

La Microzonazione del Territorio

Giuliano Milana¹

1 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma

Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
Sala Conferenze Camera di Commercio I.A.A. di Teramo Via Savini, 48/50



- E' noto a tutti che i terremoti non si manifestano in modo omogeneo sul territorio, ma che la distribuzione della sismicità varia anche sensibilmente in modo sia spaziale che temporale come varia l'energia massima che le diverse sorgenti sismiche sono in grado di generare.
- E' quindi evidente che nessun intervento volto a mitigare gli effetti di un terremoto sulla popolazione e sul patrimonio edilizio possa prescindere da una conoscenza il più accurata possibile della storia sismica di un luogo.

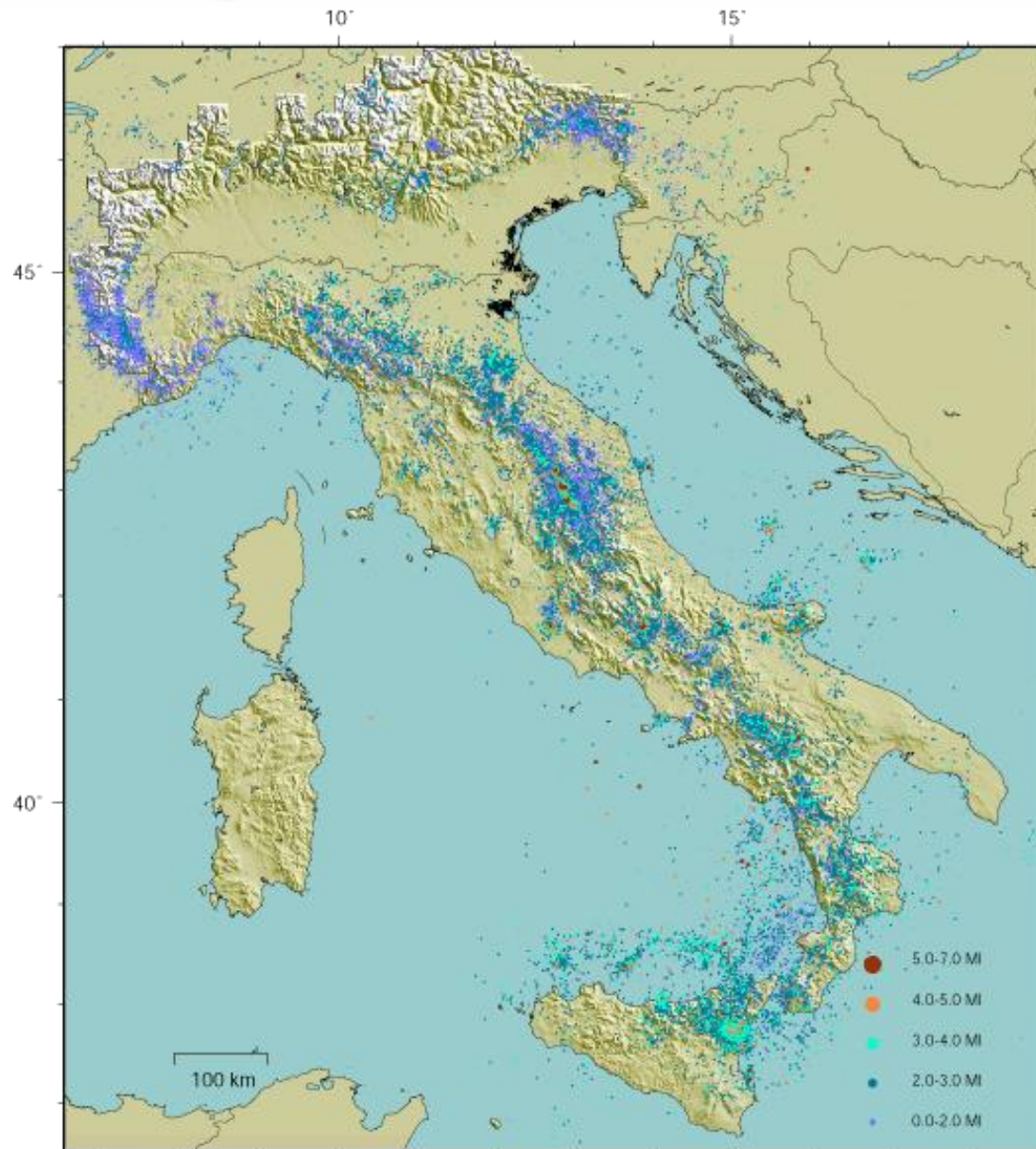
Gli strumenti che consentono di arrivare ad una buona conoscenza della sismicità del territorio sono:



- Dati di sismicità strumentale in grado di descrivere la distribuzione degli eventi più recenti, anche di piccola magnitudo, sul territorio;
- Dati di sismica storica che permettono di recuperare informazioni sui grandi eventi del passato verificatisi anche in zone dove la sismicità strumentale non abbia mai mostrato eventi di grande energia;
- Studi sismotettonici che evidenzino le strutture (faglie sismogenetiche) in grado di generare eventi sismici di elevata energia;
- Leggi ed ipotesi statistiche che descrivano le leggi di ricorrenza con cui si la sismicità si manifesta nelle varie zone.
- Una legge di attenuazione che descriva il decadimento dell'energia sismica con la distanza.



Catalogo della sismicità italiana - CSI 1.1 1981-2002



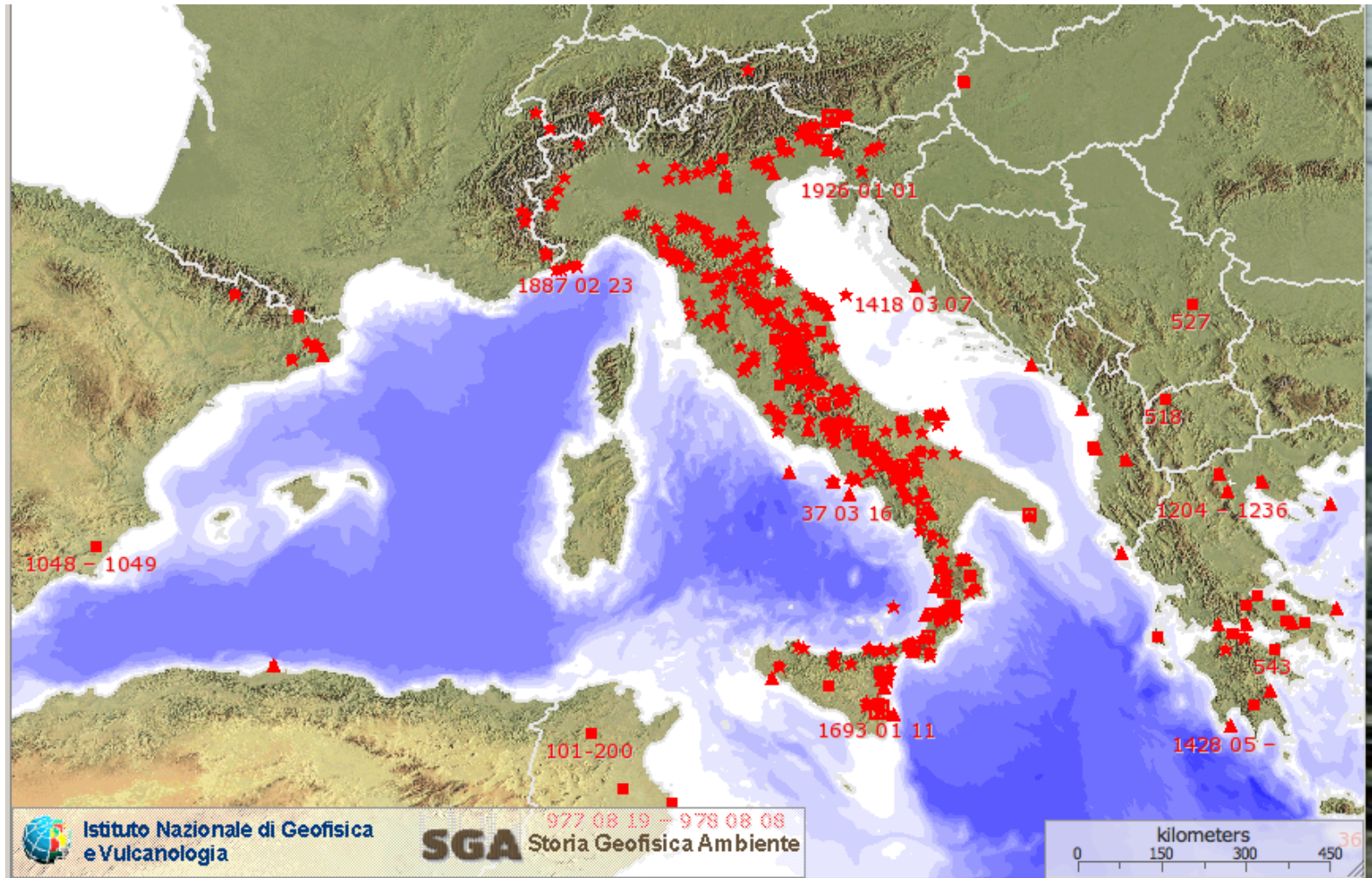
Sismicità strumentale registrata in Italia dal 1981 al 2002 ottenuta integrando i dati della rete sismica nazionale centralizzata INGV (RSNC) con le reti mobili che hanno operato sul territorio in occasione delle sequenze sismiche più importanti.

Gli eventi sono stati rilocalizzati con moderne tecniche alle doppie differenze.

Per tutti gli eventi viene fornita la magnitudo locale (MI) appositamente ricalcolata.

Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50

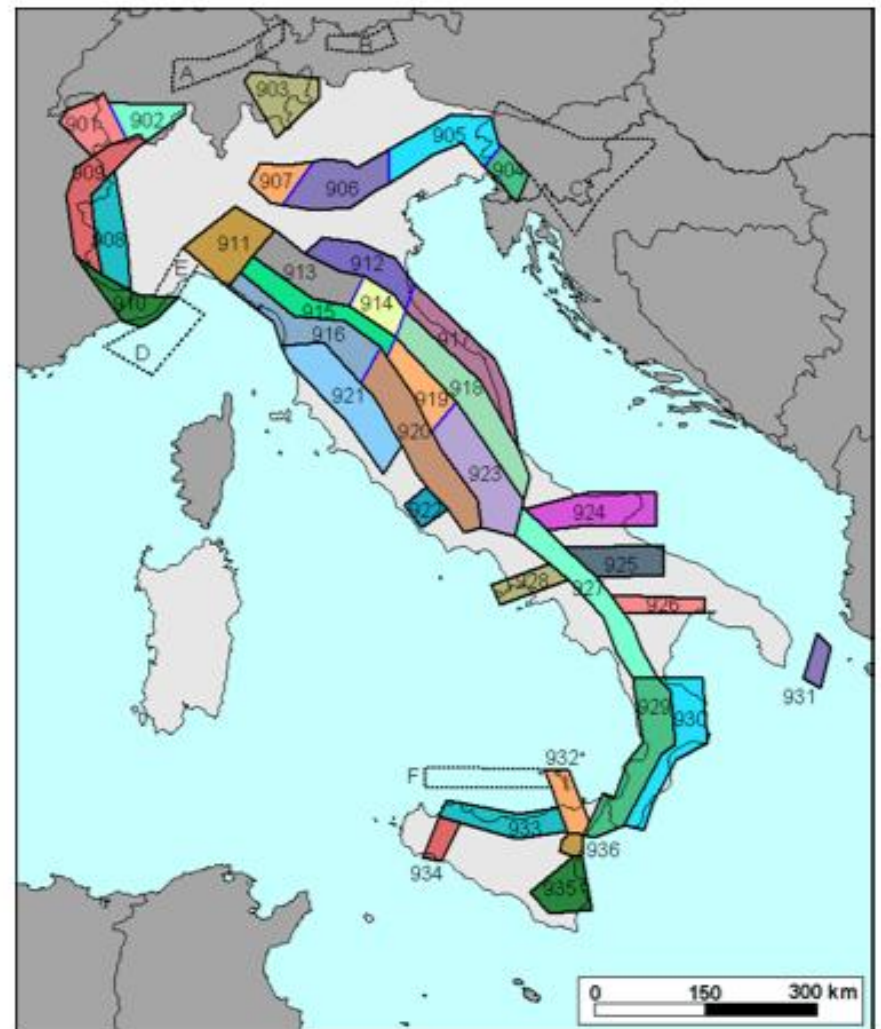
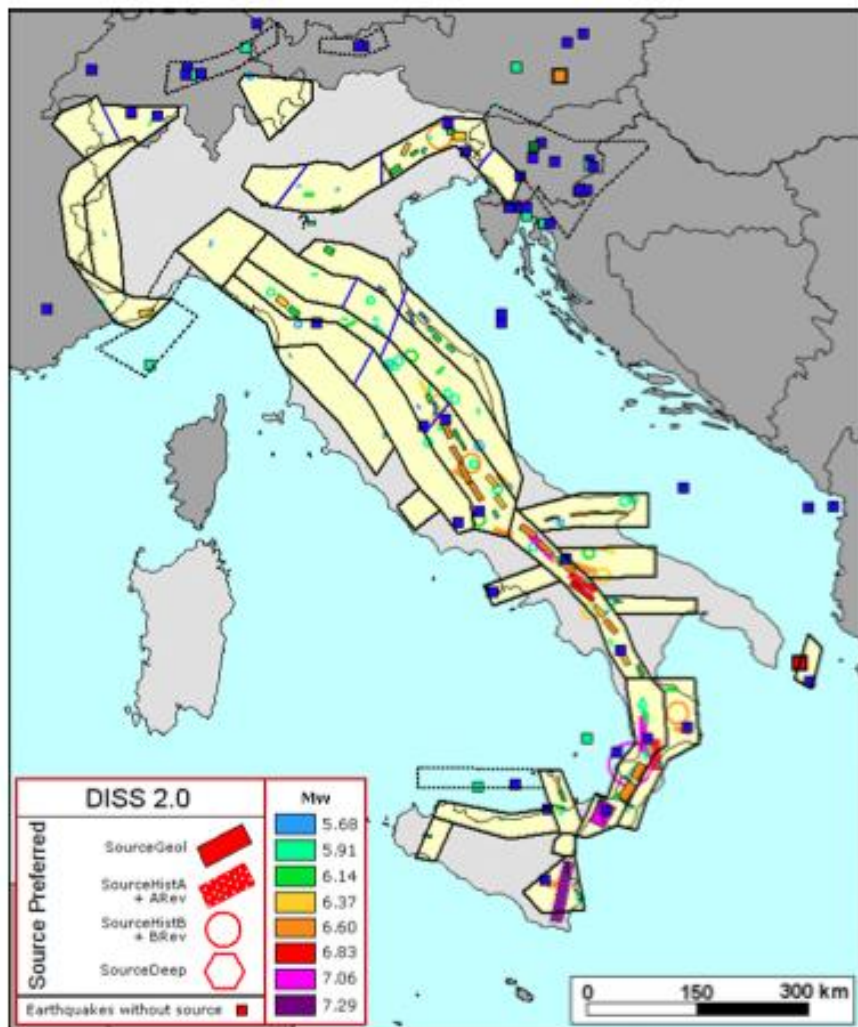




Catalogo storico dei forti terremoti italiani

Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50





Zonazione sismogenetica ZS9, a cura di C. Meletti e G. Valensise
(marzo 2004)

Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50





Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s,0} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

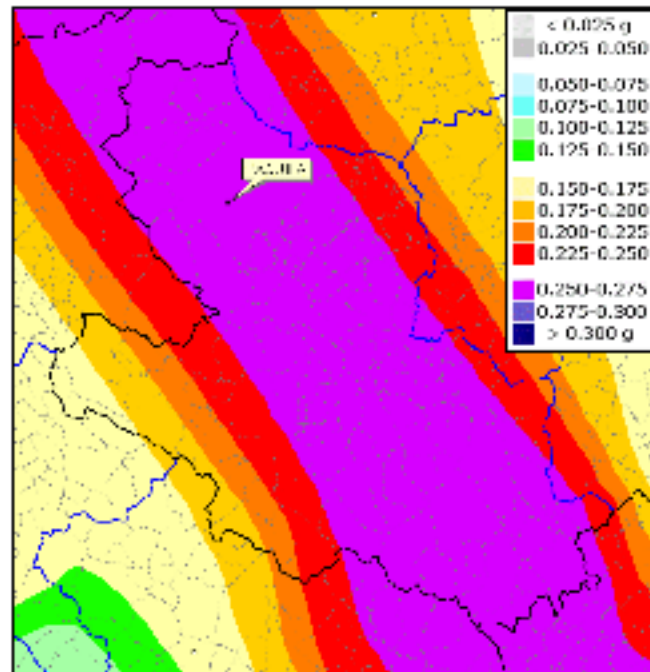
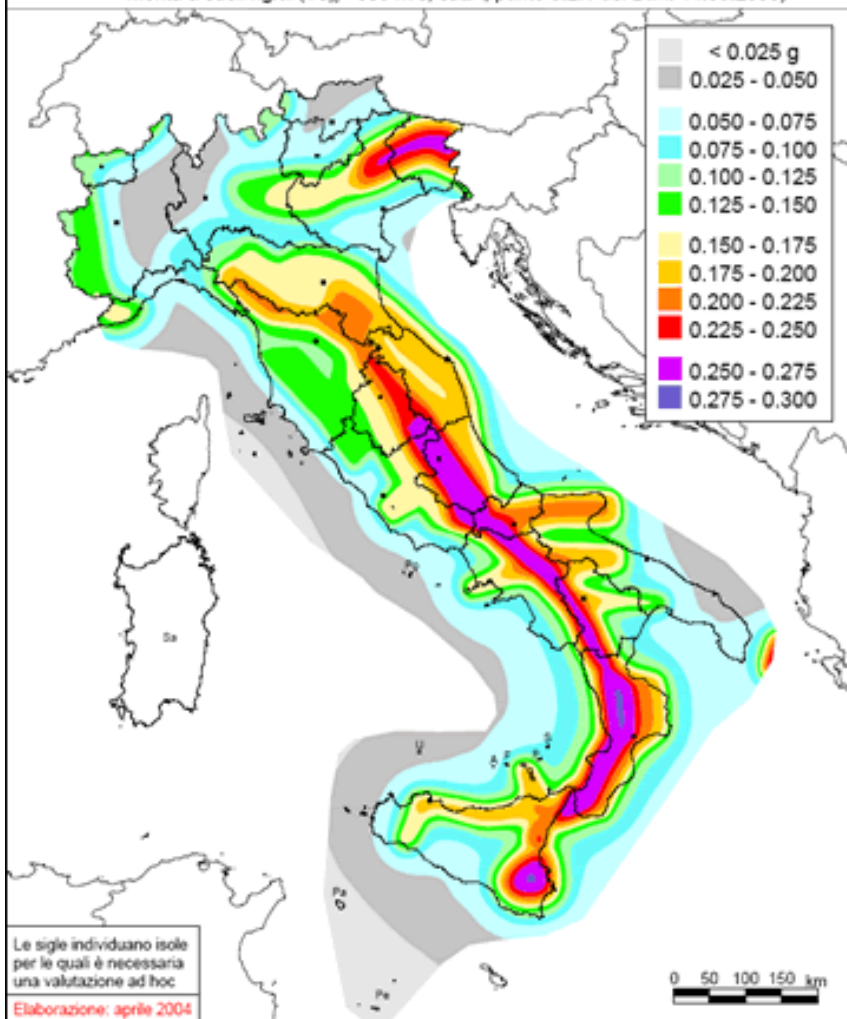


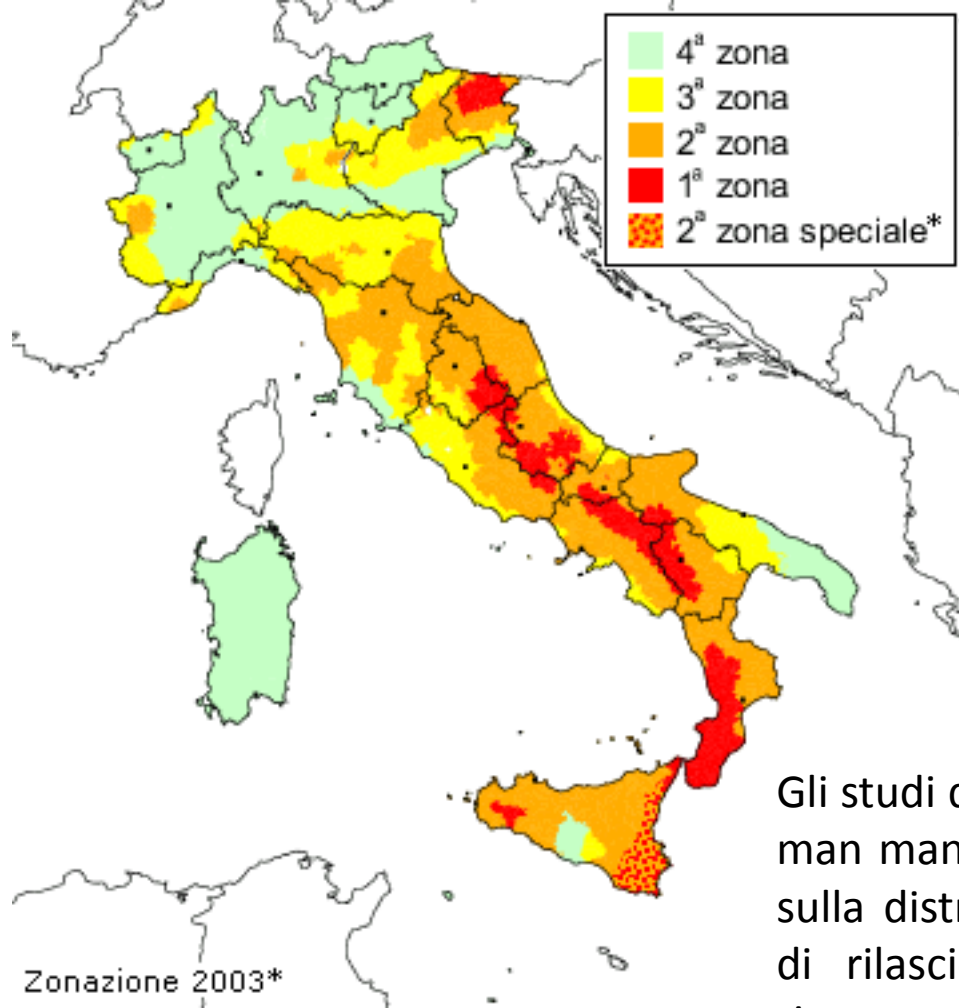
Fig. 5 - Mapa di pericolosità sismica MPS04. Accelerazione massima attesa su suolo rigido con una probabilità del 10% in 50 anni.

Lo studio di tutti gli aspetti fin qui descritti conduce alla redazione delle mappe di pericolosità.

La pericolosità sismica viene definita come:

“La probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (PGA).”





