



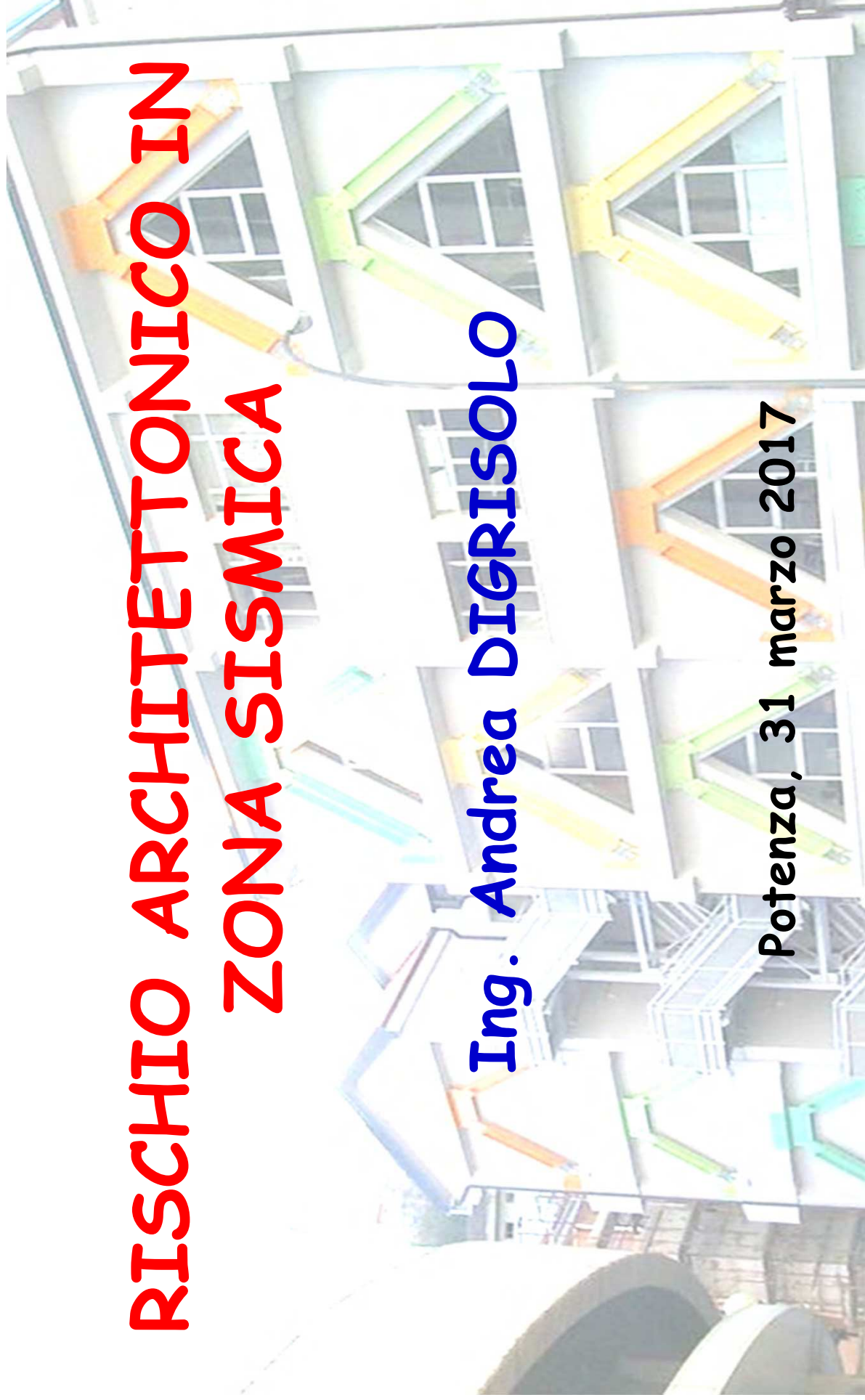
UTSBasilicata.it

Corsi di Aggiornamento
R.S.P.P. - A.S.P.P.

RISCHIO ARCHITETTONICO IN ZONA SISMICA

Ing. Andrea DIGRISOLO

Potenza, 31 marzo 2017



ART. 2 DEFINIZIONI (D.LGS. 81/2008)

R.S.P.P.

f) "**responsabile del servizio di prevenzione e protezione**": persona in possesso delle capacità e dei requisiti professionali di cui all'articolo 32 designata dal datore di lavoro, a cui risponde, per coordinare il servizio di prevenzione e protezione dai rischi;

A.S.P.P.

g) "**addetto al servizio di prevenzione e protezione**": persona in possesso delle capacità e dei requisiti professionali di cui all'articolo 32, facente parte del servizio di cui alla lettera l);

... l) "**servizio di prevenzione e protezione dai rischi**": insieme delle persone, sistemi e mezzi esterni o interni all'azienda finalizzati all'attività di prevenzione e protezione dai rischi professionali per i lavoratori;

La Figura dell' A.S.P.P. e R.S.P.P. ai sensi del D. Lgs. 81/2008

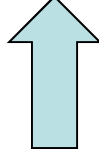
L'**Addetto al Servizio di Prevenzione e Protezione (ASPP)** è colui che aiuta il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP) a svolgere le attività che riguardano la sicurezza:

- *provvedere all'individuazione dei fattori di rischio, alla valutazione dei rischi e all'individuazione delle misure per la sicurezza e la salubrità degli ambienti di lavoro, nel rispetto della normativa vigente sulla base della specifica conoscenza dell'organizzazione aziendale;*
- *elaborare, per quanto di competenza, le misure preventive e protettive e i sistemi di controllo di tali misure;*
- *elaborare le procedure di sicurezza per le varie attività aziendali;*
- *proporre i programmi di informazione e formazione dei lavoratori;*
- *partecipare alle consultazioni in materia di tutela della salute e sicurezza sul lavoro, nonché alla riunione periodica;*
- *fornire ai lavoratori le informazioni di cui all'articolo 36 del D.Lgs. 81/08.*

GLI INFORTUNI NELLE SCUOLE

L'infortunio è la conseguenza di un incidente fisico, ovvero un evento dannoso e **(im)**prevedibile

Rischio per la sicurezza



Strutture (scale, pareti, aperture ecc.)

Macchine, apparecchiature, attrezzi.

Mezzi di trasporto

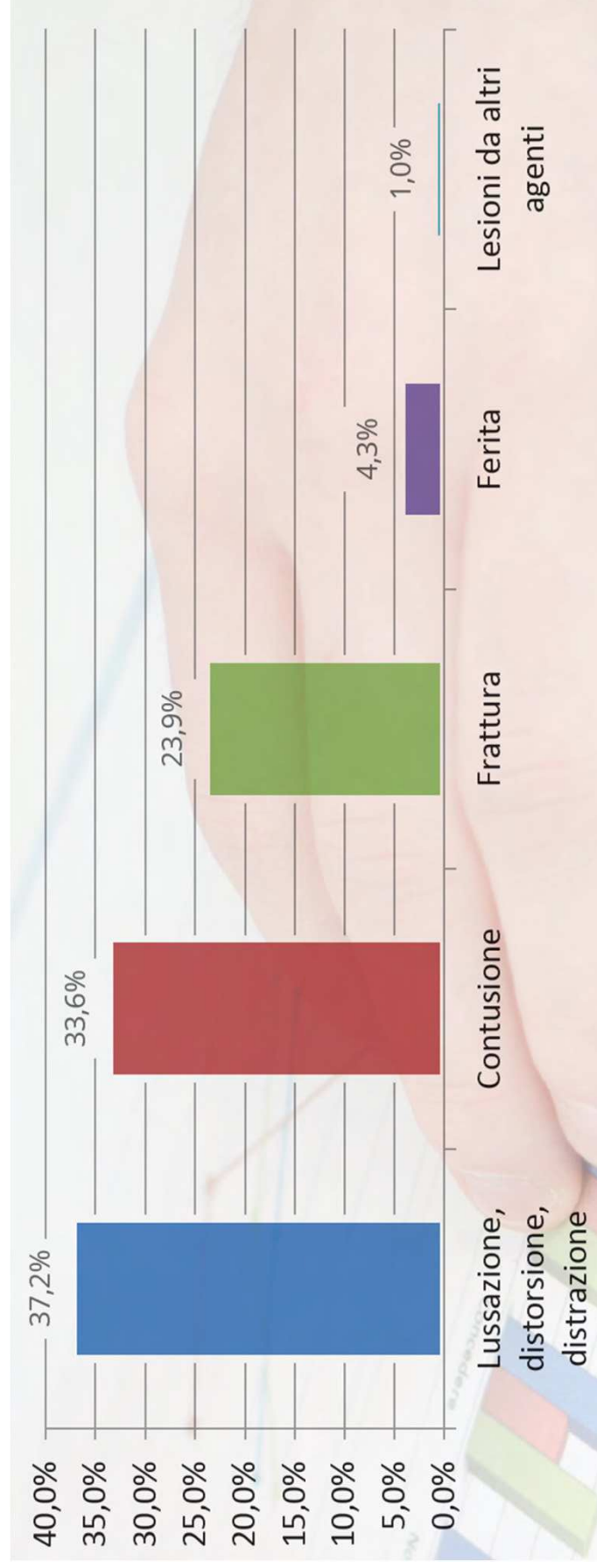
Sostanze pericolose

Impianti elettrici

Incendi, esplosioni

GLI INFORTUNI NELLE SCUOLE

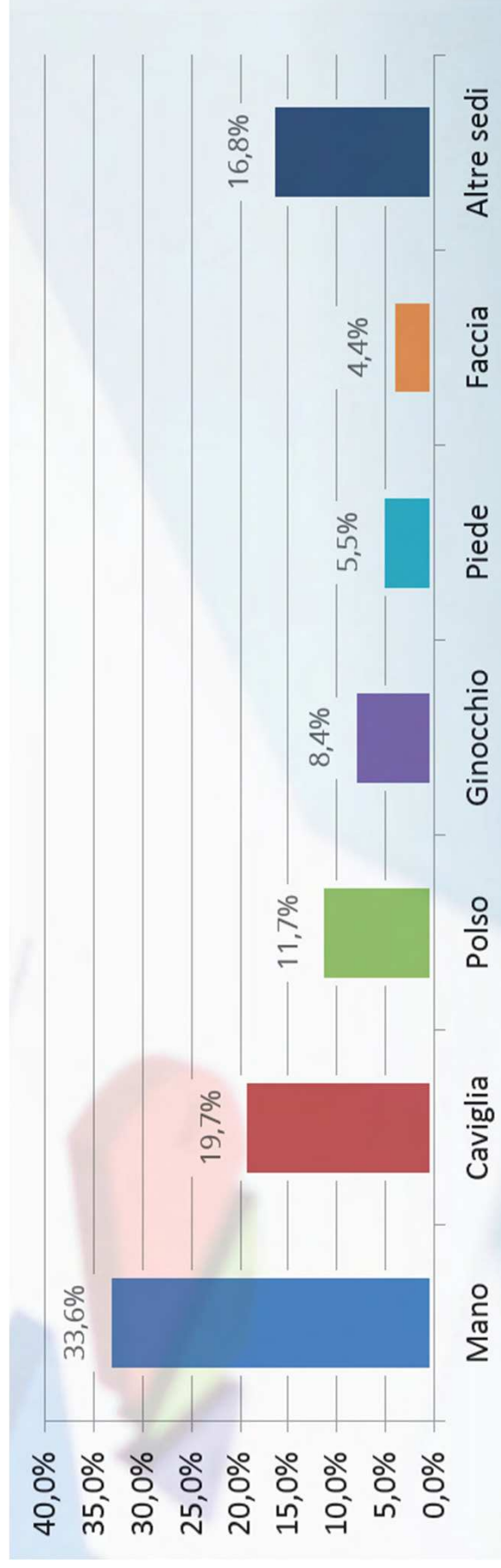
Studenti delle scuole pubbliche statali
Infortunati accertati positivi per natura della lesione (A.A. 2015)



Fonte: INAIL Open Data - Banca dati statistica - dati rilevati al 30.04.2016

GLI INFORTUNI NELLE SCUOLE

Studenti delle scuole pubbliche statali
Infortunati accertati positivi per sede della lesione (A.A. 2015)



Fonte: INAIL Open Data - Banca dati statistica - dati rilevati al 30.04.2016

DLgs 81/08 - ALLEGATO IV

REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

- 1.1. Stabilità e solidità**
- 1.2. Altezza, cubatura e superficie**
- 1.3. Pavimenti, muri, soffitti, finestre e lucernari dei locali scale e marciapiedi mobili, banchina e rampe di carico**
- 1.4. Vie di circolazione, zone di pericolo, pavimenti e passaggi**
- 1.5. Vie e uscite di emergenza.**
- 1.6. Porte e portoni**
- 1.7. Scale**
- 1.8. Posti di lavoro e di passaggio e luoghi di lavoro esterni**
- 1.9. Microclima**
- 1.10 Illuminazione naturale ed artificiale dei luoghi di lavoro**
- 1.11 Locali di riposo e refezione**
- 1.12 Spogliatoi e armadi per il vestiario**
- 1.13 Servizi igienico assistenziali**
- 1.14 Dormitori**

IL RISCHIO ARCHITETTONICO

Rischio dovuto a **scelte architettoniche non idonee** alla funzionalità dei luoghi di lavoro: errato uso dello spazio di lavoro, errata concezione funzionale di scale, pareti, porte, solai, botole, rampe, finestre, ingombri, disposizione delle suppellettili, ecc...

Rischio dovuto a **deficit di protezione e manutenzione** nei confronti di agenti esterni: eventi meteorologici, degrado manutentivo, incendi, sisma, ecc...

DLgs 81/08 - ALLEGATO IV **REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO**

1.1 Stabilità e solidità

1.1.1. Gli edifici che ospitano i luoghi di lavoro o qualunque altra opera e struttura presente nel luogo di lavoro devono essere stabili e possedere una solidità che corrisponda al loro tipo d'impiego ed alle caratteristiche ambientali.

1.1.2. Gli stessi requisiti vanno garantiti nelle manutenzioni (e aggiornamenti normativi)

La valutazione del rischio sismico nell'ambito del D.Lgs. 81/2008

PRIMA DOMANDA A CUI RISPONDERE:

Può un sisma, o un altro evento naturale, essere ricondotto ad un rischio da valutare per la sicurezza dei lavoratori ai sensi del D.Lgs. 81/08?

Articolo 17 - Obblighi del datore di lavoro non delegabili

Comma 1, lettera a): «La valutazione di tutti i rischi con la conseguente elaborazione del documento previsto dall'articolo 28 (il DVR)».

SECONDA DOMANDA A CUI RISPONDERE:

Un terremoto o meglio, la probabilità di accadimento di un terremoto, va inserito nel Documento di Valutazione dei Rischi?

Articolo 28 - Oggetto della valutazione dei rischi

Comma 2 lettera a): «...valutazione di tutti i rischi per la sicurezza e la salute durante l'attività lavorativa, nella quale siano specificati i criteri adottati per la valutazione stessa...»

Comma 2 lettera b): «l'indicazione delle **misure di prevenzione e di protezione** (COLLETTIVE) attuate e dei dispositivi di protezione individuali adottati, a seguito della valutazione di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a)»

Matrice di Valutazione del Rischio

Matrice Impatto - Probabilità

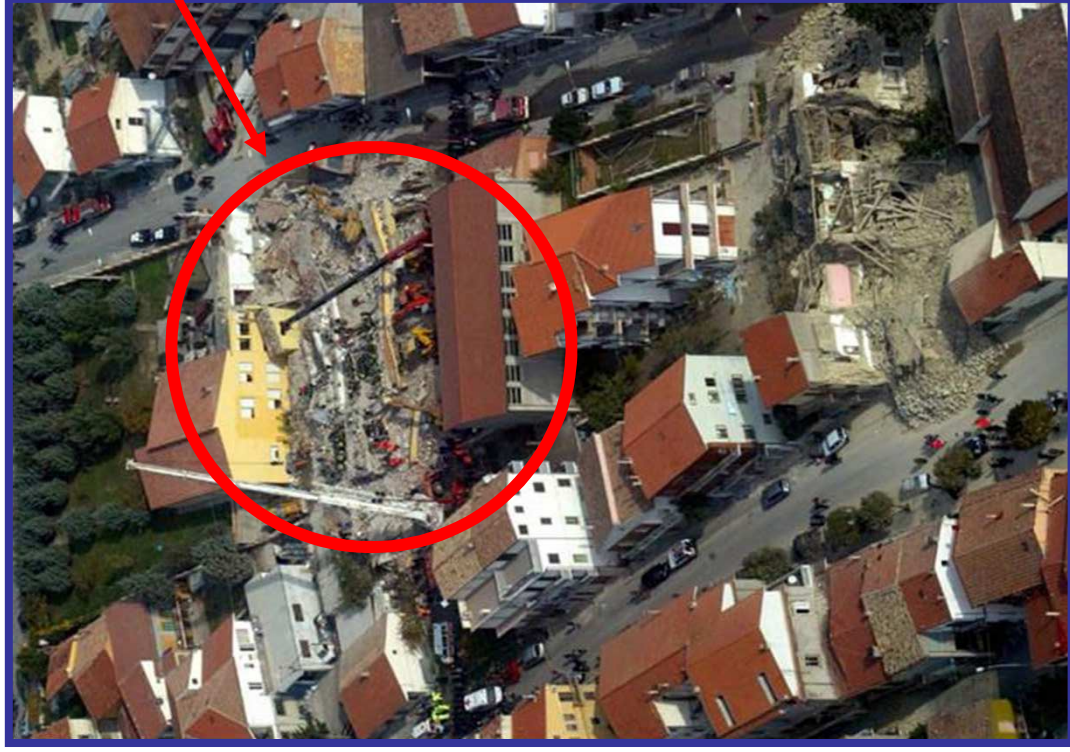
Livello di probabilità	Impatto				
	Basso	Da moderato a basso	Moderato	Da moderato a alto	Alto
Certo	H	H	C	C	C
Probabile	M	H	H	C	C
Moderato	L	M	H	C	C
Poco probabile	L	L	M	H	A
Raro	L	L	M	H	H

Legenda:
 L: Low risk
 M: Moderate risk
 H: High risk
 C: Critical risk

SCUOLA DI SAN GIULIANO

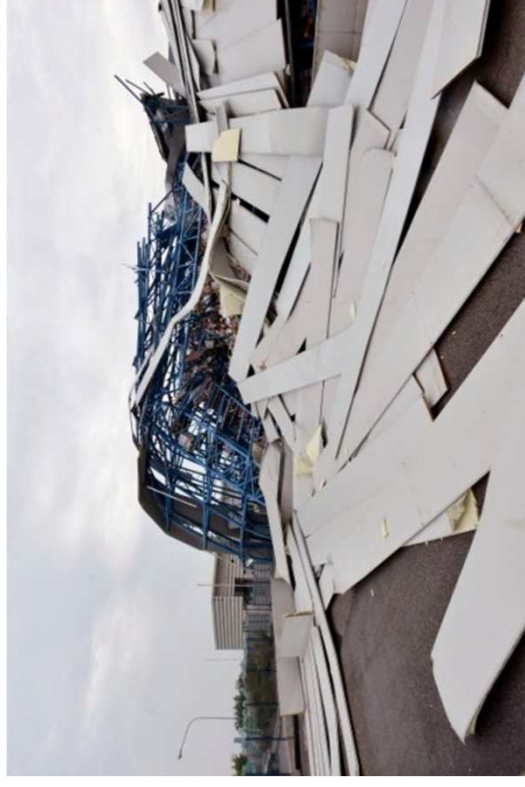
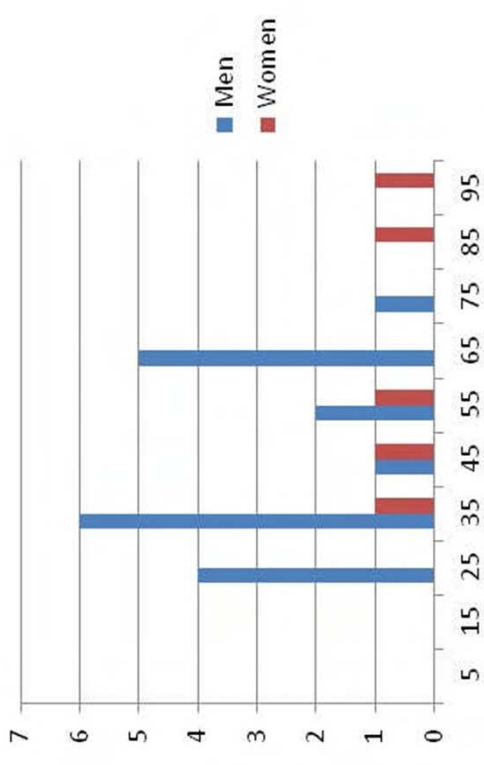
SISMA MOLISE 2002

30 morti a San Giuliano:
28 morti nel collasso della
scuola
2 morti in edifici residenziali

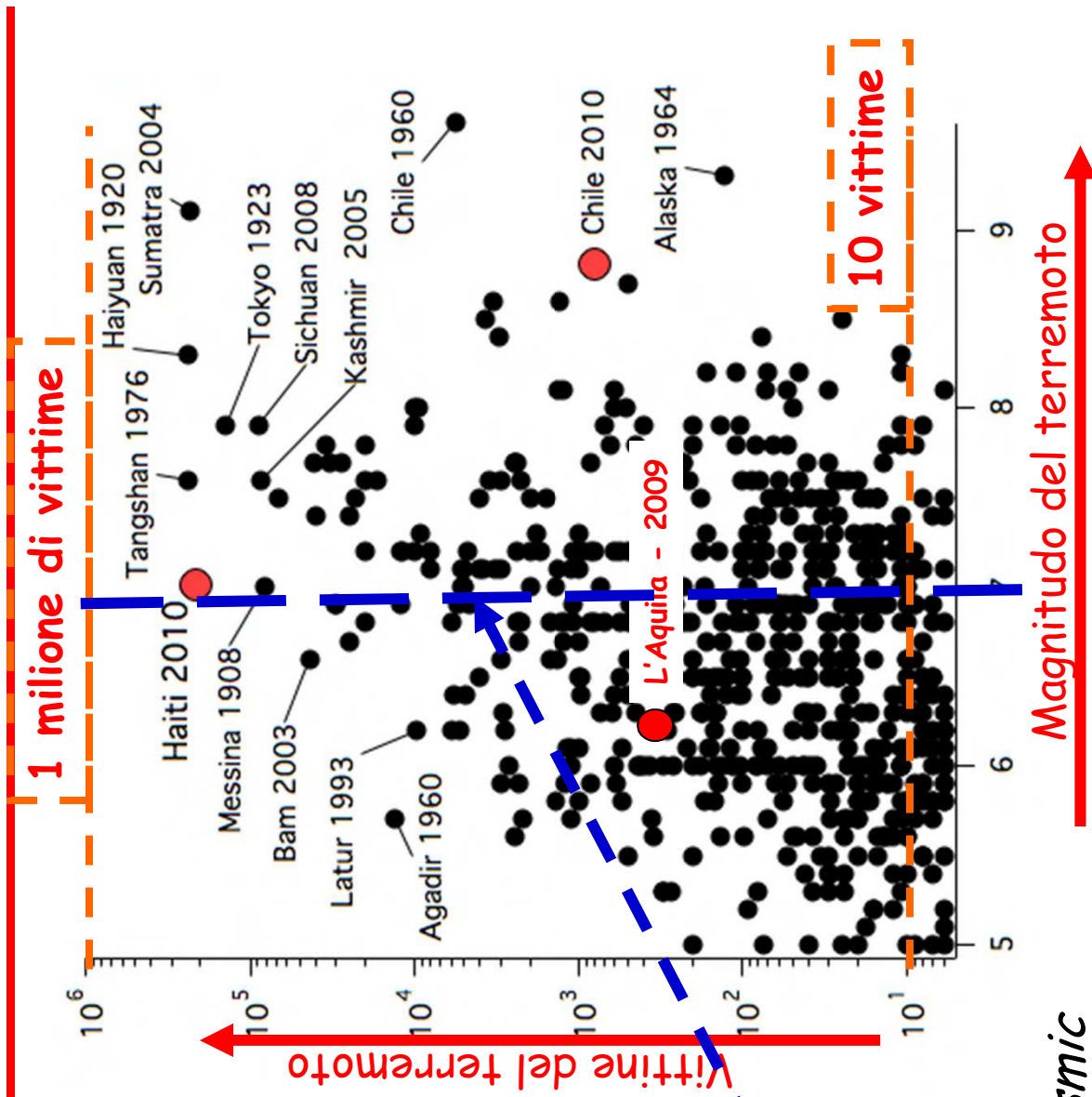


TERREMOTO EMILIA 2012

Distribuzione dell'età delle vittime dei due terremoti



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

Roger Bilham, 2009. *The seismic future of cities*. BEE. 7:839-887

DALL'APPROCCIO FATALISTA...A QUELLO GESTIONALE



*"Ai terremoti non v'è rimedio alcuno.
Se il cielo ci minaccia con le folgori,
pure si trova scampo nelle caverne,
ma contro i terremoti non vale la
fuga, non giovano nascondigli ..."*

(Francesco Petrarca, Secretum, dialogo 91,
dopo il terremoto del 1349 dell'Appennino Centrale)

GESTIONE DEI RISCHI NATURALI

FASE N.1: VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Conoscere i PUNTI DEBOLI del territorio

FASE N.2: MITIGAZIONE DEL RISCHIO

Prendere dei provvedimenti: AZIONI

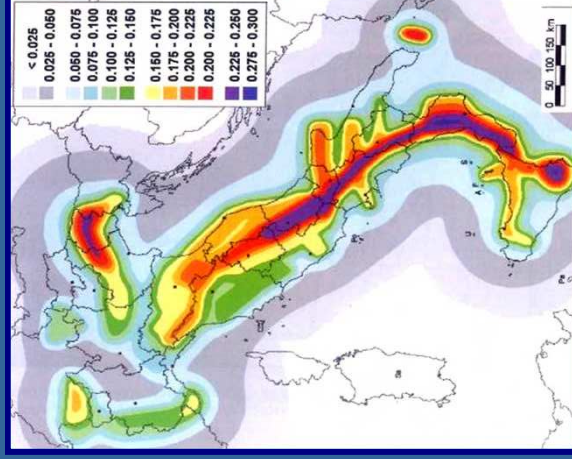


IL RISCHIO SISMICO

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**.

