



**A 30 ANNI DALLA NASCITA  
DELL'UNIVERSITÀ DELLA BASILICATA**

## **CONVEGNO**

*POTENZA, 25 ottobre 2012*

**Fare Scuola, fare scuole:  
rischio sismico, educazione, prevenzione,  
sicurezza**

***COSTRUIRE IL FUTURO:  
LA SICUREZZA SISMICA DELLE SCUOLE***

**Angelo MASI**

Scuola di Ingegneria, Università della Basilicata

ReLUIs, Rete di Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica

(con la collaborazione di Giuseppe SANTARSIERO)





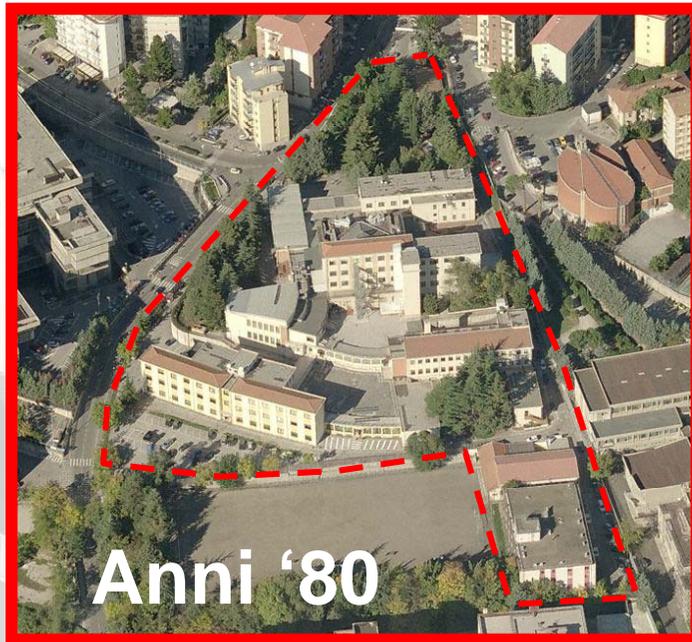
## Il Terremoto del 1980, l'Università della Basilicata

**Art. 39, legge 219 del 1981: “... con effetto dall'anno accademico 1982-1983 è istituita l'Università statale degli studi della Basilicata con sede in Potenza.”**





# L'Università della Basilicata



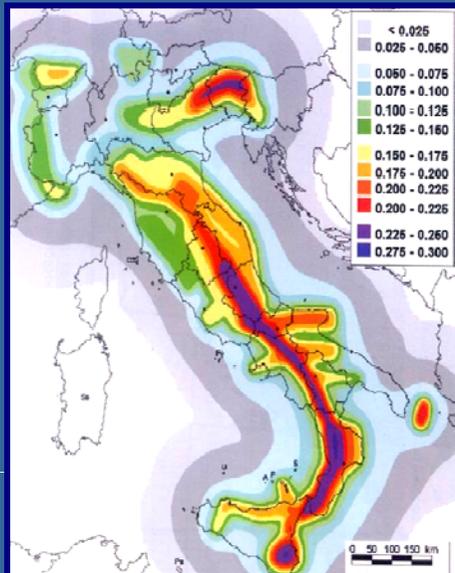
- **Scuola di Ingegneria (SI-UniBas)**
- **Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari ed Ambientali**
- **Dipartimento di Matematica, Informatica ed Economia**
- **Dipartimento di Scienze**
- **Dipartimento di Scienze Umane**
- **Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo (DICEM)**

# IL RISCHIO SISMICO

Il **rischio sismico** è la valutazione probabilistica dei **danni** sociali (persone), materiali, economici e funzionali che ci si attende in un dato **luogo** ed in un prefissato intervallo di **tempo**, a seguito del verificarsi di uno o più **terremoti**.

$$\text{RISCHIO} =$$

## Pericolosità



X

## Vulnerabilità



X

## Esposizione

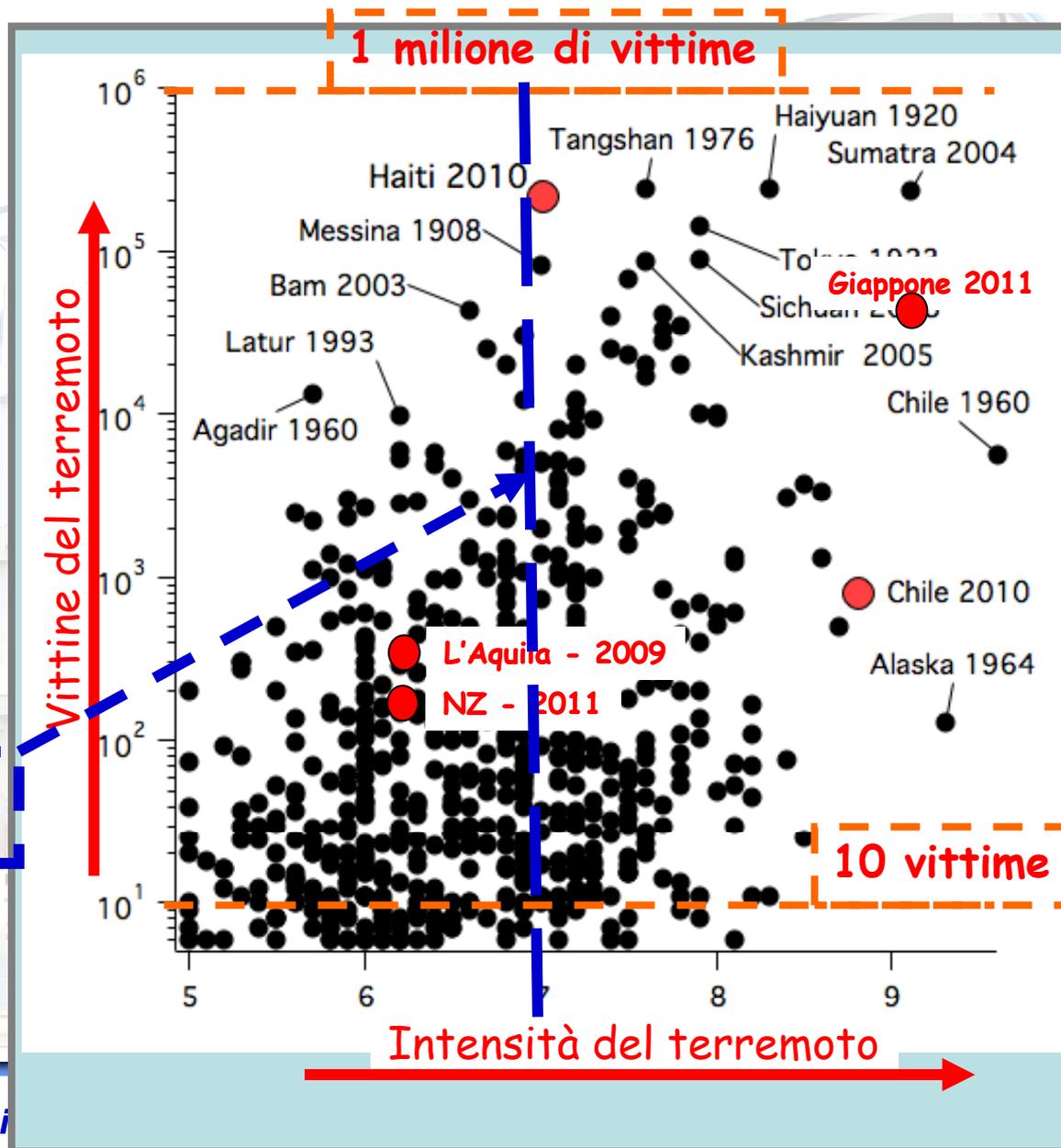




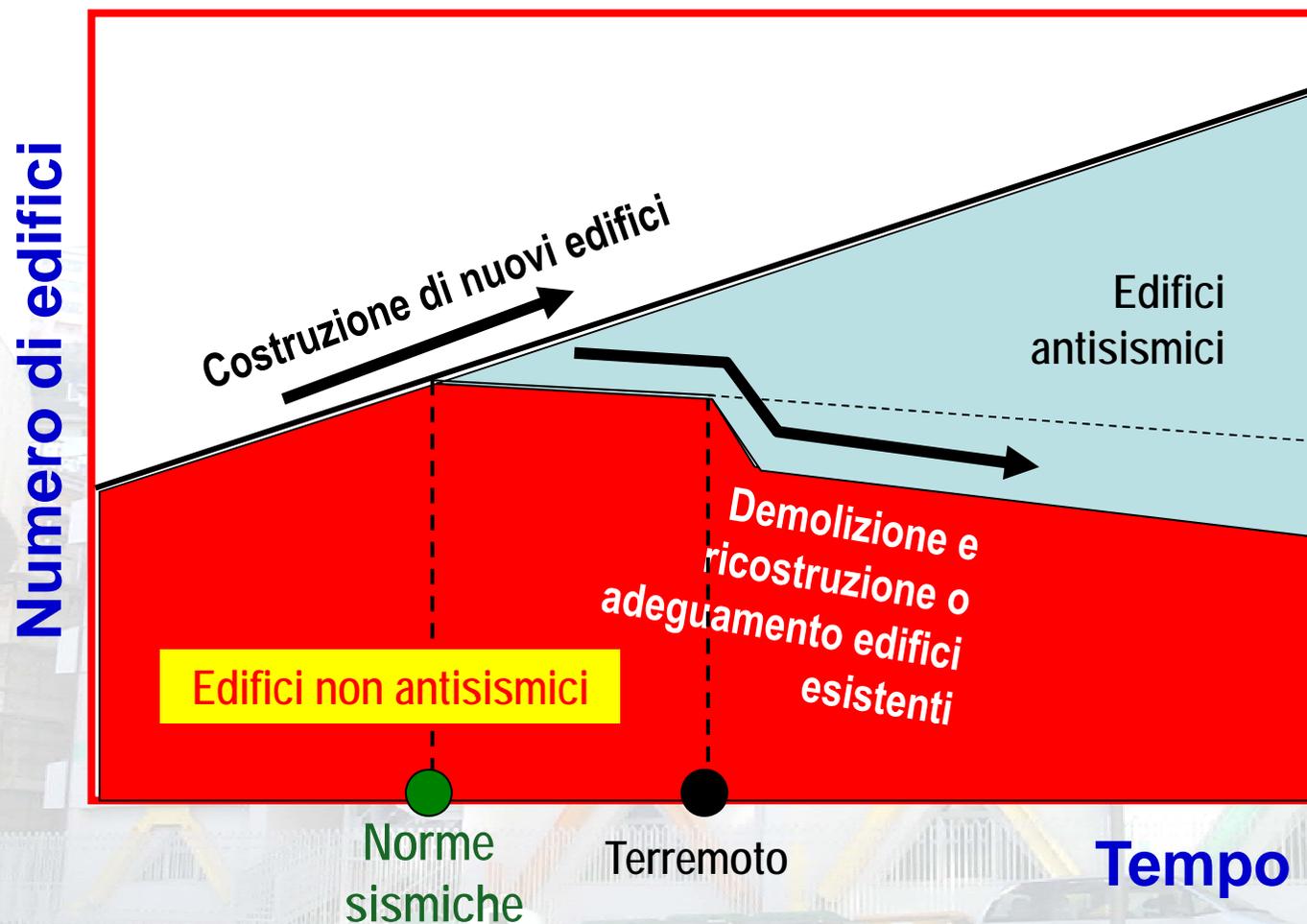
# Intensità e Vittime dei Terremoti

È l'intensità la causa principale delle vittime dei terremoti ?

