

1. C:\Survey\9945\SanCassiano\DH1994\DH53\PROCCDATA\K0201\_92T / traces: 70 / samples: 8064

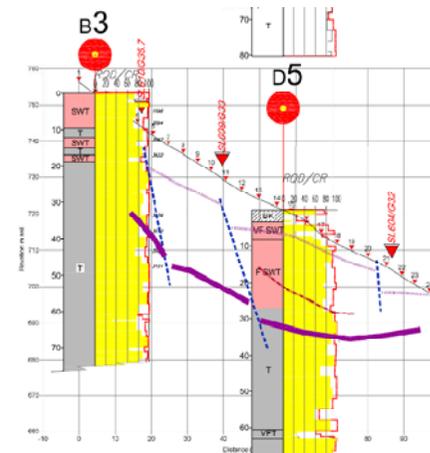
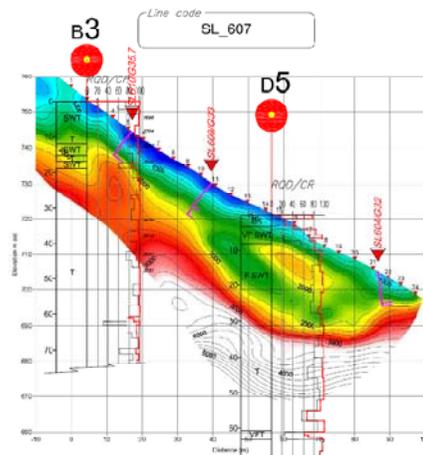


# METODI GEOFISICI PER LA DEFINIZIONE DI PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Dr Geol. GIANFRANCO CENSINI

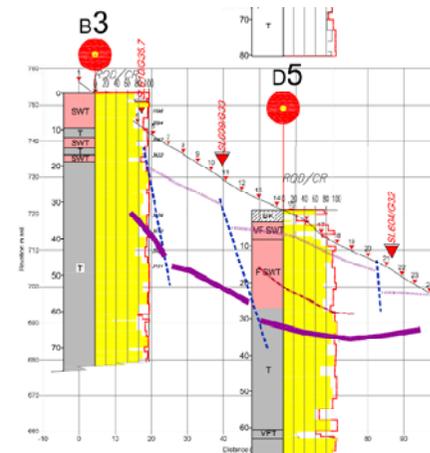
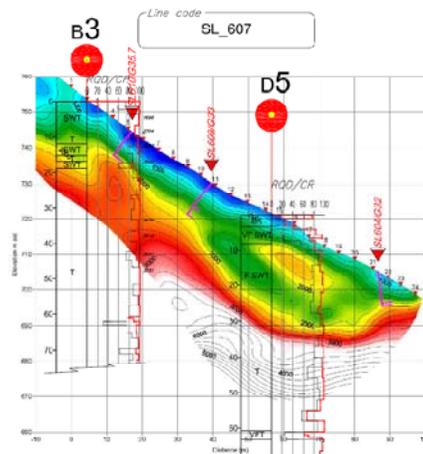
## GENERALITA'

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione mediante le metodologie geofisiche rappresenta una opportunità di notevole importanza in tutte quelle condizioni in cui sia necessario, oltre alla definizione di aspetti puntuali o sulla verticale di determinate postazioni, anche una “caratterizzazione di volume”, oppure per una efficace correlazione delle informazioni puntuali e la loro estrapolazione nelle zone intermedie.

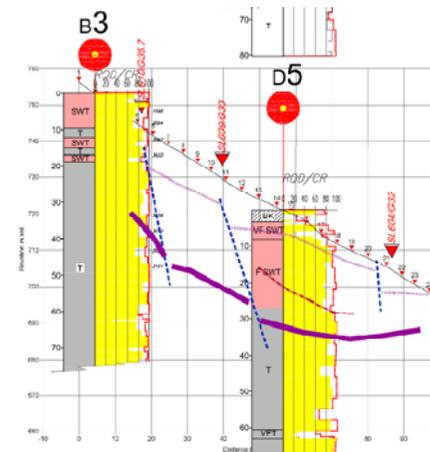
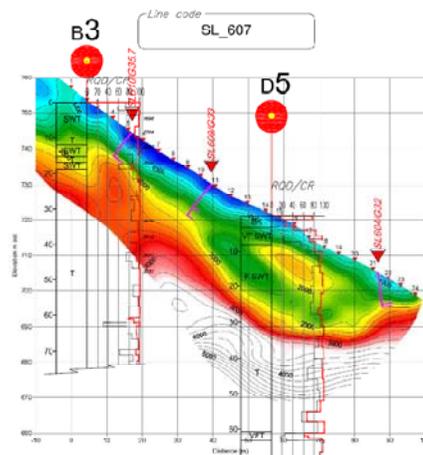


I metodi sismici a rifrazione, riflessione o con analisi di microtremori, tuttavia, sono da considerarsi di sicura utilità nella definizione dei modelli stratigrafici, soprattutto in termini geometrici, ma in termini di **caratteristiche specifiche**, o **proprietà**, si ritengono meno affidabili poiché i valori di velocità che si ottengono sono, molto spesso, influenzati dalle scelte interpretative dell'operatore e/o dalle procedure ed impostazioni di elaborazione dei dati.

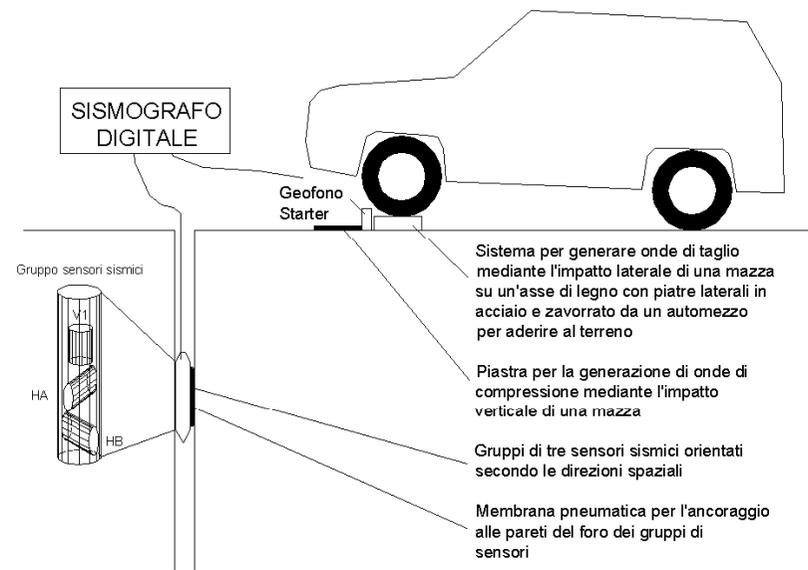
Quindi è possibile che vi sia una certa "soggettività" nei risultati.