RISCHIO =

Pericolosità



Vulnerabilità



Esposizione



X

X

IL RISCHIO SISMICO

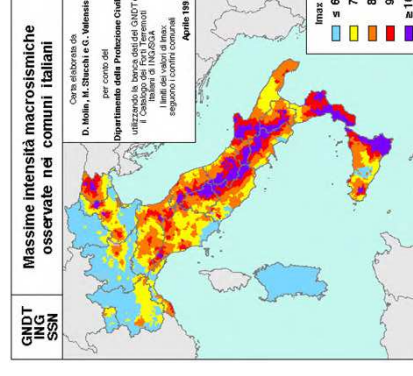
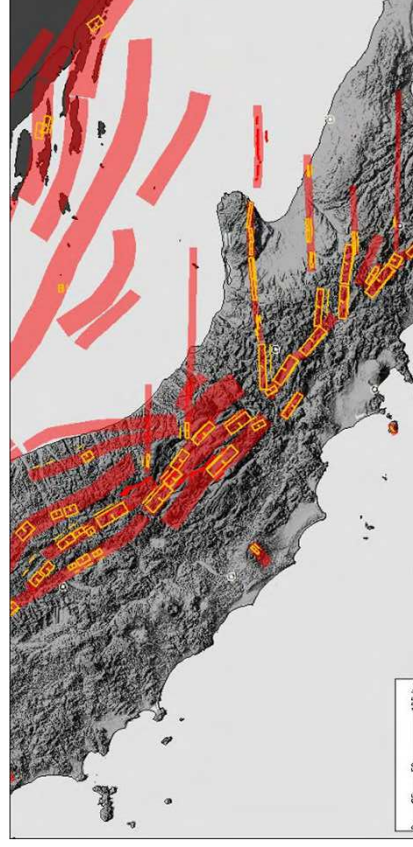
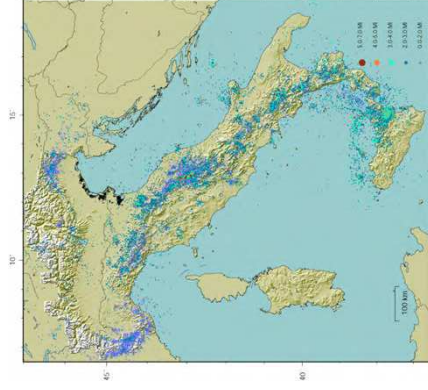
La **pericolosità sismica** è costituita dalla probabilità che si verifichino terremoti di una data entità, in un data zona ed in un prefissato intervallo di tempo.
Dipende dalla **intensità, frequenza e mutevolezza** dei sismi che possono interessare quella zona.

La **vulnerabilità sismica** rappresenta la predisposizione di una costruzione, di una infrastruttura o di una parte del territorio a subire danni per effetto di un sisma di prefissata entità.
Misura l'incapacità, congenita o dovuta ad obsolescenza, di resistere ad azioni sismiche.

L'**esposizione** é costituita dal complesso dei beni e delle attività che possono subire perdite per effetto del sisma.

COSA SAPIAMO FARE PER LA STIMA DELLA PERICOLOSITA' CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO...

1. *Conosciamo l'entità della deformazione e le sue caratteristiche generali dall'analisi geologica e da osservazioni dirette*
2. *Sappiamo che esistono zone nelle quali questa deformazione è più intensa e dove quindi si può accumulare energia sufficiente a generare un terremoto*
3. *Abbiamo tracce (documentarie o geologiche) di terremoti che nel passato sono stati generati da alcune di queste strutture*
4. *Sappiamo dalla storia che in certe aree i terremoti sono più frequenti che in altre*



LA CLASSIFICAZIONE SISMICA

Dal 1909 al 1998

Dal 1909 al 1981 solo il 25%
circa fu classificato sismico

La classificazione sismica nel 1909

1909

Con il regio Decreto n. 2412 del 22.11.1909, la Commissione Sismica, presieduta da G. B. Rossi, ha classificato in sei zone sismiche le diverse parti del territorio italiano. La prima zona sismica è stata individuata nel 1909 nel 1° Circolo di Aversa, nella Provincia di Caserta, e nella Provincia di Avellino.

La classificazione sismica nel 1915

1915

In seguito al regio Decreto n. 2527 del 10.12.1915, la Commissione Sismica, presieduta da G. B. Rossi, ha classificato in sei zone sismiche le diverse parti del territorio italiano. La prima zona sismica è stata individuata nel 1915 nel 1° Circolo di Aversa, nella Provincia di Caserta, e nella Provincia di Avellino.

La classificazione sismica nel 1927

1927

Il regio Decreto n. 2412 del 22.11.1927, ha classificato in sei zone sismiche le diverse parti del territorio italiano. La prima zona sismica è stata individuata nel 1927 nel 1° Circolo di Aversa, nella Provincia di Caserta, e nella Provincia di Avellino.

La classificazione sismica nel 1930

1930

Il regio Decreto n. 1032 del 14.11.1930, ha classificato in sei zone sismiche le diverse parti del territorio italiano. La prima zona sismica è stata individuata nel 1930 nel 1° Circolo di Aversa, nella Provincia di Caserta, e nella Provincia di Avellino.

La classificazione sismica nel 1935

1935

Il regio Decreto n. 2010 del 10.11.1935, ha classificato in sei zone sismiche le diverse parti del territorio italiano. La prima zona sismica è stata individuata nel 1935 nel 1° Circolo di Aversa, nella Provincia di Caserta, e nella Provincia di Avellino.

La classificazione sismica nel 1937

1937

Con il regio Decreto n. 2125 del 22.11.1937, la Commissione Sismica, presieduta da G. B. Rossi, ha classificato in sei zone sismiche le diverse parti del territorio italiano. La prima zona sismica è stata individuata nel 1937 nel 1° Circolo di Aversa, nella Provincia di Caserta, e nella Provincia di Avellino.

La classificazione sismica nel 1952

1952

In seguito al regio Decreto n. 612 del 20.12.1952, la Commissione Sismica, presieduta da G. B. Rossi, ha classificato in sei zone sismiche le diverse parti del territorio italiano. La prima zona sismica è stata individuata nel 1952 nel 1° Circolo di Aversa, nella Provincia di Caserta, e nella Provincia di Avellino.

La classificazione sismica nel 1975

1975

Il regio Decreto n. 1174 del 11.12.1975, ha classificato in sei zone sismiche le diverse parti del territorio italiano. La prima zona sismica è stata individuata nel 1975 nel 1° Circolo di Aversa, nella Provincia di Caserta, e nella Provincia di Avellino.

La classificazione sismica nel 1984

1984

In seguito al regio Decreto n. 1174 del 11.12.1984, la Commissione Sismica, presieduta da G. B. Rossi, ha classificato in sei zone sismiche le diverse parti del territorio italiano. La prima zona sismica è stata individuata nel 1984 nel 1° Circolo di Aversa, nella Provincia di Caserta, e nella Provincia di Avellino.

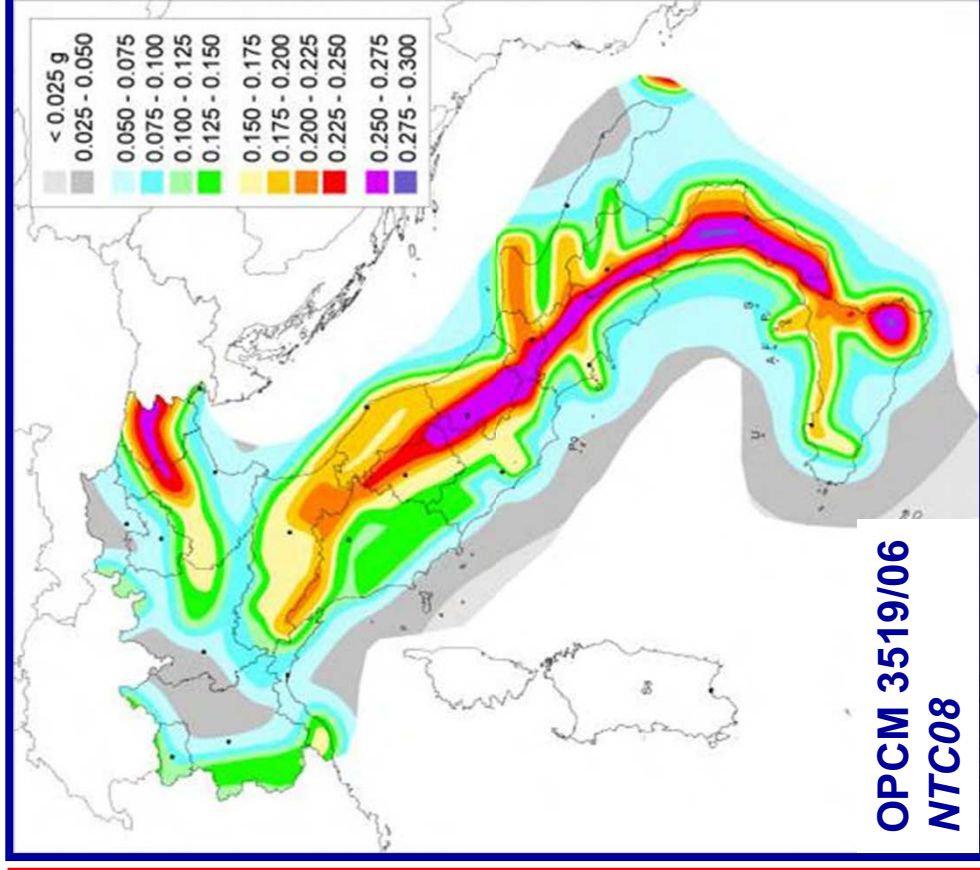
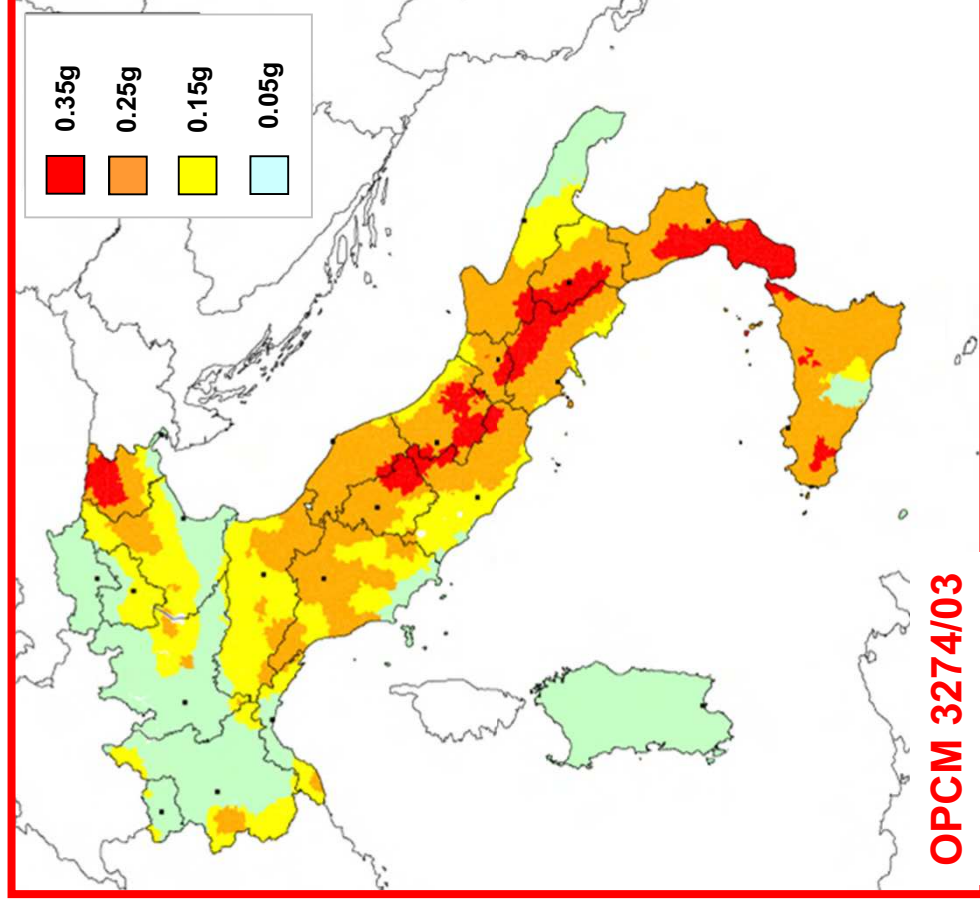
La classificazione sismica nel 1998

1998

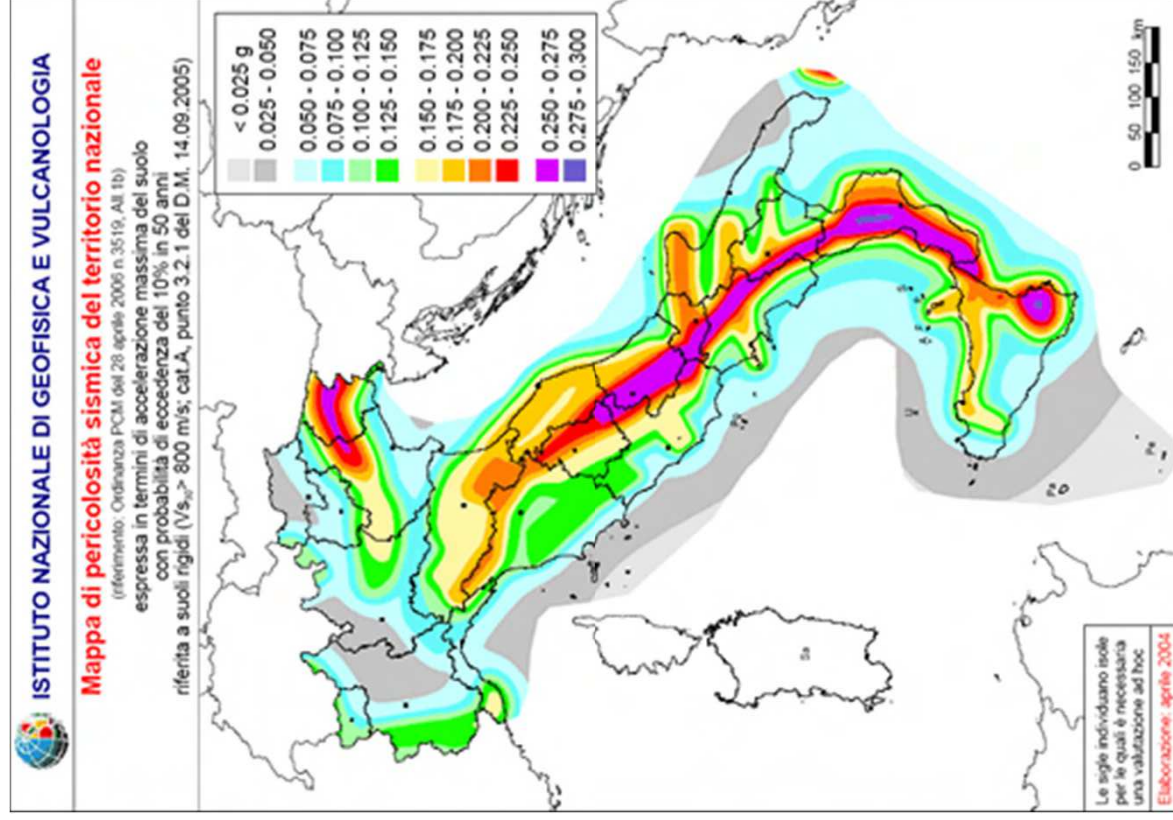
La Commissione Nazionale di Protezione e Impugnazione dei Termini Sismici ha classificato in sei zone sismiche le diverse parti del territorio italiano. La prima zona sismica è stata individuata nel 1998 nel 1° Circolo di Aversa, nella Provincia di Caserta, e nella Provincia di Avellino.

LA MAPPA DI PERICOLOSITA' SISMICA Dalla OPCM3274 alla OPCM3519/06 (NTC08)

Valori dell'accelerazione massima al suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($T_R = 475$ anni)



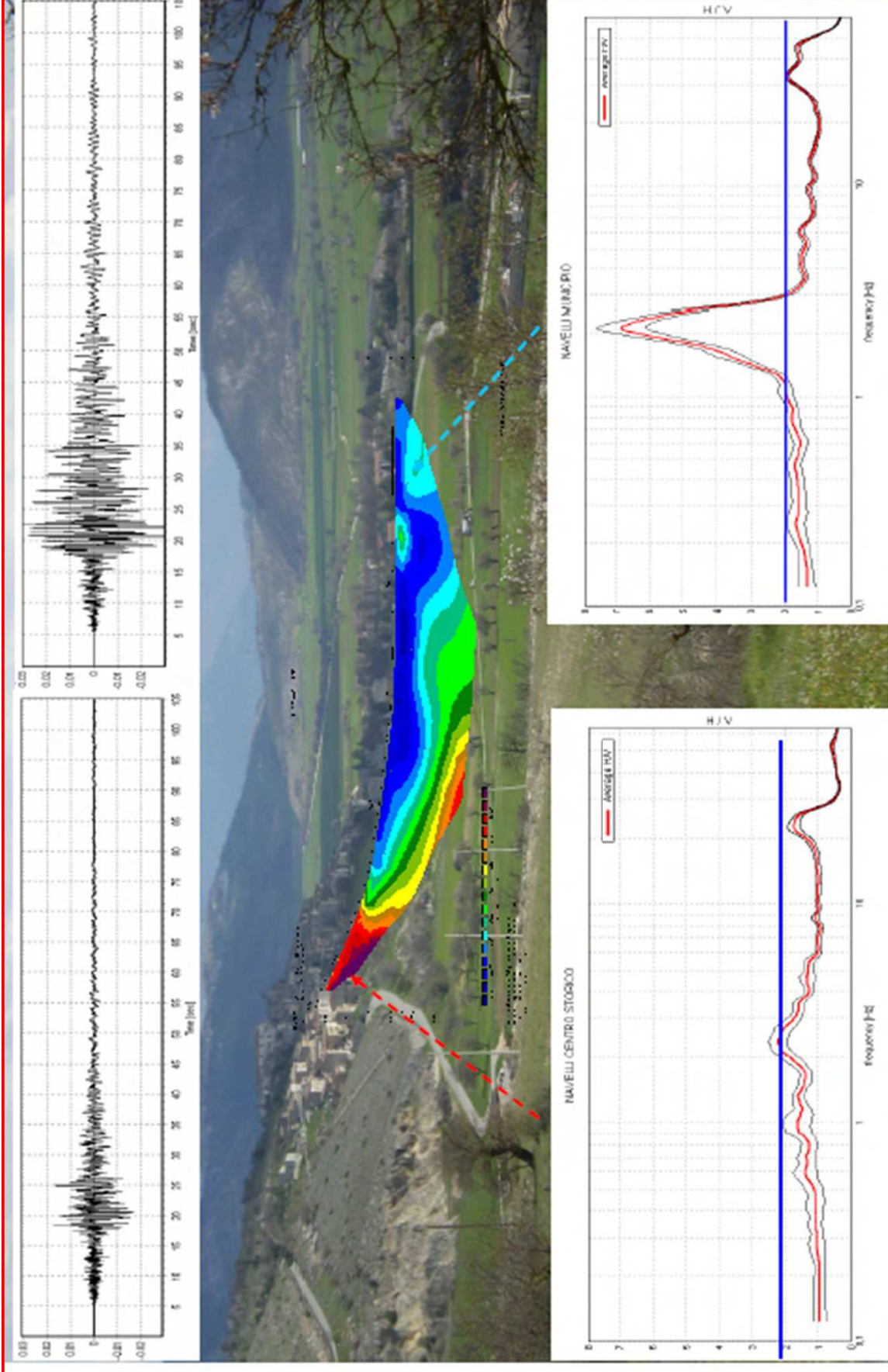
COSA SAPPIAMO FARE PER SULLA STIMA DELLA PERICOLOSITA' CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO...



Queste carte identificano il massimo **"ragionevole"** dello scenario di scuotimento che ci si può aspettare in 50 anni per tutto il territorio nazionale

"Ragionevole" vuol dire che **scenari anche più gravi sono effettivamente possibili** ma sono giudicati (per scelta politica) **troppo poco verosimili** per dare supporto a scelte operative **valide e sostenibili**

COSA SAPPIAMO FARE SULLA STIMA DELLA PERICOLOSITA' Risposta Sismica Locale e Microzonazione Sismica



Cortesia del Prof. M. Mucciarelli (UNIBAS)

COSA SAPPIAMO FARE PER SULLA STIMA DELLA PERICOLOSITA' CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO...

Tabella 3.2.1 – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Gli stati limite ultimi sono:

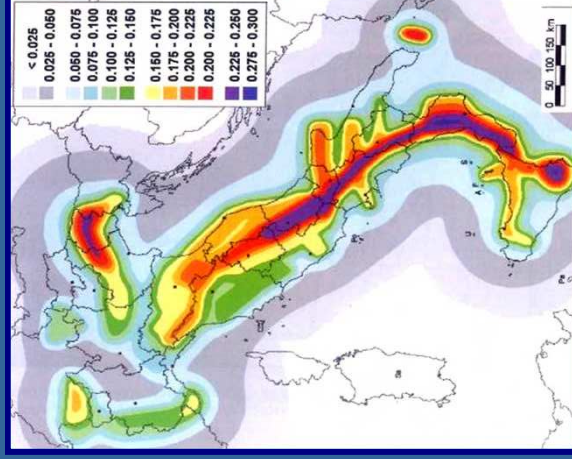
- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

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**.

