

Parametri geologico-tecnici per la valutazione dell' amplificazione sismica locale

T. Sanò e B. Quadrio

Dipartimento della Protezione Civile
Ufficio Rischio Sismico

Argomenti trattati



Descrizione del fenomeno



Impostazione del problema del calcolo dell'amplificazione locale



Codici di calcolo attualmente disponibili



Geometrie dei corpi



Dati necessari per la modellazione



Substrato: definizioni



Profili di velocità



Proprietà dei materiali

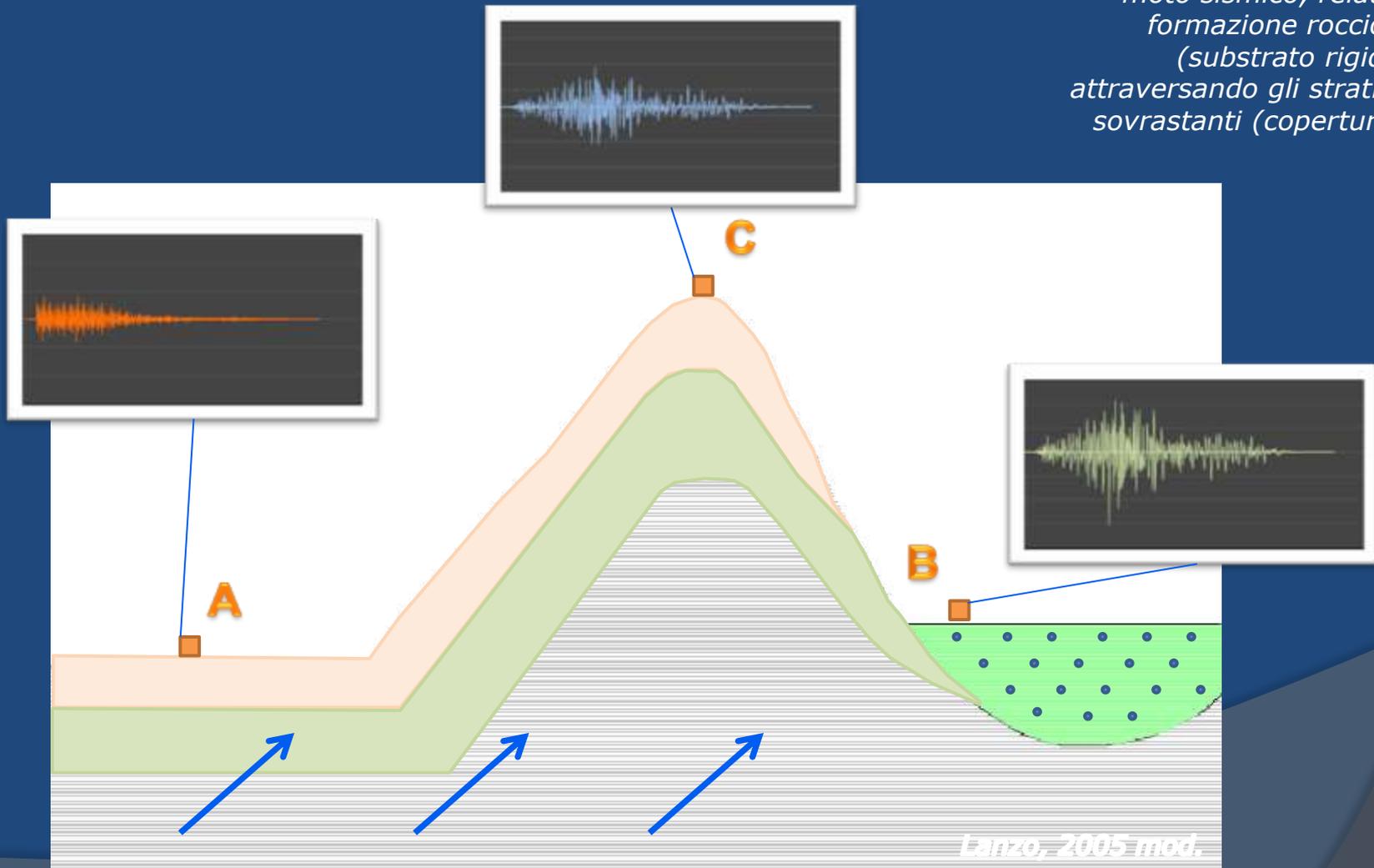


Descrizione del fenomeno

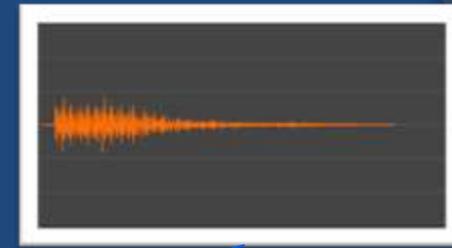
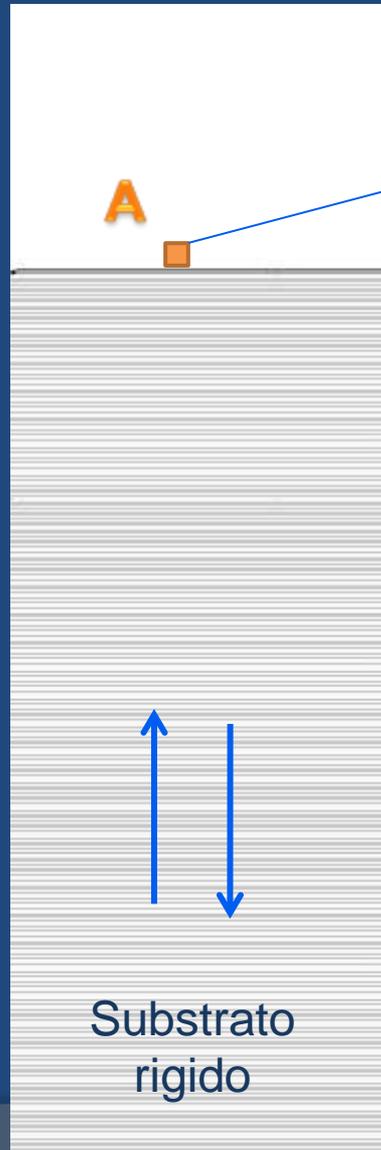
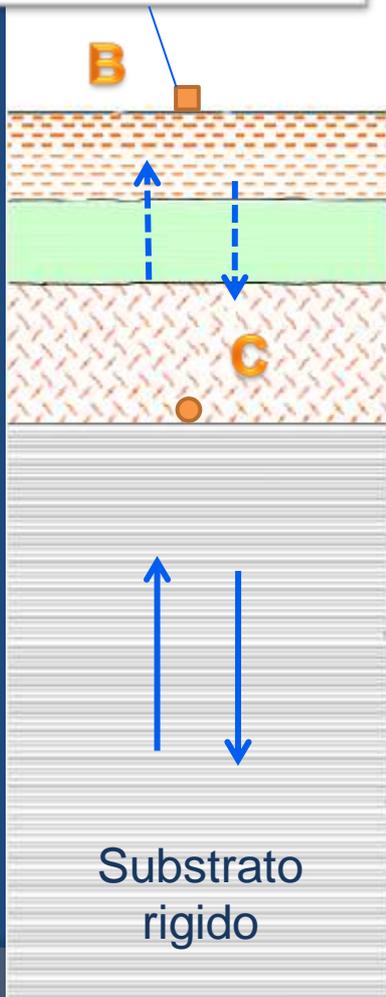
Per Risposta Sismica Locale si intende l'insieme delle modifiche (in ampiezza, durata e contenuto in frequenza) che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (substrato rigido) subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti (coperture) fino alla superficie

Impostazione del problema del calcolo dell'amplificazione locale

... l'insieme delle modifiche che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (substrato rigido) subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti (coperture) fino alla superficie



Schema 1D



- A** Substrato rigido affiorante
- B** Superficie libera
- C** Substrato rigido di base

