



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI TRENTO



VI Workshop di Geofisica  
PERICOLOSITA' SISMICA, MICROZONAZIONE E  
EFFETTI DI SITO

*Rovereto, 11 dicembre 2009*

*Museo Civico di Rovereto*

**Le caratteristiche del terremoto d'Abruzzo  
del 6 aprile 2009 e i danni alle strutture**

Oreste S. Bursi, PhD PE MASCE

# RINGRAZIAMENTI

L'autore desidera ringraziare per l'invito, il supporto, l'assistenza e i contributi di alcune organizzazioni e singoli.

- Il Centro di Aggiornamento Permanente in Geologia Applicata all'Ingegneria
- Il rettore Prof. D. Bassi e il Prof. P. Zanon che hanno permesso sia le ispezioni che le visite a L'Aquila.
- La Protezione Civile e la Provincia Autonoma di Trento (PAT) per l'assistenza e il supporto nel campo.

BURSI, O. S. , Dusatti T., Pucinotti R., "A Reconnaissance report. The April 6, 2009, L'Aquila Earthquake. Italy", Report, <http://www.reluis.it>, 2009.

# Presentazione



# Presentazione/cont.



# Missioni sul campo

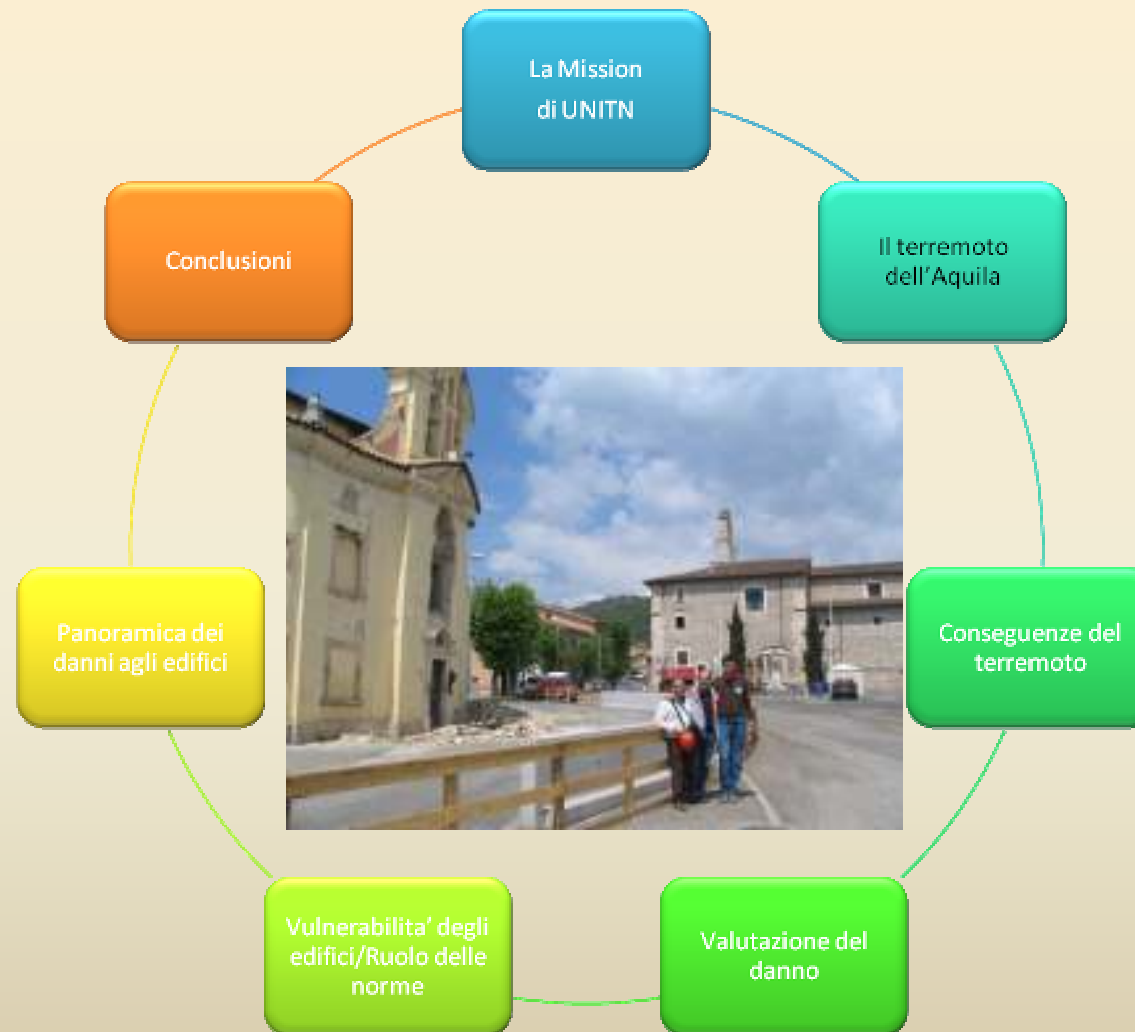
Prove in Laboratorio @UNITN



“Un grande laboratorio all’aperto”



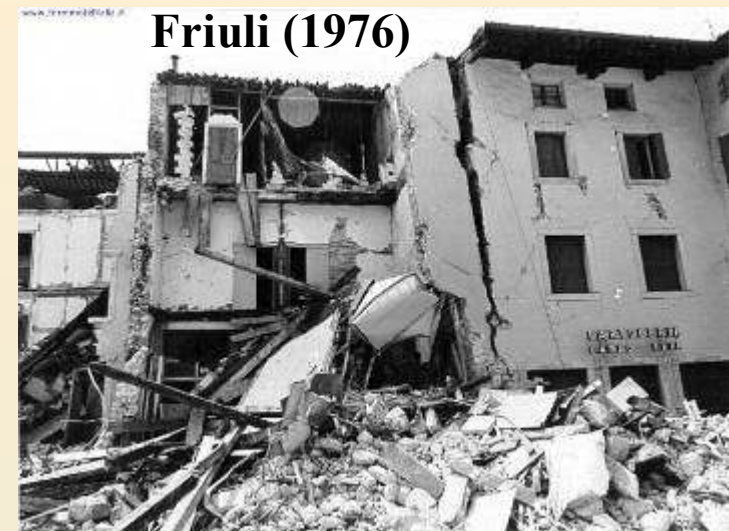
# Presentazione/cont.





# PRINCIPALI TERREMOTI IN ITALIA 1976-2009

Luogo	Data	$M_I$	Vittime
Friuli	06-05-1976	6.4	976
Irpinia	23-11-1980	6.9	2 570
Umbria, Marche	26-09-1997	5.8	11
San Giuliano (CB)	31-10-2002	5.6	29
L'Aquila	06-04-2009	5.8 ( $M_w=6.3$ )	308



**Irpinia (1980)**

**L'Aquila (2009)**

**San Giuliano (2002)**



# IL TERREMOTO AQUILANO E LE MAGNITUDO

Il terremoto aquilano del 6 aprile 2009 ha avuto Magnitudo Richter  $M_I=5.8$  (INGV) e Magnitudo momento  $M_W=6.3$  (USGS). Distanza epicentrale a meno di 10km da L'Aquila. Il terzo terremoto più forte dopo quello del Friuli del 1976 ( $M_W=6.4$ ) e quello dell'Irpinia del 1980 ( $M_W=6.9$ )

La Magnitudo momento  $M_W$  dipende dal momento sismico che equivale al prodotto tra area di faglia, dislocazione e resistenza delle rocce, mentre la Magnitudo Richter  $M_I$  è una misura della grandezza relativa tra terremoti basata sul confronto delle onde sismiche di frequenza pari a circa 1 Hz.

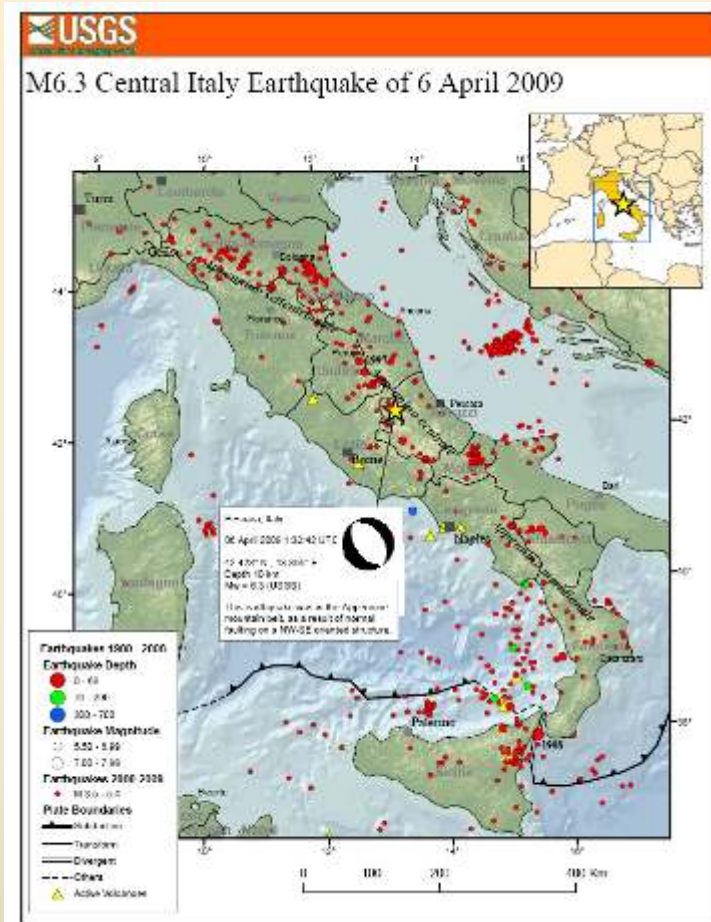
Anno	Me	Gi	Luogo	Lat	Lon	$M_W$
1349	9	9	Aquilano	42.17	13.38	6.46
1461	11	26	Aquilano	42.31	13.54	6.46
1703	2	2	Aquilano	42.47	13.2	6.65
1762	10	6	Aquilano	42.3	13.58	5.9
1791	1		L'Aquila	42.36	13.40	5.37
1904	2	24	Marsica	42.1	13.32	5.67
1950	9	5	Gran Sasso	42.52	13.66	5.73
2009	4	6	L'Aquila	42.33	13.33	6.3



Dati da catalogo parametrico dei terremoti italiani:  
<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/>



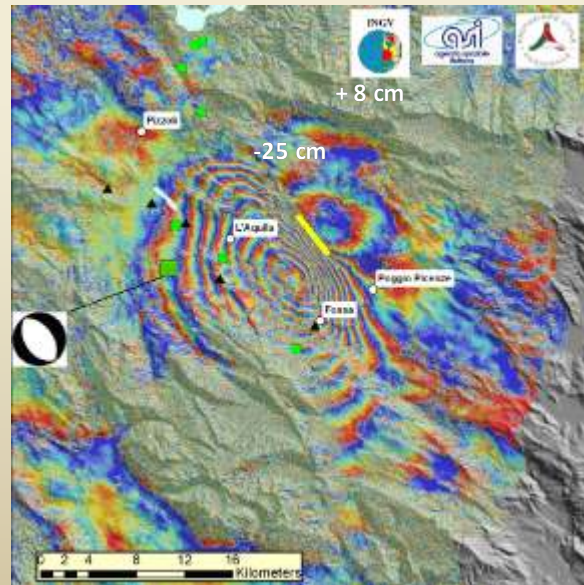
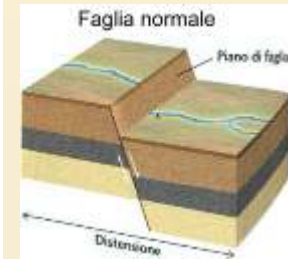
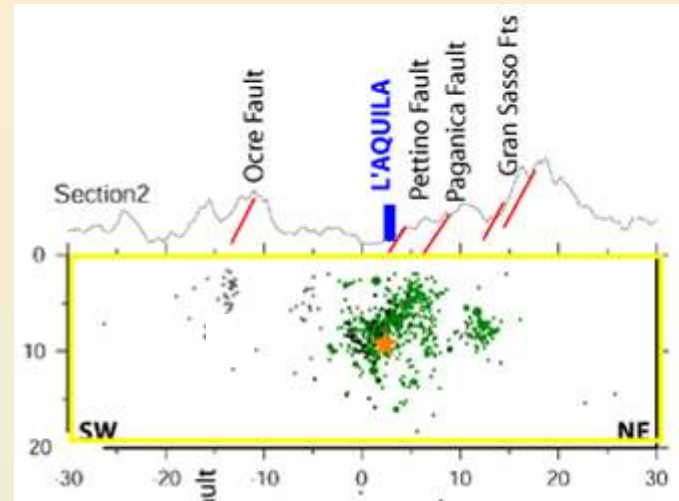
# Caratterizzazione del terremoto