RISCHIO =

Pericolosità



Vulnerabilità

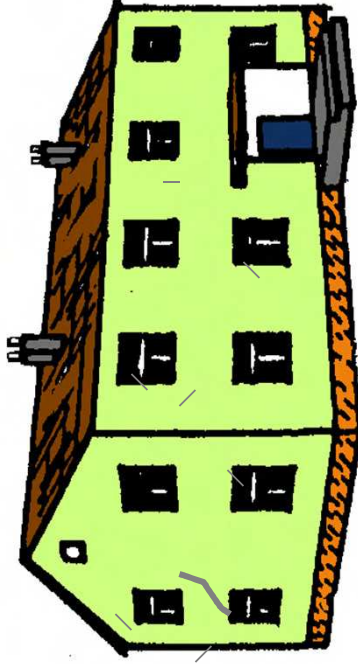


Esposizione

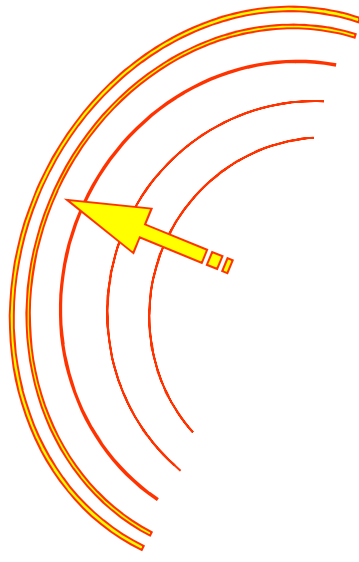
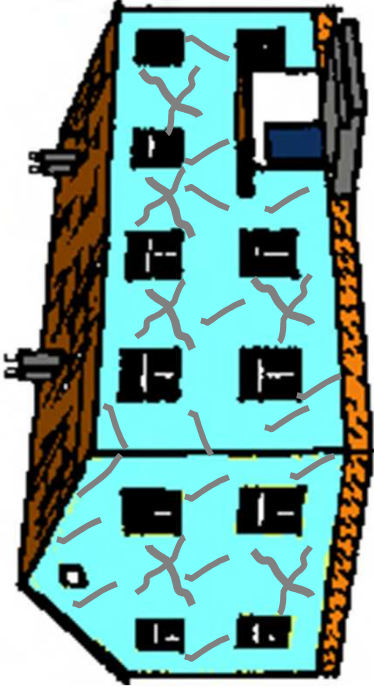


VULNERABILITA' SISMICA

Edificio **MENO** Vulnerabile



Edificio **PIU'** Vulnerabile



UGUALE AZIONE SISMICA

Edificio **MENO**
Danneggiato

Edificio **MENO**
Vulnerabile

Edificio **PIU'**
Danneggiato

Edificio **PIU'**
Vulnerabile



VULNERABILITA' e DANNO



CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE CHE INFLUENZANO LA VULNERABILITA' DELLE STRUTTURE

- **Età di costruzione** → classificazione sismica, Norme tecniche
- **Materiale:** muratura, cemento armato, acciaio, ecc.
- **Schema resistente:** struttura a telai, pareti, ecc.
- **Regolarità strutturale** in pianta ed in elevazione
- **Altezza della struttura**
- **Stato di conservazione**
- **Dettagli costruttivi**
- ...

VULNERABILITÀ SISMICA

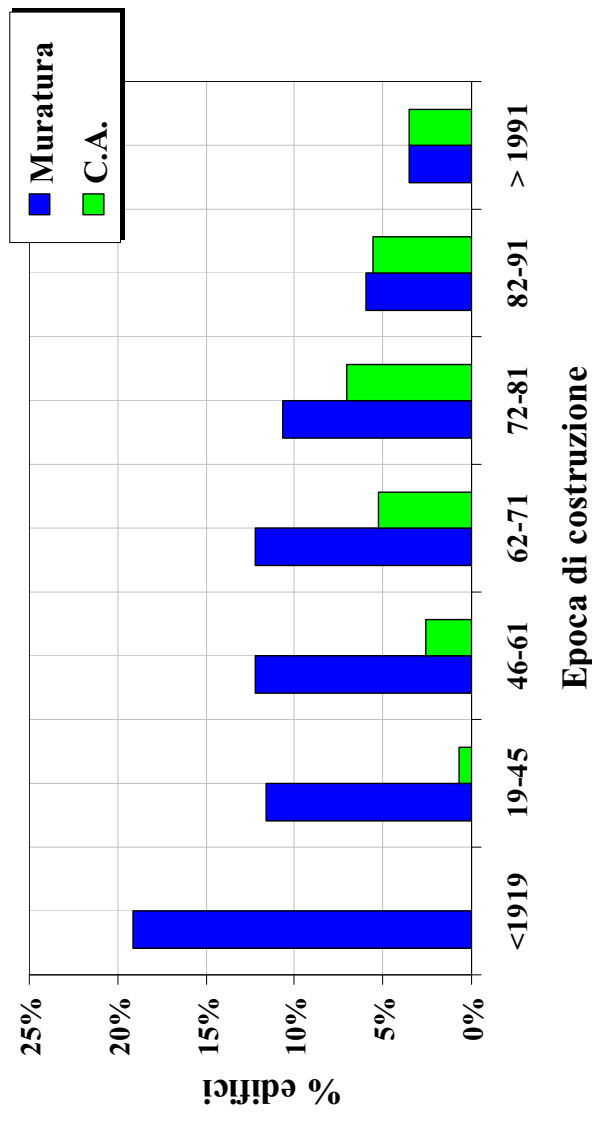
Età di Costruzione

L'EDILIZIA ITALIANA - DATI ISTAT 2011



**Edifici ... piuttosto
STANCHI !**

L'età di Costruzione - La Normativa
Tecnica di Progetto

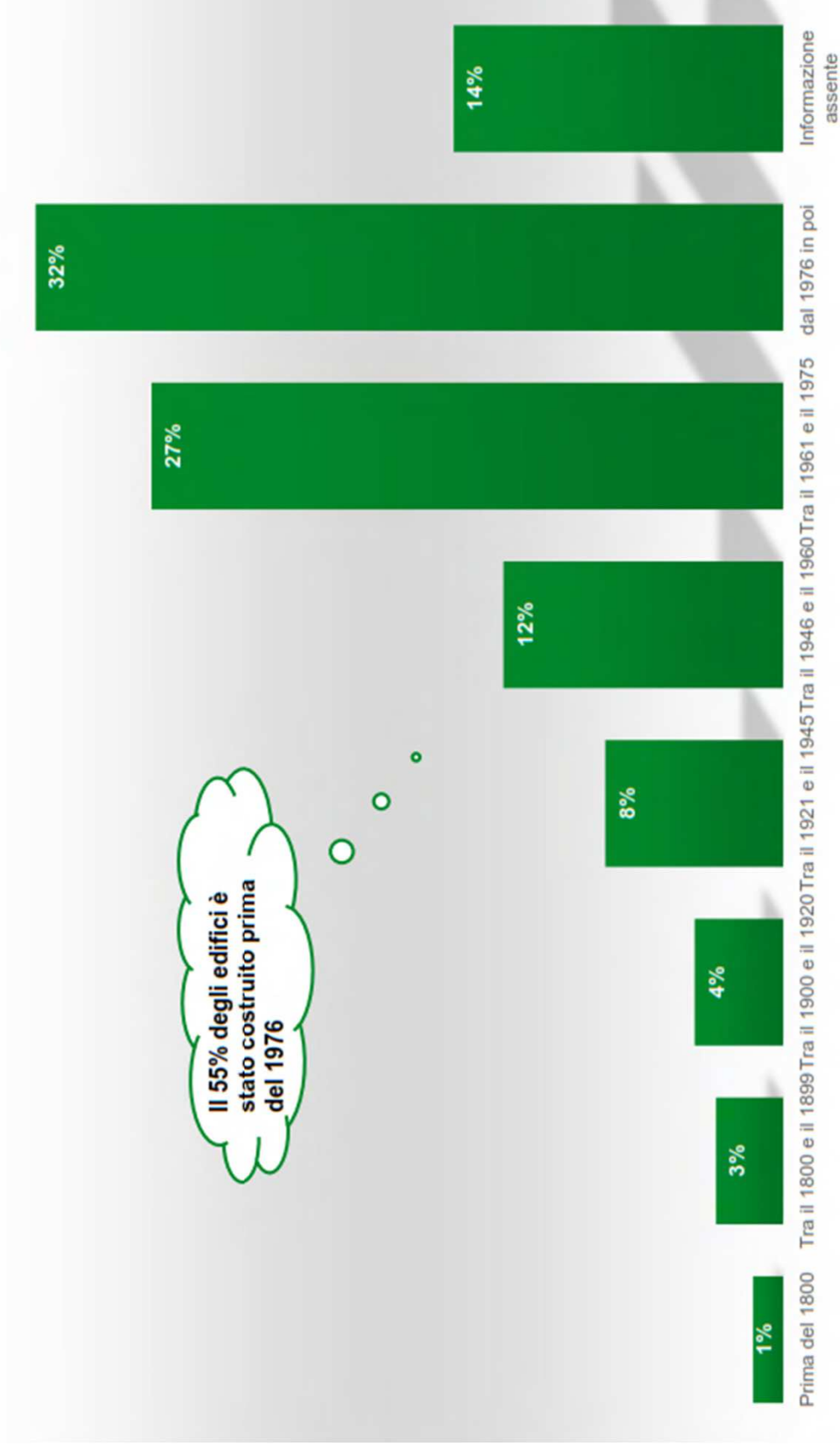


Evoluzione della Normativa

Tecnica → ...

ANAGRAFE NAZIONALE EDILIZIA SCOLASTICA

Edifici Censiti al 2015



CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE CHE INFLUENZANO LA VULNERABILITA' DELLE STRUTTURE

- **Età di costruzione** → classificazione sismica, Norme tecniche
- **Materiale:** muratura, cemento armato, acciaio, ecc.
- **Schema resistente:** struttura a telai, pareti, ecc.
- **Regolarità strutturale** in pianta ed in elevazione
- **Altezza della struttura**
- **Stato di conservazione**
- **Dettagli costruttivi**
- ...

TIPOLOGIA STRUTTURALE

EDIFICIO IN CEMENTO ARMATO



EDIFICIO IN MURATURA



EDIFICIO IN ACCIAIO



EDIFICIO IN LEGNO

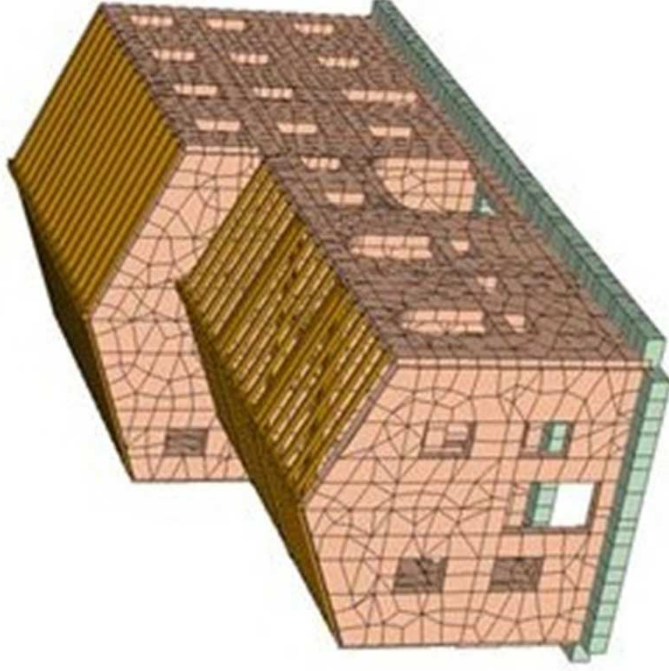


VULNERABILITÀ SISMICA

Tipologia Strutturale

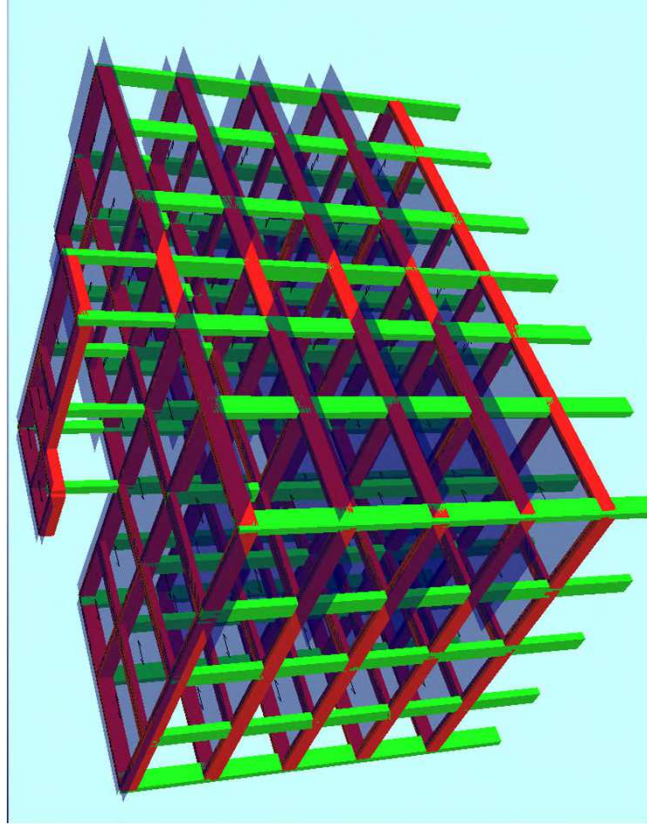
LE TIPOLOGIE STRUTTURALI PIÙ DIFFUSE IN ITALIA SONO
LA MURATURA E IL CEMENTO ARMATO

Edifici in MURATURA



Schema Strutturale a
RESISTENZA DISTRIBUITA

Edifici in CEMENTO
ARMATO



Schema Strutturale a
RESISTENZA CONCENTRATA

VULNERABILITÀ SISMICA

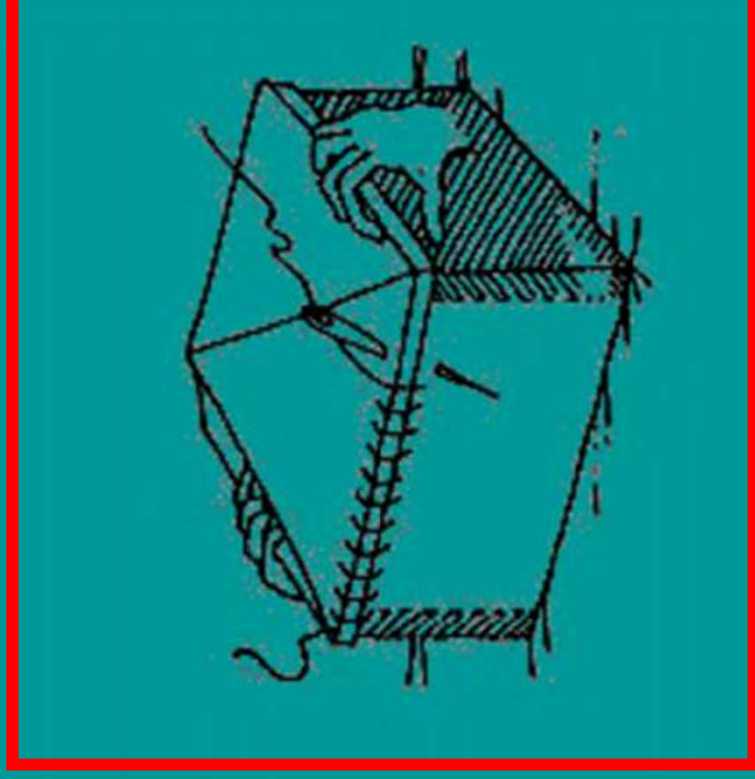
Strutture in Muratura

IL COMPORTAMENTO "SCATOLARE"
COLLASSI NEL PIANO E FUORI DAL PIANO DELLE PARETI

Azioni nel piano



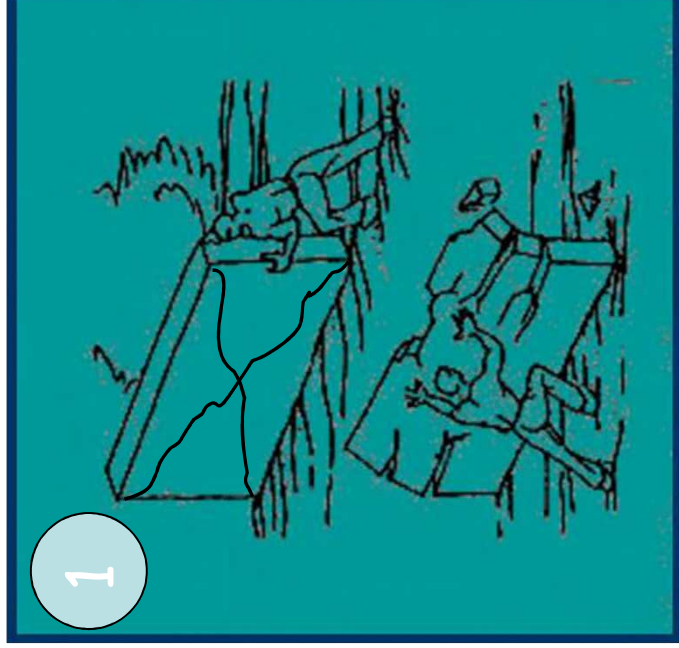
Azioni fuori dal piano



VULNERABILITÀ SISMICA

Strutture in Muratura

COLLASSI NEL PIANO DELLE MURATURE

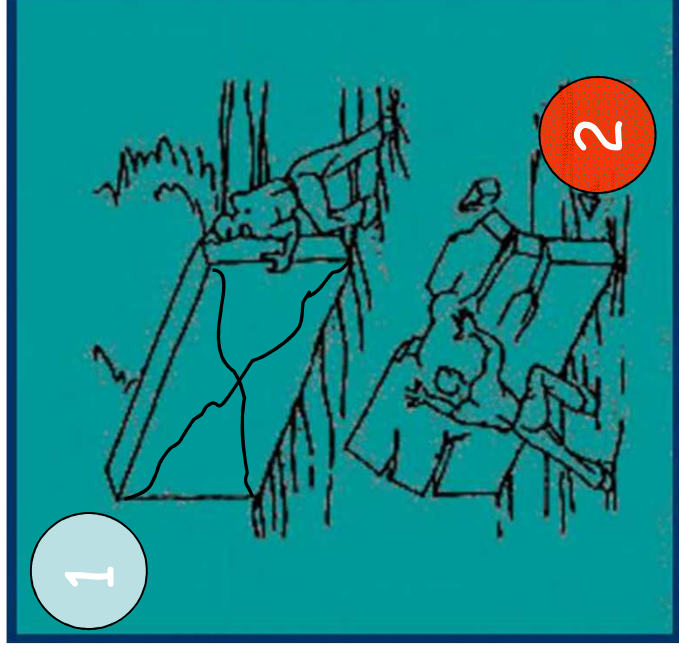


Danni alle Strutture in Muratura (L'Aquila, 2009)

VULNERABILITÀ SISMICA

Strutture in Muratura

COLLASSI FUORI DAL PIANO DELLE MURATURE

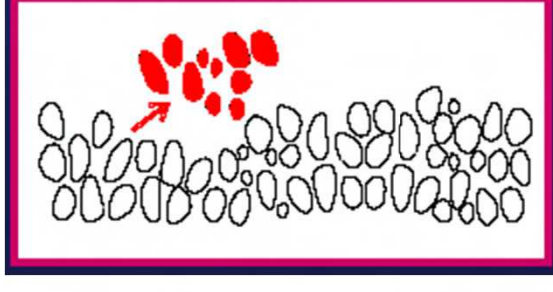


Danni alle Strutture in Muratura (L'Aquila, 2009)