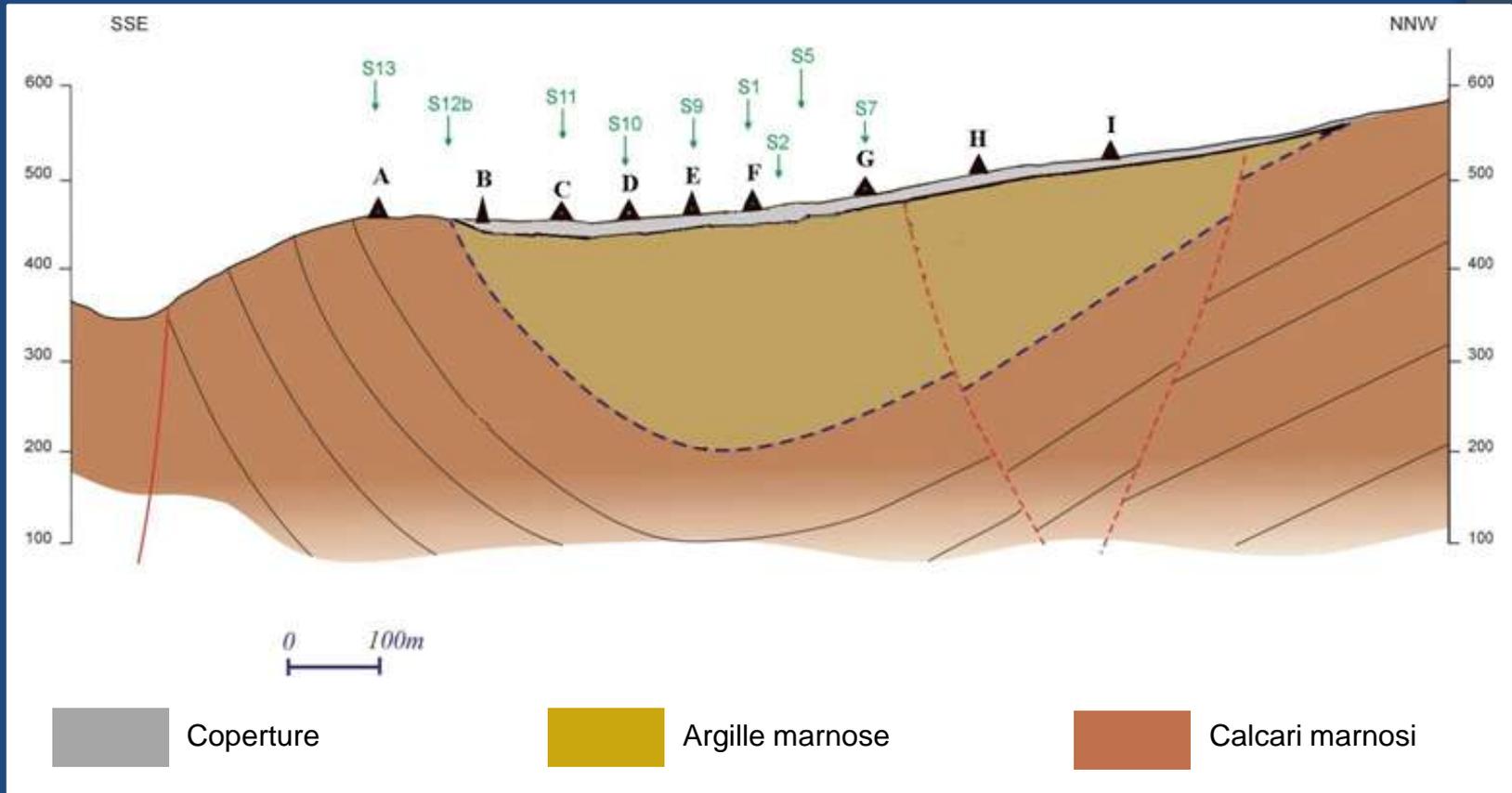
La valutazione quantitativa della risposta sismica locale si effettua sulla base del confronto tra scuotimento sismico in superficie (**B**), rispetto a quello atteso sul *substrato rigido di base* (terremoto di riferimento (**C**))



Codici di calcolo attualmente disponibili

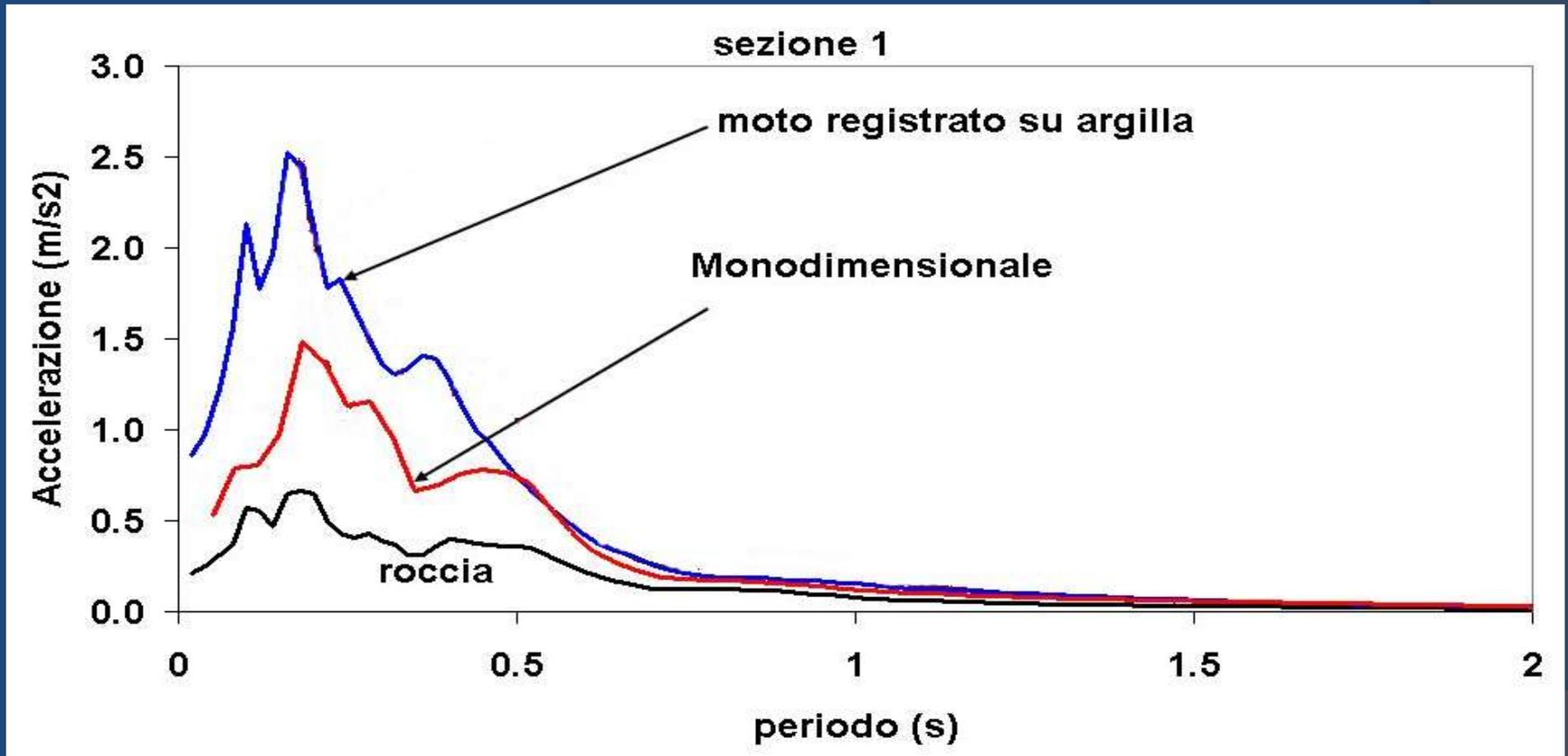
CODICE DI CALCOLO	GEOMETRIA, CONDIZIONI AL CONTORNO	LEGAME COSTITUTIVO	METODO DI ANALISI	FONTE
SHAKE PSHAKE SHAKE91 PROSHAKE SHAKE2000	1-D Base elastica	Monofase Lineare equivalente Viscoelastico	Continuo Dominio delle frequenze	Berkeley-Davis Scnabel et alii (1972) Sanò, Pugliese Idriss & Sun (1992)
MASH	1-D	Monofase Non lineare Viscoelastico	Discreto Dominio dei tempi	Berkeley Martin & Seed (1978)
CHARSOIL	1-D Base e superficie libera inclinate	Monofase Lineare equivalente Isteretico	Linee caratteristiche	Ann Arbor Streeter et alii (1974)
DESRA DESRAMOD	1-D Base rigida	Bifase Lineare equivalente Isteretico	Discreto Dominio dei tempi	Vancouver-RPI Finn et alii (1976) Vucetic (1986)
QUAD-4 QUAD4M QUAKE	2-D Base rigida, superficie libera qualsiasi	Monofase Lineare equivalente Viscoelastico	F.E.M. Dominio dei tempi	Berkeley-Idriss et alii, (1974) Geo-studio
BESOIL	2-D Base infinita	Lineare monofase	B.E.M. Dominio delle frequenze	T. Sanò (1991)
LUSH FLUSH	2-D / 3-D Base orizzontale, frontiera laterale assorbente	Monofase Lineare equivalente Viscoelastico	F.E.M. Dominio delle frequenze	Berkeley Lysmer et alii (1975)
DYNAFLOW GEFDYN	2-D 2-D / 3-D	Tensioni effettive Elastoplastico	F.E.M. Dominio tempi	Princeton- ECP Prevost (1981)

