



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E  
DEI TRASPORTI



E.N.A.C.  
ENTE NAZIONALE per L'AVIAZIONE  
CIVILE

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE - "AMERIGO VESPUCCI"

Opera

PROJECT REVIEW - PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE AL 2035

Titolo Documento Completo

OPERE IDRAULICHE ESTERNE - OIE  
ASPETTI GEOLOGICI- Geologia Allegato C

Livello di Progetto

SCHEDE DI APPROFONDIMENTO PROGETTUALE  
A LIVELLO MINIMO DI PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

LIV PSA	REV 02	DATA EMISSIONE MARZO 2024	SCALA -	CODICE FILE COMPLETO FLR-MPL-PSA-OIE2-004-GL-SC_Geo All C OIE
				TITOLO RIDOTTO Geo All C OIE

02	03/2024	EMISSIONE PER PROCEDURA VIA-VAS	M. SANI	C.NALDI	L. TENERANI
01	03/2023	EMISSIONE PER APPROVAZIONE IN LINEA TECNICA DI ENAC	M.SANI	C.NALDI	L. TENERANI
00	10/2022	EMISSIONE PER DIBATTITO PUBBLICO	M.SANI	C.NALDI	L. TENERANI
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p>COMMITTENTE PRINCIPALE</p>  <p><b>ACCOUNTABLE MANAGER</b> Dott. Vittorio Fanti</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</p>  <p><b>DIRETTORE TECNICO</b> Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631</p>	<p>SUPPORTI SPECIALISTICI</p>  <p><b>TERRA &amp; OPERE S.R.L.</b> SOCIETÀ D'INGEGNERIA CONSULENZE GEOLOGICHE</p> <p><b>SUPPORTO SPECIALISTICO</b> Dott. Geol. Michele Sani Ordine dei Geologi della Toscana n°383</p>
<p><b>POST HOLDER PROGETTAZIONE</b> Ing. Lorenzo Tenerani</p>	<p><b>RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b> Ing. Claudia Naldi Ordine degli Ingegneri di Firenze n. 7122</p>	
<p><b>POST HOLDER MANUTENZIONE</b> Ing. Nicola D'Ippolito</p>		
<p><b>POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO</b> Geom. Luca Ermini</p>		

## C) Indagini sismiche

## **CENNI TEORICI - ANALISI CON ONDE SUPERFICIALI: MASW**

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto; negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sulle analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su una energizzazione sismica artificiale del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999): la curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Pertanto, è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curve di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S – profondità"; l'analisi ed interpretazione delle tracce è ottenuta mediante software Winmasw 1.7 della Eliosoft.

### **STRUMENTAZIONE UTILIZZATA**

---

- Sismografo AMBROGEO ECHO 24-2010 a 24 canali
- Geofoni da 4,5 hz
- Geometria dei rilievi: distanza intergeofonica di 5 m per un totale di 60 m
- Tromino Micromed

### **SOFTWARE UTILIZZATO PER LA VISUALIZZAZIONE, L'ACQUISIZIONE, IL FILTRAGGIO E L'ELABORAZIONE DATI**

#### **Acquisizione dei dati**

*SISMOPC 1.0 - PASI AMBROGEO*

#### **Elaborazione e filtraggio**

<i>Visual Sunt 20</i>	<i>Wgeosoft-filtraggio dati (sismica a riflessione)</i>
<i>Seismic Unix</i>	<i>Software libero-filtraggio dati (sismica a riflessione)</i>
<i>WinMasw Pro</i>	<i>Eliosoft-elaborazione Masw-Remi-H/V-Attenuazione</i>
<i>Grilla</i>	<i>Tromino-H/V</i>
<i>Geopsy</i>	<i>Software Libero-H/V</i>
<i>Winsism 11.2</i>	<i>Wgeosoft-sismica a rifrazione</i>
<i>Rayfract</i>	<i>Intelligent resource-sismica a rifrazione</i>

#### **Modelli 1 D e rischio sismico**

<i>Deep Soil</i>	<i>software libero-Risposta di sito modellazione 1D</i>
<i>Roxel</i>	<i>software libero-risposta di sito-terremoto di progetto</i>
<i>Shake 2000</i>	<i>Geo Motions-risposta di sito-modellazione 1D-liquefazione</i>
<i>Ciclic 1D</i>	<i>software libero-liquefazione</i>

#### **Sistemi di energizzazione**

*Generazione di onde P ed energizzazione per rilievo MASW: massa battente (mazza da 8 kg)*

### **GEOMETRIA DEI RILIEVI**

---

Sono stati eseguiti 10 indagini geofisiche MASW con lunghezza dello stendimento pari a 60 m. Al centro dello stendimento è stata eseguita una indagine HVSR, consultabile in nota separata.

## RISULTATI OTTENUTI – CONSIDERAZIONI GENERALI

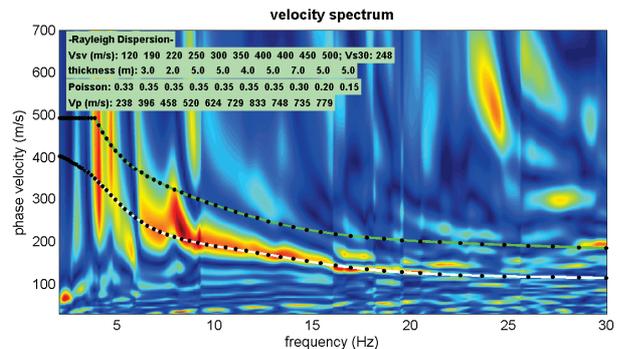
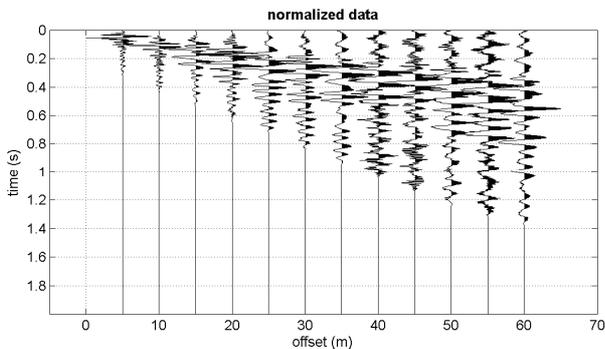
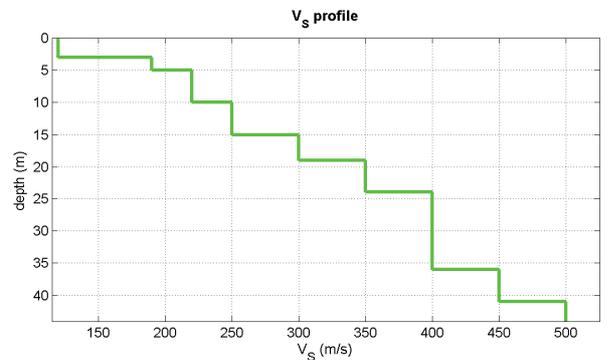
Analizzando nel complesso i risultati dei MASW eseguiti, si nota innanzitutto che questi confermano il modello di sottosuolo derivante dall'analisi della sismica a rifrazione in onde P ed Sh.