VULNERABILITÀ SISMICA

Strutture in Muratura

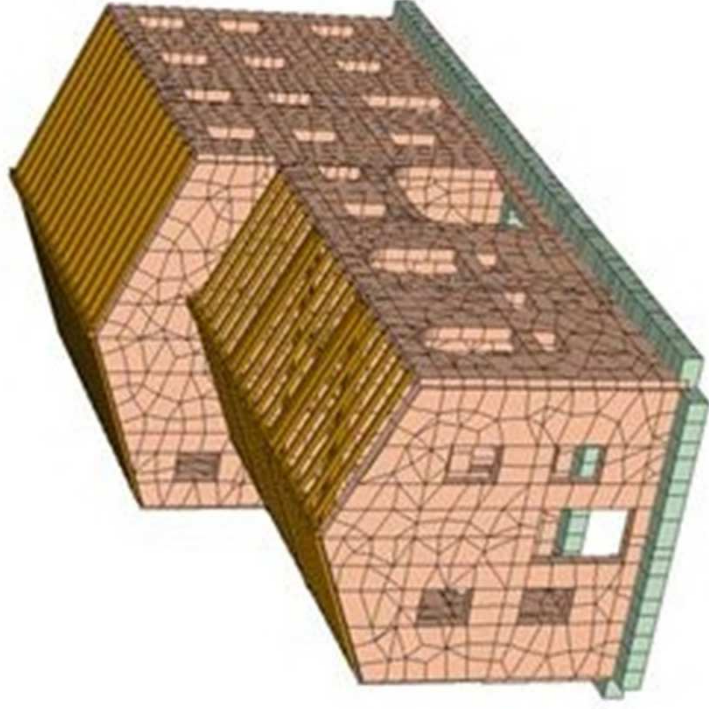
DISGREGAZIONE DELLA TESSITURA MURARIA



VULNERABILITÀ SISMICA

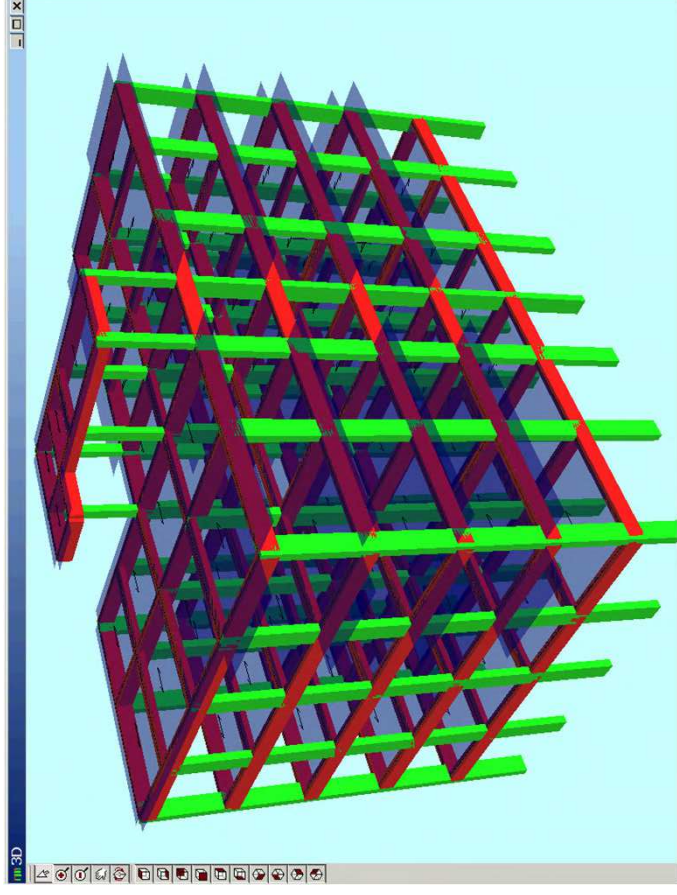
Tipologia Strutturale

Edifici in MURATURA



**Schema Strutturale a
RESISTENZA DISTRIBUITA**

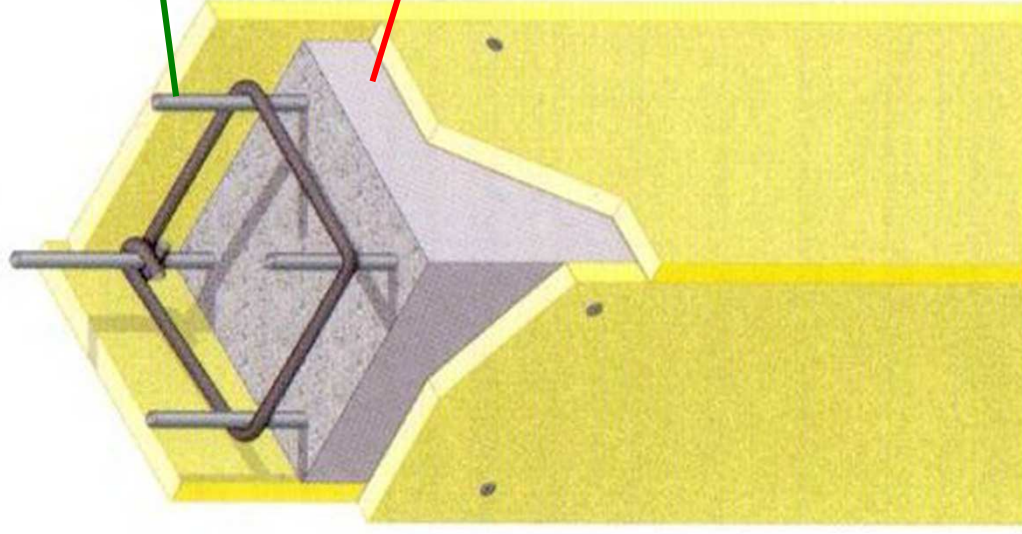
**Edifici in CEMENTO
ARMATO**



**Schema Strutturale a
RESISTENZA CONCENTRATA**

VULNERABILITÀ SISMICA

CEMENTO ARMATO = CALCESTRUZZO + ACCIAIO



ARMATURE DI ACCIAIO

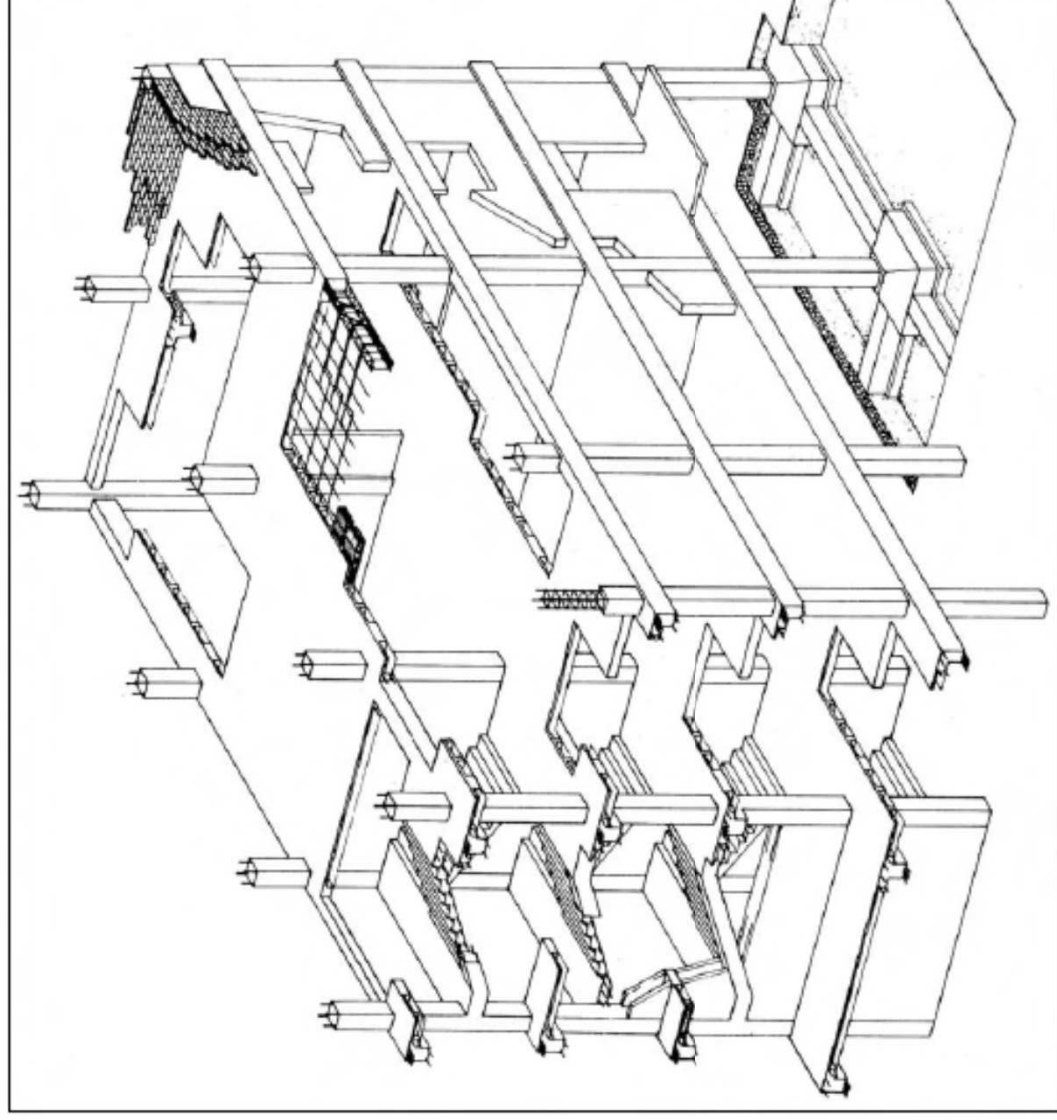


CALCESTRUZZO



STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

UNA STRUTTURA IN CEMENTO ARMATO E' COMPOSTA DA:



STRUTTURE DI
FONDAZIONE

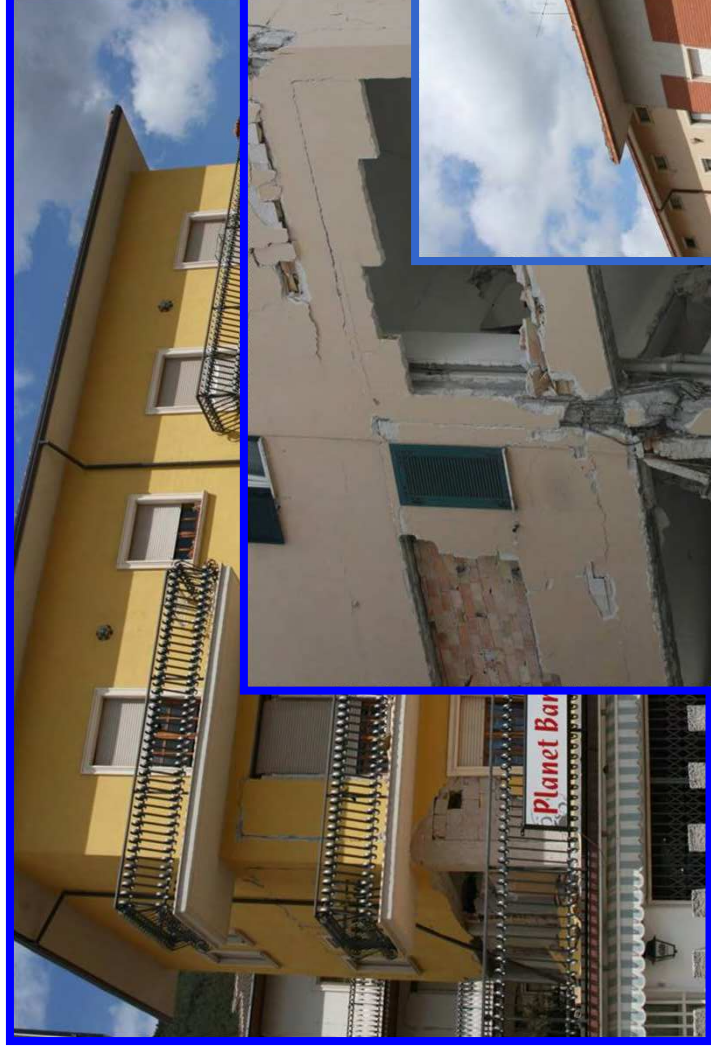
STRUTTURE IN
ELEVAZIONE:

- Impalcati orizzontali
(o inclinati)
⇒ solai
⇒ travi di piano
- Elementi strutturali
verticali
⇒ pilastri
⇒ setti
- Strutture delle scale

VULNERABILITÀ SISMICA

Strutture in Cemento Armato

Terremoto de L'Aquila 06.04.2009 (M6.3)



Severo Danno Elementi Non
Strutturali -
Lieve Danno Elementi
Strutturali



Severo Danno El
Strutturali e S

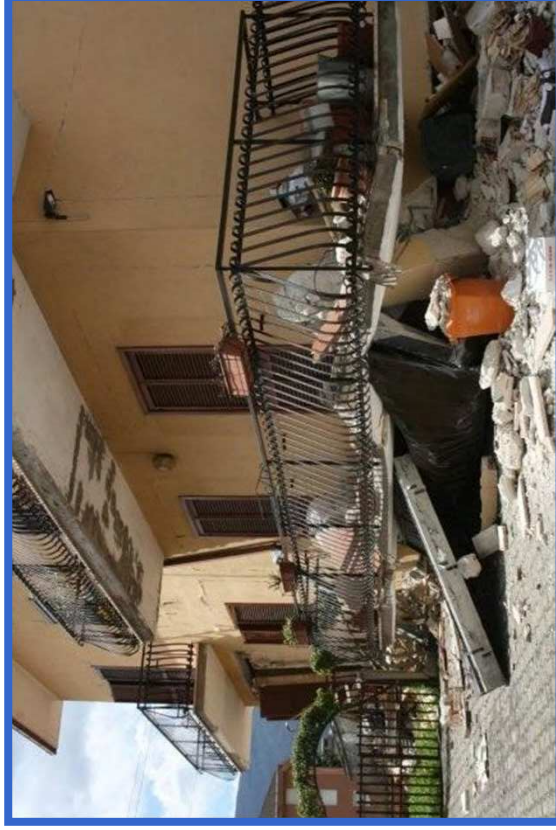
**COLLASSO
DI PIANO**



VULNERABILITÀ SISMICA

Strutture in Cemento Armato

Terremoto de L'Aquila 06.04.2009 (M6.3)



IL PIANO "SOFFICE"



VULNERABILITÀ SISMICA

Strutture in Cemento Armato

Terremoto centro Italia 2016 (Amatrice)



VULNERABILITÀ SISMICA

L'irregolarità in elevazione



Fonte: O.S. Bursi, T. Dusatti, R. Pucinotti, A reconnaissance report. The 6, April, 2009, L'Aquila earthquake, Italy

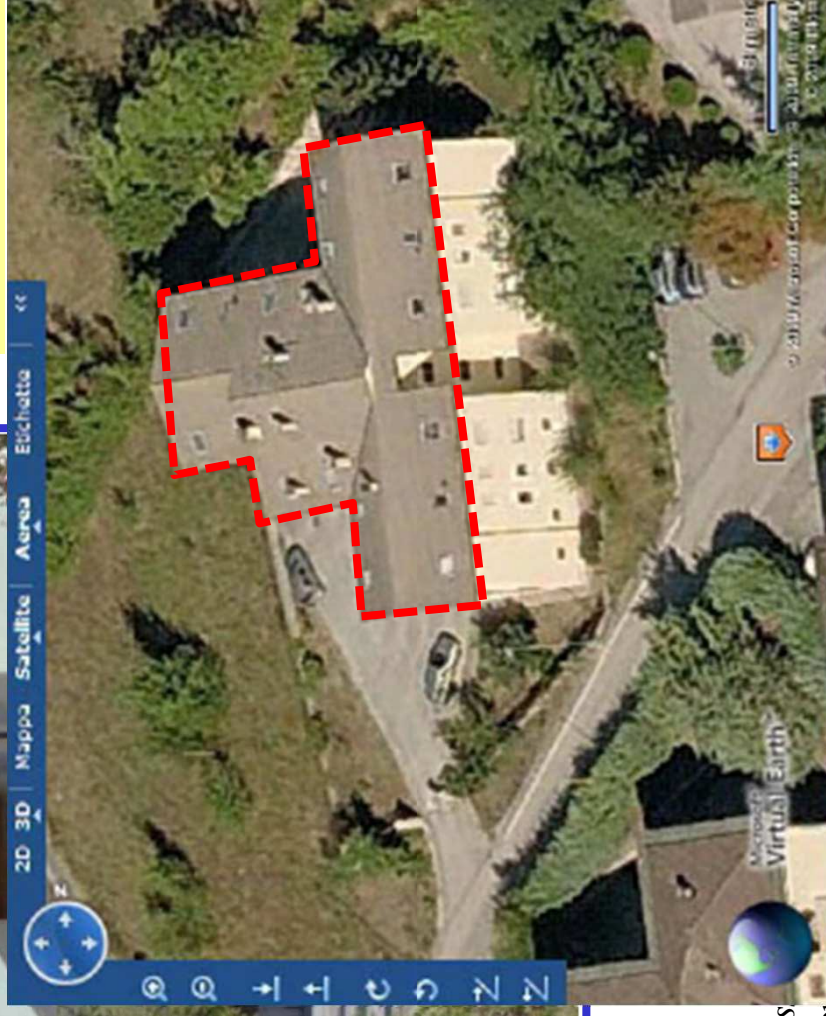
VULNERABILITÀ SISMICA

L'irregolarità in pianta e in elevazione



PRIMA

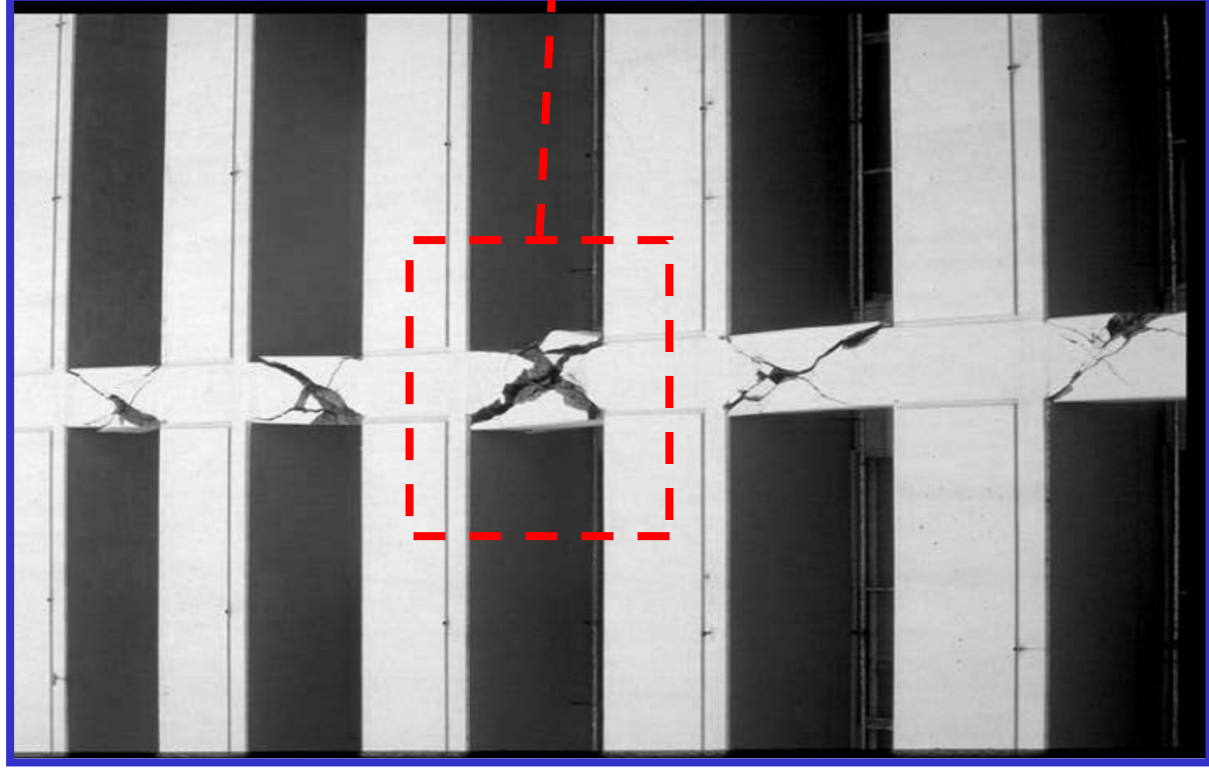
Pettino, edificio di 3 piani con forma in pianta "irregolare" e "garage" al piano terra



Fonte: O.S. Burs
Pucinotti, A reconnaissance report.
The 6, April, 2009, L'Aquila
earthquake, Italy

VULNERABILITÀ SISMICA

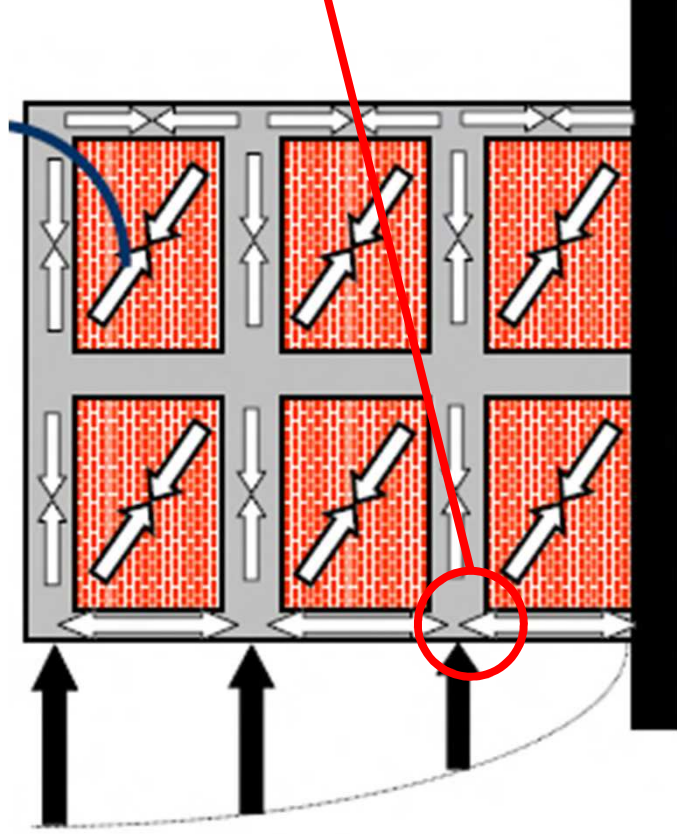
Il pilastro "fozzo"



VULNERABILITÀ SISMICA

Il ruolo delle tamponature

Reazione della
tamponatura

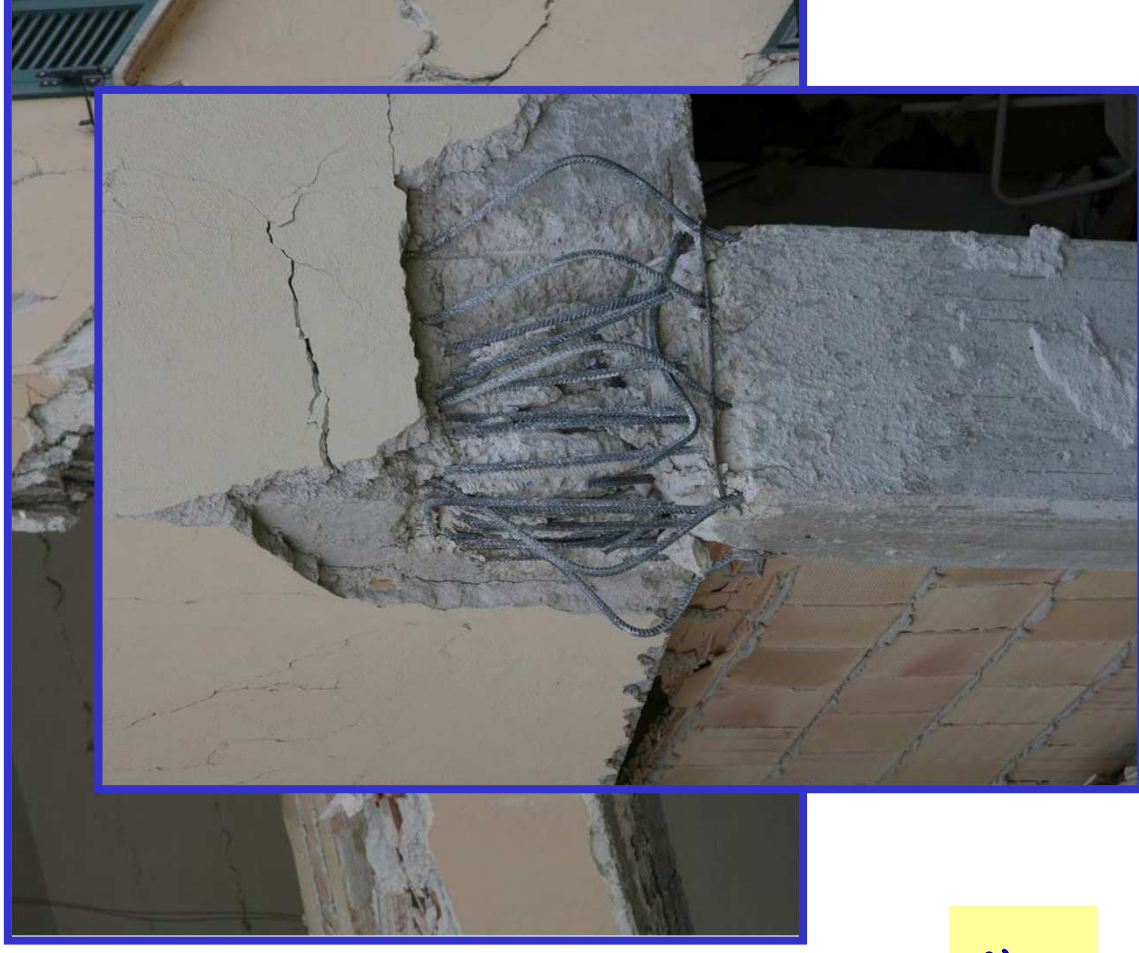
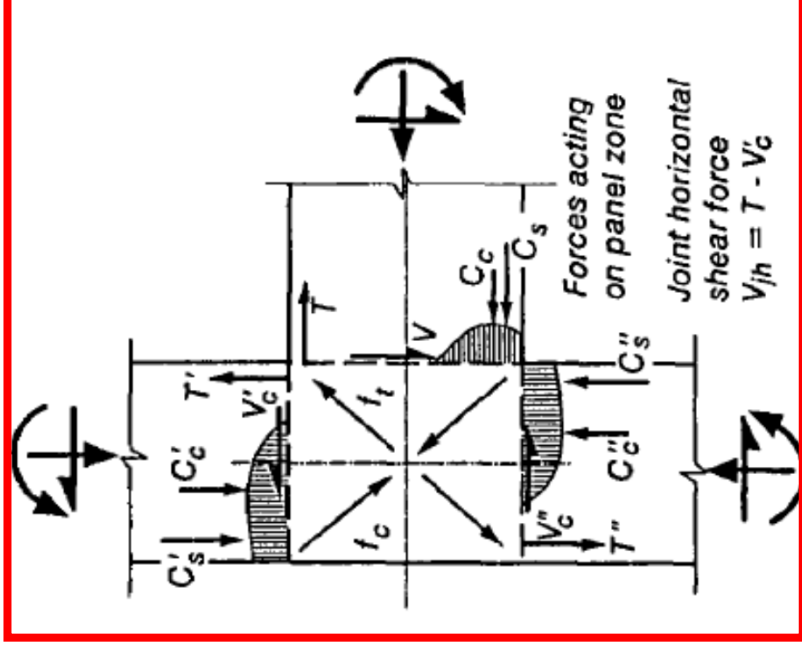