$M_l = 5.8$  /  $M_w = 6.2$  / Depth 8.8 km

Normal faulting NW-SE

Local Time: 03:32 AM / Strong motion duration  $\sim 10$  s



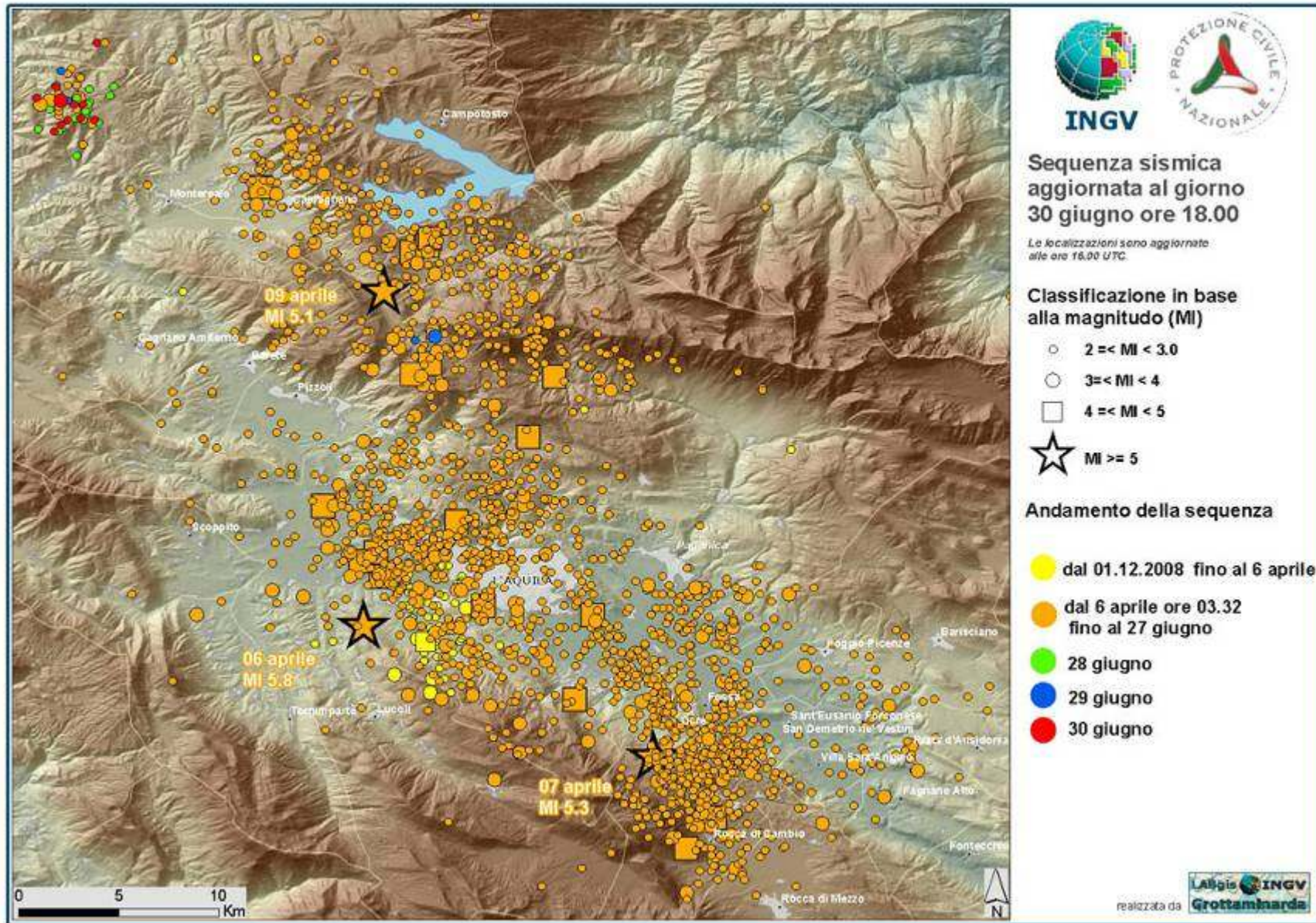
DinSAR Image

4 km dislocation

90 cm slip along the fault plane



# SCIAME SISMICO DOPO IL 6 APRILE 2009





# CARATTERISTI CHE TERREMOTO DEL 6 APRILE 2009

Table 1 – Peak Values for Direction X

Record Identifier	PGA	PGV	PGD	Epicentral Distance
	[cm/s <sup>2</sup> ]	[cm/s]	[cm]	[km]
GX066	613.8	36.7	8.4	4.8
FA030	408.2	33.6	7.9	4.3
CU104	386.8	30.5	6.4	5.8
AM043	335.5	30.3	7.8	5.6
EF021	150.6	9.7	3.0	18
TK003	79.2	4.6	2.6	31.6
BI016	60.6	10.5	4.6	34.9
CR008	67.1	6.1	1.3	49.4
BY048	42.4	3.3	1.0	22.4
CR003	31.7	2.7	0.8	56.5

Table 3 – Peak Values for Direction Z

Record Identifier	PGA	PGV	PGD	Epicentral Distance
	[cm/s <sup>2</sup> ]	[cm/s]	[cm]	[km]
GX066	411.7	13.4	2.5	4.8
FA030	211.4	9.1	1.9	4.3
CU104	373.2	9.4	1.9	5.8
AM043	343.8	15.0	4.9	5.6
EF021	110.3	5.5	1.5	18
TK003	44.1	5.7	1.9	31.6
BI016	25.7	3.6	1.3	34.9
CR008	29.7	3.8	0.6	49.4
BY048	22.9	3.2	0.8	22.4
CR003	23.0	2.1	1.0	56.5



- FA030 – station AQA, site Colle dei Grilli  
Soil profile type B, Topography factor ST=1,1
- GX066 – station AQA, site Aterno Valley  
Soil profile type B, Topography factor ST=1,0
- AM043 – station AQA, site Aquila Parking  
Soil profile type C, Topography factor ST=1,1
- CU104 – station AQA, site Aterno River  
Soil profile type B, Topography factor ST=1,0

Fonte: Reluis 2009 – E. Chioccarelli, F. De Luca e I. Iervolino  
Preliminary study of L'Aquila earthquake ground motion records

# CARATTERISTICHE DEL TERREMOTO DEL 6 APRILE 2009

ID station / direction analysis	PGA [g]		
	X - direction	Y- direction	Z - direction
AQG	0.42	0.43	0.22
AQA	0.39	0.45	0.38
AQV	0.63	0.60	0.42
AQK	0.34	0.34	0.35

**Table 2.** Peak Ground Acceleration (PGA) for each station (AQG, AQA, AQV and AQK) and for horizontal (X and Y) and vertical (Z) components. The values have been reported as fraction of gravity acceleration.

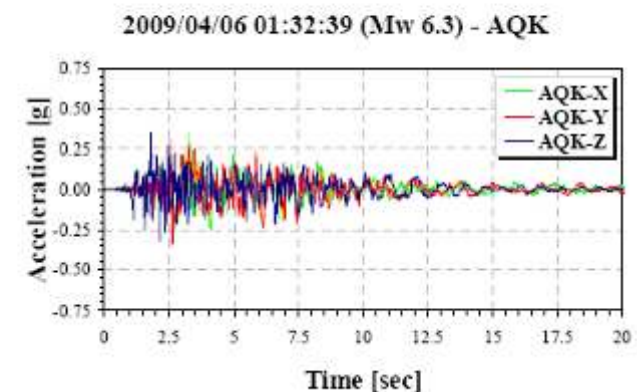
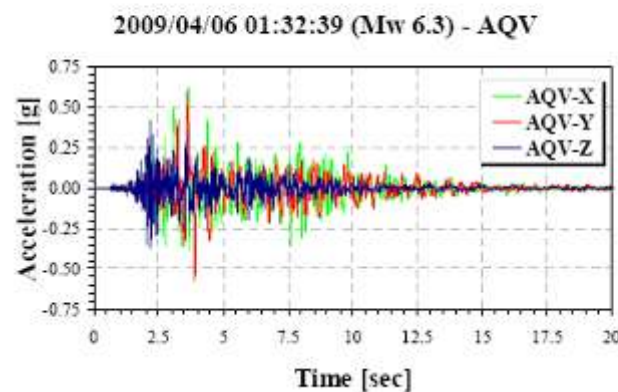
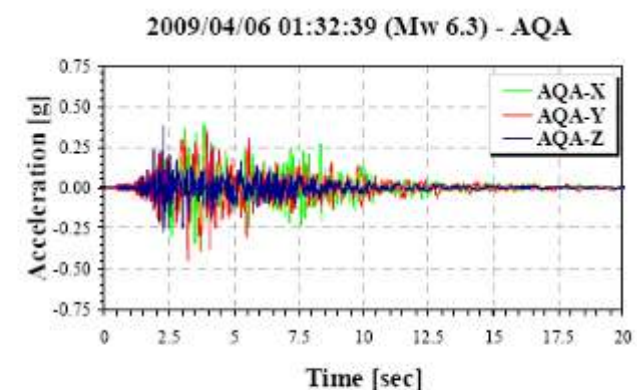
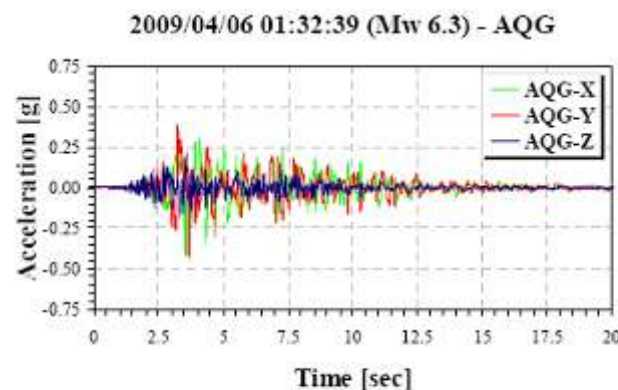
Storie di accelerazione registrate dalle stazioni localizzate in un'area entro 6 Km dall'epicentro.

Fonte: Reluis 2009

– A. Masi e L.

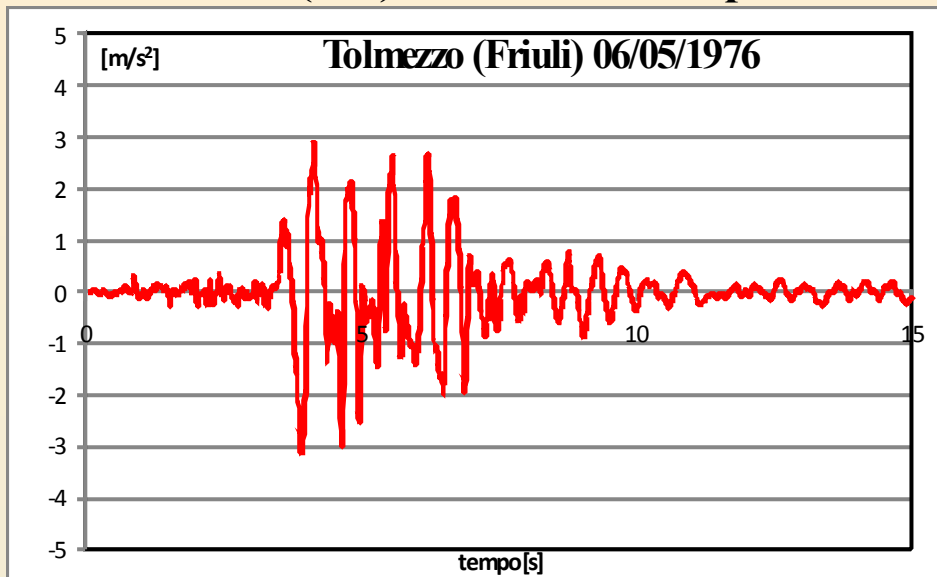
Chiauzzi

Preliminary analysis on the mainshock of the Aquilano earthquake occurred on 6 april 2009

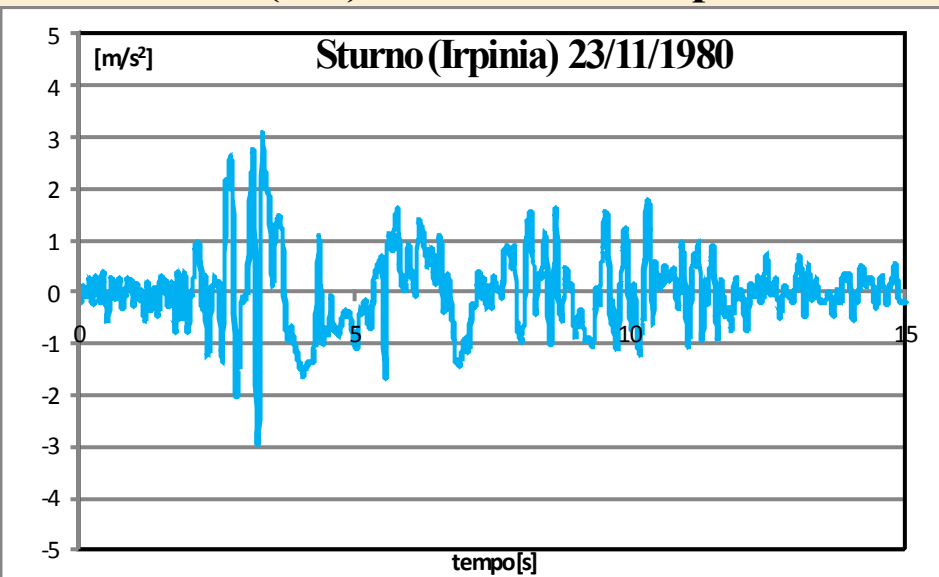


# GLI ACCELEROGRAMMI – TERREMOTI STORICI

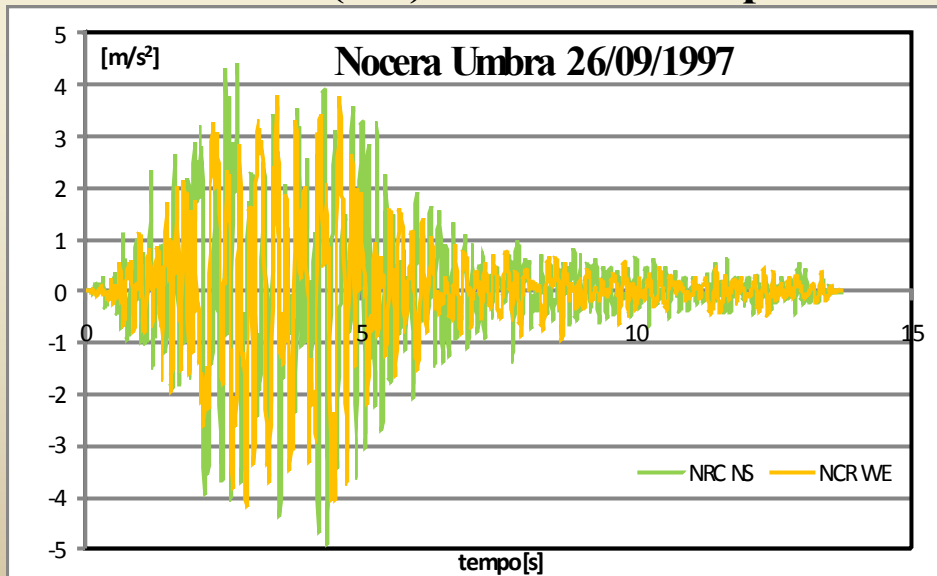
**Tolmezzo(UD) a 21.7km dall'epicentro**



