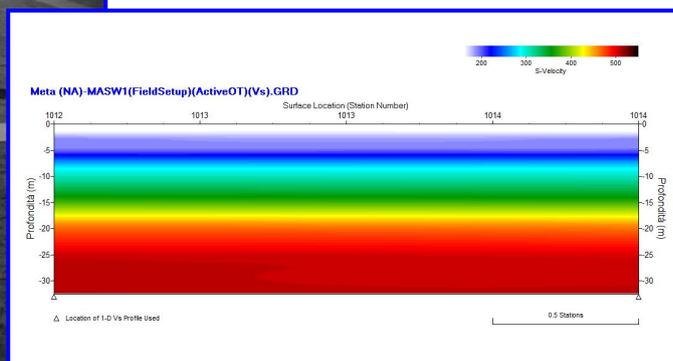
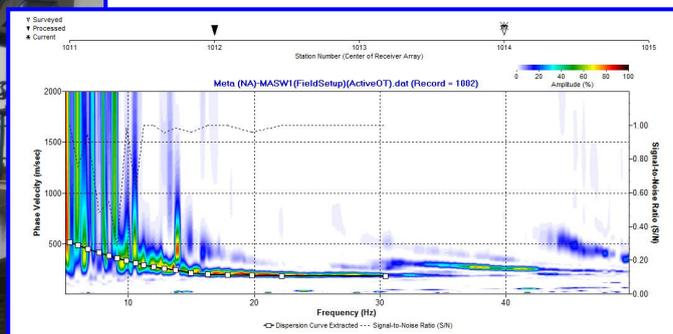
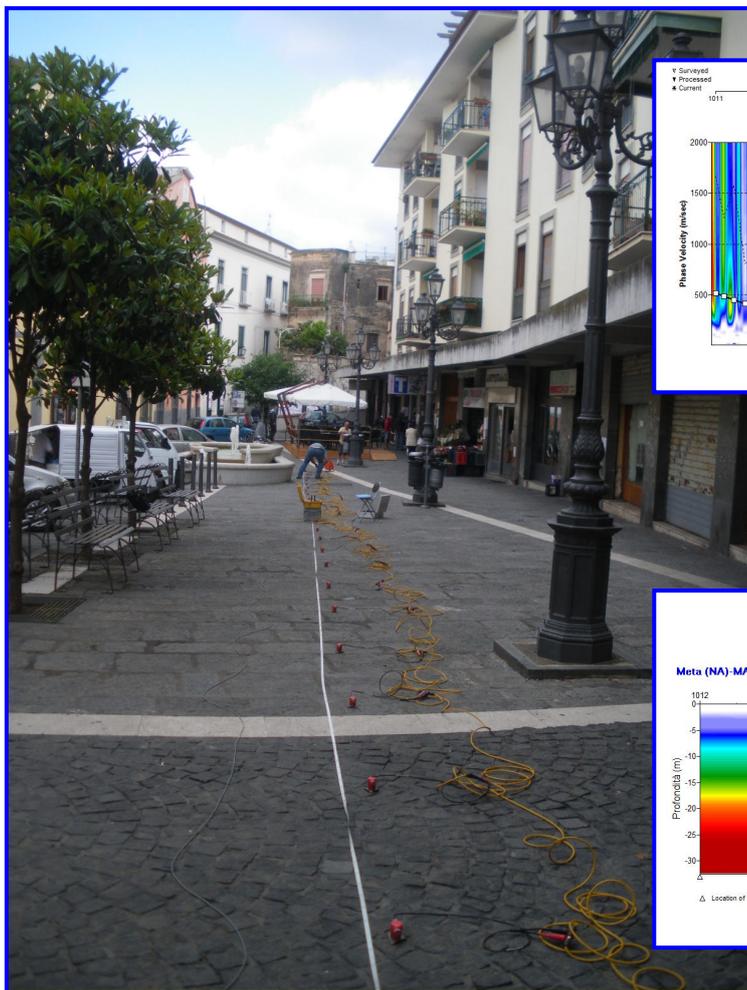


# COMUNE DI META

## PROVINCIA DI NAPOLI



## PROSPEZIONI SISMICHE MASW PER LO STUDIO GEOLOGICO PROPEDEUTICO AL P.U.A. 2

<i>Il Committente</i>	<i>Il Tecnico</i>
<i>Amministrazione Comunale di Meta (NA)</i>	<i>Dr. Geol. Salvatore Esposito</i>
<i>Pompei, Luglio 2013</i>	<i>REV. 0</i>

INDICE

<b>1 - PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2 - PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH .....</b>	<b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b>
<b>3 - PROSPEZIONI SISMICHE MASW .....</b>	<b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b>
<b>4 - INDAGINI ESEGUITE .....</b>	<b>14</b>
<b>5 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI .....</b>	<b>16</b>
<b>6 - INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI .....</b>	<b>32</b>
<b>7 - CONCLUSIONI.....</b>	<b>30</b>

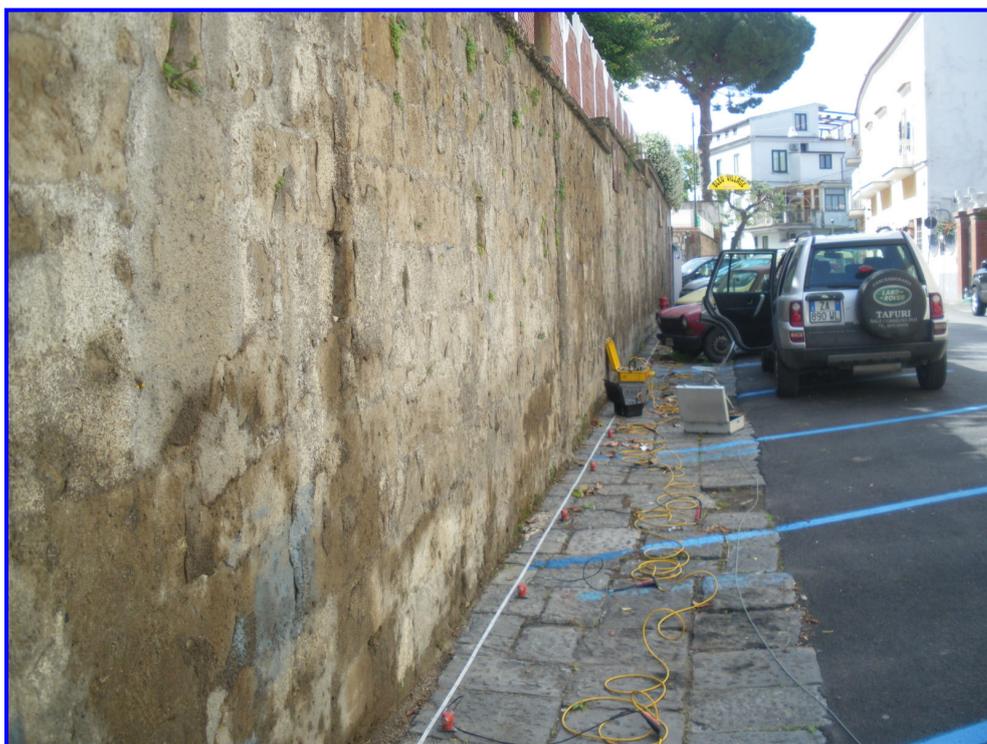
## **1 - PREMESSA**

Su incarico dell' amministrazione comunale di Meta (NA), Giusta D.D. n° 118 del 22.03.2013, al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008), sono state effettuate n. 3 prospezioni sismiche M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) per lo studio geologico propedeutico al P.U.A. 2, nel territorio comunale di Meta (NA) (Figg. 1 – 3),.

