



GRUPPO NAZIONALE DI GEOFISICA DELLA TERRA SOLIDA
33° Convegno Nazionale Bologna

Bologna, 25-27 novembre 2014

**CONSIDERAZIONI SULLA SCELTA DELLA
MAGNITUDO NELLE ANALISI DI
LIQUEFAZIONE CON METODI SEMPLIFICATI**

Giuseppe Lanzo

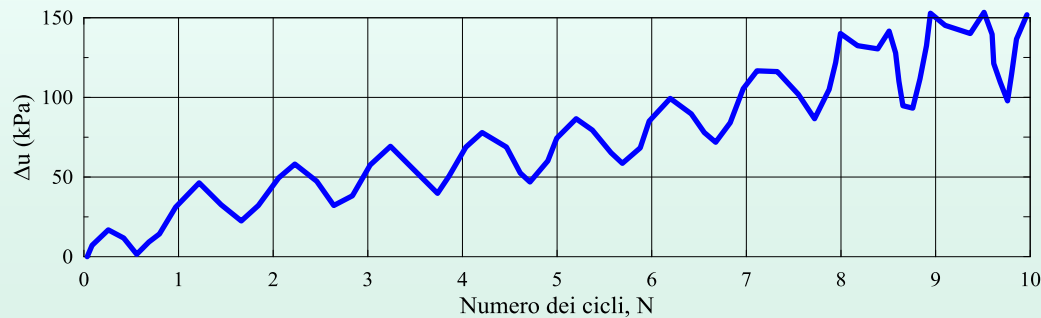
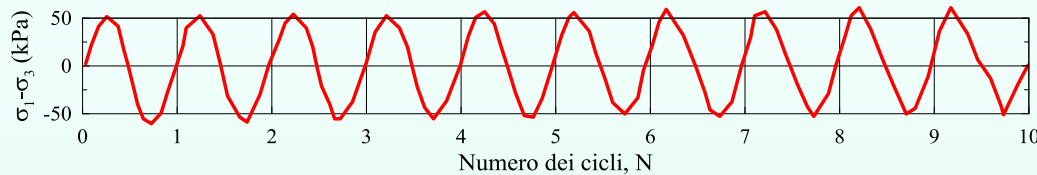
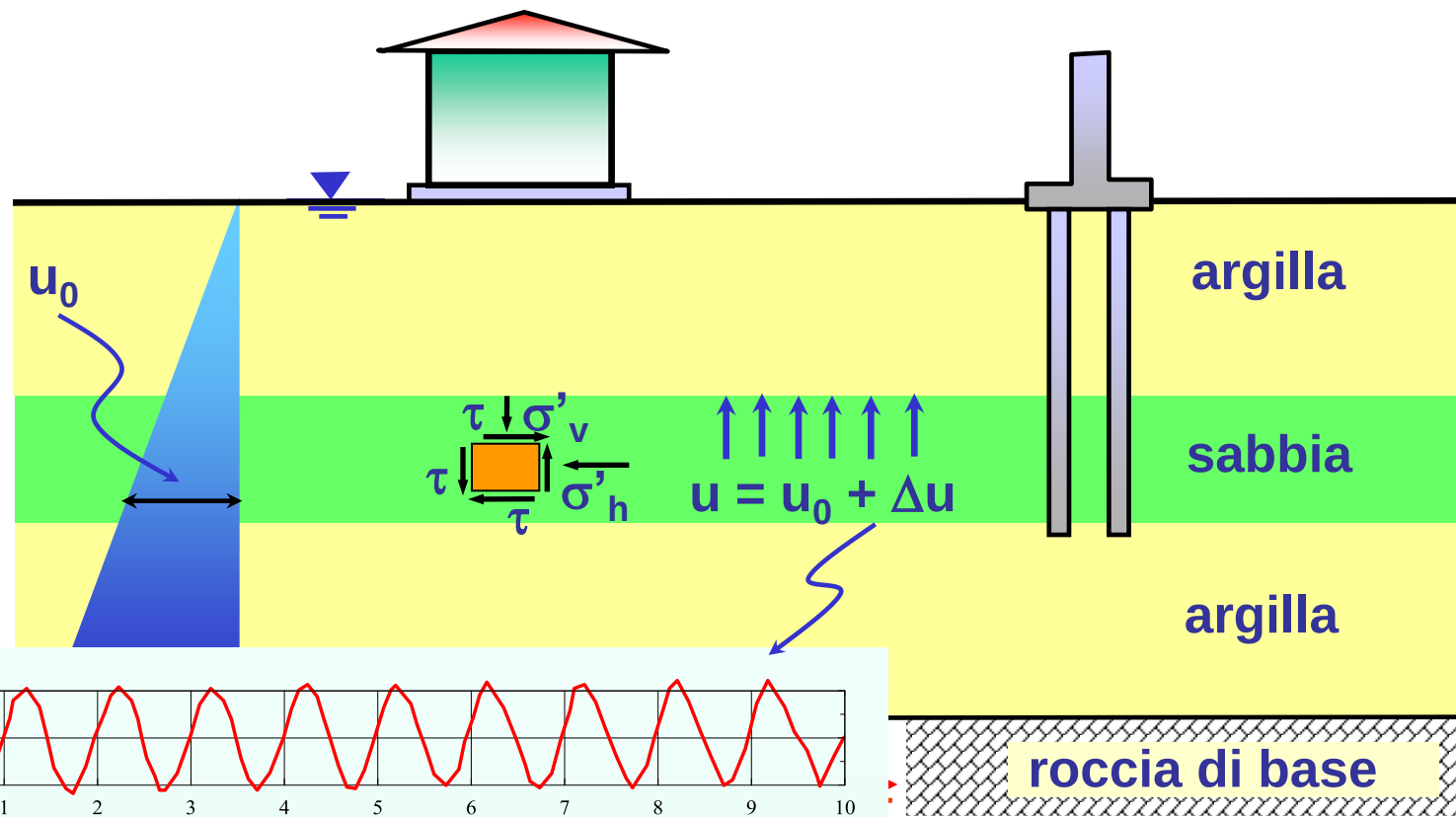


