



In collaborazione  
con



---

# LA RICERCA ITALIANA IN INGEGNERIA SISMICA E LE ATTIVITÀ RELUIS A 40 ANNI DAL TERREMOTO CAMPANO-LUCANO

Webinar, lunedì 23 novembre 2020

## Valutazioni e Mappe di Rischio

**Sergio LAGOMARSINO, Angelo MASI**

*Università di Genova, Università della Basilicata*



Valutazione intrinsecamente probabilistica delle conseguenze attese a scala territoriale, per pianificare la prevenzione e organizzare la protezione civile.

$$\lambda_{DV} = \int \int \int p(DV | DM) p(DM | EDP) p(EDP | IM) \lambda(IM) dIM dEDP dDM$$

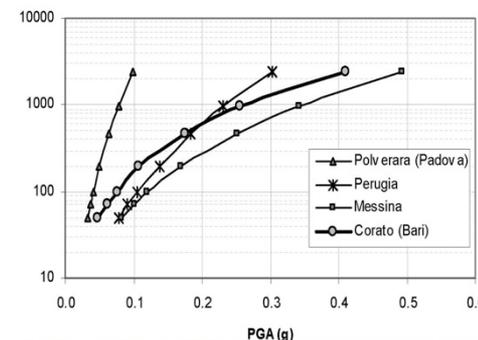
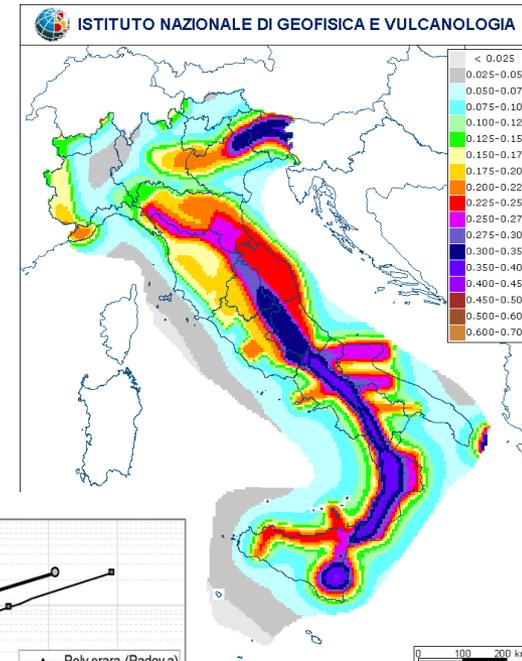
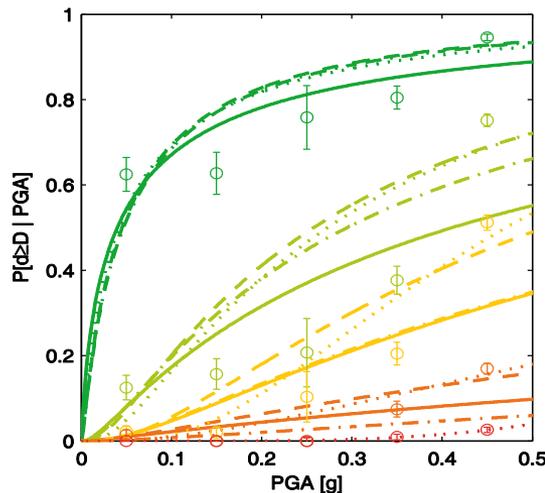
PERDITE

VULNERABILITA'

PERICOLOSITA'

DS	CrMin[%]*	CrMax[%]*
DS1	2	5
DS2	10	20
DS3	30	45
DS4	60	80
DS5	100	100

\*%Costo di ricostruzione 1350 €/mq



## RISCHIO INCONDIZIONATO:

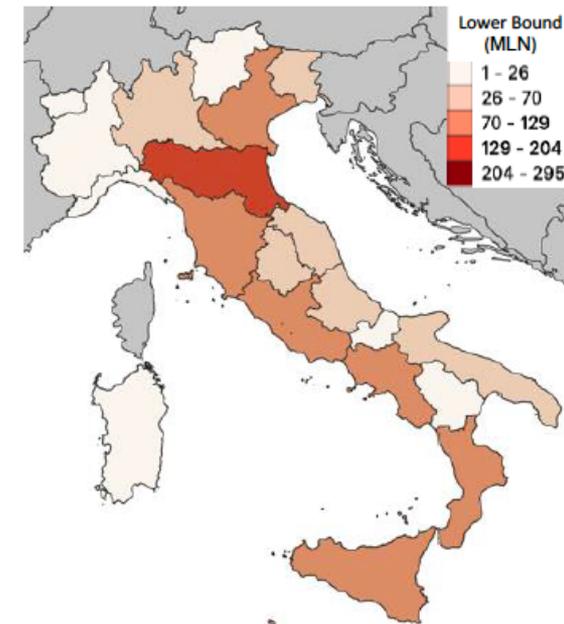
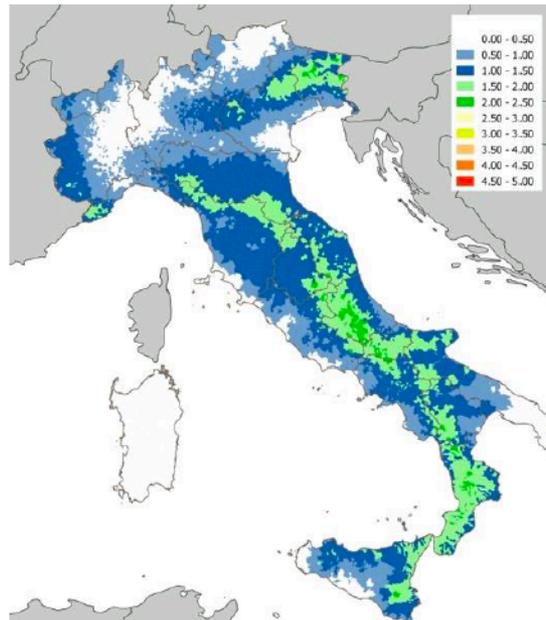
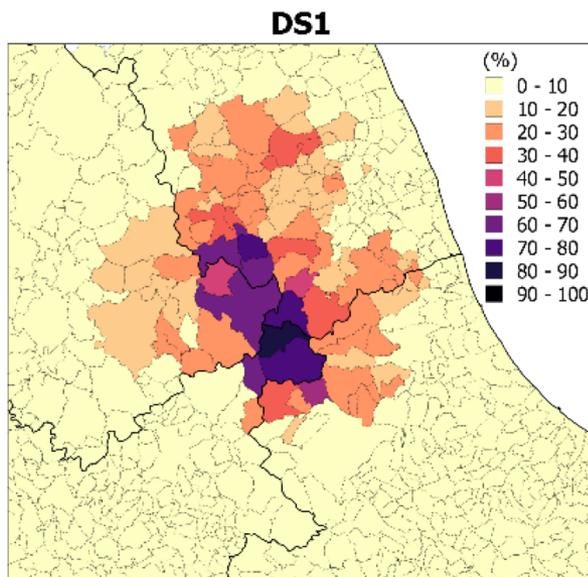
Per ciascuna possibile conseguenza, valore medio atteso in un fissato periodo di tempo.

PAM – Perdita Annuale Media attesa

Nel 2018 il DPC ha dovuto inviare alla Comunità Europea in NRA, che raccoglie le stime delle conseguenze attese a seguito di eventi naturali.

ReLUIS ha lavorato insieme con EUCENTRE alla stima del rischio sismico, calcolando le perdite con la piattaforma IRMA (Italian Risk Maps):

- **esposizione**: costruito residenziale diffuso (censimento ISTAT 2001 e 2011)
- **pericolosità**: INGV (MPS04), assumendo suolo A
- **vulnerabilità**: modelli derivati o calibrati su dati di danno osservato, disponibili sulla piattaforma DaDO (Database di Danno Osservato)
- **conseguenze**: correlazioni desunte dalla letteratura



## Progetto ReLUIS-DPC 2019-2021

*WP4 MARS:* Coordinatori - S. Lagomarsino, A. Masi

26 Unità di Ricerca stanno lavorando in sinergia con EUCENTRE

*Obiettivo:* aggiornare le mappe di rischio, migliorando la classificazione del costruito, la definizione dell'input sismico, i modelli di vulnerabilità e le funzioni di conseguenza. Inoltre saranno eseguite valutazioni su manufatti rilevanti.

**Task 4.1 – Esposizione: regionalizzazione delle tipologie edilizie (CARTIS)**

**Task 4.2 – Input Sismico: mappa dei suoli dai dati di microzonazione**

**Task 4.3 – Vulnerabilità del costruito residenziale: curve di fragilità**

**Task 4.4 & 4.5 – Conseguenze e perdite economiche**

**Task 4.6 – Prevenzione: effetto degli interventi per analisi costi-benefici**

**Task 4.7 – Scuole: nuova piattaforma per valutazioni su singoli manufatti (IRMA Scuole)**

**Task 4.8 – Chiese: raccolta danni osservati (DaDO Chiese) e nuova piattaforma per la valutazione del rischio (IRMA Chiese)**

**Task 4.9 – Ponti: nuova piattaforma per valutazioni di rischio (IRMA Ponti)**

**Task 4.10 – Supporto allo sviluppo delle piattaforme da parte di EUCENTRE**

N°	UR	Coordinatore	Task 4.1	Task 4.2	Task 4.3	Task 4.4	Task 4.5	Task 4.6	Task 4.7	Task 4.8	Task 4.9	Task 4.10	Task 4.11
			Esposizione	Input	Vulnerabilità	Perdite	Scenari	Interventi	Scuole	Chiese	Ponti	Piattaforma	Mappe
1	UniBAS	Angelo MASI	X	X	X	X	X	X	X			X	X
2	UniGE-a	Sergio LAGOMARSINO	X	X	X	X	X	X		X Calderini		X	X
3	UniNA-f	Giulio ZUCCARO	X		X	X	X	X		X			X
4	PoliMI	Roberto PAOLUCCI		X								X	
5	UniPM	Fabrizio GARA									X		
6	UniCAM	Andrea DALL'ASTA				X			X	X	X		
7	UniCamp	Gianfranco DE MATTEIS								X	X		
8	UniCH	Giuseppe BRANDO Guido CAMATA			X		X	X Spacone		X			
9	UniGE-b	Serena CATTARI			X			X	X				
10	UniNA-a	Gerardo VERDERAME	X		X		X						X
11	UniNA-b	A. PROTA, M. DI LUDOVICO, M. POLESE	X			X Di Ludovico		X	x		X Prota	X	X
12	UniNA-c	Claudia CASAPULLA								X			
13	UniNA-d	Fulvio PARISI			X								
14	UniNA-e	Lucrezia CASCINI		X	X							X	
15	UniParth	Francesca CERONI								X			
16	UniPD	Francesca DA PORTO			X			X	X	X	X		
17	UniPG	Antonio BORRI				X		X		X			
18	UniPI	Walter SALVATORE							X		X		
19	UniPR	Beatrice BELLETTI			X								
20	UniPV	Andrea PENNA Francesco GRAZIOTTI			X		X Penna			x		X	X
21	UniRM1-a	Giorgio MONTI	X	X	X						X		
22	UniRM1-b	Luigi SORRENTINO				X				X			
23	UniSA	Enzo MARTINELLI			X								
24	UniTS-a	Claudio AMADIO		X									
25	UniTS-b	Natalino GATTESCO							X				
26	UniPA	Piero COLAJANNI Liborio CAVALERI	X		X								
27	Eucentre	Barbara BORZI											
		<b>tot. UR coinvolte</b>	<b>5+2</b>	<b>4+2</b>	<b>13+2</b>	<b>5+2</b>	<b>4+2</b>	<b>6+2</b>	<b>6+1</b>	<b>9+1</b>	<b>6</b>	<b>4+2</b>	<b>4+2</b>