In particolare si rileva la presenza di uno spessore superficiale di sedimenti dotati di compattezza mediocre dello spessore compreso fra 5 e 10 m ai quali seguono livelli a compattazione maggiore con un graduale incremento delle velocità con la profondità.

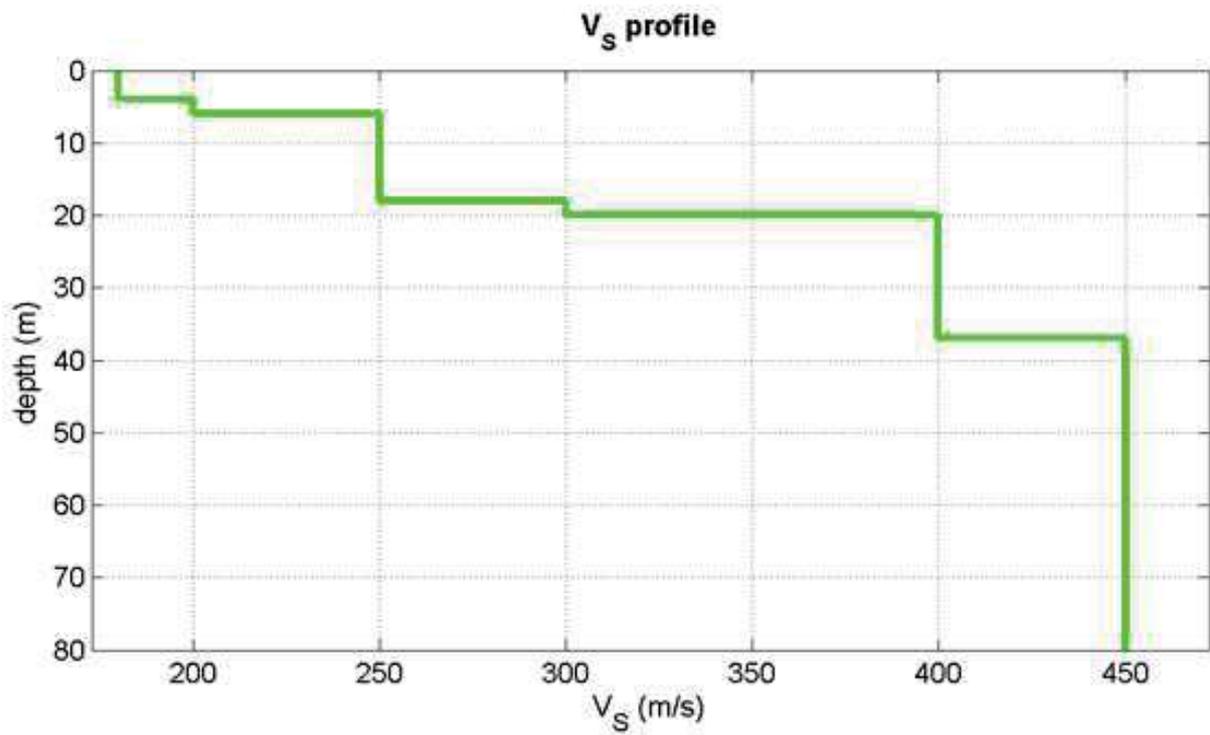
Tutti i MASW eseguiti rilevano una  $V_{s30}$  compresa fra 180 e 360 m/s, ad eccezione del MASW 11 che evidenzia una  $V_{s30}$  superiore a 360 m/s; si rileva comunque che il segnale del MASW 11 era al limite della leggibilità a causa del rumore di fondo causato da una strada molto transitata.

### MASW 3 – MEAN MODEL

Vs (m/s)	120	190	220	250	300	350	400	400	450	500
Thickness (m)		3	2	5	5	4	5	7	5	5
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	1.71	1.83	1.87	1.90	1.94	1.98	2.01	1.98	1.98	1.99
Dynamic Shear Modulus (MPa)	25	66	90	118	175	242	322	317	401	498
<b><math>V_{s30} = 248 \text{ m/s}</math></b>										



**MASW 2-2'**



Vs	spessore
180	4
200	2
250	12
300	2
400	17
450	-

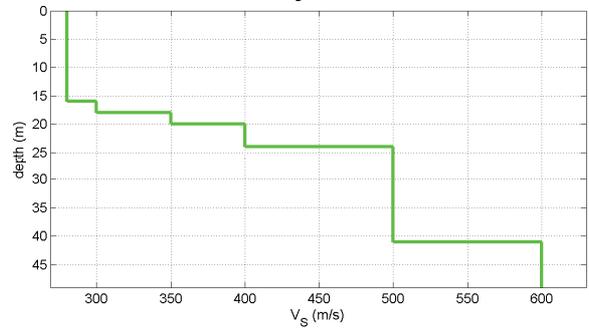
**V<sub>s30</sub>=278-Classe C**

## MASW 5 – MEAN MODEL

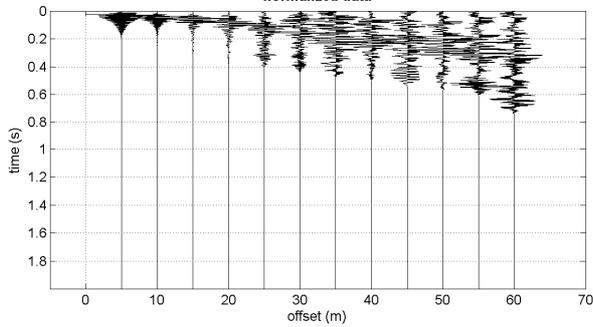
Vs (m/s)	280	280	300	350	400	500	500	500	600	600
Thickness (m)	9	7	2	2	4	5	7	5	5	
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	1.91	1.92	1.94	1.98	2.01	2.06	2.06	2.04	2.05	2.04
Dynamic Shear Modulus (MPa)	150	151	175	242	322	516	516	509	738	734
<b>Vs<sub>30</sub> = 328 m/s</b>										