Si ricorda altresì che le indagini geofisiche e nella fattispecie le prospezioni sismiche non sono contemplate nella Circolare 8 settembre 2010, n. 7619 e, conseguentemente, secondo le N.T.C. 2008 (D.M. 14/01/2008), non sono soggette a certificazione.



**Fig. 1 – Prospezione sismica MASW n. 1 - via Caracciolo.**



**Fig. 2 – Prospezione sismica MASW n. 2 - via Caracciolo.**

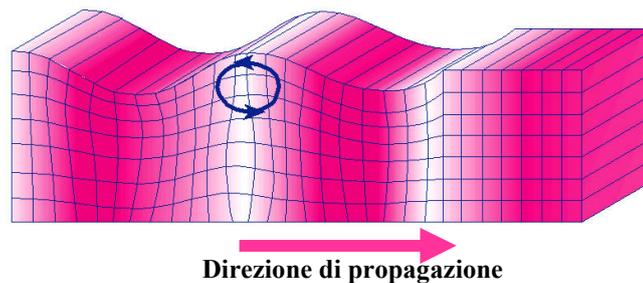


**Fig. 3 – Prospezione sismica MASW n. 3 - via Marconi.**

## 2 - PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 4) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a  $0.92V_S$ . In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e  $0.92V_S$ . La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



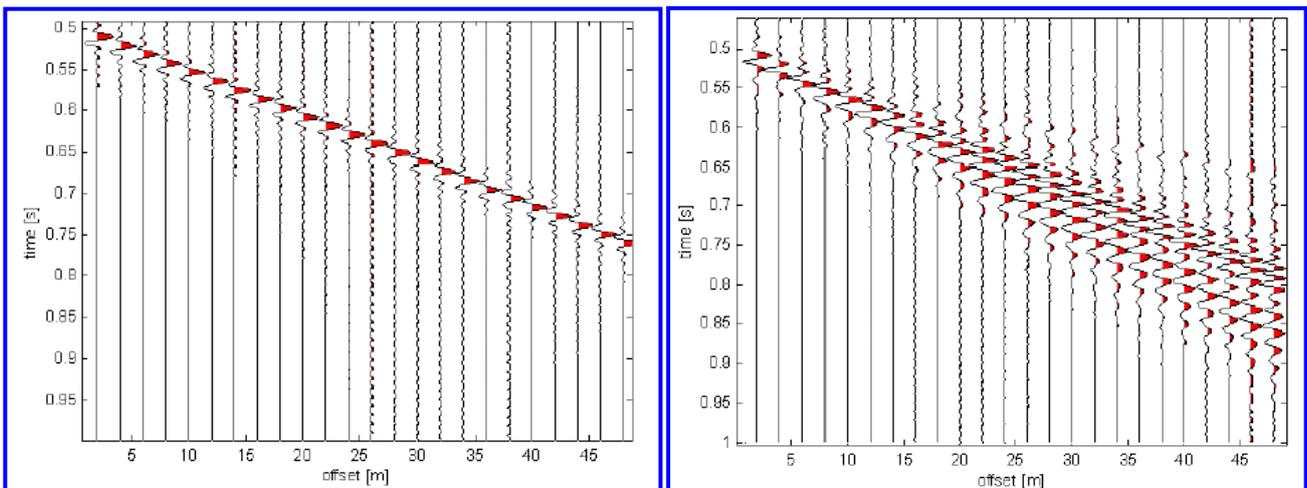
**Fig. 4 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.**

La determinazione della velocità delle onde di taglio  $V_S$  tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%). Inoltre l'ampiezza delle onde superficiali dipende da  $\sqrt{r}$  e non da  $r$  come per le onde di volume.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_P$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_S$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative

antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 14 gennaio 2008). Infatti, mentre la velocità delle onde  $P$  misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde  $S$  è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde  $P$ , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

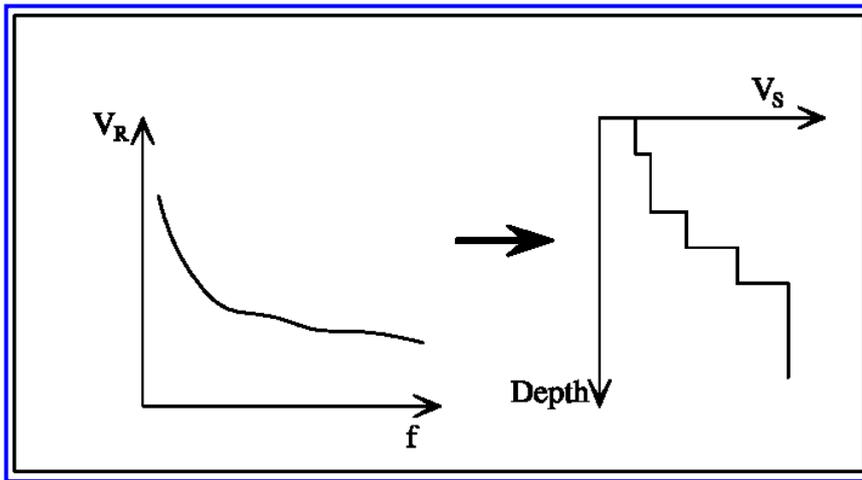
La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_S$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 5).



**Fig. 5 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.**

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione (Fig. 6).

La velocità delle onde di Rayleigh ( $V_R$ ) è pari a circa il 90% delle onde di taglio ( $V_S$ ). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative meno onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione delle  $V_S < 15\%$ .



**Fig. 6 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d’inversione.**

La modellazione del sottosuolo mediante l’impiego di comuni geofoni verticali a  $4.5\text{Hz}$  e l’analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time ANalysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La tecnica ReMi consente di raggiungere profondità ragguardevoli fornendo un profilo verticale medio delle  $V_S$  relative al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento (non rettilineo) messo in opera. Questa tecnica viene estensivamente utilizzata negli Stati Uniti nell’ambito del NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) tanto che il software fornisce anche direttamente il valore di  $V_{S30}$  e la categoria della classificazione del sottosuolo secondo la normativa americana.