Importanza delle geometrie per la scelta del codice di calcolo

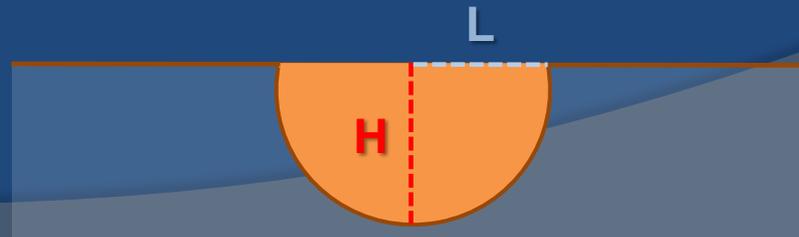


San Giuliano di Puglia

Risultato delle simulazioni 1D per il caso di S.Giuliano



Rapporto
 $H/L > 0.2$



Dati necessari alla simulazione: l'esempio di Proshake

Profilo

Input Manager Solution Manager Output Manager Utilities Help Exit

Profile Input Motion Report

Profile Title: Profilo profondo da CH Basilica Massenzio

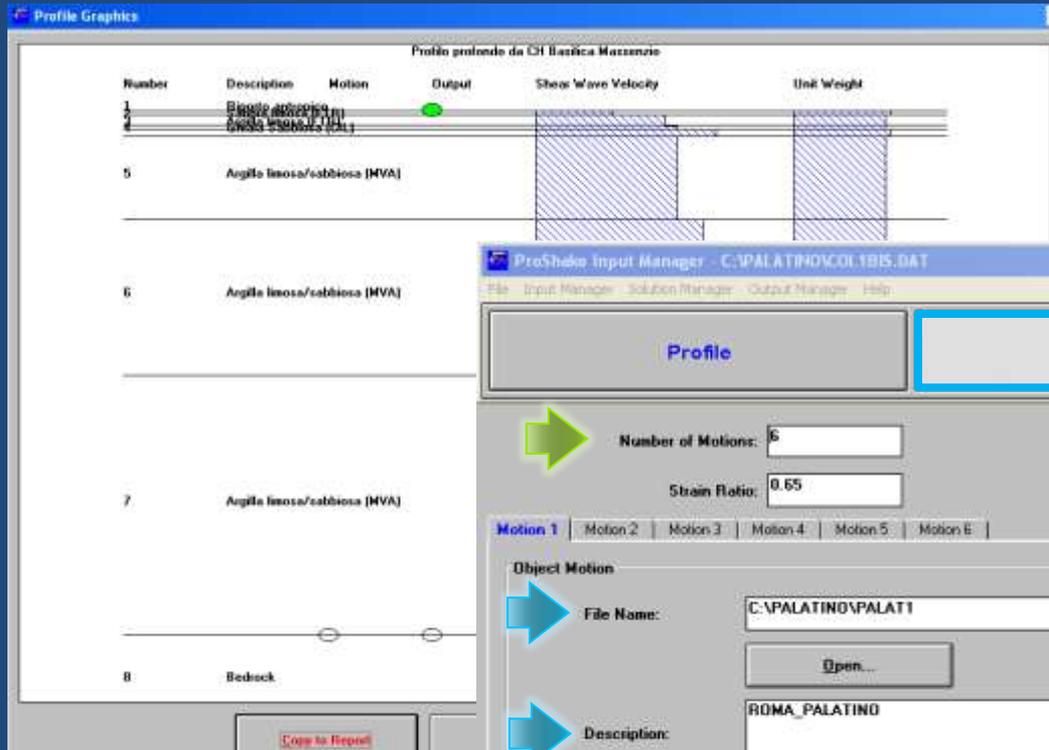
No. of Layers: 8

Depth to Water Table: 492.1 ft 150.0 m

Layer No	Material Name	Thickness (m)	Unit Weight (kN/m ³)	Gmax (MPa)	Vs (m/s)	Mod. Reduction Curve	Mod. Parameters	Damping Curve	Damping Parameter
1	Spaccato in coccia	4.0	20.0	484.4	300.0	Ghvae		Ghvae	
2	Sabbia (FTR)	4.0	20.0	484.4	300.0	Lim		Lim	
3	Argilla limosa (FTR)	4.0	19.0	586.1	550.0	Argilla Limosa AQ		Argilla Limosa AQ	
4	Ghvae Sabbiosa (CL)	7.0	20.0	999.3	700.0	Ghvae AQ		Ghvae AQ	
5	Argilla limosa/sabbiosa	80.0	19.0	586.1	550.0	Argilla Limosa AQ		Argilla Limosa AQ	
6	Argilla limosa/sabbiosa	150.0	19.0	818.5	650.0	Argilla Limosa AQ		Argilla Limosa AQ	
7	Argilla limosa/sabbiosa	250.0	19.5	974.3	700.0	Argilla Limosa AQ		Argilla Limosa AQ	
8	Bedrock	Infinita	21.0	1370.5	800.0	Linear		Linear	1.0

Select Output Units: U.S. S.I. View Profile

Moto di input



ProShake Input Manager - C:\PALATINO\COLIBIS.DAT

File Input Manager Solution Manager Output Manager Help

Profile Input Motion Report

Number of Motions: 6 Maximum Number of Iterations: 20

Strain Ratio: 0.65 Error Tolerance: 5.0%

Motion 1 Motion 2 Motion 3 Motion 4 Motion 5 Motion 6

Object Motion

File Name: C:\PALATINO\PALAT1

Open... Remove

Description: ROMA_PALATINO

No of Acceleration Values: 5001

Peak Acceleration (g): 0.10

Time Step (sec): 0.010

Cutoff Frequency (Hz): 50.00

No of Terms in Fourier Series: 8192

Object Motion Plots

Acceleration vs Time

Velocity vs Time

Displacement vs Time

Huzid Plot

Fourier Spectrum

Phase Spectrum

Power Spectrum

Response Spectrum

Object Motion Location

Layer: 0

Outcrop

Animation

No Yes

Other Parameters...

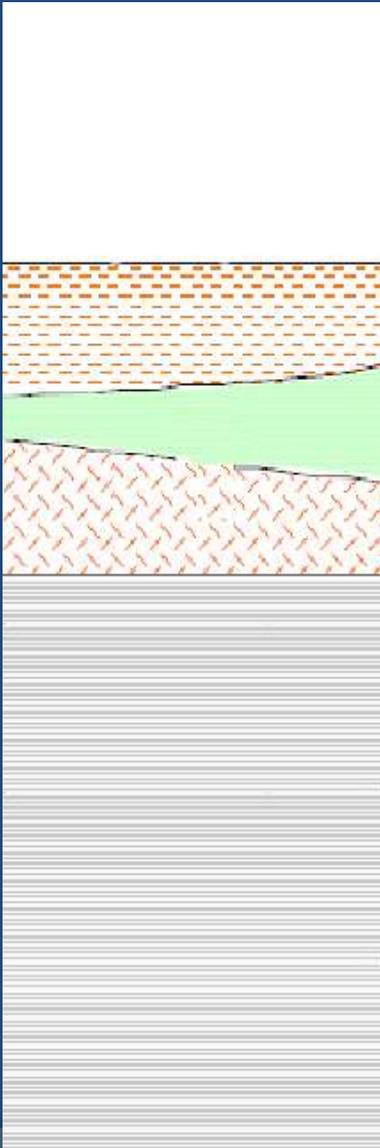


Substrato: definizioni





Che cosa si intende per *substrato geologico*?



Nell'appennino: *roccia competente generalmente calcareo dolomitica o flyshoide di età meso - cenozoica*



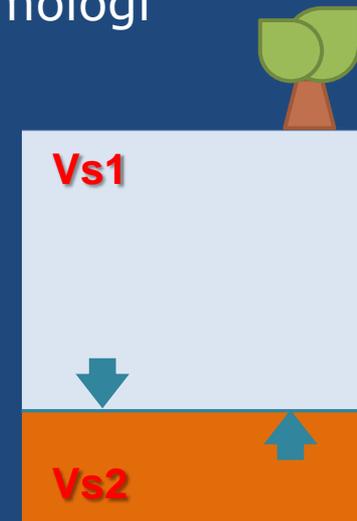
Che cosa si intende per *substrato*

Per NTC08

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 $c_{v,30} > 250$ 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 $70 < c_{v,30} < 250$ 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 $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento</i> (con $V_s > 800$ m/s).

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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 3m

Per i sismologi

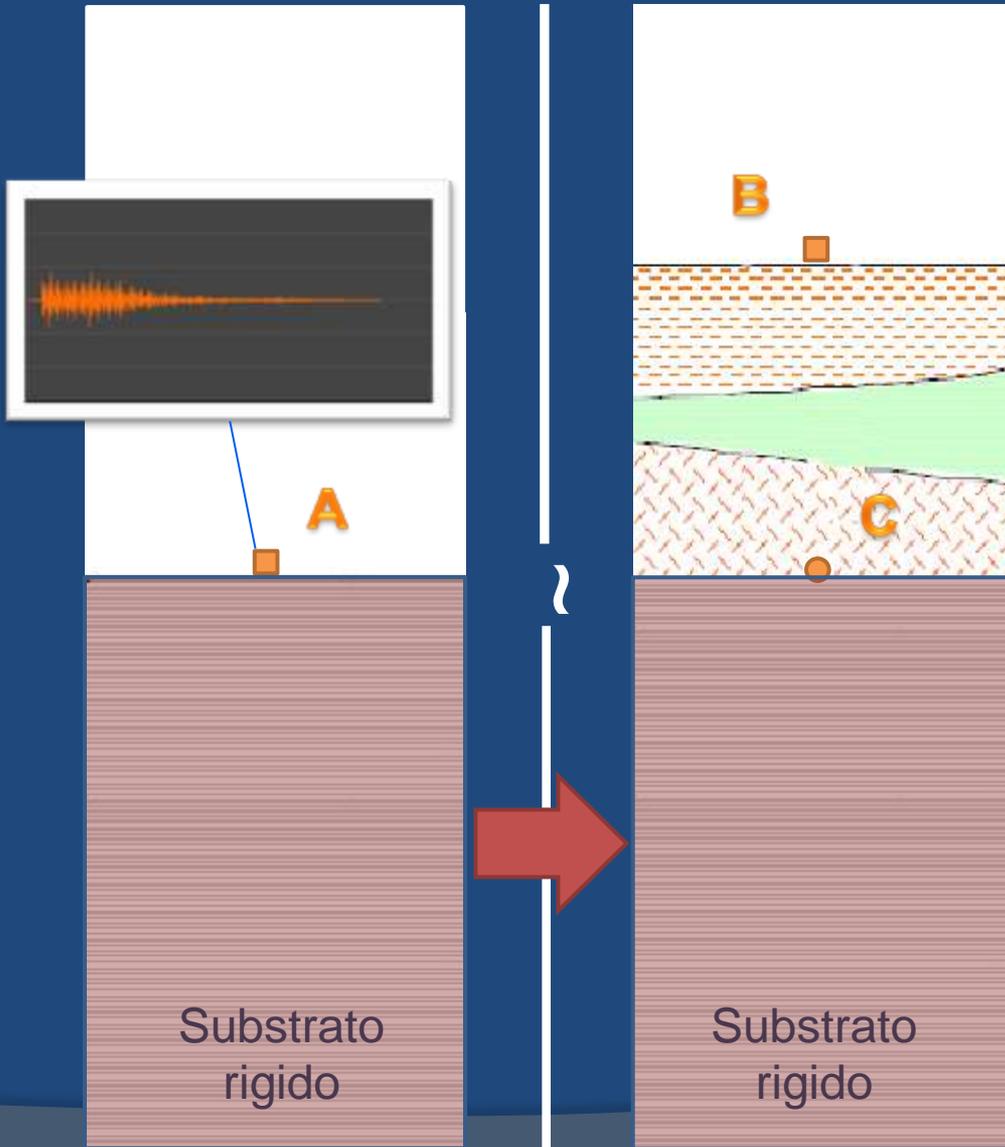


Profondità alla quale si individua un *significativo contrasto di impedenza* (*)

