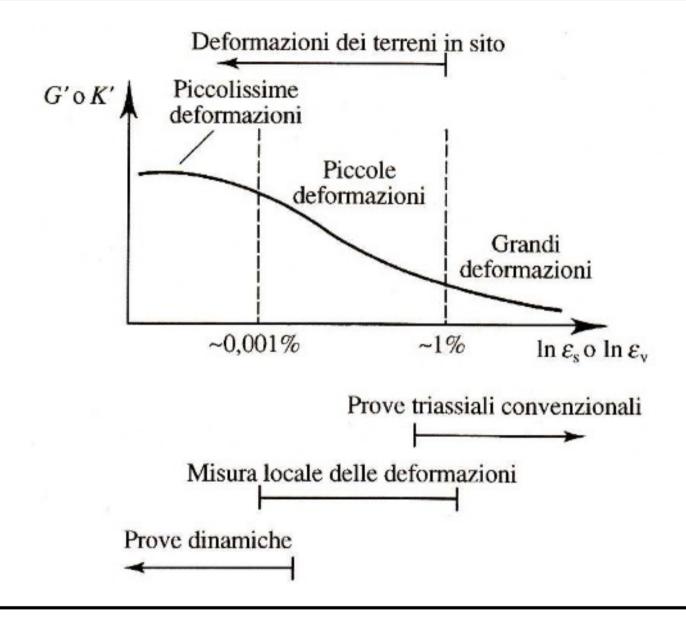
# **FONDAZIONI**

ing. Nunziante Squeglia

# 3. INDAGINI IN SITO

Caratterizzazione dinamica e Azione sismica



## CAPITOLO 3 – NTC 2018

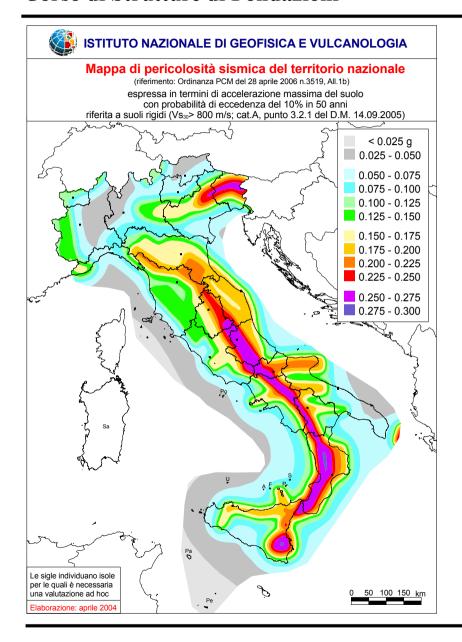
#### 3.2 AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria  $\bf A$  quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{V_R}$ , come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla *pericolosità sismica* del sito.

- Pericolosità definita in termini di accelerazione attesa
- Categoria del sottosuolo
- Spettro di risposta elastico
- Accelerogrammi

