

FERRARA E I TERREMOTI VENT'ANNI DOPO

Prevenzione e Riduzione del rischio sismico

COSTRUIRE E RICOSTRUIRE IN
AREE SISMICHE

L'importanza del modello geologico e geotecnico

ORGANIZZAZIONE DEL CONVEGNO A CURA DI:
Consulta Provinciale Geologi Ferraresi
con il patrocinio di



Dr. Geol. Mariantonietta Sileo

Quale è la definizione di terremoto?

Un terremoto (dal latino *terrae motu* ossia movimento della terra) è un rapido movimento della superficie terrestre dovuto al brusco rilascio dell'energia accumulatasi all'interno della Terra in un punto ideale chiamato ipocentro o fuoco. Il punto sulla superficie della Terra, posto sulla verticale dell'ipocentro è detto epicentro.

Il sisma quindi viene dal basso...

- In una fase di emergenza è assolutamente corretto e doveroso fare un'attenta ricognizione sulle strutture, per metterle in sicurezza e soprattutto per mettere in sicurezza la popolazione



Oratorio Ghisiglieri – San Carlo di Sant'Agostino

Problemi di geotecnica sismica e casi di studio rappresentativi

Calabria 1783
Irpinia 1980

Instabilità potenziale

Effetti di
amplificazione

Crolli

Faglia
Epicentro

Niigata 1964
Kobe 1995

Siti instabili

Calabria 1783
Alaska 1964

Liquefazione

Compattazione
dinamica

Frana

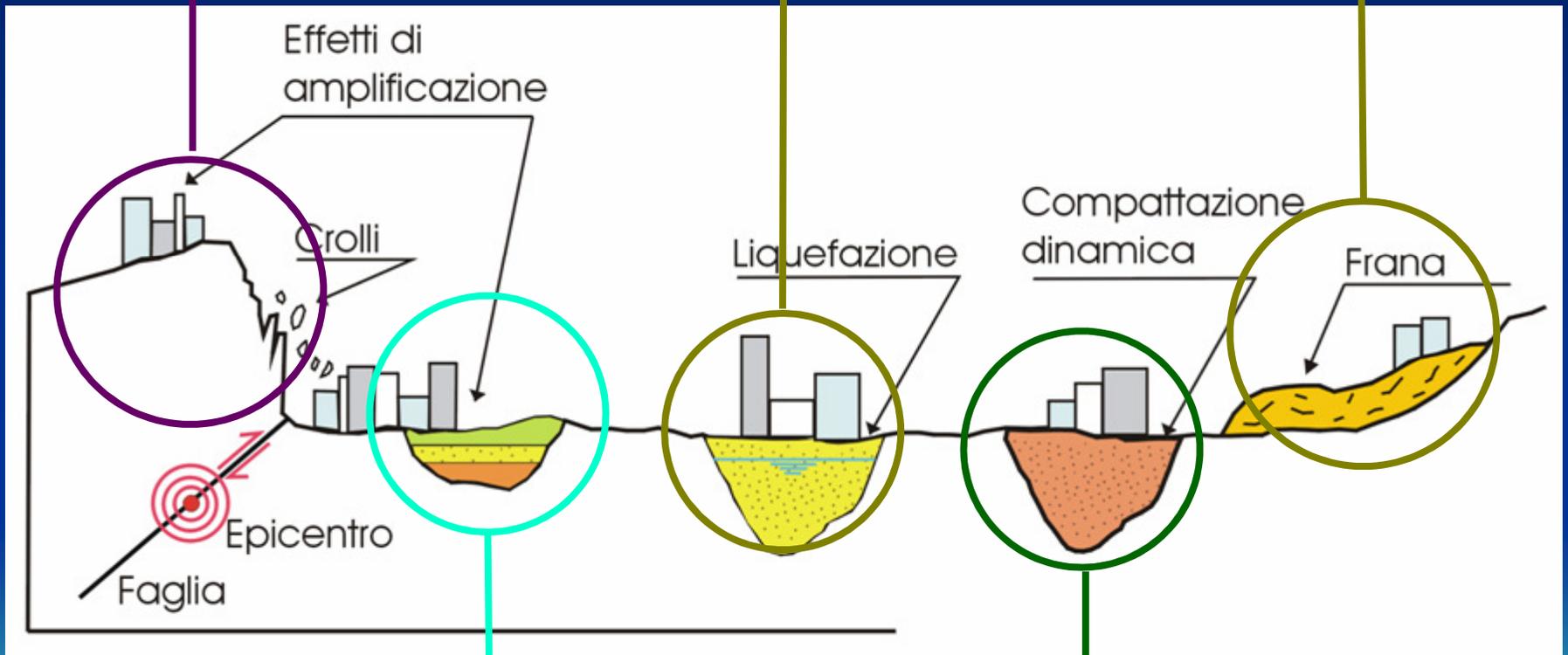
Siti stabili

Deformazioni permanenti

Casi
di studio
4

Messico 1985
Molise 2002

Kocaeli 1999
Irpinia 1980



Cosa dice la normativa?

- D.M.LL.PP. 11 marzo 1988
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali
- e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Le scelte di progetto, i calcoli e le verifiche devono essere sempre basati sulla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo ottenuta per mezzo di rilievi, indagini e prove.