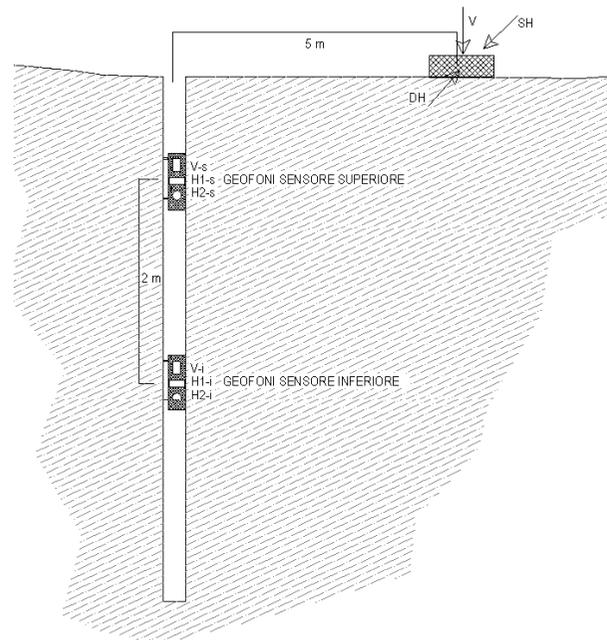
Inoltre, sebbene le moderne tecniche di elaborazione tomografica permettano di mettere in evidenza anche situazioni di strati a velocità più bassa intercalati a strati più veloci, questo può essere utile nella definizione di un modello stratigrafico, ma i valori che si possono ottenere estrapolando la successione stratigrafica dalle tomografie sono da considerare assolutamente indicativi. Per una parametrizzazione geotecnica della successione stratigrafica sono, quindi, preferibili i metodi di interpretazione convenzionali (intercette o GRM), comunque laddove si abbiano idee chiare sulla situazione stratigrafica



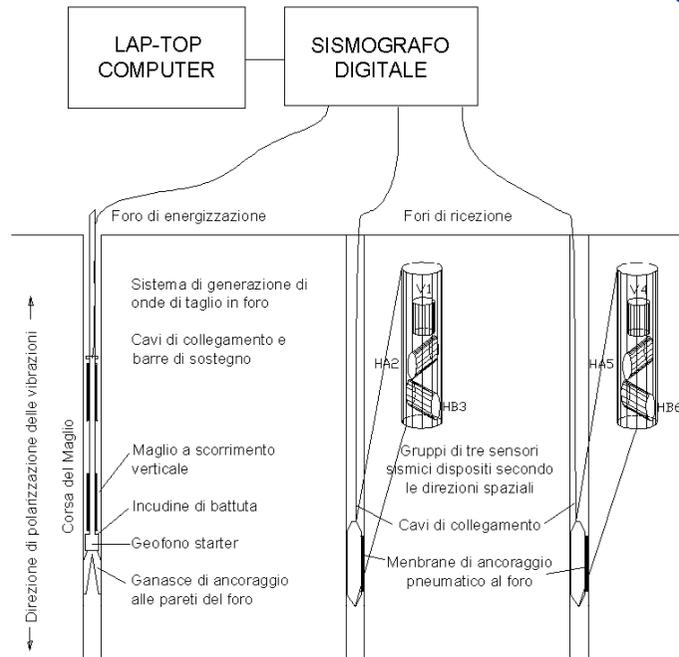
I metodi geofisici che, invece, si possono ritenere idonei a fornire informazioni geotecniche sono, quasi esclusivamente, i metodi sismici e ad onde dirette:  
es.: il metodo Down-Hole a geofono singolo



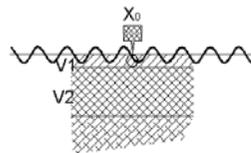
I metodi geofisici che, invece, si possono ritenere idonei a fornire informazioni geotecniche sono, quasi esclusivamente, i metodi sismici e ad onde dirette:  
es.: il metodo Down-Hole a doppio geofono.



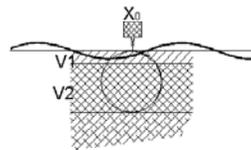
I metodi geofisici che, invece, si possono ritenere idonei a fornire informazioni geotecniche sono, quasi esclusivamente, i metodi sismici e ad onde dirette:  
es.: il metodo Cross-Hole a 2 o 3 fori di sondaggio



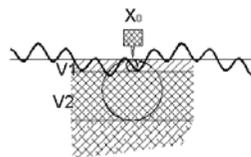
I metodi geofisici che, invece, si possono ritenere idonei a fornire informazioni geotecniche sono, quasi esclusivamente, i metodi sismici ad onde dirette: oppure i metodi di analisi delle onde superficiali (SASW)



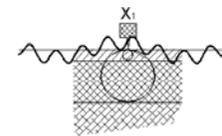
Onda che si propaga nello strato superficiale con velocità  $V_1$ :  
Frequenza  $F_1$   
Lunghezza d'onda  $\lambda_1 = V_1/F_1$   
Profondità di indagine =  $0.5 \times \lambda_1$



Onda che si propaga nello strato profondo con velocità  $V_2$ :  
Frequenza  $F_2 = F_1/5$   
Lunghezza d'onda  $\lambda_2 = V_2/F_2$   
Profondità di indagine =  $0.5 \times \lambda_2$



Onda effettivamente registrata dal sensore posto nella posizione  $X_0$  e risultante dalla somma delle precedenti, ma ognuna si propaga con la velocità dello strato che interessa maggiormente.



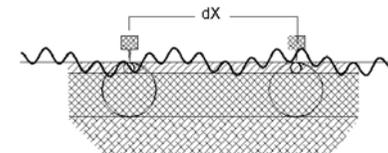
Un sensore posto ad una distanza diversa ( $X_1$ ) registrerà ancora la somma delle due componenti ma saranno diverse le rispettive fasi.

La differenza di fase ( $\Phi$ ), per ciascuna componente, tra il sensore in  $X_0$  e quello in posizione  $X_1$  ( $dX$ ) sarà pari a :  $V_1 = dX / t(F_1)$  dove  $t(F_1)$  è lo spostamento di tempo corrispondente alla variazione di fase, cioè:

$$t(F_1) = \Phi(F_1) / (360^\circ / F_1) \text{ pertanto,}$$

$$\Phi(F_1) = t(F_1) * (360 / F_1), \text{ quindi la seguente equazione}$$

$$\Phi(F_1) = (dX / V_1) * (360 / F_1) \text{ dimostra che la differenza di fase per una data frequenza rilevata a due punti distanti } dX \text{ dipende dalla rispettiva Velocità}$$



Prima di entrare nel merito dei metodi e delle possibilità di impiego di questi, anche in funzione delle normative vigenti, sarebbe opportuno trattare dei principi fisici che regolano la propagazione delle onde elastiche nei solidi, quali sono i suoli di fondazione. Una trattazione completa, tuttavia, richiederebbe molto tempo ed anche maggiori competenze specifiche.

Per gli scopi di questo corso si ritiene che l'argomento possa essere trattato sommariamente, sostanzialmente in linea con un testo che si può indicare come una valida traccia sull'argomento "geofisica applicata all'ingegneria", cioè:

**GEOPHYSICAL EXPLORATION FOR ENGINEERING  
AND ENVIRONMENTAL INVESTIGATIONS**

Ref. EM 1110-1-1802

**DEPARTMENT OF THE ARMY  
U.S. Army Corps of Engineers**

A questo utile manuale conviene far riferimento per alcune definizioni che, sebbene in inglese, sono particolarmente chiare e concise come ad esempio la definizione di “*onde sismiche*”:

*a. Seismic waves.* Any mechanical vibration sensed by personal perception is initiated from a source and travels to the location where the vibration is noted. The vibration is merely a change in the stress state due to some input disturbance. The vibration emanates in all directions that support displacement. The vibration readily passes from one medium to another, and from solids to liquids or gasses and in reverse. A vacuum cannot support mechanical vibratory waves, while electromagnetic waves transit through a vacuum. The direction of travel is called the ray, ray vector, or raypath. A source produces motion in all directions and the locus of first disturbances will form a spherical shell or wave front in a uniform material. There are two major classes of seismic waves: body waves, which pass through the volume of a material; and, surface waves, that exist only near a boundary.