	M	N. vittime
L'Aquila 2009	6.3	308
Haiti 2010	7.0	220.000
NZ 2010	7.1	0
Cile	8.8	521
Giappone 2011	9.0	26.000
NZ 2011	6.3	184



# IL DEFICIT DI PROTEZIONE SISMICA



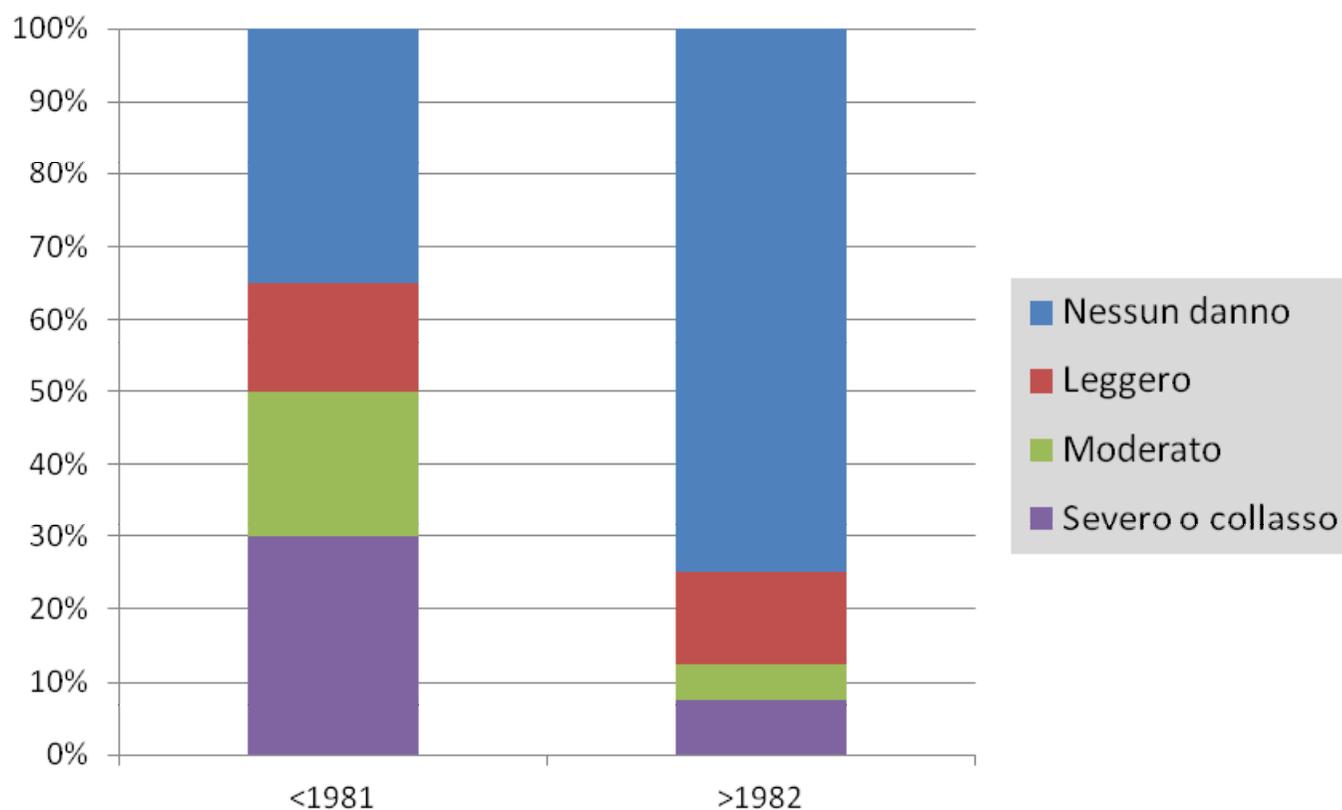
L'entrata in vigore di una **normativa sismica** oppure il verificarsi di un **terremoto** modificano la distribuzione tra edifici antisismici e non antisismici

# GLI EFFETTI DEI TERREMOTI

Effetti del terremoto di Kobe (Giappone) 1995 sugli edifici **ante 1981** progettati secondo una vecchia normativa e **post 1981** progettati secondo una nuova norma sismica

Anche tra gli edifici ante 1981 c'è un'aliquota che non ha subito danni (circa il 25%)

Tra gli edifici antisismici ci sono comunque dei collassi o edifici molto danneggiati (circa l'8%)



(tratto da Grant et al., 2006)

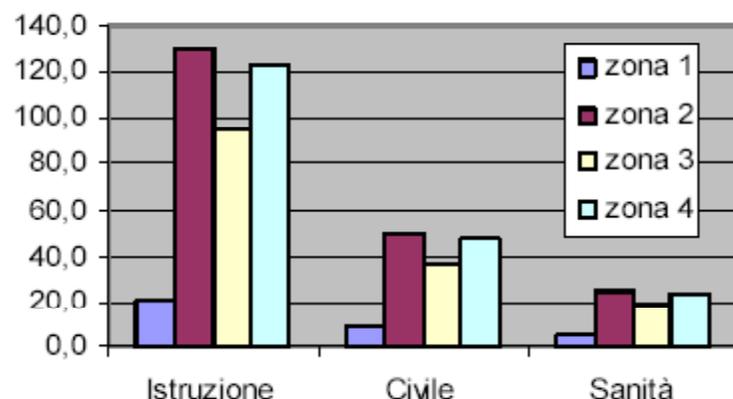


## II Deficit di Protezione Sismica

Nella mitigazione del rischio sismico il problema più grande e complesso è costituito dal deficit di protezione sismica del patrimonio edilizio esistente.

Il numero di edifici pubblici italiani costruiti prima del 1980 è stimato in circa 75.000, di cui circa 35.000 nelle zone ad alta (zona 1) e media sismicità (zona 2).

Stima volumi (milioni di mc) - proiezioni nazionali censimento LSU



Nelle sole zone ad alta e media sismicità, sono privi di protezione sismica:

Scuole → 150 milioni di mc

Ospedali → 30 milioni di mc



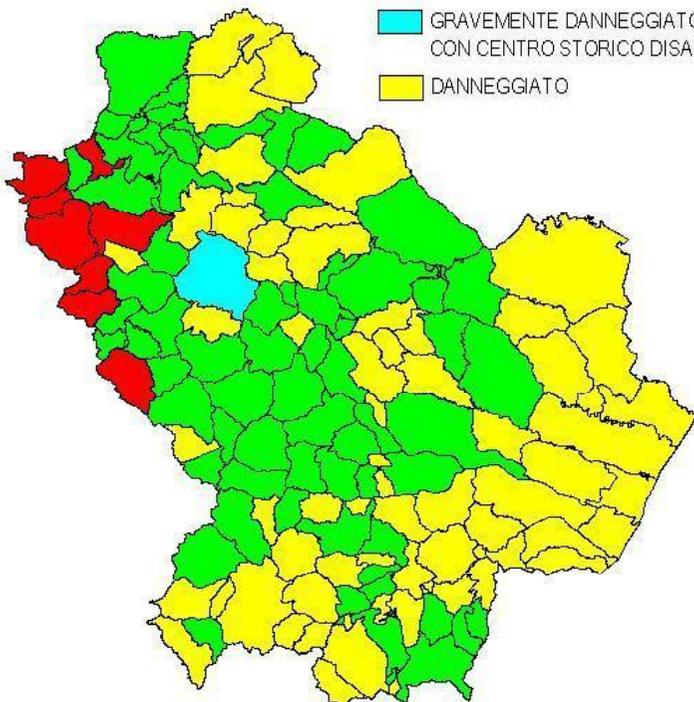


# I finanziamenti per la ricostruzione post-1980

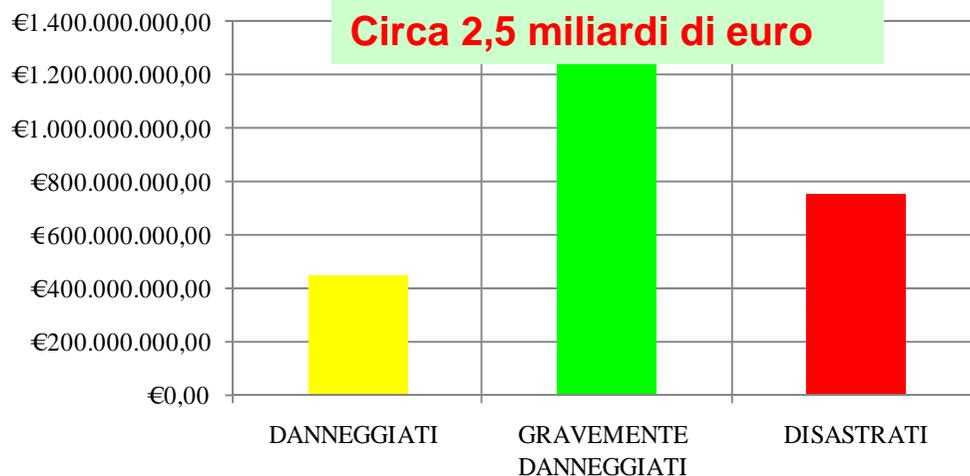
- 9 comuni disastriati
- 59 comuni danneggiati
- 62 comuni gravemente danneggiati