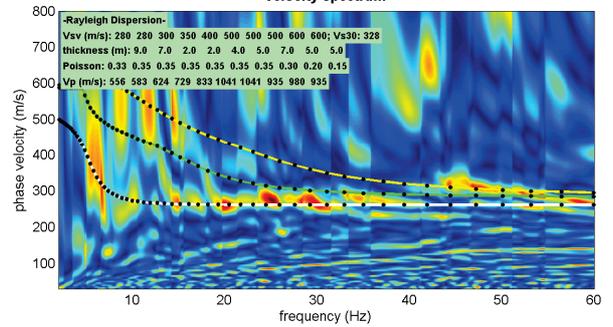
V<sub>s</sub> profile



normalized data

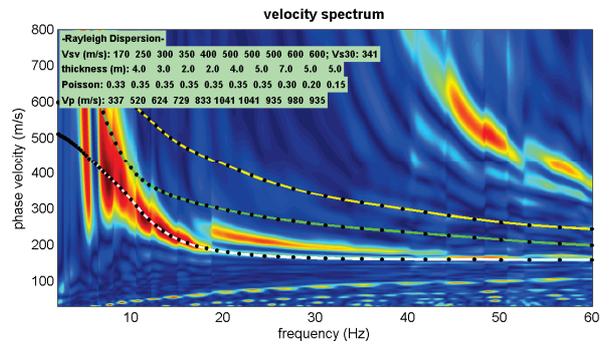
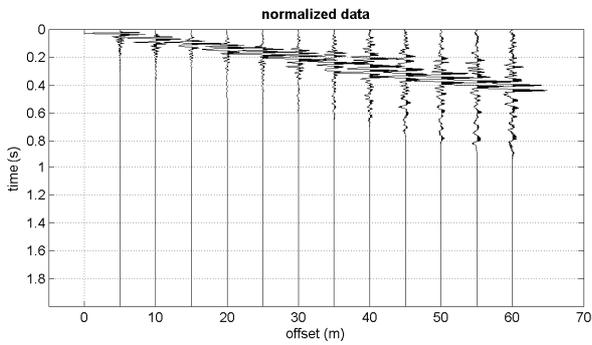
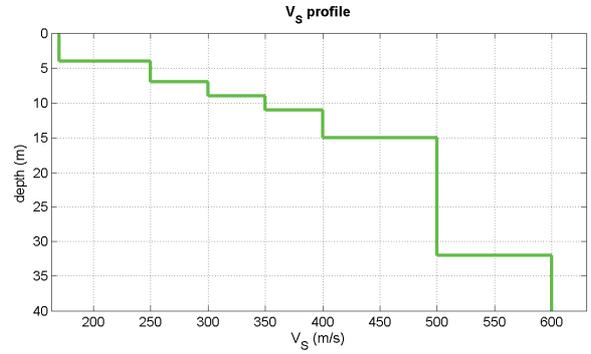


velocity spectrum



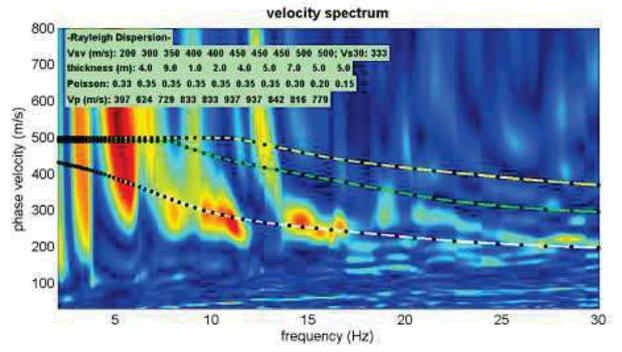
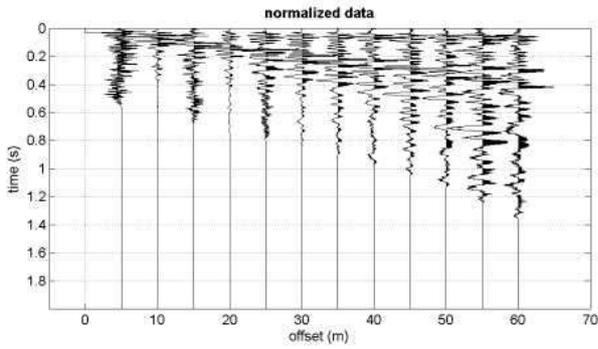
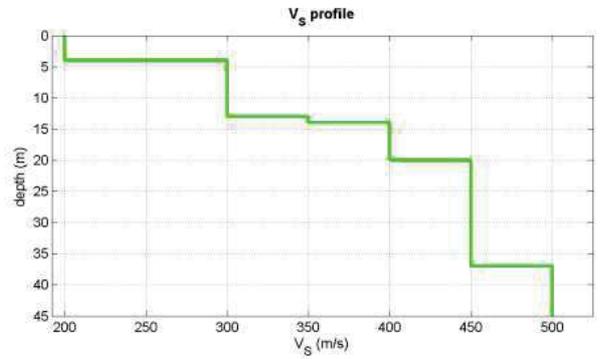
## MASW 7 – MEAN MODEL

Vs (m/s)	170	250	300	350	400	500	500	500	600	600
Thickness (m)	4	3	2	2	4	5	7	5	5	
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	1.79	1.90	1.94	1.98	2.01	2.06	2.06	2.04	2.05	2.04
Dynamic Shear Modulus (MPa)	52	118	175	242	322	516	516	509	738	734
<b>Vs<sub>30</sub> = 341 m/s</b>										



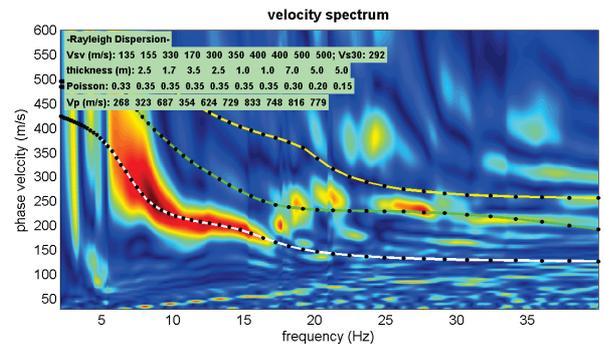
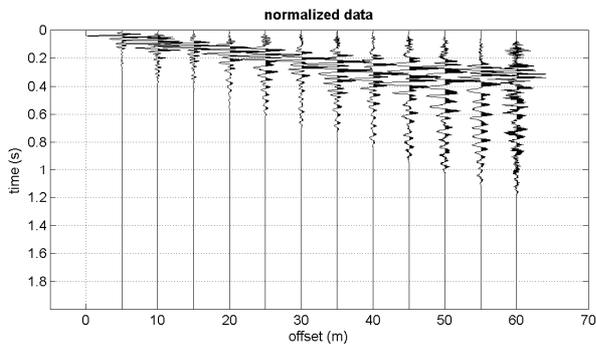
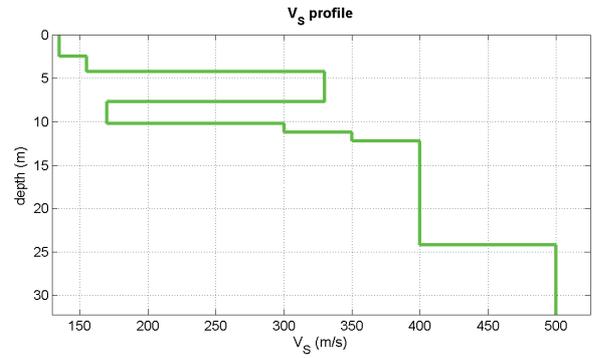
## MASW 8 – MEAN MODEL