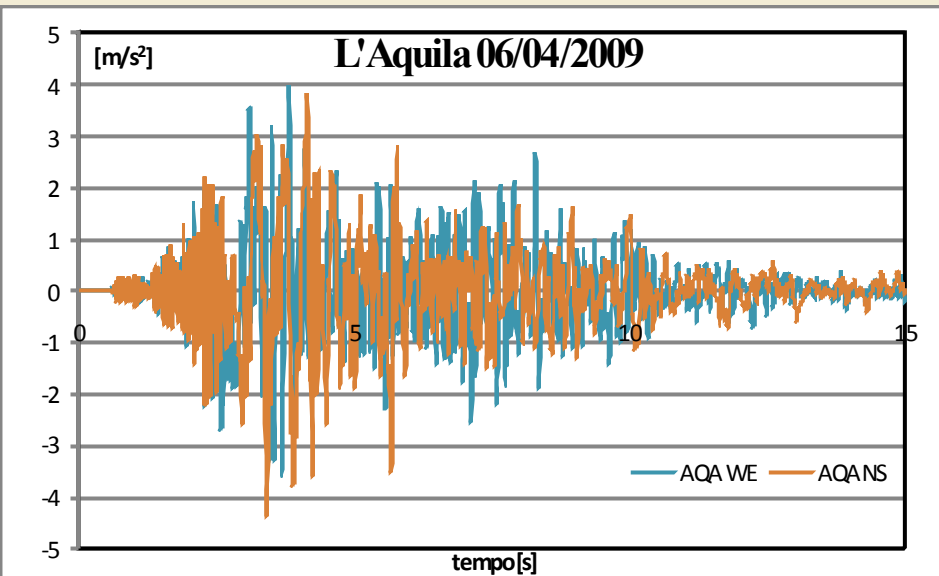
**Sturno(AV) a 33.3km dall'epicentro**



**Nocera Umbra(PG) a 12.2km dall'epicentro**



**L'Aquila(AQ) a 4.5km dall'epicentro**

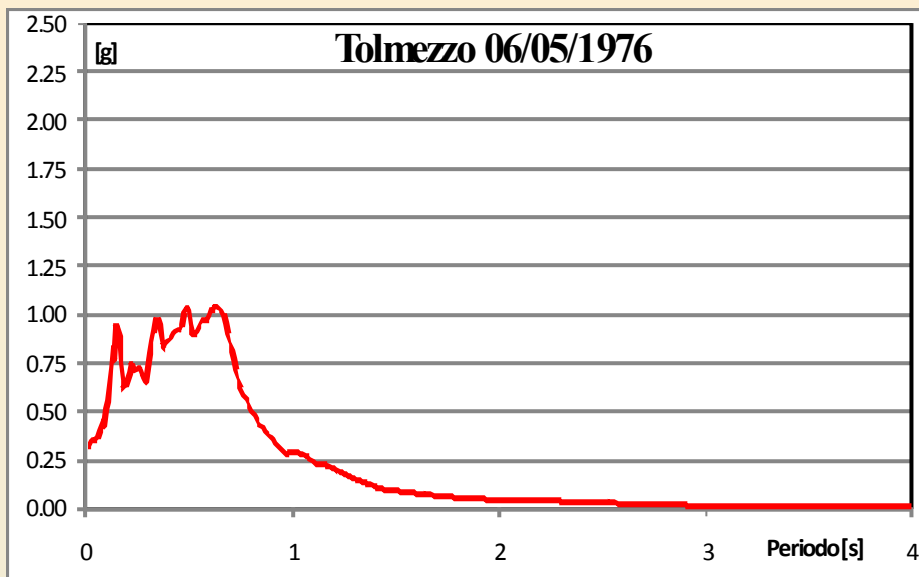


Riferimento dati accelerazioni: Working Group ITACA (2008) - Data Base of the Italian strong motion data:

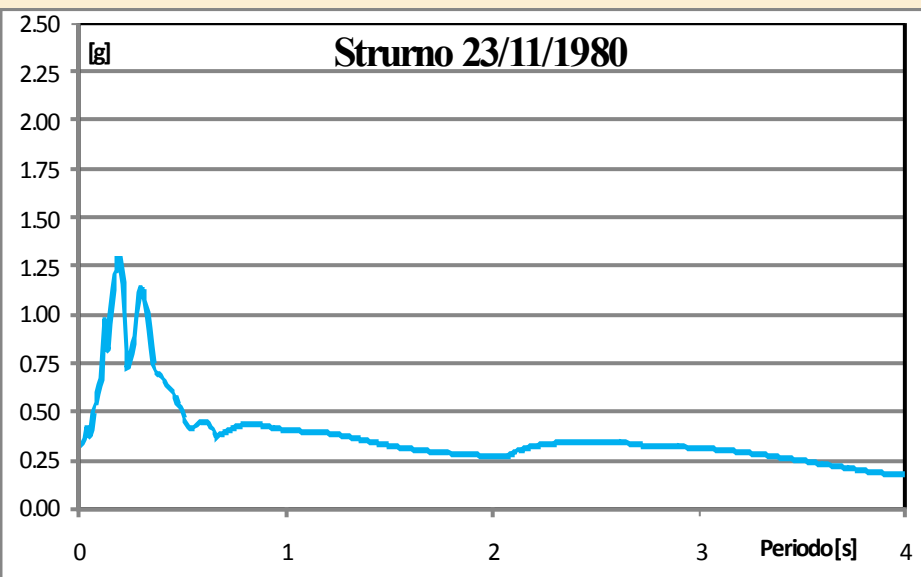


# SPETTRI DI RISPOSTA – TERREMOTI STORICI

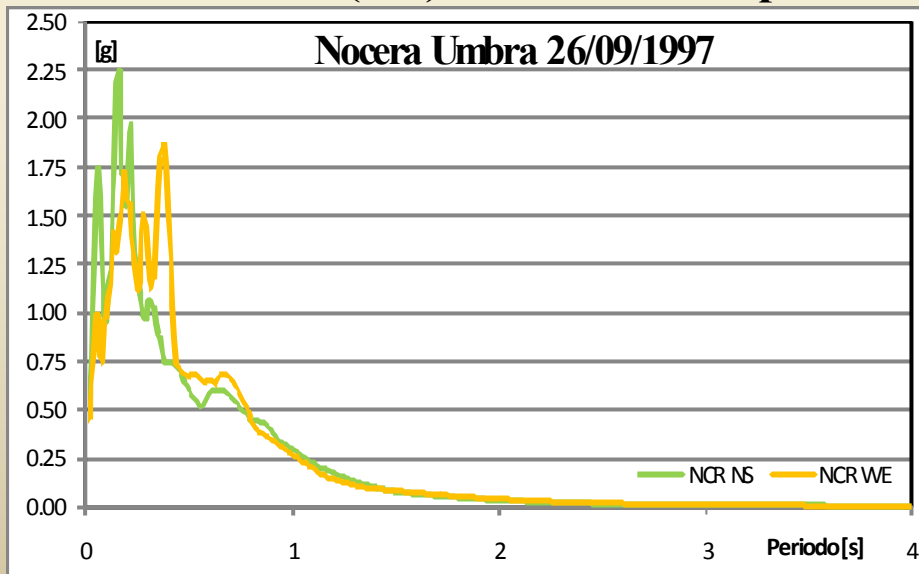
**Tolmezzo(UD) a 21.7km dall'epicentro**



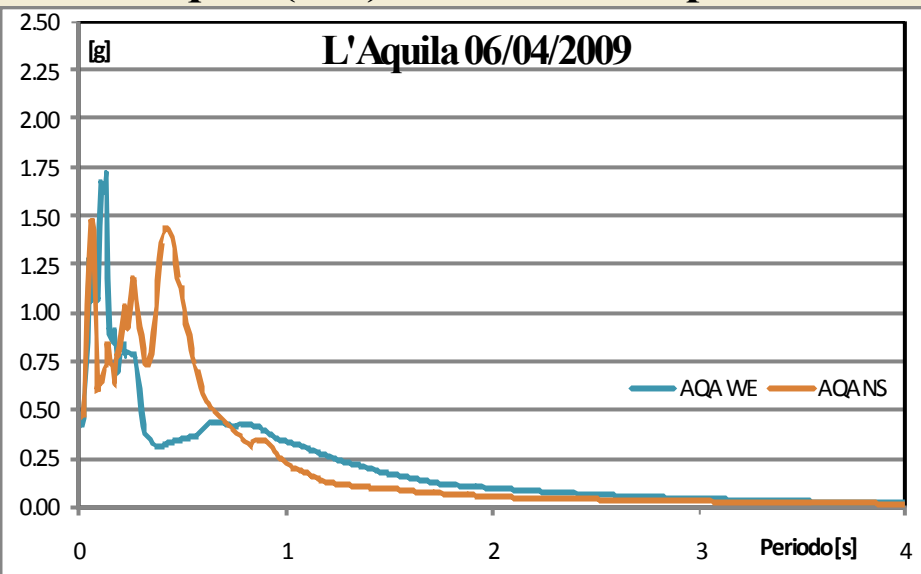
**Sturno(AV) a 33.3km dall'epicentro**



**Nocera Umbra(PG) a 12.2km dall'epicentro**



**L'Aquila(AQ) a 4.5km dall'epicentro**

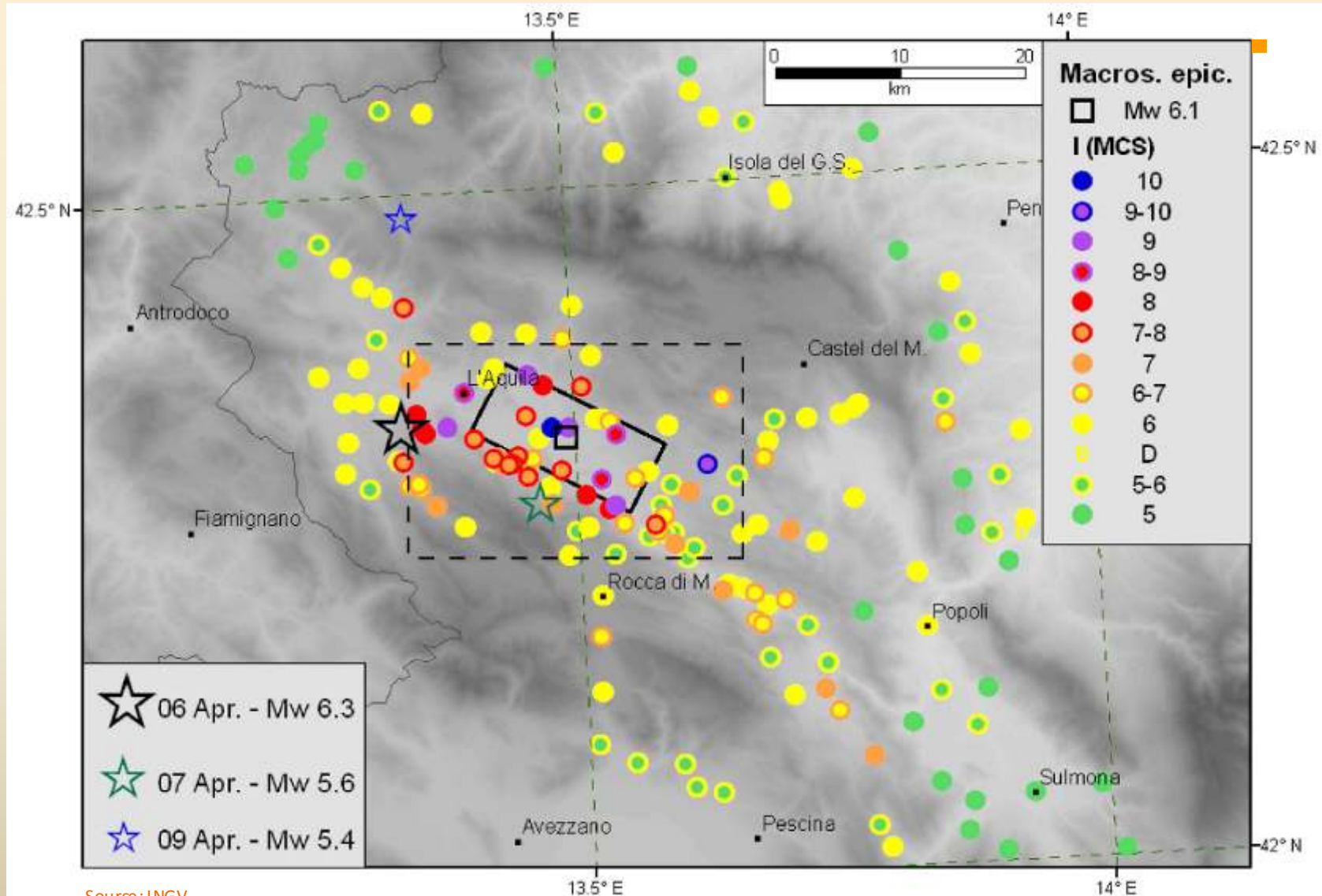


Riferimento dati accelerazioni: Working Group ITACA (2008) - Data Base of the Italian strong motion data:

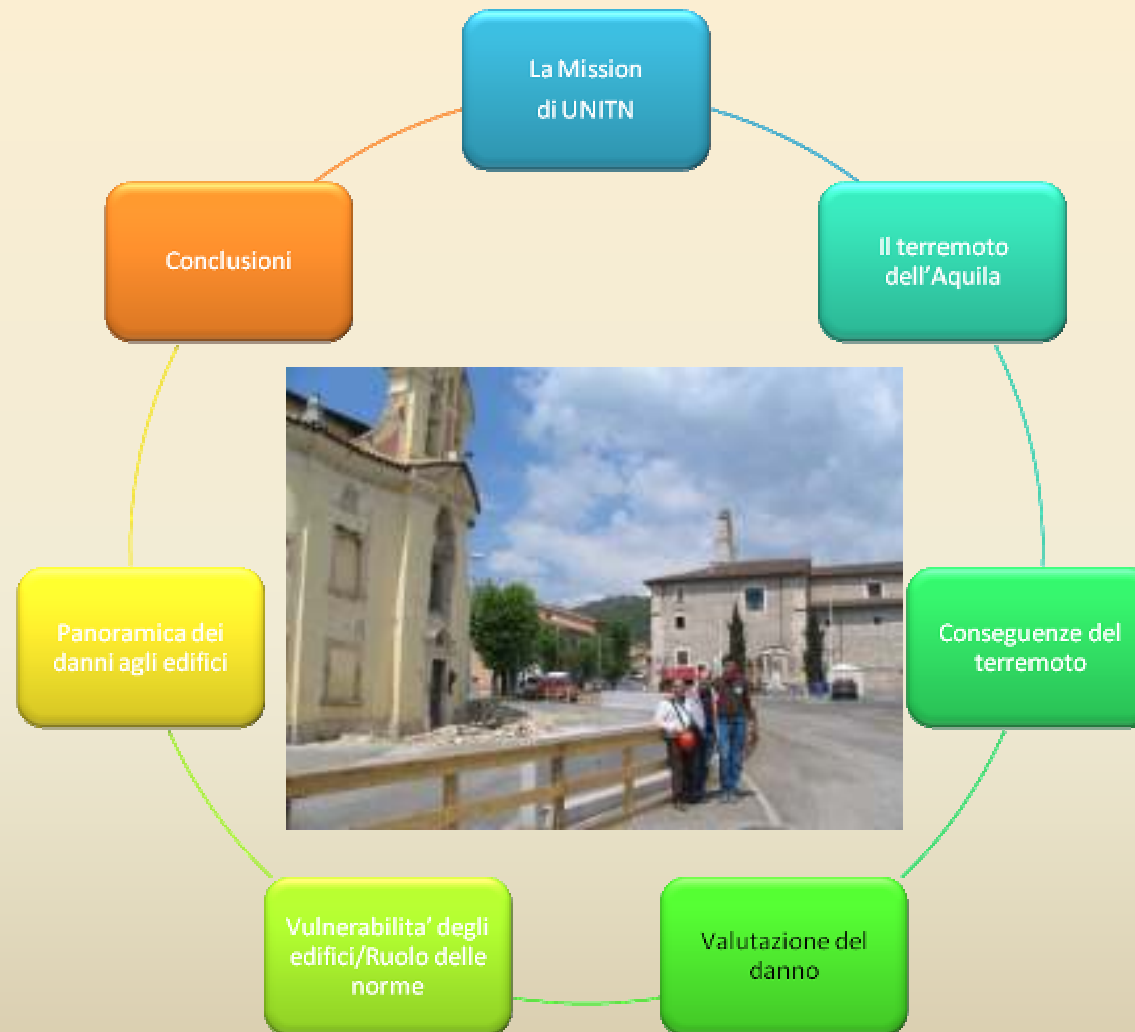
# Presentazione/cont.



# Effetti di sito



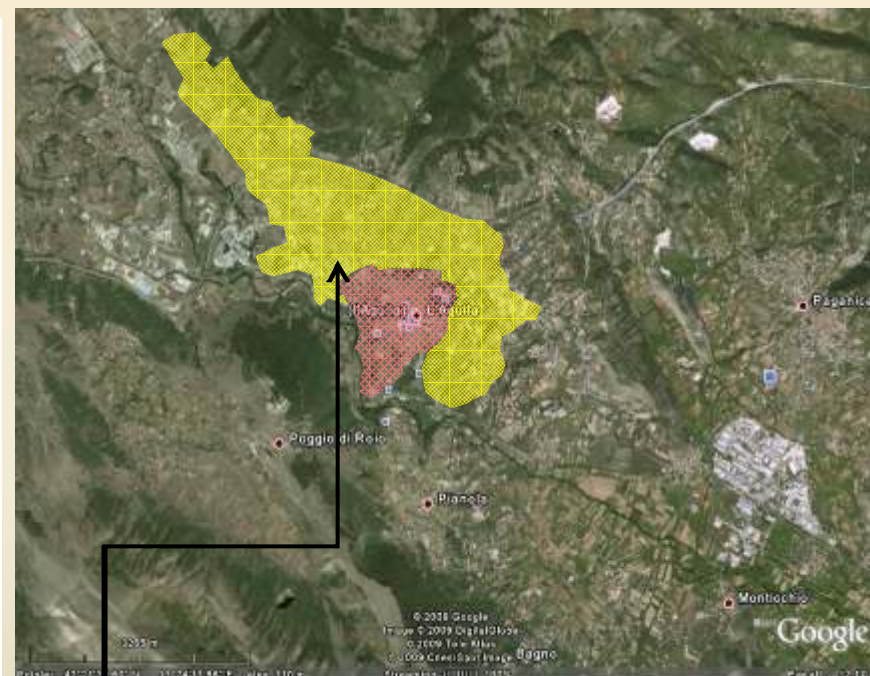
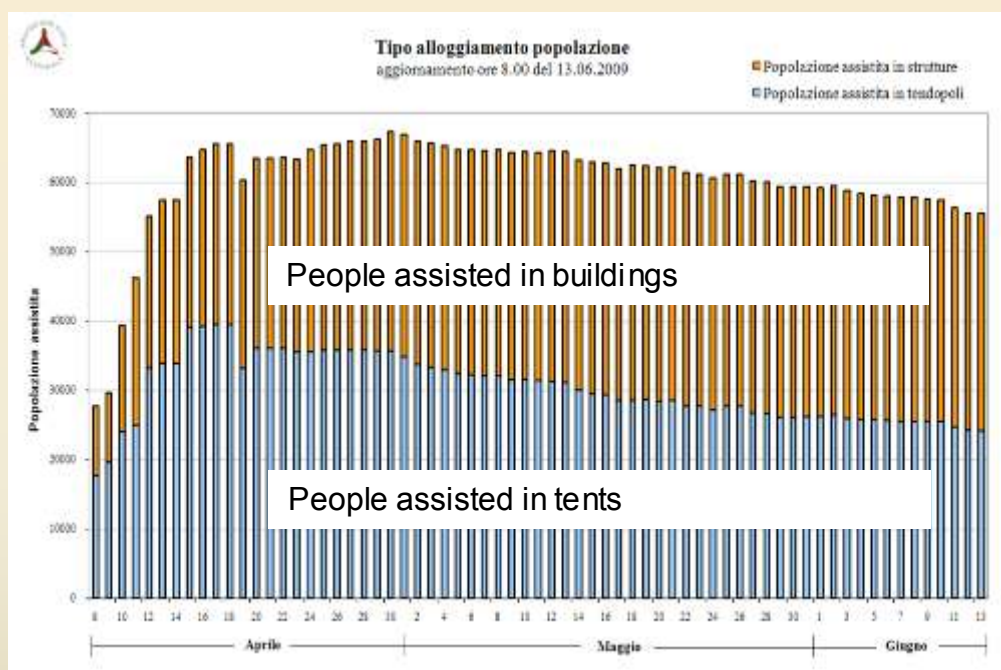
# Presentazione/cont.



# Strategie per valutare l'agibilita'



Circa 70,000 persone sono state assistite dalla Protezione Civile

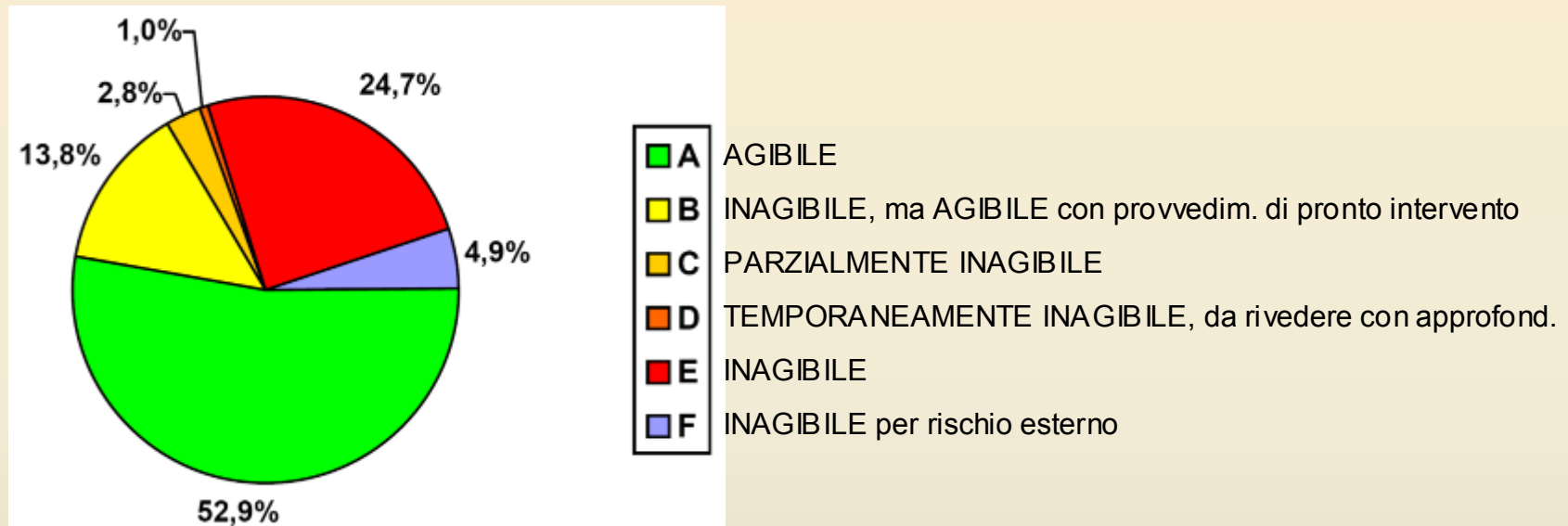


La valutazione dell'AGIBILITA' inizio' dalle aree meno danneggiate , al fine di facilitare il rientro nelle abitazioni