#### Corso di Strutture di Fondazioni



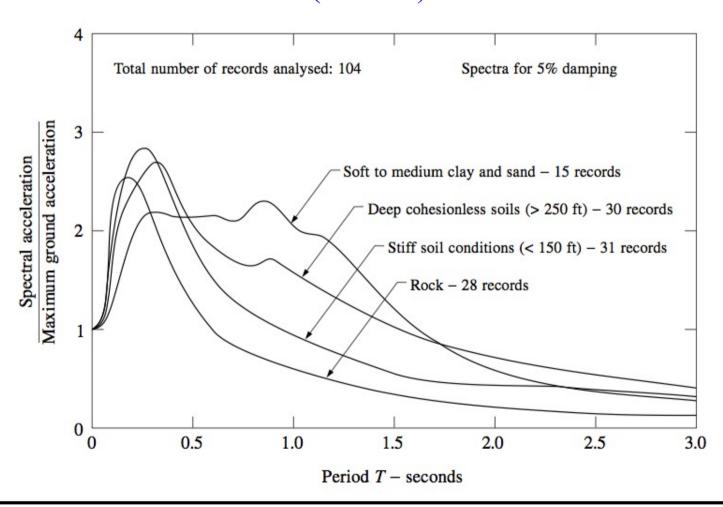
# PERICOLOSITA' DI BASE

### **CATEGORIE DI SOTTOSUOLO**

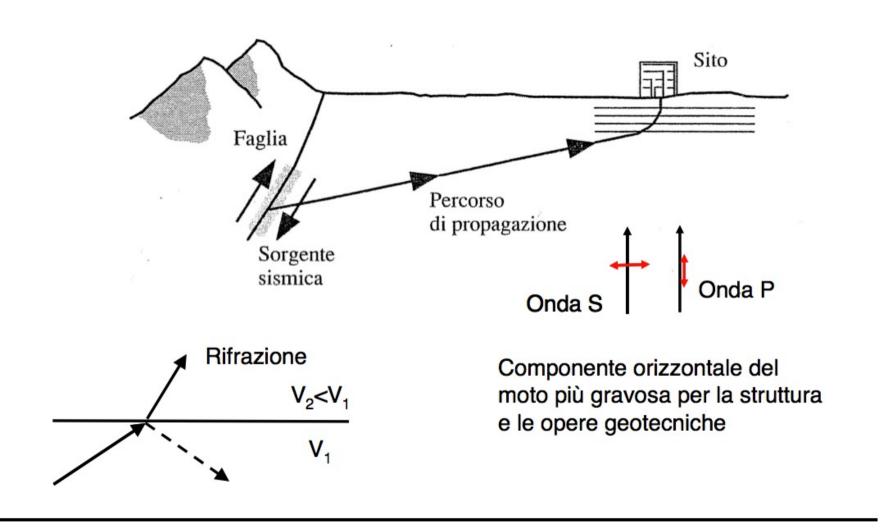
Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
В	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consi- stenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
С	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consi- stenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento del- le proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
Е	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le catego- rie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

# INFLUENZA DEL SOTTOSUOLO SULL'AZIONE SISMICA (Misure)



### SCHEMA DELLA PROPAGAZIONE DELL'ONDA SISMICA



#### Corso di Strutture di Fondazioni

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_S$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_S$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di  $V_S$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vs,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$
[3.2.1]

con:

h<sub>i</sub> spessore dell'i-esimo strato;

V<sub>s</sub>; velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

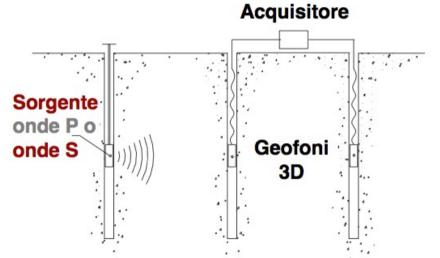
Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

# DETERMINAZIONE DEL PROFILO DELLA $V_{\rm S}$ Bassissimo livello di deformazione ( $\gamma < 10^{-6}$ )

- Prove in foro
  - Prove Cross-hole
  - Prove Down-hole
    - In foro
    - SCPT-SDMT
- Prove dalla superficie
  - Prove sismica a rifrazione (onde SH)
  - Analisi delle onde superficiali
    - Metodi attivi (SASW, MASW)
    - Metodi passivi (fk, SPAC, ReMi, H/V)