*La **relazione geologica** comprende, sulla base di specifiche indagini geologiche, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo, definisce il modello geologico-tecnico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, litotecnici e fisici nonché il conseguente livello di pericolosità geologica e il comportamento in assenza ed in presenza delle opere. **Modello Geologico:** ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici... e della pericolosità geologica del territorio*

*La **relazione geotecnica** definisce, alla luce di specifiche indagini geotecniche, il comportamento meccanico del volume di terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che a sua volta influenzerà il comportamento del manufatto stesso. Illustra inoltre i calcoli geotecnici per gli aspetti che si riferiscono al rapporto del manufatto con il terreno. **Modello geotecnico**: Schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali (pressione idraulica presente nel terreno in conseguenza della presenza di acqua) e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce, comprese nel volume significativo (parte del sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa)*

D.M. 14/01/08 – Norme tecniche per le costruzioni par. 3.2.2

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

D.M. 14/01/08 – Norme tecniche per le costruzioni par. 3.2.2

- **Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.



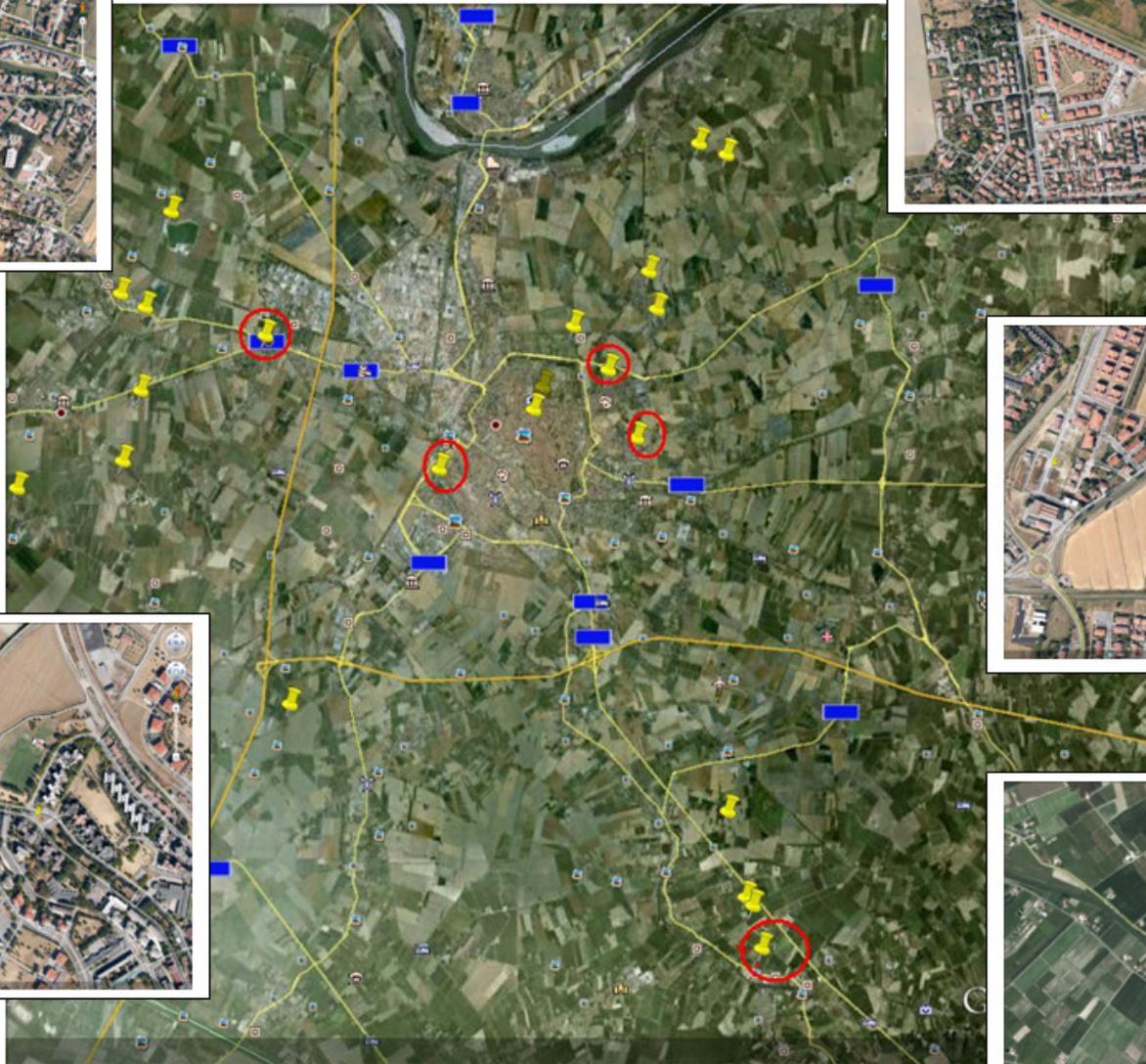
D.M. 14/01/08 – Norme tecniche per le costruzioni par. 6.2.1

- La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di **pericolosità geologica** del territorio. In funzione del tipo di opera o di intervento e della complessità del contesto geologico, specifiche indagini saranno finalizzate alla **documentata ricostruzione del modello geologico**. **Esso deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista** per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche. Metodi e risultati delle indagini devono essere esaurientemente esposti e commentati in una relazione geologica