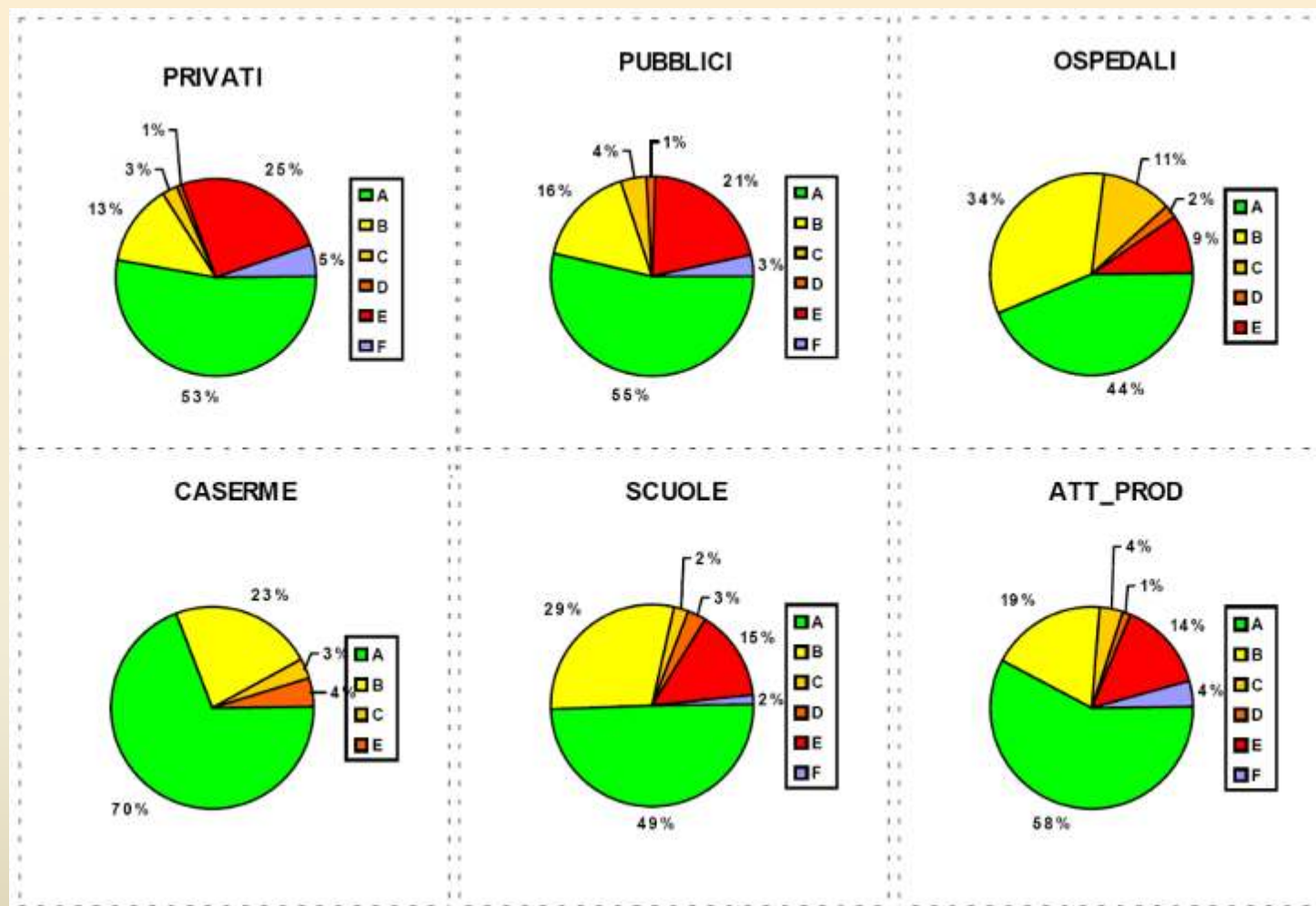
# Valutazione dei risultati



**Totale per tutti i tipi di strutture.**

**Piu' di 50,000 edifici valutati**

# Valutazione dei risultati



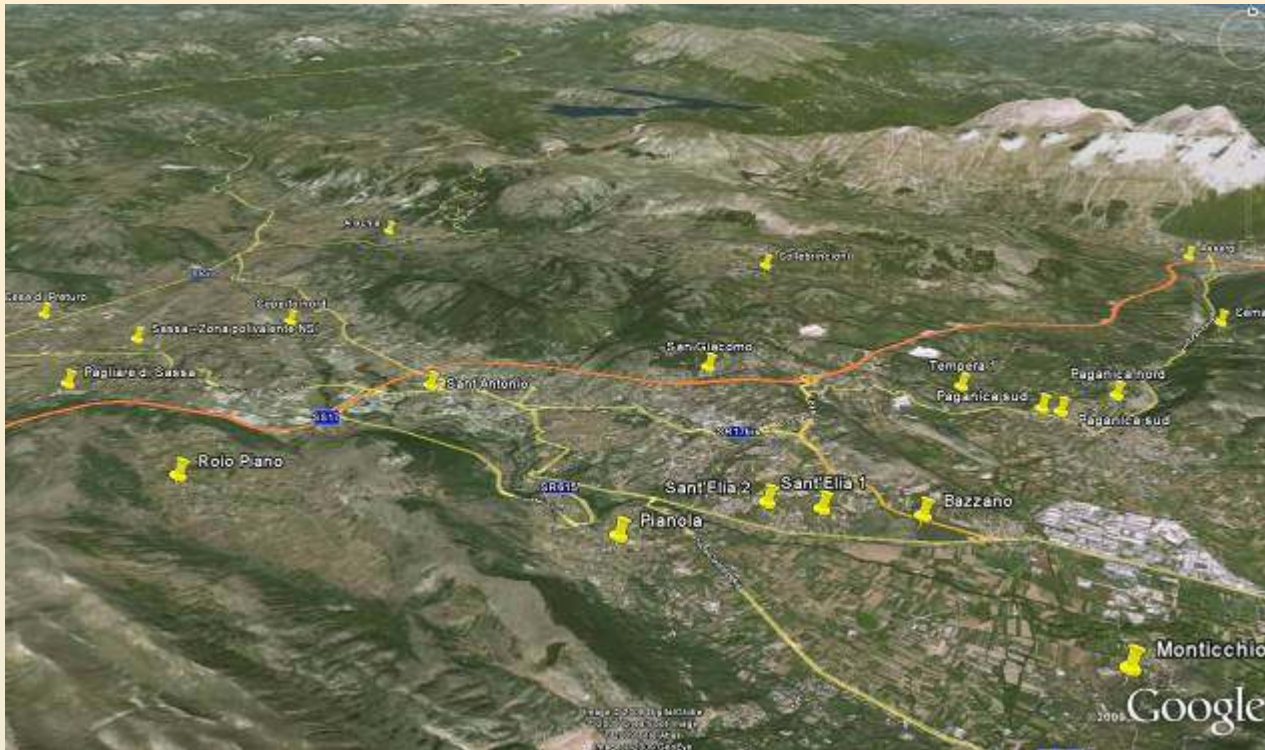
**OSPEDALI** hanno mostrato la piu' grande percent. di AGIBILITA' dopo provvedimenti di p.i. (con, **danni non strutturali**)

**STAZIONI DI POLIZIA e MILITARI** hanno evidenziato la piu' grande aliq. di edifici AGIBILI (per **migliori costruzioni/qualita' prog.**)

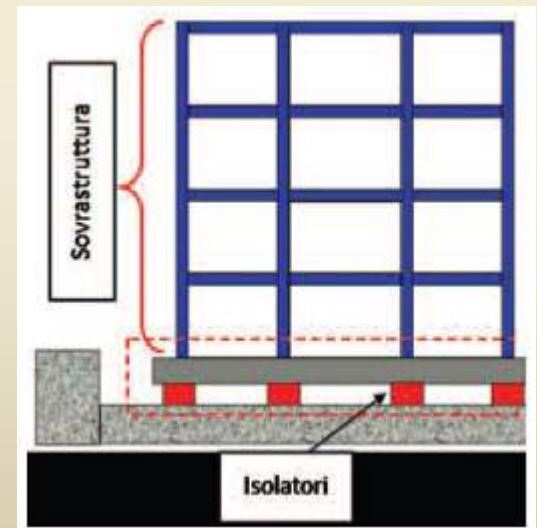
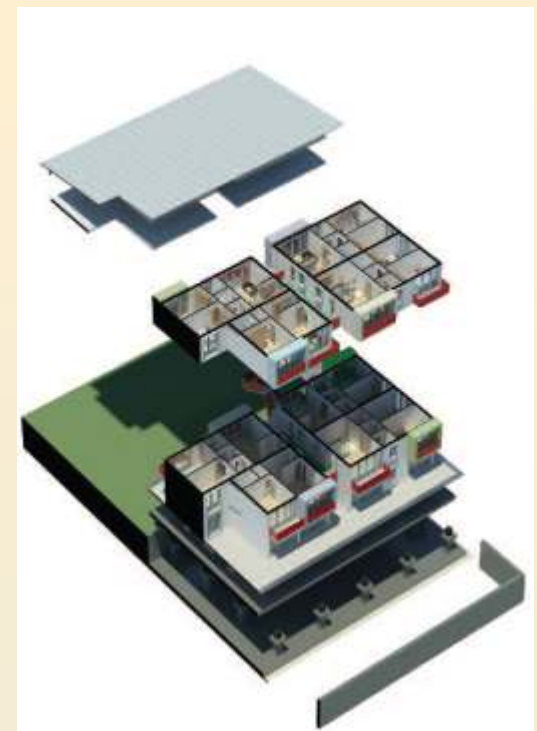
**PRIVATI e PUBBLICI** hanno mostrato la piu' bassa percent. di edifici AGIBILI (per **peggiori costruzioni/qualita' prog.**)



# Ricostruzione



Dislocazione dei siti per le nuove



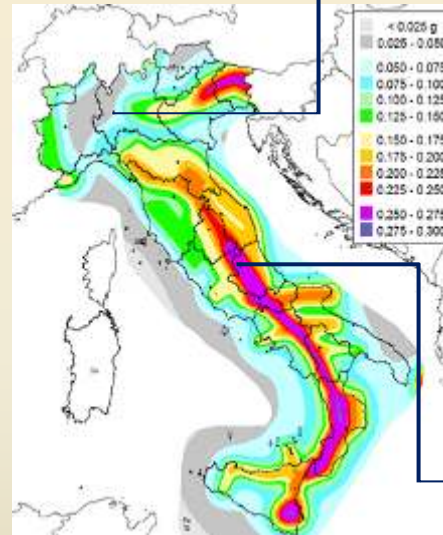
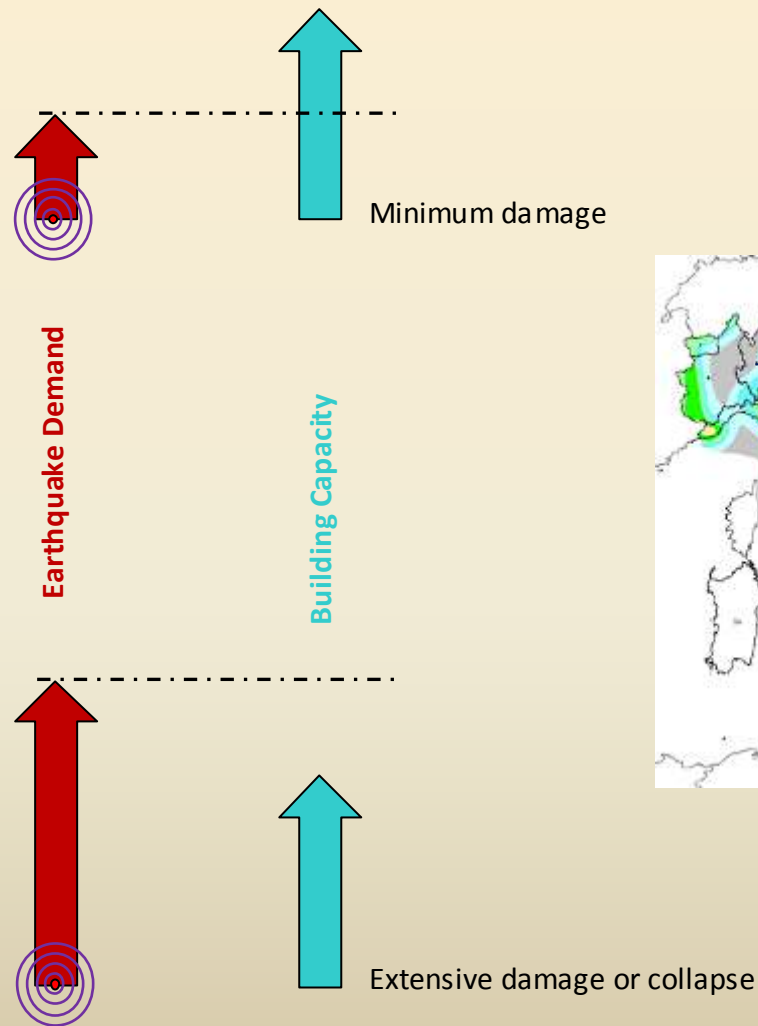
Edifici isolati in cap.  
Edifici in legno

# Presentazione/cont.





# Vulnerabilita' degli edifici in Italia



Milano



Vecchie costruzioni:  
analoghe tecniche costruttive  
impiegate indipendentemente  
dall'Hazard sismico

L'Aquila



# PERICOLOSITÀ SISMICA

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

---

Ricerca per comune  
Lat 42.36600  
Lon 13.39440

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

---

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

---

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Il Comune di L'Aquila è classificato sin dal REGIO D.L. del 13 Marzo 1927 in **zona a media sismicità (2° categoria)**

Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.079	2.399	0.272
SLD	50	0.104	2.332	0.281
SLV	475	0.261	2.364	0.346
SLC	975	0.334	2.400	0.364

## LE NORME DEL TEMPO 1968-1975

### 15 gennaio 1968 – Terremoto nel Belice

L 18 marzo 1968, n.241		(Norme)
DM 26 settembre 1968	(Classificazione)	
DM 10 marzo 1969	(Classificazione)	
Circolare 11 agosto 1969, n.6090 (LL.PP.)		(Norme)