Il metodo FTAN per la determinazione delle  $V_{S30}$  (basato sull’analisi della velocità di gruppo delle onde superficiali di Rayleigh) ha bisogno di un solo ricevitore e permette la definizione di un profilo medio su distanze di decine-centinaia di metri. Inoltre il metodo fornisce valori di velocità delle onde di taglio in buon accordo con le misure in foro.

Il metodo SASW (basato sull’analisi della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh) viene generalmente impiegato per la determinazione delle  $V_S$  di strati superficiali ( $<30\text{m}$ ) e per la determinazione delle proprietà elastiche di strade e pavimentazioni (Stokoe & Nazarian, 1985) e, pertanto, sembra essere tra i metodi non invasivi quello più popolare tra gli ingegneri.

La tecnica MASW, fondata sulla tecnica SASW, consente una dettagliatissima ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde  $S$  nel sottosuolo.

### 3 - PROSPEZIONI SISMICHE MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio  $V_S$ . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 7), generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni (Fig. 8);

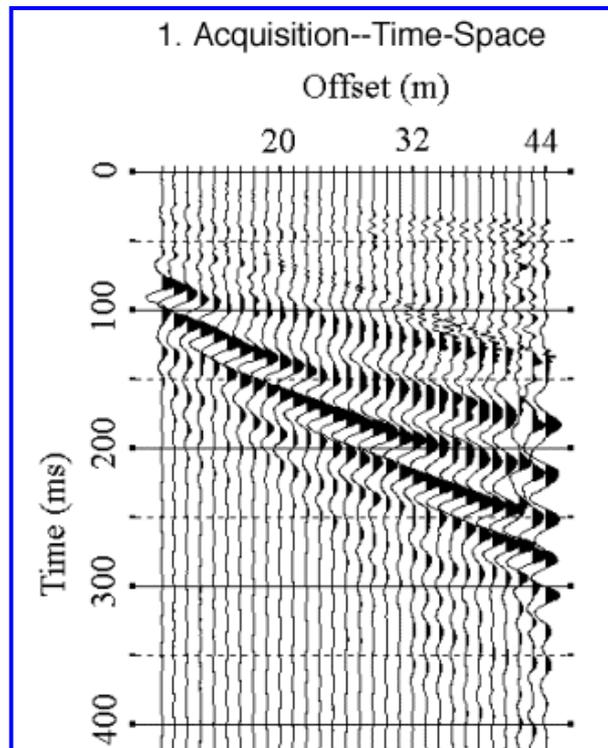


Fig. 7 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

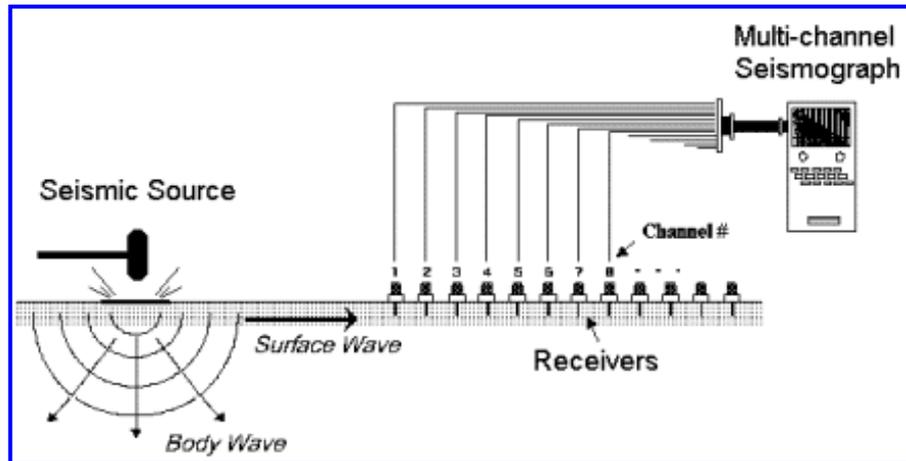


Fig. 8 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

2. Estrazione del modo fondamentale di oscillazione dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 9);

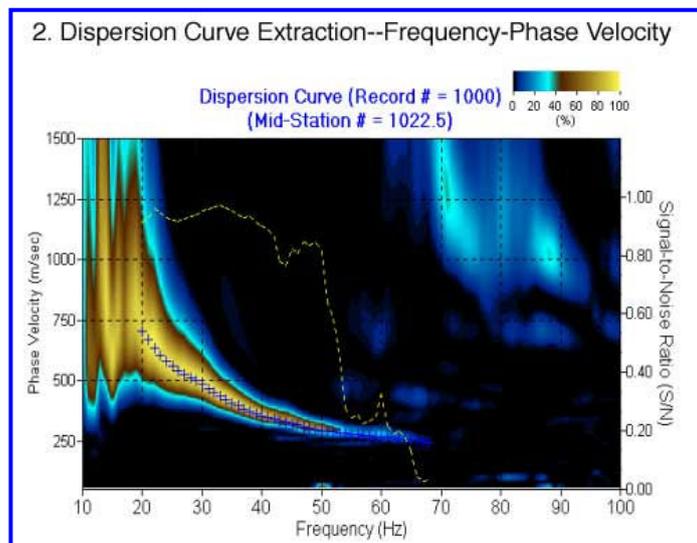
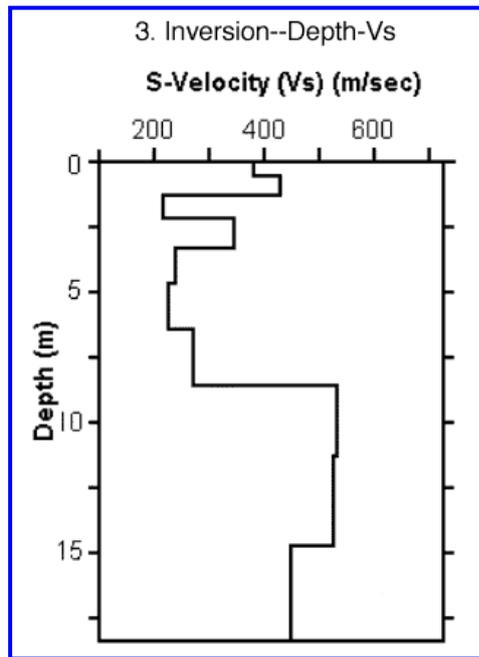


Fig. 9 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle  $V_s$  (Fig. 10) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);



**Fig. 10 – Modello di velocità delle onde di taglio ( $V_S$ ) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a  $1.1V_R$  ( $V_R$ =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa  $0.4\lambda$  ( $\lambda$ =lunghezza d'onda).**

4. Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle  $V_S$  dei terreni con approccio multicanale (Fig. 11).