Crisi del nodo trave-colonna

**SCHEMA DI TELAIO CON
TAMPONATURE DISPOSTE AD
OGNI LIVELLO**

VULNERABILITÀ SISMICA

Il nodo trave-pilastro

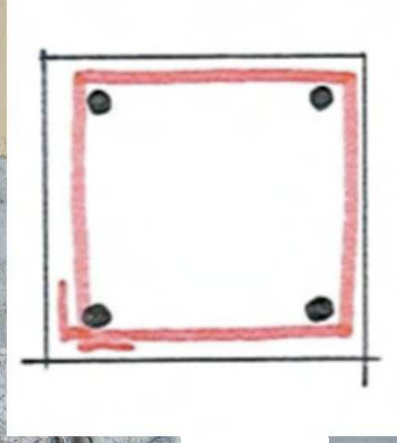
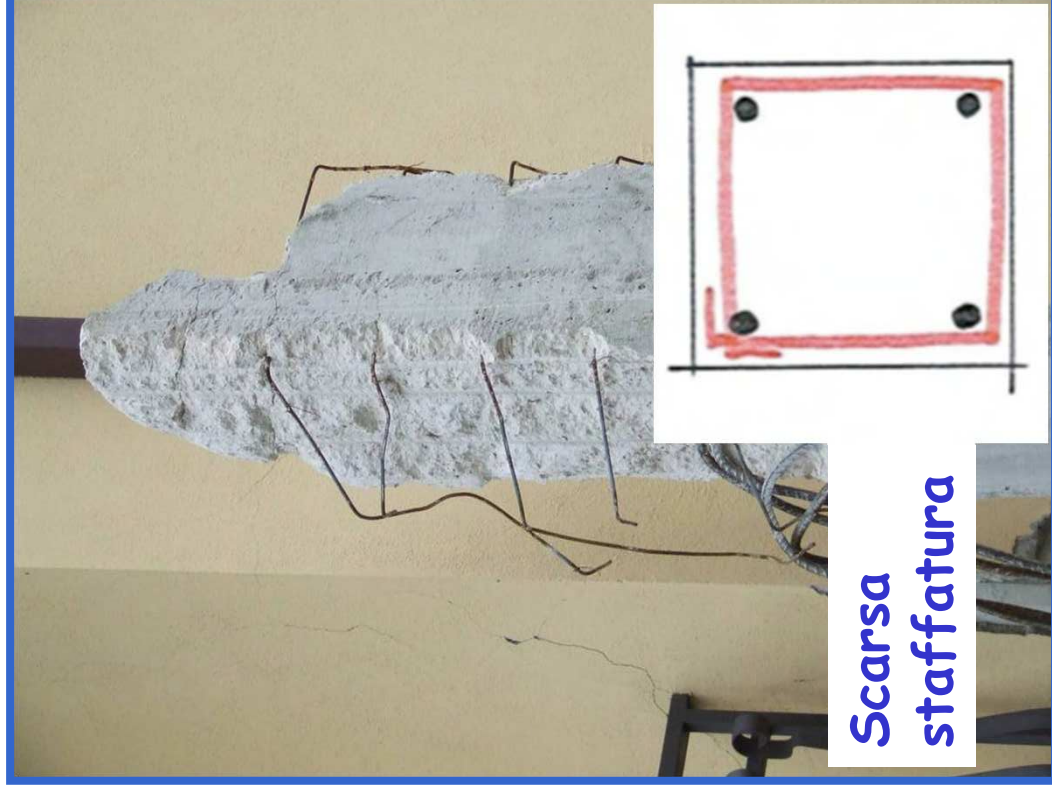
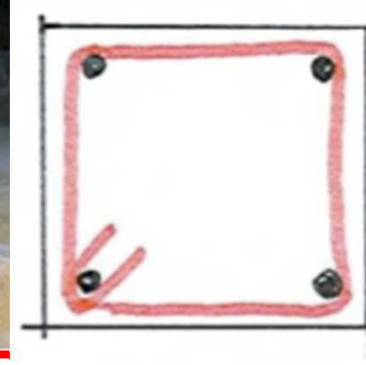
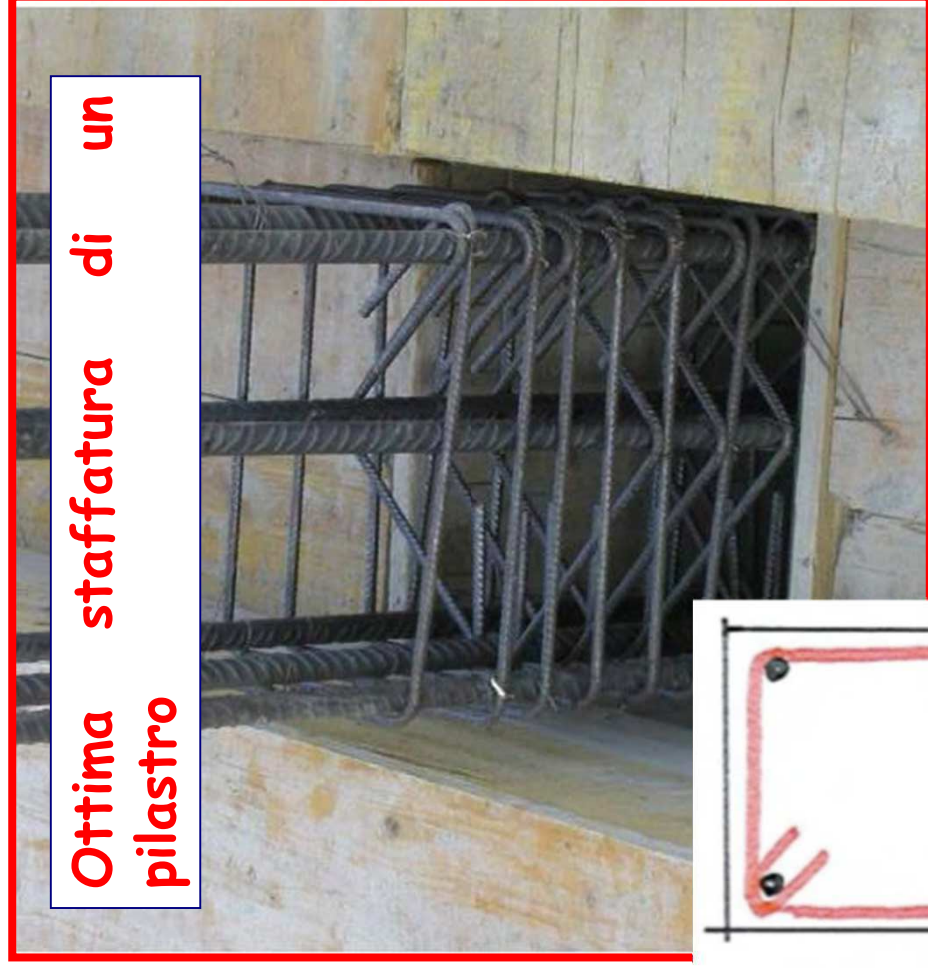


Nodi trave-colonna di strutture
in c.a. **NON STAFFATI**

VULNERABILITÀ SISMICA

Strutture in Cemento Armato

IL "PARTICOLARE COSTRUTTIVO" DIVENTA FONDAMENTALE

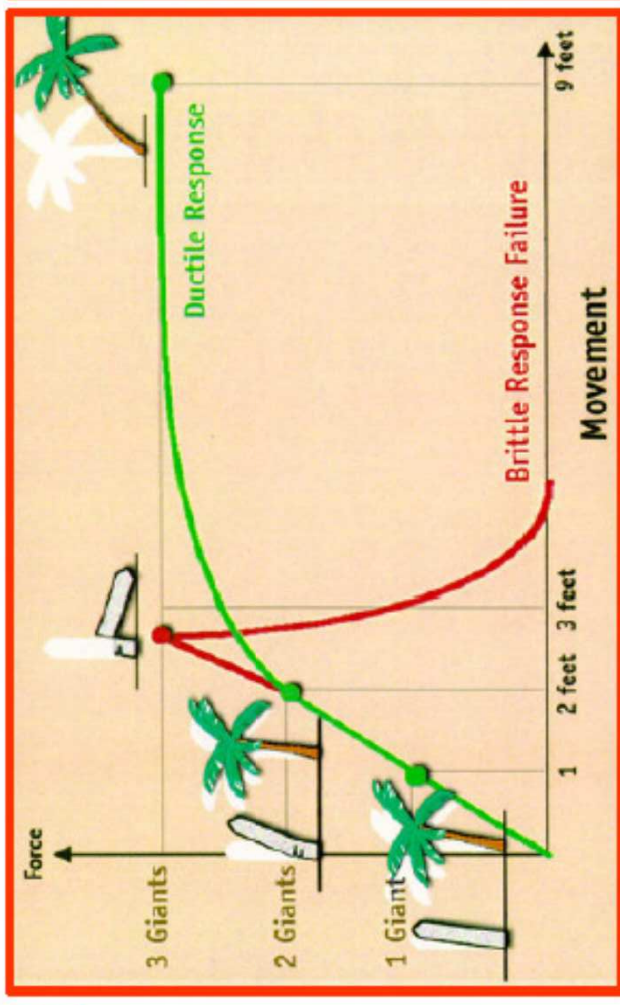
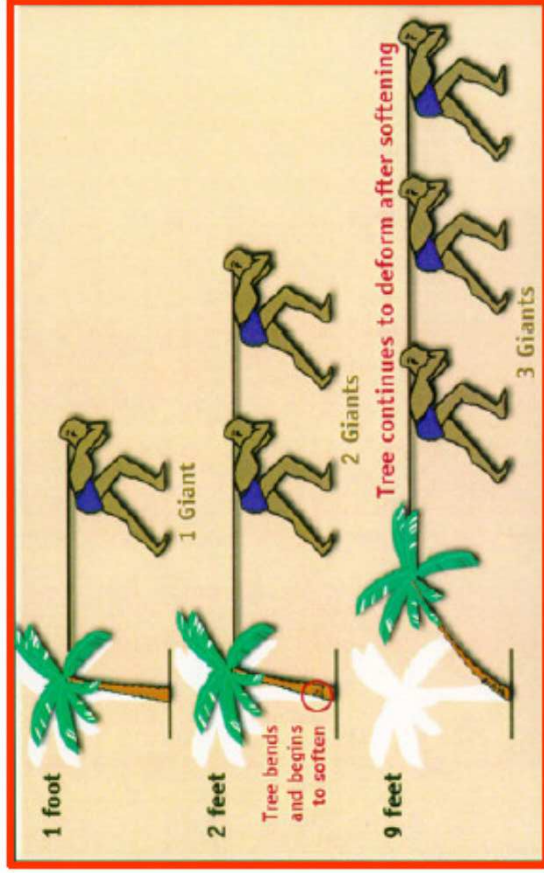
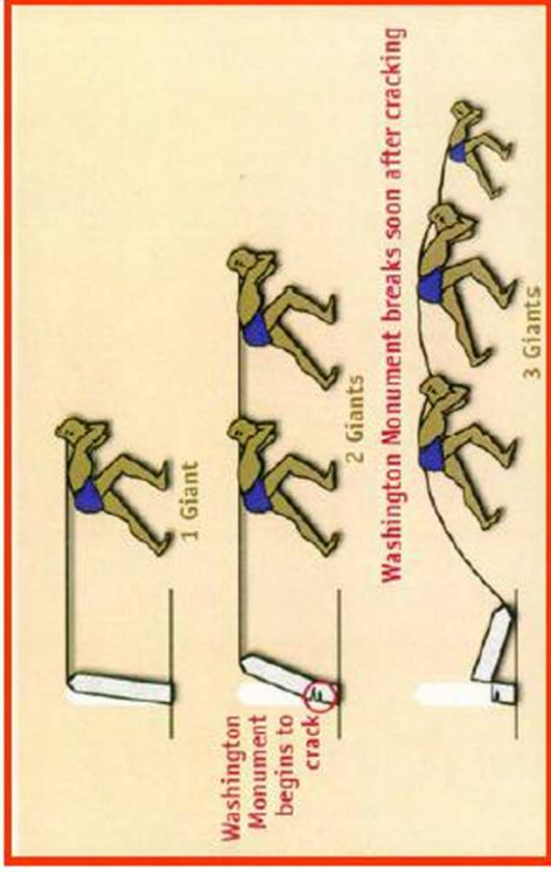


VULNERABILITÀ SISMICA

Strutture in Cemento Armato

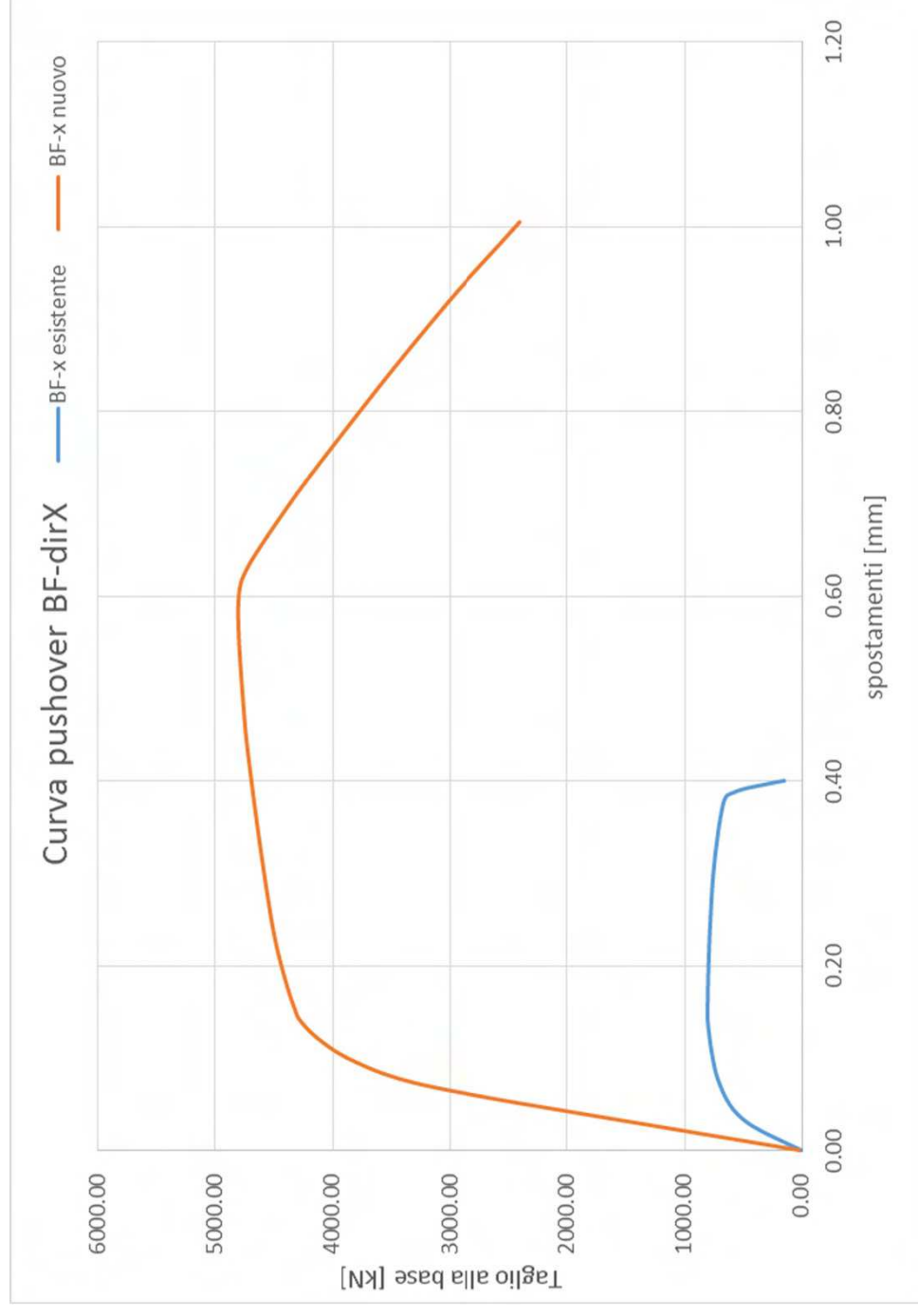
LA DUTTILITÀ

"... mi piego ma non mi spezzo"



VULNERABILITÀ SISMICA

Confronto tra un edificio esistente e uno nuovo



VULNERABILITÀ SISMICA

Strutture prefabbricate



L'assenza del collegamento trasversale trave-colonna ha determinato il collasso degli elementi di copertura



VULNERABILITÀ SISMICA *Strutture in Cemento Armato*

Il danneggiamento degli ELEMENTI NON STRUTTURALI



Il costo delle parti NON STRUTTURALI rappresenta il 70-80% del costo dell'intera costruzione

VULNERABILITÀ SISMICA

Gli elementi NON strutturali



Paramento realizzato all'esterno della maglia strutturale su "alette"
aggettanti dalle travi di piano → **vincoli inefficaci**

VULNERABILITÀ SISMICA

Strutture in Cemento Armato

Il danneggiamento degli ELEMENTI NON STRUTTURALI

Facoltà di Ingegneria - L'Aquila



PRIMA del sisma



DOPO del sisma

VULNERABILITÀ SISMICA **Gli elementi NON strutturali**



Collassi di tramezzi in laterizio

Esempi di collasso di tramezzature

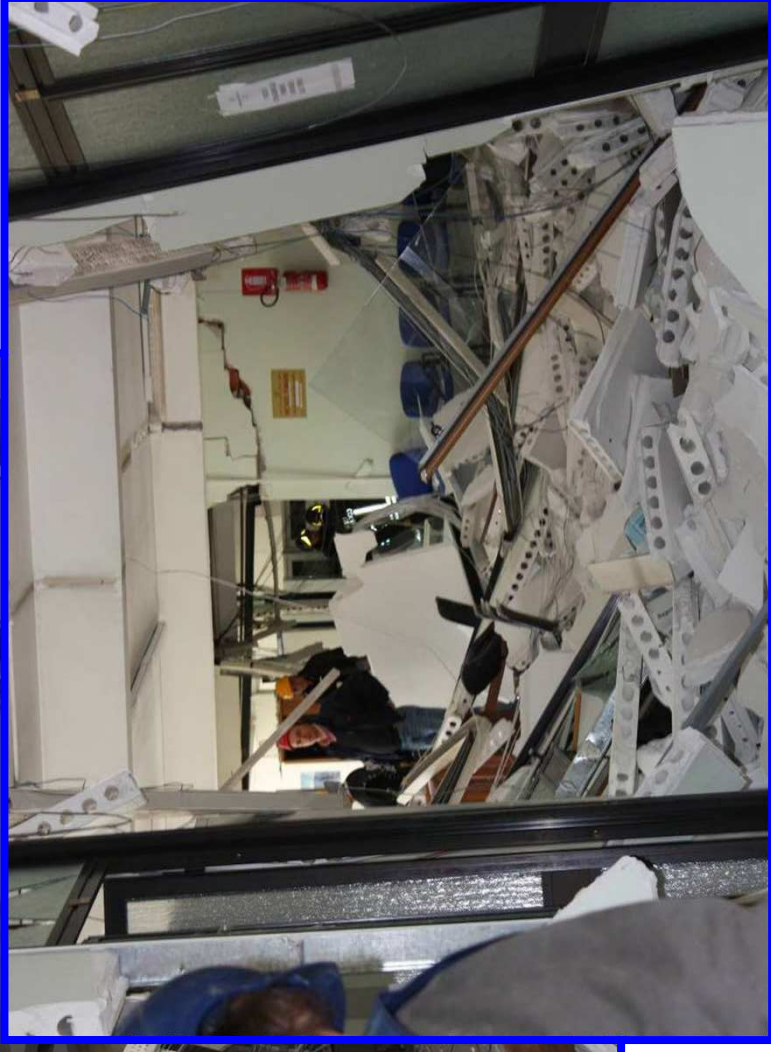


Collassi di tramezzi in gesso

VULNERABILITÀ SISMICA

Strutture in Cemento Armato

Il danneggiamento degli ELEMENTI NON STRUTTURALI



VULNERABILITÀ SISMICA

Strutture in Cemento Armato

Il danneggiamento degli ELEMENTI NON STRUTTURALI

Ospedale di Mirandola - Terremoto dell'Emilia 2012



VULNERABILITÀ SISMICA

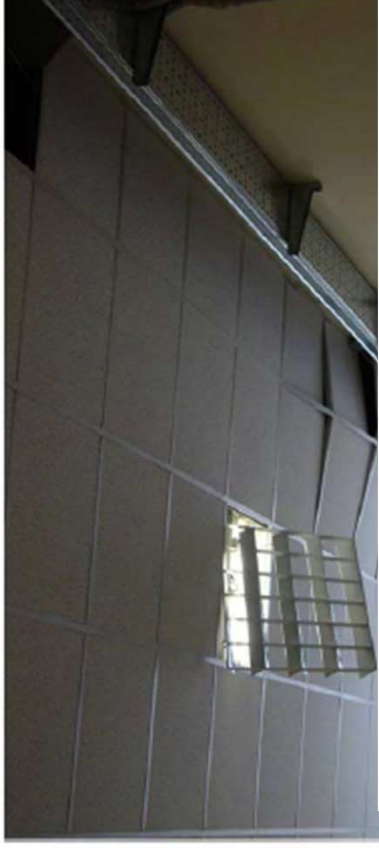
Elementi NON strutturali

Danneggiamento dei controsoffitti



© Reluis 2009
www.reluis.it

Ospedale San Salvatore



© Reluis 2009
www.reluis.it

Università de L'Aquila

VULNERABILITÀ SISMICA

Gli effetti sui contenuti

Ribaltamento degli arredi - Terremoto de L'Aquila 2009



VULNERABILITÀ SISMICA

Gli effetti sui contenuti

Ribaltamento degli arredi - Terremoto dell'Emilia 2012



Agibilità Emilia 2012

Evacuazione della
scuola a seguito del
terremoto



Agibilità Emilia 2012



Lesione sull'ingresso principale

Spostamento dei pannelli di
controsoffitto



Agibilità Emilia 2012

Lesioni nella zona di contatto
tra tramezzo e solaio



Agibilità Emilia 2012



Danno alle
controsottifittature



Rottura dei vetri della palestra

Agibilità Emilia 2012



prima



dopo



Distacco della cortina su una
via di accesso

Distacco di intonaco

Agibilità Centro Italia 2016



Lesione sull'architrave di una porta di un aula



Lesione su parete portante adiacente l'ingresso principale

VULNERABILITÀ SISMICA

Valutazione e Riduzione

A parità di sollecitazione sismica (**domanda**) quanto più l'edificio è capace di assorbire queste sollecitazioni senza subire danni (**capacità**) tanto meno è vulnerabile.

- 1. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ:**
definire la (**in**)capacità di sopportare azioni sismiche
- 2. RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ:**
intervenire per diminuire la domanda (ad es. alleggerendo l'edificio) o aumentare la capacità

STRATEGIA DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

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)

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 ...

LE VERIFICHE DI VULNERABILITÀ SISMICA DI EDIFICI ESISTENTI (Cap. VIII - NTC-2008) - C'È UN OBBLIGO?

Per gli **edifici privati** ad uso residenziale, ad oggi, nessun obbligo normativo impone al proprietario, o al legale rappresentante, di procedere alla verifica di vulnerabilità sismica ad esclusione della ricorrenza di anche una delle seguenti situazioni (§ 8.3 Norme Tecniche per le Costruzioni 2008):

- **riduzione evidente della capacità resistente** e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti di essa dovuta ad azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni), situazioni di funzionamento ed uso anomalo, deformazioni significative imposte da cedimenti del terreno di fondazione;
- **provati gravi errori di progetto o di costruzione;**
- **cambio della destinazione d'uso** della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o della classe d'uso della costruzione;
- **interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano,** anche solo in parte, **con elementi aventi funzione strutturale** e, in modo consistente, ne riducano la capacità o ne modifichino la rigidità.

LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

Dalle Verifiche agli Interventi

Quanto costa una VERIFICA sismica

- Mediamente 2,5 Euro/mc (al 2003)
- Per un edificio di 10.000 mc sono necessari circa 25.000 Euro

Quanto costa un INTERVENTO di rafforzamento

- Mediamente tra 150 e 400 Euro/mc (dipende dal tipo di intervento e dall'esito della verifica)
- Per un edificio di 10.000 mc possono essere necessari fino a 4.000.000 Euro

Vale la pena di fare le VERIFICHE ?

