione della tassonomia
adottata*



MURATURA

2 PIANI

1946-60

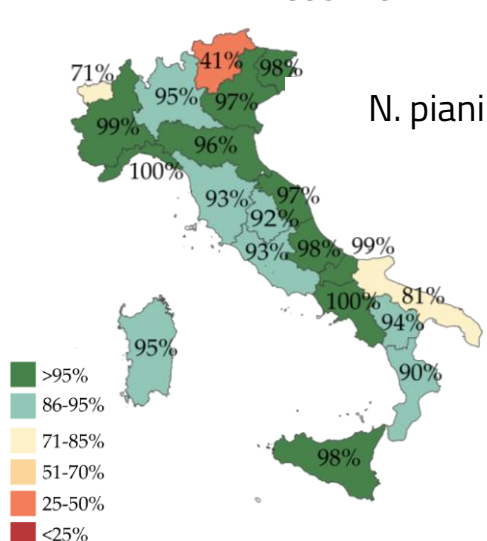
< 500 m²

TIPOLOGIA
COSTRUTTIVA

NUMERO DI PIANI

EPOCA

AREA DI PIANO



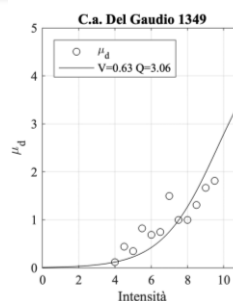
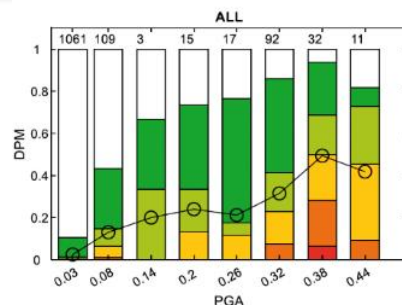
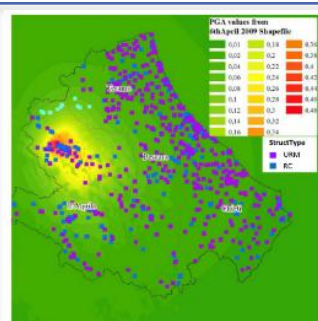
Completezza dell'inventario utilizzato (AES 2005 – 2022)

	Materiale	Epoca
AES 2005	69%	86%
AES 2022	92%	78%
	N. piani	Area di piano
AES 2005	93%	69%
AES 2022	95%	94%

ANALISI di RISCHIO sulle SCUOLE

VULNERABILITA'

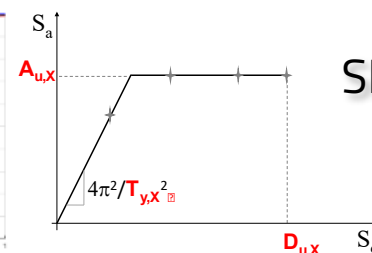
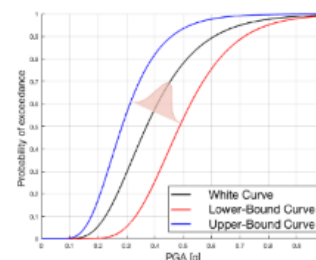
Tipologia di modelli di vulnerabilità utilizzati per la derivazione di Curve di Fragilità



DATI OSSERVATI
 Scuole Abruzzo 2009
 (circa 2200 Unità strutturali)