Vs (m/s)	200	300	350	400	400	450	450	450	500	500									
Thickness (m)		4		9		1		2		4		5		7		5		5	
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	1.83	1.94	1.98	2.01	2.01	2.04	2.04	2.01	2.00	1.99									
Dynamic Shear Modulus (MPa)	73	175	242	322	322	413	413	407	501	498									
<b>Vs<sub>30</sub> = 333 m/s</b>																			



## MASW 10 – MEAN MODEL

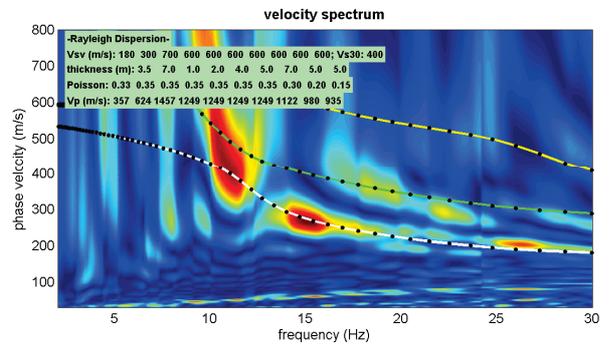
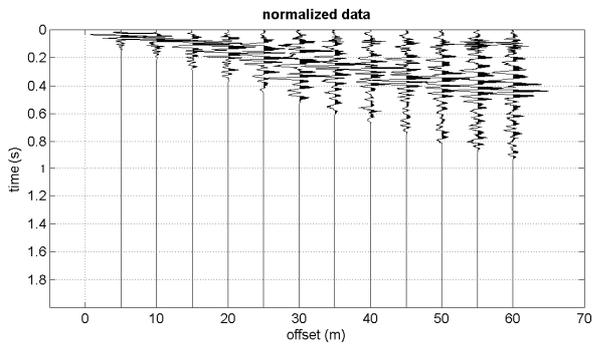
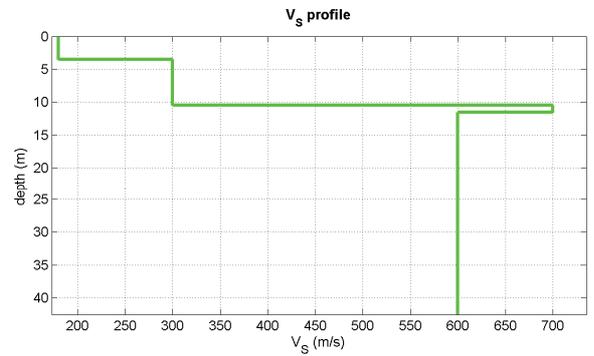
Vs (m/s)	135	155	300	170	300	350	400	400	500	500
Thickness (m)	2.50	1.70	3.50	2.50	1	1	7	5	5	
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	1.74	1.78	1.96	1.80	1.94	1.98	2.01	1.98	2.00	1.99
Dynamic Shear Modulus (MPa)	32	43	214	52	175	242	322	317	501	498
<b>Vs<sub>30</sub> = 292 m/s</b>										



## MASW 11 – MEAN MODEL

Vs (m/s)	180	300	700	600	600	600	600	600	600	600	600
Thickness (m)		3.50	7	1	2	4	5	7	5	5	
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	1.81	1.94	2.15	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.08	2.05	2.04
Dynamic Shear Modulus (MPa)	58	175	1051	759	759	759	759	759	750	738	734
<b>Vs<sub>30</sub> = 400 m/s</b>											

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)



## CENNI TEORICI - SISMICA A RIFRAZIONE

La metodologia della sismica a rifrazione consiste nel produrre delle onde sismiche nel terreno tramite un'energizzazione (scoppio); tale energia può essere generata tramite un grave che percuote il terreno (martello o peso), oppure tramite lo scoppio di una carica esplosiva. In particolare la sismica a rifrazione studia il comportamento dell'onda rifratta. Tale onda, viaggiando all'interfaccia fra due mezzi a differente velocità, manda in superficie una serie di segnali (vibrazioni) che vengono registrati da dei velocimetri (geofoni). Tali geofoni, posti ad una equidistanza nota l'uno dall'altro vanno a formare la stesa sismica. L'indagine procede energizzando in posizioni note. Il segnale così registrato è convogliato ad una scheda di conversione A/D, e quindi registrato e conservato in memoria.

L'acquisizione dei dati da parte del sismografo parte quando un particolare circuito "trigger" è attivato dall'energizzazione nel terreno. Per ogni registrazione viene registrato un segnale, costituito da una traccia per ciascun geofono, riconoscendo su ciascuna traccia il primo arrivo dell'onda rifratta si genera una retta, detta dromocrona, dalla inclinazione della quale si può risalire alla velocità ed alla geometria (interpolando più dromocrone) dei rifrattori.

Le metodologie di interpretazioni dei dati vanno dalle più semplici (metodo delle intercette) che richiedono solo 2 scoppi per profilo, al metodo del reciproco (Hokins 1957) e del reciproco generalizzato (G.R.M. Palmer 1980) che richiedono 5-7 scoppi per profilo, fino alle tecniche tomografiche, che richiedono almeno 7 scoppi per stendimento. Le basi su cui si fonda ogni tecnica sono differenti, così come è crescente la complessità dell'elaborazione, tant'è che i G.R.M e soprattutto le tecniche tomografiche sarebbero improponibili senza l'ausilio di computer. L'elaborazione che restituisce ogni tecnica risulta via via più completa e dettagliata, fino ad arrivare ad una mappatura di discontinuità molto articolate ottenibile con le più moderne tecniche tomografiche.

Il limite principale della sismica a rifrazione sta nel fatto che tale tecnica presuppone un incremento costante della velocità andando in profondità. Se, ad esempio, abbiamo un modello in cui al disotto di uno strato continuo di argilla dura abbiamo della sabbia molle, e al disotto di questa roccia, il passaggio fra argilla e sabbia non produce rifrazione, ed il modello che andrò a ricostruirmi sarà un modello di terreno errato. Per questo le indagini sismiche andranno sempre accoppiate, soprattutto in situazioni dove inversioni di velocità sono frequenti (ad esempio i depositi quaternari) ad indagini geotecniche dirette.