CHIESE - peculiarità: 1) manufatti rilevanti dal punto vista culturale e sociale; 2) diffusi sul territorio; 3) comportamento tipizzabile (macroelementi)

## DANNO OSSERVATO



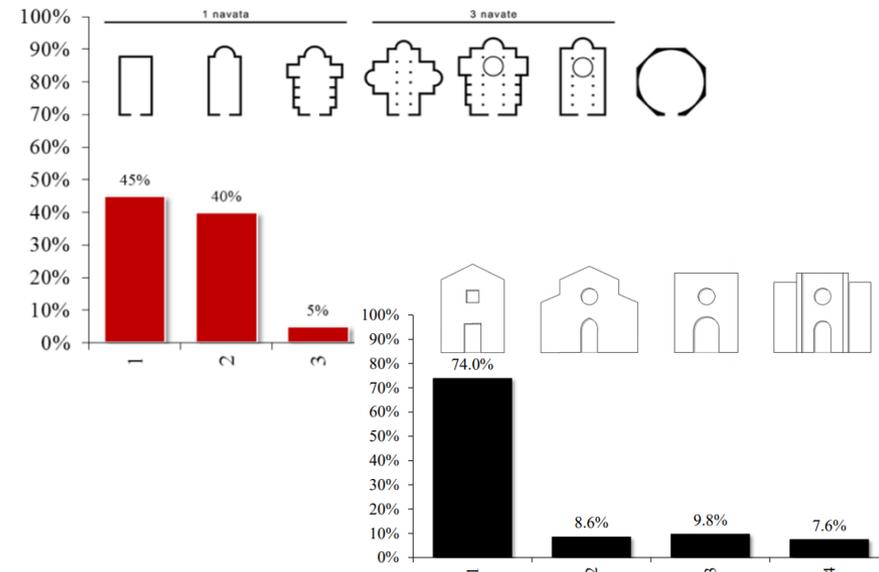
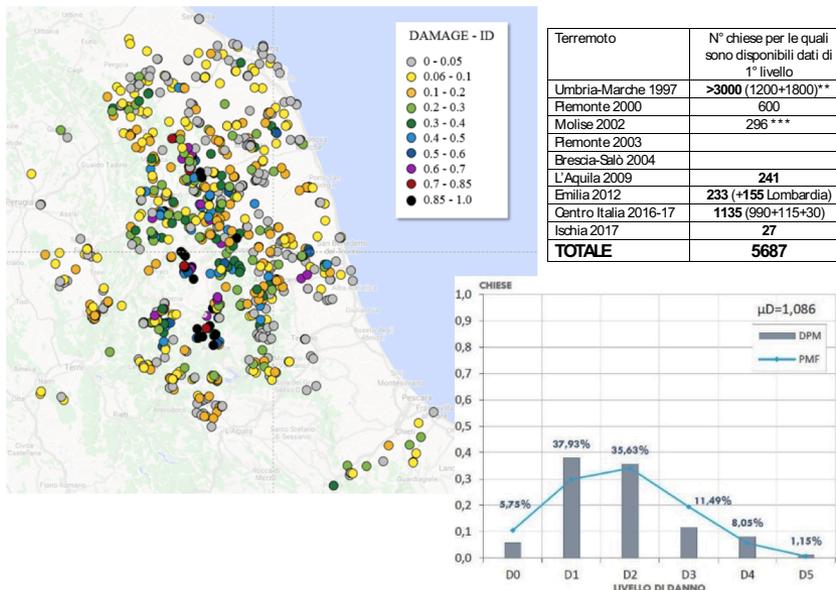
## RISCHIO ATTESO

Piattaforma **DaDO Chiese**  
(Database **D**anno **O**sservato)

Raccolta, organizzazione e informatizzazione schede sul danno subito nei terremoti passati

Piattaforma **IRMA Chiese**  
(Italian **R**isk **M**ApS)

Censimento, raccolta e organizzazione dati di vulnerabilità ed esposizione delle chiese sul territorio nazionale



## Task 4.8 – Vulnerabilità delle chiese

### DATABASE DI RIFERIMENTO

MIBAC

VINCOLI *in* rete

 Ministero per i beni e le attività culturali



### DATI DISPONIBILI

32000 CHIESE (VINCOLATE)

INTEGRA 3 DIVERSE BANCHE DATI:

- Carta del Rischio (~ 1500)
- SIGEC (~10000 – schede dettaglio)
- Beni Tutelati

DATAZIONE E MISURE

CEI



67013 CHIESE

SCHEDE DESCRITTIVE su 28945 chiese

DATI STORICI E ARCHITETTONICI, MA  
IN FORMA SCRITTA

# Task 4.1 – Regionalizzazione della vulnerabilità

- NRA 2018 – i modelli di vulnerabilità calibrati sul danno osservato a L’Aquila (2009) e in Irpinia (1980) sono stati usati su tutto il territorio nazionale
  - CARTIS – Inventario delle tipologie edilizie esistenti
    - statistiche su diversi ambiti territoriali: Regioni, Demografia e Altimetria
- DEMOGRAFIA*: Comuni piccoli (<2.000), medio-piccoli (2.000-10.000), medio-grandi (10.000-50.000), grandi (>50.000)
- ALTIMETRIA*: pianura, collina, montagna **⇒ 20 x 4 x 3 = 240 ambiti**

## Definizione di sub-tipologie per edifici in MURATURA

*PARETI*: A1 - pietra arrotondata, A2 - pietra grezza, B1 - pietra lastriforme, B2 - pietra pseudo-regolare, C1 - pietra squadrata, C2 – mattoni

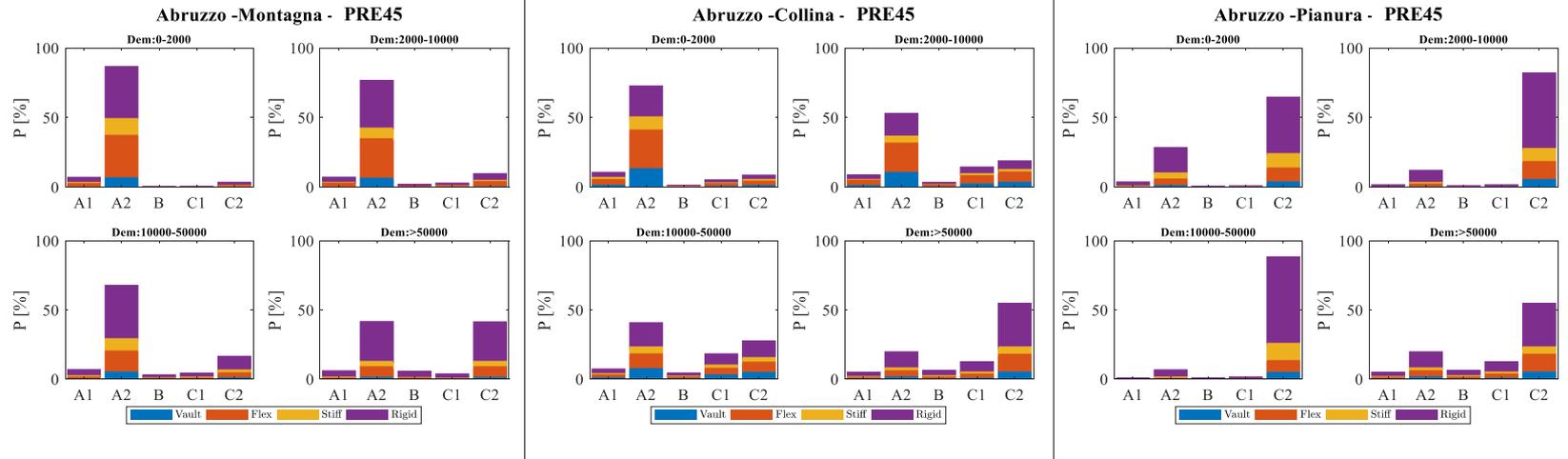
*SOLAI*: volte, flessibile, semi-rigido, rigido

floors \ masonry	A1	A2	B	C1	C2	D1	D2
masonry vaults	A1/v	A2/v	B/v	C1/v	C2/v	-	-
flexible	A1/f	A2/f	B/f	C1/f	C2/f	-	-
stiff	A1/s	A2/s	B/s	C1/s	C2/s	D1/s	D2/s
rigid	A1/r	A2/r	B/r	C1/r	C2/r	D1/r	D2/r

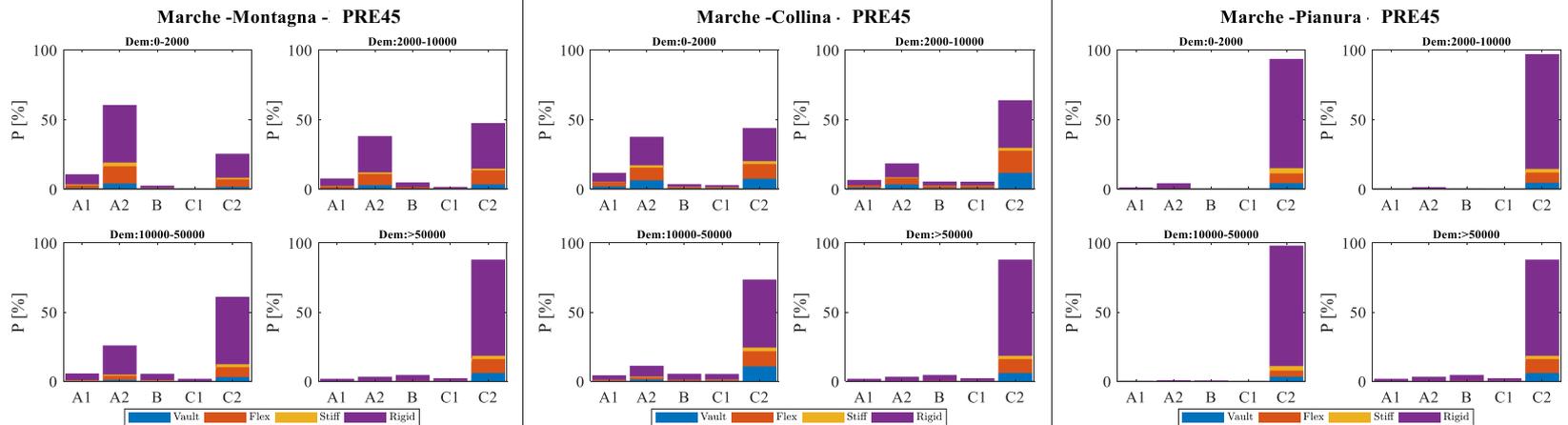
construction age	<1960	all ages	>1945
------------------	-------	----------	-------

# Task 4.1 – Regionalizzazione della vulnerabilità

Note le percentuali delle sub-tipologie (pareti/solai) in ciascun ambito territoriale, combinazione di Regione/Demografia/Altimetria, si ottengono le curve di fragilità specifiche per le tipologie ISTAT (epoca di costruzione/numero di piani).