Legenda

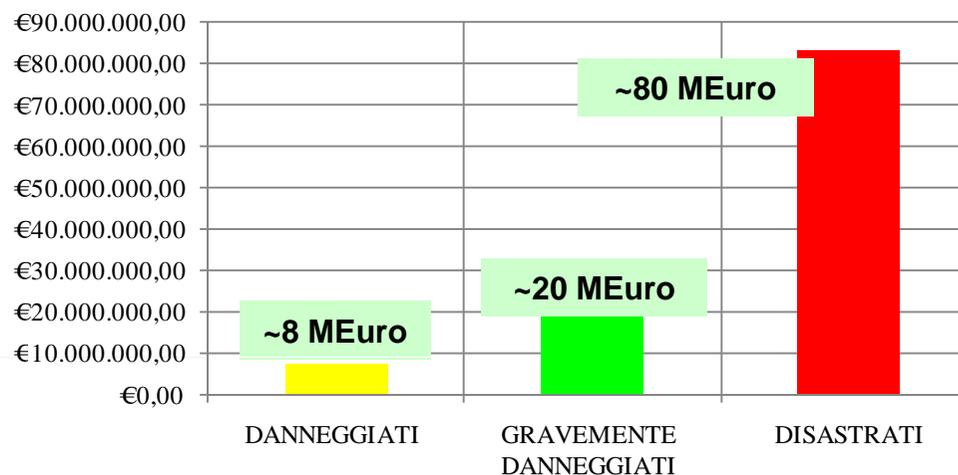
- DISASTRATO
- GRAVEMENTE DANNEGGIATO
- GRAVEMENTE DANNEGGIATO CON CENTRO STORICO DISASTRATO
- DANNEGGIATO



## Finanziamenti Legge 219/81



## Contributo medio per ciascun comune





# LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

## SISMA del 5 maggio 1990, Intensità locale VI MCS

Ediz. BASILICATA Anno CIII - N. 122 - Domenica 6 Maggio 1990

*Dieci anni dopo, un lungo terremoto scuote la Basilicata e il Sud*

# La grande paura

## Due morti ma non è stata catastrofe

Una scossa dell'ottavo grado della scala Mercalli, poi altre 30 di intensità decrescente. L'epicentro a 10 km dal capoluogo. Una vittima a Potenza, l'altra a Baronissi (Salerno). Il ministro della Protezione civile, Lattanzio, accorre e presiede un vertice d'emergenza



II Mercoledì 5 Giugno 1991

CRONACA D

### I genitori chiedono accertamenti scientifici

# Scuole, scoppia la polemica

## Divisi sul tipo di verifica

*Il solo controllo a vista non basta più. Ma per andare in profondità occorrono tempo e denaro*

È pericoloso assuefarsi al terremoto. Una frase che abbiamo sentito spesso all'indomani del sisma del 26 maggio scorso. Se assuefarsi significa abbassare la guardia — e in questo senso intendeva il sindaco di Potenza, Sampogna — ci troviamo pienamente d'accordo. Non altrettanto se assuefarsi vuol significare iniziare ad acquisire una capacità più razionale di affrontare un evento con il quale bisogna purtroppo convivere (anche questo termine è tornato spesso in questi giorni). Fatta questa premessa, chiediamoci cosa è accaduto a Potenza e nei centri colpiti dall'ultimo terremoto dopo i primi momenti di inevitabile apprensione?

L'impressione è che i fatti nuovi siano stati affrontati con fermezza (l'ordinanza del ministro Capria è frutto anche di questo generale atteggiamento), ma anche con quella serenità che in casi del genere porta ad un'analisi serena ed esperti che, assumendosi non poche responsabilità, hanno consentito all'amministrazione comunale di Potenza di adottare una non facile ma necessaria decisione: riprendere l'attività scolastica. E in quasi tutte le scuole del capoluogo si è tornato a far lezione, dimostrando, studenti, docenti e genitori, una grande maturità. Da non confondere, comunque, con l'assuefazione della quale dicevamo all'inizio. Spendere una parola in più sugli studenti ci sembra doveroso. Più volte additati come superficiali, pronti a sfruttare ogni occasione, questa volta sono tornati tra i banchi, anche se con qualche apprensione dovuta anche a discorsi non sempre supportati da dati tecnici. Tutti hanno ritenuto prioritario concludere l'anno scolastico anche se hanno chiesto precise garanzie. Quelle che i tecnici hanno fornito non certo in maniera approssimativa, come qualcu-





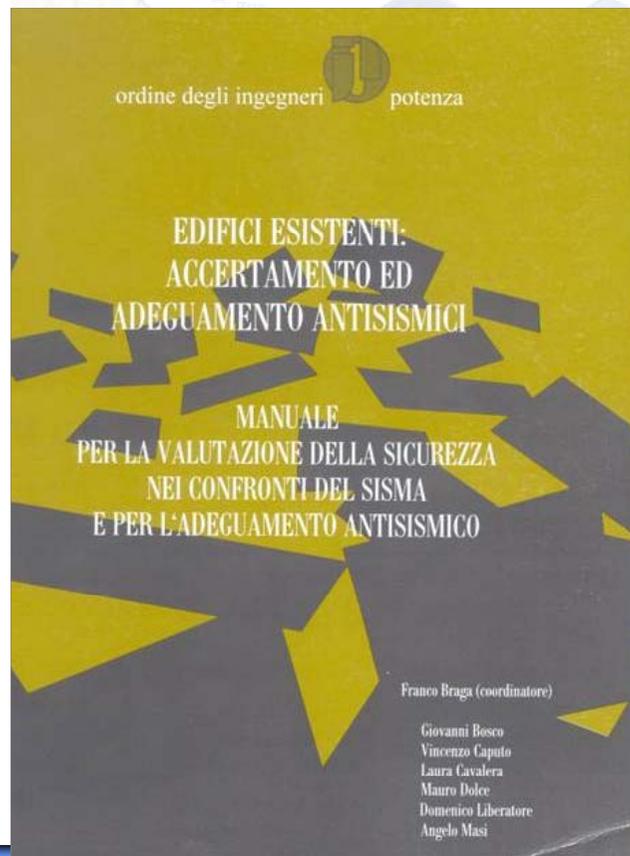
# LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

## Attività post-sisma 1990: valutazione e riduzione della vulnerabilità

Il contributo delle categorie professionali nelle attività per la mitigazione del rischio sismico

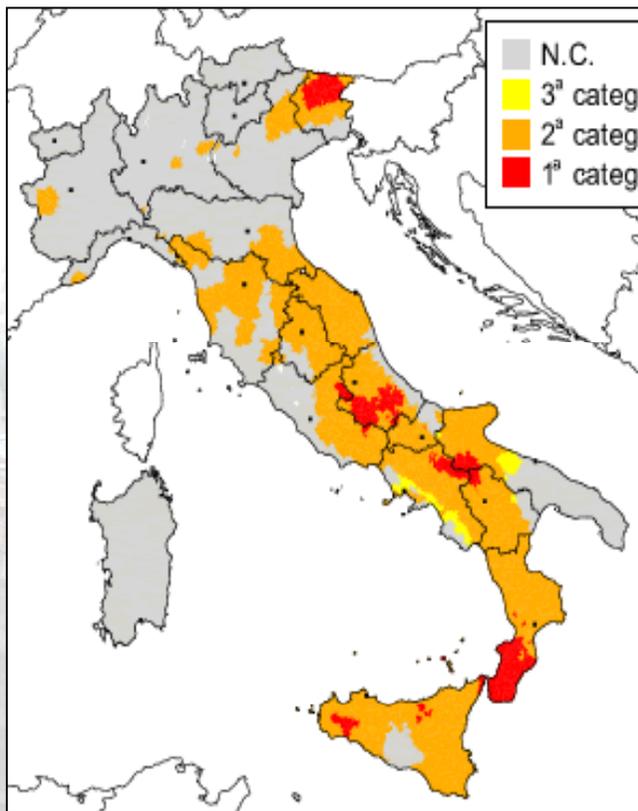
Manuale per la valutazione e l'adeguamento sismico, Ordine degli Ingegneri di Potenza, 1992

Interventi per la messa in sicurezza degli edifici scolastici

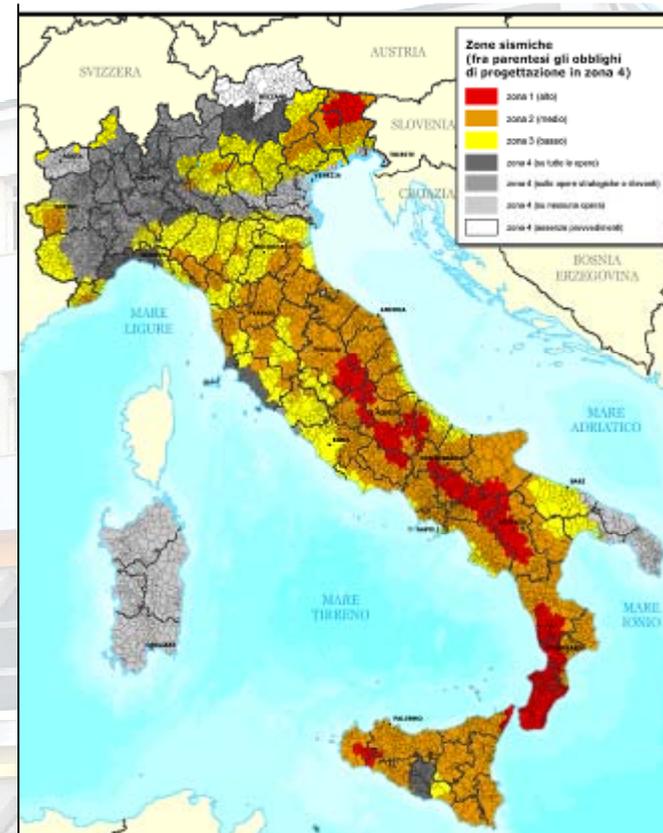


# LA CLASSIFICAZIONE SISMICA

Classificazione post-sisma 1980



Proposta di riclassificazione 1998



CATEGORIA



+ ← PERICOLOSITÀ → -

ZONA





## IL TERREMOTO DEL MOLISE DEL 2002



**Il crollo della Scuola  
di S. Giuliano di Puglia:  
28 vittime,  
27 bambini e una maestra**



# LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

## Attività post-sisma 2002

**13 novembre 2002:** Convenzione per lo studio della vulnerabilità sismica delle scuole della Provincia di Potenza (resp. Mauro DOLCE)

**I FASE:** raccolta dei dati disponibili per una prima valutazione di vulnerabilità degli edifici scolastici progettati senza criteri antisismici.

**II FASE:** estensione anche agli edifici scolastici progettati o adeguati con criteri antisismici. Approfondimento delle valutazioni di vulnerabilità attraverso prove sui materiali strutturali, identificazione dinamica delle degli edifici e la raccolta di tutti i dati utili a definire un database di fascicoli di fabbricato.