Tali inconvenienti sono stati parzialmente risolti dalle tecniche tomografiche, dove tramite il ray tracing è possibile stabilire il percorso del raggio sismico ed individuare zone (sempre che siano limitate ad una parte interna allo stendimento) dove è avvenuta un'inversione di velocità, caratterizzate da un'assenza di copertura dei medesimi.

## CENNI TEORICI - HVSR

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). Consideriamo un sistema dove gli strati si distinguono per diverse densità e velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ). Un'onda che viaggia nel primo mezzo viene (parzialmente) riflessa dall'orizzonte che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $h$  del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a  $f_r = VP1/(4h)$  mentre quella relativa alle onde S è  $f_r = VS1/(4h)$ .

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore  $h$  degli strati.

Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

## STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

---

- Sismografo AMBROGEO ECHO 24-2010 a 24 canali
- Geofoni da 14 hz

## SOFTWARE UTILIZZATO PER LA VISUALIZZAZIONE, L'ACQUISIZIONE, IL FILTRAGGIO E L'ELABORAZIONE DATI

### Acquisizione dei dati

SISMOPC 1.0 - PASI AMBROGEO

### Elaborazione e filtraggio

Visual Sunt 20	Wgeosoft-filtraggio dati (sismica a riflessione)
Seismic Unix	Software libero-filtraggio dati (sismica a riflessione)
WinMasw Pro	Eliosoft-elaborazione Masw-Remi-H/V-Attenuazione
Grilla	Tromino-H/V
Geopsy	Software Libero-H/V
Winsism 11.2	Wgeosoft-sismica a rifrazione
Rayfract	Intelligent resource-sismica a rifrazione

### Modelli 1 D e rischio sismico

Deep Soil	software libero-Risposta di sito modellazione 1D
Rexel	software libero-risposta di sito-terremoto di progetto
Shake 2000	Geo Motions-risposta di sito-modellazione 1D-liquefazione
Ciclic 1D	software libero-liquefazione

### Sistemi di energizzazione

Generazione di onde P ed energizzazione per rilievo MASW: massa battente (mazza da 8 kg)

## GEOMETRIA DEI RILIEVI

---

Sono stati eseguiti 10 rilievi di 230 metri in onde P ed Sh.

I rilievi sono stati eseguiti sovrapponendo 2 rilievi consecutivi di 2 geofoni (g23 stendimento xx'A sovrapposto a G1 stendimento xx'B, g24 stendimento xx'A sovrapposto a G2 stendimento xx'B).

Ogni singola linea (ad esempio 22') sarà formata da 4 rilievi, 2 in onde P e 2 in onde Sh, sovrapposte di 2 geofoni.

La linea è composta da 2 linee consecutive 22'A e 22'B; il primo geofono della prima linea è in direzione Sesto (circa N) e si concludono (G24 della seconda linea) in direzione Osmannoro (circa S), seguendo lo schema:



Per ogni linea sono state eseguite un minimo di 5 energizzazioni.

Per i rilievi in Sh il bilancio energetico è avvenuto in campagna eseguendo più stack ed inversione di polarità. Per quello che riguarda le onde P per ogni stazione si sono eseguiti più stack.

La qualità del segnale variava da buona a sufficientemente chiara da definire una dromocrona certa su tutte le linee, con la sola eccezione della rifrazione 6 dove la prossimità

della viabilità ha molto influenzato la qualità del segnale, riuscendo comunque a determinare il punto di flesso delle dromocrone.

### ***RISULTATI OTTENUTI – CONSIDERAZIONI GENERALI***

---

Gli stendimenti eseguiti nell'area in studio hanno delle caratteristiche stratigrafiche che permettono di delineare le seguenti caratteristiche comuni:

- Energizzando in onde Sh i terreni mostrano nei primi 5/10 metri velocità generalmente comprese fra i 150 ed i 250 m/s; tali velocità tendono ad aumentare con la profondità.
- Generalmente, a profondità comprese fra 7 e 10 metri, si rileva un aumento della velocità in onde Sh, con velocità superiori a 300 m/s che possono arrivare fino a 500/600 m/s.
- Energizzando in onde P assistiamo ad forte incremento delle velocità che, partendo dalla superficie, tendono a stabilizzarsi su valori compresi fra 1200 e 1440 m/s, circa in corrispondenza del salto della velocità in onde Sh. Questo può essere spiegato con la presenza di una falda estesa al contatto.

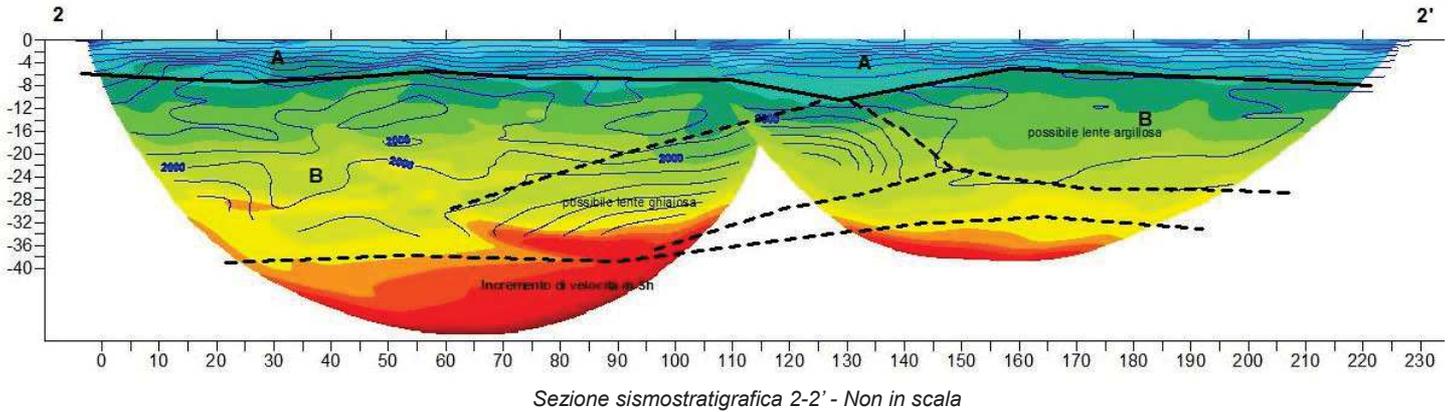
Generalizzando, gli stendimenti eseguiti hanno evidenziato la presenza di 2 sismostrati (A e B) che possono essere così sommariamente descritti:

- a) Sismostrato A. E' caratterizzato da velocità delle onde Sh comprese fra 150 e 250 m/s e delle onde P inferiori a 1400 m/s. Si evidenzia un incremento costante della velocità sia onde P che Sh (maggiormente marcato in P) fino al contatto con il sismostrato sottostante, che avviene generalmente fra 5 m e 10 m rispetto al piano campagna.
- b) Sismostrato B. Le velocità, rispetto al sismostrato A, tendono ad aumentare sia in P (dove possono raggiungere valori superiori a 2500 m/s) che in Sh (dove possono raggiungere valori sopra i 500 m/s). L'andamento generale del sismostrato B evidenzia un gradiente continuo di velocità all'aumentare della profondità, mentre l'andamento del raggio sismico risulta a volte discontinuo, con la presenza quasi costante di zone d'ombra e corsie preferenziali di percorrenza del raggio sismico. Tale fatto ci indica la presenza di inversioni di velocità con possibile presenza di una alternanza di strati con differenti livelli di compattazione.

I dati vengono ritenuti affidabili nei primi 10 metri, con una buona evidenza del passaggio fra l'orizzonte A e B; l'andamento di B al di sotto del contatto, soprattutto in profondità, andrà considerato come puramente indicativo.

## SEZIONE 2-2'

Si riscontrano 2 livelli sismostratigrafici principali, A e B. Il contatto fra le 2 unità avviene circa a 8 metri di profondità, tranne che a circa 130 metri dal punto 0 dove sembra scendere sui 12 metri. All'interno del sismostrato B si rinvencono una serie di anomalie con una zona a maggior velocità al centro, una possibile zona argillosa nella parte finale ed un livello con incremento delle velocità in sh nella parte bassa della sezione.

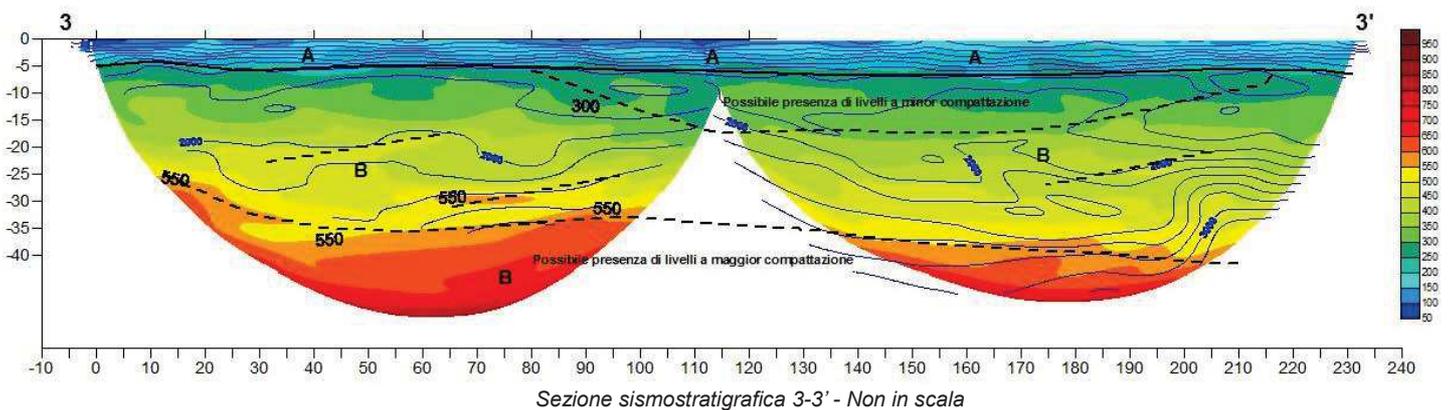


## SEZIONE 3-3'

Si riscontrano 2 livelli sismostratigrafici principali, A e B. Nel livello A troviamo un incremento continuo della velocità delle onde P, fino al contatto con B, che ci fa presupporre la presenza di una falda all'interfaccia. Per quello che riguarda l'andamento delle onde Sh si segnalano zone a bassa velocità concentrate all'inizio della sezione.

Nel livello B si rilevano diverse anomalie. In particolare, nella parte bassa della sezione, compaiono livelli caratterizzati da un forte incremento delle velocità. Tale fatto potrebbe essere correlato alla presenza di un differente sismostrato profondo, anche se in realtà, alla luce anche degli altri stendimenti eseguiti, si tratta con tutta probabilità di un livello spesso e a velocità maggiore molto esteso potenzialmente associabile ad una lente di ghiaia di notevole estensione.

Al contrario, nella porzione superficiale del sismostrato B ad una distanza compresa fra 80 m e 215 m rispetto allo 0, si rileva una area estesa caratterizzata da una velocità relativamente minore, imputabile ad un probabile incremento in percentuale della componente fine.





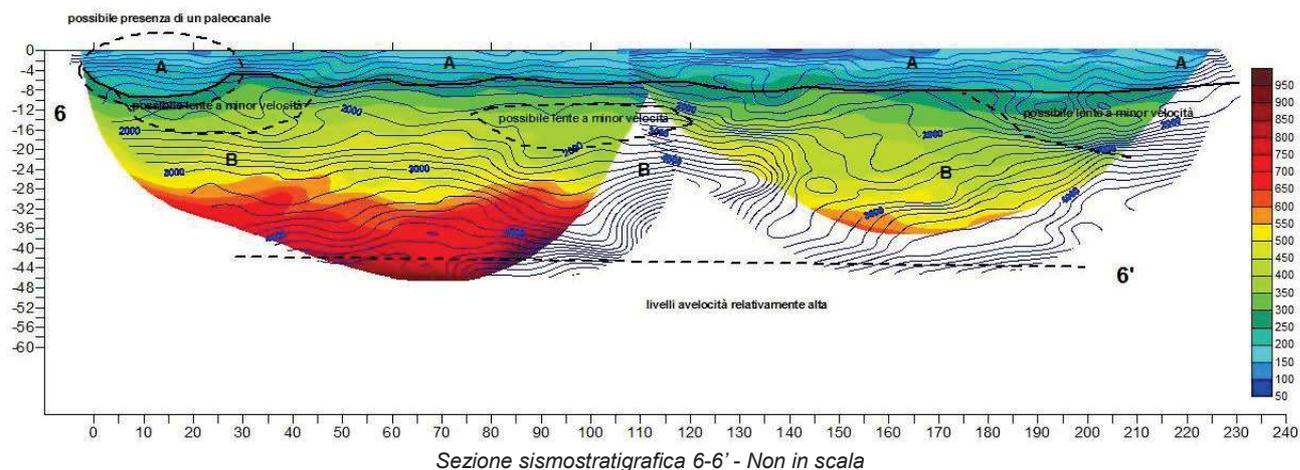
## SEZIONE 6-6'

La sezione 6-6' è la più incerta da un punto di vista della qualità della misura, vista la prossimità della viabilità che genera un rumore di fondo di entità non trascurabile; comunque, anche con tali difficoltà operative, si riesce a determinare il punto di flesso delle dromocrone.