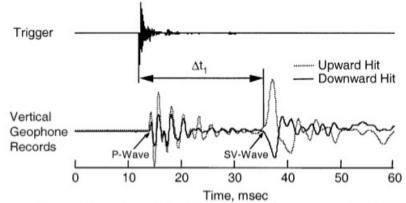
### SCHEMA DI UNA PROVA CROSS-HOLE



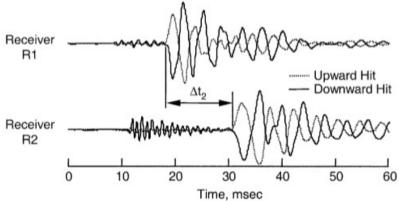
2 o 3 fori rivestiti e cementati con controllo verticalità (costi 个)

tempi di arrivo → Vp & Vs

onde P Sv Sh

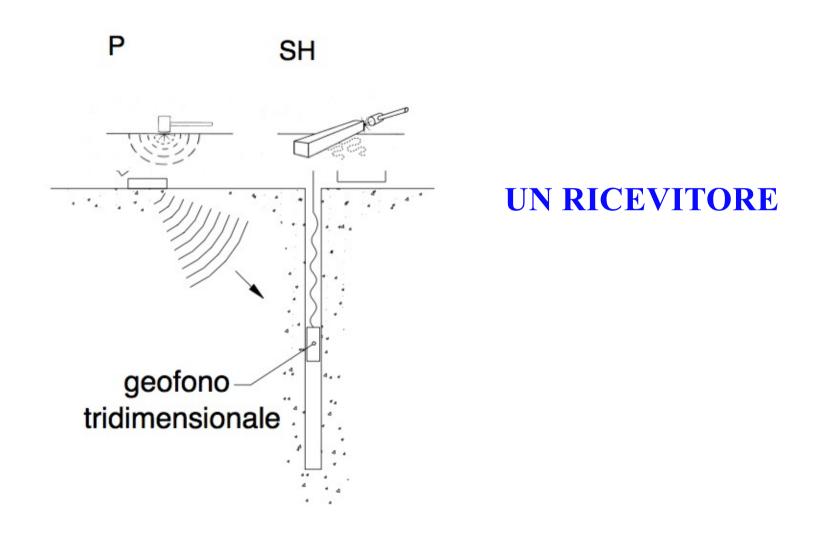


a. Record Illustrating a Direct Travel Time Measurement of an SV Wave

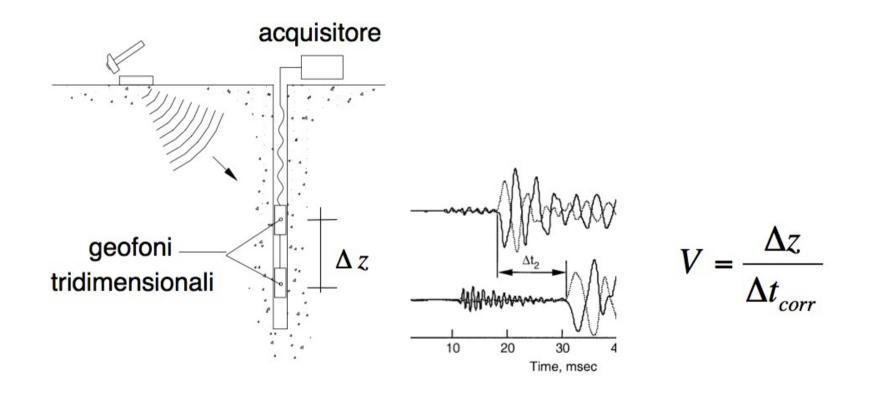


(after Santamarina and Stokoe, 2000)

# SCHEMA DI UNA PROVA DOWN-HOLE



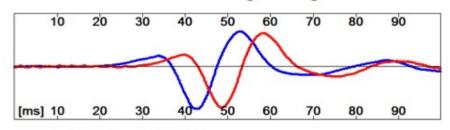
# SCHEMA DI UNA PROVA DOWN-HOLE (due ricevitori)