..... così come la definizione di *“onde di compressione o onde P”*:

(a) The fastest traveling of all seismic waves is the compressional or pressure or primary wave (P-wave). The particle motion of P-waves is extension (dilation) and compression along the propagating direction. P-waves travel through all media that support seismic waves; air waves or noise in gasses, including the atmosphere, are P-waves. Compressional waves in fluids, e.g. water and air, are commonly referred to as acoustic waves.

..... o la definizione di *“onde di taglio o onde S”*:

(b) The second wave type to reach a point through a body is the secondary or transverse or shear wave (S-wave). S-waves travel slightly slower than P-waves in solids. S-waves have particle motion perpendicular to the propagating direction, like the obvious movement of a rope as a displacement speeds along its length. These transverse waves can only transit material that has shear strength. S-waves do not exist in liquids and gasses, as these media have no shear strength.

..... E la distinzione tra differenti tipi di onde di taglio:

(c) S-waves may be produced by a traction source or by conversion of P-waves at boundaries. The dominant particle displacement is vertical for SV-waves traveling in a horizontal plane. Particle displacements are horizontal for SH-waves traveling in the vertical plane. SH-waves are often generated for S-wave refraction evaluations of engineering sites.

..... Fino alla determinazione dei Moduli dinamici del terreno, cioè calcolati in stato di assenza di deformazione del campione, grazie alla conoscenza della velocità di propagazione delle onde di compressione e di taglio:

$$\nu = [(V_p/V_s)^2 - 2] / \{2[(V_p/V_s)^2 - 1]\}$$

$$E = p_b V_p^2 (1 - 2\nu)(1 + \nu) / (1 - \nu)$$

$$G = E / [2(1 + \nu)]$$

$$p_b = G / V_s^2$$

..... Ed anche la definizione dei concetti di base per la comprensione delle modalità di propagazione delle onde di superficie:

(b) Surface waves are produced by surface impacts, explosions and wave form changes at boundaries. Love and Rayleigh waves are also portions of the surface wave train in earthquakes. These surface waves may carry greater energy content than body waves. These wave types arrive last, following the body waves, but can produce larger horizontal displacements in surface structures. Therefore surface waves may cause more damage from earthquake vibrations.

Si intende rimandare al suddetto manuale anche per la descrizione degli schemi operativi per i metodi a rifrazione

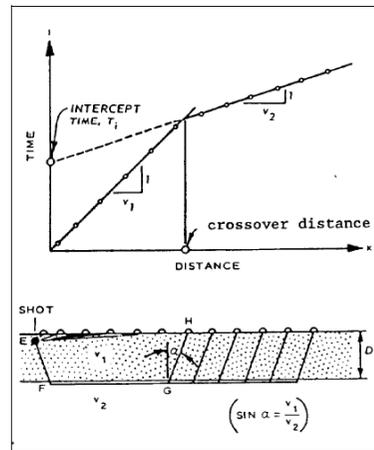
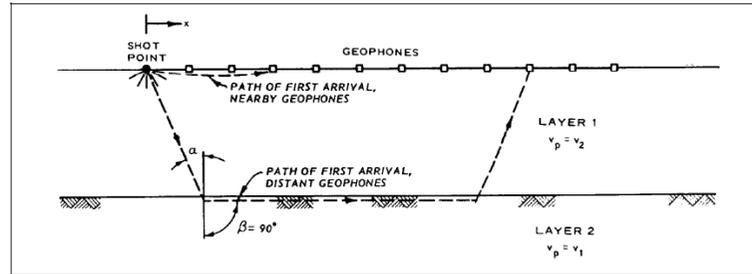


Figure 3-3. Simple two-layer case with plane, parallel boundaries, and corresponding time-distance curve (Redpath 1973)

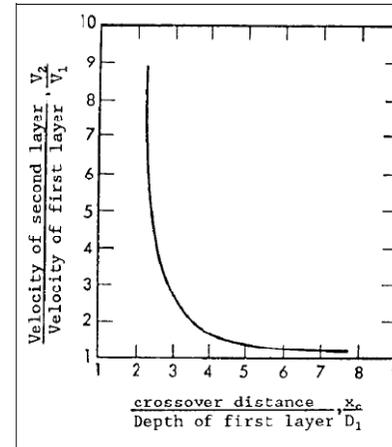


Figure 3-4. Plot of ratio of crossover distance to depth of first layer as a function of velocity contrast (Redpath 1973)

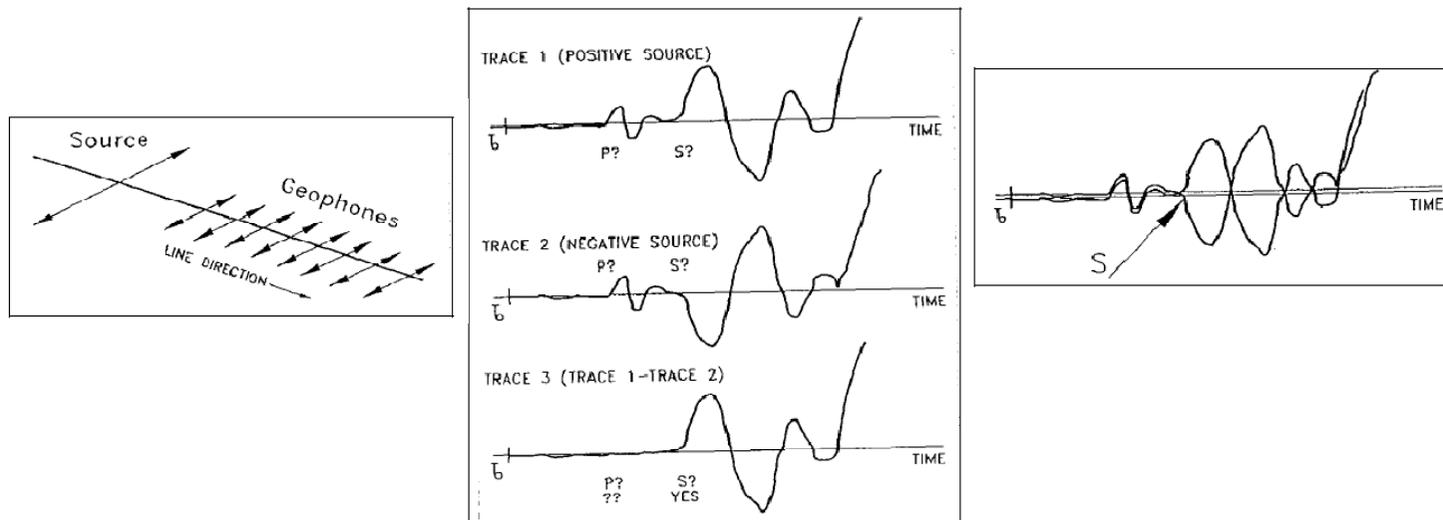
Se lo schema operativo del dispositivo di acquisizione dati non differisce tra l'uso delle onde P e l'uso delle onde S, particolarmente differenti sono le modalità di energizzazione e di trattamento dei dati, infatti lo schema indicato nelle Norme Tecniche emanate dalla regione Toscana prevede la generazione di onde SH mediante l'impatto di un pendolo ai lati di un asse appoggiato al terreno, disposto trasversalmente alla direzione del profilo, e la sommatoria, previa inversione della polarità dei geofoni, dei segnali generati ai due lati dell'asse.

A sinistra sistema per la generazione di onde P, a destra per onde SH



Se lo schema operativo del dispositivo di acquisizione dati non differisce tra l'uso delle onde P e l'uso delle onde S, particolarmente differenti sono le modalità di energizzazione e di trattamento dei dati, infatti lo schema indicato nelle Norme Tecniche emanate dalla regione Toscana prevede la generazione di onde SH mediante l'impatto di un pendolo ai lati di un asse appoggiato al terreno, disposto trasversalmente alla direzione del profilo, e la sommatoria, previa inversione della polarità dei geofoni, dei segnali generati ai due lati dell'asse.