Si nota che l'interfaccia fra il sismostrato A e B si mantiene su quote prossime agli 8 metri rispetto al piano campagna, con terreni che mostrano velocità in Sh, soprattutto nel primo tratto di acquisizione 66'A, superiori a quelle riscontrate nelle sezioni precedenti. Le medesime sembrano scendere nella parte centrale della sezione sovrapposta. A inizio sezione si trova una tipica forma a concava correlabile con un possibile paleoalveo.

All'interno del sismostrato B si rilevano alcune zone caratterizzate da velocità relativamente minori rispetto alle aree circostanti, a testimonianza dell'elevata eterogeneità granulometrica e di costipazione del livello B.

A profondità maggiori di 40 m la sismostratigrafia evidenzia una fascia contraddistinta da un incremento netto delle velocità delle onde P ed Sh.

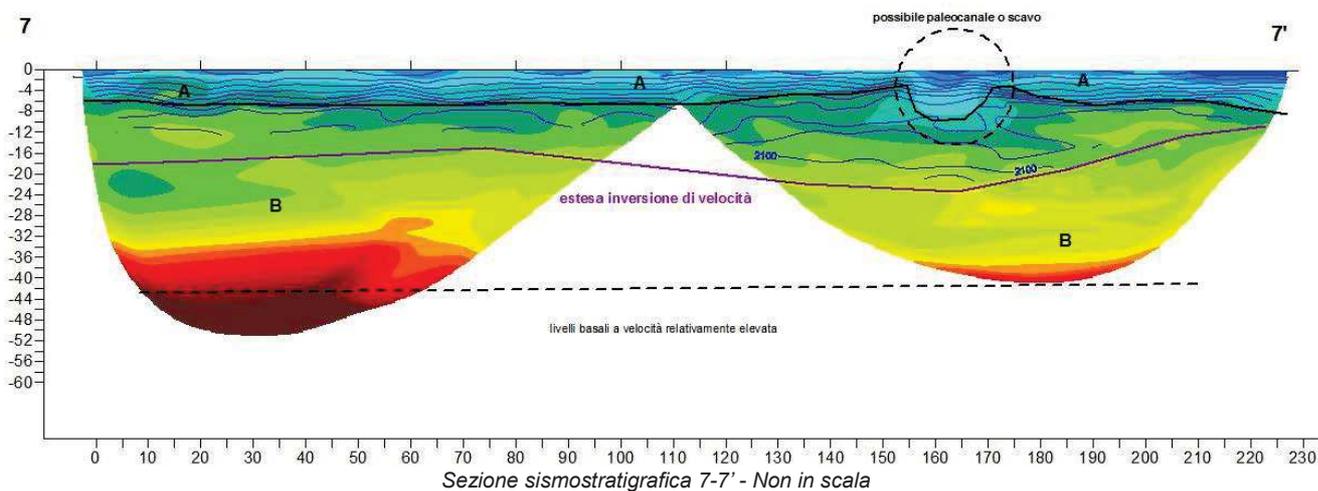


## SEZIONE 7-7'

Il contatto fra il sismostrato A e B si attesta attorno a quote prossime agli 8 metri rispetto al piano campagna. A 160 metri dal punto 0 dello stendimento è centrata un'anomalia netta a forma concava assimilabile ad un possibile scavo reinterrato o ad un paleocanale.

Segue quindi il livello B, che risulta dominato da una forte inversione di velocità attorno a 20 metri rispetto al piano campagna; tale inversione, che interessa soprattutto le acquisizioni in onde P, determinando elevate difficoltà interpretative. Nelle acquisizioni in onde Sh il raggio sismico riesce ad oltrepassare tale inversione di velocità, e si può definire, seppure in maniera molto approssimativa, la presenza di livelli profondi a velocità relativamente elevata.

Nel complesso l'affidabilità della sezione al di sotto della linea di inversione risulta molto bassa.

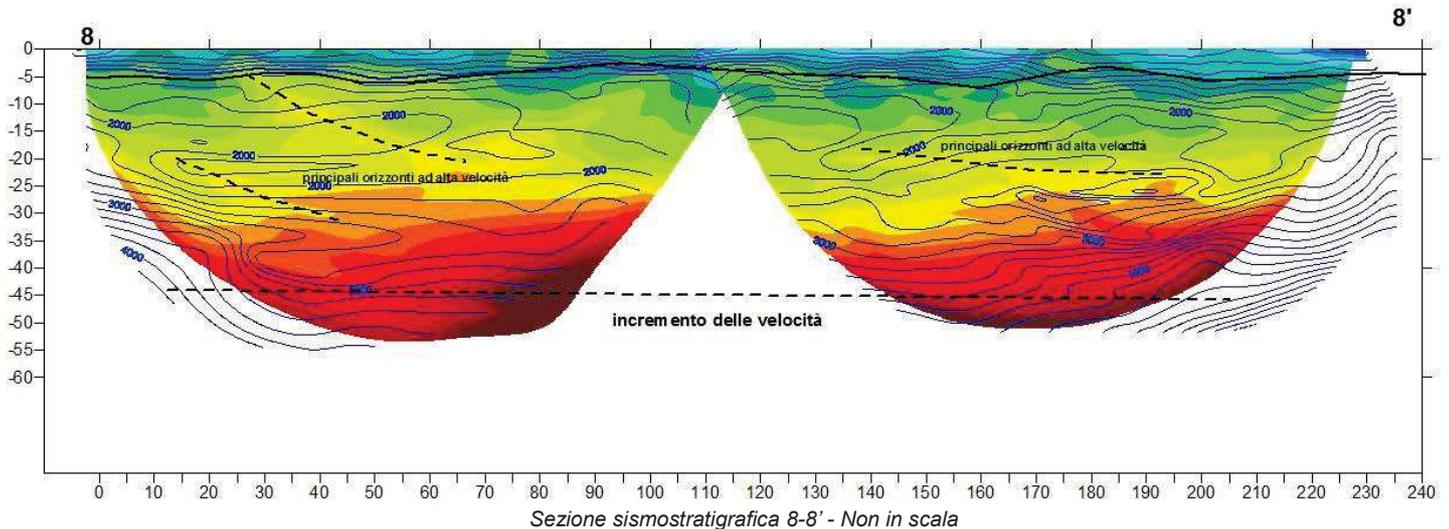


## SEZIONE 8-8'

I terreni superficiali sembrano avere una compattezza superiore rispetto alle altre sezioni eseguite nell'area in analisi; l'orizzonte di contatto fra i sismostrati A e B è posto ad una profondità di circa 5 m rispetto al piano campagna, contro gli usuali 8/10 m degli altri stendimenti geofisici.