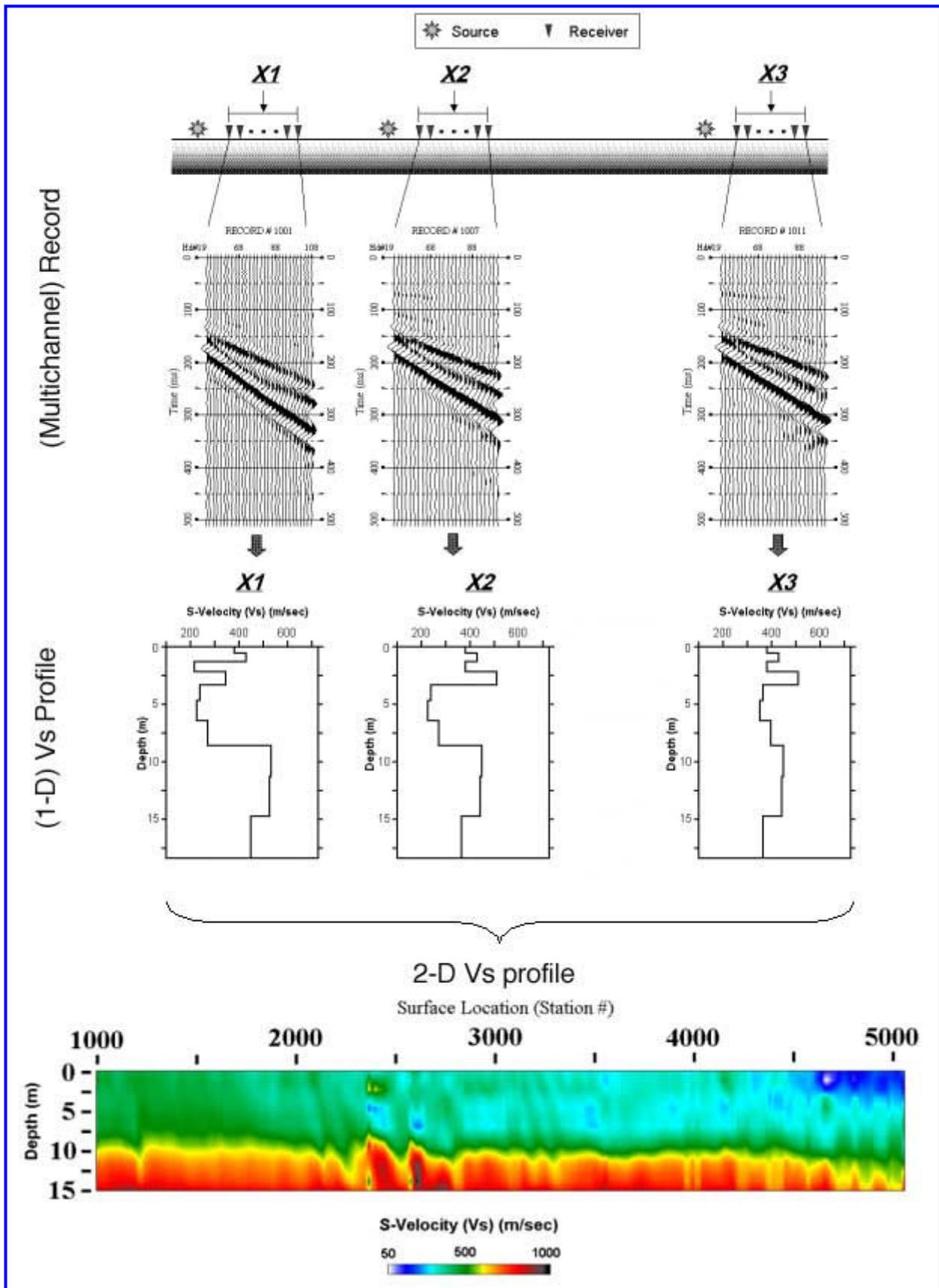


Fig. 11 – Modello 2D di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) ottenuto dalle inversioni delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume ( $P$  ed  $S$ ), sia onde di superficie (Rayleigh e

Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore (Fig. 12).

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana (Fig. 12).

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

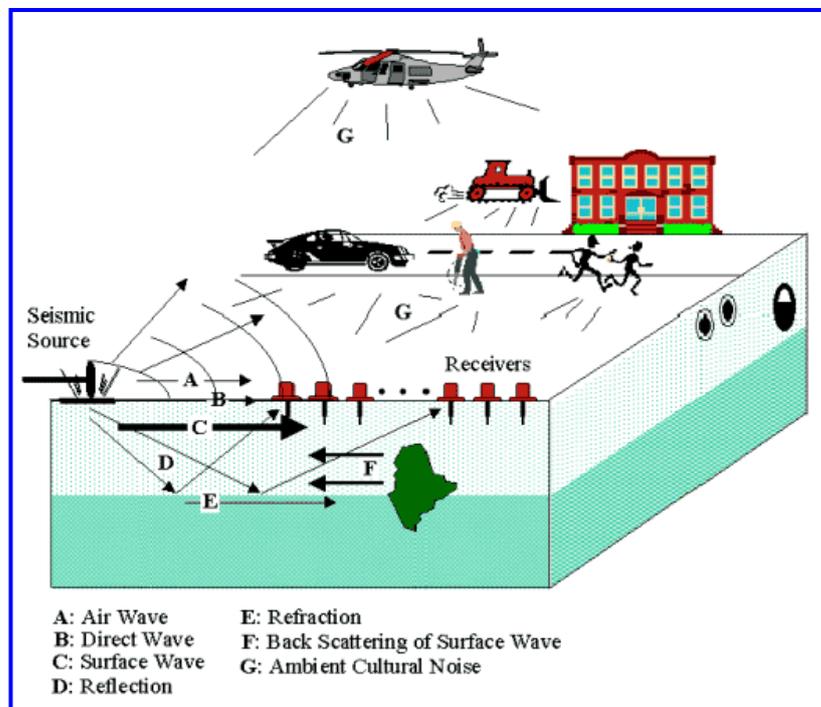


Fig. 12 – Schematizzazione dei vari tipi di onde (di volume e superficiali) e di alcune possibili sorgenti di rumore ambientale.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti (Fig. 13) in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Fig. 14).