A sinistra si può vedere lo schema di propagazione delle onde SH, al centro i vari sismogrammi ed a destra la rappresentazione grafica della sommatoria



ed anche per la descrizione degli schemi operativi per i metodi a riflessione

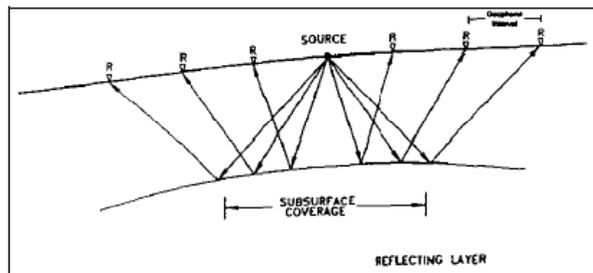


Figure 3-29. Multi-channel recordings for seismic reflection

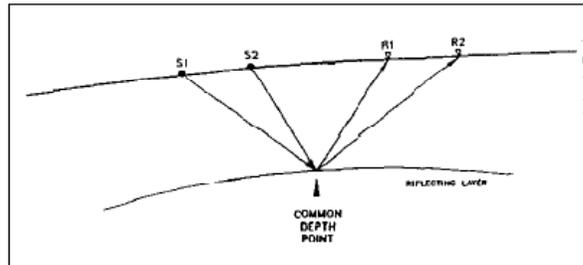


Figure 3-30. Illustration of common-depth point recording

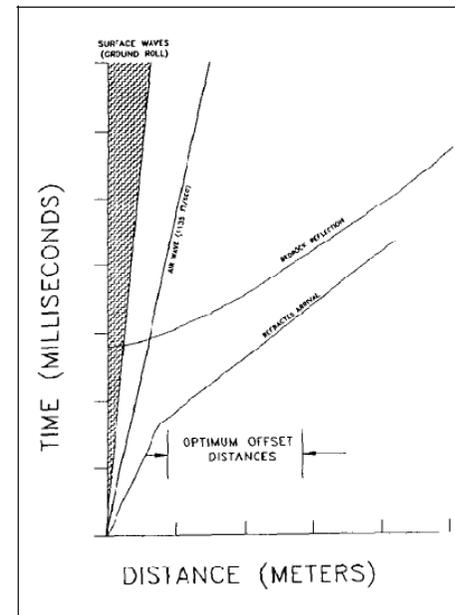
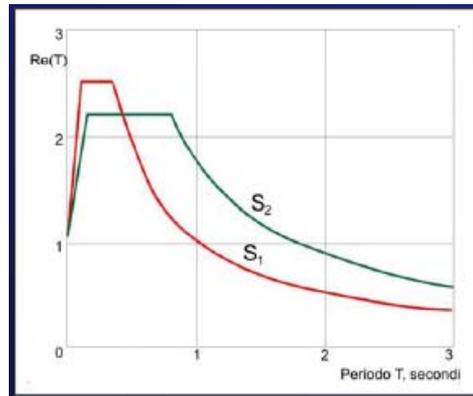


Figure 3-32. Optimum offset distance determination for the common-offset method

L'utilizzo di questi metodi di caratterizzazione geotecnica ha avuto un notevole incremento negli ultimi anni in quanto, soprattutto nella progettazione di opere secondo criteri "antisismici", viene valutata la risposta delle opere in progetto alle sollecitazioni sismiche in funzione dello "spettro di risposta del terreno", cioè in funzione di quelle che sono attese essere le frequenze (o i periodi:  $T = 1/f$ ) dominanti del "segnale sismico".

Gia nel 1984 il GNDT/CNR aveva proposto adottare differenti spettri di risposta elastica in funzione del tipo di del suolo di fondazione



Tipi di suolo	Velocità onde S
S1 Roccia lapidea, con eventuale strato superficiale di alterazione o copertura di spessore massimo 5 m circa.	$V_s > 700$ m/s entro la profondità di interesse per le fondazioni dell'edificio
Depositi di sabbie e ghiaie addensate e/o terreni coesivi compatti, senza substrato a forte contrasto di proprietà meccaniche entro i primi 90 m circa della superficie	(aumento graduale della velocità con la profondità) $250 \text{ m/s} < V_s < 500 \text{ m/s}$ per profondità tra 5 e 30 m $350 \text{ m/s} < V_s < 700 \text{ m/s}$ per profondità maggiori di 50 m
S2 Depositi alluvionali profondi da poco a mediamente addensati	$V_s < 250$ m/s per profondità tra 5 e 30 m $V_s < 350$ m/s per profondità maggiori di 50 m
Depositi di terreni prevalentemente sabbiosi o argillosi, con spessore compreso tra 30 e 90 m, poggiati su un substrato a forte contrasto di proprietà meccaniche	$V_s < 500$ m/s (velocità $V_s$ nel substrato dell'ordine di 1000 m/s o più)

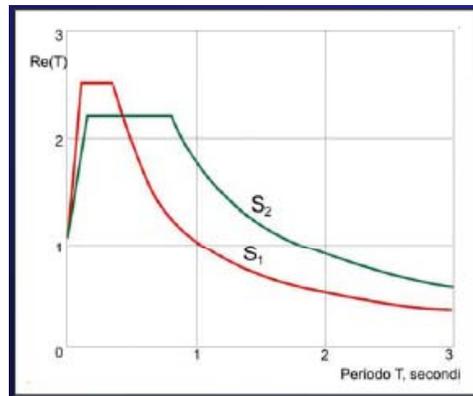
(Estratto da M.Ferrini et alii: LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI DM 14.09.2005 – La geologia ed il geologo – Ordine dei Geologi della Toscana – Firenze 31.03.2006

Reperibile al seguente indirizzo web: [http://www.geologitoscana.it/DocumentazioneOGT/Norme\\_Tecniche/Indice.htm](http://www.geologitoscana.it/DocumentazioneOGT/Norme_Tecniche/Indice.htm)

Come si vede in questo caso che prevede solo due differenti spettri di risposta le velocità sismiche delle onde di taglio ( $V_s$ ) condizionano in maniera significativa lo spettro di risposta:

Fondazioni su roccia affiorante o sub-affiorante danno risposte di massima ampiezza su periodi brevi, cioè elevate frequenze;

Viceversa su terreni alluvionali, eventualmente poggiati su un substrato compatto possono favorire l'amplificazione locale di segnali a frequenza più bassa, (o periodi più lunghi) ed a parità di periodo si ha una amplificazione maggiore.