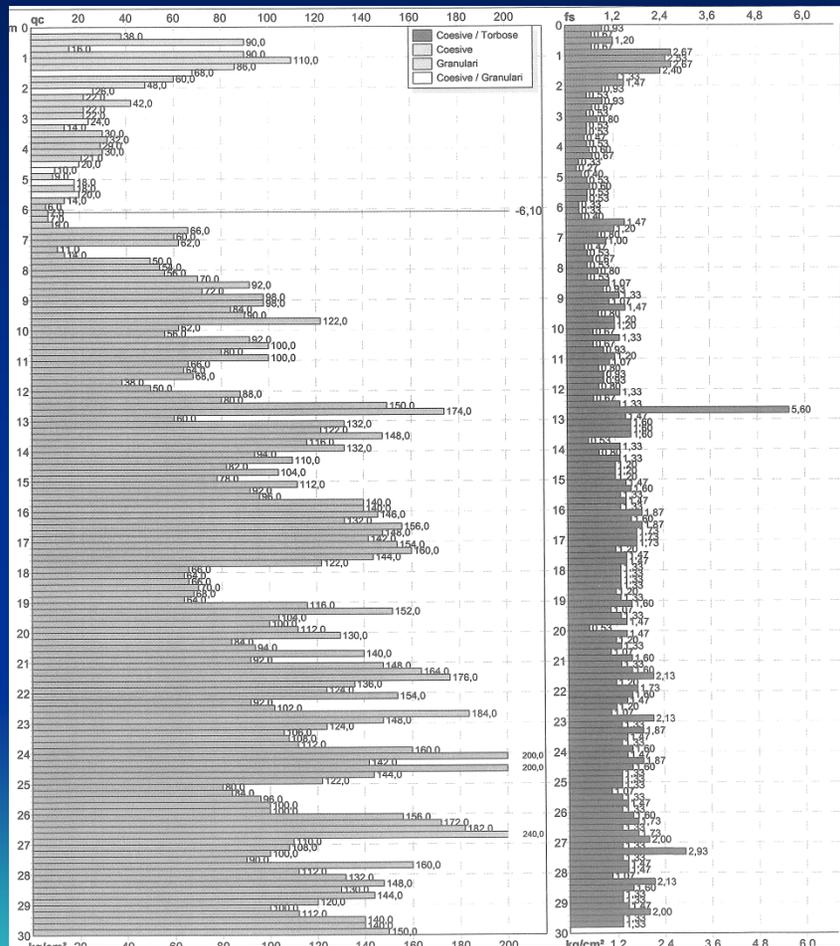
Dopo l'emergenza...



- OLTRE LA NORMATIVA, DOPO L'EMERGENZA, COSA DICE SOPRATTUTTO IL BUON SENSO?
- LA BUONA PROGETTAZIONE E' FIGLIA DI UN ORIENTAMENTO CULTURALE



Prendiamo un paio di casi..



Falda misurata a Ottobre 2012:
- 6.10 metri dal p.c.

Programma di analisi necessarie e raccomandabili (NTC)

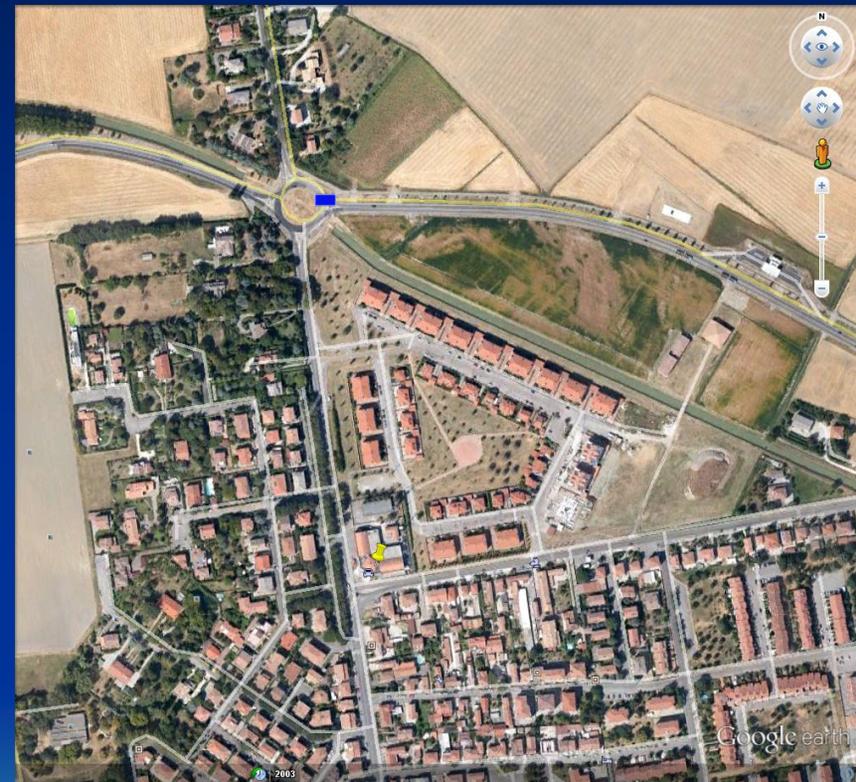
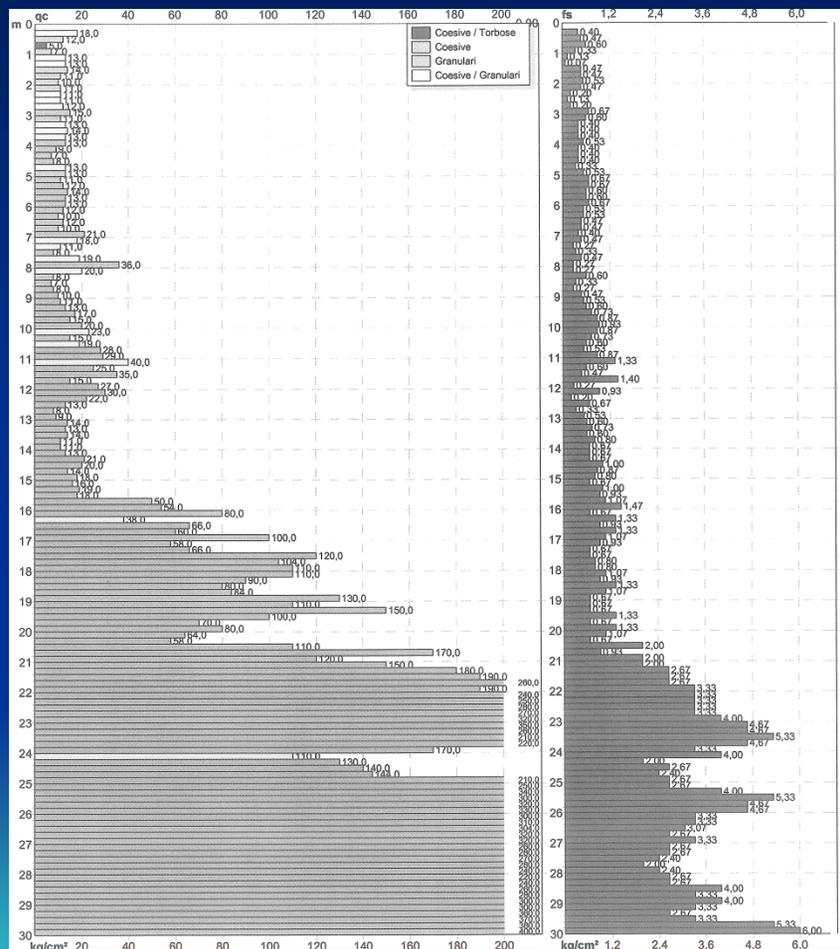
- Indagini meccaniche (CPT, CPTU, SCPTU, sondaggi)
- Prelievo di campioni per analisi di laboratorio
- Indagini sismiche non invasive (masw, HVSR, ecc.)