$$(*) = \frac{Vs_1 \cdot \rho_1}{Vs_2 \cdot \rho_2}$$

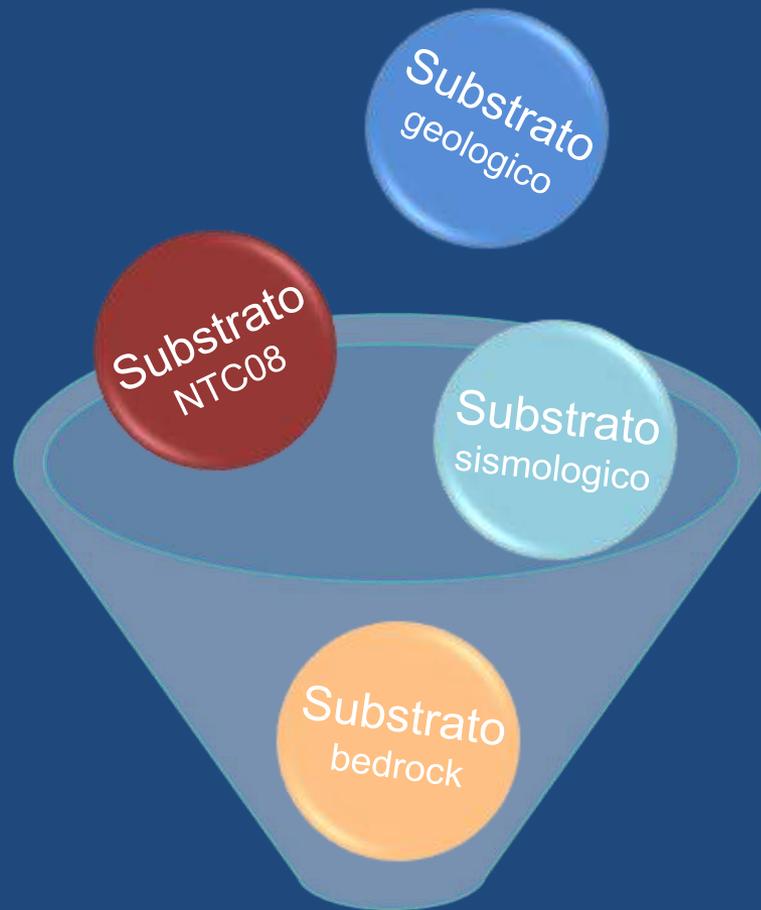


Che cosa si intende per substrato per le simulazioni?

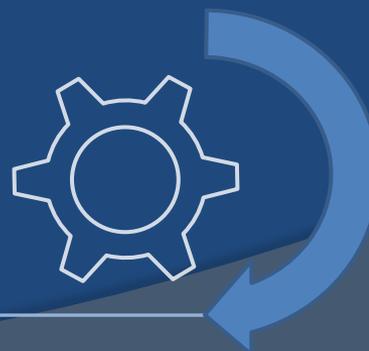


Roccia avente rigidezza (V_s) uguale a quella su cui è stato definito il moto sismico di riferimento

 **Abilità richiesta
al geologo**



Substrato rigido

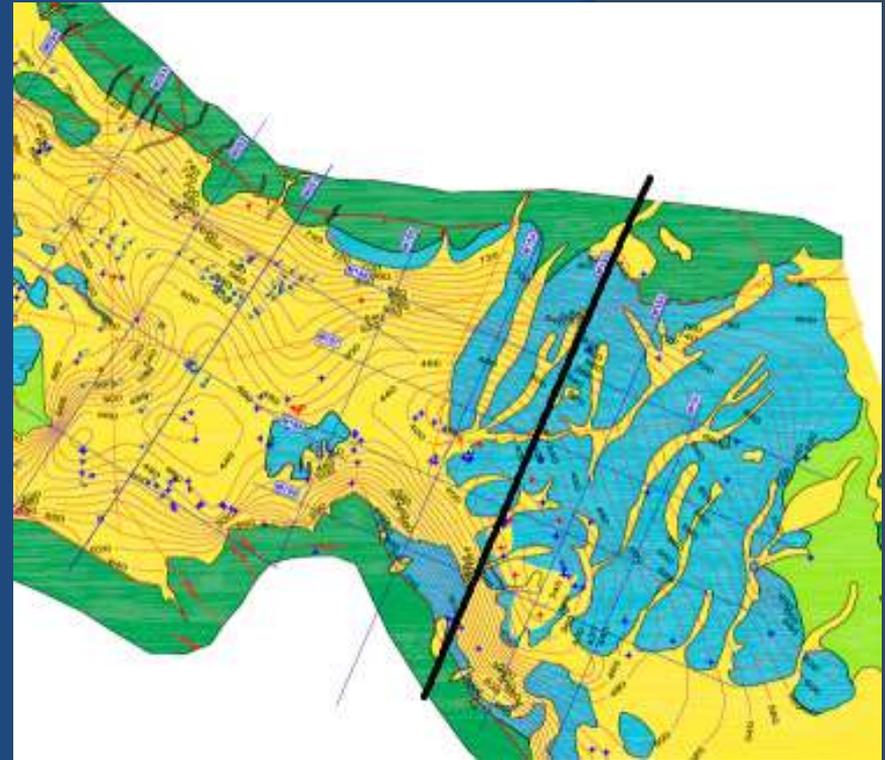


 Fino a quale profondità è necessario investigare per individuare il substrato rigido?

Un caso emblematico:
L'Aquila

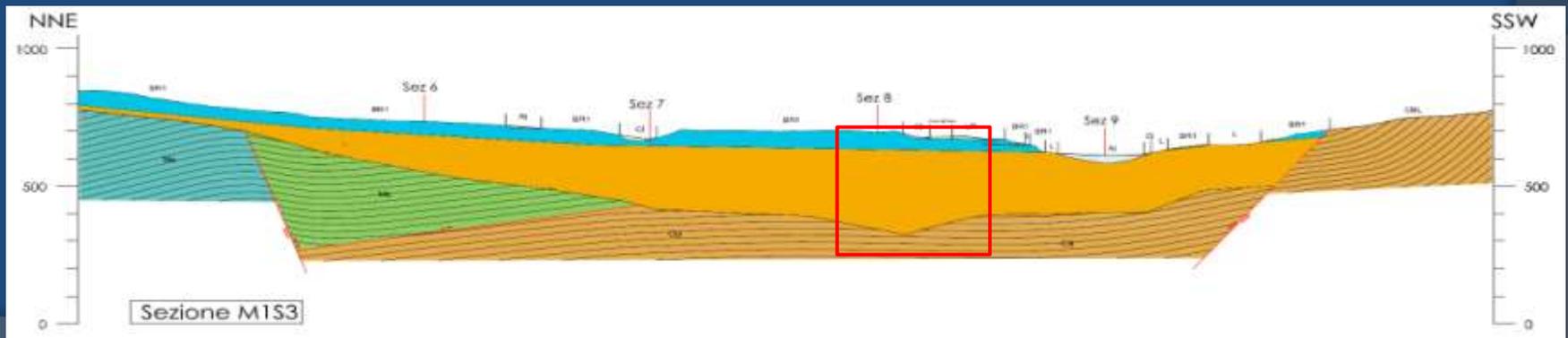
150-200m/s
800-900m/s

-  Depositi eluvio – colluviali (5-10m)
-  Breccie dell'Aquila (50-70m)
-  Depositi lacustri antichi (150-200m)
-  Unità calcarea