Zonazione 2003*

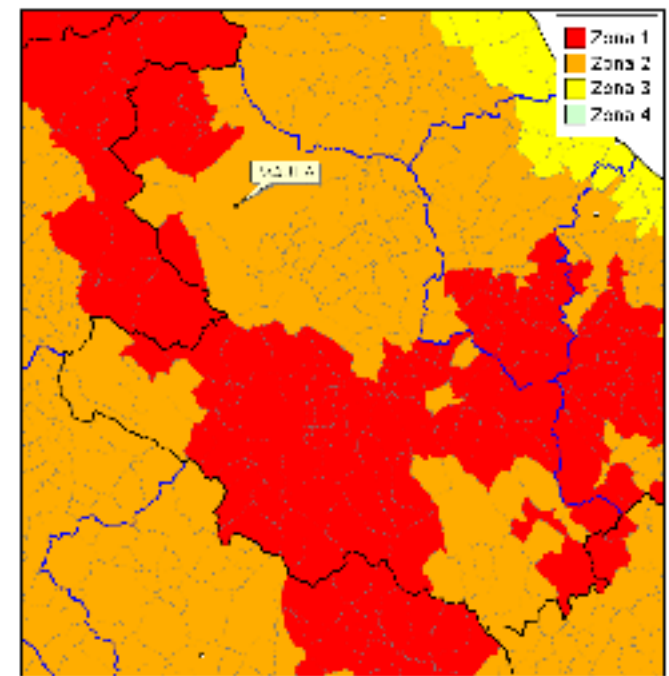


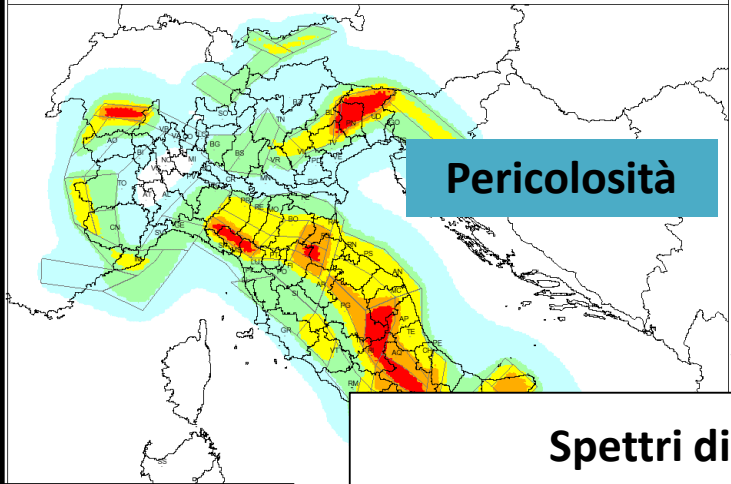
Fig. 4 - Zone sismiche aggiornate dall'OPCM 3274/2003 e recepite dalle Regioni.

Gli studi di pericolosità si aggiornano in continuazione man mano che si acquisiscono nuove conoscenze sia sulla distribuzione delle sorgenti, sia sui meccanismi di rilascio dell'energia sismica, sia sulle leggi di ricorrenza che descrivono l'evoluzione temporale della sismicità. Il prodotto più importante ai fini applicativi degli studi di pericolosità è la **“Classificazione sismica del territorio”** utilizzata per la definizione degli **“Spettri di normativa”**.

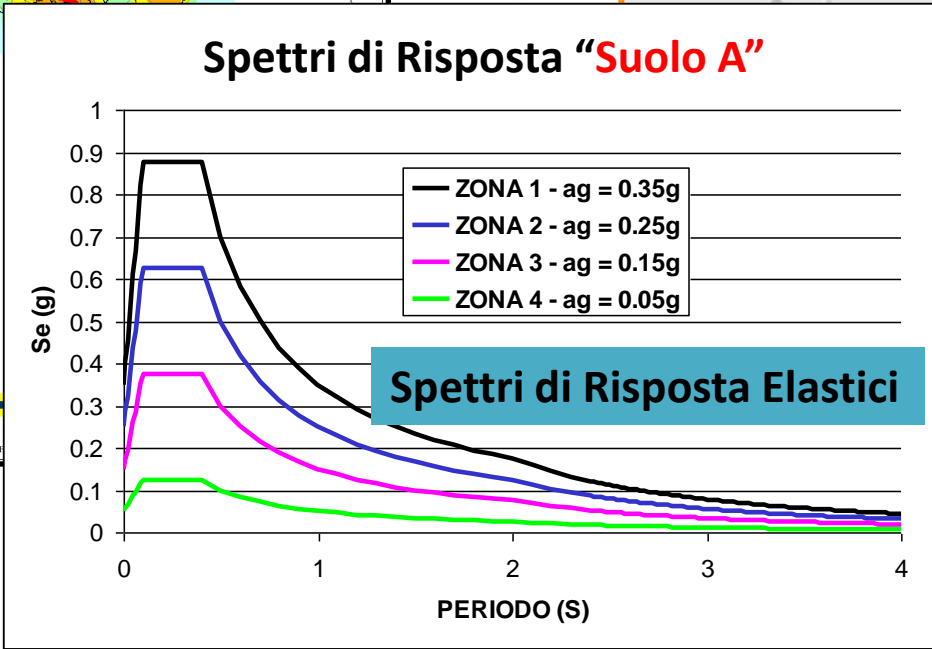
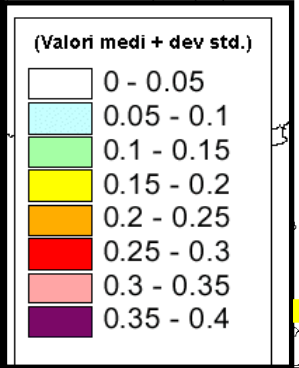
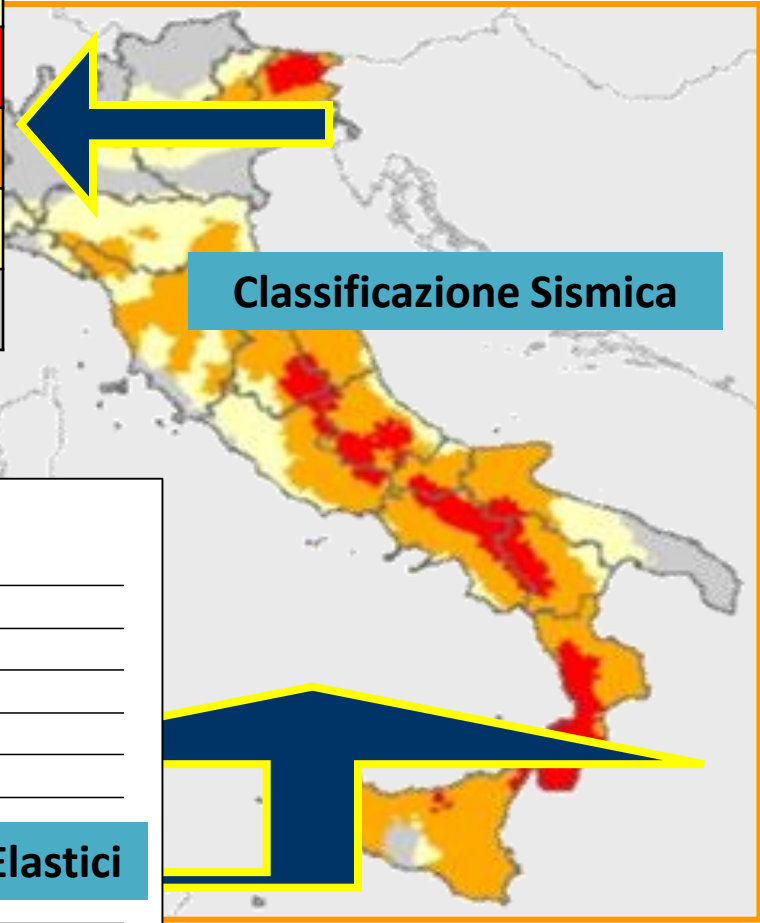


OPCM 3274/03, DM 14.09.2005 Pericolosità → Classificazione Sismica → Azione*

GNDT
CARTE DI PERICOLOSITA' SISMICA 1999
 D. Albarello, V. Bosi, F. Bramerini, A. Lucantoni, G. Naso, L. Peruzza, A. Rebez, F. Sabetta, D. Slejko
Valori di PGA (g)
 con una probabilità di superamento del 10 % in 50 anni
 (periodo di ritorno di 475 anni)



Zona	A_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g



*Slide fornita dal Prof. M. Dolce

Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
 SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50



Estratto dalle norme Tecniche per il Progetto, la Valutazione e l'Adeguamento Sismico degli Edifici

3. AZIONE SISMICA

3.1 Categorie di suolo di fondazione

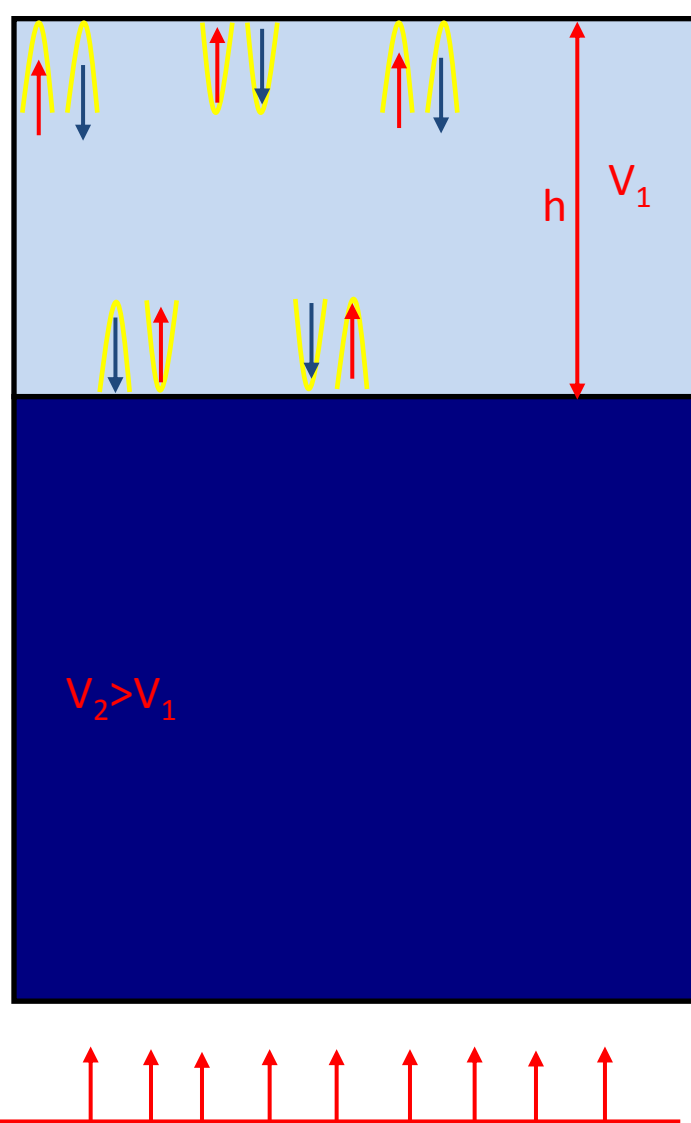
Ai fini della definizione della azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

- A - *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
- B - *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).
- C - *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).
- D - *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s ($N_{SPT} < 15$, $c_u < 70$ kPa).
- E - *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s.



Le mappe fornite dagli studi di pericolosità si riferiscono a suoli rigidi (terreni di tipo A). Tale assunzione non è naturalmente applicabile in molti casi vista la estrema variabilità delle caratteristiche elastiche dei terreni in superficie. In particolare la presenza di terreni soffici in superficie può modificare sensibilmente il moto sismico. Tale effetto è facilmente comprensibile anche in un semplice modello 1D con uno strato di terreno soffice sovrapposto ad un semispazio rigido. In questo caso si creano nel modello onde che viaggiano in direzioni opposte (verso l'alto o verso il basso) che rimangono intrappolate nel modello stesso tanto più quanto più è elevato il contrasto di velocità nei due mezzi. L'interferenza costruttiva di tali onde intrappolate può portare ad effetti di amplificazione a frequenza f_0 che dipende dalla velocità di propagazione e dallo spessore dello strato soffice superficiale.