- SI (e ben fatte): se ne ricava tipo, entità ed urgenza dell'intervento
- SI: basta un risparmio sull'intervento di poche unità per cento per ripagare il costo della verifica

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA

Scheda di SINTESI

1) Identificazione del sito

Comune: _____ Prov.: _____

Indirizzo: _____

Coordinate geografiche (lat./long.): _____

2) Dati generali dell'edificio

Tipologia: _____

Numero di piani: _____

Superficie totale: _____

Volume: _____

3) Descrizione sintetica dell'edificio

Materiali: _____

Struttura: _____

Stato di conservazione: _____

4) Dati generali del proprietario

Nome: _____

Indirizzo: _____

Telefono: _____

5) Note

6) Verifica della vulnerabilità sismica

6.1) Verifica della vulnerabilità globale

Indice di vulnerabilità globale: _____

6.2) Verifica della vulnerabilità locale

Indice di vulnerabilità locale: _____

6.3) Verifica della vulnerabilità strutturale

Indice di vulnerabilità strutturale: _____

6.4) Verifica della vulnerabilità non strutturale

Indice di vulnerabilità non strutturale: _____

6.5) Verifica della vulnerabilità globale (con correzioni)

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

7) Risultati della verifica

Classe di vulnerabilità: _____

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

8) Note

9) Verifica della vulnerabilità sismica

9.1) Verifica della vulnerabilità globale

Indice di vulnerabilità globale: _____

9.2) Verifica della vulnerabilità locale

Indice di vulnerabilità locale: _____

9.3) Verifica della vulnerabilità strutturale

Indice di vulnerabilità strutturale: _____

9.4) Verifica della vulnerabilità non strutturale

Indice di vulnerabilità non strutturale: _____

9.5) Verifica della vulnerabilità globale (con correzioni)

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

10) Risultati della verifica

Classe di vulnerabilità: _____

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

11) Note

12) Verifica della vulnerabilità sismica

12.1) Verifica della vulnerabilità globale

Indice di vulnerabilità globale: _____

12.2) Verifica della vulnerabilità locale

Indice di vulnerabilità locale: _____

12.3) Verifica della vulnerabilità strutturale

Indice di vulnerabilità strutturale: _____

12.4) Verifica della vulnerabilità non strutturale

Indice di vulnerabilità non strutturale: _____

12.5) Verifica della vulnerabilità globale (con correzioni)

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

13) Risultati della verifica

Classe di vulnerabilità: _____

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

14) Note

15) Verifica della vulnerabilità sismica

15.1) Verifica della vulnerabilità globale

Indice di vulnerabilità globale: _____

15.2) Verifica della vulnerabilità locale

Indice di vulnerabilità locale: _____

15.3) Verifica della vulnerabilità strutturale

Indice di vulnerabilità strutturale: _____

15.4) Verifica della vulnerabilità non strutturale

Indice di vulnerabilità non strutturale: _____

15.5) Verifica della vulnerabilità globale (con correzioni)

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

16) Risultati della verifica

Classe di vulnerabilità: _____

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

17) Note

18) Verifica della vulnerabilità sismica

18.1) Verifica della vulnerabilità globale

Indice di vulnerabilità globale: _____

18.2) Verifica della vulnerabilità locale

Indice di vulnerabilità locale: _____

18.3) Verifica della vulnerabilità strutturale

Indice di vulnerabilità strutturale: _____

18.4) Verifica della vulnerabilità non strutturale

Indice di vulnerabilità non strutturale: _____

18.5) Verifica della vulnerabilità globale (con correzioni)

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

19) Risultati della verifica

Classe di vulnerabilità: _____

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

20) Note

21) Verifica della vulnerabilità sismica

21.1) Verifica della vulnerabilità globale

Indice di vulnerabilità globale: _____

21.2) Verifica della vulnerabilità locale

Indice di vulnerabilità locale: _____

21.3) Verifica della vulnerabilità strutturale

Indice di vulnerabilità strutturale: _____

21.4) Verifica della vulnerabilità non strutturale

Indice di vulnerabilità non strutturale: _____

21.5) Verifica della vulnerabilità globale (con correzioni)

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

22) Risultati della verifica

Classe di vulnerabilità: _____

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

23) Note

24) Verifica della vulnerabilità sismica

24.1) Verifica della vulnerabilità globale

Indice di vulnerabilità globale: _____

24.2) Verifica della vulnerabilità locale

Indice di vulnerabilità locale: _____

24.3) Verifica della vulnerabilità strutturale

Indice di vulnerabilità strutturale: _____

24.4) Verifica della vulnerabilità non strutturale

Indice di vulnerabilità non strutturale: _____

24.5) Verifica della vulnerabilità globale (con correzioni)

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

25) Risultati della verifica

Classe di vulnerabilità: _____

Indice di vulnerabilità globale (con correzioni): _____

26) Note

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA

Scheda di SINTESI

SCHEDA DI SINTESI PER LA VERIFICA TECNICA SISMICA DI "LIVELLO 1" O DI "LIVELLO 2" PER GLI EDIFICI E LE OPERE STRATEGICHE AI FINI DELLA PROTEZIONE CIVILE O RILEVANTI IN CASO DI COLLASSO A SEGUITO DI EVENTO SISMICO

(Ordinanza n. 3274/2003 – Articolo 2, commi 3 e 4, DGR Lazio 766/03 all. 2)

1) Identificazione dell'edificio	riservato Regione		
Regione	Codice Istat 1 2	N° progressivo intervento	
Provincia	Codice Istat 0 5 F	Scheda n°	
Comune	Codice Istat 0 5 9	Data	/
Frazione/Località		Complesso edilizio composto da	edifici
Indirizzo		Codice identificativo	1
		Dati Catastali	Foglio Foglio Allegato
		Particelle	
		Posizione edificio	1 <input type="radio"/> Isolato 2 <input type="radio"/> Interno 3 <input type="radio"/> D'estremità 4 <input type="radio"/> D'angolo
		Coordinate geografiche (ED50 – UTM fuso 32-33)	
		E	Fuso
		N	
Num. Civico	C.A.P.		
Denominazione edificio			
Proprietario			
Utilizzatore			

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA

Scheda di SINTESI

2) Dati dimensionali e età costruzione/ristrutturazione							
N° Piani totali con interrati	Altezza media di piano [m]		Superficie media di piano [m ²]	D	Anno di progettazione		
	A	B	C	E	Anno di ultimazione della costruzione		
10	2	3	3	12	9	4	
F	<input checked="" type="checkbox"/> Nessun intervento eseguito sulla struttura dopo la costruzione						
G	Anno di progettazione ultimo intervento eseguito sulla struttura			G1		G2	G3
<input checked="" type="checkbox"/> Altro (specificare) G3 <input type="checkbox"/> Altro G3							

3) Materiale strutturale principale della struttura verticale							
Cemento armato	Acclio	Acclio - calcestruzzo	Muratura	Legno	Misto (Muratura e c.a.)	Prefabbricat in c.a. o c.a.p.	H
							Altro (specificare)
A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	G	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

4) Dati di esposizione			5) Dati Geotecnici		
Numero di persone mediamente presenti durante la fruizione ordinaria dell'edificio			Dati di indagini dirette eseguite per mezzo del finanziamento della Verifica Tecnica		
000250			<input checked="" type="checkbox"/>		
			Dati di indagini per altri lavori eseguiti, ma ricadenti nell'intorno del fabbricato		
			<input type="checkbox"/>		
			Dati di indagini utilizzando fonti bibliografiche		
			<input type="checkbox"/>		

6) Dati geomorfologici e geologici					
Geomorfologia del sito					
Crescia/Dirupo		Pendio Forte		Pendio leggero	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pianura
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Terra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Assenti
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presenti
Roccia		Vicinanza corso acqua			Falda entro 3m dal p.c.

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA

Scheda di SINTESI

7) Destinazione d'uso	
A Originaria	Codice d'uso 5 0 3
B Attuale	Codice d'uso 5 0 3

8) Descrizione degli eventuali interventi strutturali eseguiti		
A	Sopraelevazione	<input type="checkbox"/>
B	Ampliamento	<input type="checkbox"/>
C	Variazione di destinazione che ha comportato un incremento dei carichi originari al singolo piano superiore al 20%	<input type="checkbox"/>
D	Interventi strutturali volti a trasformare l'edificio mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente.	<input type="checkbox"/>
E	Interventi strutturali rivolti ad eseguire opere e modifiche, rinnovare e sostituire parti strutturali dell'edificio, allorché detti interventi implichino sostanziali alterazioni del comportamento globale dell'edificio stesso.	<input type="checkbox"/>
F	Interventi di miglioramento sismico.	<input type="checkbox"/>
G	Interventi di sola riparazione dei danni strutturali.	<input type="checkbox"/>

9) Eventi significativi subiti dalla struttura		10) Perimetrazione ai sensi del D.L. 180/1998		
Tipo evento	Data	Tipologia Intervento	SI	NO
NB: In caso affermativo compilare la matrice sottostante				
1) Codice evento	_ _ _ / _ _ _ / _ _ _	_	Area R4	Area R3
2) Codice evento	_ _ _ / _ _ _ / _ _ _	_	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) Codice evento	_ _ _ / _ _ _ / _ _ _	_	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA

Scheda di SINTESI

14) Diaframmi orizzontali (cemento armato, acciaio, muratura)	15) Copertura (cemento armato, acciaio, muratura)
1) Volte senza catene <input type="checkbox"/>	1) Copertura spingente pesante <input checked="" type="checkbox"/>
2) Volte con catene <input type="checkbox"/>	2) Copertura non spingente pesante <input type="checkbox"/>
3) Diaframmi flessibili (travi in legno con semplice tavolato, travi e voltine...)	3) Copertura spingente leggera <input type="checkbox"/>
4) Diaframmi semirigidi (travi in legno con doppio tavolato, travi e tavelloni...)	4) Copertura non spingente leggera <input type="checkbox"/>
5) Diaframmi rigidi (solar di c.a., travi ben collegate a solette di c.a. lamiera grecata con soletta in c.a.)	5) Altro <input type="checkbox"/>
6) Altro <input type="checkbox"/>	
16) Distribuzione tamponature (cemento armato ed acciaio)	17) Fondazioni
1) Distribuzione irregolare delle tamponature in pianta <input type="checkbox"/>	1) Plinti isolati <input type="checkbox"/>
2) Distribuzione irregolare delle tamponature in altezza <input type="checkbox"/>	2) Plinti collegati <input type="checkbox"/>
3) Distribuzione delle tamponature tale da individuare pilastri corti <input type="checkbox"/>	3) Travi rovesce <input checked="" type="checkbox"/>
4) Tamponature senza misure a contrasto di collassi fragili ed espulsione in direzione perpendicolare al pannello <input checked="" type="checkbox"/>	4) Platea <input type="checkbox"/>
5) Altro <input type="checkbox"/>	5) Fondazioni profonde <input type="checkbox"/>
18) Fattore di importanza	
A Edificio strategico ($\gamma_1 = 1.4$) <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
B Edificio rilevante ($\gamma_1 = 1.2$) <input checked="" type="checkbox"/>	

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA

Scheda di SINTESI

19) Classificazione sismica	1 <input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/>
1) Zona sismica (DGR Lazio 766/03):	
2) Valore dell'accelerazione orizzontale massima di ancoraggio spettro risposta elastico (suolo A), rapportata a g, dedotta da:	0. 2 5 0 g
2.1) Allegato 1 all'Ordinanza n. 3274/2003	<input type="radio"/>
2.2) Delibera di Giunta Regionale	<input type="radio"/>
2.3) Studio più approfondito:	
2.3.1) Mappa di riferimento nazionale (INGV)	<input checked="" type="radio"/>
2.3.2) Studio regionale	<input type="radio"/>
2.3.3) Studio di letteratura	<input type="radio"/>
2.3.4) Studio effettuato direttamente	<input type="radio"/>

20) Categoria di suolo di fondazione	
1	<p>Metodologia per l'attribuzione della categoria di suolo di fondazione</p> <p>1) Sulla base di carte geologiche disponibili <input type="checkbox"/></p> <p>2) Sulla base di indagini esistenti <input type="checkbox"/></p> <p>3) Sulla base di prove in situ effettuate appositamente <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>1) Sondaggi geognostici a distruzione o a carotaggio continuo <input type="checkbox"/></p> <p>2) Prova Standard Penetration Test (SPT) o Cone Penetration Test (CPT) <input type="checkbox"/></p> <p>3) Prospezione sismica in foro (Down-Hole o Cross-Hole) <input type="checkbox"/></p>
2	<p>Descrizione indagini effettuate o già disponibili</p> <p>4) Prova sismica superficiale a rifrazione <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>5) Analisi granulometrica <input type="checkbox"/></p> <p>6) Prove triassiali <input type="checkbox"/></p> <p>7) Prove di taglio diretto <input type="checkbox"/></p> <p>8) Altro <input checked="" type="checkbox"/> <u>DRM</u></p>

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA

Scheda di SINTESI

3	Eventuali anomalie	1) Presenza di cavità o Sinkhole SI <input type="radio"/> NO <input checked="" type="radio"/>				SI <input type="radio"/> NO <input checked="" type="radio"/>
4	Velocità media onde di taglio $V_{s,30}$ m/s <u> 4 </u> <u> 9 </u> <u> 4 </u>	Resistenza Penetrometrica media N_{SP1} <u> </u> <u> </u> <u> </u> colpi		Resistenza media alla punta q <u> </u> <u> </u> <u> </u> kPa	7	Coesione non drenata media c_u <u> </u> <u> </u> <u> </u> kPa
8	Suscettibilità alla liquefazione SI <input type="radio"/> NO <input checked="" type="radio"/> NB: in caso affermativo compilare la parte destra	1) Profondità della falda da piano di campagna Z_w <u> </u> <u> </u> <u> </u> 2) Profondità della fondazione rispetto al piano di campagna Z_g <u> </u> <u> </u> <u> </u> 3) Presenza di terreni a grana grossa sotto la quota di falda entro i primi 15 m di profondità: SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/>				
9	Categoria di suolo di fondazione <u> B </u> (par 3.2.1 Norme Tecniche Costruzioni)	Spessore	densità	sciolte	medie	dense
10		3.1) Sabbie fini m <u> </u> <u> </u> <u> </u>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Coefficiente di amplificazione topografica	3.2) Sabbie medie m <u> </u> <u> </u> <u> </u>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11		3.3) Sabbie grosse m <u> </u> <u> </u> <u> </u>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9		1) Coefficiente S per le categorie del suolo <u> 1.25 </u> 2) Periodo T_B dello spettro di risposta orizz. <u> 0.15 </u> 3) Periodo T_B dello spettro di risposta vert. <u> 0.05 </u> 4) Periodo T_c dello spettro di risposta orizz. <u> 0.50 </u> 5) Periodo T_c dello spettro di risposta vert. <u> 0.15 </u> a) Valori di Norma <input checked="" type="radio"/> b) Valori da letteratura <input type="radio"/> c) Valori da analisi specifiche <input type="radio"/>				
11	Coefficiente di amplificazione topografica	<u> 1.0 </u>				

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA

Scheda di SINTESI

21) Regolarità dell'edificio		SI <input type="radio"/>	NO <input checked="" type="radio"/>
A	La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze ?		
B	Qual è il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui l'edificio risulta inscritto ?		<u>1.21</u>
C	Qual è il massimo valore di rientri o sporgenze espresso in % della dimensione totale dell'edificio nella corrispondente direzione?		<u>14.01</u> %
D	I solai possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti?	SI <input checked="" type="radio"/>	NO <input type="radio"/>
E	Qual è la minima estensione verticale di un elemento resistente dell'edificio (quali telai o pareti) espressa in % dell'altezza dell'edificio ?		<u>14.81</u> %
F	Quali sono le massime variazioni da un piano all'altro di massa e rigidezza espresse in % della massa e della rigidezza del piano contiguo con valori più elevati ?		<u>2.01</u> %
G	Quali sono i massimi restringimenti della sezione orizzontale dell'edificio, in % alla dimensione corrispondente al primo piano ed a quella corrispondente al piano immediatamente sottostante. Nel calcolo può essere escluso l'ultimo piano di edifici di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.	<u>15.1</u> % (p. 1 ^a)	<u>2.51</u> % (p. T)
H	Sono presenti elementi non strutturali particolarmente vulnerabili o in grado di influire negativamente sulla risposta della struttura (es. tamponamenti rigidi distribuiti in modo irregolare in pianta o in elevazione, camini o parapetti di grandi dimensioni in muratura, controsoffitti pesanti)	SI <input type="radio"/>	NO <input checked="" type="radio"/>
I	Giudizio finale sulla regolarità dell'edificio, ottenuto in relazione alle risposte fornite dal punto A al punto H	SI <input type="radio"/>	NO <input checked="" type="radio"/>

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA

Scheda di SINTESI

23) Livello di conoscenza		22) Livello di verifica	
A	LC1: Conoscenza Limitata (FC 1.35)	A	Livello 1
B	LC2: Conoscenza Adeguata (FC 1.20)	B	Livello 2
C	LC3: Conoscenza Accurata (FC 1.00)		
D	Geometria (Carpenteria) (cemento armato, acciaio)		
E	Dettagli strutturali (cemento armato, acciaio)	1) Disegni originali con rilievo visivo a campione	<input type="radio"/>
		2) Rilievo ex-novo completo	<input checked="" type="radio"/>
		1) Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e limitate verifiche in-situ	<input checked="" type="radio"/>
		2) Disegni costruttivi incompleti con limitate verifiche in situ	<input type="radio"/>
		3) Estese verifiche in-situ	<input type="radio"/>
F	Proprietà dei materiali (cemento armato, acciaio)	4) Disegni costruttivi completi con limitate verifiche in situ	<input type="radio"/>
		5) Esaustive verifiche in-situ	<input type="radio"/>
		1) Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e limitate prove in-situ	<input checked="" type="radio"/>
		2) Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con limitate prove in-situ	<input type="radio"/>
		3) Estese prove in-situ	<input type="radio"/>
		4) Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ	<input type="radio"/>
		5) Esaustive prove in-situ	<input type="radio"/>

G	Quantità di rilievi dei dettagli costruttivi (cemento armato)	1) Elemento primario trave	124%
		2) Elemento primario pilastro	131%
		3) Elemento primario parete	111%
		4) Elemento primario nodo	111%
		5) Elemento primario altro (specificare)	111%
		H	Quantità prove svolte sui materiali (cemento armato)
2) Elemento primario pilastro	1-Provini cls 05 2-Provini acciaio 02		
3) Elemento primario parete	1-Provini cls 11 2-Provini acciaio 11		
4) Elemento primario nodo	1-Provini cls 11 2-Provini acciaio 11		
5) Elemento primario altro (specificare)	1-Provini cls 11 2-Provini acciaio 11		
6) Eventuali prove non distruttive svolte (elencare): a)	ULTRASONICHE 1111		
b)	SILICONATI E RILEVATE 1111		
I	Quantità di rilievi dei collegamenti (acciaio)	1) Elemento primario trave	111%
		2) Elemento primario pilastro	111%
		3) Elemento primario nodo	111%
		4) Elemento primario altro (specificare)	111%
		L	Quantità prove svolte sui materiali (acciaio)
2) Elemento primario pilastro	1-Provini acciaio 11 2-Provini bulloni/chiudi 11		
4) Elemento primario nodo	1-Provini acciaio 11 2-Provini bulloni/chiudi 11		
5) Elemento primario altro (specificare)	1-Provini acciaio 11 2-Provini bulloni/chiudi 11		
M	Geometria (Carpenteria) (muratura)		
		2) Rilievo strutturale	<input type="checkbox"/>
		3) Rilievo del quadro fessurativo	<input type="checkbox"/>

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA

Scheda di SINTESI

25) Metodo di analisi			
A	Analisi statica lineare	<input type="radio"/>	
B	Analisi dinamica modale	<input checked="" type="radio"/>	Fattore di struttura $q = 21.000$
C	Analisi statica non lineare	<input type="radio"/>	
D	Analisi dinamica non lineare	<input type="radio"/>	

26) Modellazione della struttura			
A	Due modelli piani separati, uno per ciascuna direzione principale, considerando l'eccentricità accidentale	<input type="radio"/>	
B	Modello tridimensionale con combinazione dei valori massimi	<input checked="" type="radio"/>	
C	Periodi fondamentali	Direzione X 0.62	Direzione Y 0.53
D	Masse partecipanti	Direzione X 19.5 %	Direzione Y 18.1 %

	Rigidezza flessionale ed a taglio		
	1	2	3
E	Non fessurata	Fessurata	con una riduzione del
E	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	0.0 %
F	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	0.0 %
G	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0.0 %
H	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0.0 %
I	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0.0 %

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA

Scheda di SINTESI

27) Risultati dell'analisi: livelli di accelerazione al suolo (in rapporto a g) per diversi SL		Tipo di rottura												
		cemento armato, acciaio		muratura			tuttr							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
A	PGA _{SLCC}													Deformazione di danno
B	PGA _{SLDS}													Resistenza nel piano
C	PGA _{SLDL}													Resistenza fuori dal piano
														Deformazione ultima nel piano
														Capacità limite del terreno di fondazione
														Capacità limite del terreno di fondazione
														Rotazione rispetto alla corda o verriche a pressione o flessione o
														Collasso di un node
														Primo collasso a taglio
28) Valori di riferimento														
Livelli di accelerazione al suolo di riferimento														
A	PGA _{2%}	0.2 3 4 5 g												
B	PGA _{10%}	0.2 2 5 0 g												
C	PGA _{50%}	0.1 1 0 0 g												
29) Indicatori di rischio														
Indicatore di rischio														
A	di collasso 1 (α ₁)	= (PGA _{SLCC} / PGA _{2%})												
B	di collasso 2 (α ₂)	= (PGA _{SLDS} / PGA _{10%})												
C	di inagibilità (α ₃)	= (PGA _{SLDL} / PGA _{50%})												

VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA

Scheda di SINTESI

30) Previsione di massima di possibili interventi di miglioramento							
A	Criticità che condizionano maggiormente la capacità	<input checked="" type="checkbox"/> fondazioni <input type="checkbox"/> travi <input checked="" type="checkbox"/> pilastri	<input type="checkbox"/> setti <input type="checkbox"/> murature <input checked="" type="checkbox"/> solai	<input checked="" type="checkbox"/> coperture <input type="checkbox"/> scale <input type="checkbox"/> altro			
B	Interventi migliorativi prevedibili	<input checked="" type="checkbox"/> interventi in fondazione <input checked="" type="checkbox"/> aumento resist/duttill sezioni <input checked="" type="checkbox"/> nodi/collegamenti telai	<input type="checkbox"/> aumento resistenza muri <input type="checkbox"/> tiranti, cordoli, catene <input checked="" type="checkbox"/> solai o coperture	<input type="checkbox"/> eliminazione spinte <input checked="" type="checkbox"/> altro RIFACIMENTO TETTO <input type="checkbox"/> altro			
C	Stima dell'estensione degli interventi in relazione alla volumetria totale della struttura	Codice intervento 1 <input checked="" type="checkbox"/> 3/5 % percentuale volumetrica dell'edificio interessata Codice intervento 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3/5 % percentuale volumetrica dell'edificio interessata Codice intervento 3 <input checked="" type="checkbox"/> 3/5 % percentuale volumetrica dell'edificio interessata					
D	Stima dell'incremento di capacità conseguibile con gli interventi	<input type="checkbox"/> SLCO <input type="checkbox"/> SLDS <input type="checkbox"/> SLDL	Codice intervento 1 <input type="checkbox"/> Codice intervento 2 <input checked="" type="checkbox"/> Codice intervento 3 <input checked="" type="checkbox"/>	PGA1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> PGA2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> PGA3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	approssimazione ± <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> approssimazione ± <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> approssimazione ± <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Codice fiscale <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Beneficiario finanziamento					Firma
Codice fiscale <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>							

LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

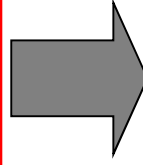
Capacità vs Domanda

CAPACITA'

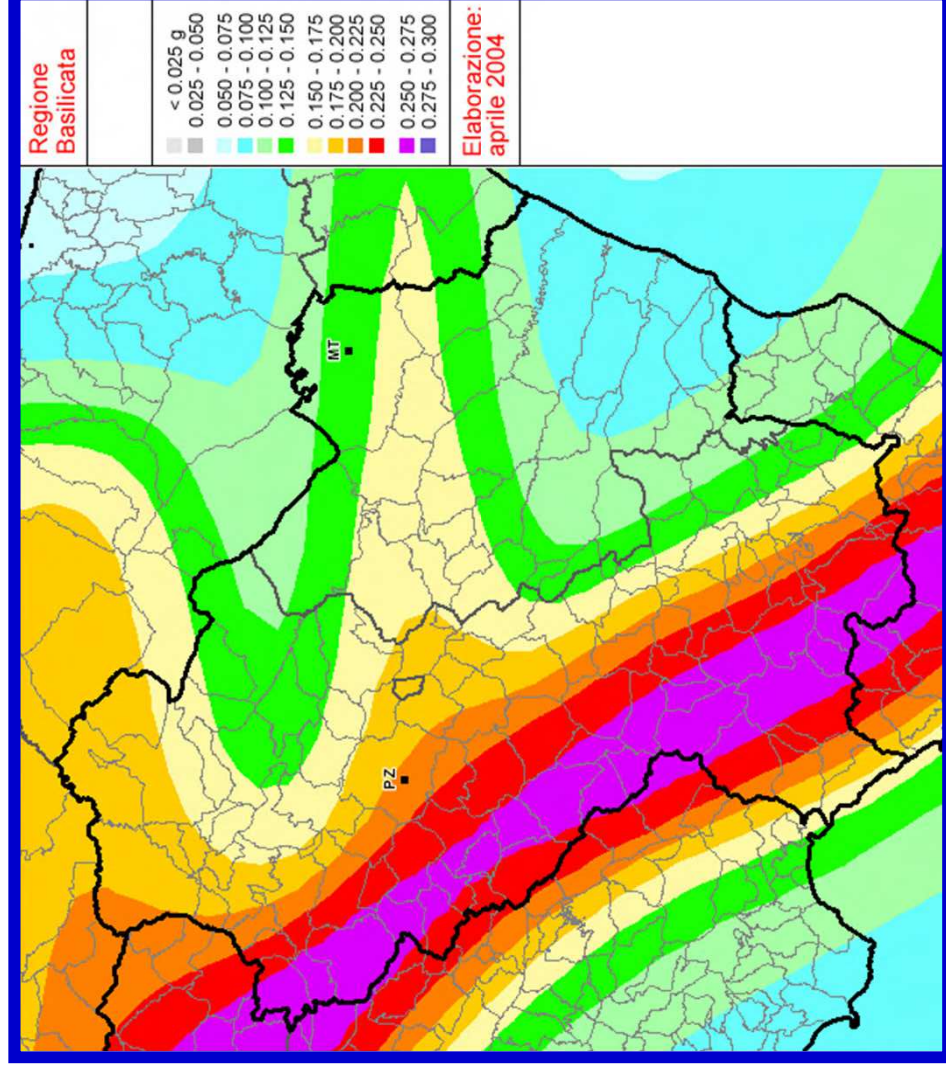
Valutazione della resistenza sismica (rispetto ad un certo stato limite)

DOMANDA

Intensità sismica nel sito in esame (per il terremoto relativo allo stato limite di verifica)



$$\alpha_{SLV} = \text{Capacità/Domanda}$$



Mapa di Pericolosità sismica della Basilicata ($T_R = 475$ anni)