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



**Alessandro Pagliaroli
& Giuseppe Scasserra**

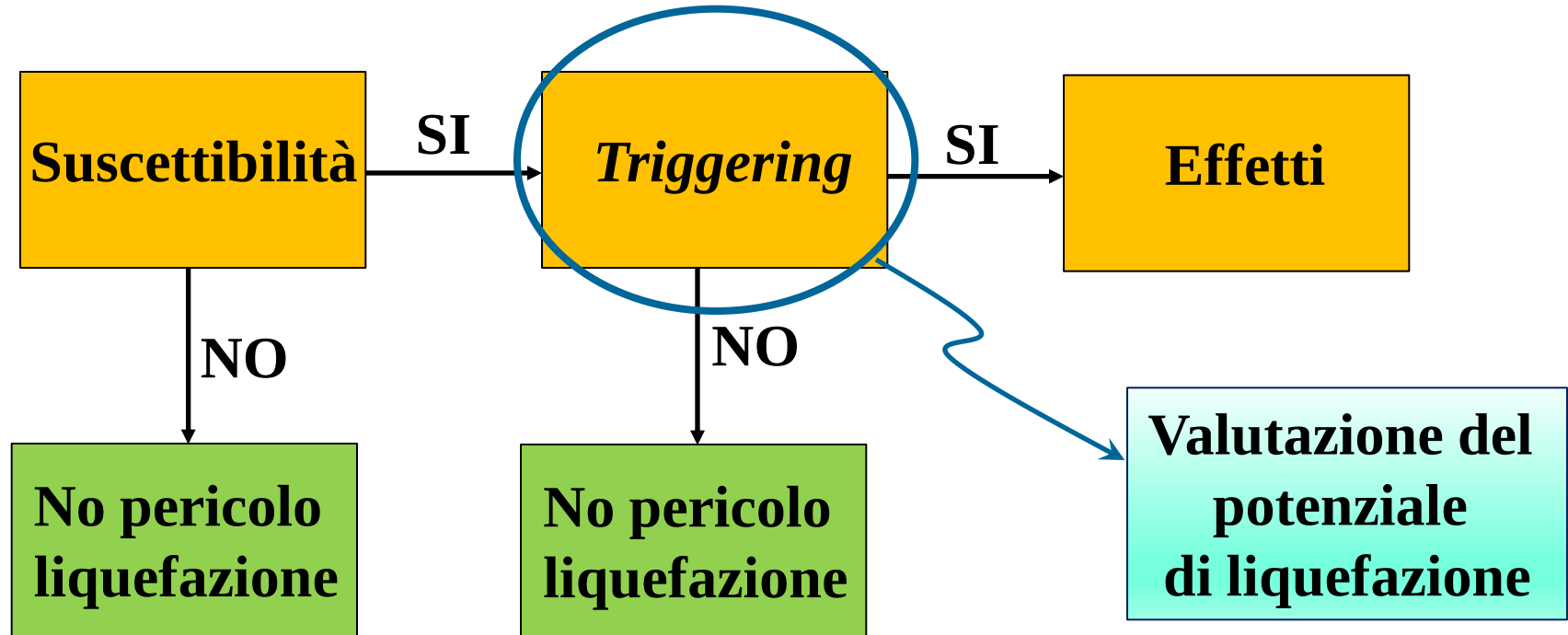
La liquefazione



Liquefazione

L'analisi per la valutazione del pericolo di liquefazione prevede tre fasi:

- 1) Suscettibilità alla liquefazione
- 2) "*Triggering*" della liquefazione
- 3) Effetti della liquefazione



Valutazione del potenziale di liquefazione

Metodi semplificati (Seed & Idriss, 1971)