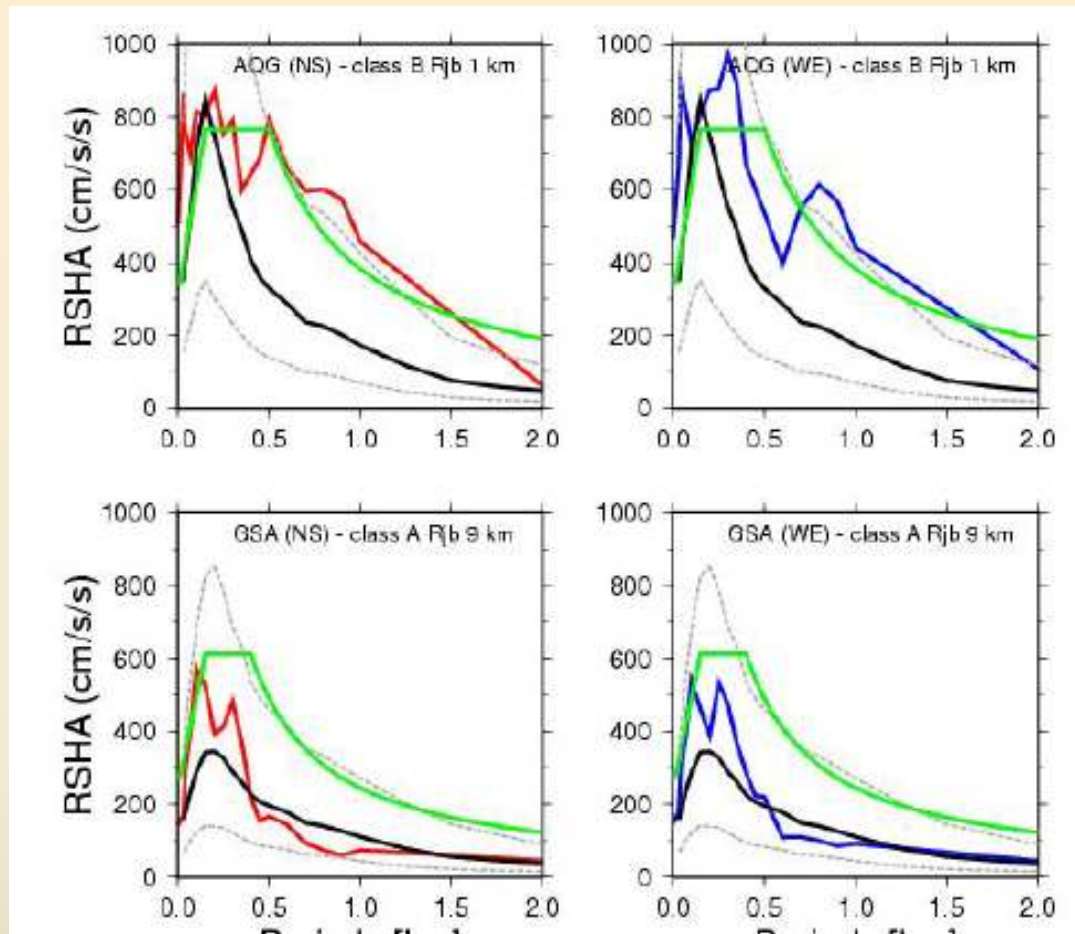
### 6 febbraio 1971 – Terremoto in Tuscania

L 5 novembre 1971 n.1086		(Norme)
DM 14 maggio 1973 n.629	(Classificazione)	
L 2 febbraio 1974 n.64		(Norme)
DM 30 maggio 1974		
Circolare 14 febbraio 1974		
DM 3 marzo 1975 (2 dec. Min. + norme tecniche)	(Classificazione + Norme)	

## NORME TECNICHE IN ZONE SISMICHE

- D.M. 16-01-1996 (Ministero dei Lavori Pubblici) “*Norme Tecniche per le Costruzioni in Zone Sismiche*”
- O.P.C.M. n.3274 del 20-03-2003 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la Classificazione Sismica del territorio nazionale e Normative Tecniche per le Costruzioni in Zona Sismica*”
- D.M. 14-01-2008 (Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti) “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” – 1 luglio 2009.
- Circ. 02-02-2009 n.617 del CSLLPP “*Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 14-01-2008*”

# GLI SPETTRI DI RISPOSTA DEL MAINSHOCK



Per suoli di Classe B gli spettri di risposta eccedono sia i bassi periodi (0–.4s) che i periodi intermedi (0.8-1.5s)

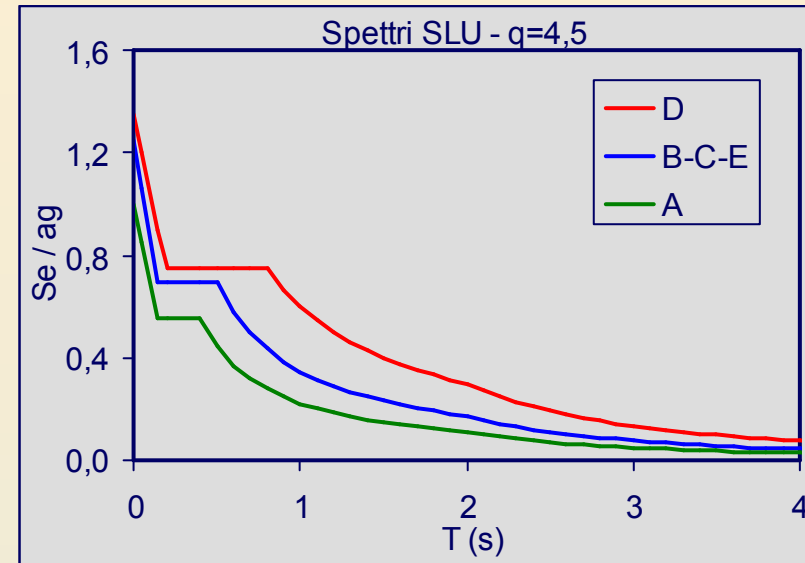
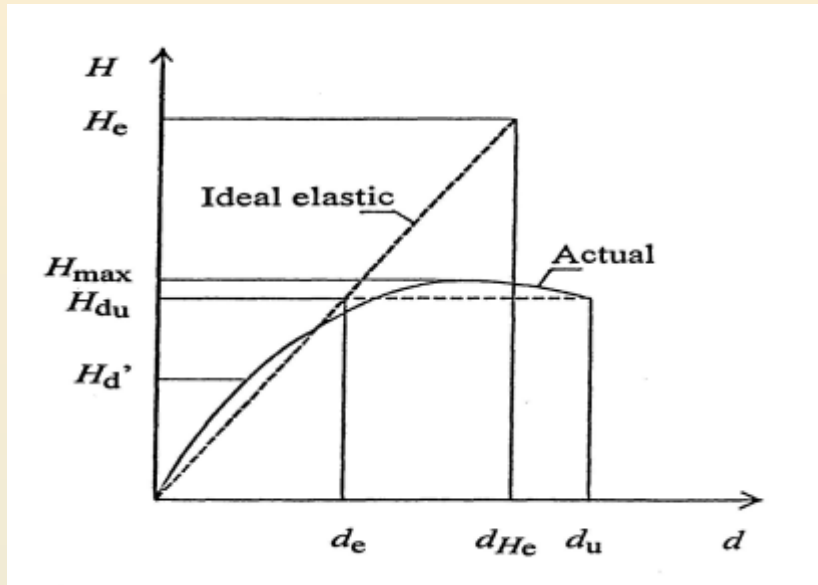
Spettri di risposta dell'accelerazione dell'EC8 con accelerazione di picco pari a 0.25g (10% prob. in 50 anni) e spettri ottenuti da due registrazioni near fault con suoli di Classe A e B



# CONFRONTO NORME DEL TEMPO E ATTUALI

Azioni orizzontali e fattore di struttura per edifici intelaiati

$$q = H_e/H_u \quad q = (2 \mu_u - 1)^{1/2}$$



$$F_{h,DM75} = C R \varepsilon \beta W = \frac{S - 2}{100} R \varepsilon \beta W$$

$$F_{h,OPCM03} = \gamma_I a S \frac{\beta_o}{q}$$

$$q_{\text{implicito}} = \frac{a \beta_o}{\gamma_e C}$$

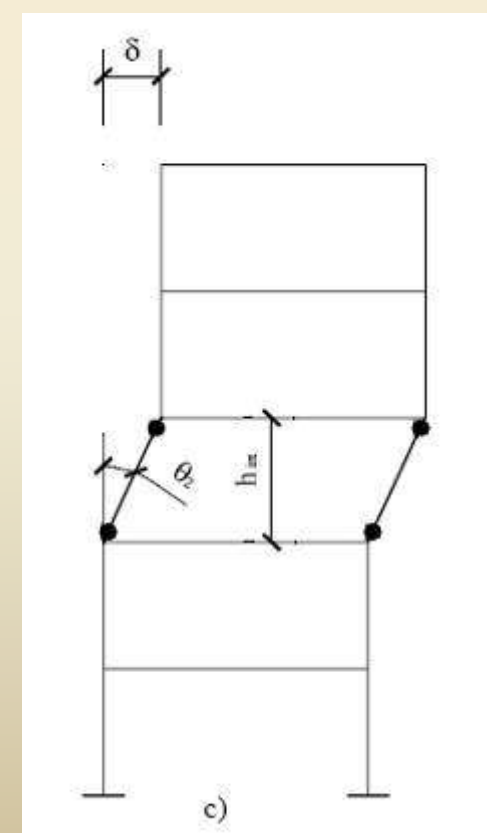
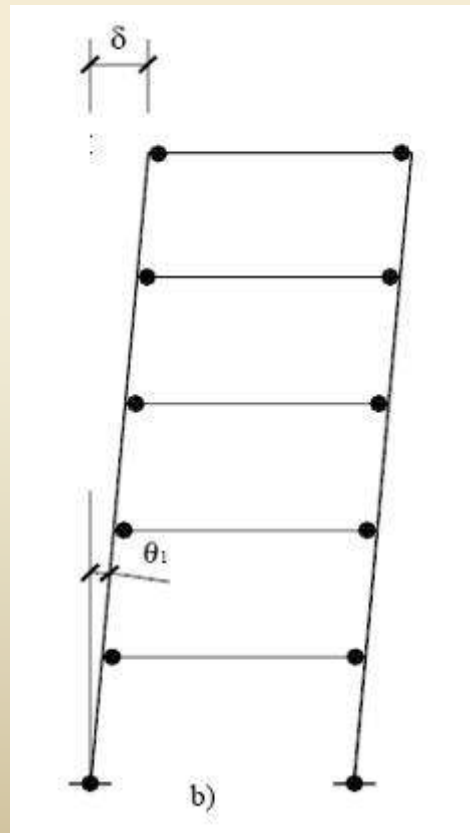
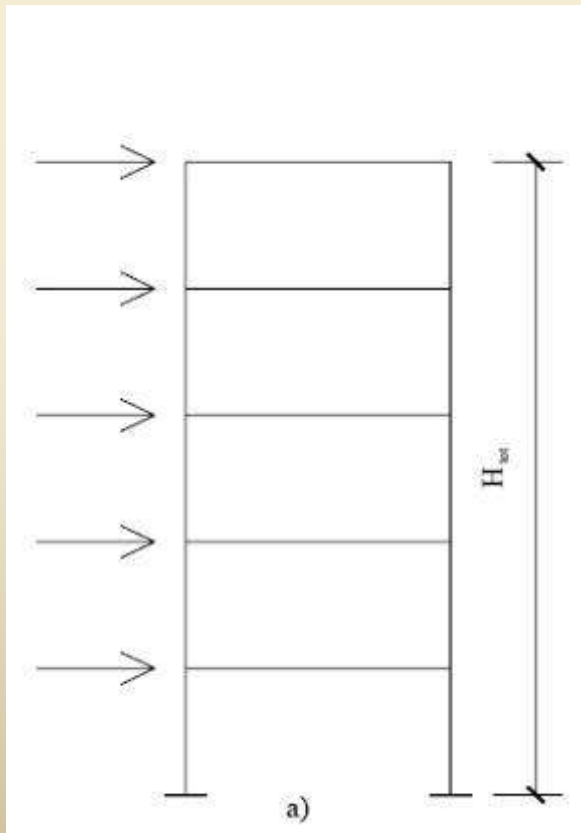
DM 03/03/75			OPCM 25/03/03- EUROCODICE 8			
categoria	C	$\gamma_e C$	zona	$\alpha = ag/g$	$\alpha \beta_o$	q implicito
			4	0,05	0,125	
III	0,040	0,060	3	0,15	0,375	<b>6,25</b>
II	0,070	0,105	2	0,25	0,625	<b>5,95</b>
I	0,100	0,150	1	0,35	0,875	<b>5.83</b>

# SOFT STOREY E GERARCHIA DELLE RESISTENZE

D.M. 14-01-2008 (Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti) “Norme Tecniche per le Costruzioni”

## NTC 7.2.1 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

Per assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e duttile evitando rotture fragili si fa ricorso alla gerarchia delle resistenze. Si localizzano le dissipazioni di energia in zone a tal fine progettate effettuando il dimensionamento degli elementi non dissipativi nel rispetto del criterio di gerarchia delle resistenze.



# EDIFICI IN CEMENTO ARMATO



Da Google street view

Hotel Duca degli Abruzzi  
L'Aquila





# EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

## NTC 7.2.3 ELEMENTI SECONDARI ED ELEMENTI NON STRUTTURALI

Se la distribuzione degli elementi costruttivi senza funzione strutturale con  $s > 100\text{mm}$  è fortemente irregolare in altezza deve essere considerata la concentrazione di danno ai livelli caratterizzati da significativa riduzione di tali elementi. Questo requisito si intende soddisfatto incrementando del 40% le azioni di calcolo per gli elementi verticali (pilastri e pareti) dei livelli con tali riduzioni.



Da Google street view





# STAFFATURE NEI PILASTRI

## NTC 7.3.6.2 Verifiche degli elementi strutturali in termini di duttilità

I singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme devono possedere una duttilità coerente con il fattore di struttura adottato. Questa condizione si può ritenere soddisfatta applicando le regole di progetto specifiche e di gerarchia delle resistenze.

### NTC 7.4.6.2.2

#### Armature trasversali nei pilastri

Nelle zone critiche le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe il cui passo deve essere minore di:

- $1/3$  e  $1/2$  del lato minore della sezione (CD"A" e CD"B");
- 125 mm e 175 mm (CD"A" e CD"B");
- 6 e 8 volte il diametro delle barre longitudinali (CD"A" e CD"B").



# NODO TRAVE-PILASTRO

## NTC 7.4.6.2.3 Nodi trave-pilastro

Lungo le armature longitudinali del pilastro che attraversano i nodi non confinati devono essere disposte staffe di contenimento in quantità almeno pari alla maggiore prevista nelle zone del pilastro inferiore e superiore adiacenti al nodo. Questa regola può non essere osservata nel caso di nodi interamente confinati.