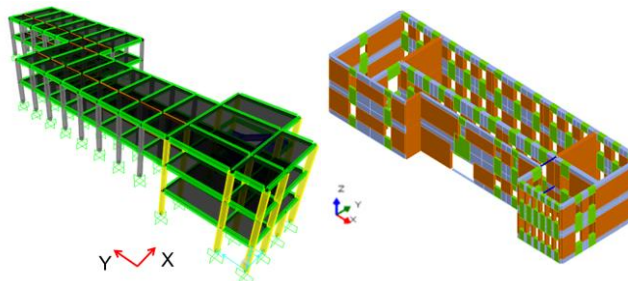


DBV-
 Masonry
 Post
 Vulnus
 SP-Bela
 Firststep-M



MODELLI
 SEMPLIFICATI
 ANALITICI

3Muri
 OpenSees
 MIDAS
 SAP 2000



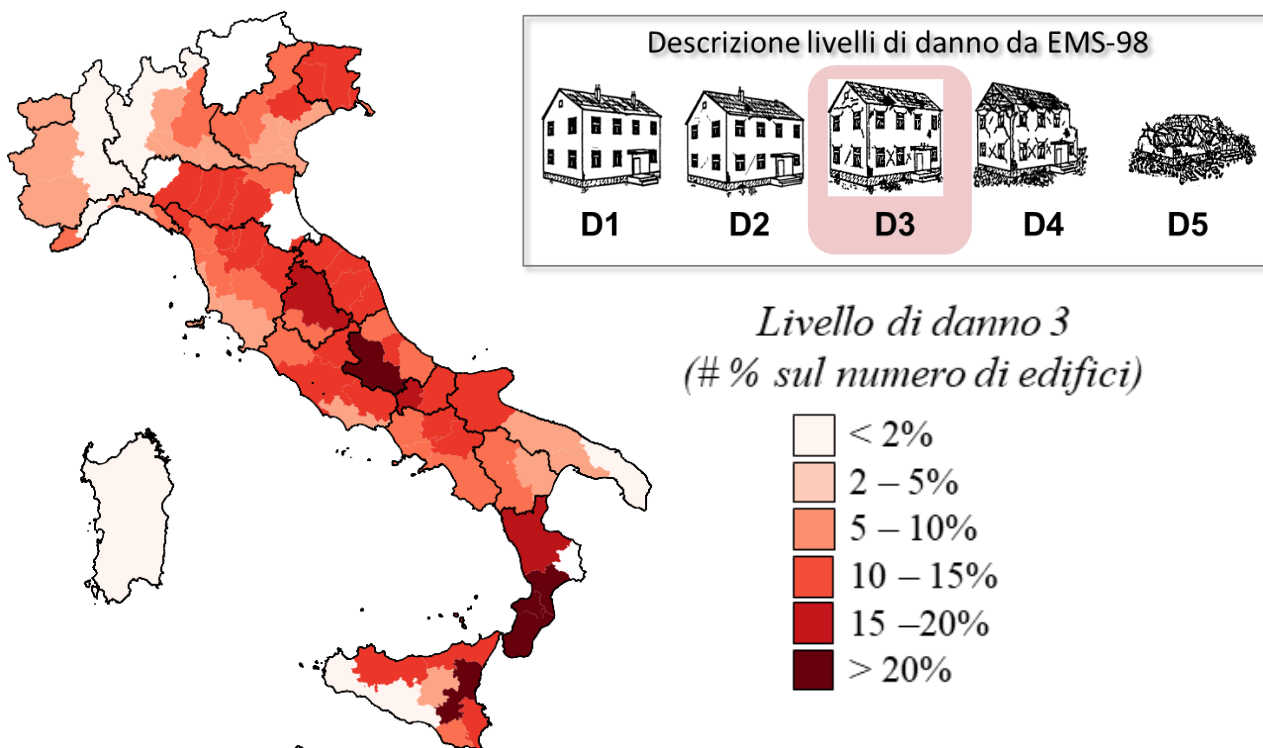
MODELLI
 NUMERICI
 DI DETTAGLIO

ANALISI di RISCHIO sulle SCUOLE

PERDITE ATTESE in 50 ANNI

Esempio di risultati ottenuti in una finestra temporale di 50 anni

Mappa degli edifici scolastici con Livello di danno atteso D3 (aggregati a scala provinciale*)



Conseguenze attese in termini di inagibilità e collassi

	Inagibili di breve periodo	Inagibili di lungo periodo	Edifici collassati
Scuole (Muratura + CA)	6.6%	4.2%	0.5%
Residenziale (Muratura + CA)	5%	3.5%	0.5%

* Sono disponibili modalità di restituzione delle stime del rischio in termini di numero di edifici o di superficie, con aggregazione a scala comunale, provinciale o regionale

Le valutazioni di rischio sviluppate nel progetto MARS sono state condotte in modo da giungere a **risultati condivisi, consolidati** e - seppur perfettibili/aggiornabili - **robusti**, coerentemente con quanto previsto nel Codice riguardo la necessità di rendere disponibili conoscenze e prodotti di ricerca *«che abbiano raggiunto un livello di maturazione e consenso riconosciuto dalla comunità scientifica secondo le prassi in uso»*.