CAPACITÀ Vs DOMANDA

CAPACITÀ = Resistenza disponibile alla liquefazione

DOMANDA = Sollecitazione indotta dall'azione sismica

SPT, CPT, V_s

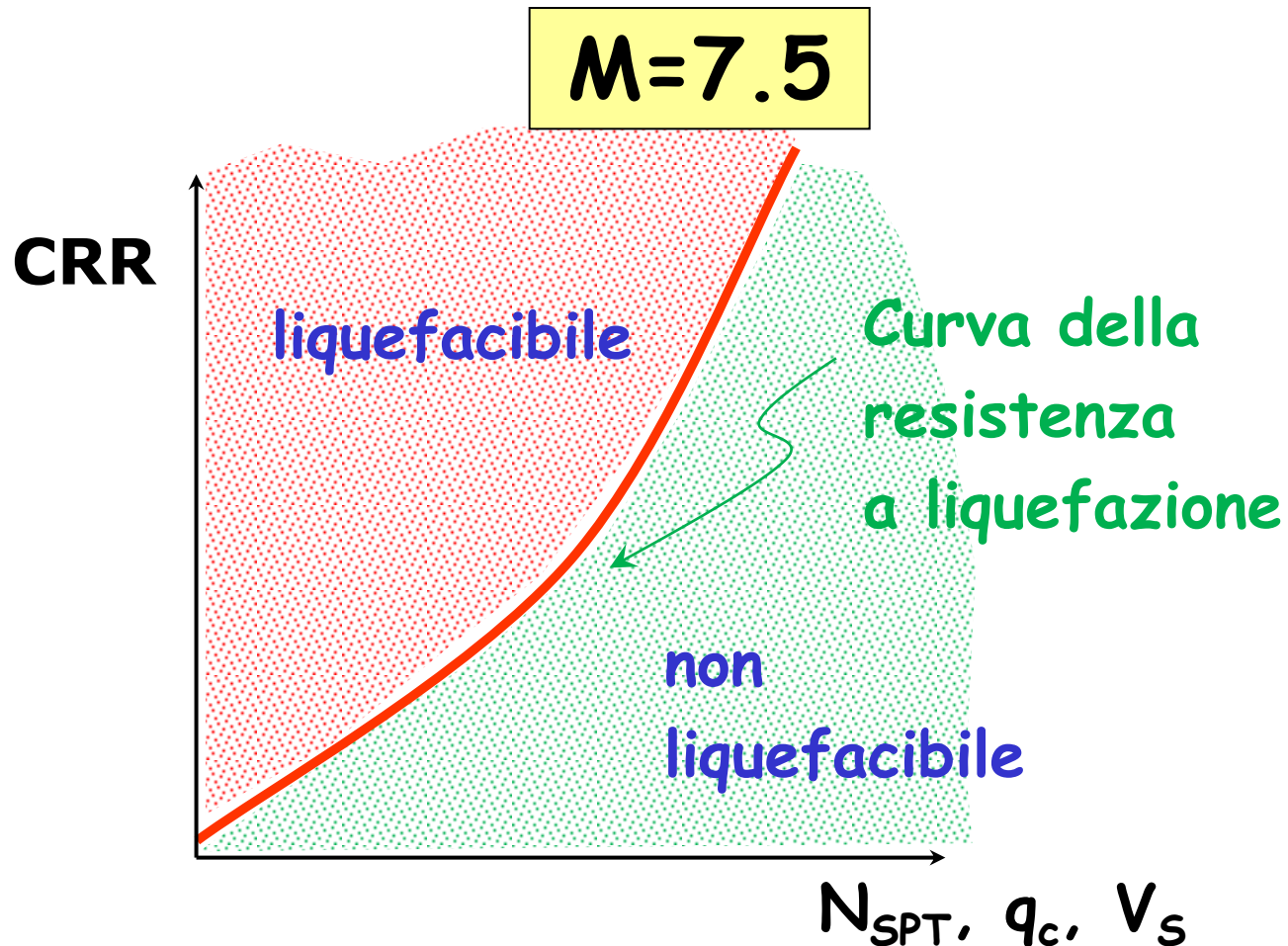
$$FS_{liq} = \frac{\text{capacità}}{\text{domanda}} = \frac{CRR}{CSR}$$

$$\frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}}$$

Valutazione del potenziale di liquefazione

Metodi semplificati (Seed & Idriss, 1971)

CAPACITÀ = CRR



Valutazione del potenziale di liquefazione

Metodi semplificati (Seed & Idriss, 1971)

DOMANDA = CSR

$$\frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = \frac{0.65 \tau_{max}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \frac{1}{MSF}$$

accelerazione massima in
superficie in condizioni
free-field

$$MSF = \min \begin{cases} 6.9 \exp\left(-\frac{M}{4}\right) - 0.058 \\ 1.8 \end{cases}$$

Magnitude Scaling Factor
(Idriss e Boulanger, 2008)

MSF tiene conto della dipendenza della durata dalla magnitudo. La magnitudo è un *proxy* per la durata del moto sismico.