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

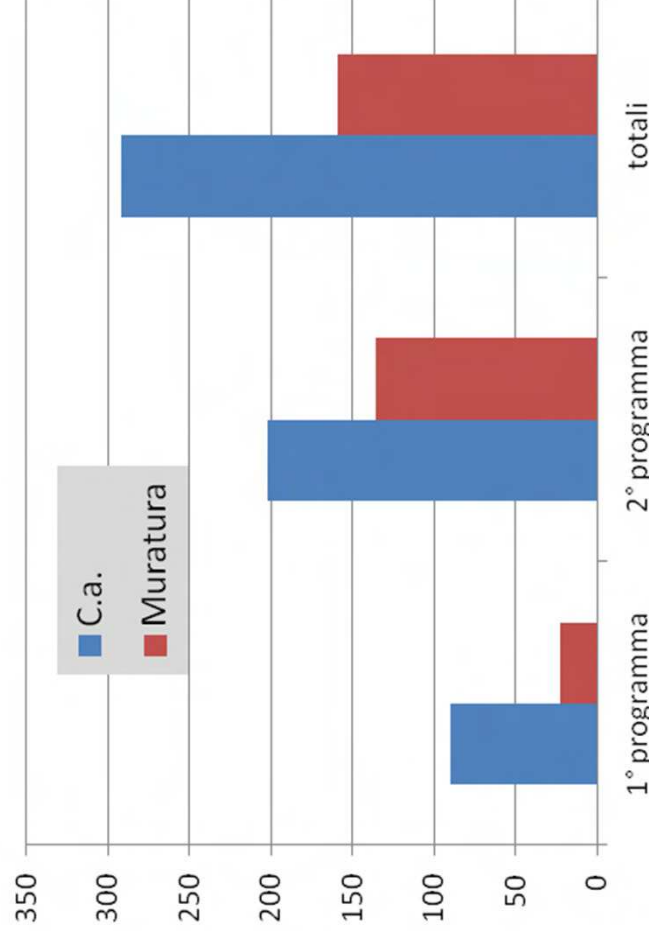
Valutazione della Vulnerabilità

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**

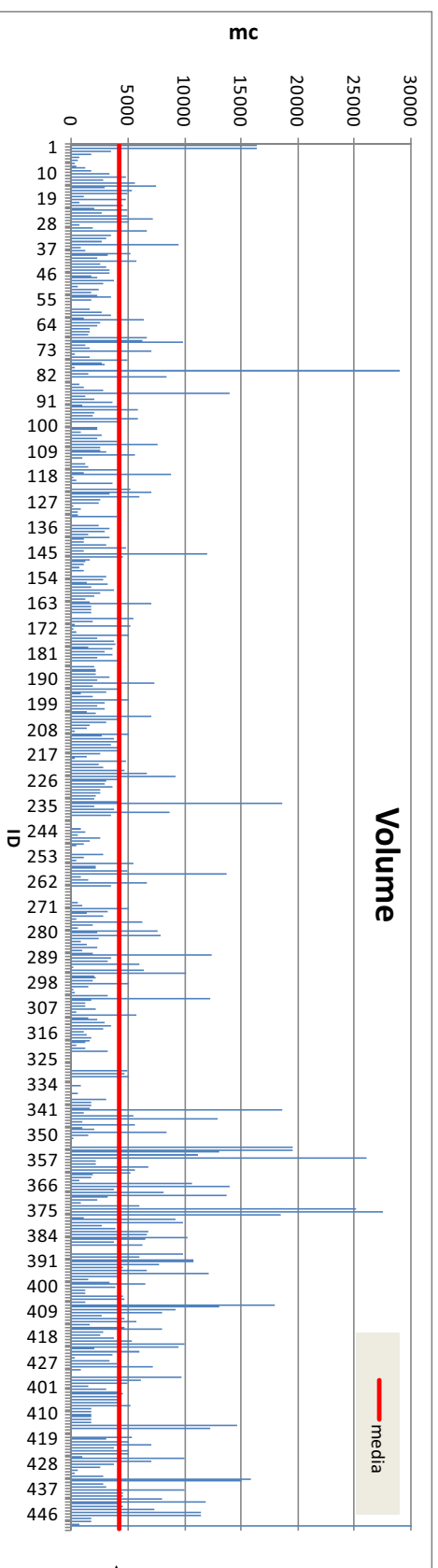
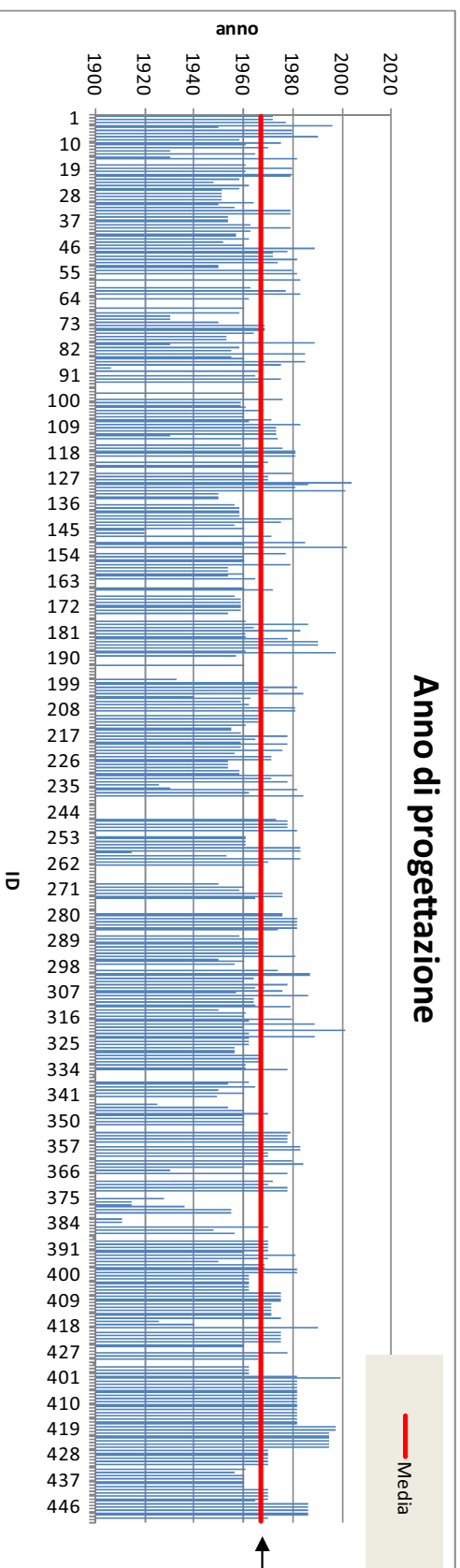
▪ **Circa 2/3 degli edifici sono in c.a.**



Tipologie prevalenti edifici scolastici

LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

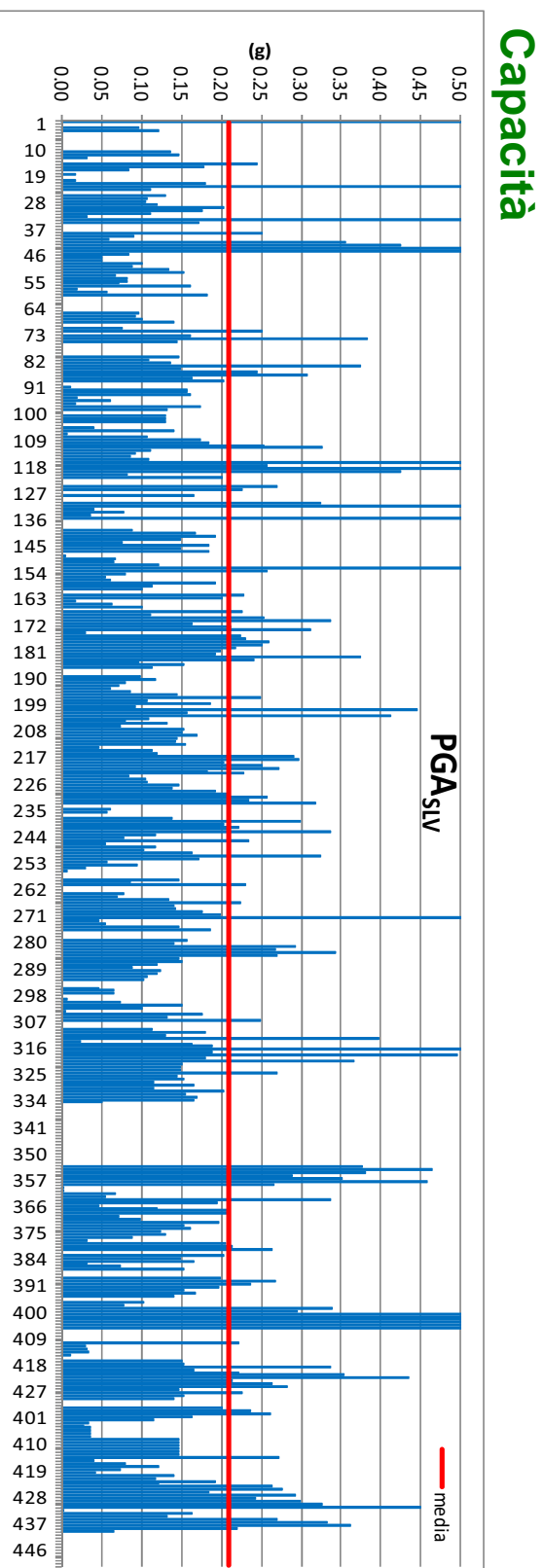
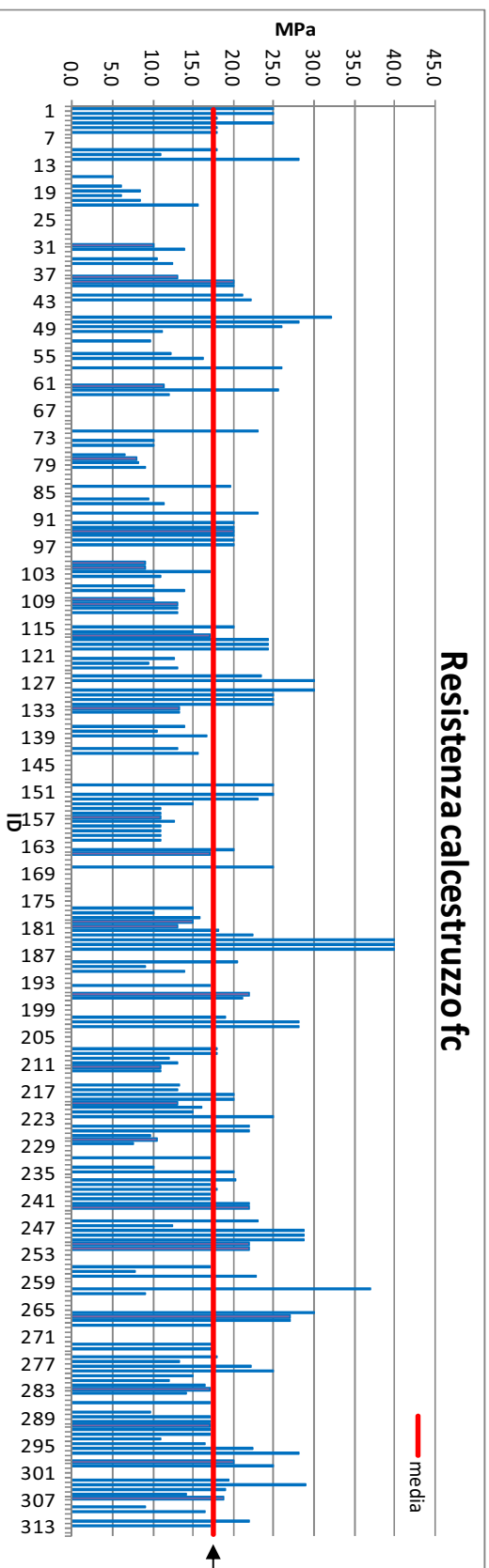
Valutazione della Vulnerabilità



Volume Totale circa 2.000.000 di mc

LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

Qualità dei materiali, Capacità



LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

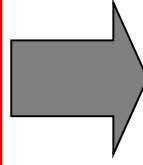
Capacità vs Domanda

CAPACITA'

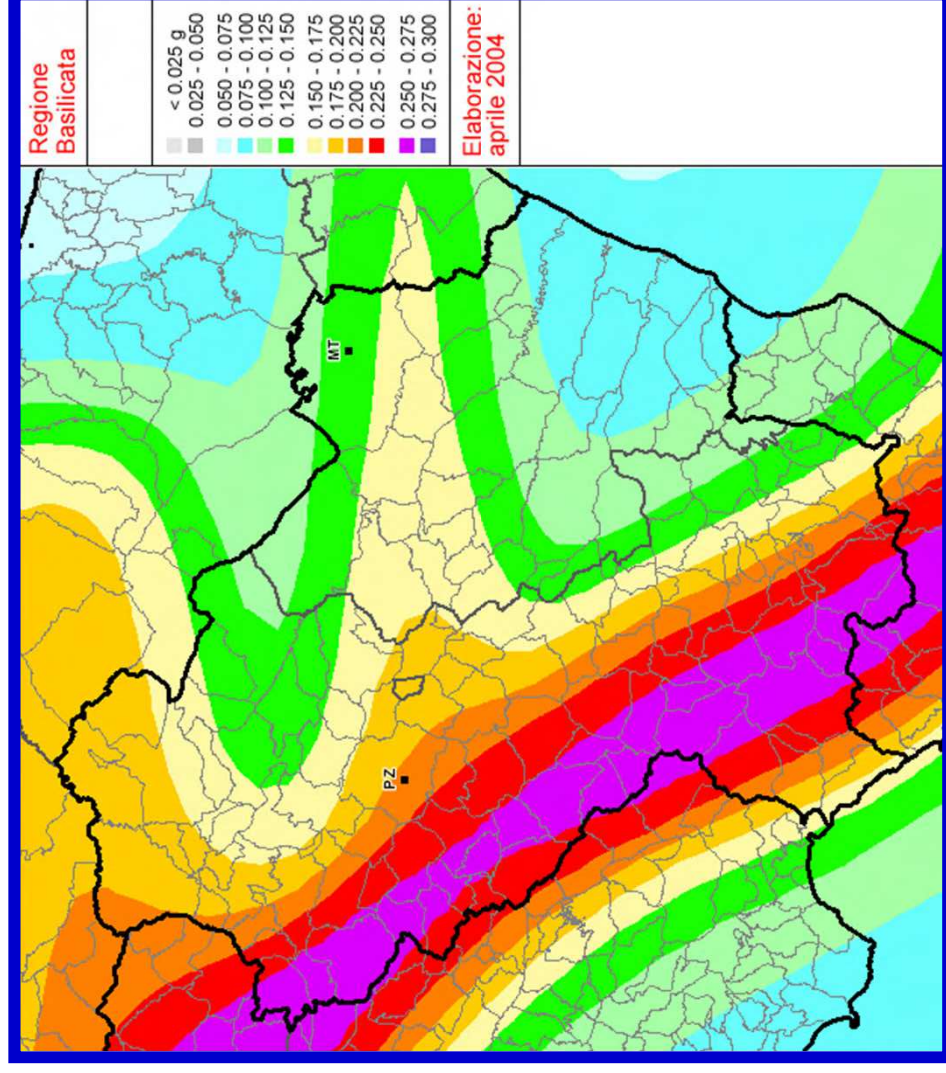
Valutazione della resistenza sismica (rispetto ad un certo stato limite)

DOMANDA

Intensità sismica nel sito in esame (per il terremoto relativo allo stato limite di verifica)



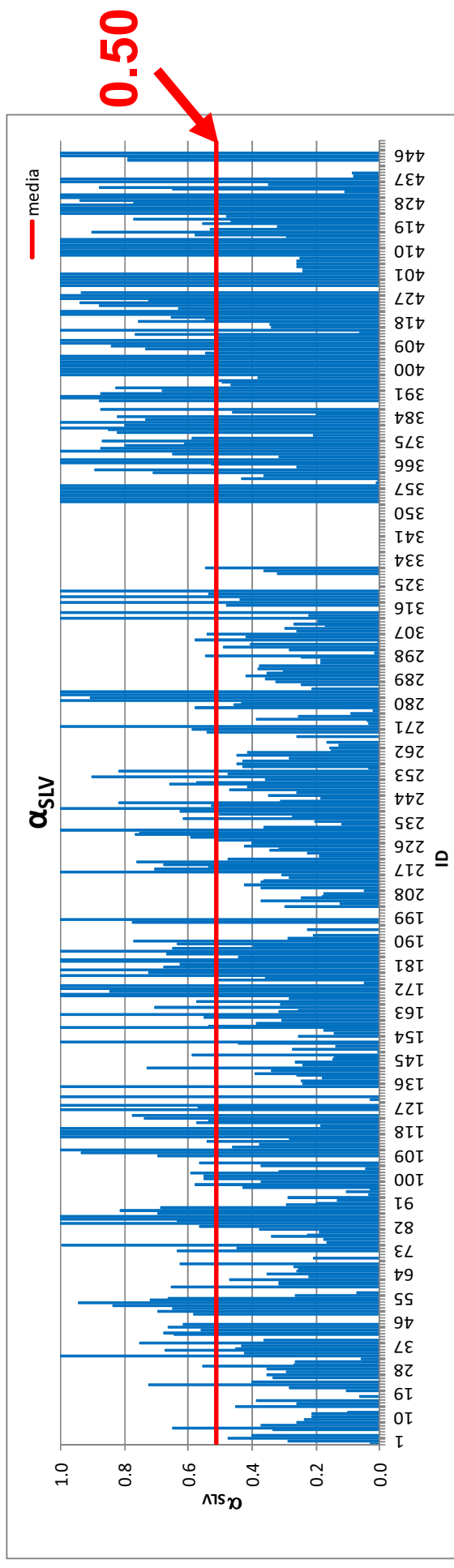
$$\alpha_{SLV} = \text{Capacità/Domanda}$$



Mapa di Pericolosità sismica della Basilicata ($T_R = 475$ anni)

LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

Valutazione della Vulnerabilità



$\alpha_{SLV} \rightarrow$

Rapporto Capacità/Domanda
per lo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita)

Il calcolo α_{SLV} consente:

- di definire le priorità di intervento
- di stimare costi e tempi globali necessari per la messa in sicurezza
- di individuare la più idonea strategia di intervento

LA SICUREZZA DELLE SCUOLE

Livello di Rischio → Costo di intervento

Relazione tra

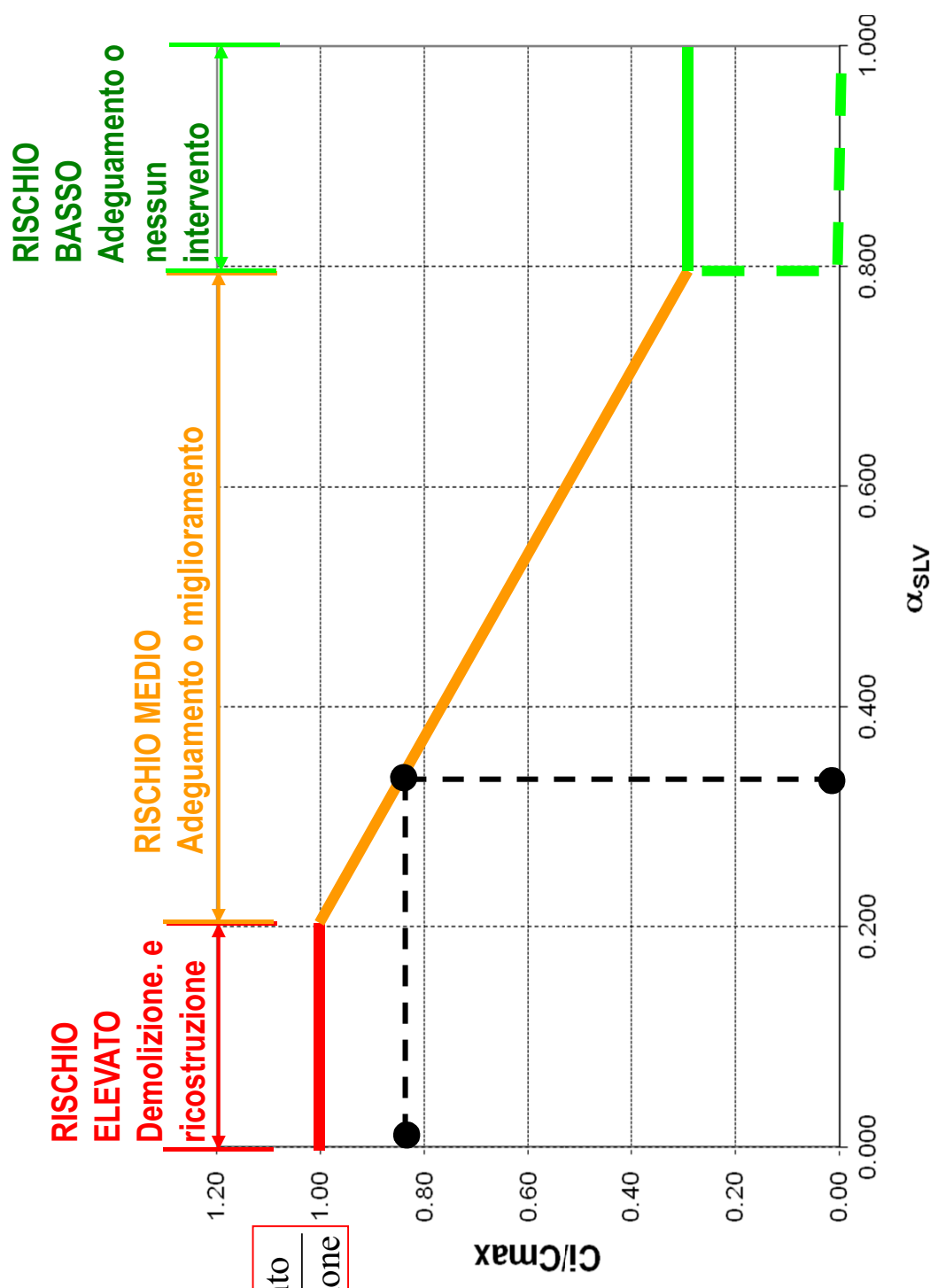
costo di intervento

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

e livello di rischio attuale dell'edificio

α_{SLV}

Rapporto
Capacità/Domanda
per lo SLV



VULNERABILITÀ SISMICA

Quali Interventi per la Riduzione?

EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE

Renderli poco vulnerabili (l'invulnerabilità è un mito) è abbastanza semplice e non comporta costi elevati: basta rispettare poche regole contenute nelle **norme tecniche** per le costruzioni in zona sismica. Molto importante è rivolgersi a professionisti che siano **esperti** di ingegneria sismica.