# IRREGOLARITÀ IN PIANTA E IN ELEVAZIONE



## NTC 7.2.3 Elementi secondari ed elementi non strutturali

L'irregolarità in pianta degli elementi costruttivi senza funzione strutturale con  $s > 100\text{mm}$  deve essere valutata e tenuta in conto. Questo requisito si intende soddisfatto se si raddoppia l'eccentricità accidentale.

## NTC 7.3 Metodi di analisi

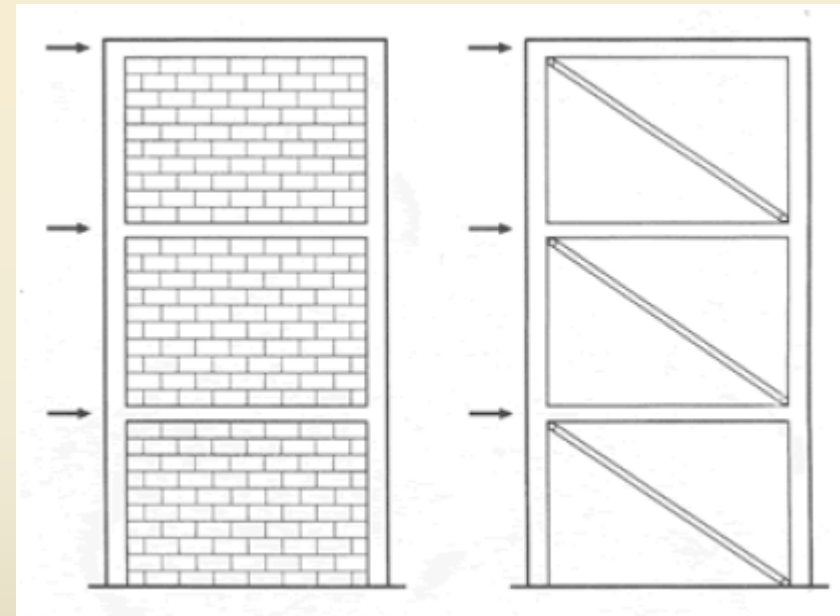
Il valore del fattore di struttura  $q$  viene calcolato dal prodotto di un valore massimo  $q_0$  e  $K_R$  che è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari.



# MODELLAZIONE TAMPONATURE

## NTC 7.2.6 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

Nella definizione del modello elementi strutturali secondari e non strutturali autoportanti (tamponature) possono essere rappresentati solo in termini di massa considerando il loro contributo di resistenza solo qualora possiedano rigidezza tali da modificare il comportamento del modello.



Interazione telai e pannelli murari di tamponatura analizzato con l'allegato della Circ. Min. n.65 del 10 aprile 1997



# STATO LIMITE DI DANNO

## NTC 7.3.7.2 Verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali

Per evitare la  
temporanea  
inagibilità di una  
costruzione si deve  
verificare che gli  
spostamenti di  
interpiano in  
presenza dell'azione  
sismica di progetto  
relativa allo SLD  
siano inferiori a



- a) per tamponamenti collegati rigidamente alla struttura che interferiscono con la deformabilità della stessa
- $$d_r < 0,005 h \quad (7.3.16)$$
- b) per tamponamenti progettati in modo da non subire danni a seguito di spostamenti di interpiano  $d_{rp}$ , per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura:
- $$d_r \leq d_{rp} \leq 0,01 h \quad (7.3.17)$$
- c) per costruzioni con struttura portante in muratura ordinaria
- $$d_r < 0,003 h \quad (7.3.18)$$
- d) per costruzioni con struttura portante in muratura armata
- $$d_r < 0,004 h \quad (7.3.19)$$

# Presentazione/cont.



# STRUTTURE IN MURATURA

## CLASSIFICAZIONE DELLE STRUTTURE IN MURATURA

1. Costruzioni realizzata interamente in muratura (edifici storici);
2. Costruzioni con elementi verticali portanti in muratura ed elementi orizzontali realizzati da travi di materiale diverso e non adeguatamente collegati alla struttura muraria portante;
3. Costruzioni realizzate con elementi verticali e orizzontali opportunamente connessi fra di loro.

## PRINCIPALI CAUSE DI DANNEGGIAMENTO

Con riferimento alle prime due tipologie le principali cause di danneggiamento sono state:

1. Bassa qualità dei materiali e delle tecniche di realizzazione;
2. Inefficienza dei collegamenti tra gli elementi orizzontali e quelli verticali;
3. Spinte orizzontali non adeguatamente contrastate;
4. Interventi di adeguamento inappropriati.

# STRUTTURE IN MURATURA

## COSTRUZIONI REALIZZATE INTERAMENTE IN MURATURA



Chiesa di S. Margherita detta dei Gesuiti - Struttura portante verticale in muratura



Struttura orizzontale a volta realizzata con mattoni in costa



# STRUTTURE IN MURATURA

**COSTRUZIONI CON ELEMENTI VERTICALI PORTANTI IN MURATURA E ORIZZONTALI IN MATERIALI DIVERSI E NON ADEGUATAMENTE CONNESSI TRA DI LORO.**



Crollo di una piastra in c.a. nella Chiesa

# DANNEGGIAMENTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA

## INEFFICIENZA DEI COLLEGAMENTI

Crollo della copertura (travi metalliche) e del solaio del primo piano (soletta in c.a.) della sacrestia della chiesa di S. Margherita a L'Aquila da imputare alla mancanza di un adeguato collegamento fra la struttura verticale e quella orizzontale



## **NTC 7.8.5 Regole di dettaglio per costruzioni in muratura ordinaria**

Ad ogni piano deve essere realizzato un cordolo continuo all'intersezione tra solai e pareti. Travi metalliche o prefabbricate costituenti i solai debbono essere prolungate nel cordolo per almeno la metà della sua larghezza e comunque per non meno di 12 cm ed adeguatamente ancorate ad esso.

# DANNEGGIAMENTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA

## SPINTE ORIZZONTALI NON CONTRASTATE

Spinta indotta da una copertura pesante non opportunamente contrastata



### NTC 7.8.1.4 Criteri di progetto e requisiti geometrici

Le strutture costituenti orizzontamenti e coperture non devono essere spingenti. Eventuali spinte orizzontali, valutate tenendo in conto l'azione sismica, devono essere assorbite per mezzo di idonei elementi strutturali.

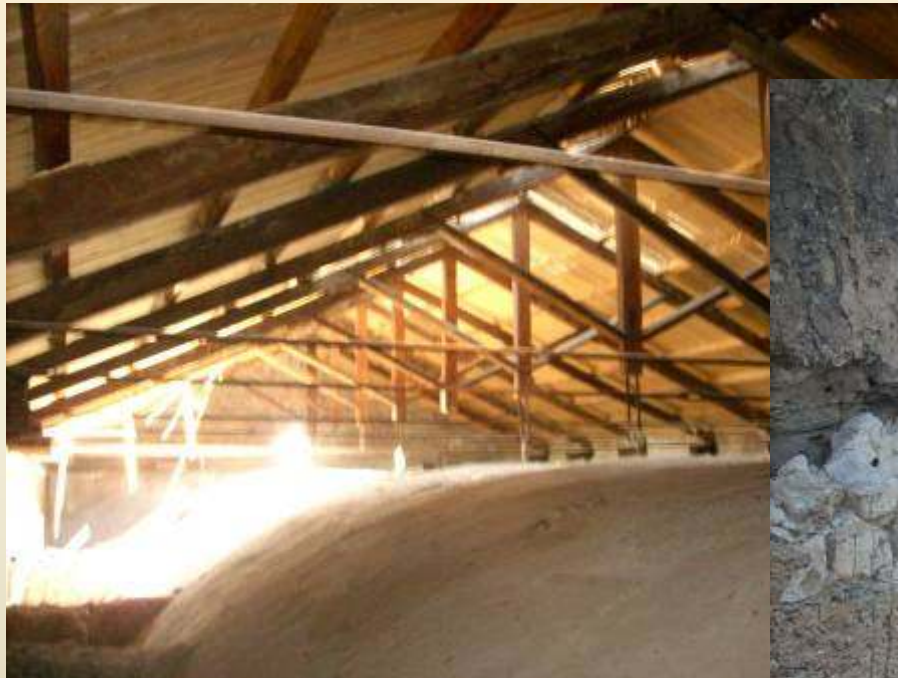




# DANNEGGIAMENTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA

## SPINTE ORIZZONTALI NON CONTRASTATE

Danneggiamento dei contrafforti laterali della chiesa di S. Margherita a L'Aquila dovuta alle spinte orizzontali esercitate dalle facciate, conseguenti alla presenza della volta la cui spinta orizzontale non è stata opportunamente contrastata





# DANNEGGIAMENTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA

## INAPPROPRIATI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO

Danneggiamento della volta della chiesa di S. Margherita a L'Aquila rinforzata circa 20-30 anni fa con un getto in cls senza l'opportuna eliminazione della spinta orizzontale con tiranti. Le lesioni principali sono il distacco in alcuni punti del cls della soletta dai mattoni e fessurazioni longitudinali sull'estradosso in corrispondenza delle reni e in chiave all'intradosso.



# INFRASTRUTTURE

## VIADOTTO AUTOSTRADALE

Scorrimento degli appoggi sulle pile del viadotto (travi semplicemente appoggiate)





# EDIFICI INDUSTRIALI



Silos nella zona Industriale di Bazzano:

-Progettazione degli anni '80

-Progettazione fine anni '90



# EDIFICI INDUSTRIALI



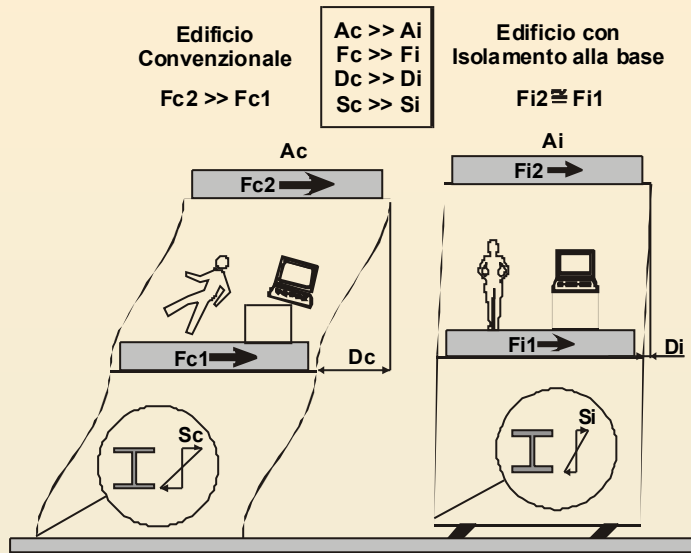
Edificio industriale vicino al campo sportivo di Bazzano con drift residui dell'1.5%.

-Progettazione fine anni '70.