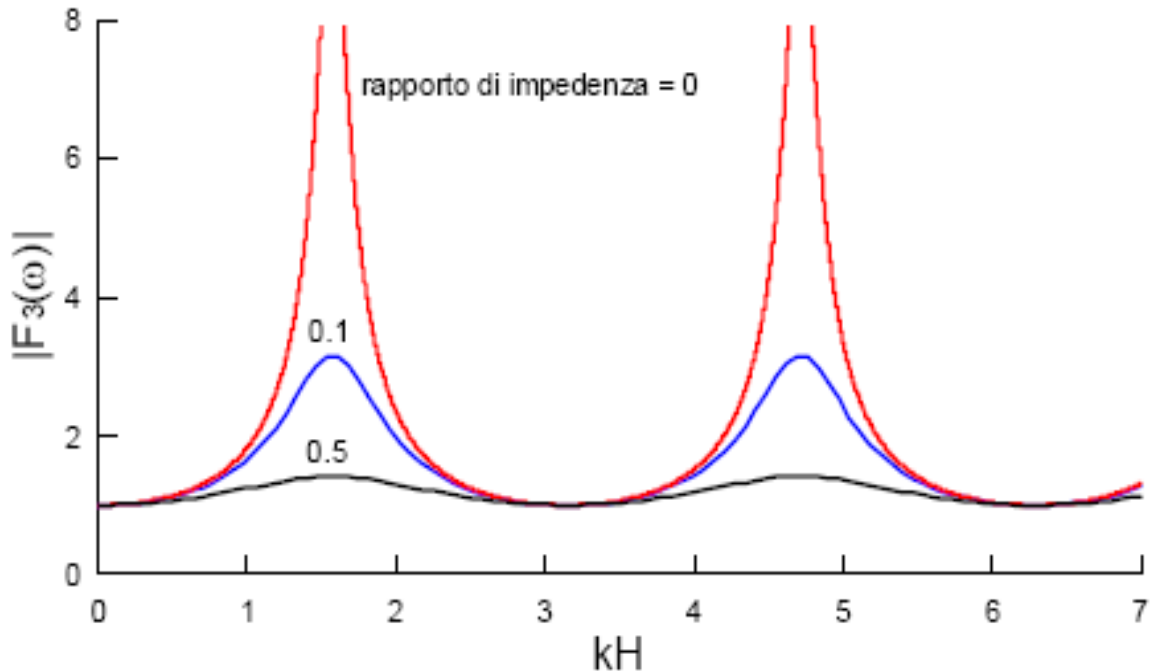




La frequenza f_0 (frequenza fondamentale) per cui si ha l'interferenza costruttiva è data dalla seguente relazione:

$$f_0 = V_s / 4h$$

Oltre alla frequenza fondamentale saranno amplificate tutte le armoniche superiori, caratterizzate da frequenze multiple rispetto alla frequenza fondamentale. Il valore dell'amplificazione dipenderà sia dal contrasto di impedenza che dalle caratteristiche di smorzamento (attenuazione anelastica Q).



Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
 SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50



Il Caso del terremoto di Michoacan, 1985, Settembre 1985, magnitudo 8.1

Distanza epicentrale da Ciudad De Mexico circa 400 km. Confronto tra gli accelerogrammi registrati dalla stazione su roccia (UNAM) e la stazione SCT posta su sedimenti alluvionali soffici.

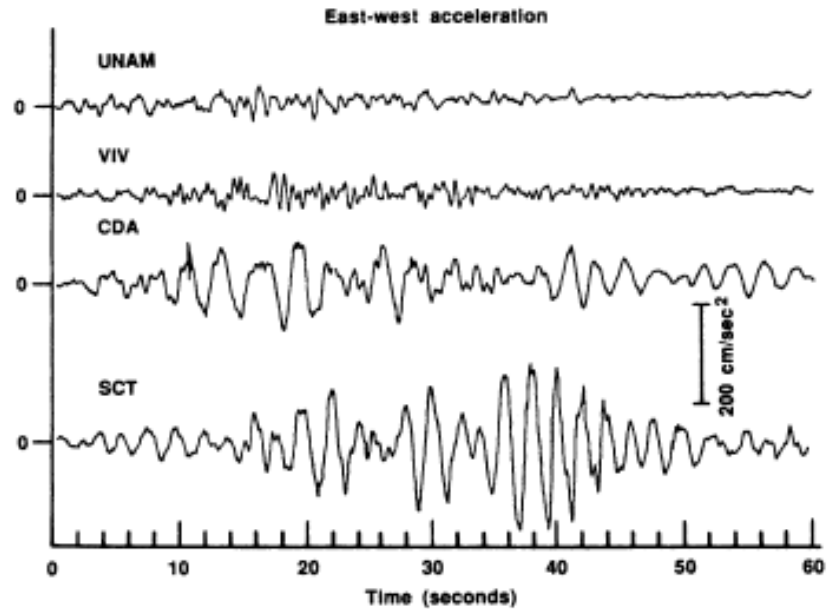
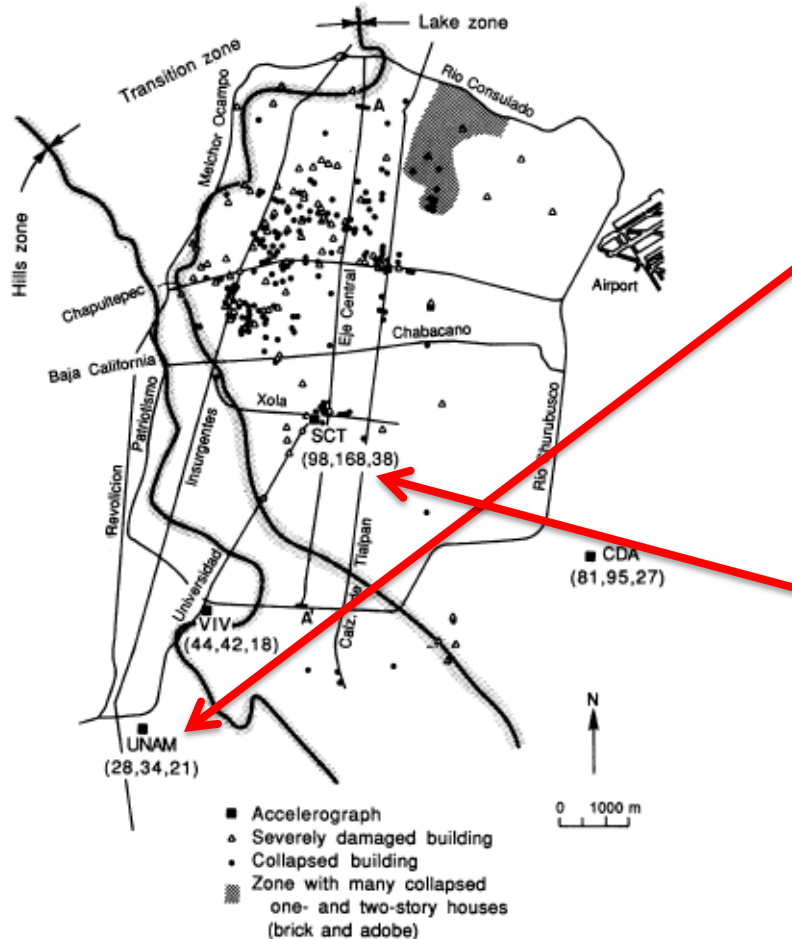
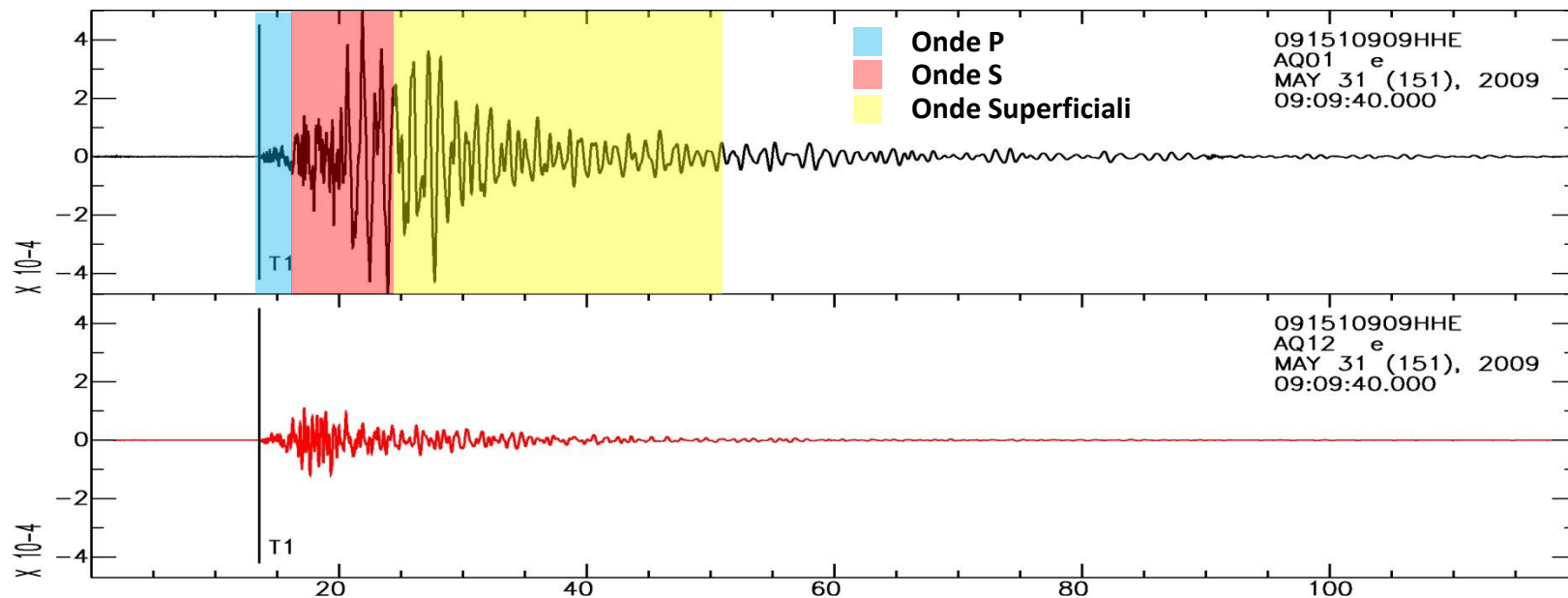


Immagine tratte da: Anderson et al., (1986). Strong Ground Motion from the Michoacan, Mexico, Earthquake, Science Vol. 233. no. 4768, pp. 1043 - 1049

Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50



Gli effetti di amplificazione locale sono frequentemente osservati tutte le volte che si confrontano dati registrati in siti caratterizzati da differente geologia di superficie. A titolo di esempio si riportano due registrazioni ottenute per lo stesso evento nel Centro Storico di L'Aquila ed in località Poggio di Roio. La distanza tra le due stazioni è di circa 2.5 km.