Tipi di suolo		Velocità onde S
S1	Roccia lapidea, con eventuale strato superficiale di alterazione o copertura di spessore massimo 5 m circa.	$V_s > 700$ m/s entro la profondità di interesse per le fondazioni dell'edificio
	Depositi di sabbie e ghiaie addensate e/o terreni coesivi compatti, senza substrato a forte contrasto di proprietà meccaniche entro i primi 90 m circa della superficie	(aumento graduale della velocità con la profondità) $250 \text{ m/s} < V_s < 500 \text{ m/s}$ per profondità tra 5 e 30 m $350 \text{ m/s} < V_s < 700 \text{ m/s}$ per profondità maggiori di 50 m
S2	Depositi alluvionali profondi da poco a mediamente addensati	$V_s < 250$ m/s per profondità tra 5 e 30 m $V_s < 350$ m/s per profondità maggiori di 50 m
	Depositi di terreni prevalentemente sabbiosi o argillosi, con spessore compreso tra 30 e 90 m, poggiati su un substrato a forte contrasto di proprietà meccaniche	$V_s < 500$ m/s (velocità $V_s$ nel substrato dell'ordine di 1000 m/s o più)

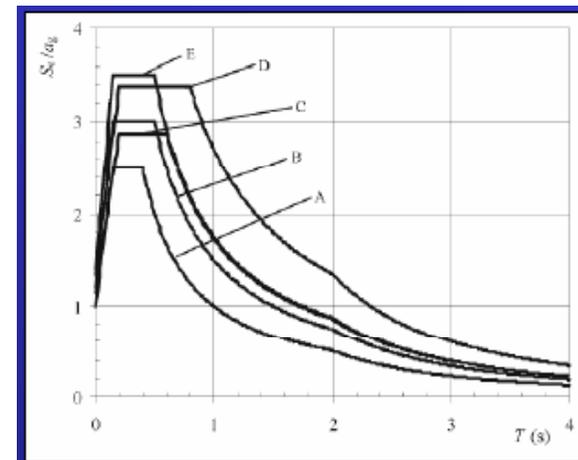
(Estratto da M.Ferrini et alii: LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI DM 14.09.2005 – La geologia ed il geologo – Ordine dei Geologi della Toscana – Firenze 31.03.2006

Più recentemente, a livello europeo (EC8) è stata proposta una più dettagliata distinzione di tipi di suolo e, di conseguenza, differenti risposte sismiche tenendo conto anche della magnitudo del terremoto, superiore o inferiore a 5.5.

Nel primo caso gli spettri e le relative tabelle di amplificazione sono:

GROUND TYPE	S	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,8	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

**Type 1 ( $M > 5.5$ )**



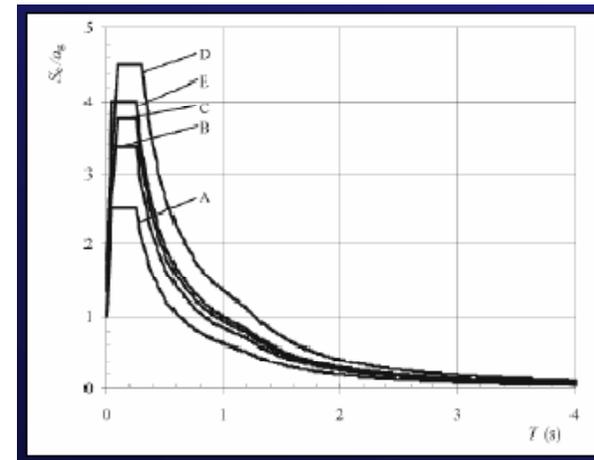
(Estratto da M.Ferrini et alii: LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI DM 14.092005 – La geologia ed il geologo – Ordine dei Geologi della Toscana – Firenze 31.03.2006)

Più recentemente, a livello europeo (EC8) è stata proposta una più dettagliata distinzione di tipi di suolo e, di conseguenza, differenti risposte sismiche tenendo conto anche della magnitudo del terremoto, superiore o inferiore a 5.5.

Nel secondo caso gli spettri e le relative tabelle di amplificazione sono:

GROUND TYPE	S	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)
A	1,0	0,05	0,25	1,2
B	1,35	0,05	0,25	1,2
C	1,5	0,10	0,25	1,2
D	1,8	0,10	0,30	1,2
E	1,8	0,05	0,25	1,2

Type 2 ( $M < 5.5$ )



(Estratto da M.Ferrini et alii: LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI DM 14.092005 – La geologia ed il geologo – Ordine dei Geologi della Toscana – Firenze 31.03.2006

Negli spettri e nelle tabelle dell'EC8, vengono indicati con le lettere A, B, C, D ed E i 5 tipi di suolo di fondazione più frequenti, oltre ad altri due casi (S1 ed S2) per terreni particolarmente sensibili e scarsamente consistenti che raramente possono costituire il terreno di fondazione dato che possono richiedere imponenti lavori di consolidamento preventivo oppure particolare opere di fondazione profonda.

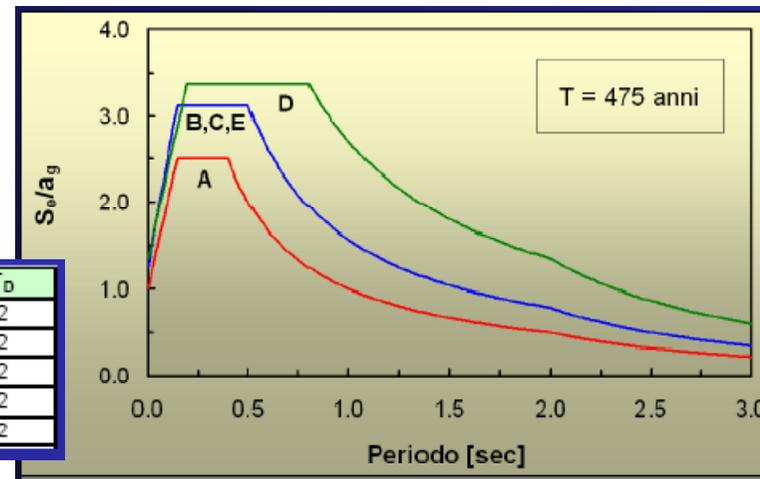
Per tutti, con l'esclusione del tipo S2, viene indicato il valore del parametro  $V_{S30}$  discriminante per l'appartenenza ad un tipo o ad un altro.

Per l'appartenenza al tipo E oltre al valore di  $V_{S30}$  si deve verificare anche che lo spessore dello strato superficiale "lento" soprastante un substrato "veloce" sia compreso tra 5 e 20 m

SUOLO DI FONDAZIONE	$V_{S30}$	$N_{SPT} - C_u$
<b>A</b> Formazioni litoidi e suoli rigidi	>800 m/s	
<b>B</b> Sabbie e ghiaie molto addensate/ argille molto consistenti	>360 m/s <800 m/s	$N_{SPT} > 50$ $C_u > 250$ kPa
<b>C</b> Sabbie e ghiaie mediam. addensate/ Argille mediam. consistenti	>180 m/s <360 m/s	$15 < N_{SPT} < 50$ $10 < C_u < 250$ kPa
<b>D</b> Terreni granulari da sciolti a poco adden. Terreni coesivi da poco a mediam. consistenti	<180 m/s	$N_{SPT} < 15$ $C_u < 70$ kPa
<b>E</b> Strati superficiali alluvionali (5-20 m) su substrato rigido	<360 m/s	
<b>S<sub>1</sub></b> Terreni costituiti da o che includono uno strato di argille (10 m. $P_d > 40$ )	<100 m/s	
<b>S<sub>2</sub></b> Terreni soggetti a liquefazione/ Argille sensitive/ Terreni non classificati in precedenza		

Tuttavia il DM 14.09.2005 nell'adottare la suddivisione di tipi di suoli riportata nella precedente diapositiva ha indicato i valori del coefficiente S uguali per tre delle categorie suddette: la B, la C e la E, infatti hanno un valore di  $S = 1.25$ , quindi, di fatto sono stati riportati a tre gli spettri di risposta di riferimento

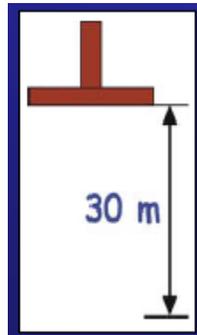
CATEGORIA SUOLO	S	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	1	0,15	0,4	2
B	1,25	0,15	0,5	2
C	1,25	0,15	0,5	2
D	1,35	0,2	0,8	2
E	1,25	0,15	0,5	2



(Estratto da M.Ferrini et alii: LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI DM 14.092005 – La geologia ed il geologo – Ordine dei Geologi della Toscana – Firenze 31.03.2006

Nelle diapositive precedenti si è introdotto il termine Vs30.  
pertanto è opportuno definirlo in modo più preciso:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

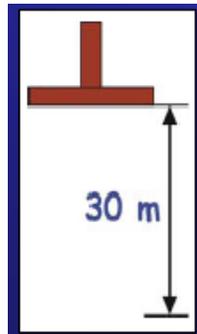


Il valore del parametro Vs30 è il risultato della semplice media ponderata dell'inverso delle velocità che caratterizzano i primi 30 m di terreno al disotto della base di appoggio della fondazione. Il peso che ciascuno strato ha nel risultato finale è ponderato in base al relativo spessore.