EDIFICI ESISTENTI

La riduzione della vulnerabilità può essere rivolta a singoli elementi ovvero estesa all'intera struttura con interventi progettati per assicurare diversi livelli di sicurezza:

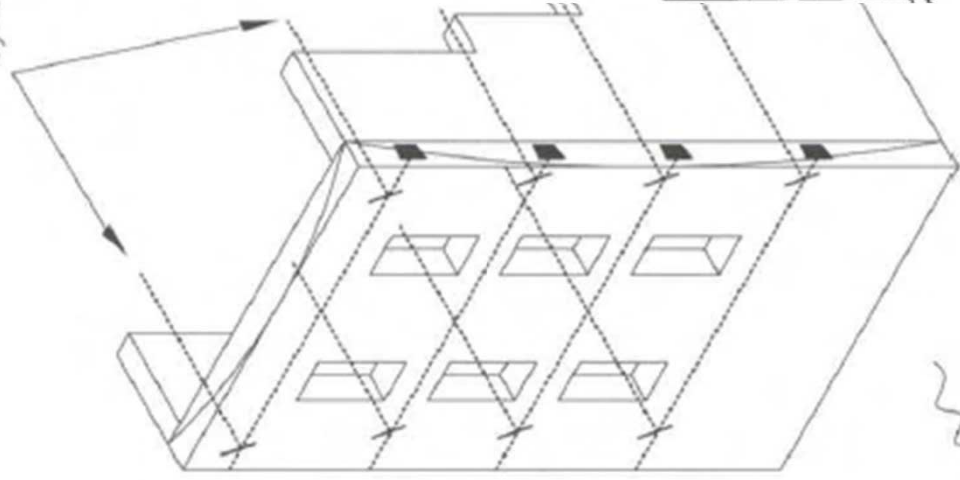
- interventi di **adeguamento sismico** finalizzato a dare all'edificio lo stesso livello di sicurezza previsto per gli edifici nuovi dalle norme tecniche vigenti;
- interventi di **miglioramento sismico** finalizzati ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle norme vigenti;
- **riparazioni o interventi locali di rafforzamento** che interessino elementi isolati, e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

Edifici in Muratura

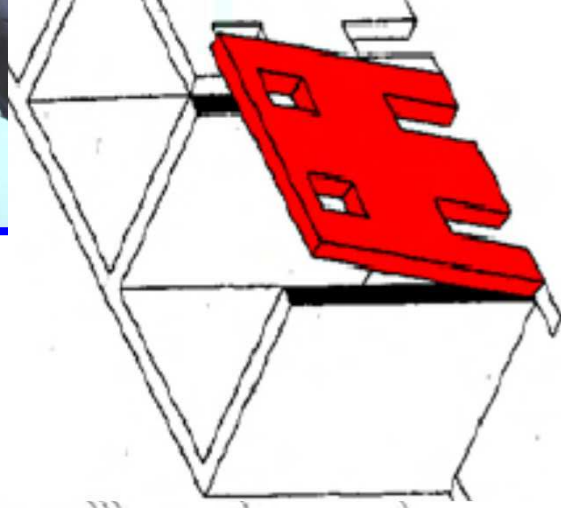
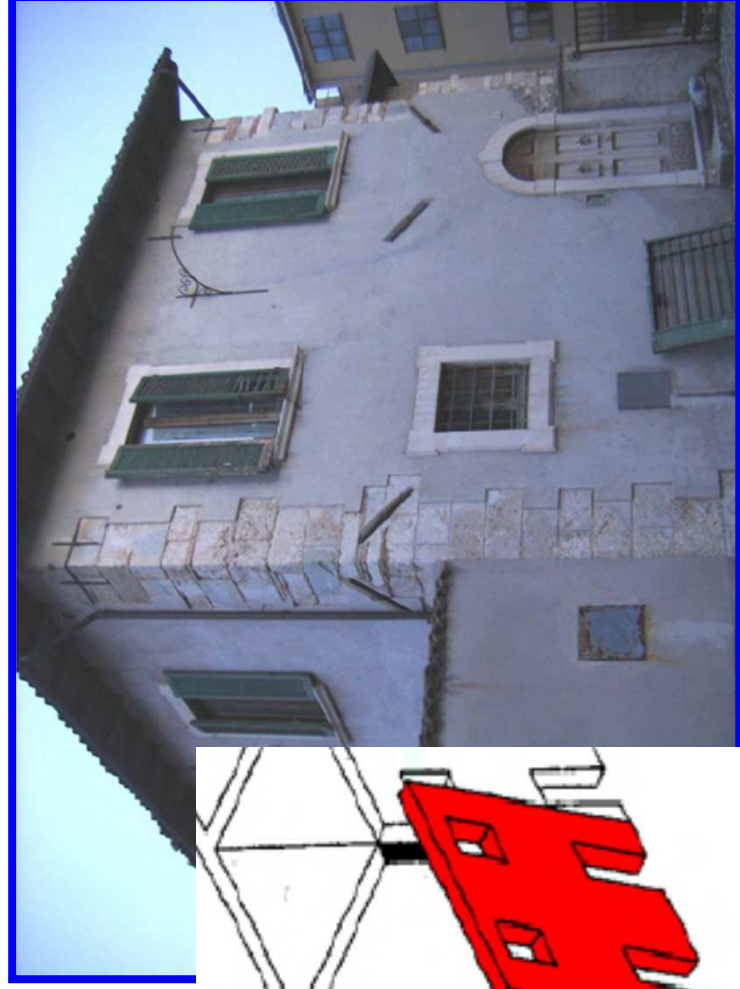
IL RUOLO DELLE CATENE

steel chains or
synthetic ropes



Le catene limitano - se ben realizzate ed efficienti - il collasso fuori del piano delle murature.

Ampia diffusione di tali elementi negli edifici - meno danneggiati - del centro di L'Aquila.



RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

Edifici in Muratura

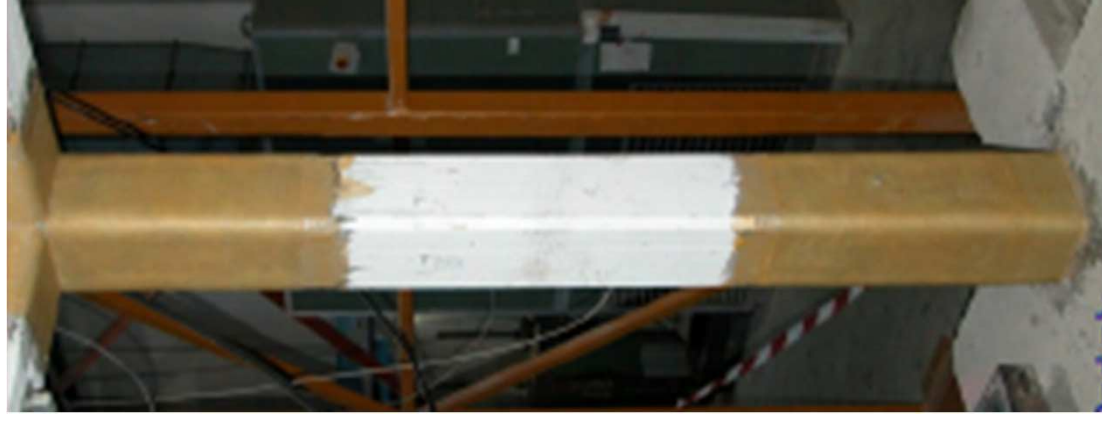
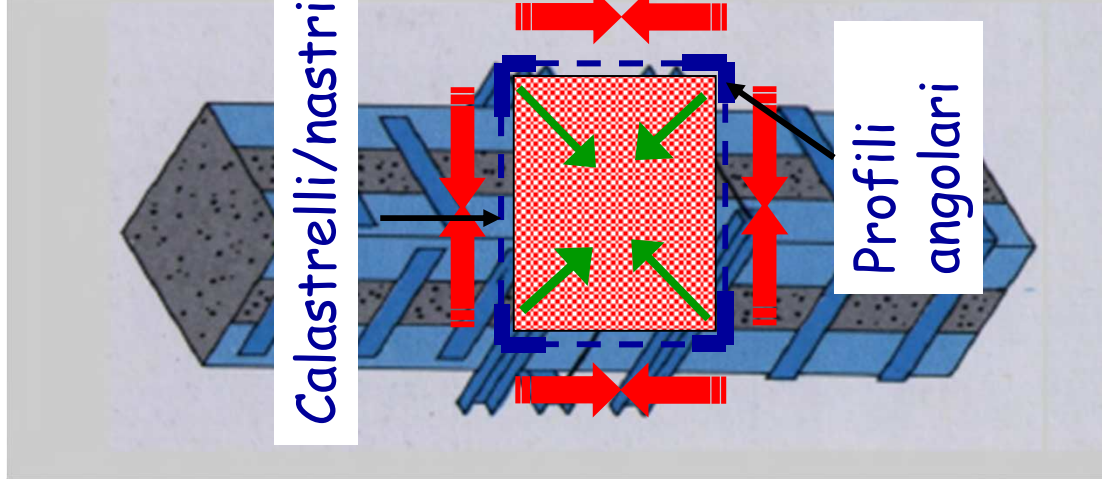
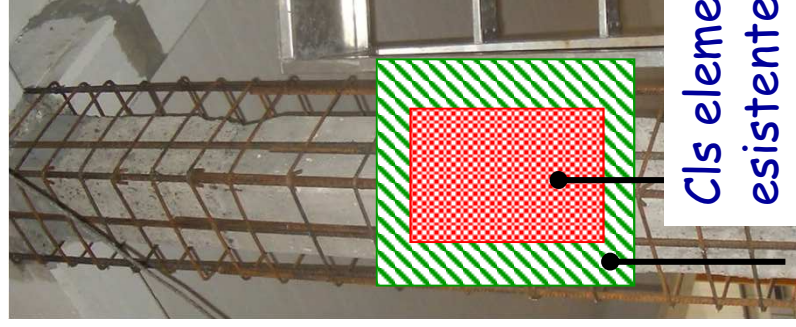
CAM - CUCITURA ATTIVA DELLA MURATURA

Sfruttando la tecnica dell'“imballaggio” consente di incrementare la resistenza e la duttilità delle pareti murarie



RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ Strutture in c.a.

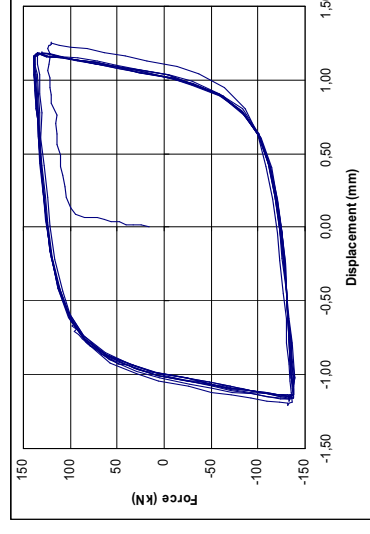
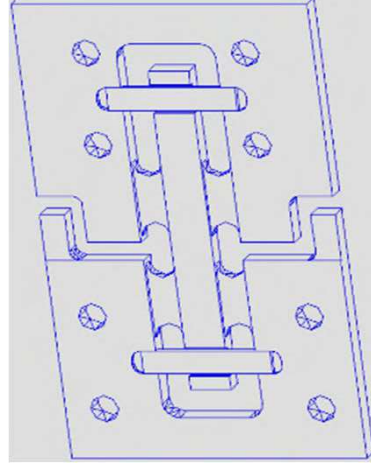
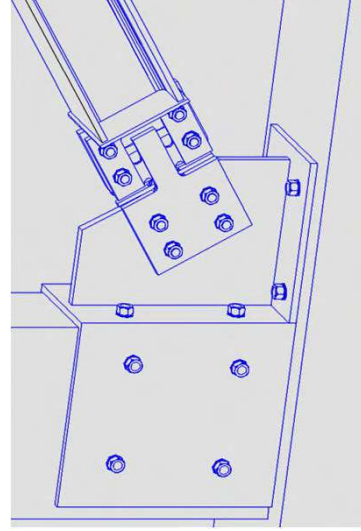
Incamiciatura in c.a. Incamiciatura in acciaio Confinamento con FRP



RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ Edifici in C.A.



Controventi dissipativi isteretici sulla scuola "Domiziano Viola" a Potenza

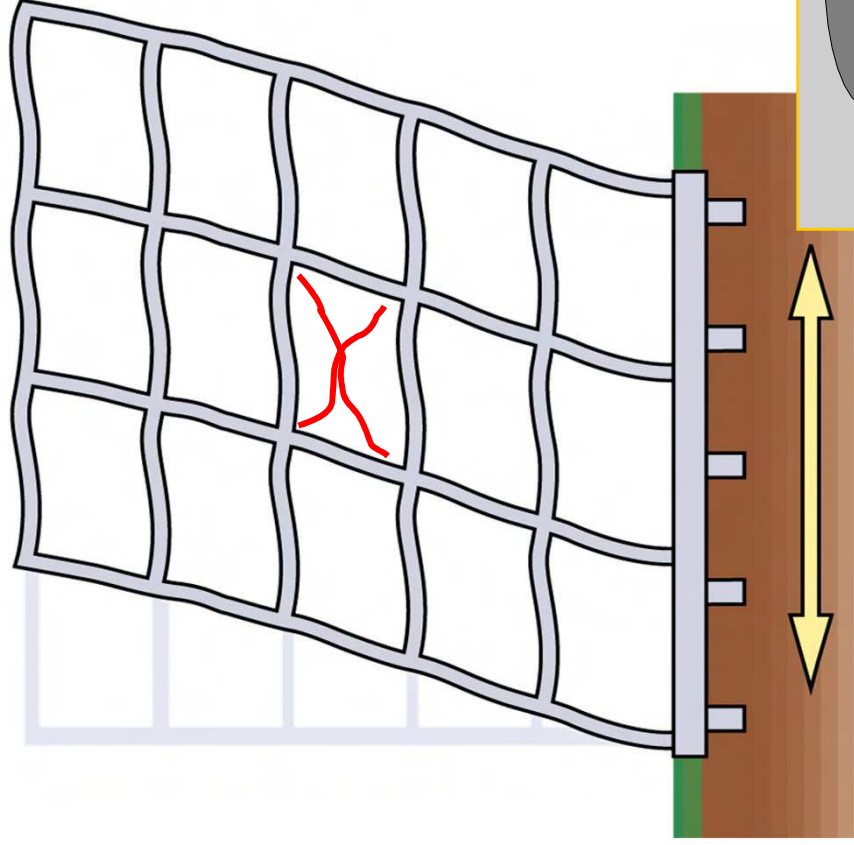


Dispositivo a copri giunti dissipativi (Dolce, Marnetto, 2000)

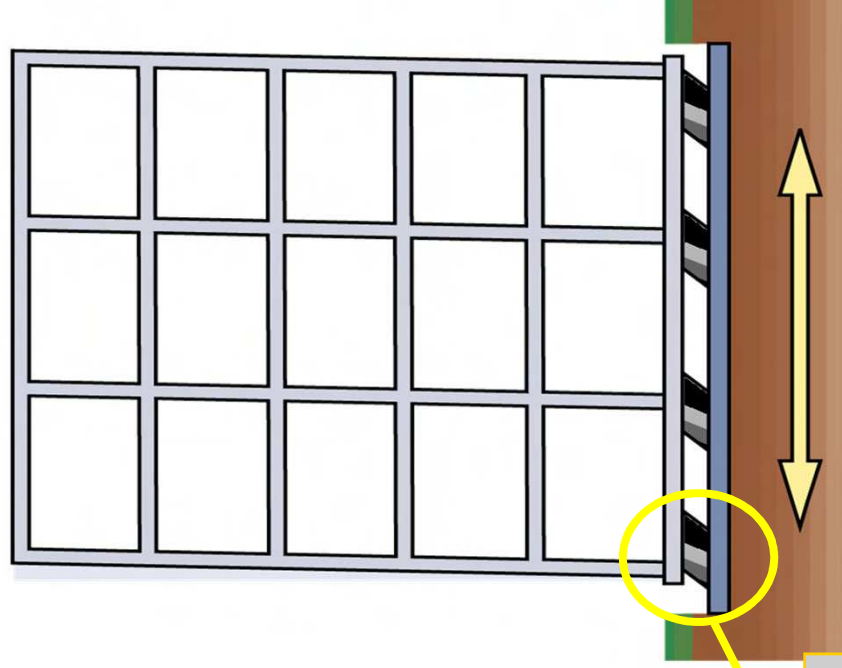
RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

Edifici in C.A.

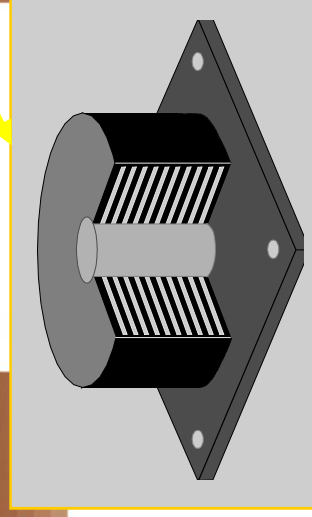
ISOLAMENTO SISMICO



Struttura convenzionale
Fissa alla base
Spostamenti grandi
Danni elevati



Struttura isolata alla base
Spostamenti piccoli
Danni trascurabili

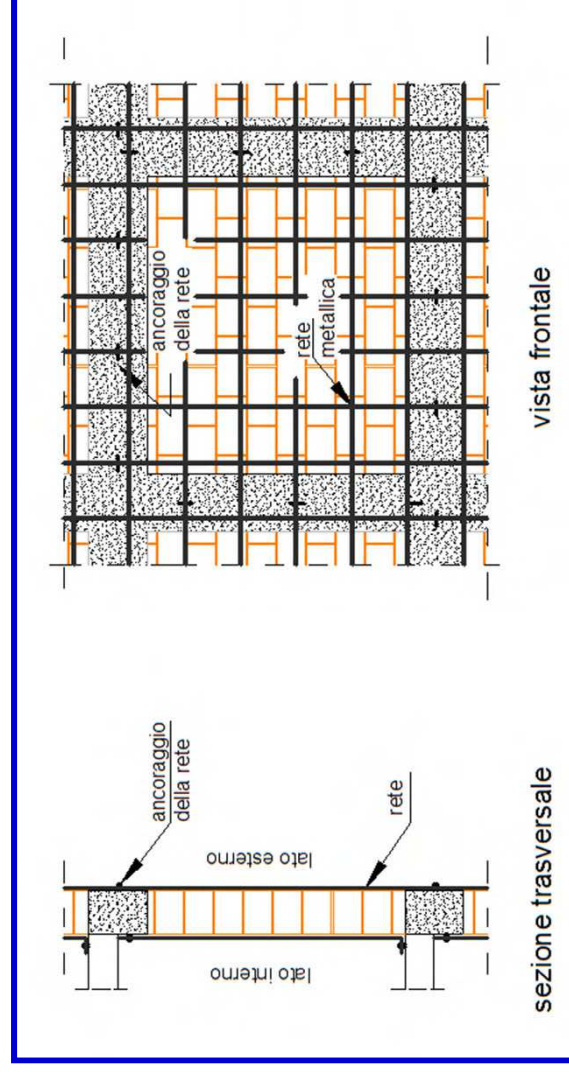
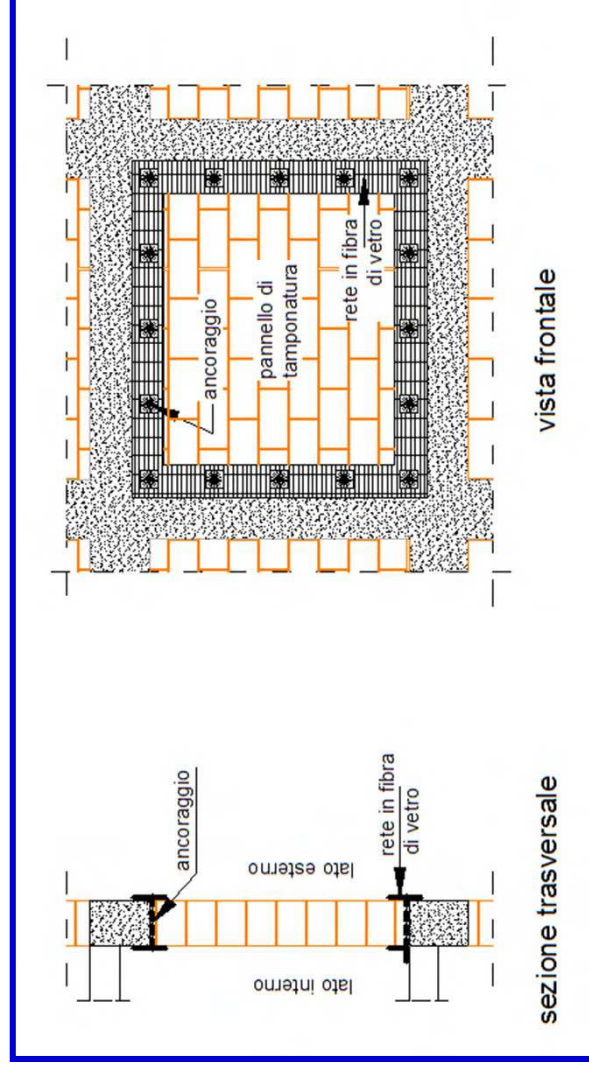


RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

Elementi non strutturali

Intervento per migliorare la connessione tra il pannello di tamponatura e il reticolo strutturale

Intervento per aumentare la resistenza delle tamponature ed evitare l'espulsione verso l'esterno



RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

Elementi non strutturali

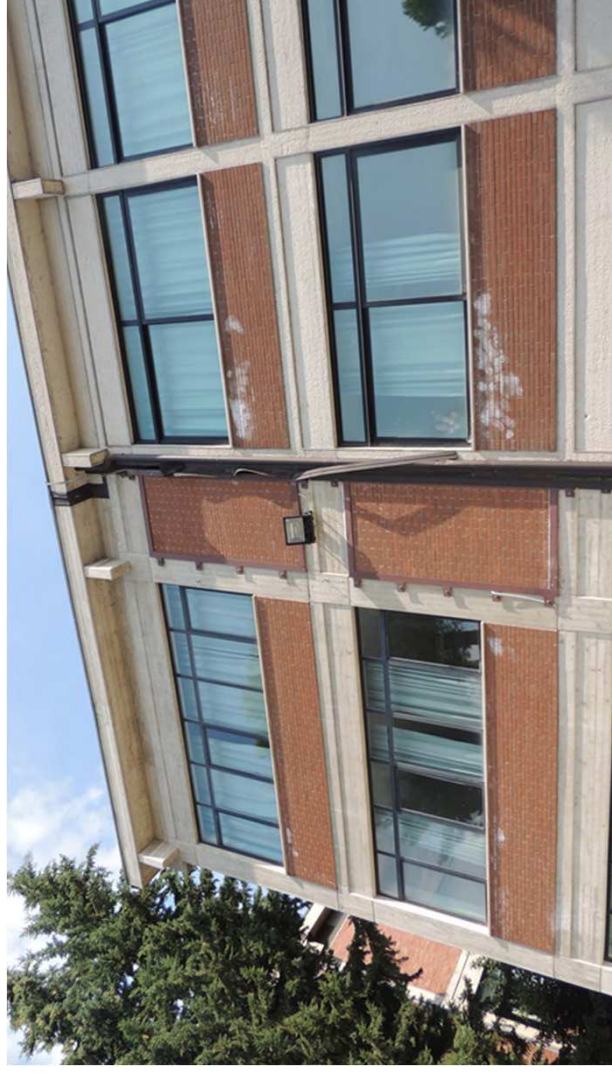


miglioramento della connessione
pannello-reticolo strutturale



Rete metallica per aumentare la
capacità del pannello

Agibilità Centro Italia 2016

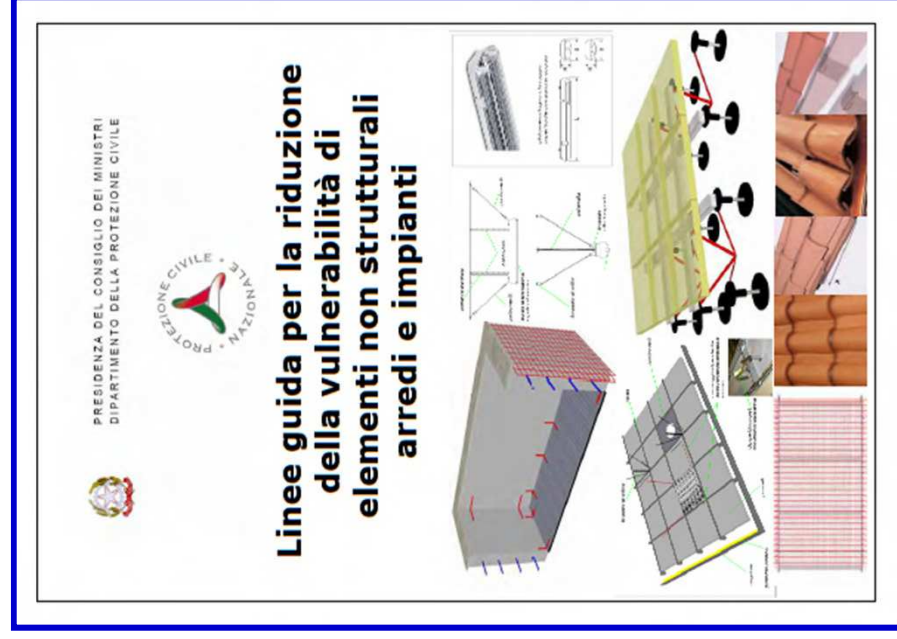


Sistemi
antiribaltamento
di pannelli di
tamponatura

RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ

Elementi non strutturali

LINEE GUIDA PER LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI, ARREDI E IMPIANTI



Pratiche Schede per:

- Fonti di illuminazioni;
- Superfici vetrate;
- Armadi, librerie, contenitori;
- Monitor e computer;
- . . .

Disponibile all'indirizzo
www.reluis.it

La vulnerabilità degli Elementi Non Strutturali (foto dell'ing. P. Costante, Ufficio Scolastico Regionale Basilicata)



Sfondellamento

Distacco e successiva caduta dei blocchi di alleggerimento (pignatte o tavelloni) inseriti nei solai composti in cemento armato

Come è fatto un solaio?