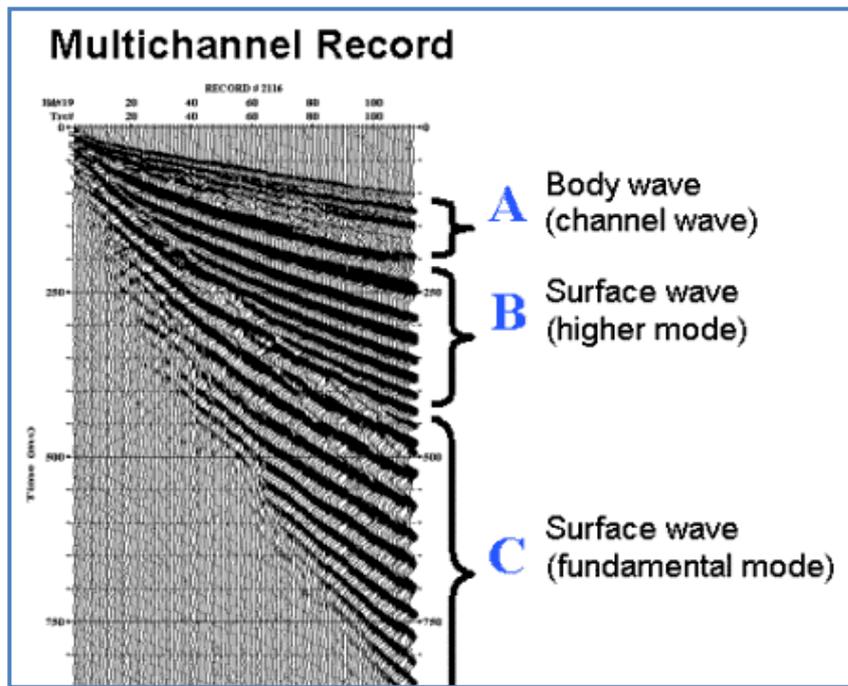


Fig. 13 – Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).

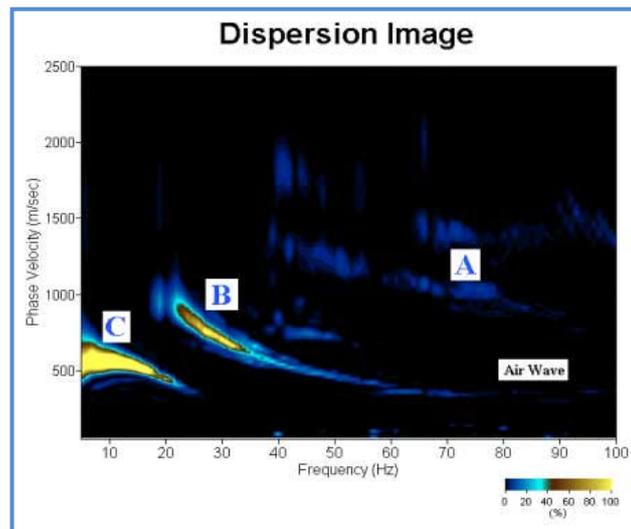


Fig. 14 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh relativa ai segnali sismici in Fig. 13. Il picco energetico in corrispondenza di C rappresenta, nel modello della dispersione, il modo fondamentale da estrarre. Il picco energetico in B rappresenta il primo modo mentre quello in A, poco evidente, rappresenterebbe il secondo modo.

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

#### 4 - INDAGINI ESEGUITE

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo nell'intera area oggetto di indagine, sono state eseguite n.3 prospezioni sismiche MASW (Figg. 1 – 3), con le seguenti caratteristiche (Tab. 1):

<i>Prospezione sismica</i>	<i>Lunghezza complessiva dello stendimento (m)</i>	<i>Offset e spacing (m)</i>	<i>Direzione</i>	<i>coordinate geografiche WGS84</i>	
				<i>N</i>	<i>E</i>
<i>MASW n.1</i>	<i>37.50</i>	<i>1.50</i>	<i>N 330°E</i>	<i>40.64413°</i>	<i>14.41114°</i>
<i>MASW n.2</i>	<i>37.50</i>	<i>1.50</i>	<i>N 170°E</i>	<i>40.64727°</i>	<i>14.41015°</i>
<i>MASW n.3</i>	<i>37.50</i>	<i>1.50</i>	<i>N 160°E</i>	<i>40.64229°</i>	<i>14.41374°</i>

Tab. 1 – Riepilogo caratteristiche delle fasi di acquisizione relative agli stendimenti geofonici messi in opera.

Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)].

L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise).

La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le operazioni toccando con un pennino gli oggetti interessati direttamente sullo schermo.

L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP embedded.

La sorgente sismica (Fig. 15) è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 10kg che batte su una piastra circolare in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della piastra.

Quando la battuta sulla superficie della piastra non risultava netta o veniva colpita due volte erroneamente, la prova veniva ripetuta.

La sorgente è stata posizionata all'inizio e alla fine di ogni stendimento geofonico, con offset variabili, in modo tale da ottenere profili sismici diretti ed inversi. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo i profili di indagine con spacing predefiniti (Figg. 1 – 3; Tab. 1). La lunghezza complessiva di ogni stendimento

geofonico è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni nei siti prescelti fino alla profondità massima di 33.3m dal p.c..

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.



**Fig. 15 – Sorgente energizzante, costituita da massa battente su piastra di alluminio. Come starter/trigger è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz.**

## **5 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI**

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale  $T=2.048s$ , sono state effettuate con passo di campionamento  $dt=0.5ms$ . La frequenza di campionamento è data da:  $f_{\text{campionamento}}=1/dt=2000Hz$ . La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da:  $f_{\text{Nyquist}}=1/2dt=1000Hz$ . La frequenza minima dei segnali è data da:  $f_{\text{min}}=1/T=0.488Hz$ .

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh sono state effettuate con il programma SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione di n. 3 sezioni sismostratigrafiche 2D delle  $V_S$  (Fig. 22; Fig. 29; Fig. 36).

Gli elaborati relativi alle prove effettuate sono di seguito riportati (Figg. 16 - 36).