ABRUZZO



MARCHE

# Task 4.3 – Curve di fragilità (classi di vulnerabilità)

Il costruito residenziale diffuso è classificato attraverso le tipologie ISTAT:

- Muratura / Cemento Armato
- Epoca di costruzione: <1919, 19-45, 46-60, 61-70, 71-80, 81-90, 91-00, >2000
- Numero di piani: 1, 2, 3, 4+

La piattaforma IRMA attribuisce le curve di fragilità alle tipologie ISTAT come combinazione di curve di fragilità assegnate alle Classi di Vulnerabilità EMS.

Classi di Vulnerabilità EMS (da A a F): relazione tra intensità macrosismica e danno (secondo 5 livelli).



$D_k/I$	$k = 0$	$k = 1$ (negligible to slight)	$k = 2$ (moderate)	$k = 3$ (substantial to heavy)	$k = 4$ (very heavy)	$k = 5$ (destruction)
5		Few A or B				
6		Many A or B, Few C	Few A or B			
7			Many B, Few C	Many A, Few B	Few A	
8			Many C, Few D	Many B, Few C	Many A, Few B	Few A
9			Many D, Few E	Many C, Few D	Many B, Few C	Many A, Few B
10			Many E, Few F	Many D, Few E	Many C, Few D	Most A, Many B, Few C
11			Many F	Many E, Few F	Most C, Many D, Few E	Most B, Many C, Few D
12						All A or B, Nearly All C, Most D or E or F

## Task 4.3 – Curve di fragilità (classi di vulnerabilità)

Il costruito residenziale diffuso è classificato attraverso le tipologie ISTAT:

- Muratura / Cemento Armato
- Epoca di costruzione: <1919, 19-45, 46-60, 61-70, 71-80, 81-90, 91-00, >2000
- Numero di piani: 1, 2, 3, 4+

La piattaforma IRMA attribuisce le curve di fragilità alle tipologie ISTAT come combinazione di curve di fragilità assegnate alle Classi di Vulnerabilità EMS.

Classi di Vulnerabilità EMS (da A a F): relazione tra intensità macrosismica e danno (secondo 5 livelli).

	Type of Structure	Vulnerability Class					
		A	B	C	D	E	F
MASONRY	rubble stone, fieldstone	OO					
	adobe (earth brick)	OO					
	simple stone	TO					
	massive stone	TO					
	unreinforced, with manufactured stone units	HO					
	unreinforced, with RC floors	HO					
	reinforced or confined	HO					

Edifici antichi: grande varietà, ma non con la stessa percentuale (es: «massive stone» sono migliori, ma in piccola percentuale  
 Edifici di tipologia diversa possono mostrare la stessa fragilità, ovvero danni simili  
 Edifici di tipologia moderna, realizzati nel periodo 1945-1980

Edifici moderni (anche rinforzati)

Il costruito residenziale diffuso è classificato attraverso le tipologie ISTAT:

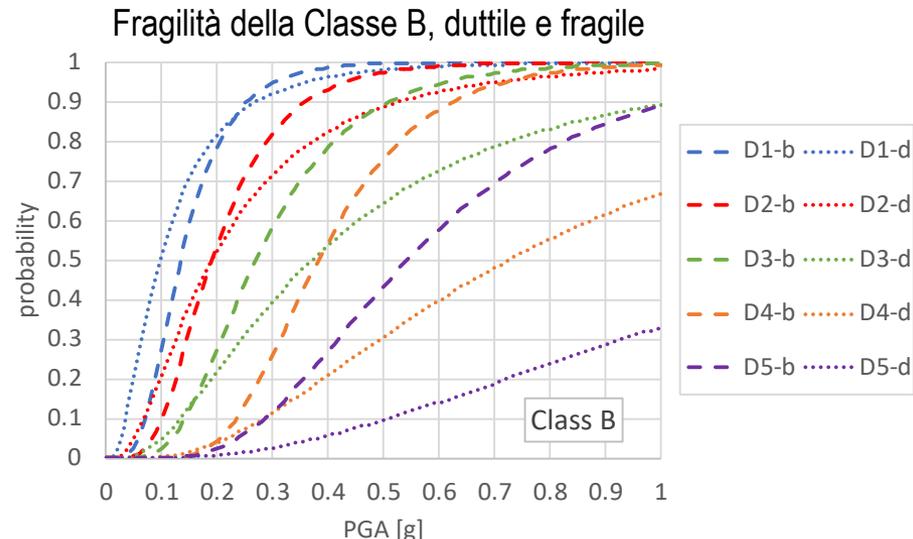
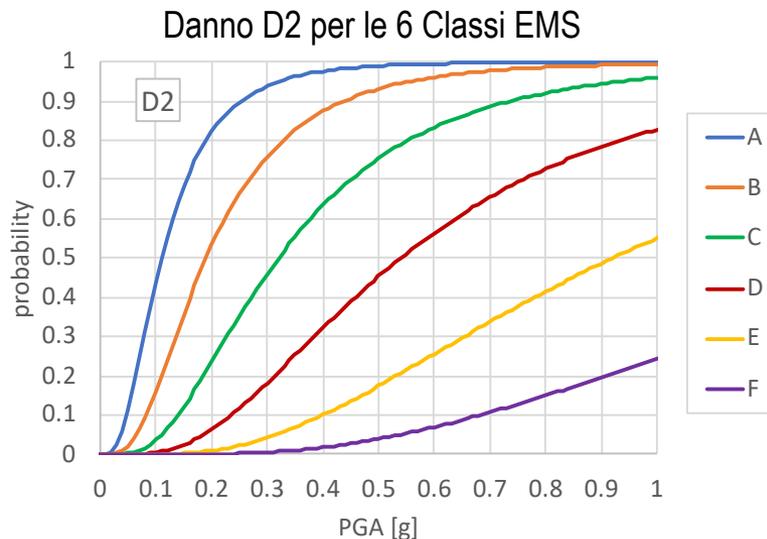
- Muratura / Cemento Armato
- Epoca di costruzione: <1919, 19-45, 46-60, 61-70, 71-80, 81-90, 91-00, >2000
- Numero di piani: 1, 2, 3, 4+

La piattaforma IRMA attribuisce le curve di fragilità alle tipologie ISTAT come combinazione di curve di fragilità assegnate alle Classi di Vulnerabilità EMS.

Classi di Vulnerabilità EMS (da A a F): relazione tra intensità macrosismica e danno (secondo 5 livelli).

Curve di fragilità per Classi EMS (metrica della vulnerabilità):  $PGA_{DK}$  e  $\beta_{DK}$ .

La pendenza delle curve è legata a  $\beta$ , la distanza tra i livelli di danno è la duttilità.



Il costruito residenziale diffuso è classificato attraverso le tipologie ISTAT:

- Muratura / Cemento Armato
- Epoca di costruzione: <1919, 19-45, 46-60, 61-70, 71-80, 81-90, 91-00, >2000
- Numero di piani: 1, 2, 3, 4+

Le curve di fragilità sono assegnate alle tipologie ISTAT come combinazione delle curve di fragilità assegnate alle Classi di Vulnerabilità EMS (fragili e duttili). Ciò consente di confrontare e combinare i modelli proposti da ciascuna UR.

Materiale	Epoca	Piani	% Classe Af	% Classe Bf	% Classe Cf	% Classe Df	% Classe Ef	% Classe Ff	% Classe Ad	% Classe Bd	% Classe Cd	% Classe Dd	% Classe Ed	% Classe Fd
muratura	<1919	1	30%	30%					20%	20%				
muratura	<1919	2	35%	25%					25%	15%				
muratura	<1919	3	30%	20%					30%	20%				
muratura	<1920	4+	40%	10%					40%	10%				
muratura	1919-1945	1	10%	50%					10%	30%				
muratura	1919-1945	2	25%	35%					15%	25%				
muratura	1919-1945	3	20%	30%					20%	30%				
muratura	1919-1945	4+	10%	40%					10%	40%				
muratura	1946-1960	1		30%	30%					20%	20%			
muratura	1946-1960	2		35%	25%					25%	15%			
muratura	1946-1960	3		30%	20%					30%	20%			
muratura	1946-1960	4+		40%	10%					40%	10%			
.....	.....	.....												
CA	1991-2000	1			10%	50%					10%	30%		
CA	1991-2000	2			25%	35%					15%	25%		
CA	1991-2000	3			20%	30%					20%	30%		
CA	1991-2000	4+			10%	40%					10%	40%		
CA - sismico	1991-2000	1			10%	30%	30%				10%	20%	20%	
CA - sismico	1991-2000	2			25%	35%	25%				15%	25%	15%	
CA - sismico	1991-2000	3			20%	30%	20%				20%	30%	20%	
CA - sismico	1991-2000	4+			10%	40%	10%				10%	40%	10%	
CA	>2000	1				10%	50%					10%	30%	
CA	>2000	2				25%	35%					15%	25%	
CA	>2000	3				20%	30%					20%	30%	
CA	>2000	4+				10%	40%					10%	40%	
CA - sismico	>2000	1					30%	30%					20%	20%
CA - sismico	>2000	2					35%	25%					25%	15%
CA - sismico	>2000	3					30%	20%					30%	20%
CA - sismico	>2000	4+					40%	10%					40%	10%