Programma di analisi necessarie e raccomandabili (NTC)

- E' chiaro che in funzione dei casi specifici, la scelta delle indagini verrà fatta con cura dal Tecnico al fine di avere la **CORRETTA** diagnostica degli eventuali problemi, sia di tipo statico che dinamico (in caso di sisma).



Altro caso..



Falda misurata a maggio 2012_
- 1.00 metro dal p.c.

Consideriamo un altro caso

- Caso classico: LOTTIZZAZIONE

Falda variabile da – 1.20 a – 2.70 metri dal
p.c.

Variabilità dei terreni sia verticale che
orizzontale

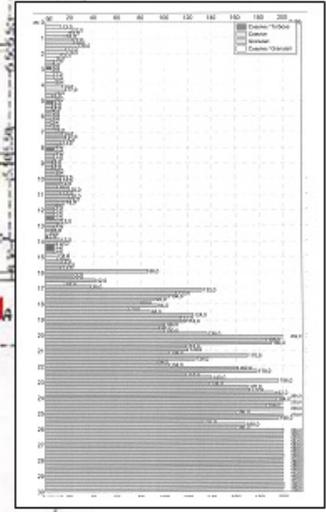
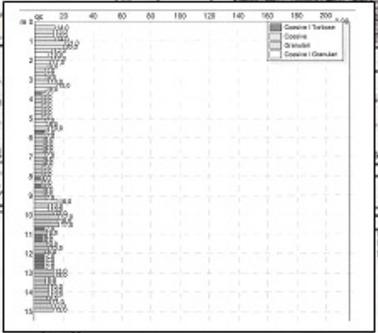
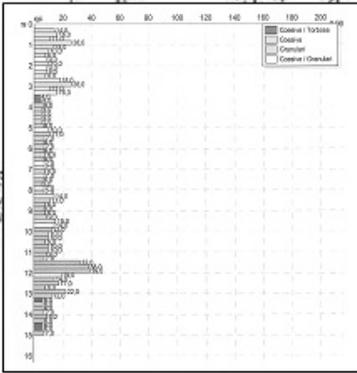
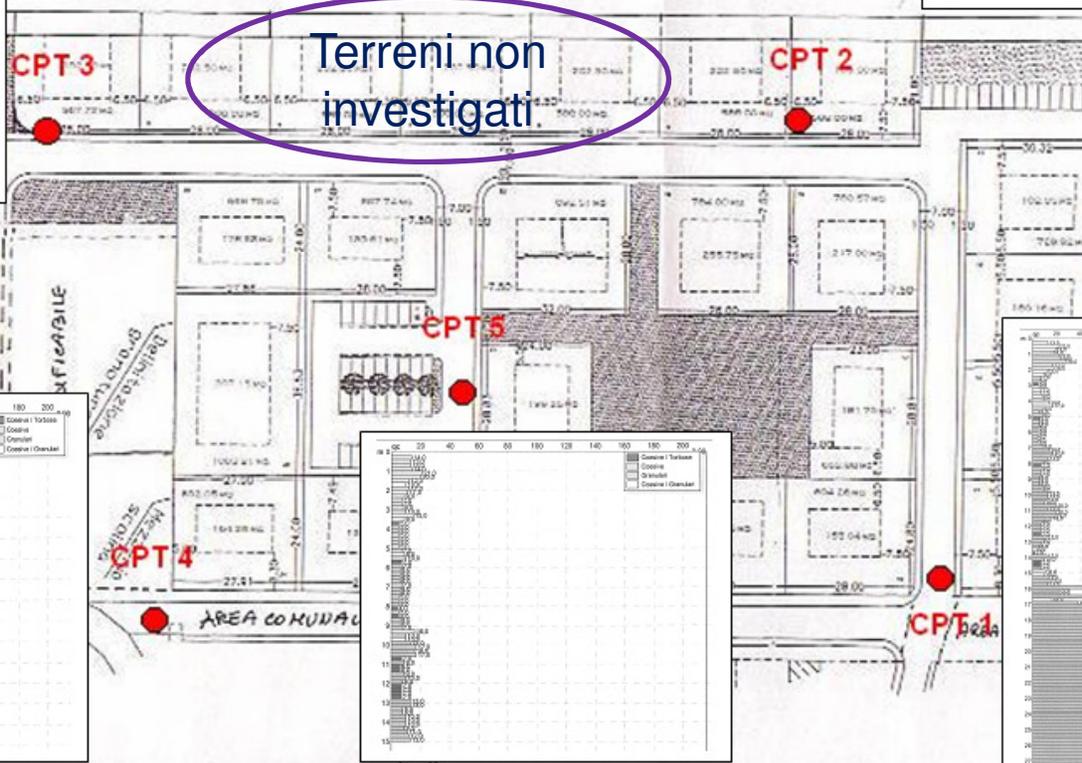
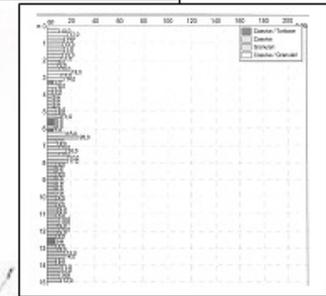
Che garanzie di sicurezza DOBBIAMO
offrire a chi abiterà in quelle case?