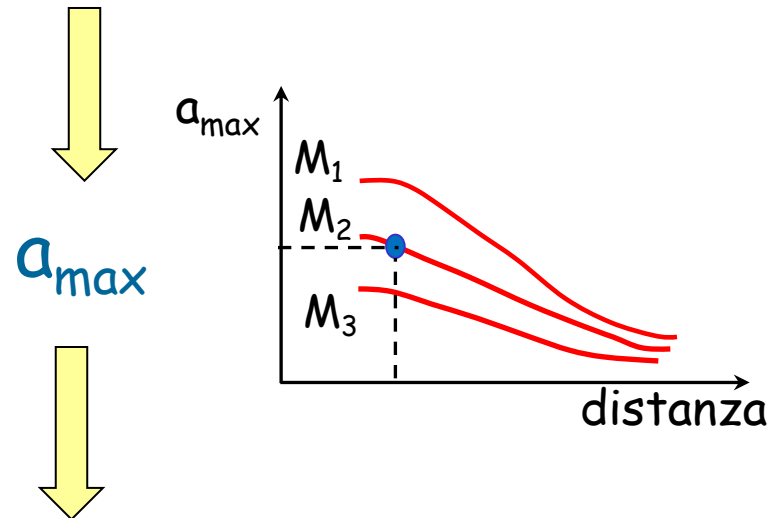
Metodi semplificati

Procedura originaria (Seed e Idriss, 1971)

definizione di un *terremoto di scenario*

Approccio Deterministico

terremoto di scenario (M , R)



Legame diretto tra $a_{\max}$ e M

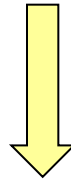
Metodi semplificati

Procedura attuale

Approccio pseudo-probabilistico

- la capacità (CRR) è sempre valutata deterministicamente
- la domanda (CSR) è descritta in maniera probabilistica (l'azione sismica relativa ad un certo T_R comprende il contributo di tante possibili magnitudo)

$a_{\max}$ non è più legato a nessun specifico valore di M



si perde il legame diretto tra $a_{\max}$ e M

Metodi semplificati - scelta di M

nei metodi semplificati

come deve essere selezionato il valore della magnitudo M da associare al valore dell'accelerazione di picco $a_{\max}$ relativa ad un certo tempo di ritorno T_R ?

$$a_{\max}(T_R) \Rightarrow M?$$

Metodi semplificati - scelta di M

Approccio usuale

- la **massima magnitudo** corrispondente al più violento terremoto risentito storicamente al sito di interesse
- la **massima magnitudo potenziale**
- **media o modale**

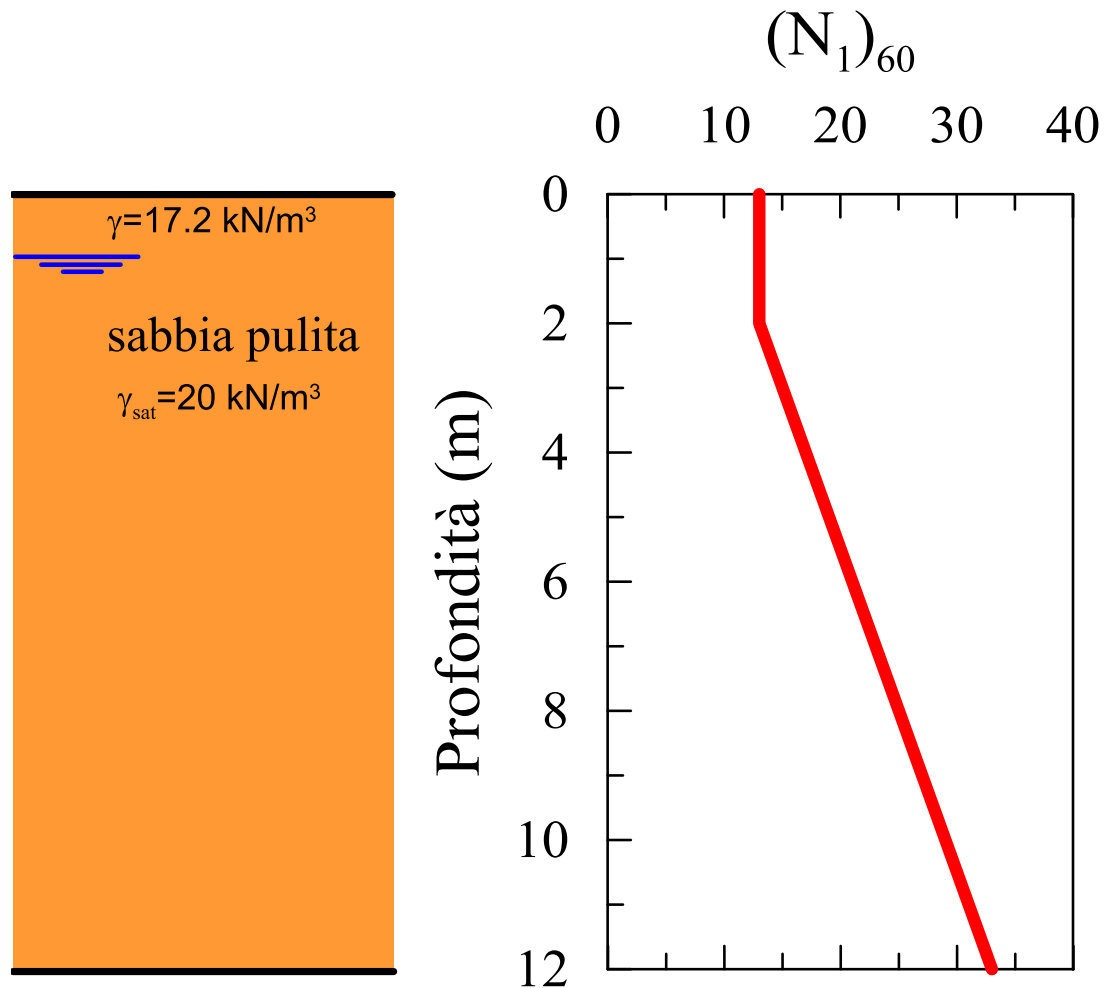
Approccio alternativo

Metodo della disaggregazione

(Finn e Wightman, 2007)