## *IL MODELLO DI VULNERABILITÀ MARS*

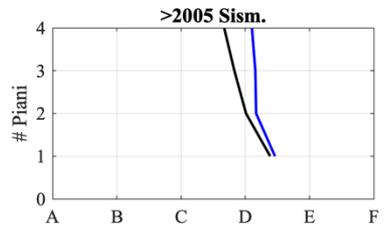
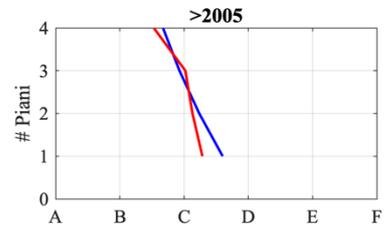
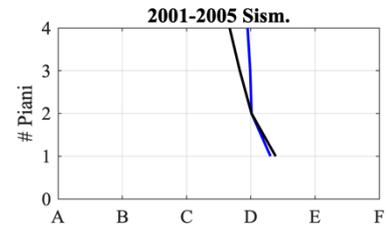
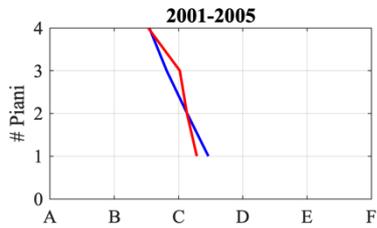
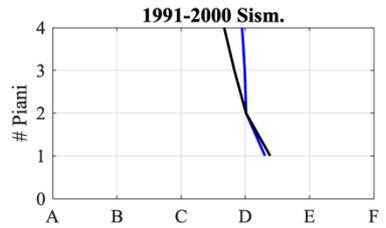
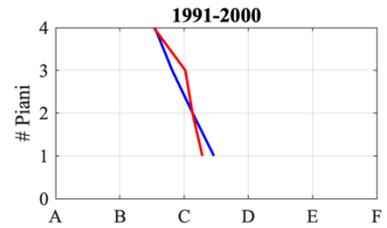
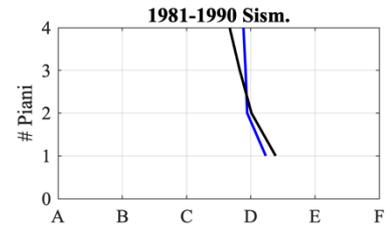
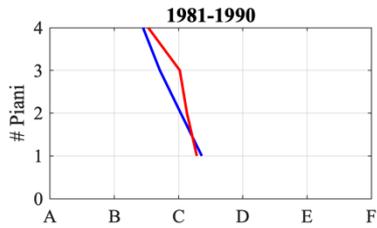
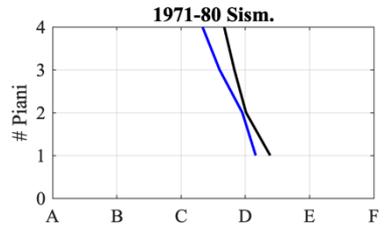
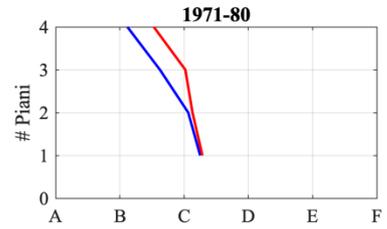
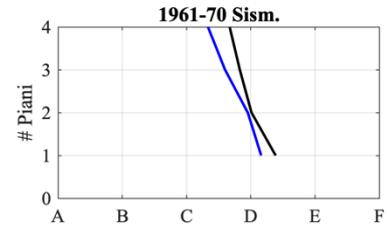
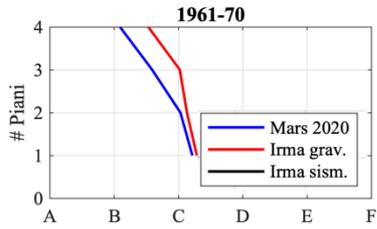
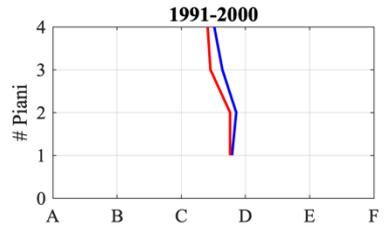
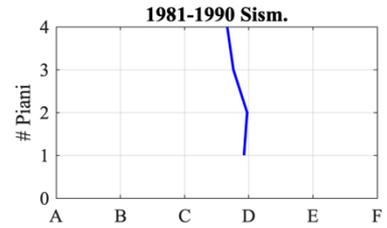
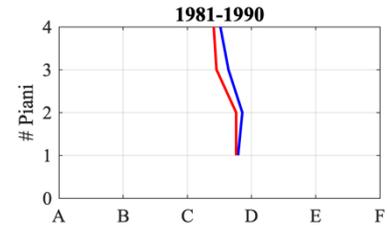
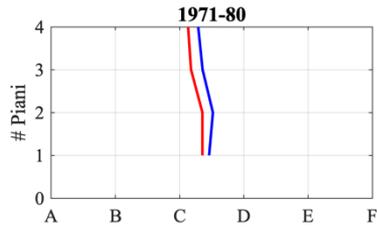
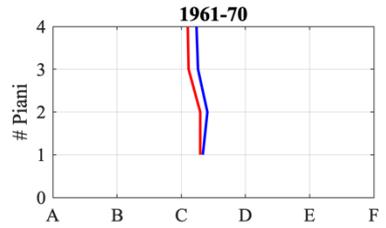
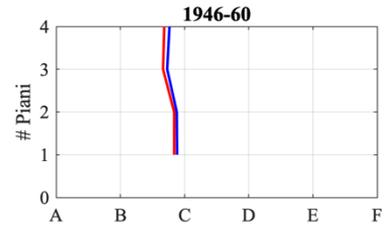
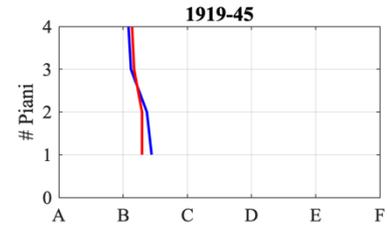
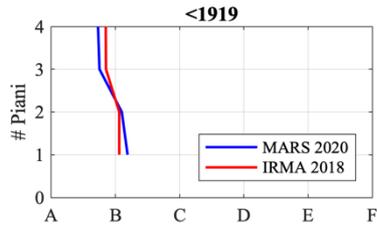
Elaborazione di un modello condiviso, attraverso il confronto e la combinazione dei modelli elaborati dalle UR, sviluppati con approcci anche diversi ma validati su base osservazionale.

### *MODELLI ADOTTATI:*

- Osservazionali (fitting delle curve di fragilità dai percentili empirici)
- Meccanici (su edifici prototipo) - approccio analitico o numerico (ADNL)
- Euristici: Macrosismico o Ibrido (strutturazione implicita della vulnerabilità)

### *CLASSIFICAZIONE DEL COSTRUITO:*

- sub-tipologie CARTIS ( $\Rightarrow$  modelli differenziati per ciascun ambito territoriale)
- tipologie ISTAT



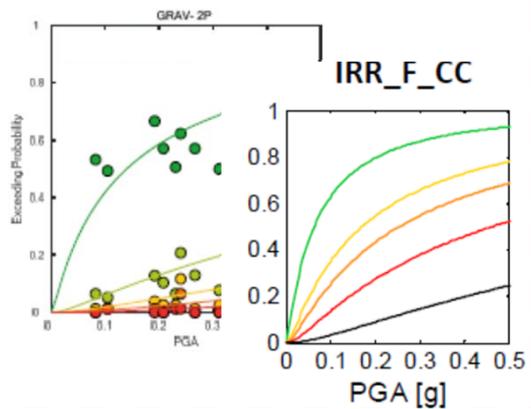
## EMPIRICO - OSSERVAZIONALE

**Da.D.O.**

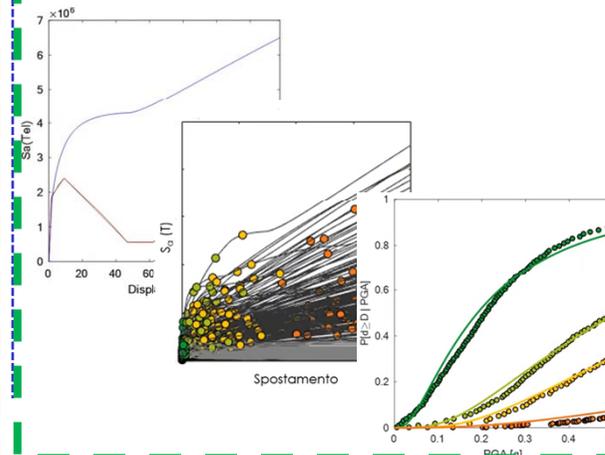
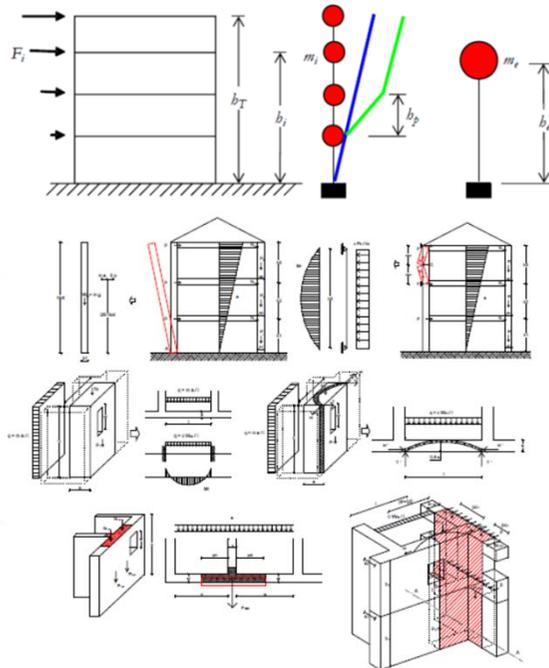
(Dolce et al. 2017)

**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)

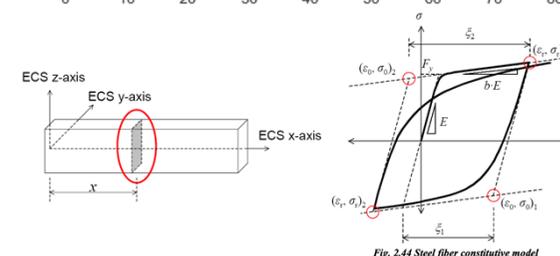
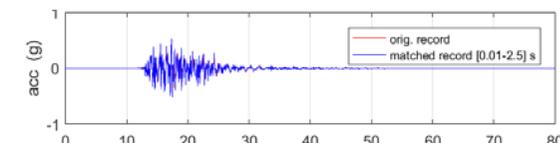
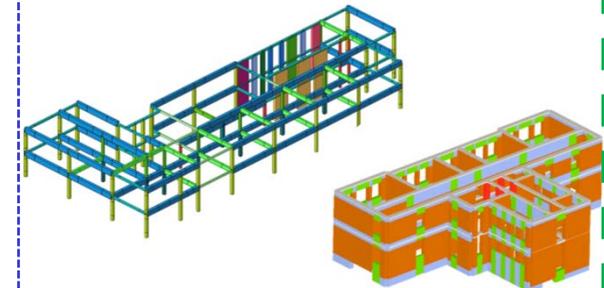
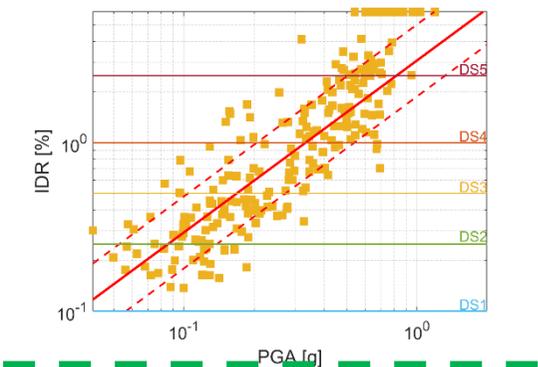