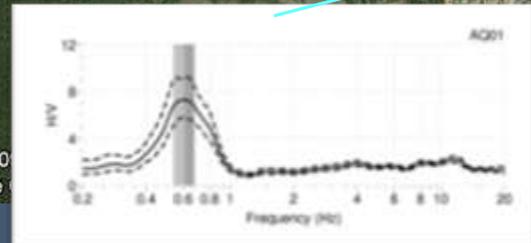
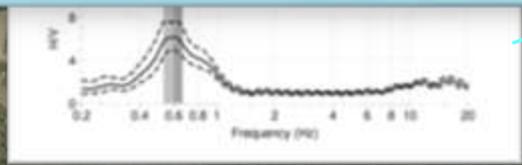
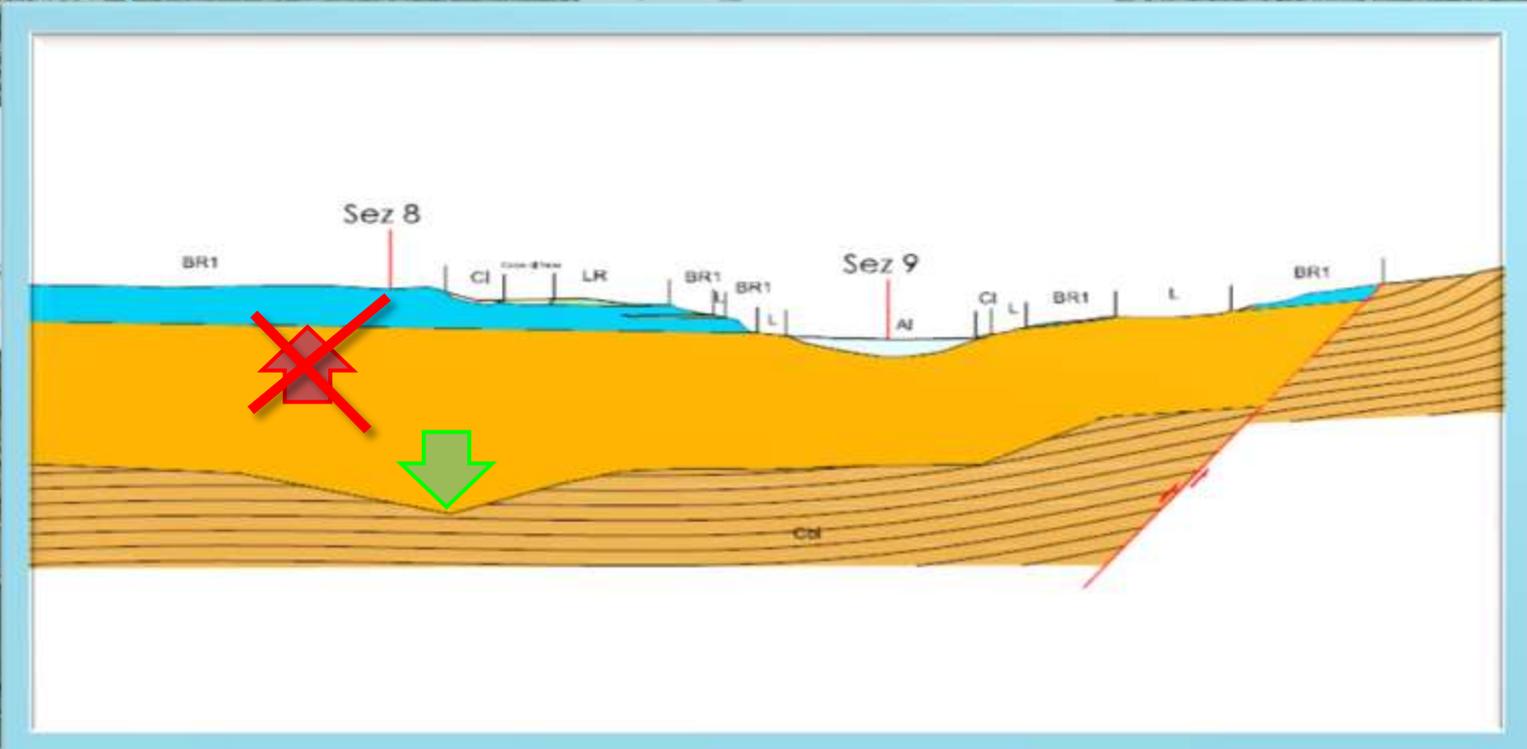
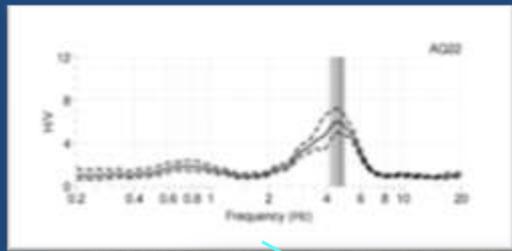