La Microzonazione Sismica

Per una corretta pianificazione territoriale è quindi necessario investigare gli effetti degli strati superficiali di terreno sul moto atteso. In questo contesto si inseriscono gli studi di **microzonazione sismica** il cui principale obiettivo è quello di:

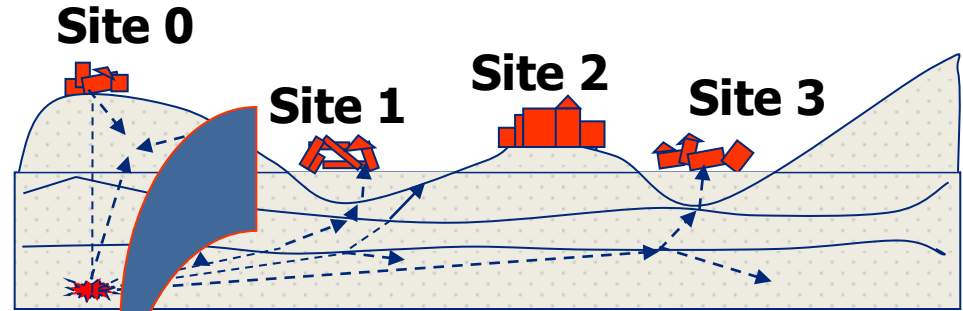
- Identificare e delimitare aree con diverso hazard sismico (**microzone** di dimensioni superiori ad alcuni ettari, comunque più estese rispetto ai tipici isolati urbani);
- Assegnare una risposta sismica ad ognuna delle aree fornendo elementi conoscitivi utili per migliorare la programmazione territoriale e la progettazione in modo da renderle compatibili con i livelli di hazard.



Pianificazione e Progettazione*

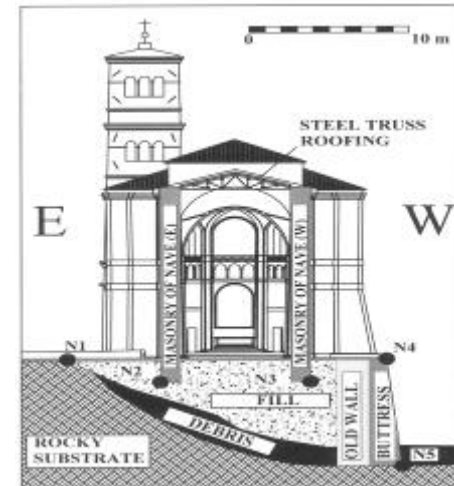
- Microzonazione Sismica

Pianificazione a scala
locale



- Progettazione Sismica

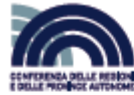
Scala del singolo edificio



*Slide fornita dal Prof. M. Dolce
(modificata)

Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50





Indirizzi e criteri per la

MICROZONAZIONE SISMICA

Parti I e II



*Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile*

Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
Sala Conferenze Camera di Commercio I.A.A. di Teramo Via Savini, 48/50



Definizione di Microzona

Le Microzone sono classificate in tre categorie:

- **Zone Stabili** senza effetti o modifiche del moto sismico rispetto a quello ipotizzato su terreni rigidi rocciosi (ad esempio i calcari abruzzesi se non fratturati);
- **Zone stabili in grado comunque di modificare il moto sismico**, amplificazioni dovute a effetti litostratigrafici e morfologici;
- **Zone instabili** legate a instabilità di pendio, liquefazione del terreno, addensamento di terreni granulari, subsidenza, movimenti differenziali, emergenza di faglie attive.



Livelli di analisi

Gli studi di microzonazione (MS) possono essere svolti a tre livelli di complessità crescente in funzione degli obiettivi da perseguire:

Livello 1 è un livello preparatorio alla vera MS e consiste nella raccolta dei dati preesistenti rielaborati al fine di classificare il territorio in microzone almeno qualitativamente omogenee;

Livello 2 integra il livello 1 con elementi quantitativi eventualmente raccolti ad hoc attraverso analisi specifiche svolte nelle aree omogenee e fornisce di fatto una vera mappa di MS;

Livello 3 elabora una mappa di MS con l'ausilio di analisi dettagliate nelle aree di particolare interesse.



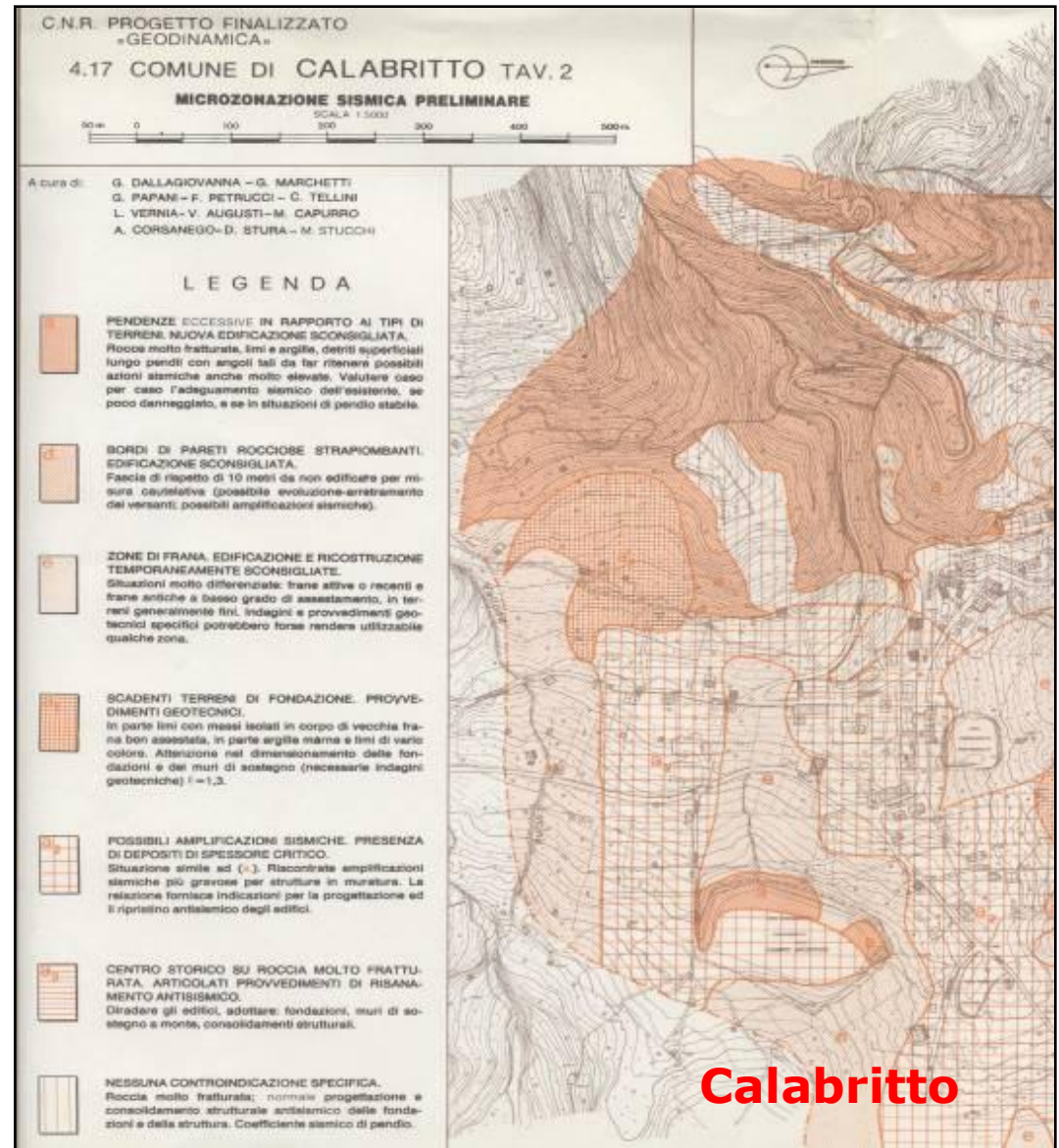
Esempi italiani di studi di MS per la ricostruzione*

Irpinia, 1980

- Livello 1 (C.N.R., P.F.G.)

Publicato dopo 2 anni,
non ha influenzato la
ricostruzione.

*Slide fornita dal Prof. M. Dolce
(modificata)



Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50



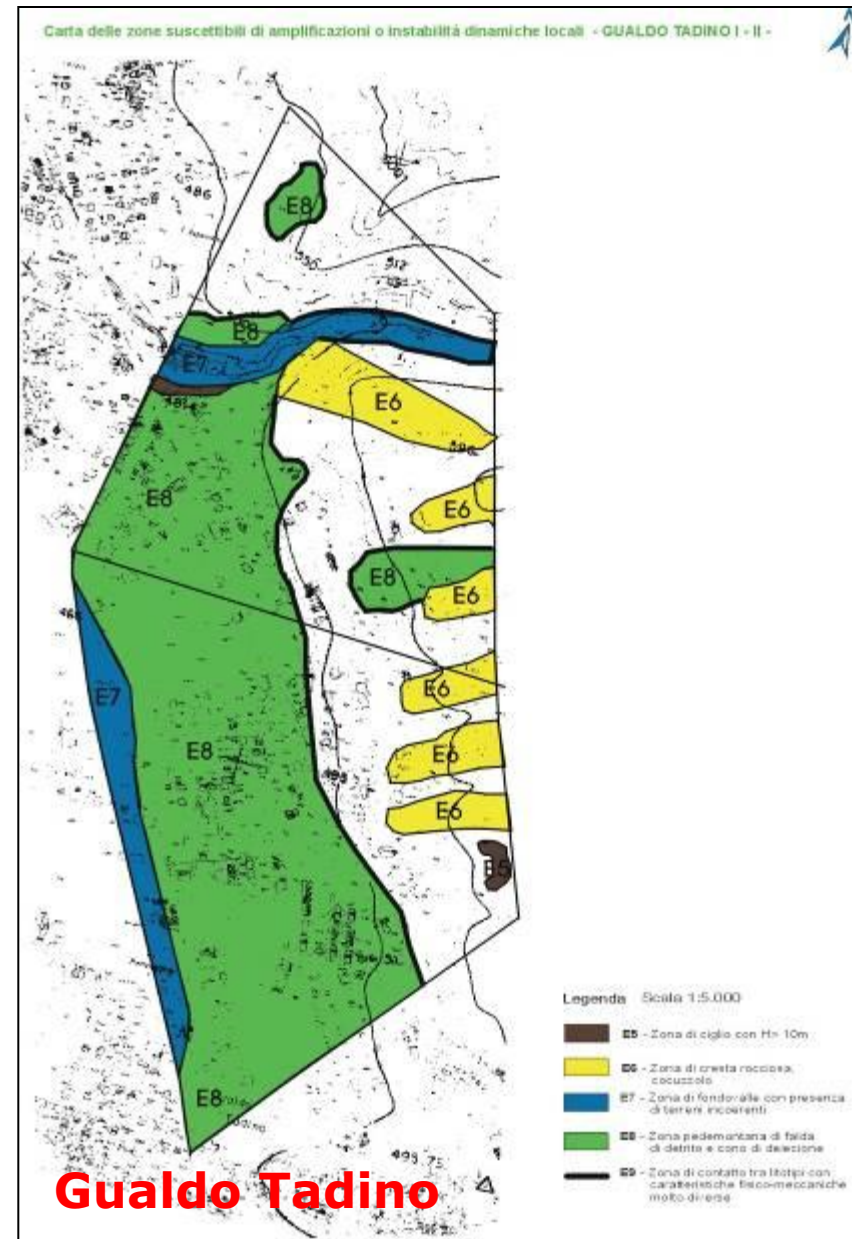
Umbria-Marche, 1997*

- Livello L 2 (SSN-Politecnico Milano)

Microzonazione sismica speditiva (un valore di Fa assegnato ad ogni municipalità)

Publicata dopo 2 anni ha influenzato in parte la ricostruzione.