Fig. 2.44 Steel fiber constitutive model



## Definizione di FC analitiche (con ADNL)

1. Identificazione delle classi tipologiche

**EDIFICI**

2. Selezione delle tipologie edilizie

3. Progetto simulato delle tipologie

4. Modellazione

**MODELLI-ANALISI**

5. Selezione del parametro di intensità sismica

6. Selezione dell'input sismico

7. Analisi dinamiche non-lineari (ADNL)

8. Definizione del funzionale di danno

**RISULTATI**

9. Trattamento delle incertezze

10. Derivazione delle Curve di Fragilità (FC)

11. Coerenza fra FC riferite a diverse tipologie

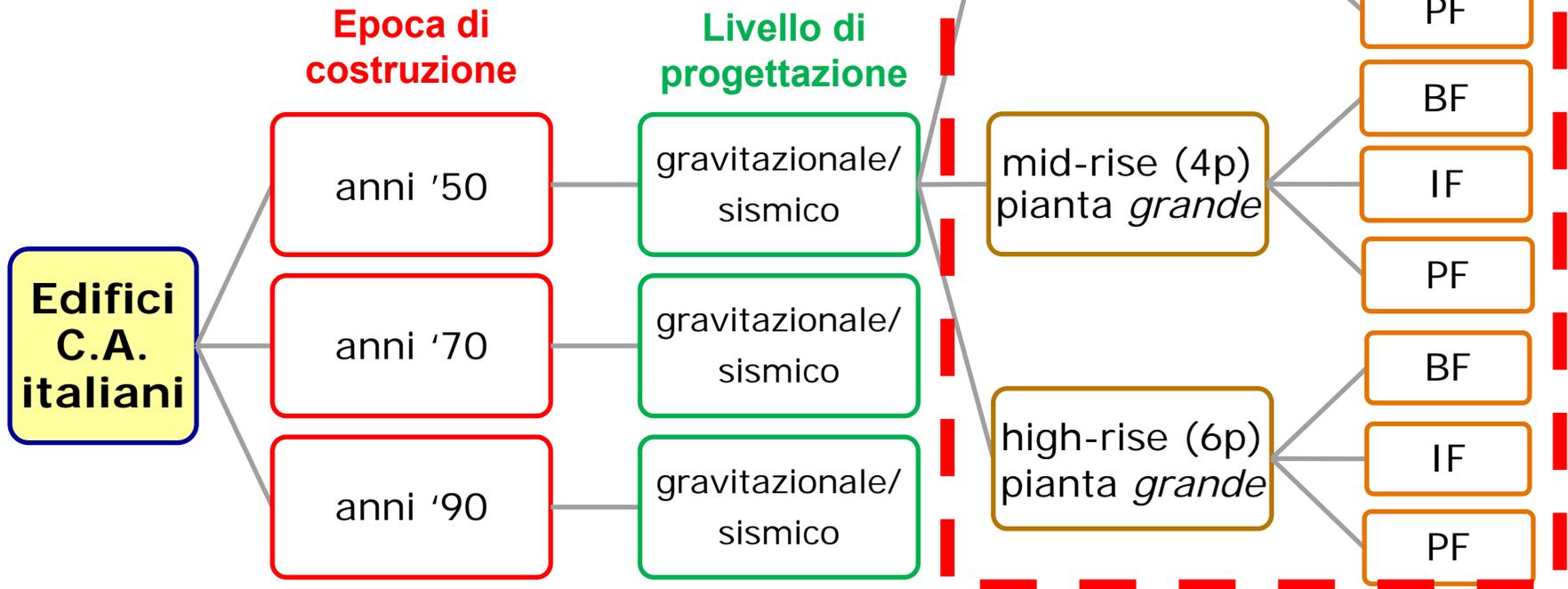
**VALUTAZIONI**

12. Confronti con FC di letteratura

13. Confronti IRMA2018 vs MARS2020

# Classi e tipologie edilizie c.a.

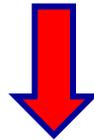
WEBINAR ReLUIS, 23.11.2020 – Valutazioni e Mappe di Rischio  
S. LAGOMARSINO, A. MASI



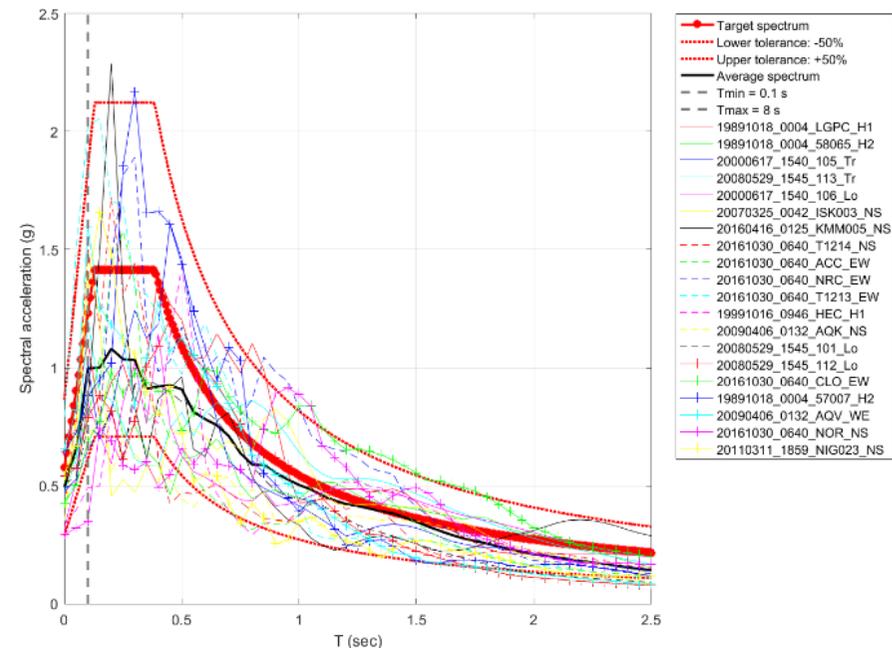
**Vale anche per le tipologie  
anni '70 e '90**

## Input sismico per analisi di rischio su larga scala (nazionale):

- utilizzo della **PGA** come IM (*efficienza*)
- garantendo la **sito indipendenza** (*sufficienza*)
- uso **cross-tipologia** (*robustezza*)

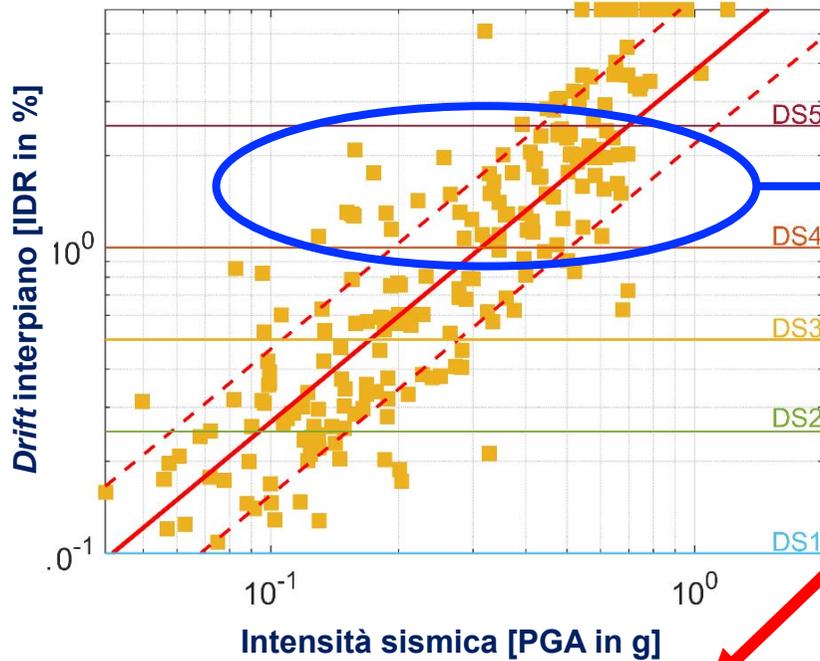


**Selezione di accelerogrammi reali** «spettro-vicini» estratti dal database SIMDAB-V06 (Smerzini et al., 2014) **coerenti con la pericolosità sismica italiana** in termini di magnitudo  $M_w$  e distanza  $R_{epi}$  (Paolucci et al., 2020; Manfredi et al., 2020).



- Smerzini C, Galasso C, Iervolino I, Paolucci R (2014) Ground motion record selection based on broadband spectral compatibility. Earthq Spectra 2014; 30(4):1427-1448
- Paolucci R, Ozcebe AG, Smerzini C, Masi A, Manfredi V (2020) Selection and spectral matching of recorded ground motions for earthquake engineering analysis, available at <http://143.225.144.186:5000/>
- Manfredi V, Masi A, Paolucci R, Ozcebe AG, Smerzini C. (2020) Selection and frequency-scaling of recorded earthquake ground motions for deriving analytical fragility curves of existing RC buildings, Bull.Earth Eng (under submission)

# Derivazione delle Curve di Fragilità



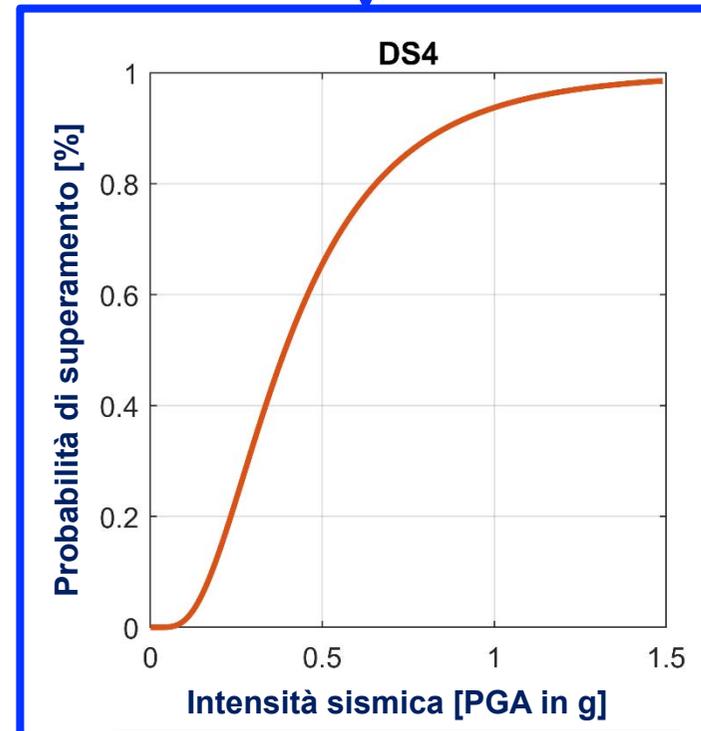
$$P_f(DS \geq DS_i | IM) = \Phi \left[ \frac{1}{\beta_{DSi}} \cdot \ln \left( \frac{IM}{\overline{IM}_{DSi}} \right) \right]$$