Metodo della disaggregazione

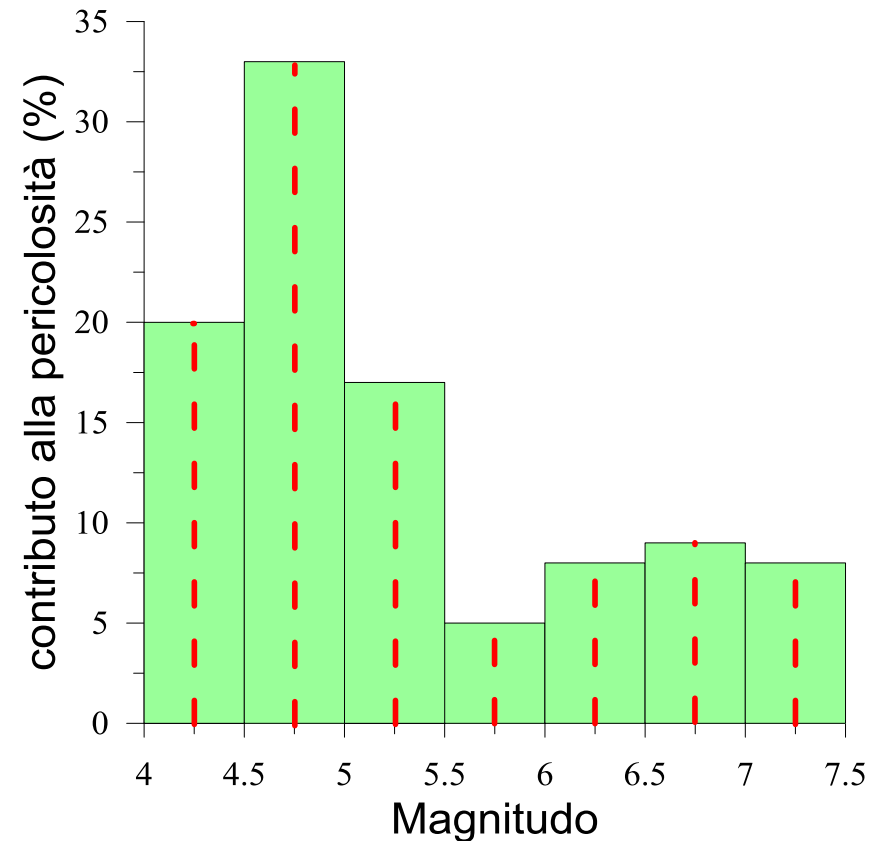
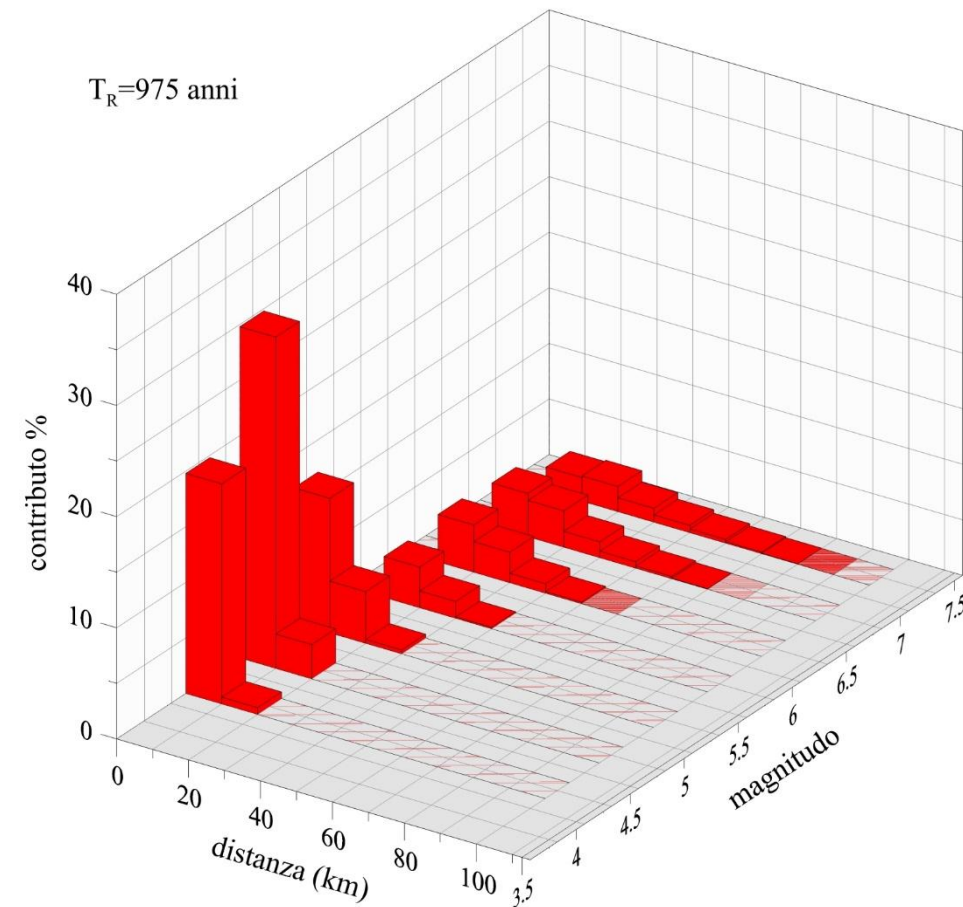
Deposito ideale di sabbia pulita in Italia Centrale