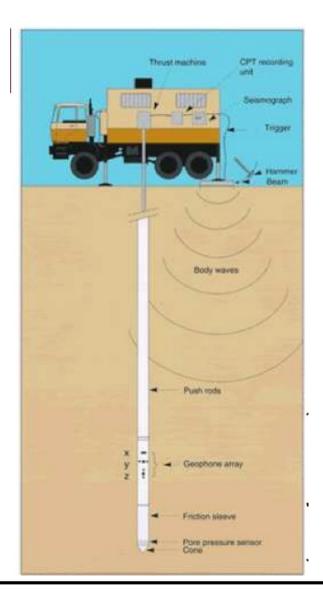
# PROVA PENETROMETRICA STATICA CON MODULO SISMICO

- molto efficiente (no fori sondaggio)
- ottimo accoppiamento geofono-terreno (niente rivestimento)
- possibile eseguire prova SCPT in modalità
   CHT usando due coni
- stesse limitazioni CPT/DMT

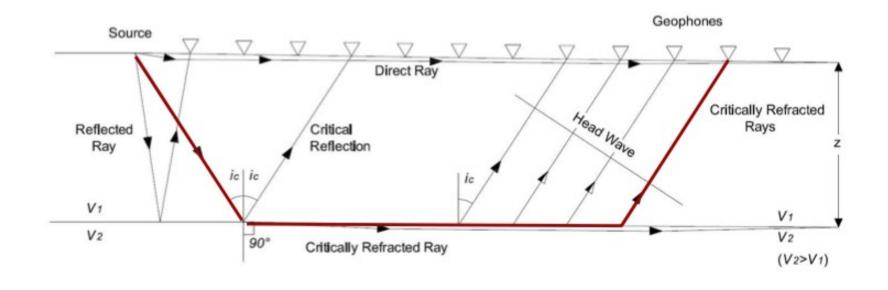
#### SDMT: trasmissione del segnale digitalizzato



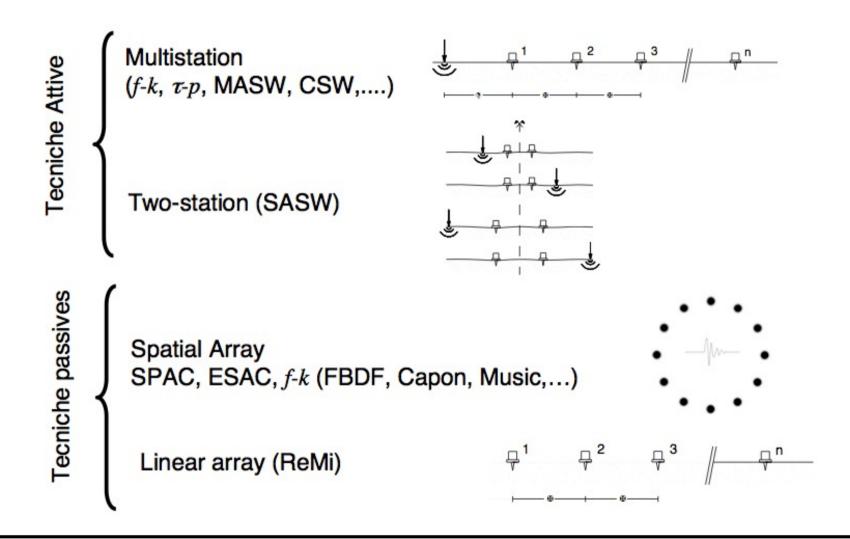
(Marchetti et al., 2006)