Tutto ciò non sarebbe stato possibile senza la partecipazione attiva di tanti docenti, ricercatrici e ricercatori, e senza una continua e proficua interazione con il Dipartimento della Protezione Civile, e con altri Soggetti pubblici interessati

GRAZIE a TUTTE/I LORO

**GRAZIE a TUTTE/I VOI
per L'ATTENZIONE**

Docenti, ricercatrici e ricercatori ReLUIS impegnati nel progetto MARS

Sergio Lagomarsino, Angelo Masi, Mauro Dolce, Andrea Prota, Elena Speranza, Giuseppe Naso, Roberto Paolucci, Fabrizio Gara, Andrea Dall'Asta, Giuseppe Brando, Natalino Gattesco, Serena Cattari, Gerardo Verderame, Marco Di Ludovico, Maria Polese, Claudia Casapulla, Fulvio Parisi, Lucrezia Cascini, Francesca Ceroni, Francesca da Porto, Emanuela Speranzini, Beatrice Belletti, Andrea Penna, Francesco Graziotti, Giorgio Monti, Luigi Sorrentino, Gianfranco De Matteis, Giulio Zuccaro, Sandro Carbonari, Maria Zucconi, Antonio Formisano, Marco Savoia, Roberto Nascimbene, Iunio Iervolino, Sebastiano Foti, Sebastiano Rampello, Francesco Silvestri, Chiara Calderini, Vincenzo Manfredi, Andrea Digrisolo, Giuseppe Santarsiero, Giuseppe Ventura, Antonio Lanzo, Giuseppe Nicodemo, Valentina Picciano, Graziano Leoni, Maria Giovanna Masciotta, Chiara Bedon, Barbara Borzi, Luigino Dezi, Francesco Portioli, Domenico Liberatore, Paolo Ricci, Maria Rosa Valluzzi, Carlo Del Gaudio, Chiara Smerzini, Francesca Linda Perelli, Daniela De Gregorio, Marta Faravelli, Marco Fasan, Francesco Cacace, Elia Acconcia, Mauro Onida, Elena Michellini, Giusi De Martino, Romina Sisti, Sara Alfano, Maria Rota, Annalisa Rosti, Marco Gaetani d'Aragona, Gabriella Tocchi, Veronica Follador, Elisa Saler, Andrea Brunelli, Marco Vailati, Raihan Rahmat Rabi, Giuseppe Quaranta, Cristoforo Demartino, Nicola Nisticò, Filomena de Silva, Anna D'onofrio, Chiara Ferrero, Corrado Chisari, Mattia Zizi, Ylenia Di Lallo, Greta Agata Venneri, Maria Teresa De Risi, Santa Anna Scala, Claudio Mazzotti, Giulio Castori, Gianluca Salamida, Chiara Monteferrante, Francesca Ferretti, Ylenia Saretta, Pietro Carpanese, Giorgia Cianchino, Margherita Rago, Silvia Pinasco, Abbas Fathiazarkalkhoran, Claudio Amadio, Fabio Romanelli, Giovanni Smiroldo, Nicola Chieffo, Patrizia Bernardi, Daniele Ferretti, Enrico Spacone, Alessandra Maione, Luca Umberto Argiento, Elham Mousavian, Rossella Bovolenta, Silvia de Angeli, Sofia Giusto, Raimondo Luciano, Giovanni Crisci, Marco Donà, Luca Sbrogio, Elvis Cescatti, Sara Mozzon, Marco Gaspari, Michol Rampado, Michele Morici, Laura Gioiella, Laura Ragni, Jafar Rouhi, Antonio Davino, Emilia Meglio, Gabriele Milani, Salvatore Noè, Emanuele Rizzi, Pasquale Cito, Georgios Baltzopoulos, Giulio Sacco, Marc'Antonio Liotta, Marco Damiani, Manuela Vanini, Nicola Augenti, Valentina Buonocunto, Martina Scalvenzi, Marco Miglietta, Chiara Morandini, Christian Salvatori, Gabriella Tocchi, Marta Del Zoppo, Giuseppina De Martino, Nicola Buratti, Luca Pozza, Andrea Incerti, Lucia Praticò, Rita Federico, Nzeeh Roumia, Laura Liberatore, Omar AlShawa, Giacomo Destro Bisol, Gerardo M. Verderame, Paolo Ricci, Carlo Del Gaudio, Mariano Di Domenico, Casimiro Martucci, Maria Zucconi, Barbara Ferracuti, Francesca Nerilli, Francesca Roscini