$\overline{IM}_{DSi} = \text{mediana}(IM_{DSi})$   
 $\beta_{DSi} = \text{dev.st}(\ln(IM_{DSi}))$

## Trattamento delle Incertezze

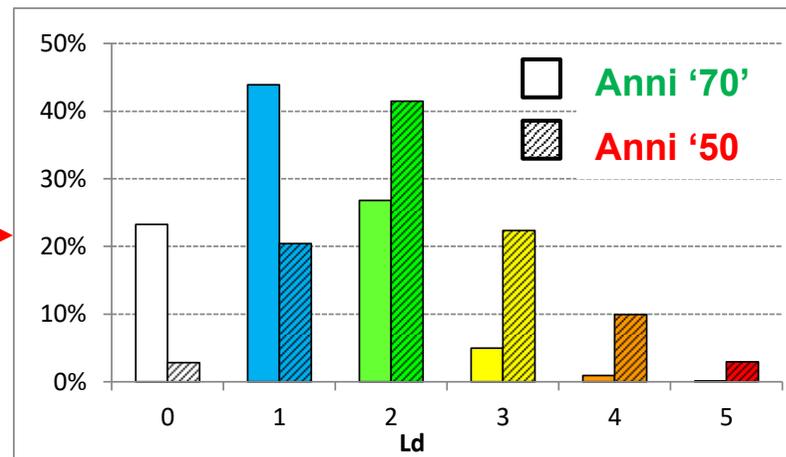
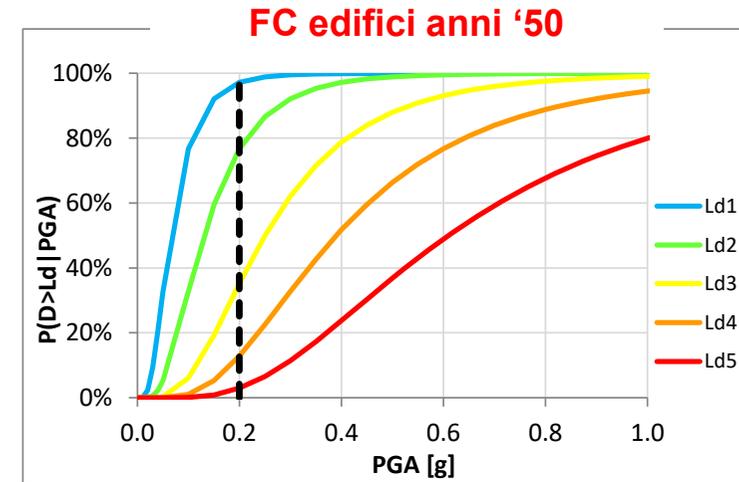
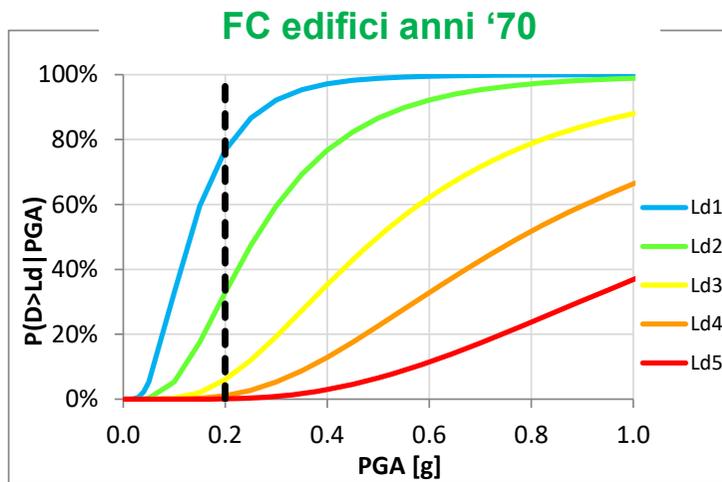
$$\beta_{DSi} \rightarrow \beta_{tot} = \sqrt{\beta_{DS}^2 + \beta_C^2 + \beta_D^2}$$

- $\beta_D$  = input sismico
- $\beta_C$  = capacità/modellazione
- $\beta_{DS}$  = stati di danno



# Utilizzo delle FC per stime di danno

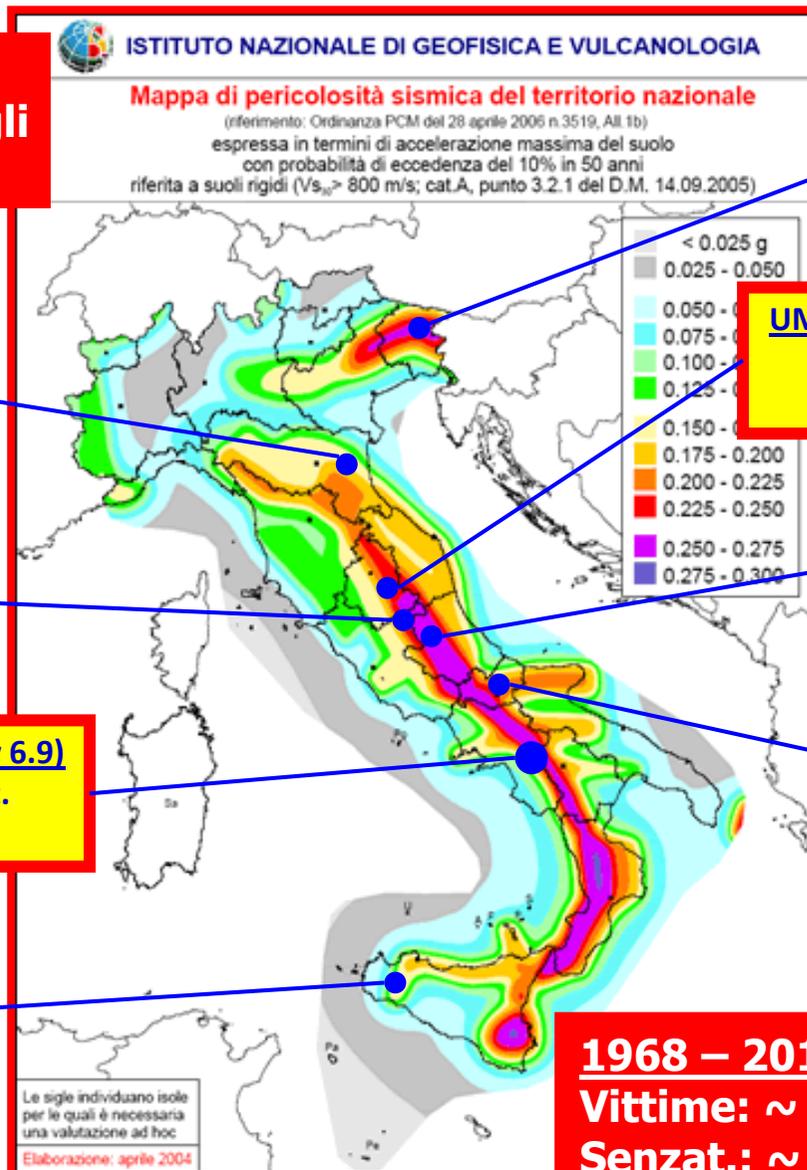
- Stima dei **danni attesi** ( $L_{di}$ , classificazione EMS-98)
- per diverse **tipologie edilizie** (es. 4 piani, anni '50 oppure '70)
- a seguito di eventi di data **intensità sismica** (es.  $PGA=0.2g$ )



# Conseguenze dei terremoti degli ultimi 50 anni

WEBINAR ReLUIs, 23.11.2020 – Valutazioni e Mappe di Rischio  
S. LAGOMARSINO, A. MASI

## Vittime, Senzatetto e Costi dei terremoti degli ultimi 50 anni in Italia



**EMILIA 2012 (Mw 5.9)**  
 27 vittime, 5'000 senzato.  
 13'300 M€

**ITALIA C. 2016-17 (Mw 6.5)**  
 299 vittime, 32'000 senzato.  
 23'500 M€

**CAMPANIA-BASILICATA 1980 (Mw 6.9)**  
 2'700 vittime, 400'000 senzato.  
 52'000 M€

**BELICE 1968 (Mw 6.1)**  
 296 vittime, 57'000 senzato.  
 9'200 M€

**FRIULI 1976 (Mw 6.4)**  
 989 vittime, 80'000 senzato.  
 18'500 M€

**UMBRIA-MARCHE 1997 (Mw 6.1)**  
 11 vittime, 40'000 senzato.  
 13'400 M€

**ABRUZZO 2009 (Mw 6.3)**  
 309 vittime, 67'000 senzato.  
 13'700 M€

**MOLISE 2002 (Mw 5.7)**  
 30 vittime, 3'000 senzato.  
 1'400 M€

**1968 – 2017**  
 Vittime: ~ 5'000 (100/anno)  
 Senzat.: ~ 700'000 (7'000/a)  
 Costi: ~ 150'000 M€ (3'000/a)

# Analisi di Rischio: dalle FC alle perdite

- Stima delle **perdite** (conseguenze attese)
- Per **eventi possibili in una data area** (es. scala comunale, nazionale)
- In un **dato intervallo di tempo** (es. 1 anno, 10 anni, ....)

$$E[DV] = \int \int \int \int p(DV|DM) p(DM|EDP) p(EDP|IM) p(IM)$$

perdite totali

perdite

danno fisico

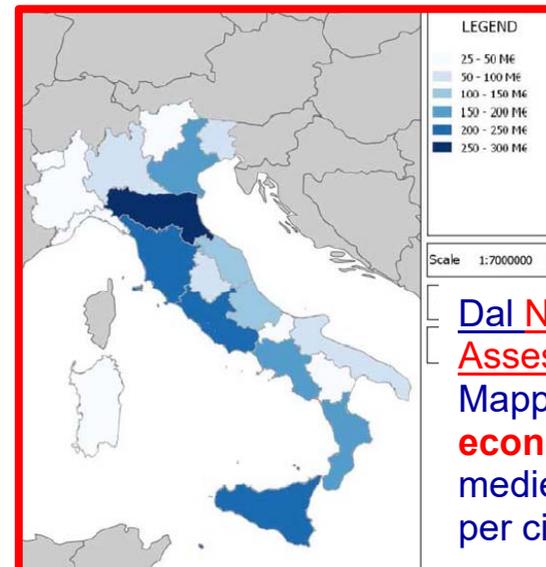
risposta strutturale

pericolosità

Curve di fragilità

## PERDITE

- **Vittime/feriti**
- **Inagibilità/Senzatetto**
- **Danni economici diretti / indiretti**
- ....