# **METODI GEOFISICI**Sismica a rifrazione



#### ALTRE TECNICHE DI SUPERFICE

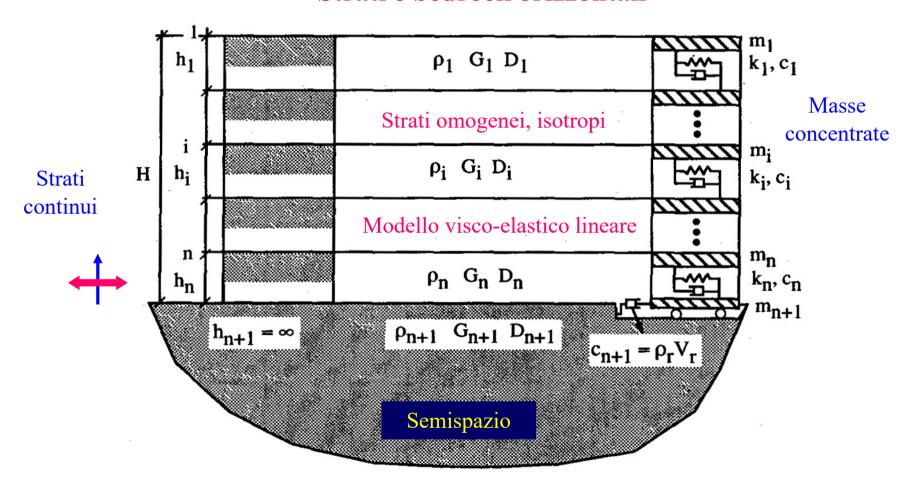


### SE IL SOTTOSUOLO NON E' CLASSIFICABILE?

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti (ndr, Tab. 3.2.II in diapositiva 6), è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Specifiche analisi = Risposta Sismica Locale (Calcolo dell'azione sismica!)

### Modellazione monodimensionale Strati e bedrock orizzontali



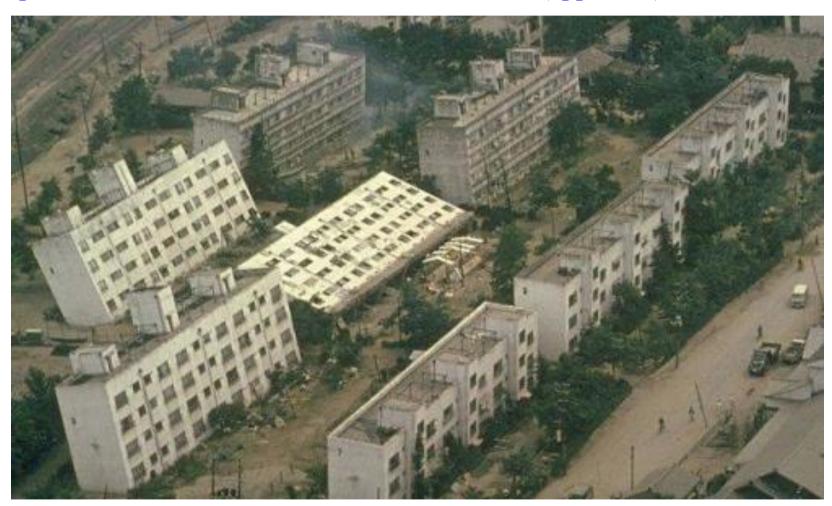
## FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

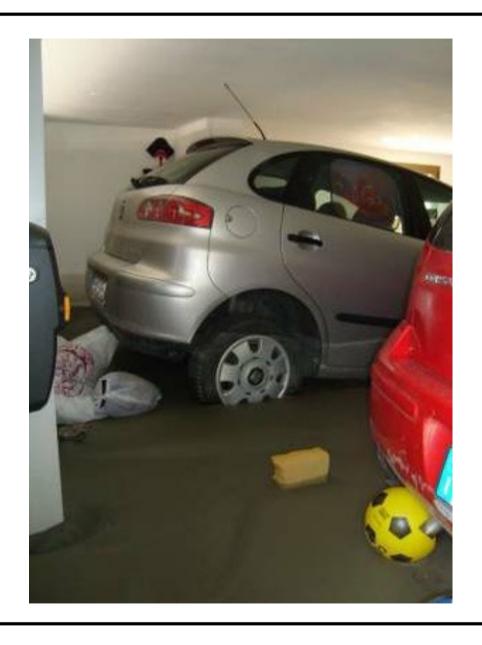
### Sollevamento di un serbatoio interrato



### EFFETTI DI UN TERREMOTO

Sprofondamento di alcuni edifici, senza rotture (apparenti) della struttura





# FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

Affondamento di un oggetto appoggiato sul terreno

Youtube:
Soil liquefaction due
to earthquake.
UTHM
GEOFEST'14