**III FASE:** definizione di tipologie di intervento adottabili ai fini del loro adeguamento o miglioramento sismico, in una logica di ottimizzazione della spesa e dei risultati conseguibili in termini di riduzione del rischio, in una condizione di budget limitato o di attuazione per fasi.



# LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

## Attività post-sisma 2002

Convenzione tra l'Università della Basilicata - Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia applicata all'ingegneria (DiSGG) e la Provincia di Potenza

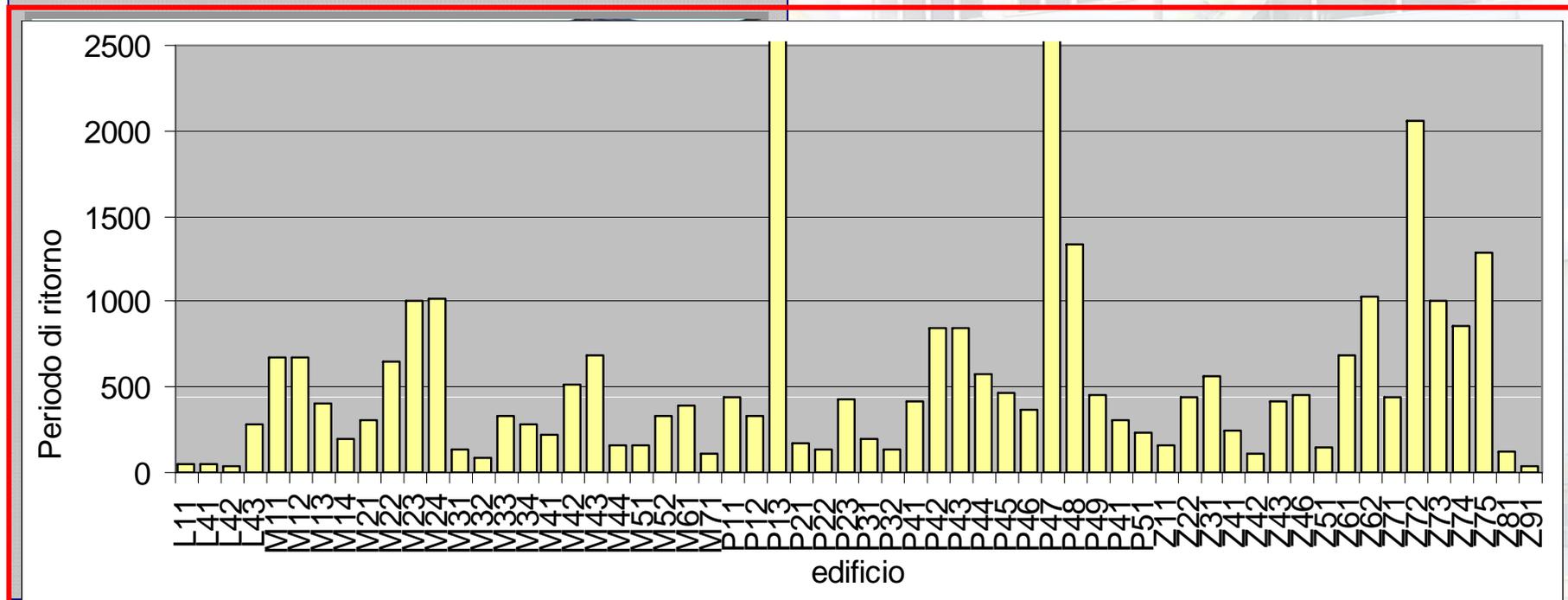
STUDIO DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DELLE SCUOLE  
DELLA PROVINCIA DI POTENZA  
- PRIMA FASE -

Coordinatore generale:  
Prof. Ing. Mauro Dolce

Coordinatori dei Gruppi di Lavoro:  
Prof. Ing. Domenico Liberatore  
Prof. Ing. Angelo Masi  
Ing. Michelangelo Laterza  
Ing. Felice C. Ponzo



Periodo di ritorno del terremoto di collasso degli edifici scolastici in c.a.





# LE NORME SISMICHE POST-2002

## ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI n. 3274 del 20 marzo 2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

(GU n. 105 del 8 maggio 2003, Suppl. Ordinario n. 72)



# Le valutazioni di vulnerabilità nella OPCM 3274

## ARTICOLO 2

.....

3. E' fatto **OBBLIGO DI PROCEDERE A VERIFICA**, da effettuarsi a cura dei rispettivi proprietari, ai sensi delle norme di cui ai suddetti allegati, sia degli **EDIFICI DI INTERESSE STRATEGICO** e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possono assumere **RILEVANZA IN RELAZIONE ALLE CONSEGUENZE DI UN EVENTUALE COLLASSO.**

Le **VERIFICHE** di cui al presente comma dovranno essere effettuate **ENTRO CINQUE ANNI** dalla data della presente ordinanza ....



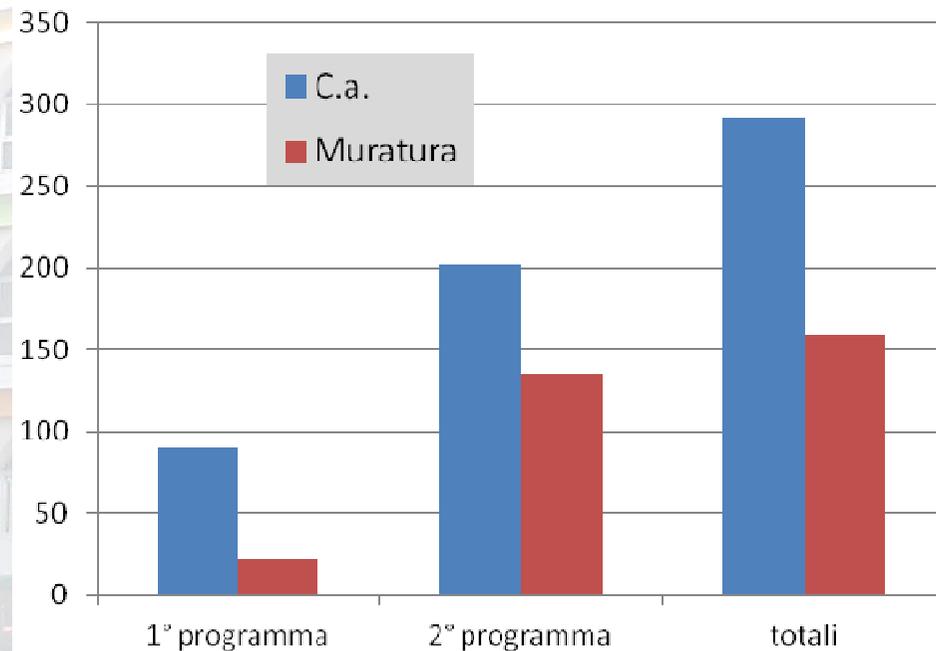
# VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ

## Le scuole non progettate con regole antisismiche

A seguito della OPCM 3362/2004 sono stati varati dalla Regione Basilicata 2 programmi di verifiche tecniche su edifici non progettati con regole sismiche:

- 1° Programma temporale delle verifiche del patrimonio edilizio strategico e rilevante (anno 2004): 68 edifici ospedalieri e **113 edifici scolastici**
- 2° Programma temporale delle verifiche del patrimonio edilizio strategico e rilevante (anno 2005): **338 edifici scolastici**

- **451 edifici scolastici verificati**
- **Circa 2/3 degli edifici sono in c.a.**

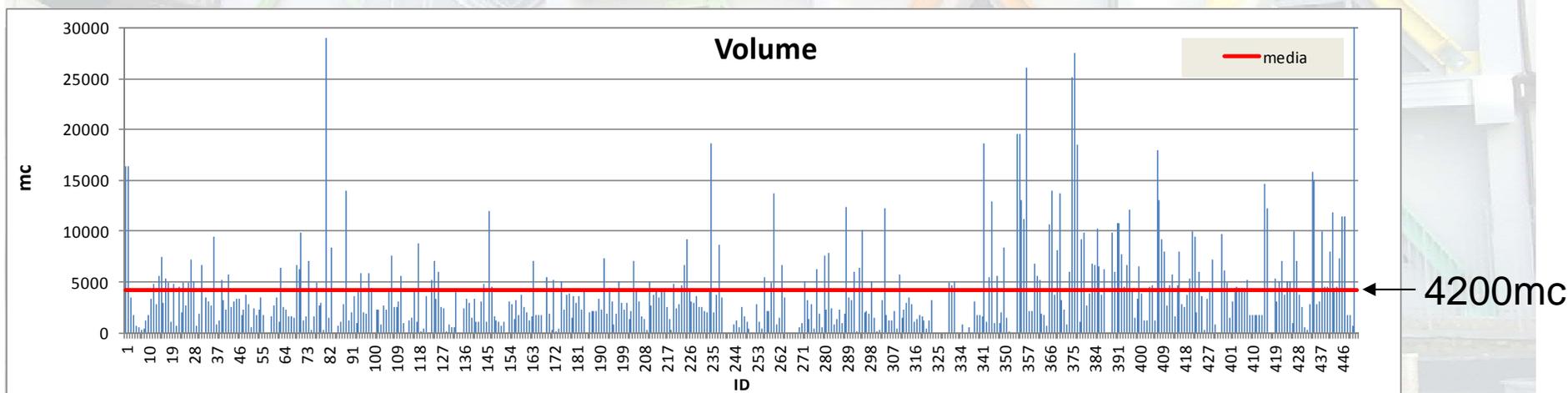
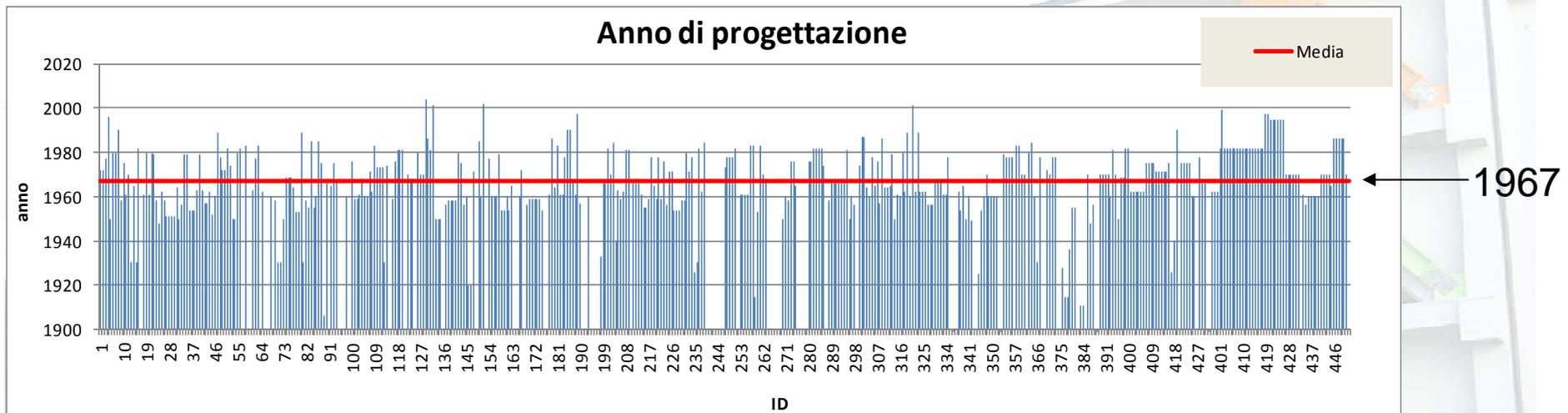