Dal [National Risk Assessment \(DPC, 2018\)](#)  
 Mappa delle **perdite economiche dirette** medie attese in un anno per ciascuna regione

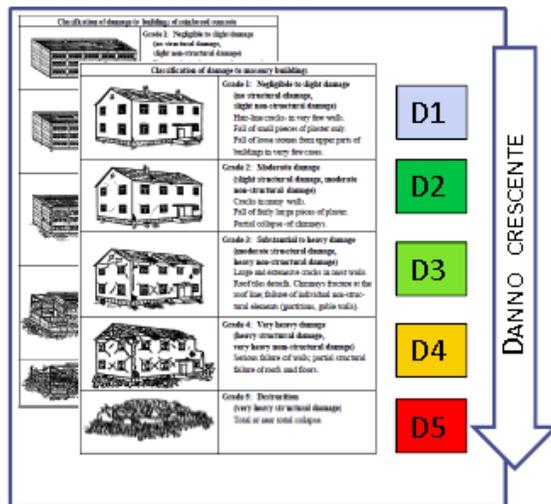
# Costi di riparazione Cr → perdite economiche dirette



**Definizione dei costi di riparazione Cr (min e max rispetto al costo di ricostruzione) associati ai diversi livelli di danno DS**

DS	CrMin[%]*	CrMax[%]*
DS1	2	5
DS2	10	20
DS3	30	45
DS4	60	80
DS5	100	100

SCALA DI DANNO EMS-98



**%Cr - Reconstruction Cost: 1350€/mq**

- Di Ludovico M, Prota A, Moroni C, Manfredi G, Dolce M (2017) Reconstruction process of damaged residential buildings outside historical centres after the L'Aquila earthquake: part I—"light damage" reconstruction Bull Earthquake Eng (2017) 15:667–692
- Di Ludovico M, Prota A, Moroni C, Manfredi G, Dolce M (2017) Reconstruction process of damaged residential buildings outside historical centres after the L'Aquila earthquake: part II—"heavy damage" reconstruction Bull Earthquake Eng (2017) 15:693–729

## COSTI TOTALI PER CIASCUNA FORMA DI ASSISTENZA POST-EVENTO (L'AQUILA 2009)

### Tendopoli

ASSISTENZA DA APRILE  
2009 A DICEMBRE 2009  
**175 MEuro**



### Hotel



Contributo Autonoma  
Sistemazione, CAS

ASSISTENZA DA GIUGNO  
2009 A FEBBRAIO 2015  
**235 MEuro**

ASSISTENZA DA GIUGNO  
2009 A DICEMBRE 2012  
**319 MEuro**

**COSTO EROGATO MENSILMENTE**  
(funzione del numero di assistiti)



### Progetto C.A.S.E.



**852 MEuro**

### M.A.P



**116 MEuro**

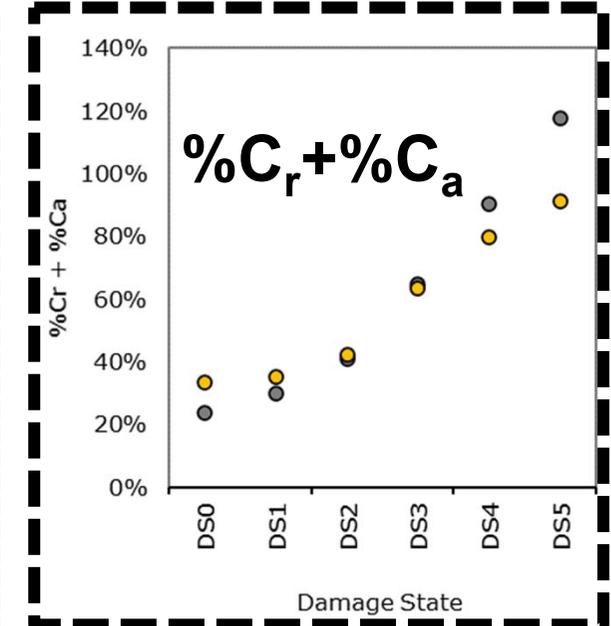
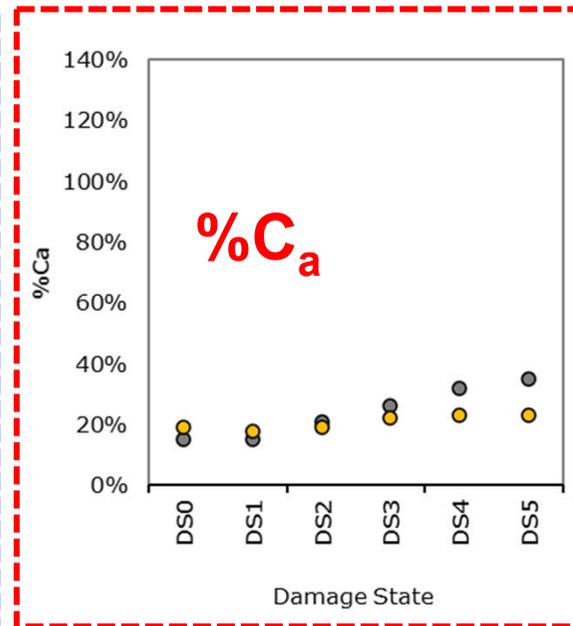
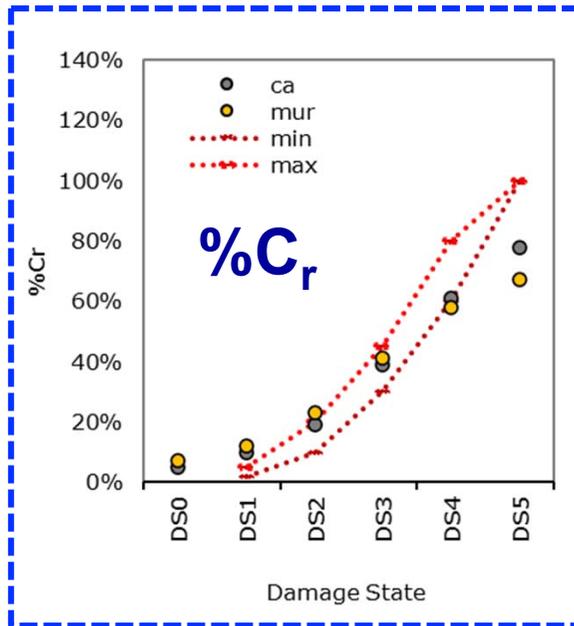
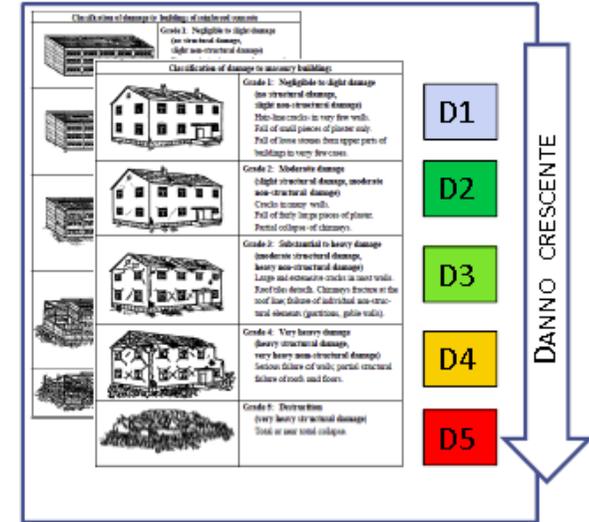
**COSTO INIZIALE DI  
REALIZZAZIONE DELLE  
STRUTTURE**

# Circa 1,7 miliardi di euro

# Stima dei costi di riparazione $C_r$ e di assistenza $C_a$

- **$\%C_r$**  : costo riparazione normalizzato su costo ricostruzione edificio (1350 €/m<sup>2</sup>)
- **$\%C_a$**  : costo assistenza normalizzato su costo ricostruzione edificio (1350 €/m<sup>2</sup>)

SCALA DI DANNO EMS-98



## COME DEFINIRE CURVE DI FRAGILITA' RAPPRESENTATIVE DELL'EDILIZIA SCOLASTICA ITALIANA?

### 1 CARATTERIZZAZIONE DI QUESTA TIPOLOGIA SPECIALISTICA

- *Dettagli costruttivi più ricorrenti*
- *Forme planimetriche*
- ...

ANALISI DEI DATI PRESENTI NEL DATABASE ANAGRAFE EDILIZIA SCOLASTICA MIUR  
 (al 2005 – oggi implementato nella piattaforma EUCENTRE)  
 + *analisi di DB disponibili nelle singole regioni*

### 2 INDIVIDUAZIONE DELLE SUB-TIPOLOGIE più rappresentative del campione presente sul territorio italiano

DEFINIZIONE DI EDIFICI PROTOTIPO per le “sub-tipologie da analizzare al fine della costruzione di curve di fragilità più rappresentative



### 3 APPLICAZIONE DI MODELLI IDONEI A DESCRIVERE LE CARATTERISTICHE SPECIFICHE DELLE SCUOLE

USO INTEGRATO DI DIVERSI APPROCCI empirico – analitico sempl. e di dettaglio

# Valutazioni di rischio delle SCUOLE

## Caratterizzazione delle tipologie edilizie

Mappa scuole presenti nella Anagrafe Edil. Scolastica del MIUR (DB AES, 2005) implementato nella piattaforma IRMA sviluppata *ad hoc* nel WP MARS da DPC e EUCENTRE

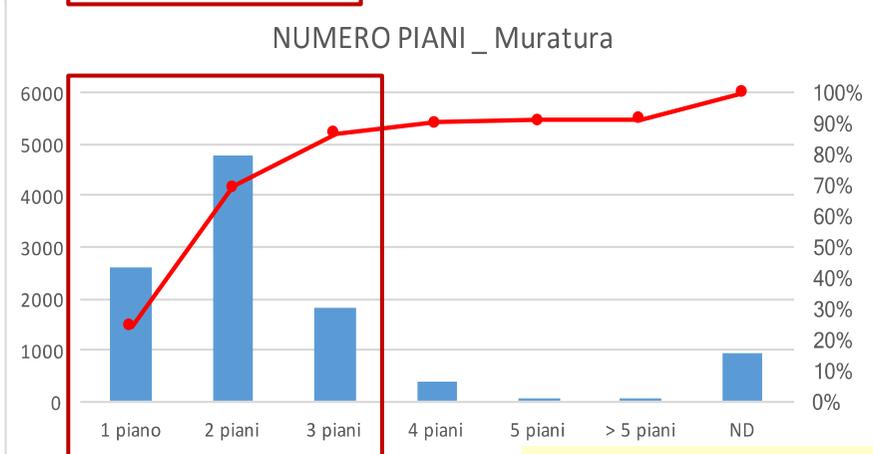
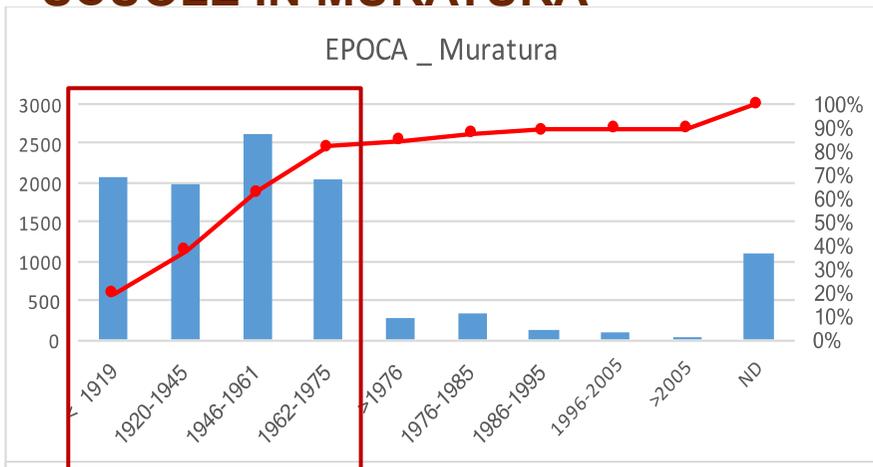