E' importante sottolineare che la sommatoria è dei rapporti tra spessori e "velocità", si potrebbe dire i prodotti degli spessori per le "lentezze"

(Estratto da M.Ferrini et alii: LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI DM 14.092005 – La geologia ed il geologo – Ordine dei Geologi della Toscana – Firenze 31.03.2006

Questa definizione è utile per chiarire che nel risultato del Vs30 sono principalmente influenti gli strati lenti, che, intuitivamente si possono definire anche i più “problematici” per la realizzazione delle opere e per le possibili amplificazioni locali che comportano.

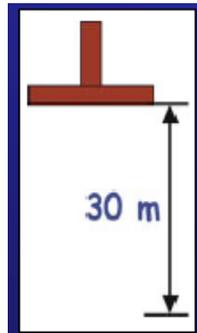


A titolo di semplice esempio possiamo provare ad ipotizzare una stratigrafia con un primo strato di 15 m di spessore con velocità delle onde S pari a 200 m/sec ed il sottostante con Vs pari a 900 m/sec.

**Il calcolo del Vs30 porta ad un valore di 327 m/sec.**

Se si effettua la normale media ponderata delle velocità con il peso dato dello spessore il valore risultante è 550 m/sec.

È opportuno ricordare anche che il calcolo deve essere effettuato dalla quota di appoggio delle fondazioni, **non dal p.c. originario.**



Questo comporta la necessità di conoscere i dettagli del progetto per effettuare il calcolo corretto, oppure, predisporre una tabella dei vari Vs30 che si possono ottenere al variare della quota di appoggio della fondazione.

Questa tabella potrebbe risultare utile in quanto, come si è visto gli strati con Vs bassa influiscono molto sul risultato finale, tenendo conto che gli strati superficiali sono, generalmente quelli più lenti, una modesta variazione della quota di appoggio può portare a significative differenze nel risultato.

L'amplificazione o l'attenuazione di alcune frequenze delle onde sismiche sono, infatti, funzione delle caratteristiche del terreno di fondazione inteso come volume di dimensioni discrete nel suo insieme più che in funzione dei singoli livelli per i quali, comunque, è opportuna la conoscenza dettagliata per la determinazione della profondità del substrato o per quei casi in cui si possono verificare modifiche della consistenza del terreno stesso in conseguenza delle sollecitazioni sismiche: soprattutto in termini di rischio di liquefazione.

Per una descrizione di questo argomento si rimanda agli atti della Giornata di studio sulla "Relazione geologica e geotecnica alla luce delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14.09.2005)"

Dr geol. P. Barsanti - La modellazione geologica

Esempio :

DH per la costruzione della nuova palestra di San Giovanni Valdarno

## DH per la costruzione della nuova palestra di San Giovanni Valdarno

### Collegamento dei canali del sismografo

*Canale 1 attivo con geofono V-s per la battuta V(verticale);*

*Canale 2 attivo con geofono V-i per la battuta V;*

*Canale 3 attivo con geofono H1-s per la battuta  
S(sinistra)H(orizzontale);*

*Canale 4 attivo con geofono H1-i per la battuta SH;*

*Canale 5 attivo con geofono H2-s per la battuta SH;*

*Canale 6 attivo con geofono H2-i per la battuta SH;*

*Canale 7 attivo con geofono H1-s per la battuta*

*D(destra)H(orizzontale);*

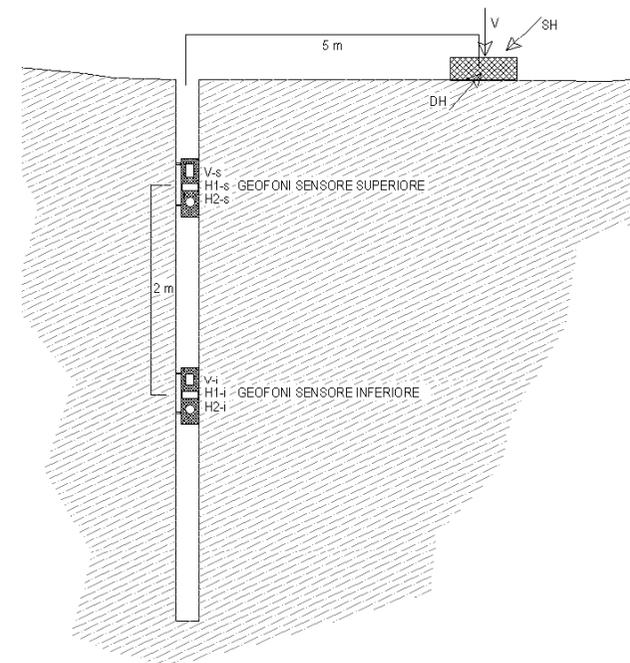
*Canale 8 attivo con geofono H1-i per la battuta DH;*

*Canale 9 attivo con geofono H2-s per la battuta DH;*

*Canale 10 attivo con geofono H2-i per la battuta DH;*

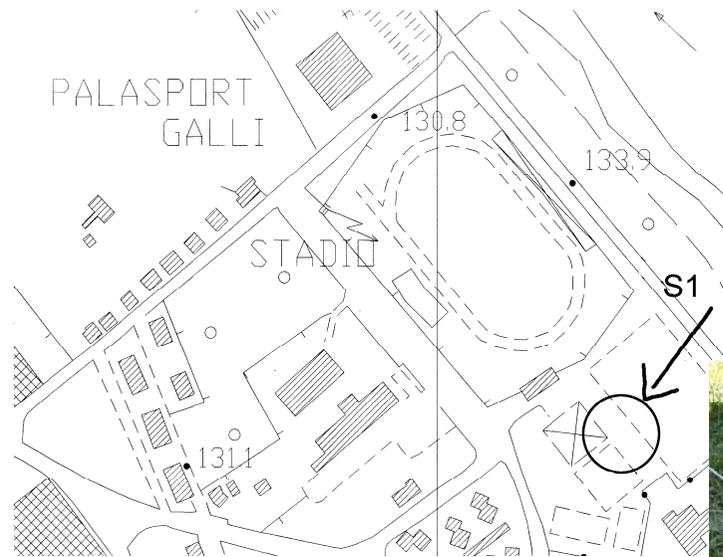
*Canale 11 attivo con geofono H1-i per la battuta SH e con  
polarità invertita sommatoria della battuta DH ;*

*Canale 12 attivo con geofono H2-i per la battuta SH e con  
polarità invertita sommatoria della battuta DH ;*