Metodo della disaggregazione

Stato Limite SLV $\longrightarrow T_R = 950 \text{anni}$ $a_g = 0.21g$ $a_{\max} = 0.34g$

✓ disaggregazione della PGA relativa a $T_R = 975 \text{anni}$

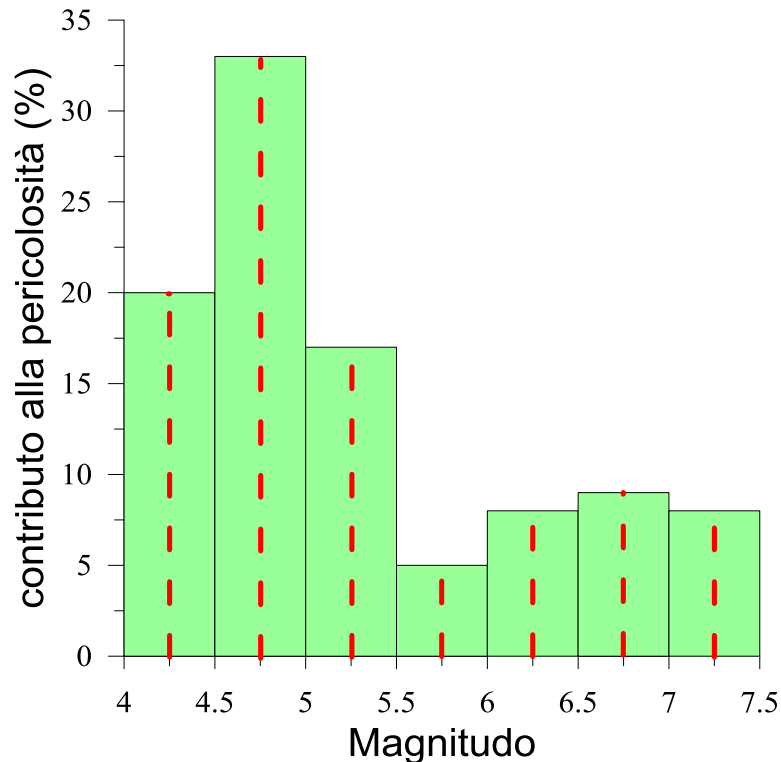


Metodo della disaggregazione

- ✓ calcolo effettuato alla profondità di $z=3.00$ m

$$FS_{liq} = \sum w_i FS_{liq,i} = \sum w_i \frac{CRR}{CSR_{Mi} / MSF}$$

@ $z=3.00$ m

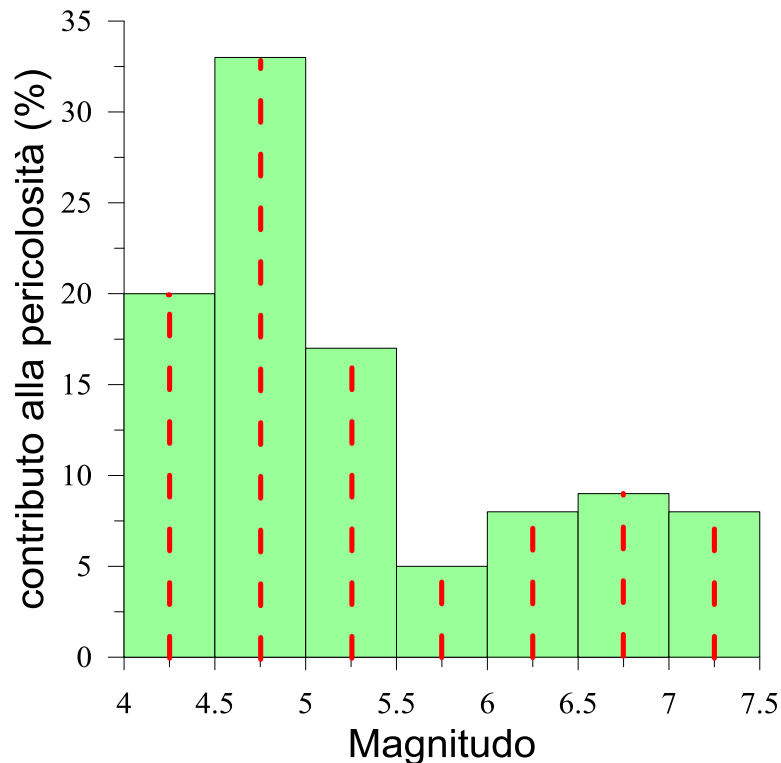


M centrale	Contributo della magnitudo w_i	$FS_{L,i}$	Contributo di $FS_{L,i}$ alla liquefazione
4.25	0.20412	1.38	0.28
4.75	0.3289	1.37	0.45
5.25			
5.75			
6.25			
6.75	0.09431	0.9	0.08
7.25	0.06823	0.79	0.05
$FS_{liq} = 1.25$			
$FS_{liq} = 1.25$			