### Parametri del DB AES 2005 che caratterizzano le scuole

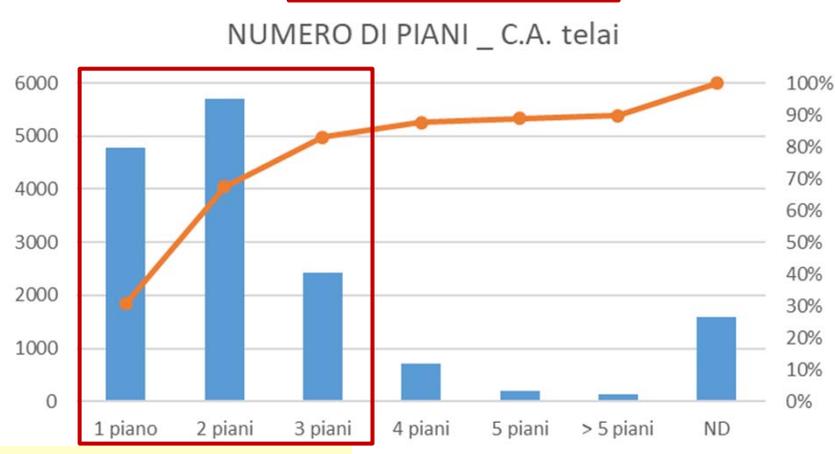
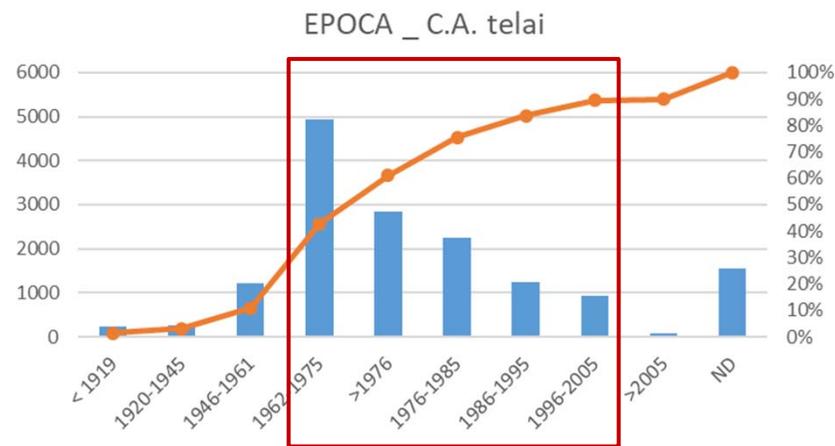
- Tipologia strutturale (muratura e ca)
- Sistema strutturale (muratura: regolare e irregolare – ca: setti, pilastri e misto)
- Epoca di costruzione
- Numero di piani
- Area di piano
- Tipologia di solaio
- Tipologia di copertura

# Tipologie edilizie più diffuse (AES del MIUR)

## SCUOLE IN MURATURA



## SCUOLE IN C.A.



### SUB-TIPOLOGIE PIÙ DIFFUSE

1. Area <500 – 1 Piano – Epoca 1920/75
2. Area <500 – 2/3 Piani – Epoca 1920/75
3. Area <500 – 1/2/3 Piani – Epoca <1919
4. Area 500/1000 – 1/2/3 Piani – Ep. <1919/75
5. Area 1000/2000 – 1/2/3 Piani – Ep. 1920/75

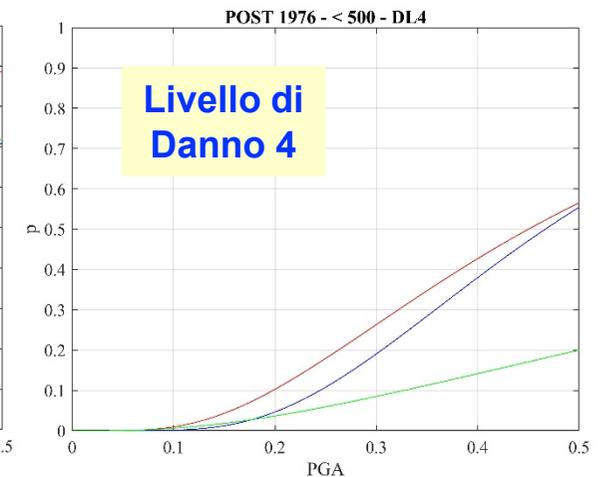
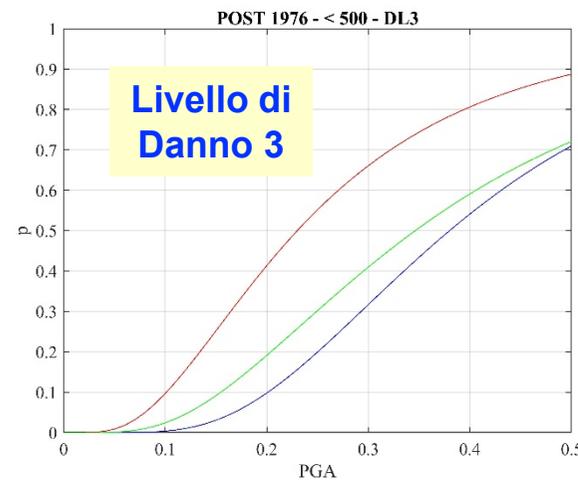
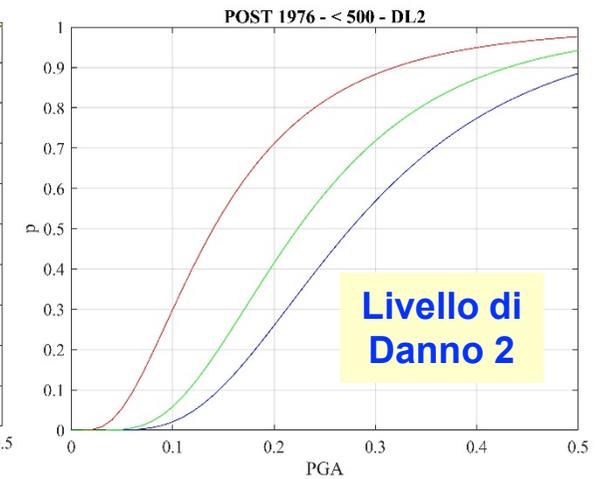
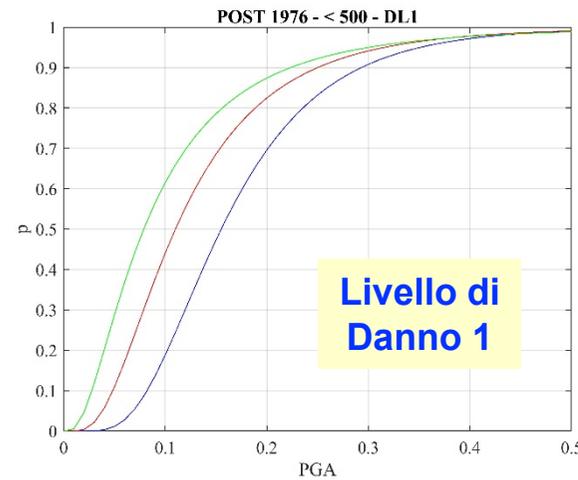
1. Area <500 – 1 Piano – pre e post 1976
2. Area <500 – 2/3 Piani – pre e post 1976
3. Area 500/1000 – 1/2/3 Piani – pre e post 1976
4. Area 1000/2000 – 2/3 Piani – pre e post 1976
5. Area 2000/5000 – 2/3 Piani – pre e post 1976

## CONFRONTO TRA RISULTATI OTTENUTI CON DIVERSI APPROCCI

### SUB- TIPOLOGIA

- Epoca: > 1976
- Sup. coperta < 500 m<sup>2</sup>
- N. piani: 2
- Progettazione: GLD

- Eucentre **Analitico s.**
- UniBAS **ADNL**
- UniCAM<sub>x</sub>
- UniCAM<sub>y</sub>
- UniNA-ADNL
- UniNA-POST **Analitico s.**
- UniPD



## Il ruolo di ReLUIS nel POST-EMERGENZA Le SCUOLE: laboratori e simboli di sicurezza

- Intervenire sulle scuole è prioritario per farle diventare **laboratori e simboli di sicurezza** che trasmettano concretamente alle giovani generazioni la cultura della prevenzione.
- Operando in modo da coniugare al meglio i diritti fondamentali all'**istruzione** ed alla **sicurezza**.

(cortesia di A. Prota e G. Manfredi)



**L'Aquila, 6 aprile - 5 ottobre 2009**

*"Dopo 6 MESI ...abbiamo perfino voglia di  
TORNARE A SCUOLA"*

# IL TERREMOTO DEL 23 NOVEMBRE 1980

## Il ruolo della Comunità Scientifica: come era ...come è !



Lezioni traibili dal sisma del 23 novembre 1980, prospettate - **alla presenza del Presidente PERTINI** - dai **proff. F. Barberi e G. Grandori** alle competenti Commissioni del Senato il 10 dicembre 1980

*“La cronica incapacità di programmazione e di organizzazione delle istituzioni pubbliche, unita, bisogna dirlo, alla **scarsa sensibilità della comunità scientifica ai problemi sociali**, ha fatto sì che ... **il problema della difesa dai terremoti sia stato in pratica ignorato ...**”*

# La Campagna nazionale di informazione IO NON RISCHIO

## IO NON RISCHIO

RIUNIF PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE



Anno 2011 → 9 Piazze



2013 → ~200 piazze



2012 → ~100 Piazze



2014 → ~200 piazze



2015 → ~ 400 piazze



2016 → ~700 piazze



📍 piazze Io Non Rischio Terremoto  
🌊 piazze Io Non Rischio Terremoto/Maremoto  
🌳 piazze Io Non Rischio Alluvione

- Oltre 10.000 VOLONTARI formati  
- Oltre 2 milioni di CITTADINI informati

2017: ...  
2018: ...  
2019: 800 piazze «reali»  
2020: 350 piazze digitali

# La Campagna IO NON RISCHIO

## Cittadini informati, consapevoli, attivi

WEBINAR ReLUIS, 23.11.2020 – Valutazioni e Mappe di Rischio  
S. LAGOMARSINO, A. MASI