Carta ubicazione prove

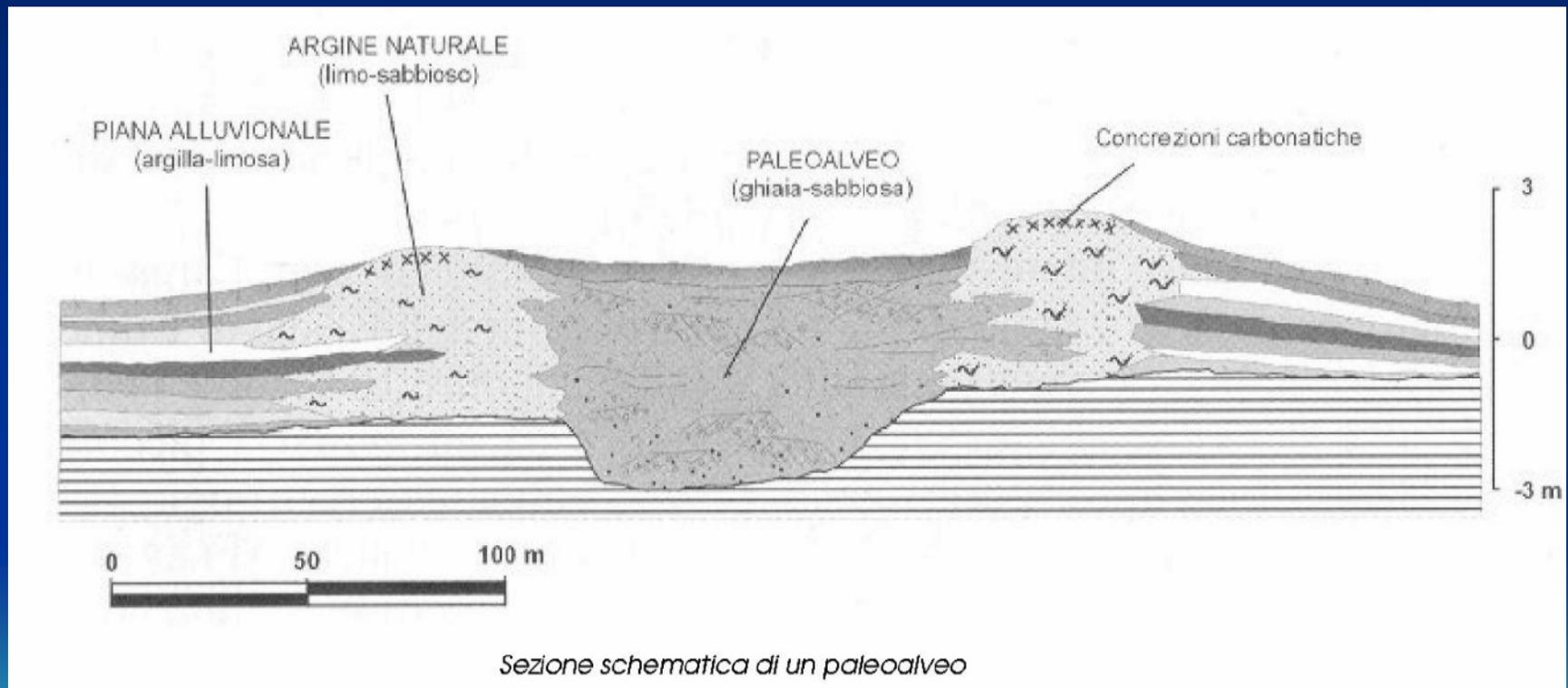
Liquefazione ?