Metodo della disaggregazione

- ✓ calcolo effettuato alla profondità di $z=6.00$ m

$$FS_{liq} = \sum w_i FS_{liq,i} = \sum w_i \frac{CRR}{CSR_{Mi} / MSF}$$



@ $z=6.00$ m

M centrale	Contributo della magnitudo w_i	$FS_{L,i}$	Contributo di $FS_{L,i}$ alla liquefazione
4.25	0.20412	1.56	0.32
4.75	0.3289	1.53	0.50
5.25			
5.75			
6.25			
6.75	0.09431	0.96	0.09
7.25	0.06823	0.82	0.06
$FS_{liq} = 1.38$			
$FS_{liq} = 1.38$			

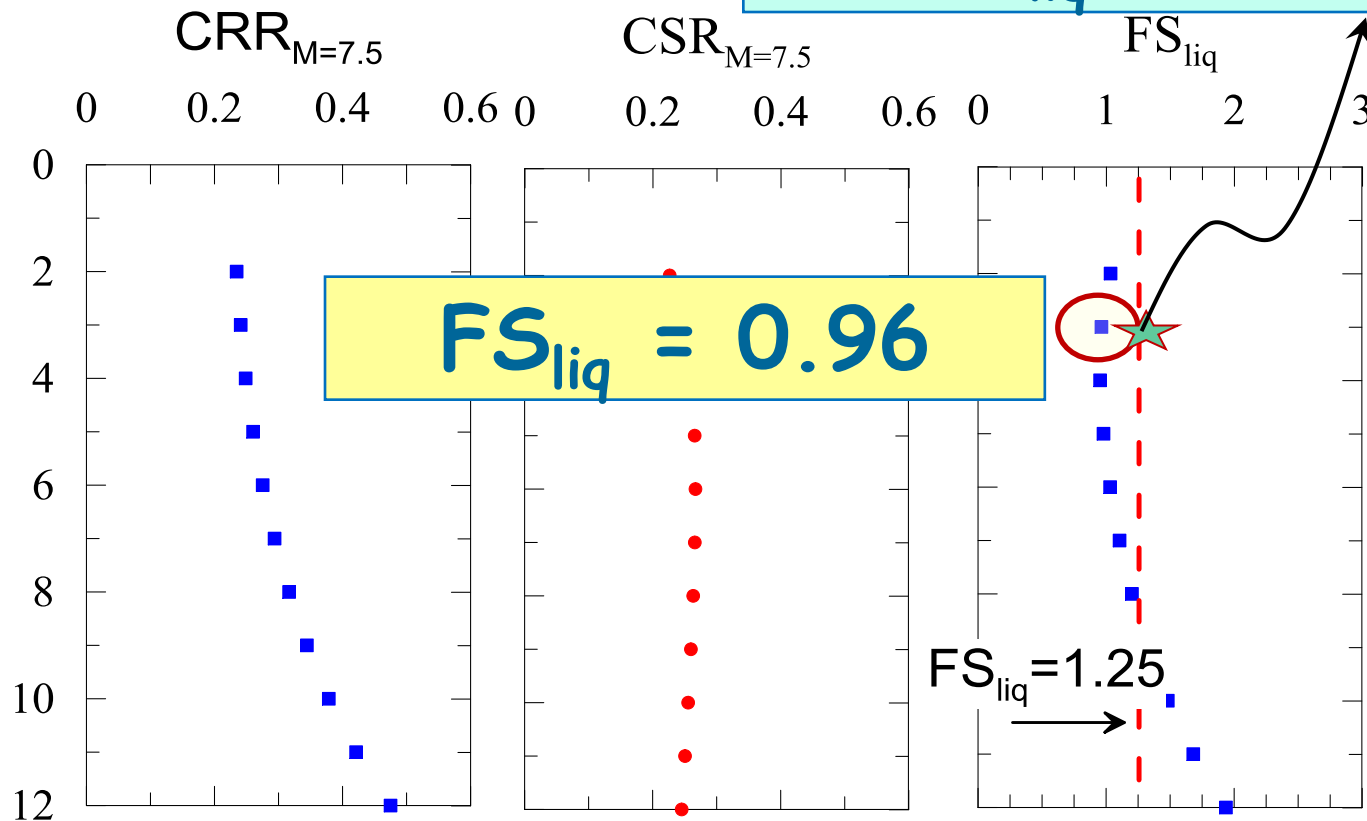
Metodo della magnitudo massima

Stato Limite SLV $\Rightarrow T_R = 950 \text{anni}$ $a_g = 0.21g$ $a_{\max} = 0.34g$