RECORD # 1001

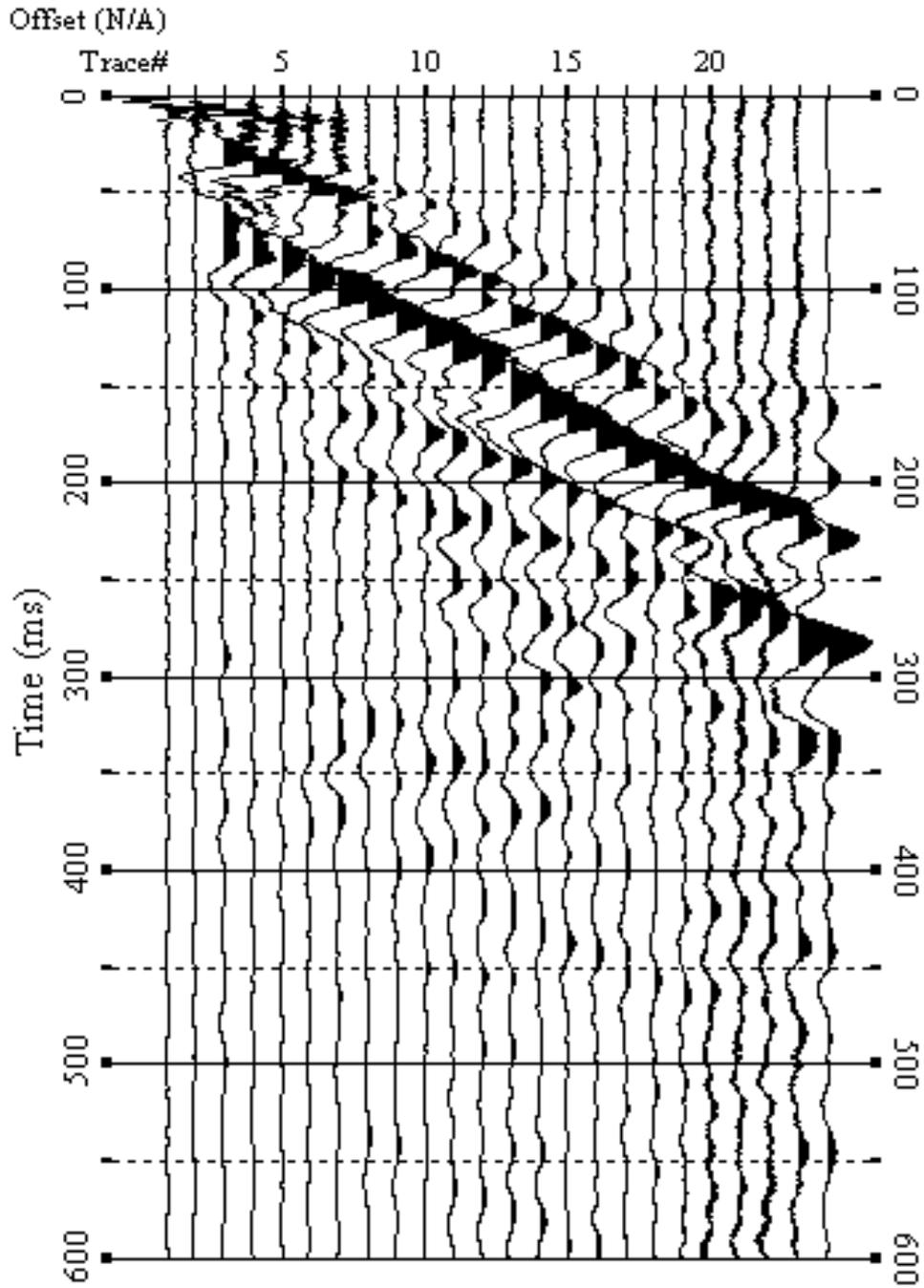


Fig. 16 – Sismogrammi relativi all’indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 1. Finestra temporale [0-600]ms.

RECORD # 1002

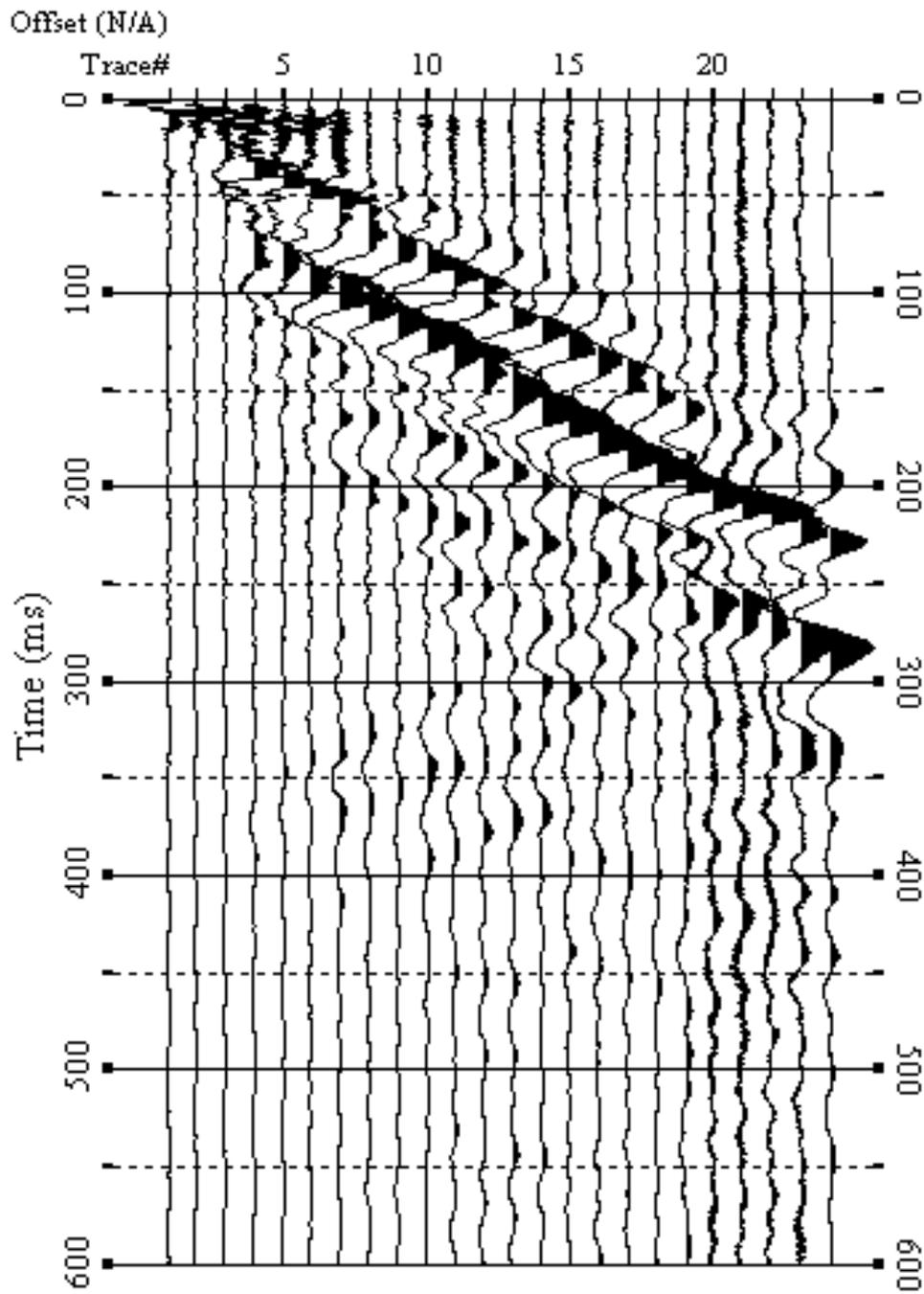


Fig. 17 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2. Finestra temporale [0-600]ms.