Il sismostrato B mostra una serie di inversioni di velocità e zone a velocità minore, caratteristiche tipiche delle successioni stratigrafiche di sedimenti a granulometria eterogenea. Localmente si rileva che tali aree contraddistinte da alta velocità relativa sono subsuperficiali, con quote prossime al piano campagna.

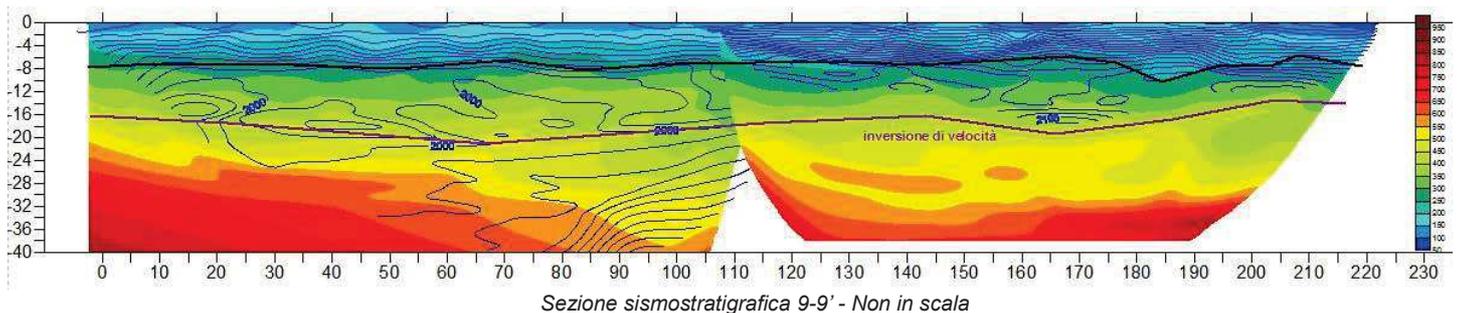
A circa 45 metri rispettiamo al piano campagna si rileva un netto incremento delle velocità.



## SEZIONE 9-9'

Il contatto fra i due sismostrati è posto a profondità comprese fra 7 e 8 metri rispetto al piano campagna. Le velocità delle onde Sh nell'orizzonte superficiale compreso entro 5 metri rispetto al piano campagna sono inferiori a 200 m/s. Si assiste inoltre ad un leggero ispessimento delle coltri di copertura man mano che ci avviciniamo alla parte terminale della sezione; si rileva inoltre una diminuzione delle velocità in onde Sh.

Il sismostrato B è caratterizzato da una serie di inversioni di velocità fino alla profondità di 20 m rispetto al piano campagna.

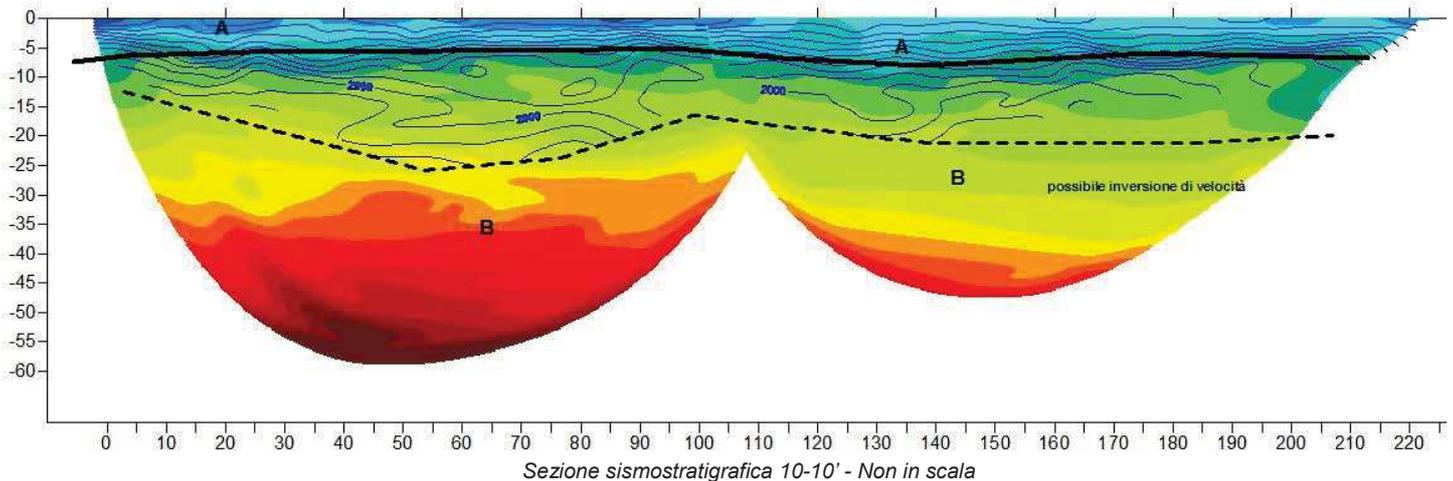


## SEZIONE 10-10'

Il contatto fra i due principali sismostrati A e B varia da profondità comprese fra 6 m e 10 m da piano campagna.

Nella parte iniziale della sezione si riscontrano livelli a bassa compattazione fino a circa 3 metri di profondità; tale fatto è ben visibile soprattutto nell'indagine in onde Sh, mentre l'indagine in onde P evidenzia velocità in aumento costante fino al contatto con il sismostrato B. Fino a profondità comprese fra 20 e 25 metri le velocità hanno un comportamento caotico, con un susseguirsi di variazioni laterali sia in onde Sh che onde in P; al di sotto di tali profondità, una potente inversione oscura le onde di compressione.

Le onde Sh risentono in modo minore di tale fenomeno; l'indagine con tale metodologia pertanto rileva la presenza di un orizzonte a maggiore compattazione ubicato a profondità comprese fra 40 e 50 m.



## SEZIONE 11-11'

Il contatto fra i due principali sismostrati A e B varia da profondità comprese fra 5 m e 10 m da piano campagna. Le onde P fra i due sismostrati incrementano in modo assai repentino, con possibile presenza di falda al contatto.

Si rilevano livelli a compattazione minore nella parte iniziale della sezione. Anche in questo caso assistiamo ad una inversione delle velocità, riscontrata in maniera più importante nella prima parte della sezione.