*Slide fornita dal Prof. M. Dolce (modificata)



Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50



Molise, 2002*

- San Giuliano di Puglia

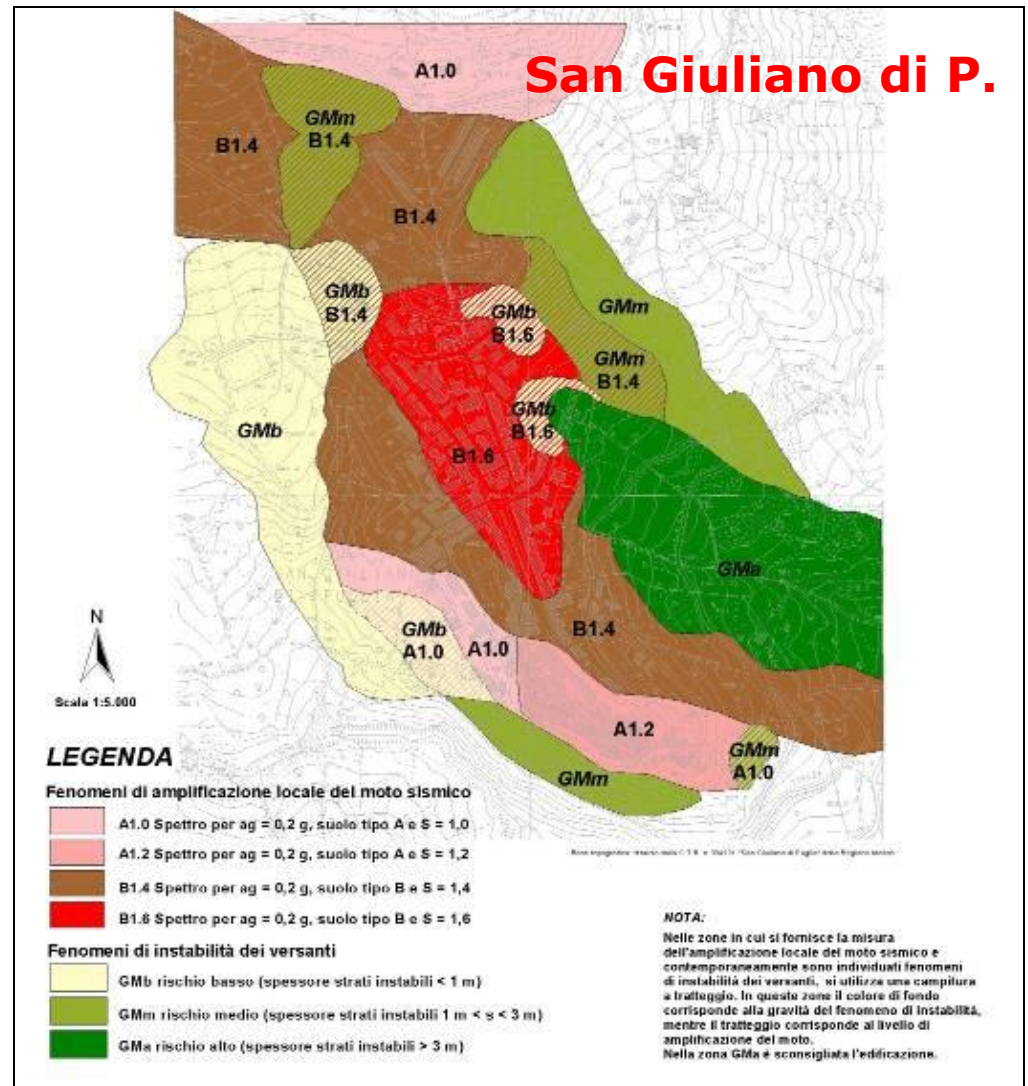
Livello 3 (DPC- Consulenti)

Publicata 9 mesi dopo l'evento ed usata per la ricostruzione di San Giuliano di Puglia

- Altri comuni

Livello 2 (Simulazioni 1D, Consulenti Amministrazione locale)

Ultimi risultati pubblicati nel 2008.

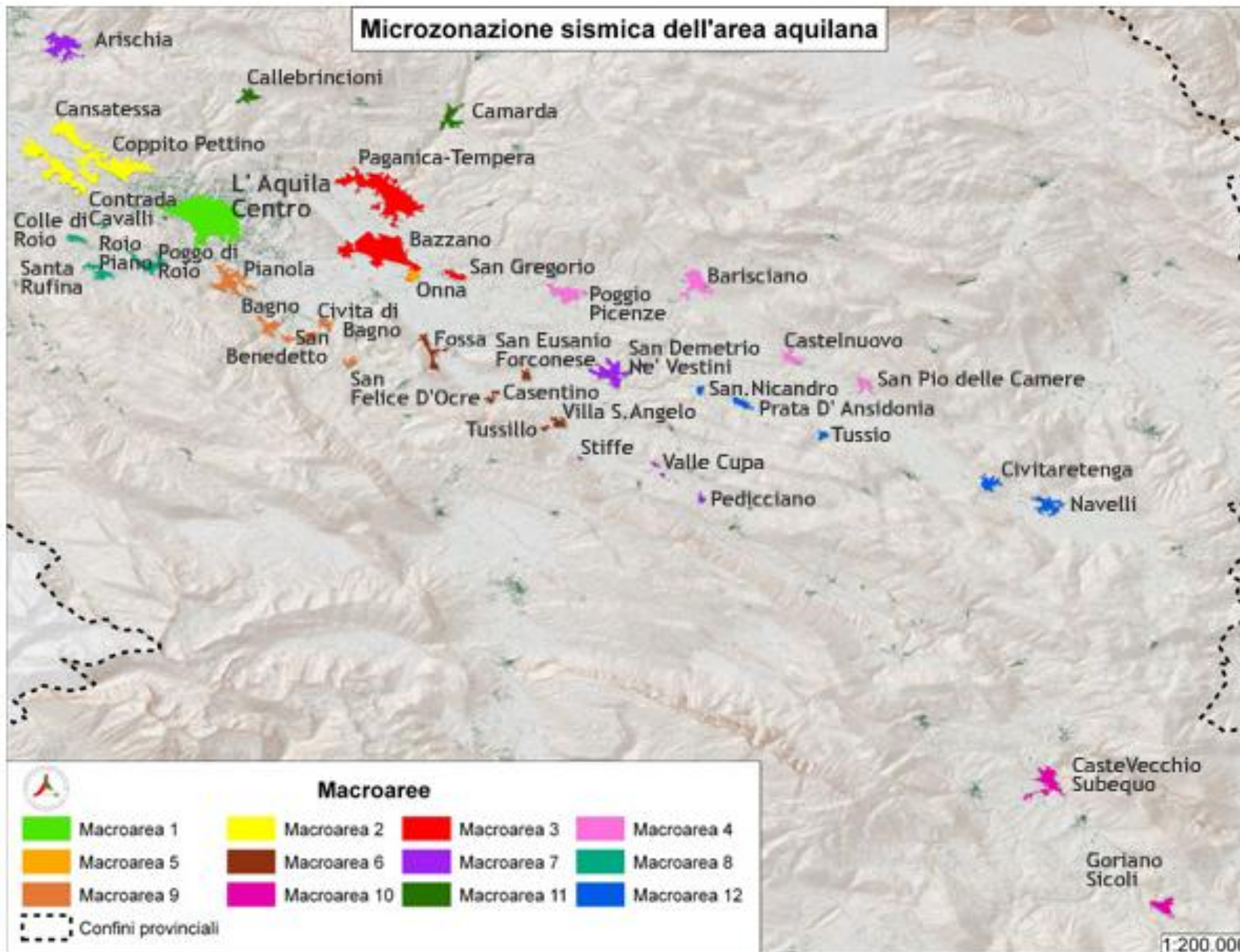


*Slide fornita dal Prof. M. Dolce (modificata)

Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50



Microzonazione sismica dell'area aquilana



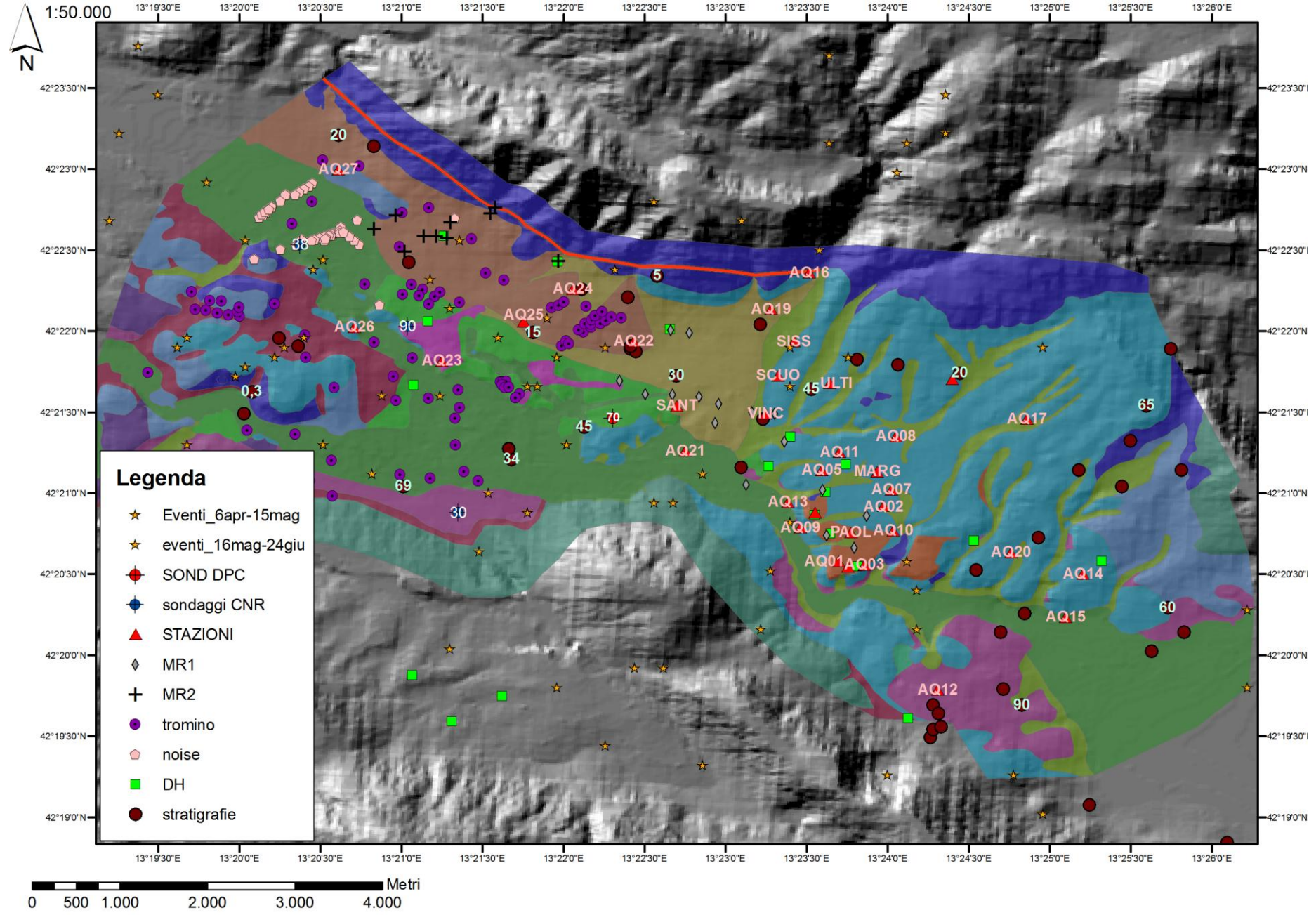
Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50



- **Task 1: Reperimento, archiviazione e restituzione informatica dei dati pregressi**
- **Task 2: Definizione del modello geologico-tecnico del sottosuolo e fenomeni cosismici**
- **Task 3: Caratterizzazione geotecnica dei terreni**
- **Task 4: Caratterizzazione geofisica dei terreni**
- **Task 5: Analisi strumentali del mainshock, degli aftershock e dei microtrempi**
- **Task 6: Determinazione del terremoto di riferimento per le simulazioni numeriche**
- **Task 7: Simulazioni numeriche**
- **Task 8: Analisi del danno (in alcune aree)**
- **Task 9: Raccordo con Pianificazione Urbanistica e Norme Tecniche Costruzioni**
- **Task 10: Produzione di report, cartografie e diffusione dati**