Tipologie prevalenti edifici scolastici



# VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ

## Come sono fatti gli edifici scolastici

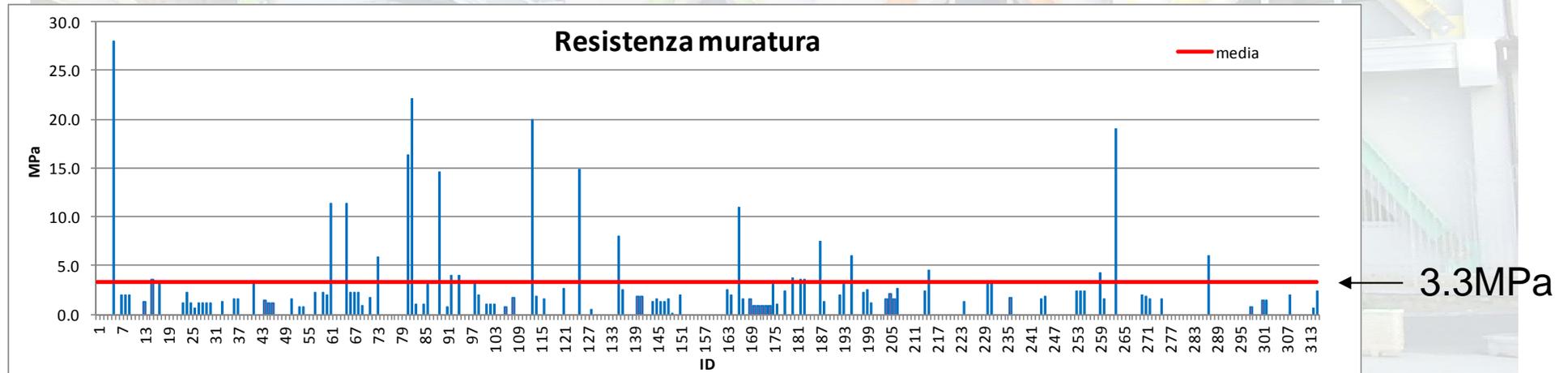
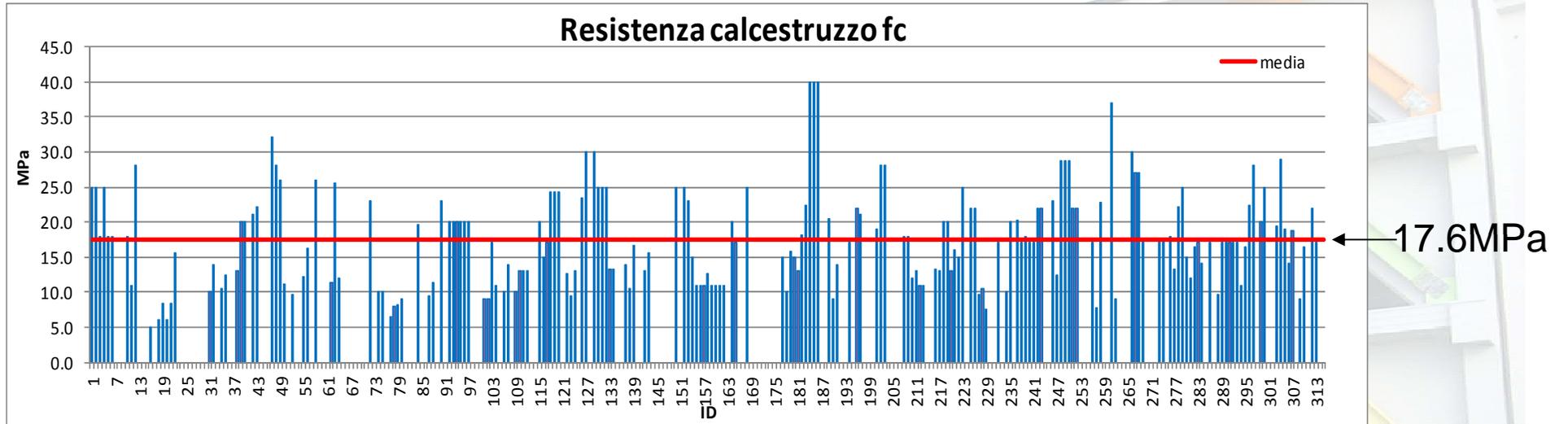


Volume totale circa 2.000.000 di mc



# VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ

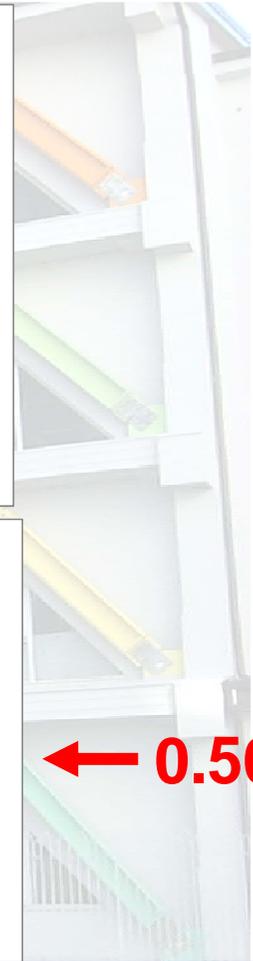
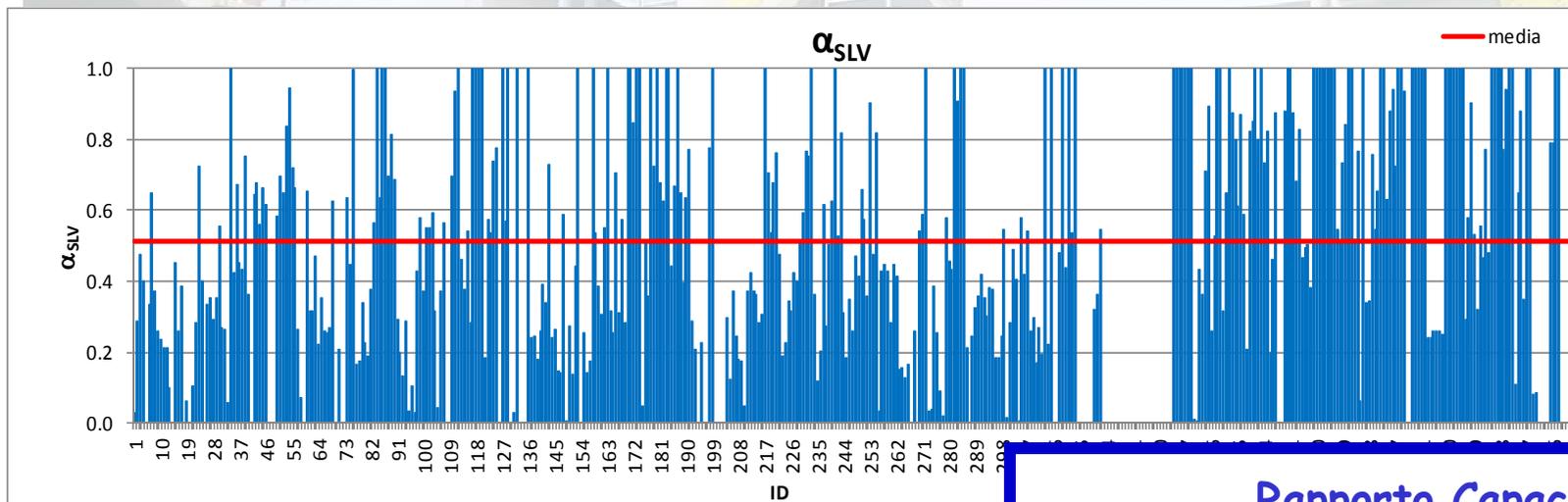
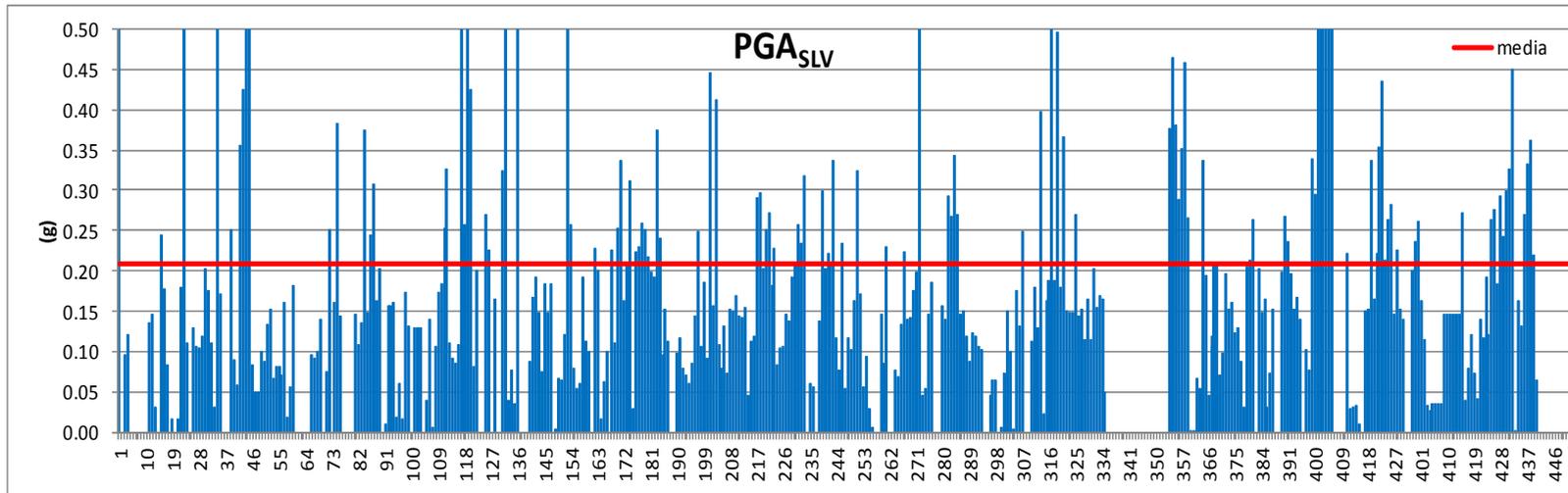
## La qualità dei materiali





# VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ

## Capacità e livello di rischio



← 0.50

$\alpha_{SLV}$  → Rapporto Capacità/Domanda per lo SLV



# LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

## Livello di Rischio → Costo di intervento

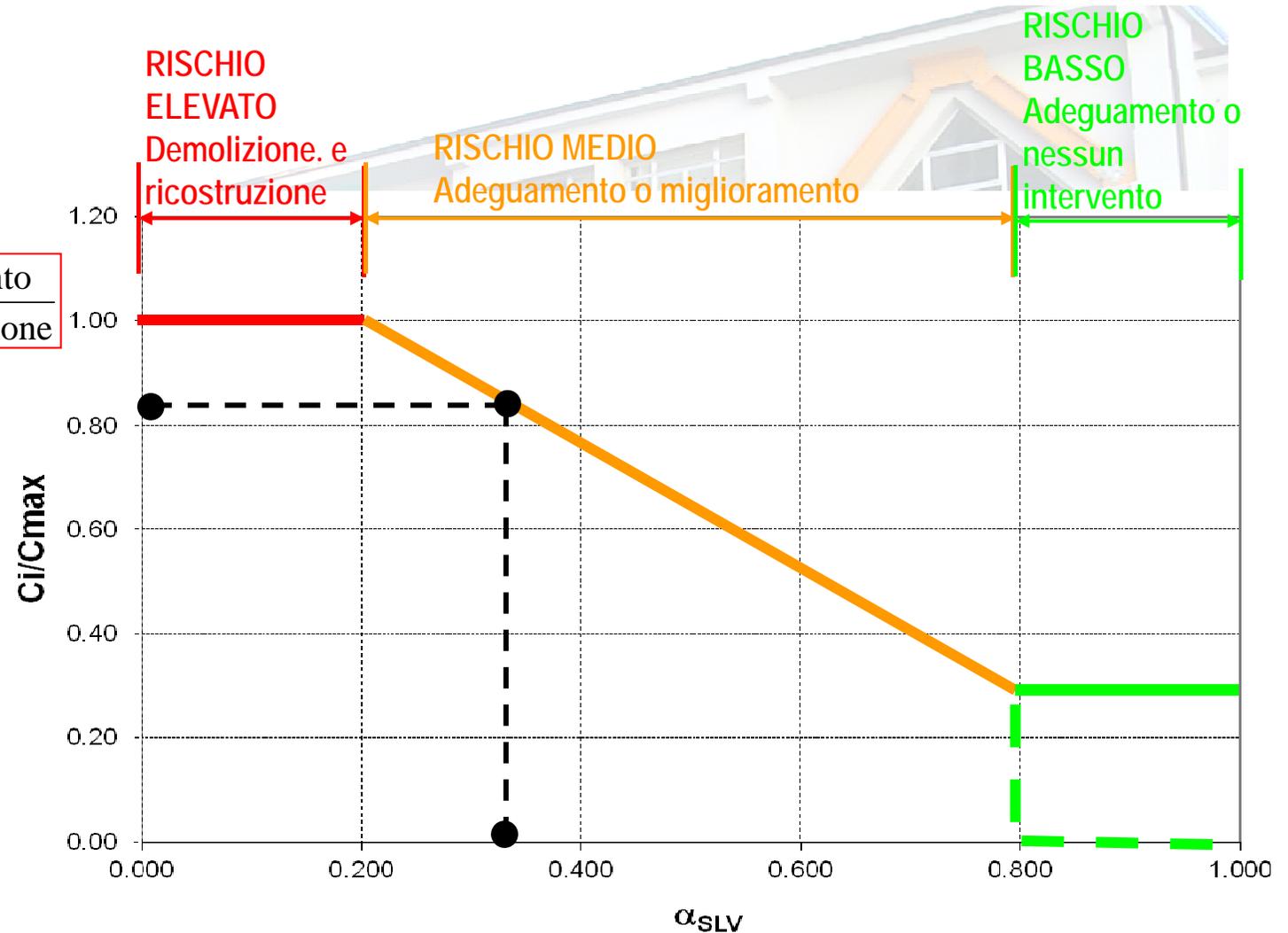
### Relazione tra costo di intervento

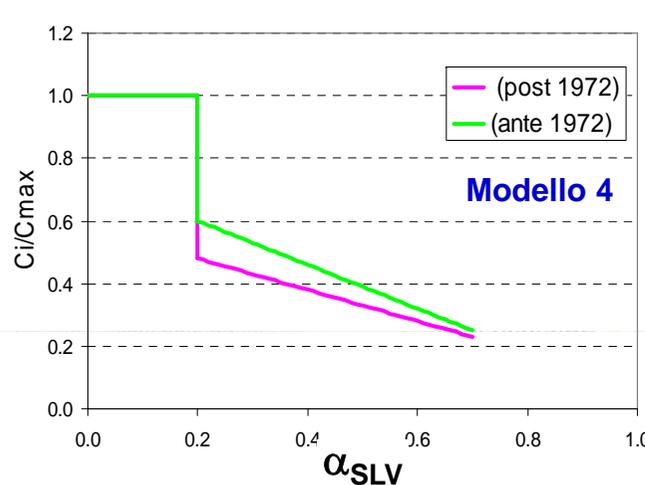
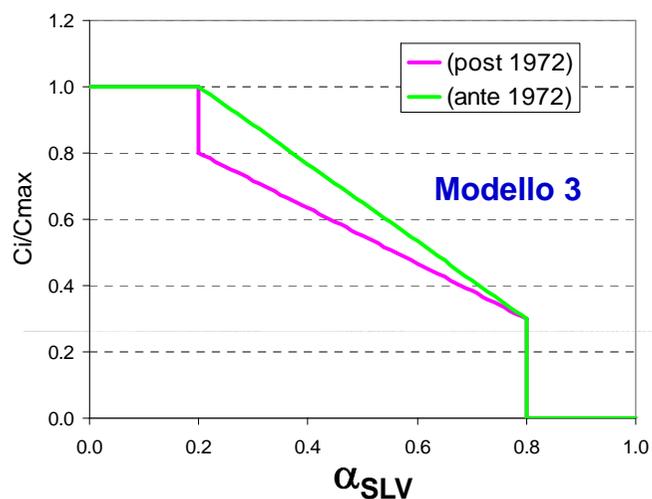
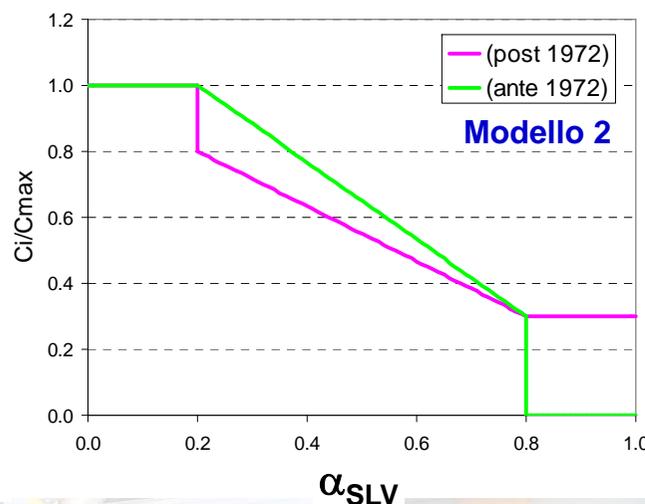
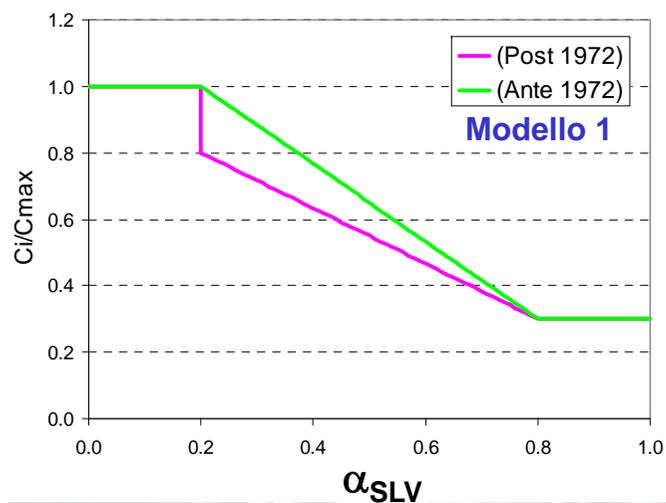
$$\frac{C_i}{C_{max}} = \frac{\text{Costo di intervento}}{\text{Costo di ricostruzione}}$$

### e livello di rischio attuale dell'edificio

$\alpha_{SLV}$

Rapporto  
Capacità/Domanda  
per lo SLV





**Modello 1: adeguamento di tutti gli edifici**

**Modello 2: adeguamento di tutti gli edifici post 72 e di quelli ante 72 con  $\alpha_{SLV} < 0.8$**

**Modello 3: adeguamento di tutti gli edifici con  $\alpha_{SLV} < 0.8$**

**Modello 4: miglioramento di tutti gli edifici sino a portare  $\alpha_{SLV} = 0.7$ . Il costo di intervento è stato considerato pari al 60% di quello di adeguamento**

Rapporto globale capacità-domanda

Media pesata degli  $\alpha_{SLV}$

I pesi sono le superfici totali  $S_i$

$$\bar{\alpha}(t) = \frac{\sum \alpha_i(t) \cdot S_i}{\sum S_i}$$

Indice di rischio globale

$$IR(t) = 1 - \bar{\alpha} = 1 - \frac{\sum \alpha_i(t) \cdot S_i}{\sum S_i}$$

Dato un campione di edifici aventi  $\alpha_1 \dots \alpha_n$  valori del rapporto capacità/domanda e superfici  $S_1 \dots S_n$ , è possibile calcolare l'indice di rischio al tempo iniziale  $IR_0$

$IR_0$  = rischio sismico del campione di edifici **prima dell'inizio** del programma di interventi