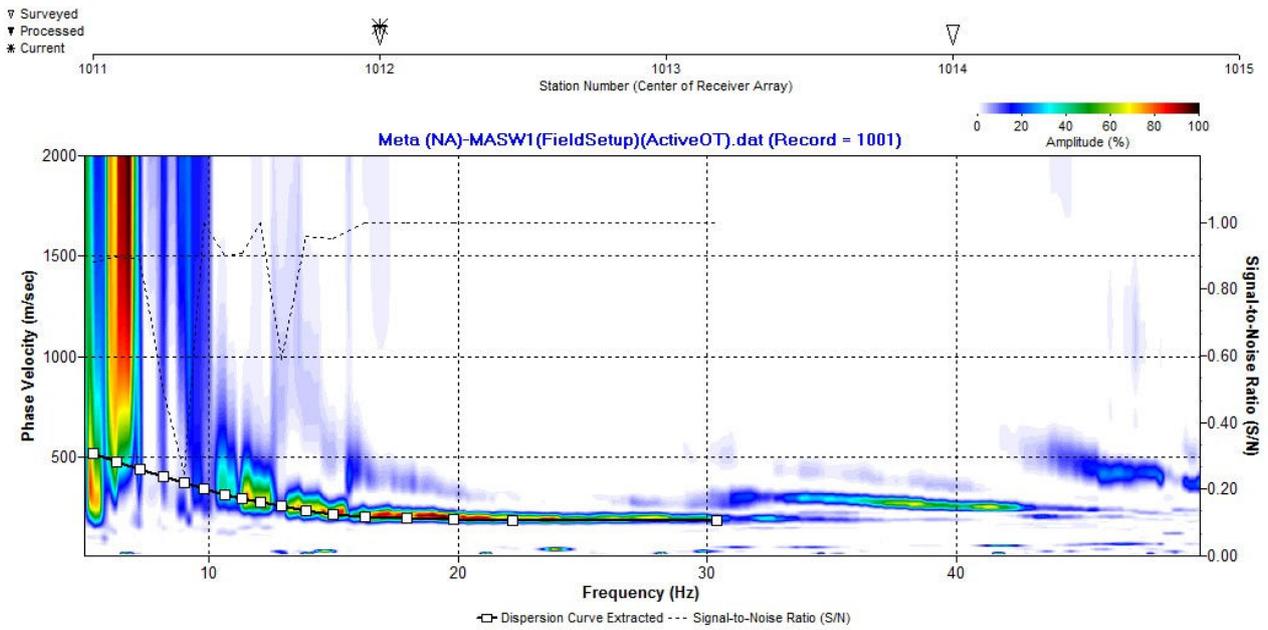


Fig. 18 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 1.

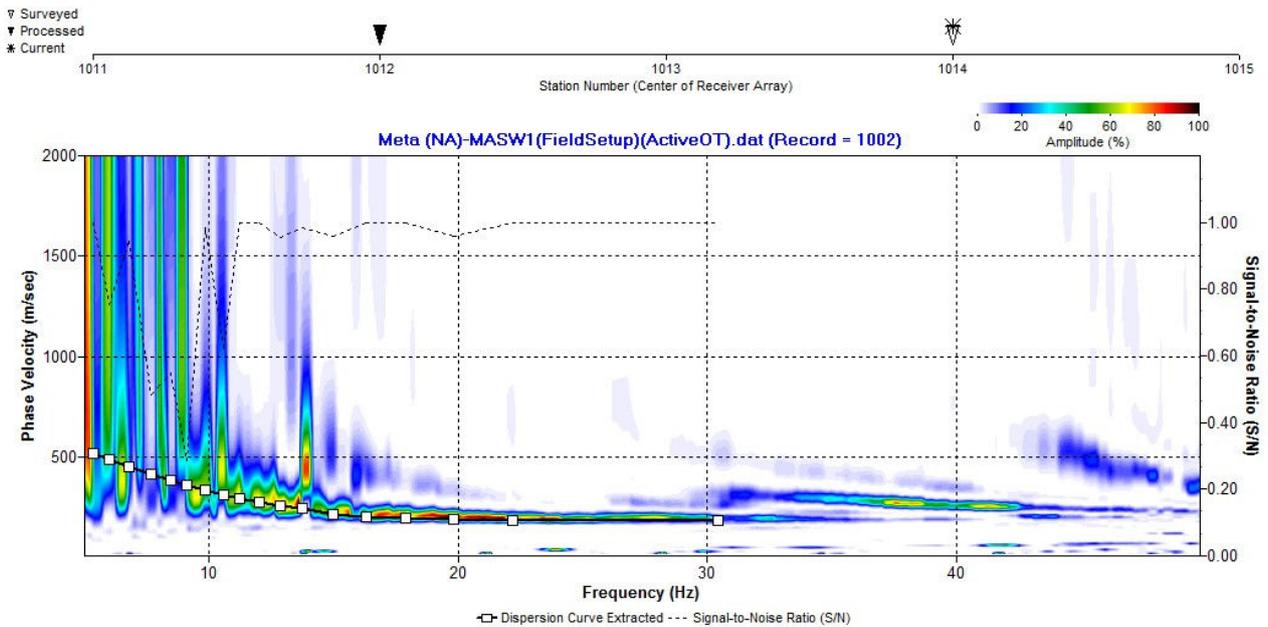


Fig. 19 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2.

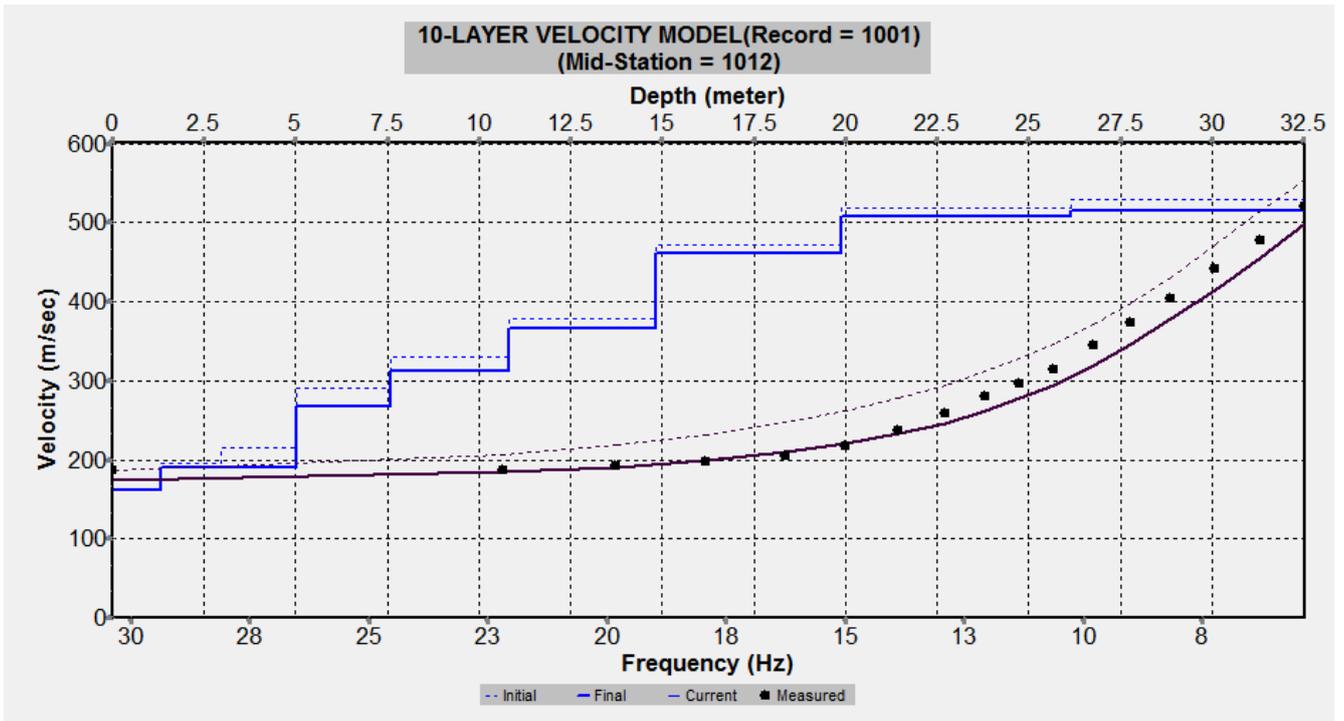


Fig. 20 – Profilo verticale 1D delle  $V_S$  ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 1.