evento sismico di maggiore intensità nella storia sismica dell'area $\Rightarrow M_w = 6.5$

da disaggregazione @z=3.00 m

$$FS_{liq} = 1.25$$



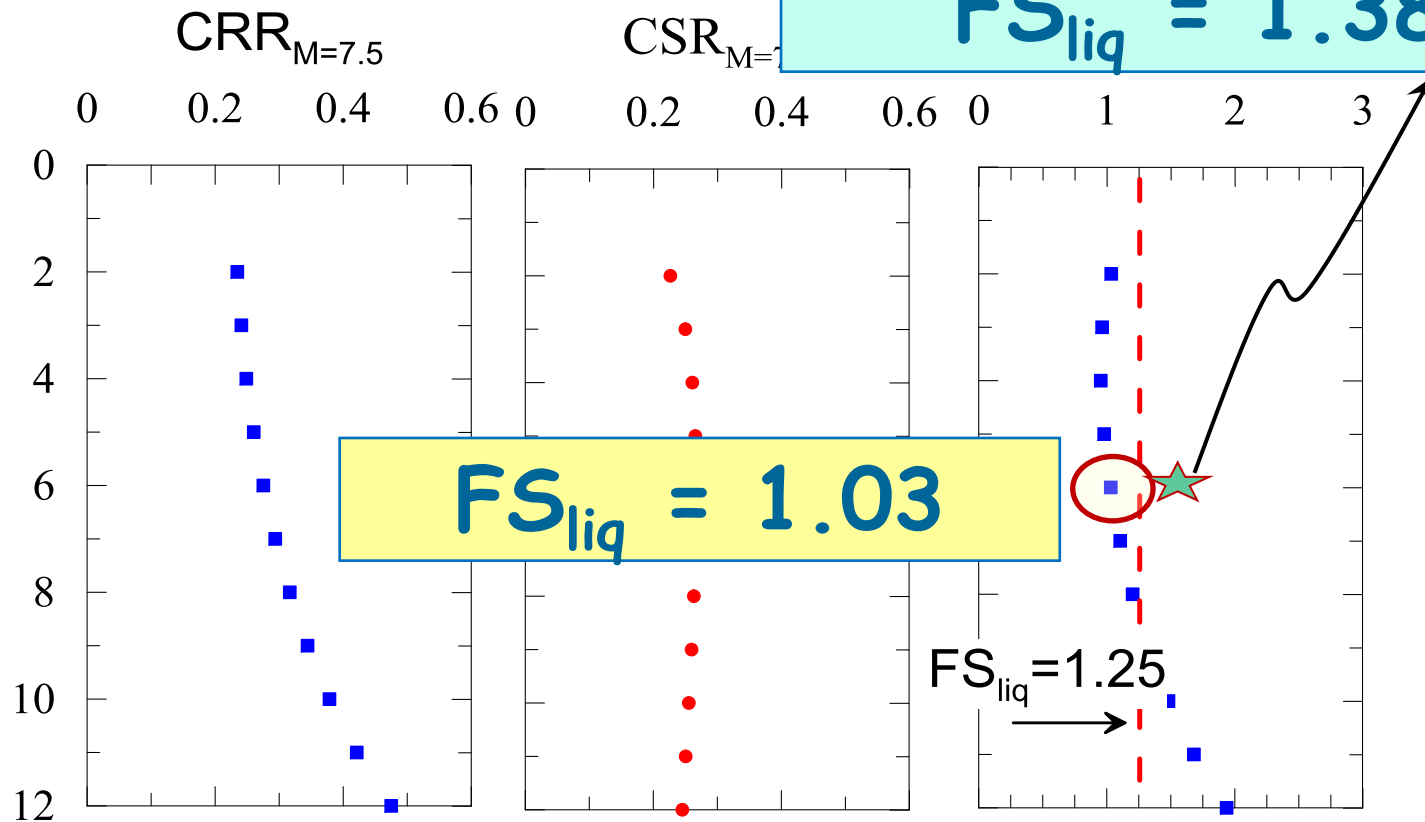
Metodo della magnitudo massima

Stato Limite SLV $\Rightarrow T_R = 950 \text{anni}$ $a_g = 0.21g$ $a_{\max} = 0.34g$

evento sismico di maggiore intensità nella storia sismica dell'area $\Rightarrow M_w = 6.5$

da disaggregazione @ $z = 6.00 \text{ m}$

$$FS_{\text{liq}} = 1.38$$



Osservazioni conclusive

- la ricerca negli ultimi 30 anni si è concentrata soprattutto sulla resistenza alla liquefazione ("capacità"); minore attenzione è stata invece rivolta alla azione sismica ("domanda")
- la pratica attuale è quella di utilizzare un metodo pseudo-probabilistico
- la scelta del valore di magnitudo M da associare ad $a_{\max}$ è fortemente condizionante, soprattutto per aree a moderata sismicità;
- il metodo di Finn appare più convincente di quello che considera la $M_{\max}$; per il caso esaminato sono state riscontrate marcate differenze tra i due metodi (dell'ordine del 25%)
- l'uso della $M_{\max}$ è raccomandabile per analisi di sensibilità del potenziale di liquefazione di un sito