Indice di rischio globale  $IR(t) = 1 - \bar{\alpha} = 1 - \frac{\sum \alpha_i(t) \cdot S_i}{\sum S_i}$

- disponibilità economica annua **D** e tasso di inflazione previsto **I**
- lista di priorità di intervento

1) gruppo di edifici su cui posso intervenire nel 1° anno

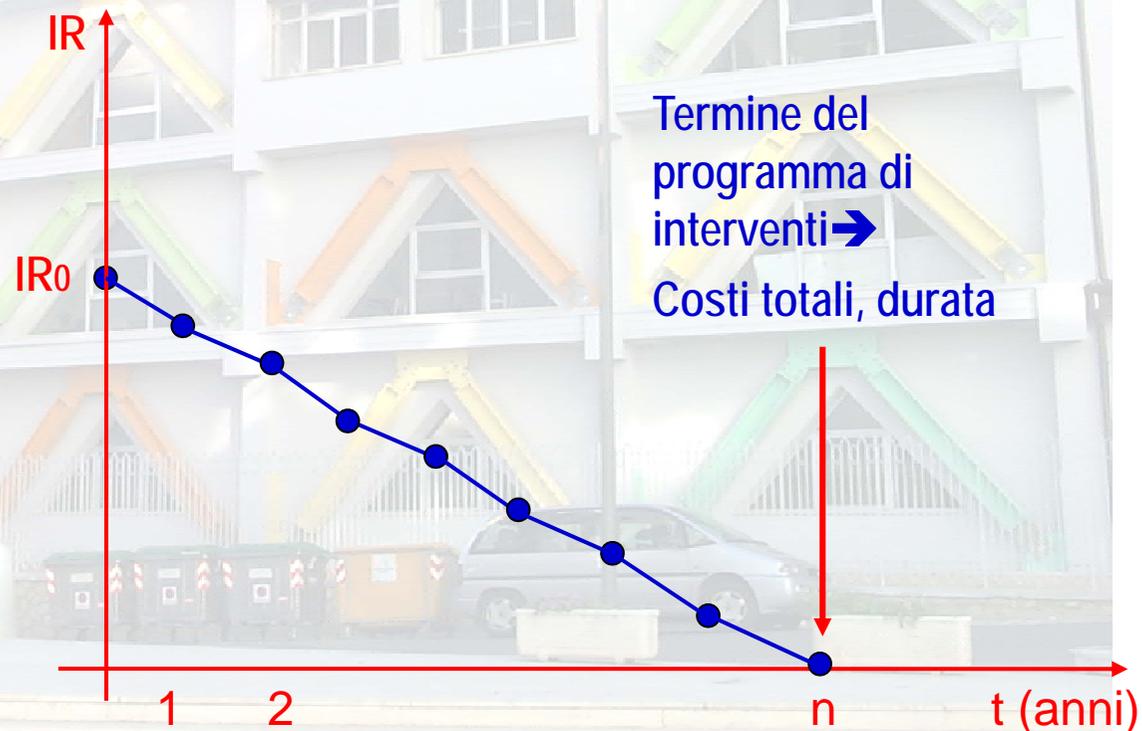
2) Calcolo di  $IR_1$ , indice di rischio al termine del primo anno

3) Gruppo di edifici su cui posso intervenire nel 2° anno

4) Calcolo di  $IR_2$ , indice di rischio al termine del primo anno

..  
..  
..

Ripetizione passi 3-4 sino al completamento del programma

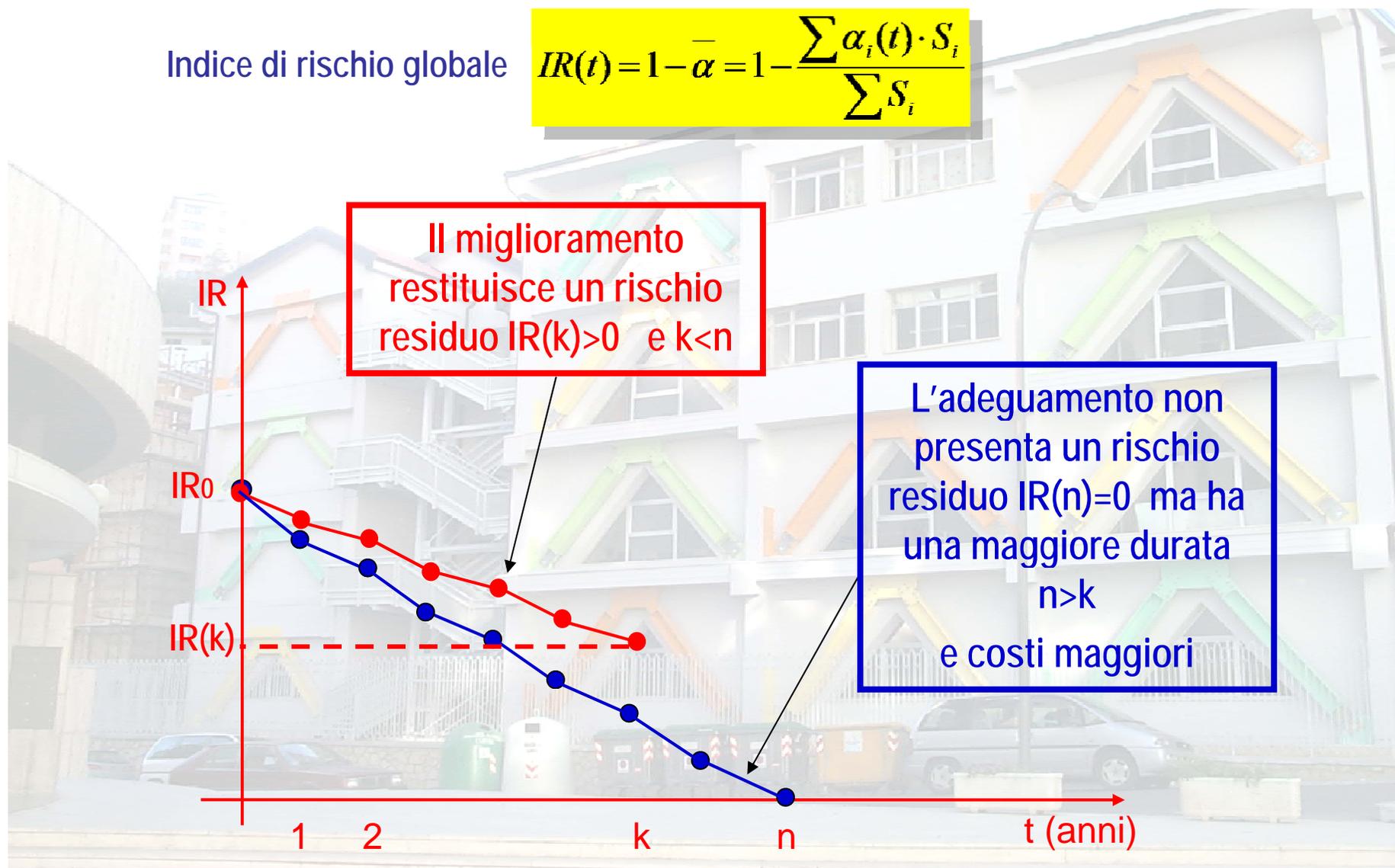


# LE STRATEGIE DI INTERVENTO

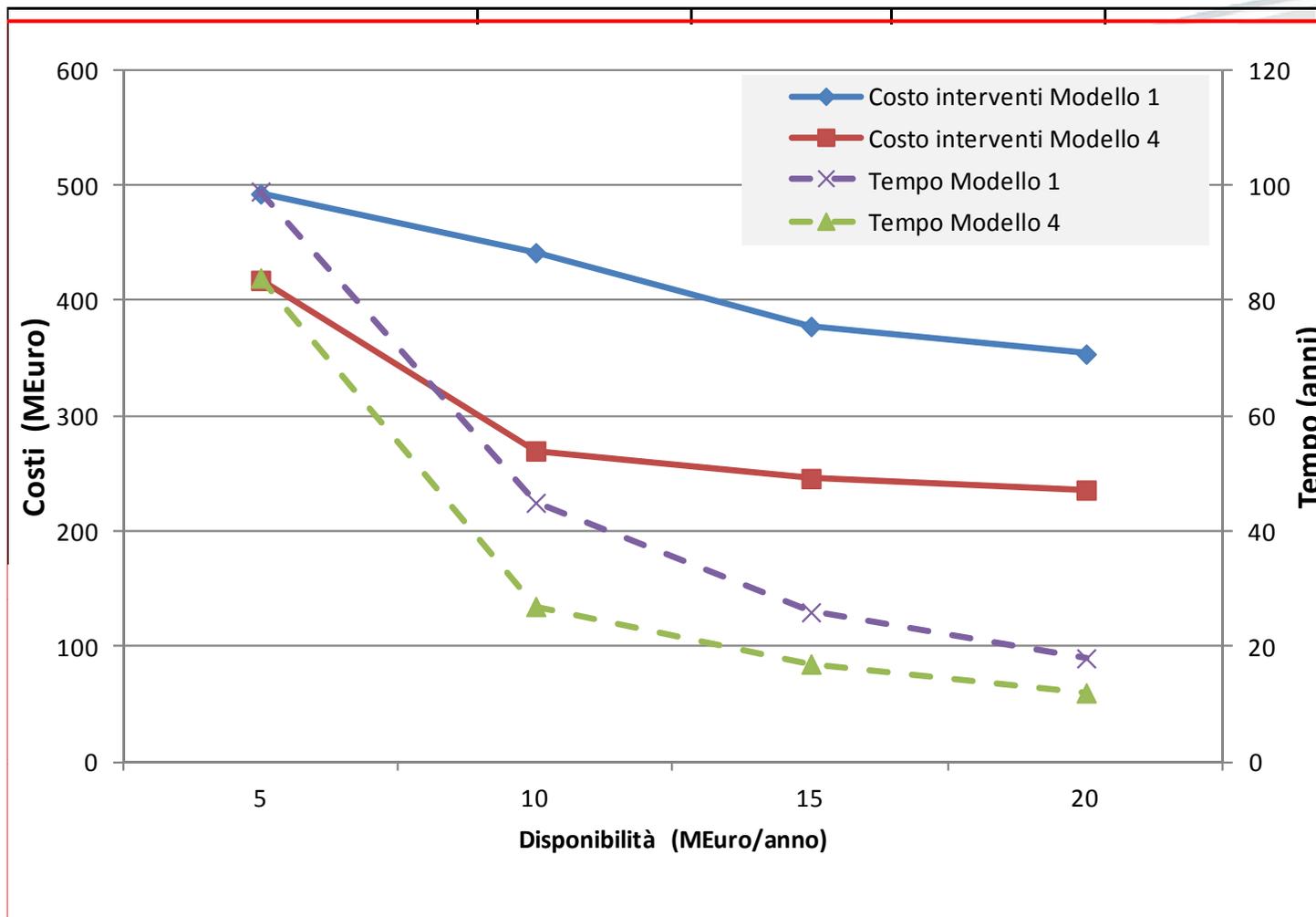
## Adeguamento o miglioramento sismico ?