GDL Macroarea1, 2009

$V_{s30}=800-850\text{m/s}$  suolo tipo "A" NTC08



Misure di noise macroarea 1



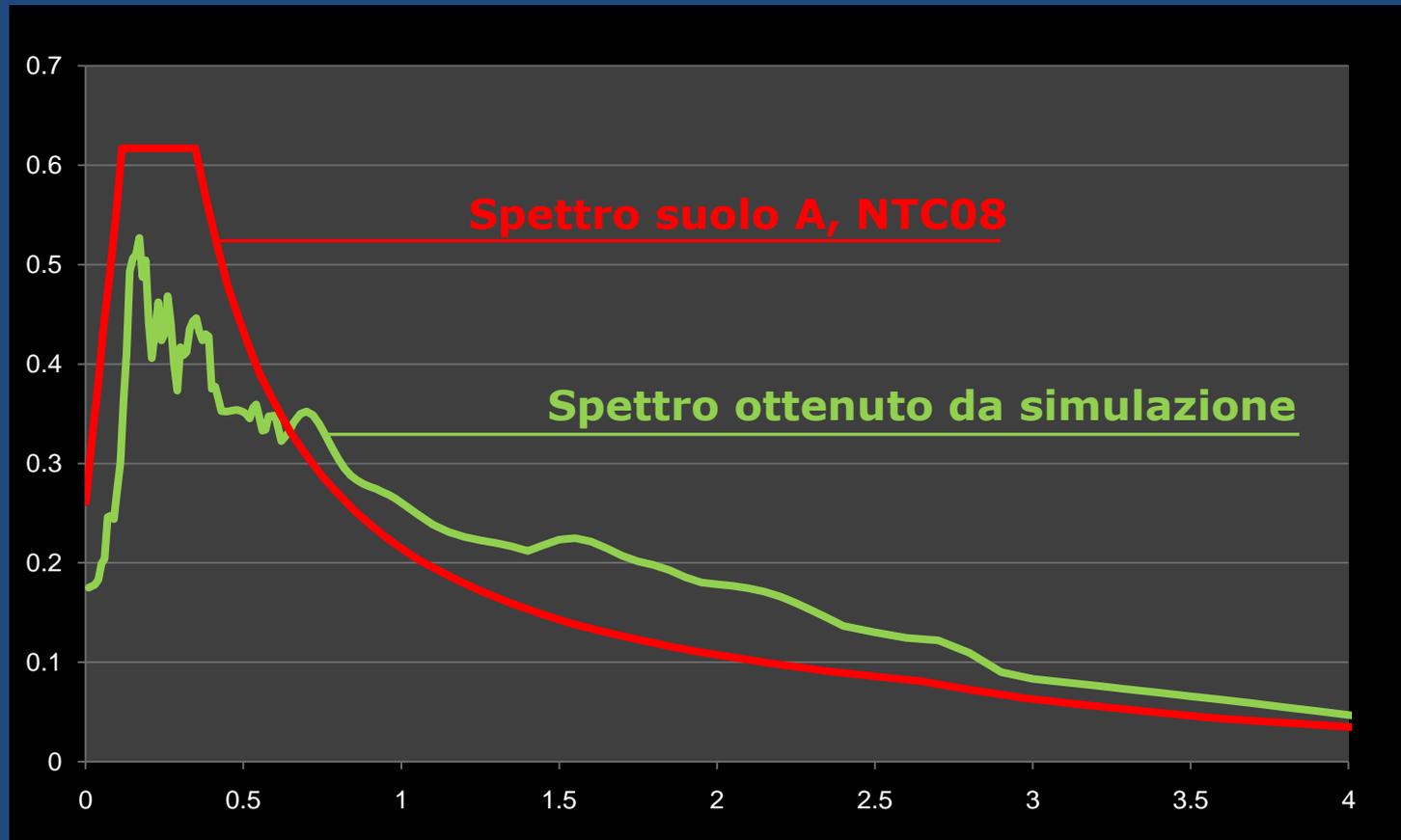
1263 m

© 200
Image

© 200
Google

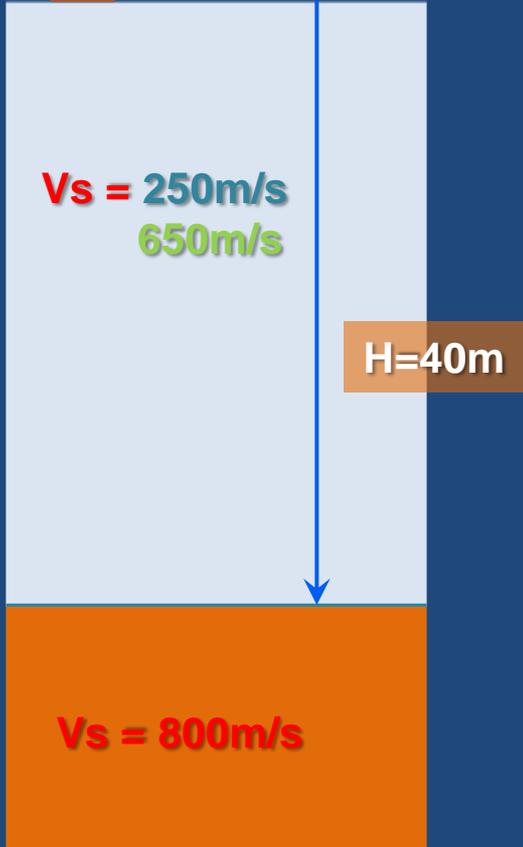


Confronto tra spettro norma suolo A, AQ e spettro simulazione



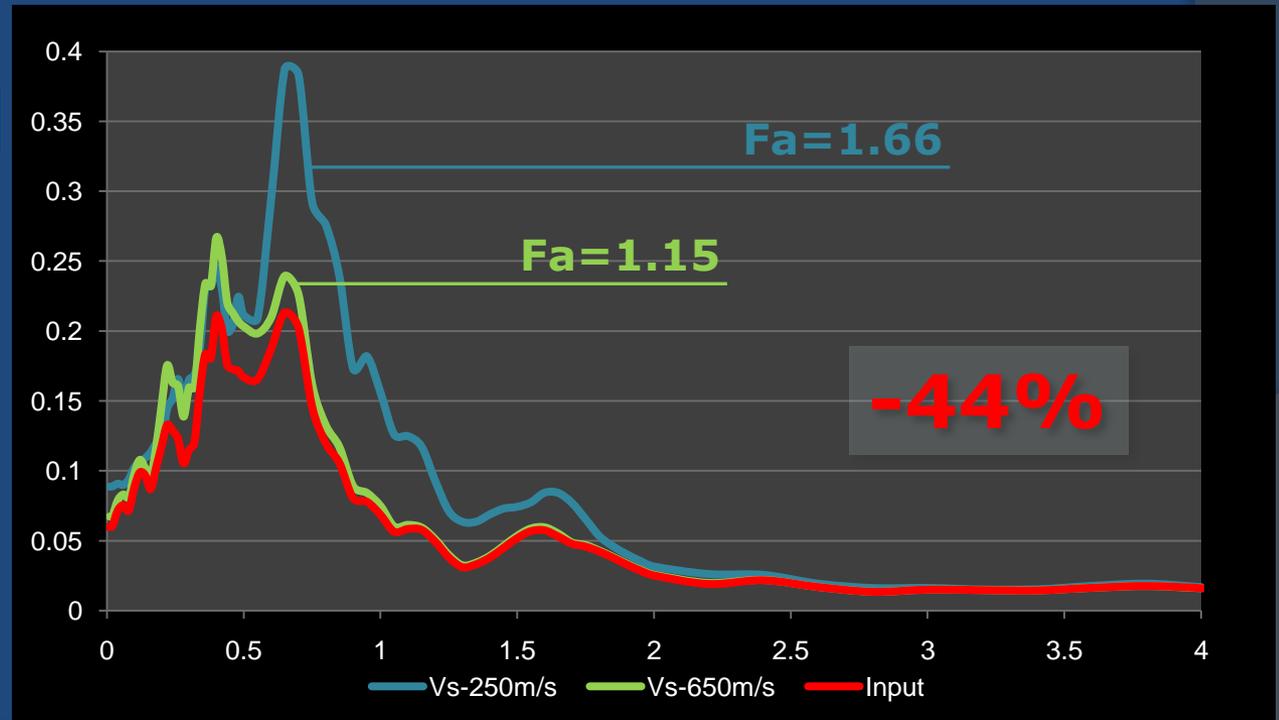


Importanza del profilo di velocità V_s

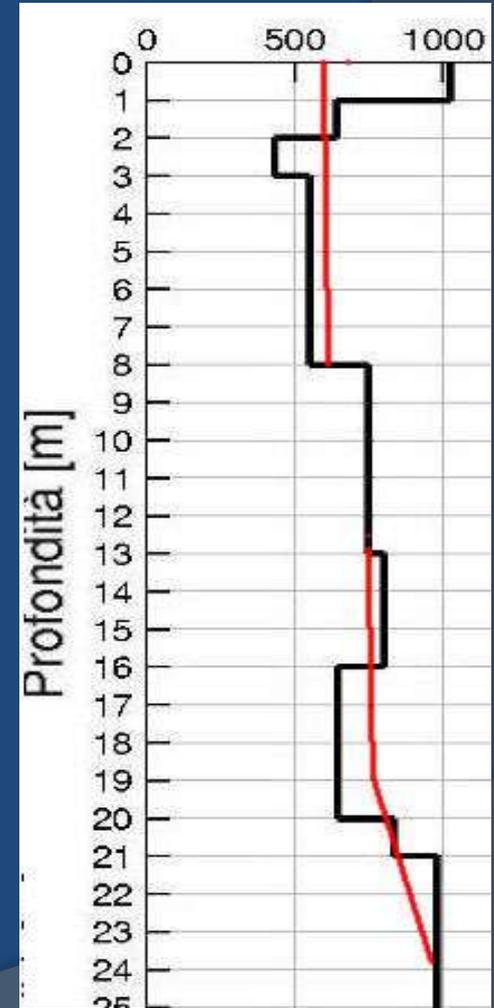
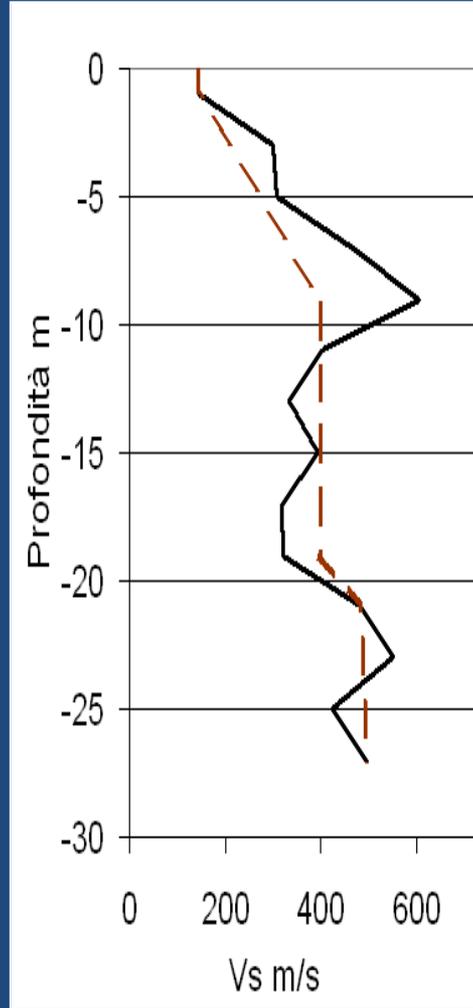


Costanti:
Profondità substrato rigido
 V_s substrato rigido
curve di degrado
input