### DH per la costruzione della nuova palestra di San Giovanni Valdarno

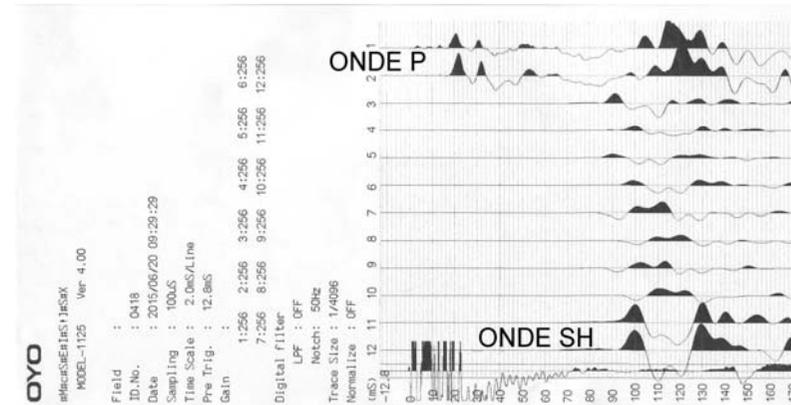
#### Ubicazione e foto



## DH per la costruzione della nuova palestra di San Giovanni Valdarno

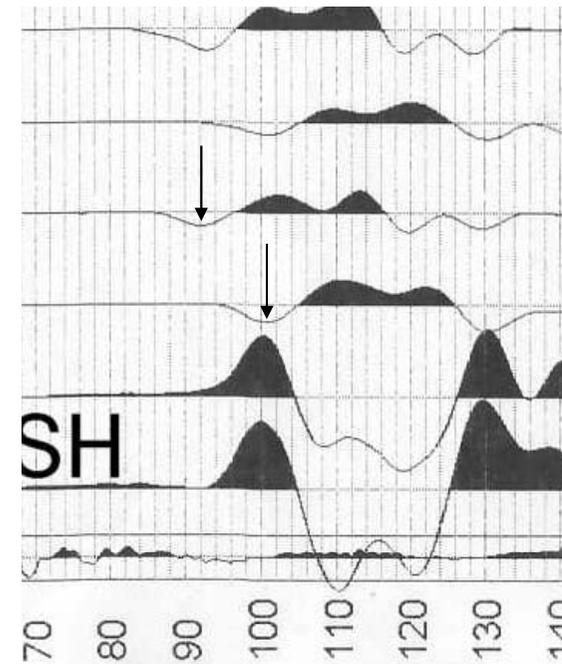
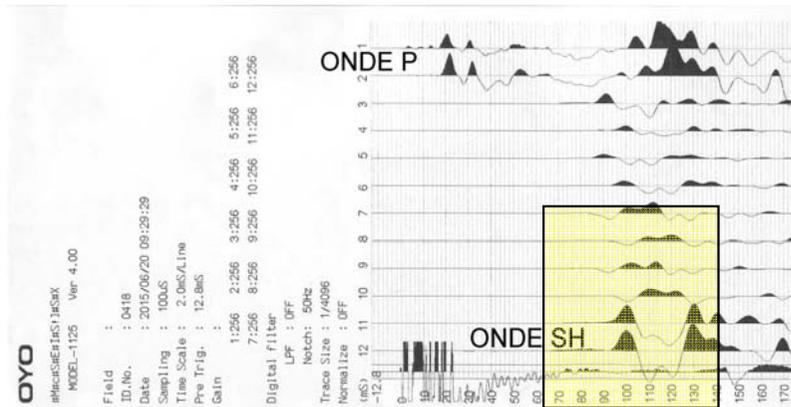
### Collegamento dei canali del sismografo e sismogramma tipo

Canale 1 attivo con geofono V-s per la battuta V(verticale);  
Canale 2 attivo con geofono V-i per la battuta V;  
Canale 3 attivo con geofono H1-s per la battuta S(sinistra)H(orizzontale);  
Canale 4 attivo con geofono H1-i per la battuta SH;  
Canale 5 attivo con geofono H2-s per la battuta SH;  
Canale 6 attivo con geofono H2-i per la battuta SH;  
Canale 7 attivo con geofono H1-s per la battuta D(destra)H(orizzontale);  
Canale 8 attivo con geofono H1-i per la battuta DH;  
Canale 9 attivo con geofono H2-s per la battuta DH;  
Canale 10 attivo con geofono H2-i per la battuta DH;  
Canale 11 attivo con geofono H1-i per la battuta SH e con polarità invertita  
sommatoria della battuta DH ;  
Canale 12 attivo con geofono H2-i per la battuta SH e con polarità invertita  
sommatoria della battuta DH ;



DH per la costruzione della nuova  
 palestra di San Giovanni Valdarno

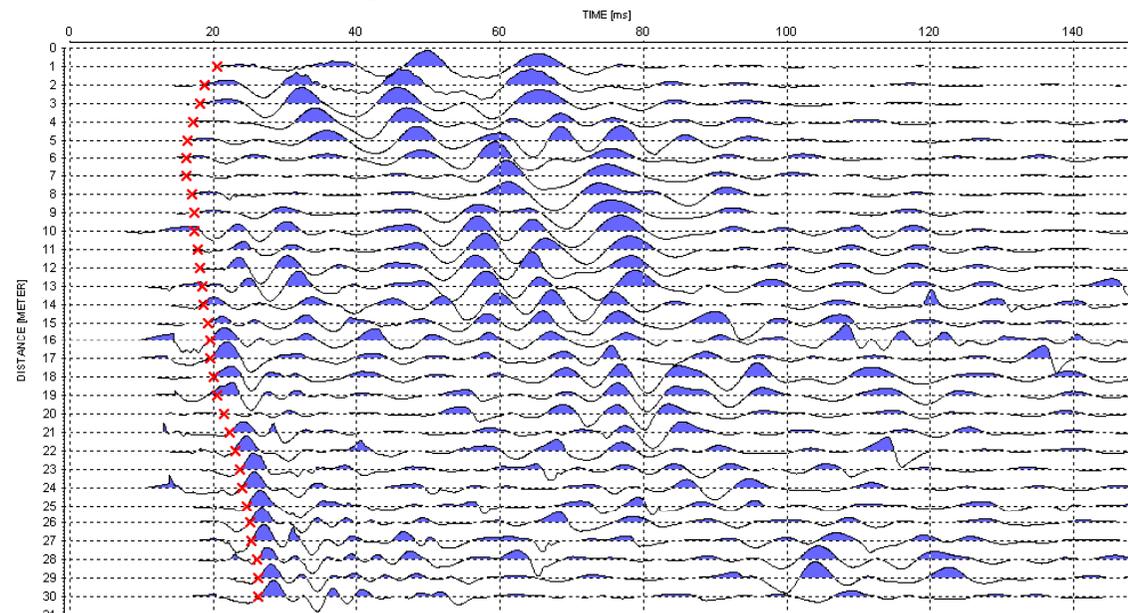
Possibilità di calcolo della velocità  
 intervallo tra i due gruppi di geofoni