Indice di rischio globale

$$IR(t) = 1 - \bar{\alpha} = 1 - \frac{\sum \alpha_i(t) \cdot S_i}{\sum S_i}$$



### Scuole del 2° programma temporale delle verifiche



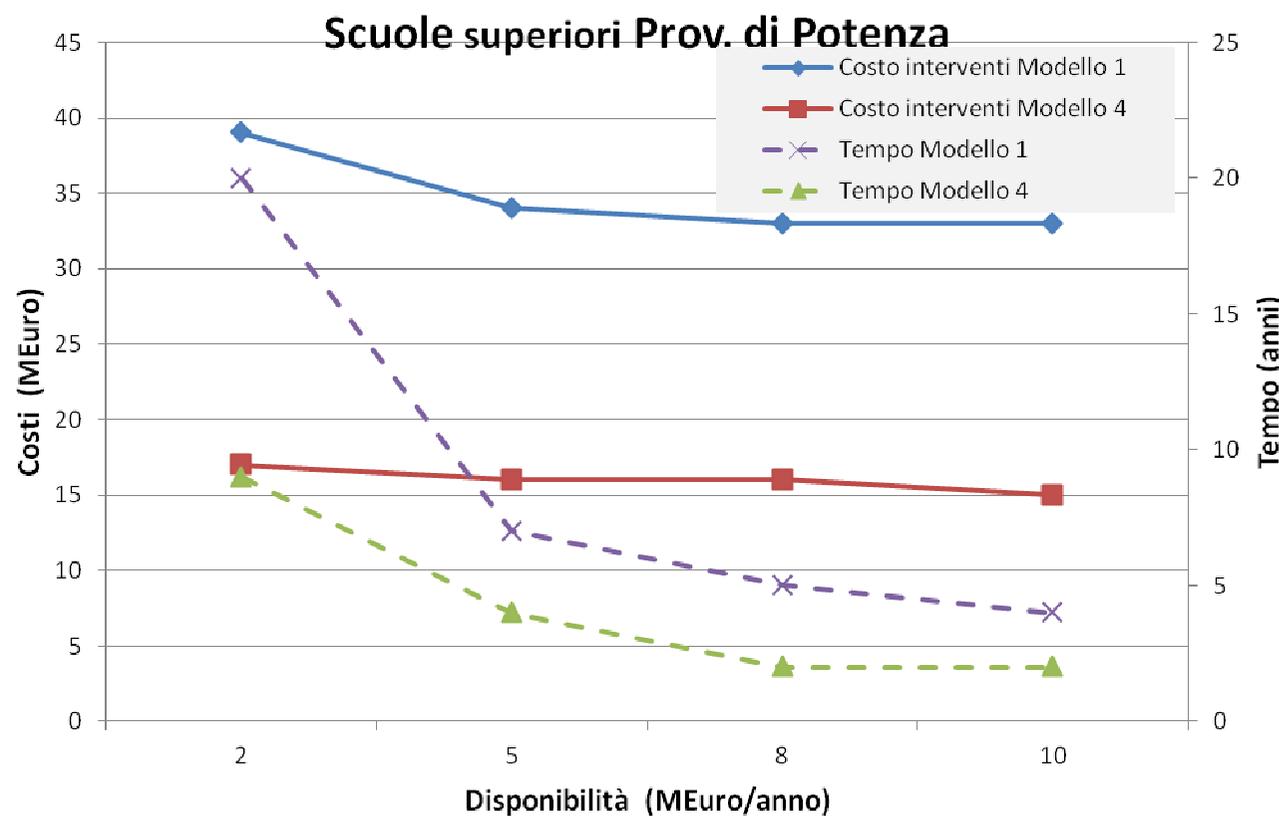
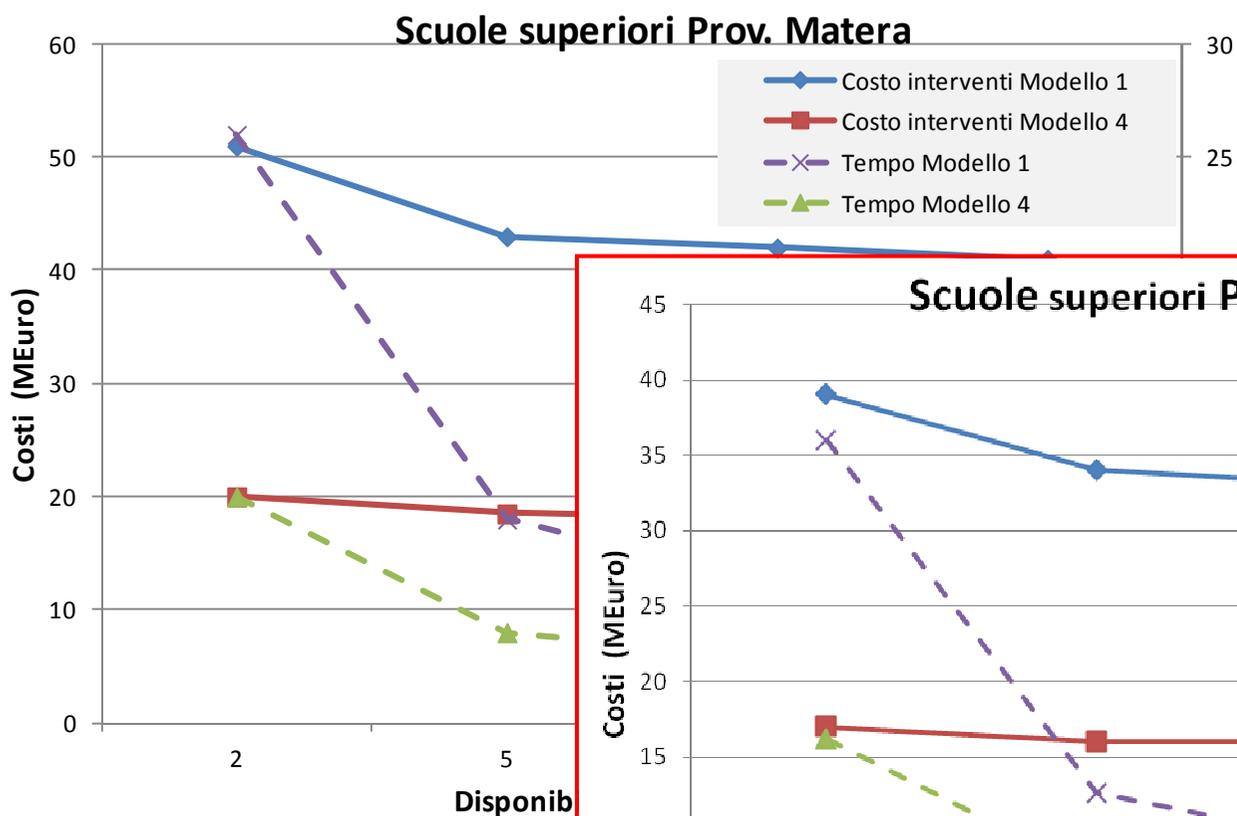
Una disponibilità econ. annua D troppo bassa rende impossibili gli interventi ( $t > 100$  anni)

Il miglioramento lascia un rischio residuo non sempre accettabile



# LE CURVE DI RISCHIO

## Tempi e costi degli interventi



<b>N4</b> Miglioramento edifici con alfa >0.2 e <0.7 sino ad $\alpha_{1,2}=0.7$ .	10
	2
	5
	8
	10



# LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

*le verifiche, gli interventi, ... i tempi !!!!*

## Legambiente Rapporto EcoSistemaScuola, 2011



**LEGAMBIENTE**  
*EcoSistemaScuola*

(Fonte Comune di Potenza)

	ITALIA	BASILICATA	POTENZA
Edifici posti in comuni a rischio sismico	41.48%	100.00%	
Edifici costruiti secondo criteri antisismici	10.14%	40.32%	69%
Edifici in cui è stata valutata la vulnerabilità sismica	24.81%	43.55%	31%

## Corte Conti Indagine sul “Programma di messa in sicurezza degli edifici scolastici, art. 80, legge n. 289/2002”, 2010

	N.	%	IMPORTO	%
INTERVENTI ATTIVATI	1219	77%	348.543.034,45	71%
INTERVENTI ULTIMATI	177	11%	36.438.059,72	7%
INTERVENTI NON AVVIATI	374	23%	140.457.080,55	29%



# ***“La Storia che si dimentica si ripete”***

**(Presidente Ciampi, gennaio 2006 Giornata della Memoria)**

**Firenze 13 ottobre 2012: crollo  
del controsoffitto al Liceo Galilei**



**Pordenone 12 settembre 2012: tetto scuola  
elementare crolla nella notte  
"Stamattina ci sarebbero stati i bambini"**



**Emilia 2012: scuole danneggiate dal terremoto**



# Report OECD Keeping Schools Safe in Earthquakes

School Safety and Security



## Keeping Schools Safe in Earthquakes

*Letter written by Sony, a  
student in Nepal*

I think that, it is our right to know about earthquakes. This is because when earthquake comes everybody including our parent, teachers will try to save their own lives. At that time they may not take care of us. So, we ourselves need to know what to do during earthquakes.

Also, it is our right to have a safe school. we don't build our school building ourselves. But, if it is very weak then earthquake will destroy it and kill us. Why should we children die from weakness which other create? That is not because of our fault. It is their fault who build houses. So we request all our parents, teachers to build safe school buildings for us.





## A 10 ANNI DAL CROLLO DELLA SCUOLA DI SAN GIULIANO



*sui diritti dei  
bambini non  
possiamo e  
non dobbiamo  
essere avari*



**A 30 ANNI DALLA NASCITA  
DELL'UNIVERSITÀ DELLA BASILICATA**

## **CONVEGNO**

*POTENZA, 25 ottobre 2012*

**Fare Scuola, fare scuole:  
rischio sismico, educazione, prevenzione,  
sicurezza**

***GRAZIE PER L'ATTENZIONE***

**Angelo MASI**

Scuola di Ingegneria, Università della Basilicata  
ReLUIS, Rete di Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica  
(con la collaborazione di Giuseppe SANTARSIERO)