Variabile:
 V_s coperture

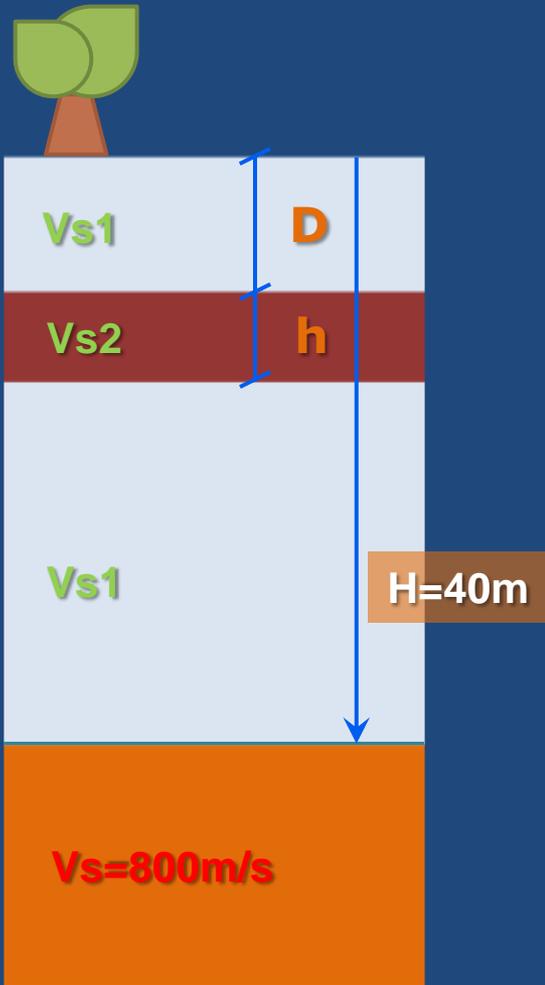


Esempi reali di profili di velocità Vs

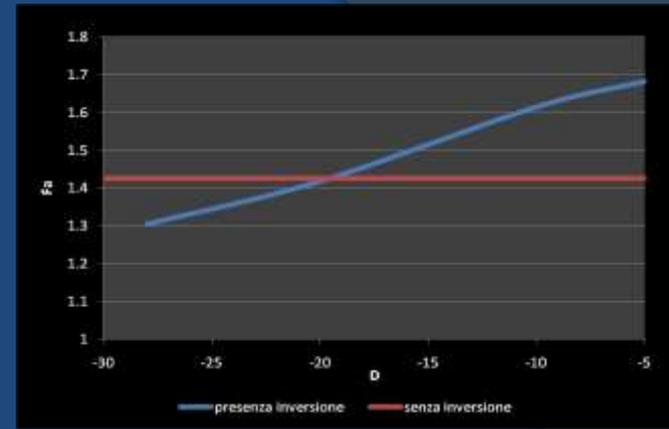




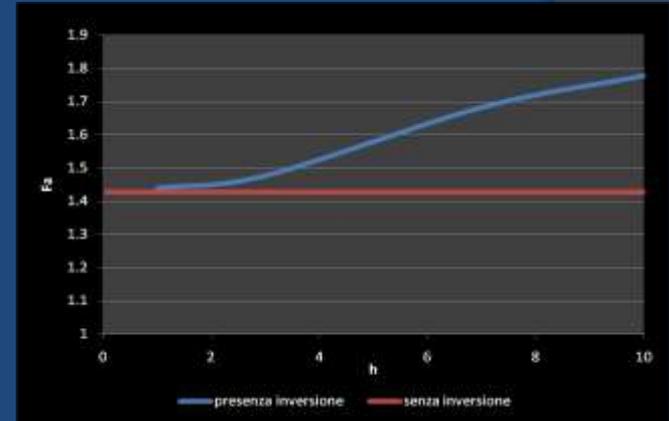
Inversioni di velocità



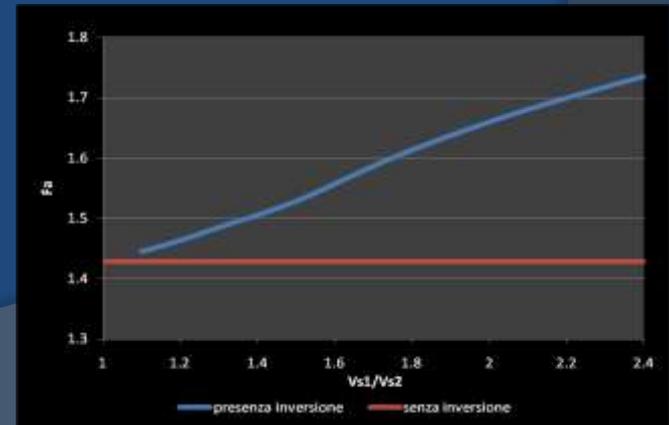
Caso A
 varia la profondità (D)
 $D=5-28$ m, $h=7$ m, $Vs1/Vs2=1.8$



Caso B
 varia lo spessore (h)
 $D=5$ m, $h=1-10$ m,
 $Vs1/Vs2=1.8$

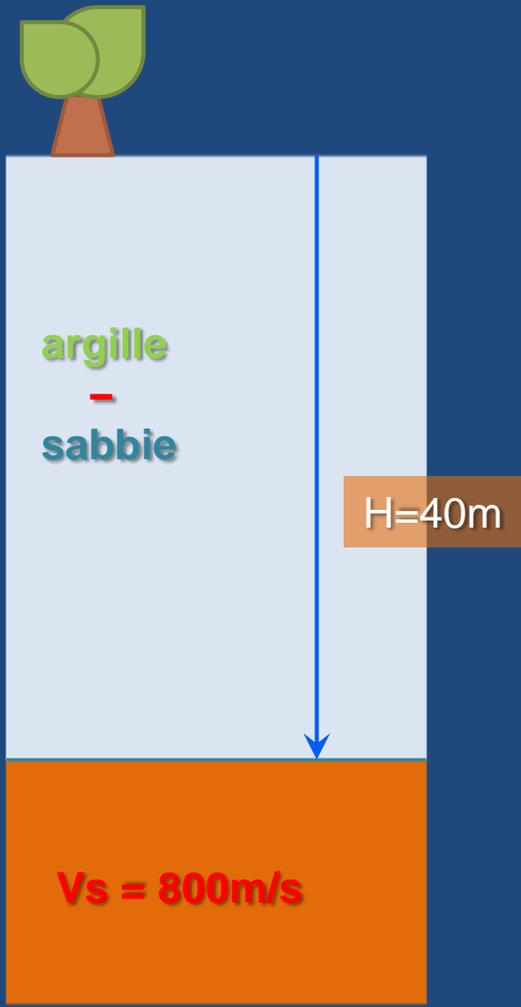


Caso C
 varia il contrasto di impedenza
 $D=10$ m, $h=7$ m, $Vs1/Vs2=1.1-2.2$



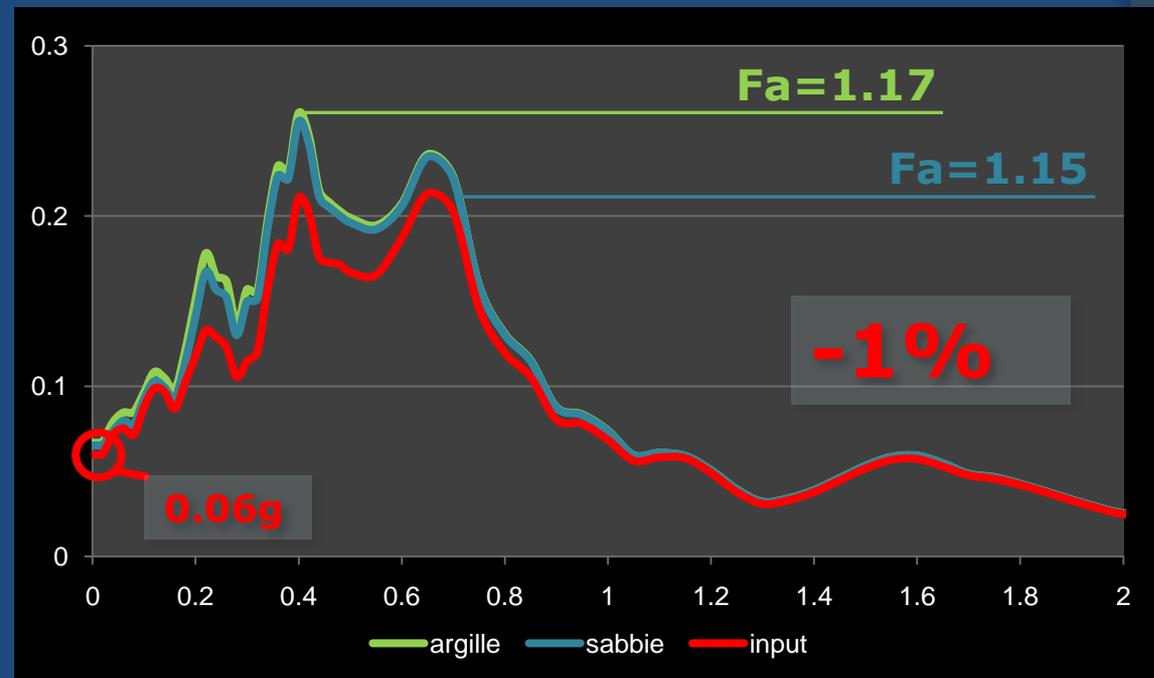


Importanza della scelta delle curve di decadimento



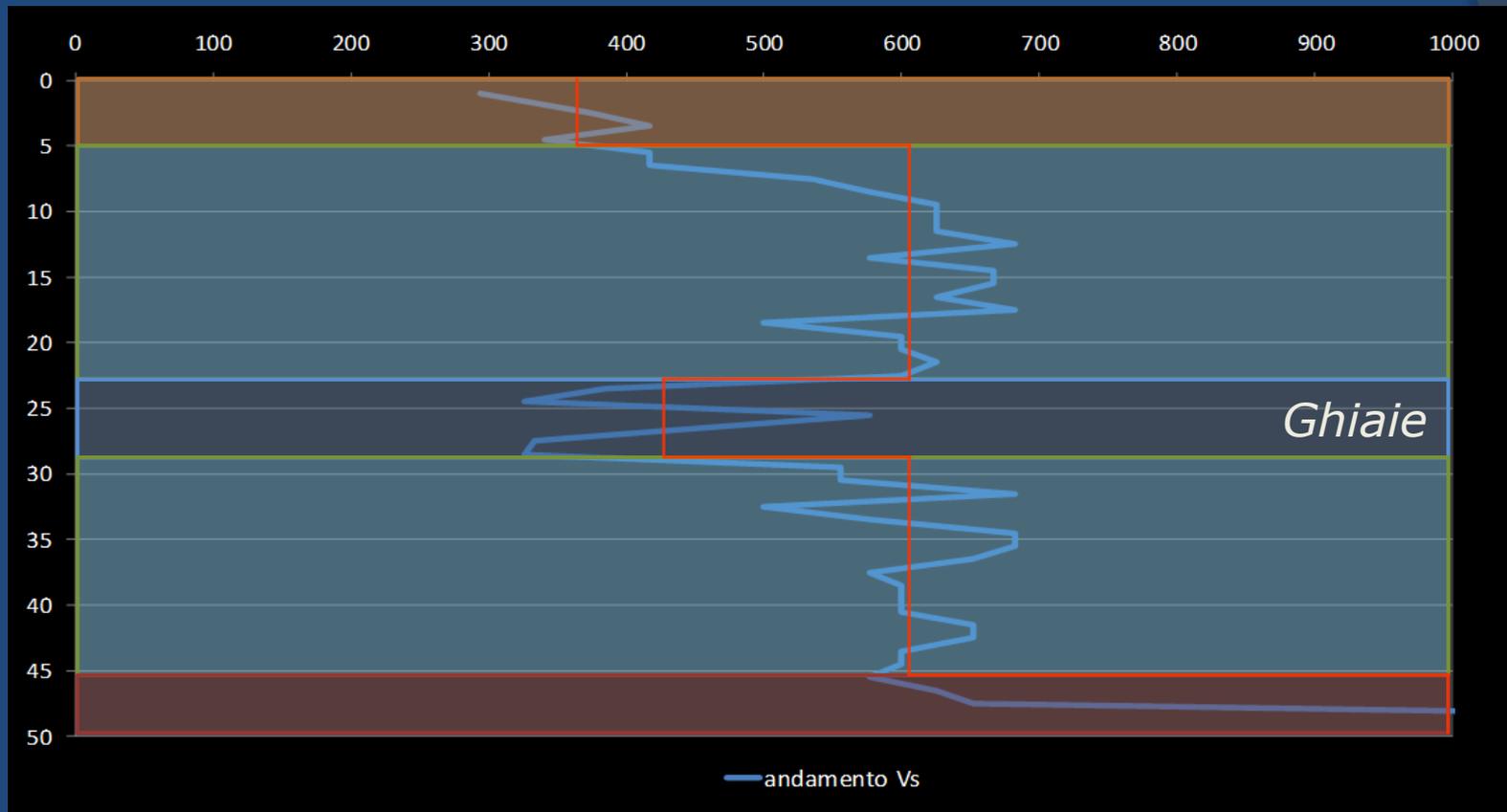
Costanti:
Profondità substrato rigido
Vs substrato rigido
Vs coperture
Input 1 e 2