DH per la costruzione della nuova  
palestra di San Giovanni Valdarno

assemblaggio delle tracce acquisite a  
differenti profondità per le onde P

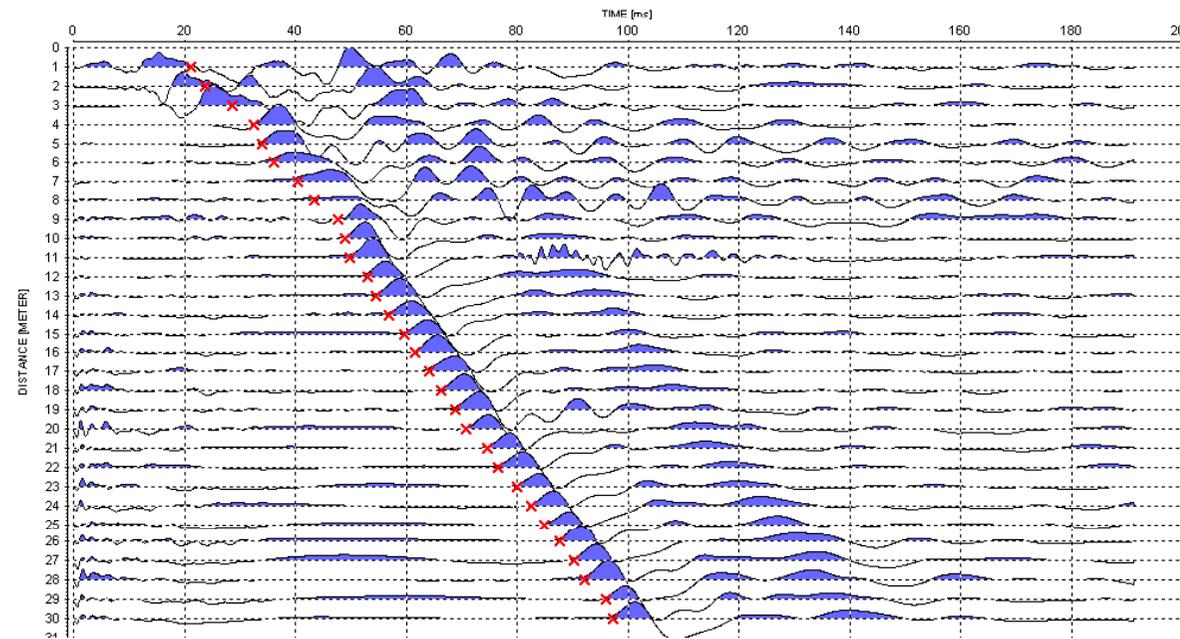
1. C:\SURVEY\1129\_SAN GIOVANNI DH\PROC\DATA\VMX0101\_74T /traces: 30 / samples: 1920



DH per la costruzione della nuova  
palestra di San Giovanni Valdarno

assemblaggio delle tracce acquisite a  
differenti profondità per le onde SH

1. C:\Survey\1129\_San Giovanni DH\PROCDATAM\X0101\_\_41T / traces: 30 / samples: 1920



DH per la costruzione  
della nuova palestra di  
San Giovanni Valdarno

Calcolo dei tempi corretti  
per eliminare il problema  
della "distanza obliqua"

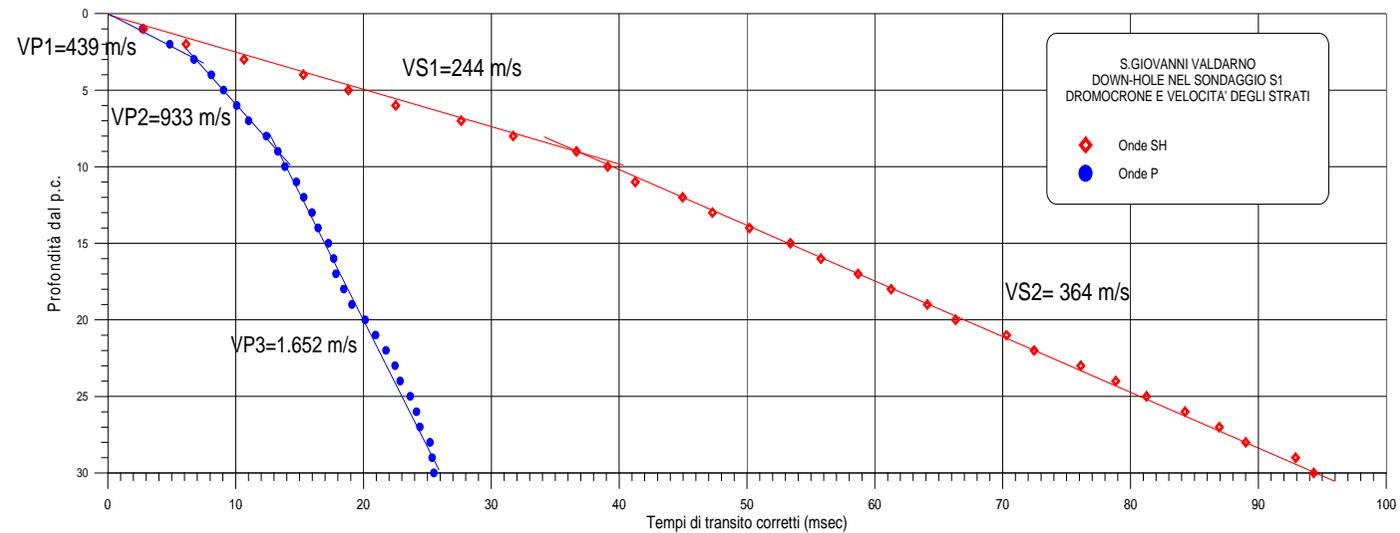
CORSO DI PERFEZIONAMENTO IN PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO PER LA  
PROGETTAZIONE ED IL CONTROLLO DI OPERE DI INGEGNERIA CIVILE  
San Giovanni Valdarno - 21 maggio - 26 giugno 2007

METODI GEOFISICI - Dr Geol. GIANFRANCO CENSINI

PB	DbatM	FC	TVPM	TVPC	TVSM	TVSC
1	7.5	0.13	20.57264	2.72	21.17647	2.80
2	7.5	0.26	18.82353	4.85	23.74331	6.12
3	7.5	0.37	18.18182	6.75	28.6631	10.65
4	7.5	0.47	17.21925	8.10	32.51336	15.30
5	7.5	0.55	16.33086	9.06	33.93425	18.82
6	7.5	0.62	16.14973	10.09	36.05514	22.52
7	7.5	0.68	16.14973	11.02	40.50901	27.64
8	7.5	0.73	17.00534	12.41	43.47356	31.72
9	7.5	0.77	17.3262	13.31	47.72004	36.66
10	7.5	0.80	17.3262	13.86	48.88184	39.11
11	7.5	0.83	17.86096	14.76	49.94228	41.26
12	7.5	0.85	18.07486	15.33	53.01757	44.96
13	7.5	0.87	18.45175	15.98	54.60824	47.30
14	7.5	0.88	18.66384	16.45	56.94122	50.19
15	7.5	0.89	19.3001	17.26	59.69837	53.40
16	7.5	0.91	19.51219	17.67	61.60718	55.78
17	7.5	0.91	19.51219	17.85	64.15225	58.69
18	7.5	0.92	20	18.46	66.37918	61.27
19	7.5	0.93	20.53476	19.10	68.92426	64.11
20	7.5	0.94	21.49732	20.13	70.83305	66.32
21	7.5	0.94	22.24599	20.95	74.65066	70.30
22	7.5	0.95	22.99465	21.76	76.55946	72.46
23	7.5	0.95	23.63636	22.47	80.05893	76.11
24	7.5	0.95	23.95722	22.87	82.604	78.84
25	7.5	0.96	24.70588	23.66	84.83093	81.25
26	7.5	0.96	25.13369	24.15	87.69414	84.26
27	7.5	0.96	25.34759	24.42	90.2392	86.95
28	7.5	0.97	26.09625	25.21	92.148	89.01
29	7.5	0.97	26.20321	25.37	95.96561	92.91
30	7.5	0.97	26.29904	25.51	97.23814	94.33

DH per la costruzione della nuova  
palestra di San Giovanni Valdarno

Dromocrone ed interpolazione dei  
tempi di arrivo per il calcolo delle  
velocità di strato



DH per la costruzione della nuova  
palestra di San Giovanni Valdarno

Diagramma delle velocità e calcolo  
del parametro Vs30

$V_{s30} = 317 \text{ m/sec}$   
Suolo di fondazione tipo C