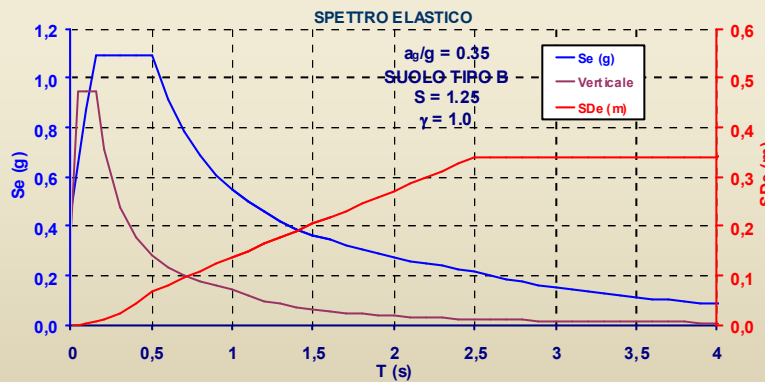




# PROGETTAZIONE INNOVATIVA CON ISOLAMENTO SISMICO

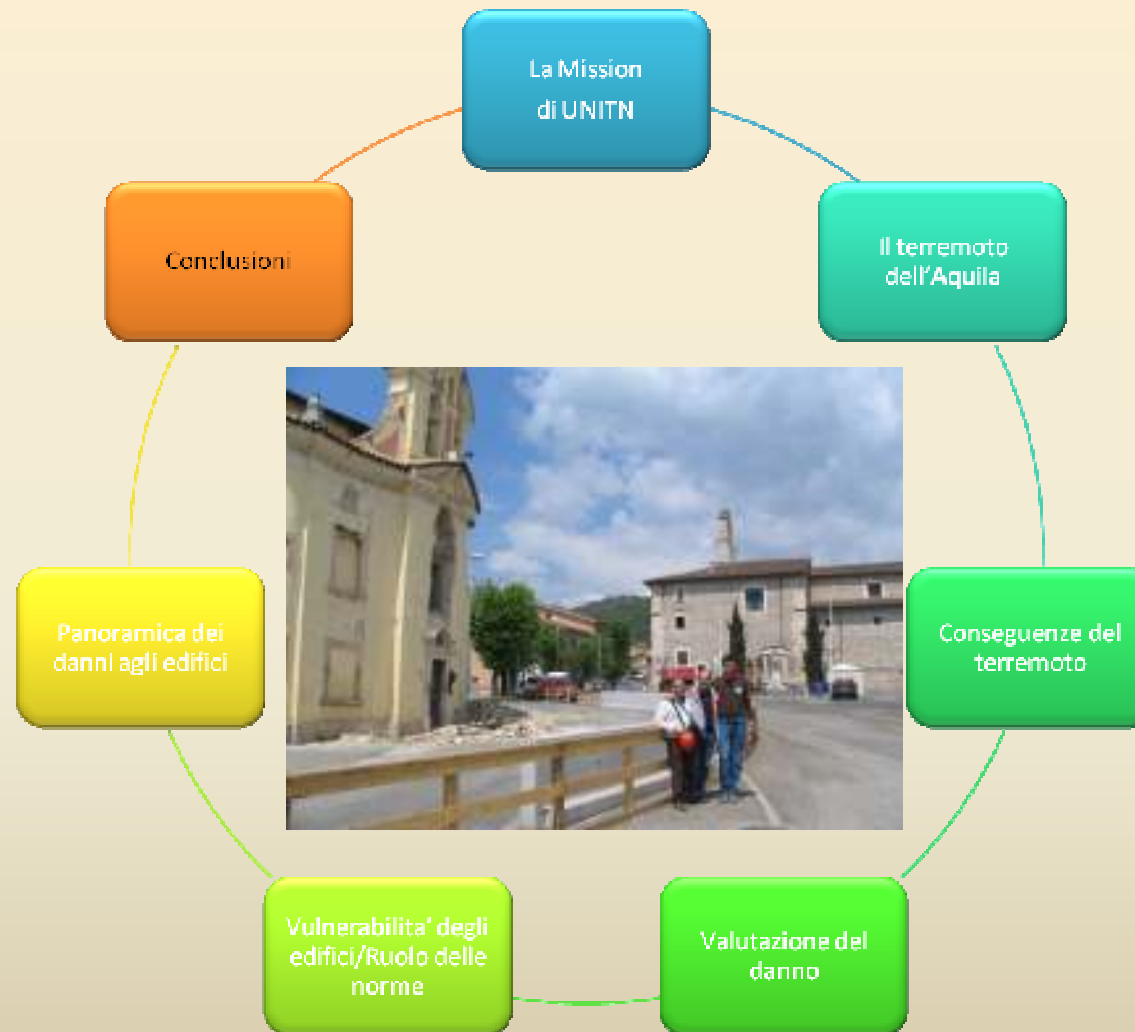


$A_c \gg A_i$   
 $F_c \gg F_i$   
 $D_c \gg D_i$   
 $S_c \gg S_i$



-Progettazione anni 2000

# Presentazione/cont.



## Conclusioni

### Geologia, seismicita', gestione dell'emergenza

- Limitata estensione delle zone affette dai danni sia per effetto della limitata distanza focale che per effetto della configurazione geologica - valle circondata dalle montagne-
- I valori di PGA's sono compatibili con le mappe di hazard sismico, specialmente con quelli dell'ultima versione del 2006
- I piu' grandi livelli di danno sono associati agli effetti di sito, per effetto della presenza di suoli di tipo alluvionale – ad es. Onna-
- Elevato numero di sfollati con grande paura di rientrare nelle abitazioni per effetto di infondate previsioni di terremoti violenti e aftershock
- Efficiente valutazione dell'agibilita` degli edifici da parte della Protezione Civile

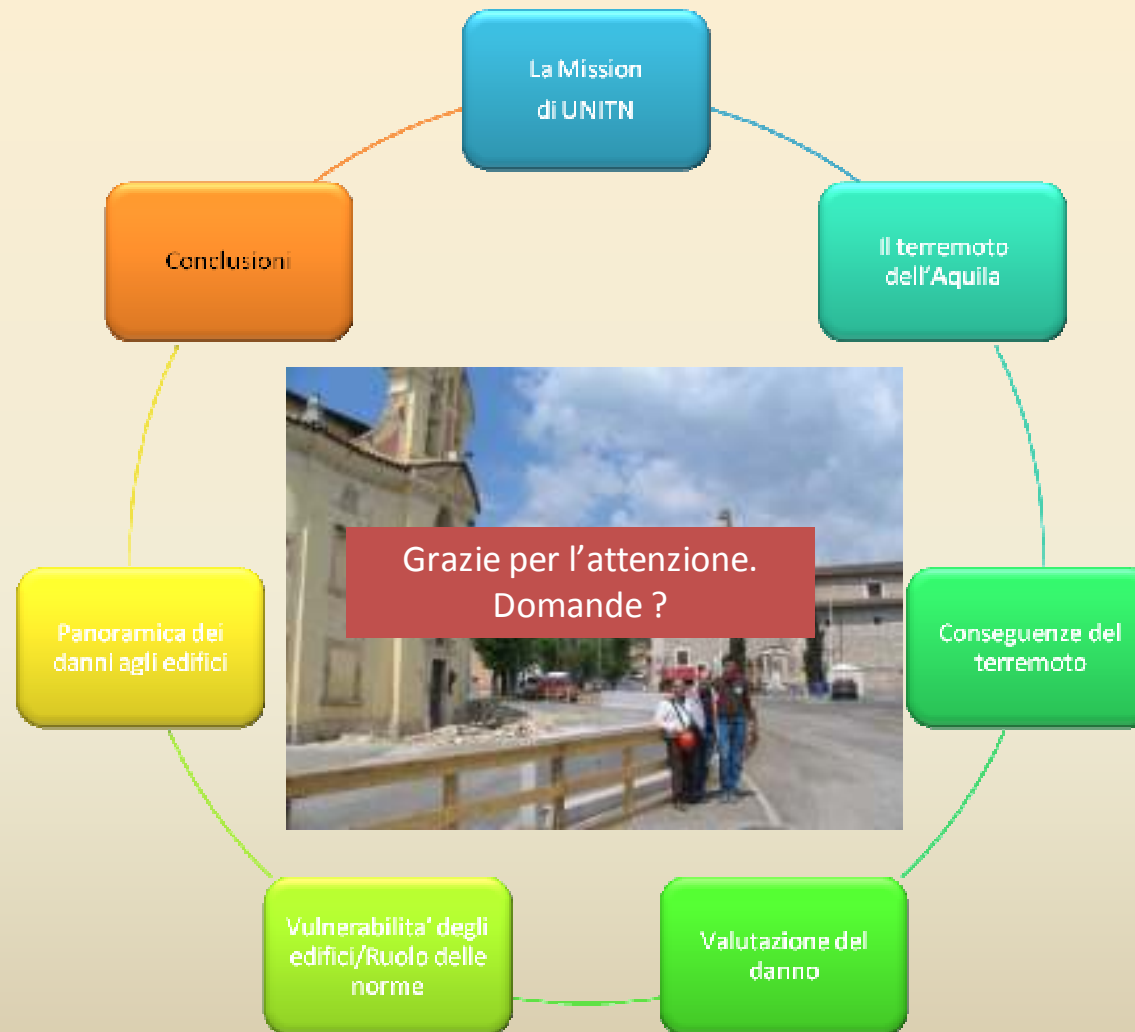
## Conclusioni/cont.

### Danni agli edifici

- Collassi di edifici costruiti tra gli anni 60' e 70' per effetto della formazione di meccanismi con *soft-storey*
- Danno elevato dovuto a inadeguatezza dei dettagli e della corrosione delle barre d'armatura
- Danni alle facciate e ai muri di tamponamento dovuti a supporti insufficienti
- Grande flessibilita' degli edifici in c.a. a telaio hanno indotto elevati danni non strutturali ai primi due piani e alla caduta di oggetti al piano superiore, con significative perdite economiche dirette e indirette. Bisognerà rivisitare i limiti di spostamento di interpiano ovvero l'uso di sistemi con pareti di taglio per incrementare la rigidità strutturale
- Prestazione insufficiente delle strutture in muratura; comunque, l'uso di catene ha fornito un mezzo efficace per la mitigazione del danno nelle strutture in muratura
- Rinforzo delle strutture in muratura con pesanti piani e tetti in c.a. Cio' ha causato il collasso di diverse strutture

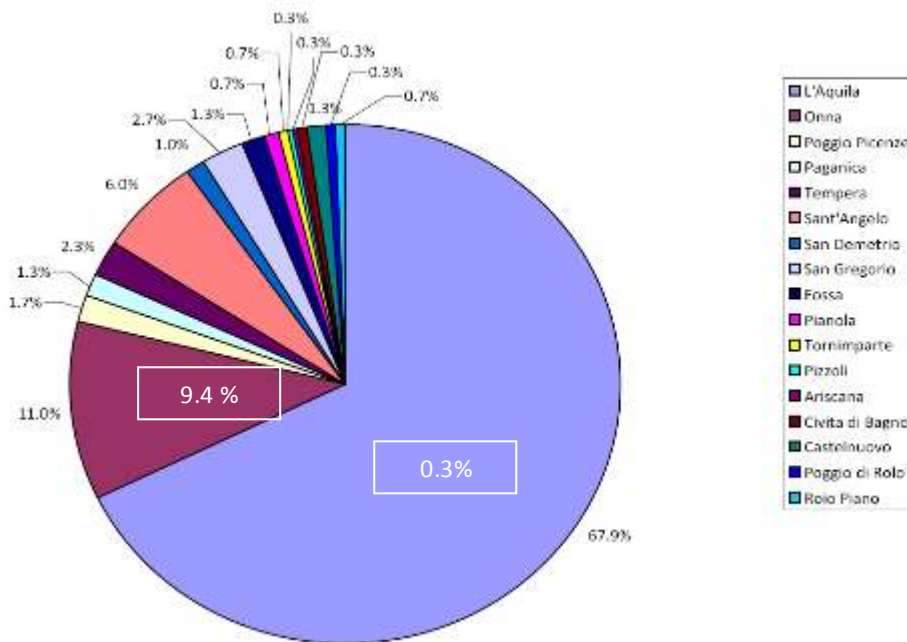


# Presentazione/cont.



# Intensita' del terremoto: mappa sismica

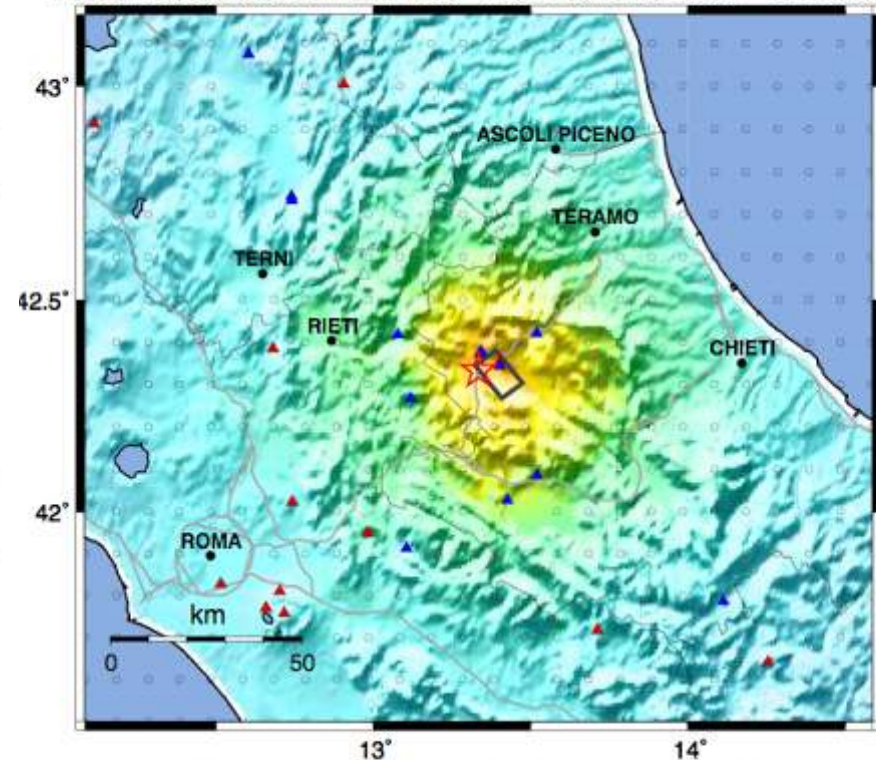
Distribution of Fatalities in the Affected Area (by comuni)  
source: Il centro (Reporting 299 deaths, April, 2009)



Source: EEFIT Report

- 299 morti
- 1500 feriti
- 50,000 edifici danneggiati
- Costo totale dei danni degli edifici:  
2-3 billion euro (Air Worldwide)

INGV ShakeMap : CENTRAL ITALY - AQUILANO  
Mon Apr 6, 2009 03:32:39 AM MDST M 5.8 N42.33 E13.33 Depth: 8.8km ID:2206496920



Map Version 34 Processed Wed May 27, 2009 12:08:58 PM MDST, -- NOT REVIEWED BY HUMAN

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<0.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

# DISTANZA TRA EDIFICI (MARTELLAMENTO)



## NTC 7.2.2

### Distanza tra costruzioni contigue

La distanza tra costruzioni contigue deve essere tale da evitare fenomeni di martellamento e comunque non può essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi determinati per lo SLV; in ogni caso la distanza tra due punti che si fronteggiano non può essere inferiore ad  $1/100$  della quota dei punti considerati misurata dal piano di fondazione moltiplicata per  $a_g S / 0,5g < 1$ .



# PILASTRI TOZZI

## NTC 7.4.4.2 Pilastri

Per escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio si ottengono dall' espressione:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{C,Rd}^s + M_{C,Rd}^i}{l_p}$$

Dove  $l_p$  è la lunghezza del pilastro.

Se i tamponamenti non si estendono per l'intera altezza dei pilastri, le sollecitazioni sul pilastro nella parte priva di tamponamento sono calcolate assumendo  $l_p$  pari alla parte di pilastro priva di tamponamento.