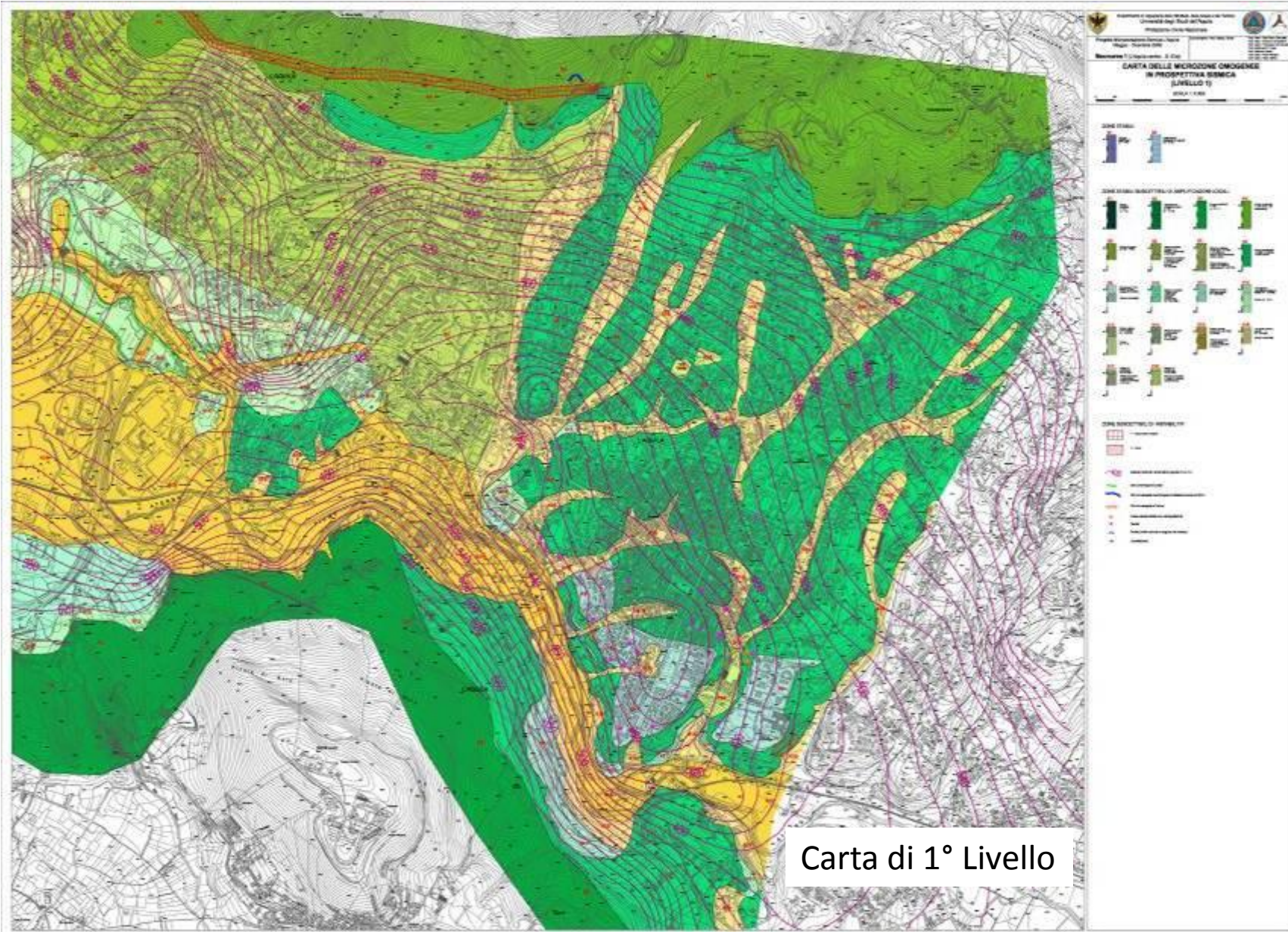
Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50





Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
 SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50





Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
 SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50





Macroaree 1 e 2 Carta della fo

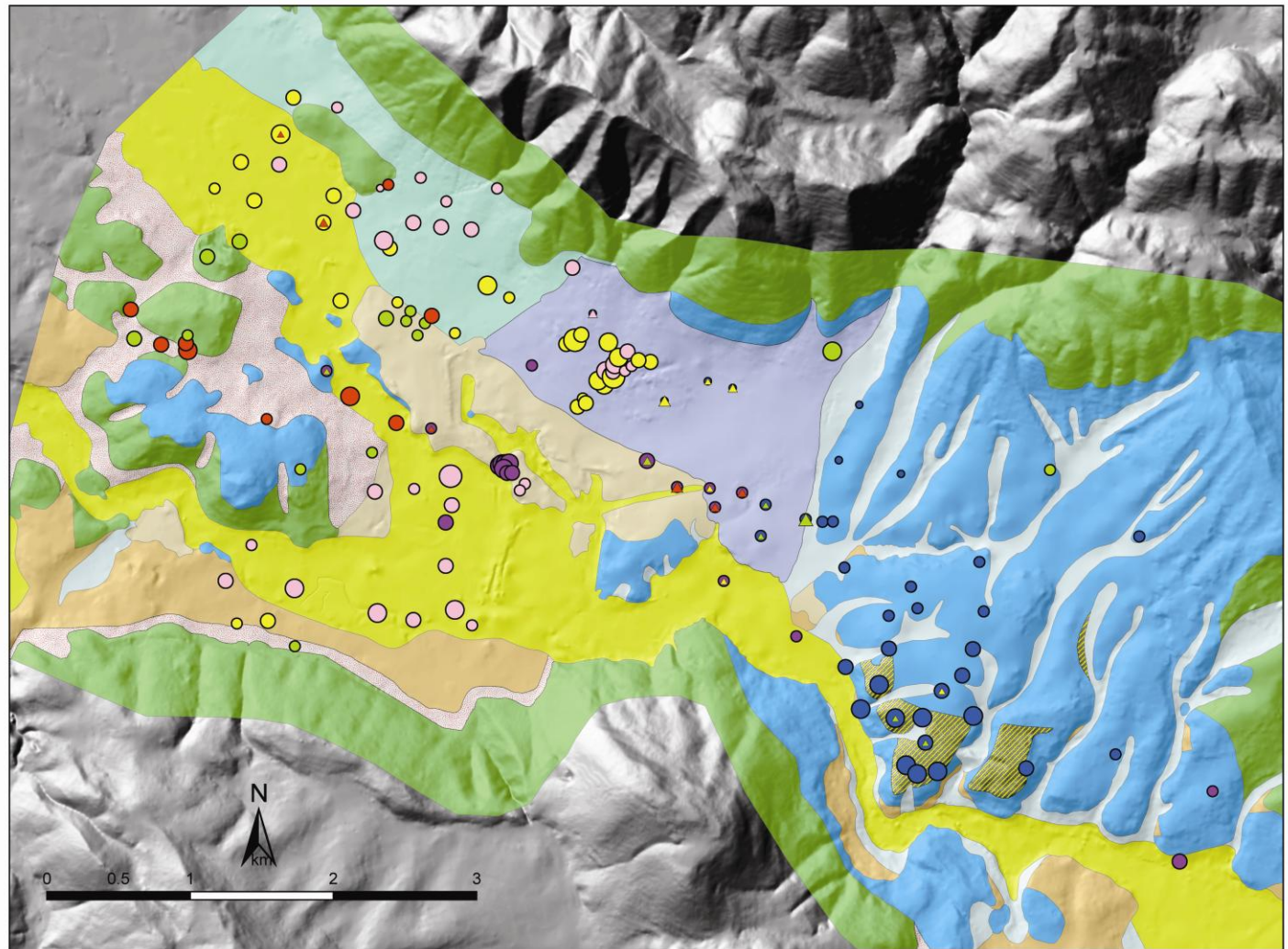
Misure ed elaborazione dei dati di rumore sismico a cura di INGV-Roma e Università de L'Aquila

Carta Geologica a cura del Gruppo di Lavoro Microzonazione sismica Macroarea 1 e 2

Legenda

- Bedrock indifferenziato
- Depositi fluvio-lacustri antichi
- Brecce de L'Aquila
- Limi rossi del Colle de L'Aquila
- Limi di Via Milonia
- Depositi del Monte Pettino
- Depositi alluvionali dell'Aterno e Raio
- Depositi terrazzati del Vetoio
- Depositi eluvio-colluviali
- Detrito di Falda

f_0^*	f_1	frequenze
●		0.4 - 0.7 (Hz)
●		0.71 - 1.5 (Hz)
○	▲	1.6 - 3 (Hz)
○	▲	3.1 - 5 (Hz)
○	▲	5.2 - 7.4 (Hz)
●	▲	8.5 - 11 (Hz)

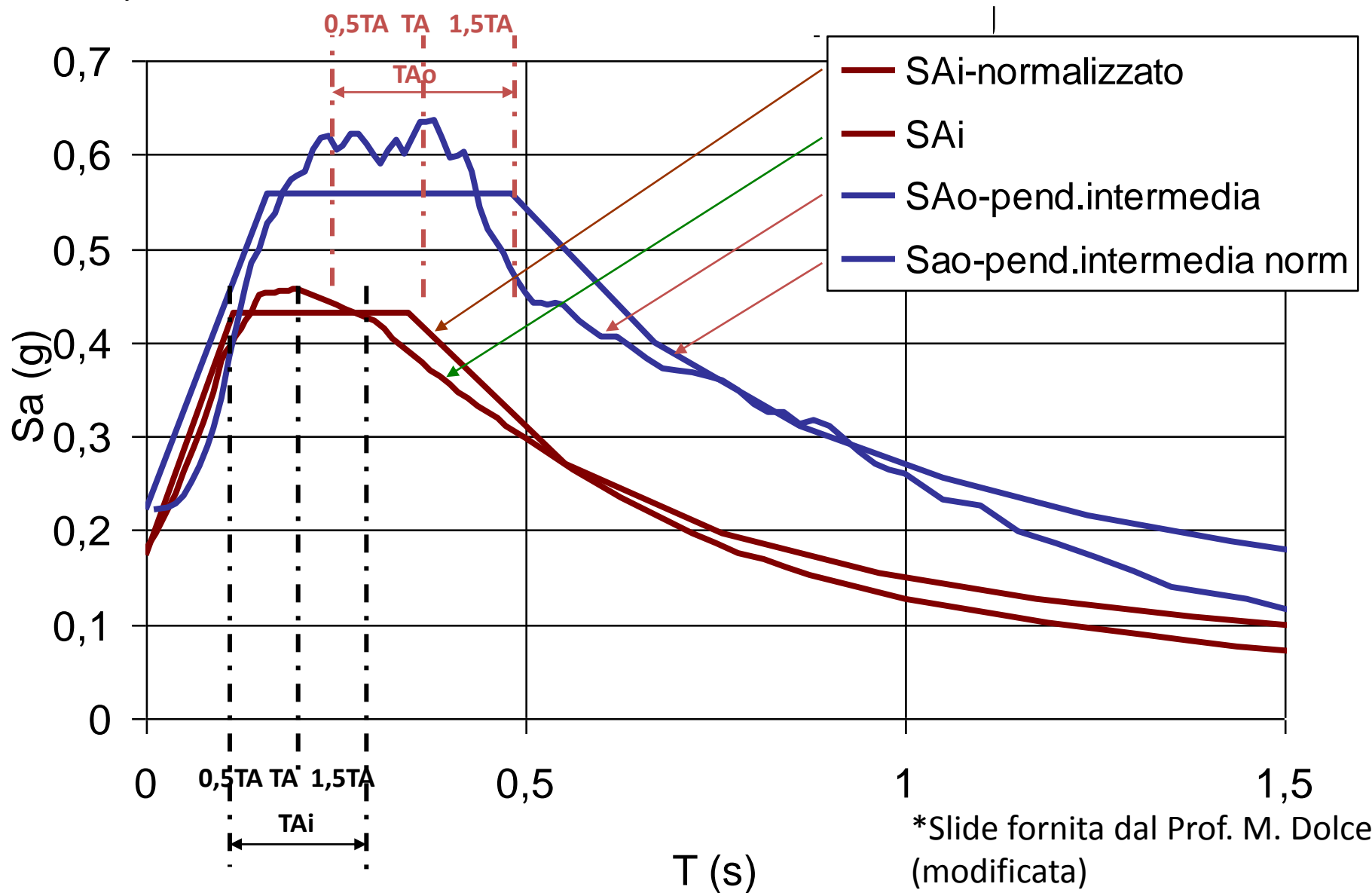


(*) La carta rappresenta i valori di f_0 ricavati dalle analisi dei rapporti H/V del rumore sismico. I valori di f_0 ottenuti sono stati divisi in 6 classi rappresentate con cerchi di colore diverso a seconda del valore. Nei casi in cui sia presente un secondo picco separato, la frequenza corrispondente viene indicata con f_1 (assumendo $f_1 > f_0$), ed è rappresentata con un simbolo triangolare. Per entrambe le frequenze la dimensione dei simboli utilizzati è proporzionale all'ampiezza del picco.

Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50



Input and output elastic response spectra : $V_s = 350$ m/s, intermediate gradient, layer thickness $H = 100$ m*



*Slide fornita dal Prof. M. Dolce (modificata)

Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50



Zone Stabili



FA=1

Zone Stabili suscettibili di
amplificazioni locali



Zone con
amplificazione
a bassa frequenza



FA=1.2



FA=1.4



FA=1.6



FA=1.8



FA=1.9

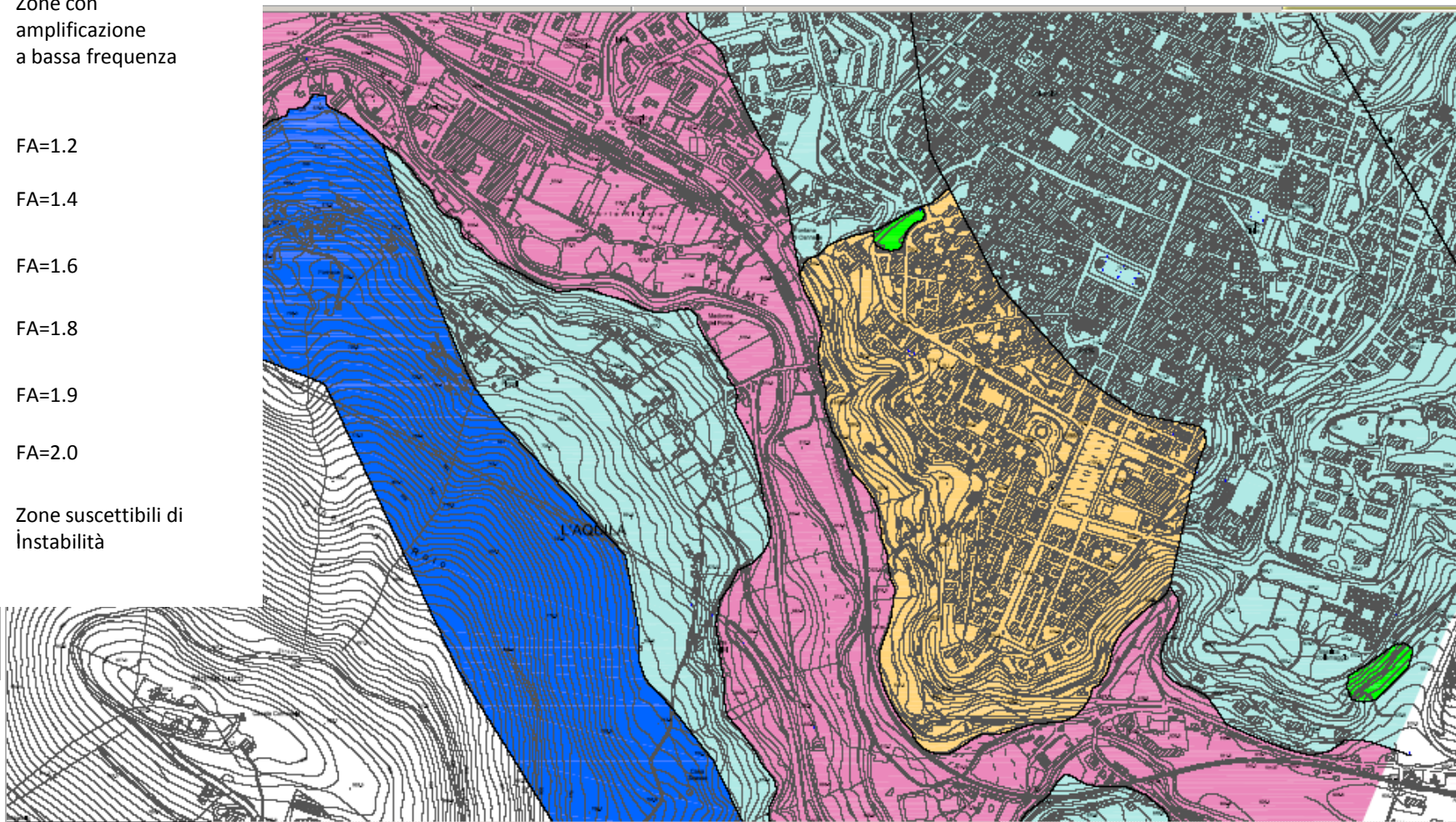


FA=2.0

Zone suscettibili di
instabilità



Carta di 3° Livello Macroarea 1, L'Aquila Centro



Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50



Zone Stabili



FA=1

Zone Stabili suscettibili di
amplificazioni locali



Zone con
amplificazione
a bassa frequenza



FA=1.2



FA=1.4



FA=1.6



FA=1.8



FA=1.9



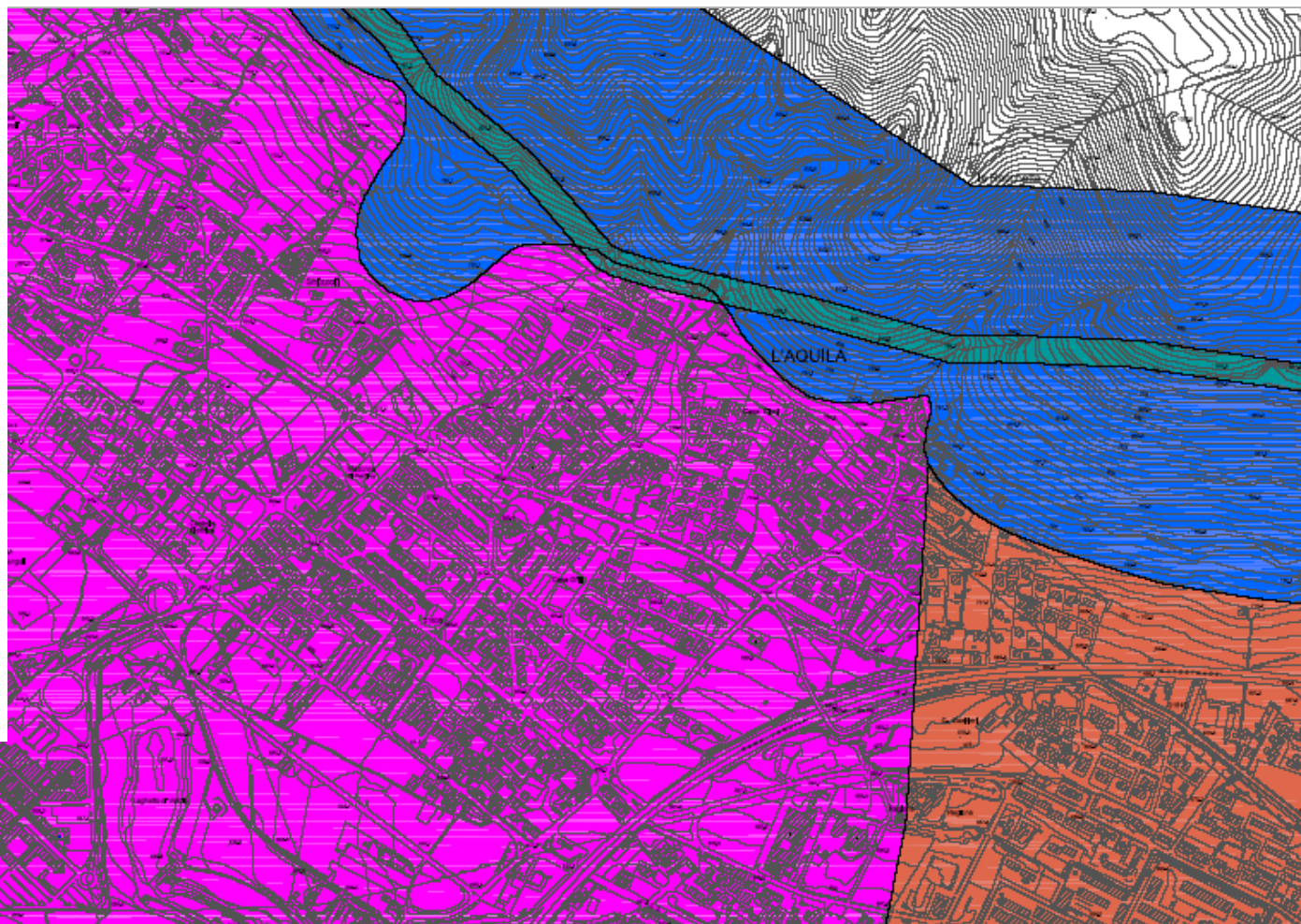
FA=2.0

ZONE SUSI

Zone suscettibili di
instabilità



Carta di 3° Livello Macroarea 2, L'Aquila Ovest



Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50



- **Reperimento dati pregressi e redazione carta MS di 1° livello;**
- **Raccolta dati geologi, geofisici, geotecnici, sismologici;**
- **Utilizzo di dati sismologici (fo) per estrapolare le informazioni geotecniche puntuali;**
- **Definizione di sezioni e profili geologici rappresentativi;**
- **Individuazione di aree a comportamento omogeneo all'interno della macroarea;**
- **Individuazione di modelli rappresentativi delle zone a comportamento omogeneo;**
- **Individuazione del bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s senza inversioni di velocità sottostanti);**
- **Definizione dell'input sismico per la macroarea;**
- **Modellazione 1D o 2D, con inclusi comportamenti non lineari,**
- **Calcolo spettri di risposta a partire dall'input sismico;**
- **Carta di MS di 3° livello con i valori di F_a attesi.**

Per non tremare quando la terra trema , Teramo 24 marzo 2010,
SalaConferenze Camera diCommercio I.A.A. diTeramo Via Savini, 48/50



CONCLUSIONI

Nella Microzonazione della Conca Aquilana sono state studiate le località che hanno risentito intensità macrosismiche uguali o maggiori del grado VII MCS. Il progetto, coordinato dal D.P.C. , ha visto coinvolti i seguenti soggetti:

- 10 Università: L'Aquila, Chieti-Pescara, Genova, Politecnico Torino, Politecnico Milano, Firenze, Basilicata, Roma1, Roma 3, Siena
- 7 Istituti di ricerca: CNR, INGV, AGI, RELUIS, ISPRA, ENEA Frascati, OGS Trieste, GFZ Postdam
- 5 Amministrazioni locali: Lazio, Emilia-Romagna, Toscana, Provincia di Trento, Provincia di Perugia
- Associazione dei Geologi abruzzesi

Hanno partecipato circa 200 operatori fornendo in meno di 8 mesi risultati che potranno essere utilizzati nell'ambito della ricostruzione.