Variabile:
Curve di decadimento

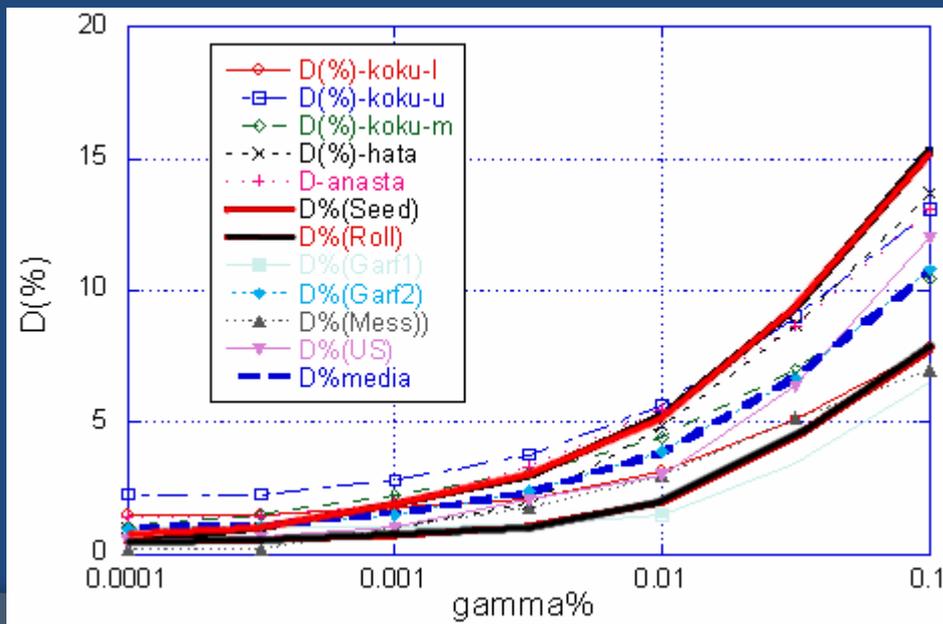
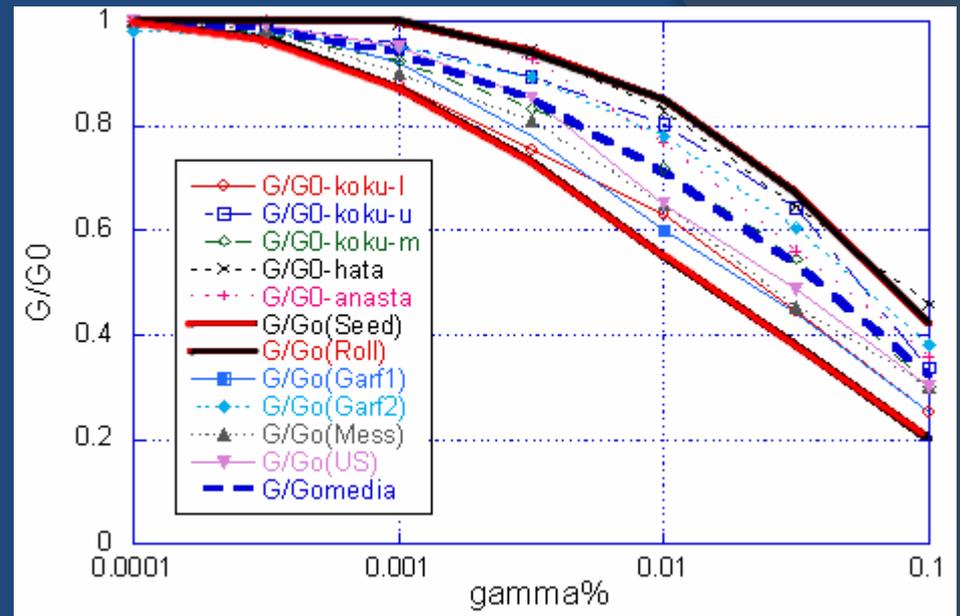


La scelta delle curve di degrado è tanto più importante quanto maggiore è l'intensità del terremoto

Un esempio a L'Aquila: profilo di Vs nel sito di Centro Valle



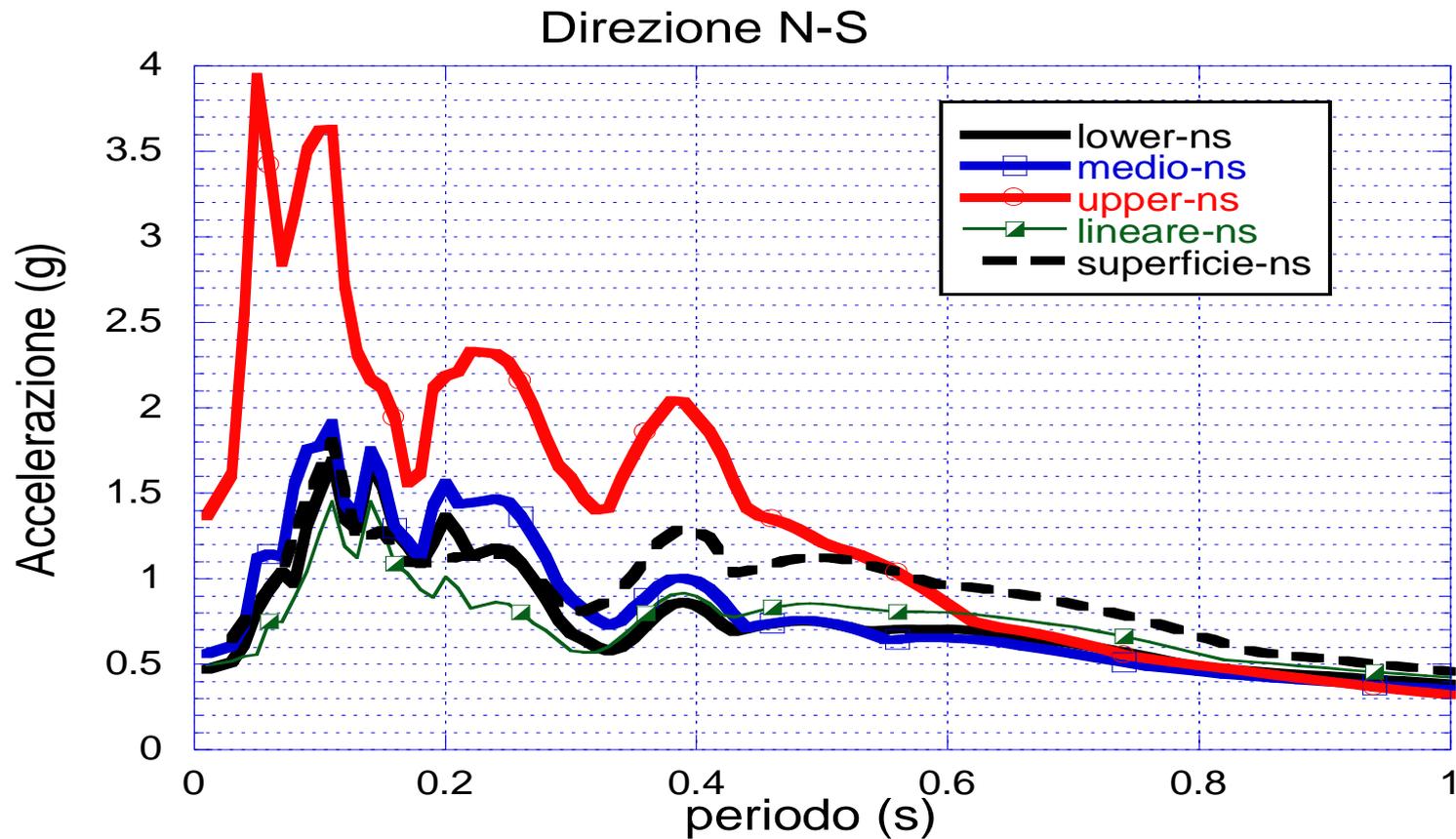
Curve di decadimento *ghiaie*



- *Seed, upper bound*
- *Rollins, lower bound*
- *Average*



Moto al bedrock ottenuto mediante deconvoluzione del moto registrato in superficie





Importanza dei parametri geotecnici nell'analisi

Nei rapporti geotecnici vengono in genere restituiti numerosi parametri

Granulometria → scelta della curva di degrado per terreni granulari (sabbie, ghiaie)

Livello falda → importante per la valutazione dell' aumento della pressione interstiziale che porta a liquefazione in terreni granulari, ma non è significativa per simulazioni finalizzate al calcolo di un F_a

Densità materiali → entra nella simulazione numerica per l'estrapolazione del valore di G tramite la formula $V_s = \sqrt{G/\rho}$. Il valore compreso tra 1,7 e 2,2. Pesa poco nella simulazione