Capacità portante ridotta su sabbia

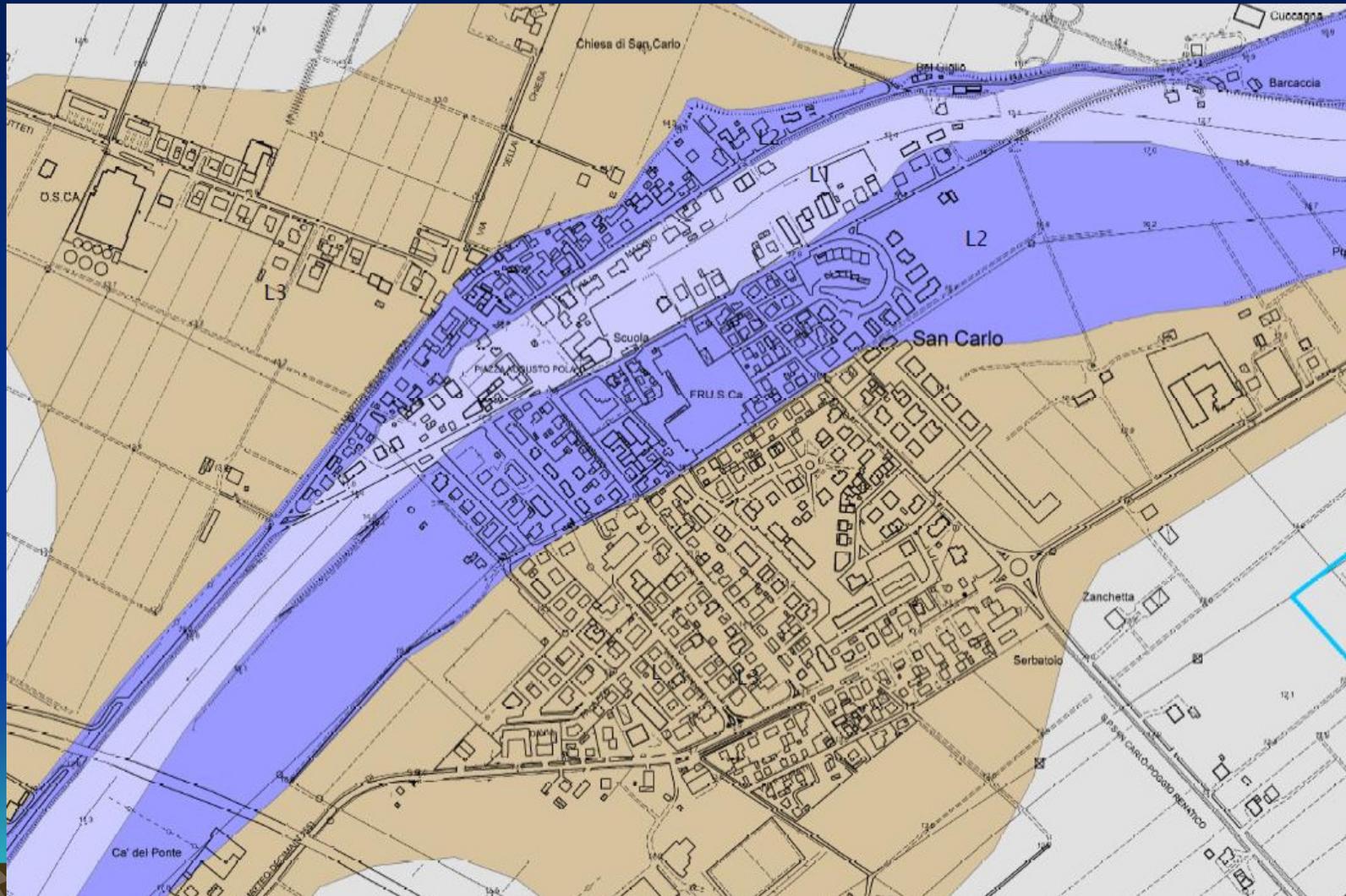
Terreni non investigati



Dopo il sisma del 2012 i paleoalvei sono andati agli onori della cronaca!

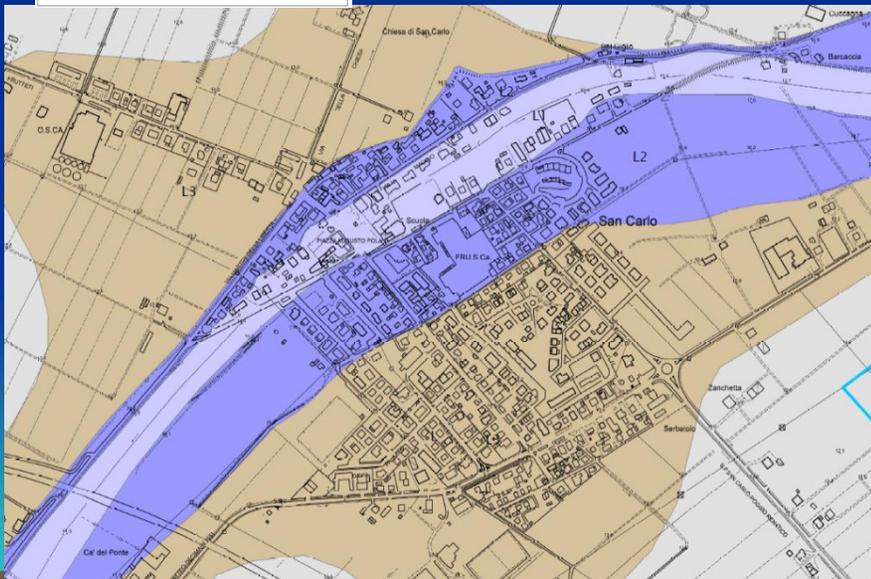


Microzonazione sismica



Dr. Geol. Mariantonietta Sileo

Microzonazione sismica



Legenda

- A** Zona suscettibile di amplificazione.
E' ritenuta sufficiente la stima del fattore di amplificazione tramite procedure semplificate.
(secondo livello di approfondimento)
 - A** Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica

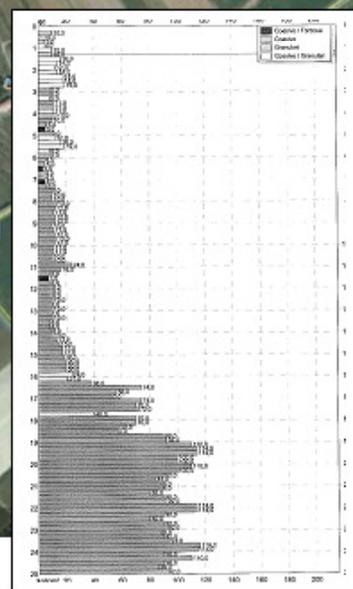
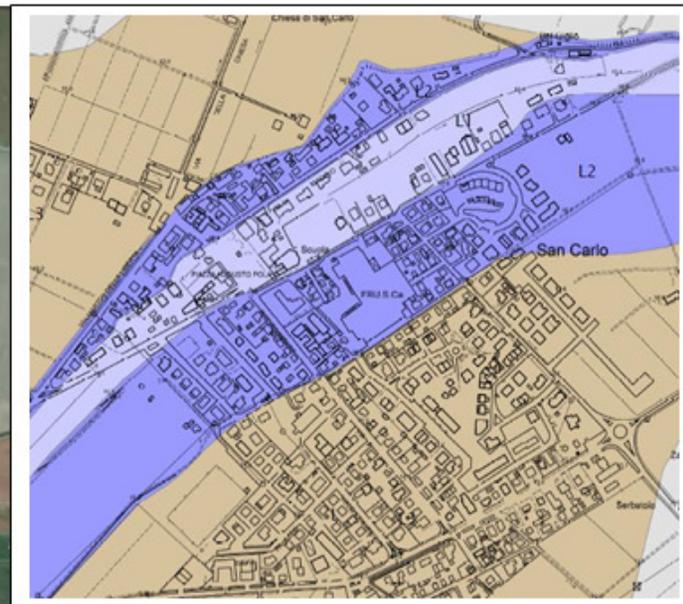
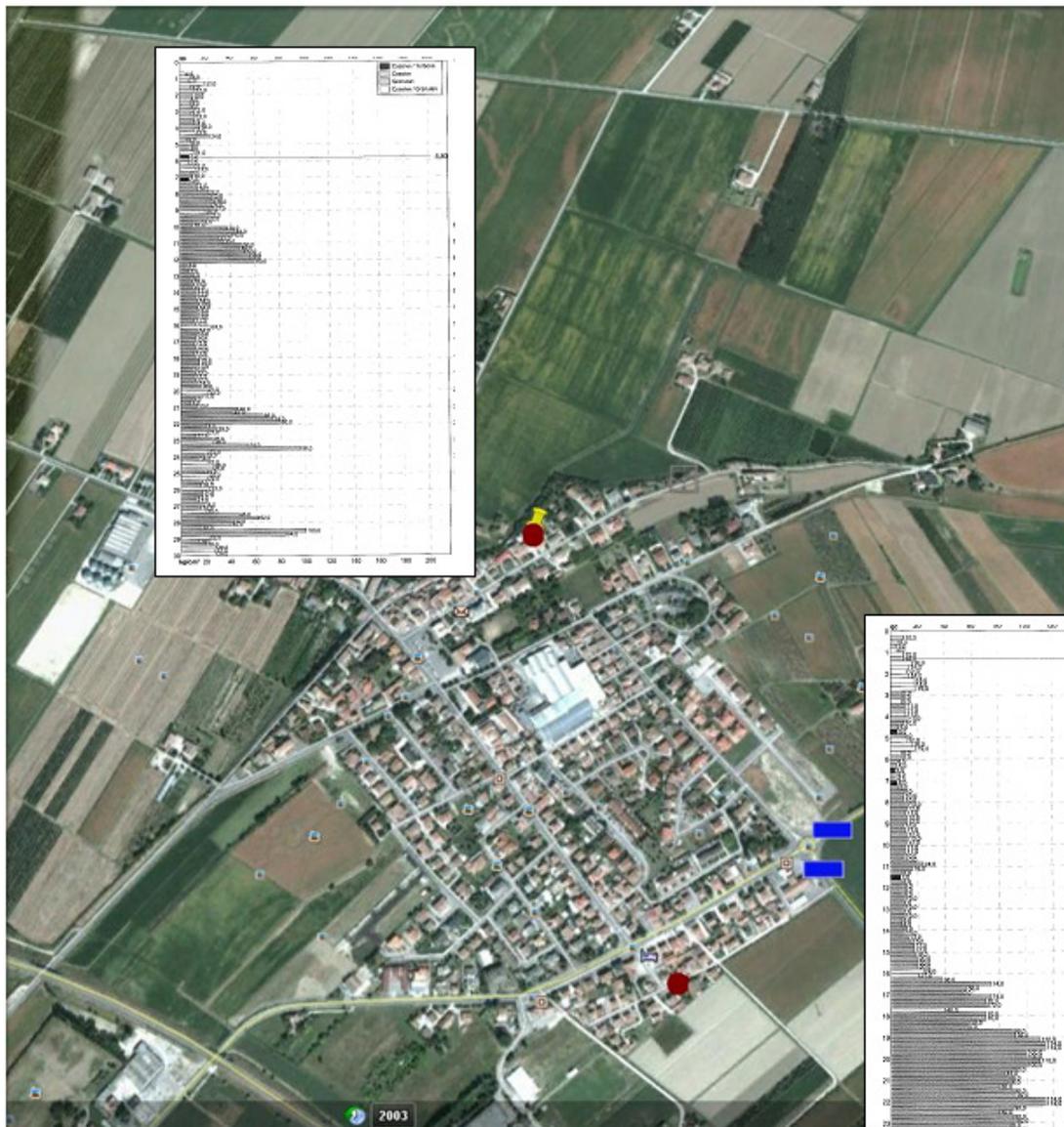
- L** Zona potenzialmente suscettibile di liquefazione.
Occorre valutare il fattore di amplificazione e verificare la presenza di condizioni predisponenti la liquefazione; nel caso sia confermata la presenza di tali condizioni occorre stimare l'indice di liquefazione (terzo livello di approfondimento).
Ai fini della progettazione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), nelle aree in cui è confermata la presenza di condizioni predisponenti la liquefazione (categoria di sottosuolo S2) non è ammessa la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.
 - L** Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica

- L1** Zona con terreni liquefacibili - Paleoalveo.
Occorre valutare il fattore di amplificazione e l'indice di liquefazione (terzo livello di approfondimento).
Ai fini della progettazione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), in tali aree non è ammessa la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.
 - L1** Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica

- L2** Zona con terreni liquefacibili - Paleoargine.
Occorre valutare il fattore di amplificazione e l'indice di liquefazione (terzo livello di approfondimento).
Ai fini della progettazione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), in tali aree non è ammessa la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.
 - L2** Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica

- L3** Zona con terreni liquefacibili - Piana.
Occorre valutare il fattore di amplificazione e l'indice di liquefazione (terzo livello di approfondimento).
Ai fini della progettazione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), in tali aree non è ammessa la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.
 - L3** Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica

- Ambito interessato dallo studio di microzonazione sismica



L2 Zona con terreni liquefaccibili - Paleoargine.
 Occorre valutare il fattore di amplificazione e l'indice di liquefazione (terzo livello di approfondimento).
 Ai fini della progettazione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), in tali aree non è ammessa la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.

L2 Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica

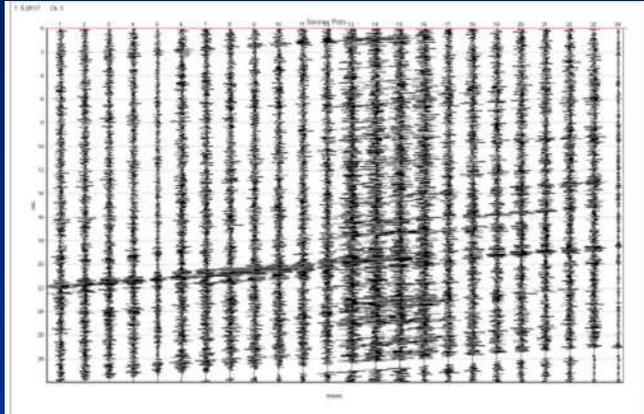
L3 Zona con terreni liquefaccibili - Piana.
 Occorre valutare il fattore di amplificazione e l'indice di liquefazione (terzo livello di approfondimento).
 Ai fini della progettazione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), in tali aree non è ammessa la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.

L3 Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica

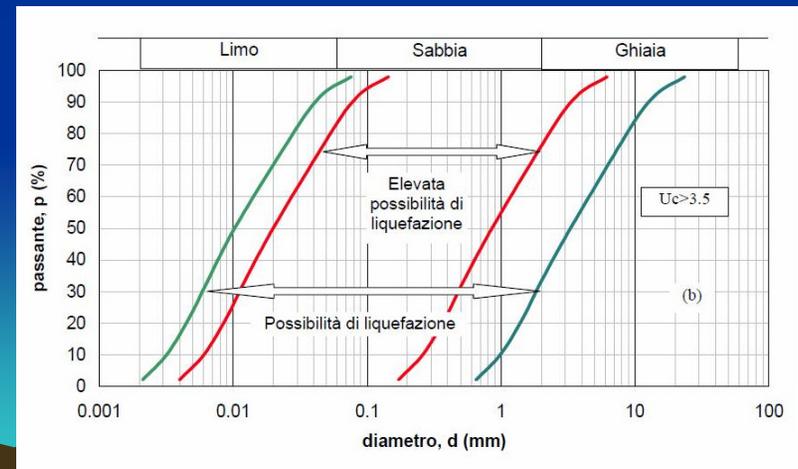
Analisi di terzo livello (prog. 112)

- Un'analisi più approfondita è richiesta nelle aree per le quali si intenda localizzare nuovi ambiti di riqualificazione e di nuovo insediamento per esempio in aree soggette a liquefazione o aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.
- Si tratta in sintesi di un'analisi molto approfondita che prevede, per esempio, gli spettri di risposta dell'area in cui si effettua il progetto, una approfondita conoscenza del sito attraverso le indagini descritte precedentemente

Il modello si costruisce dunque con la conoscenza



Indagini meccaniche (CPT, CPTU, SCPTU, sondaggi)
Prelievo di campioni per analisi di laboratorio
Indagini sismiche non invasive (masw, HVSR, Re.Mi)



“In natura non esistono né premi né punizioni, solo conseguenze” Robert Green Ingersoll

- Il terremoto è un evento naturale con cui l'uomo deve imparare a convivere. La conoscenza è lo strumento da cui partire per la prevenzione. Fondamentale è la corretta interazione tra la struttura e il terreno.
- *“Il rimedio, secondo me, non sta nel prevedere la catastrofe per fuggirla, ma nell'evitarla dal bel principio, studiando il terreno sul quale edificare e facendosi guidare nella scelta dall'esperienza e dalla scienza”*

(prof. Luigi Palmieri, su Il Corriere del Mattino del 27 agosto 1883)