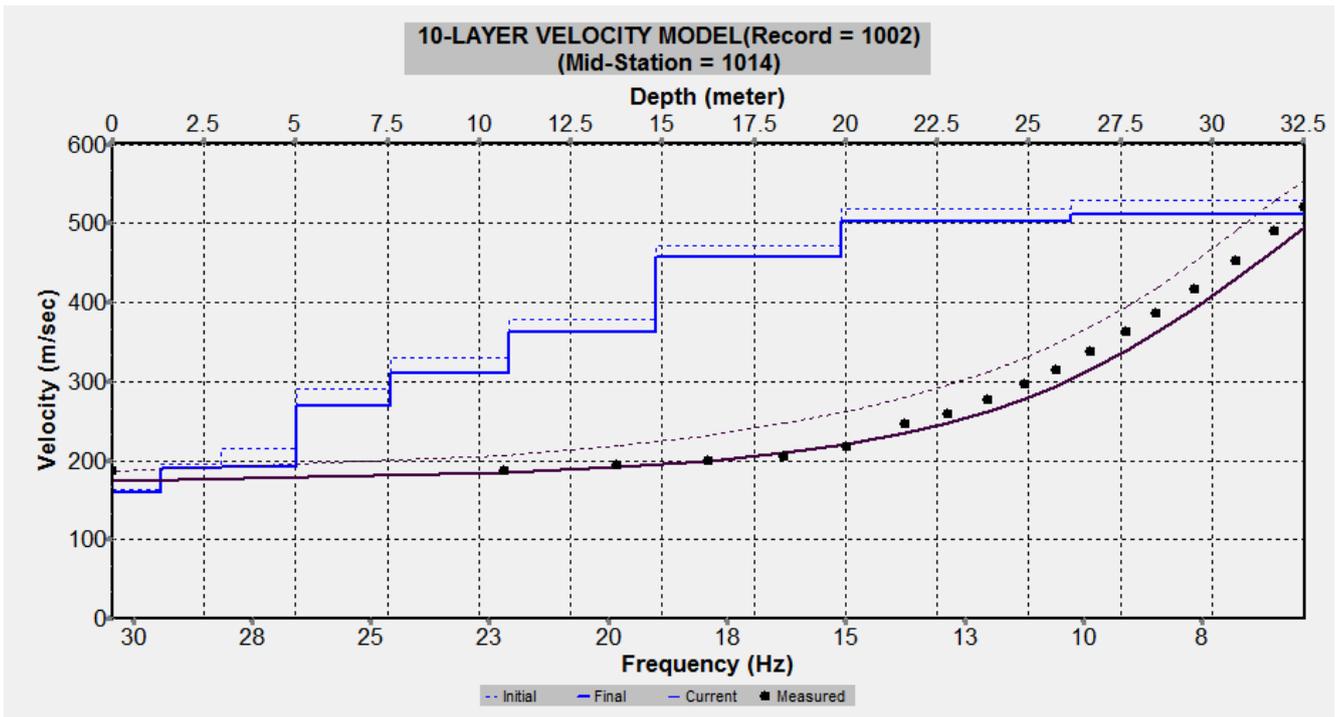
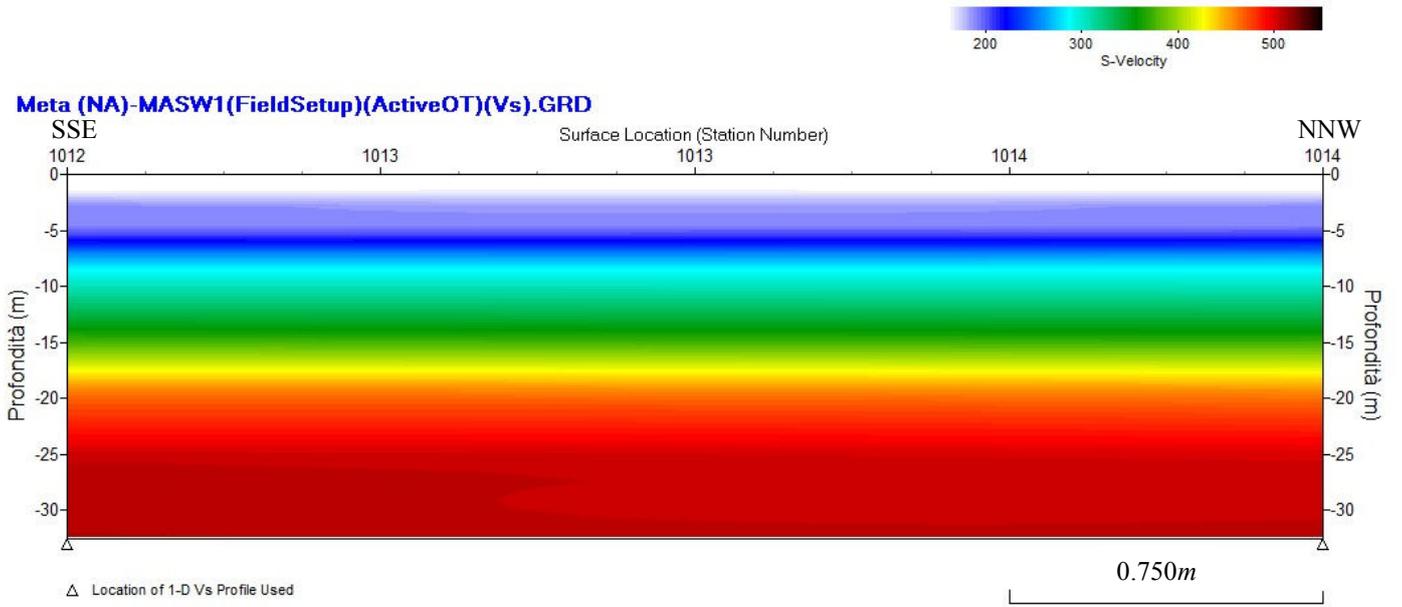


Fig. 21 – Profilo verticale 1D delle  $V_S$  ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 2.



**Fig. 22 – Modello sismostratigrafico 2D delle  $V_s$  ottenuto dall'indagine Sismica MASW n. 1.**

RECORD # 1001

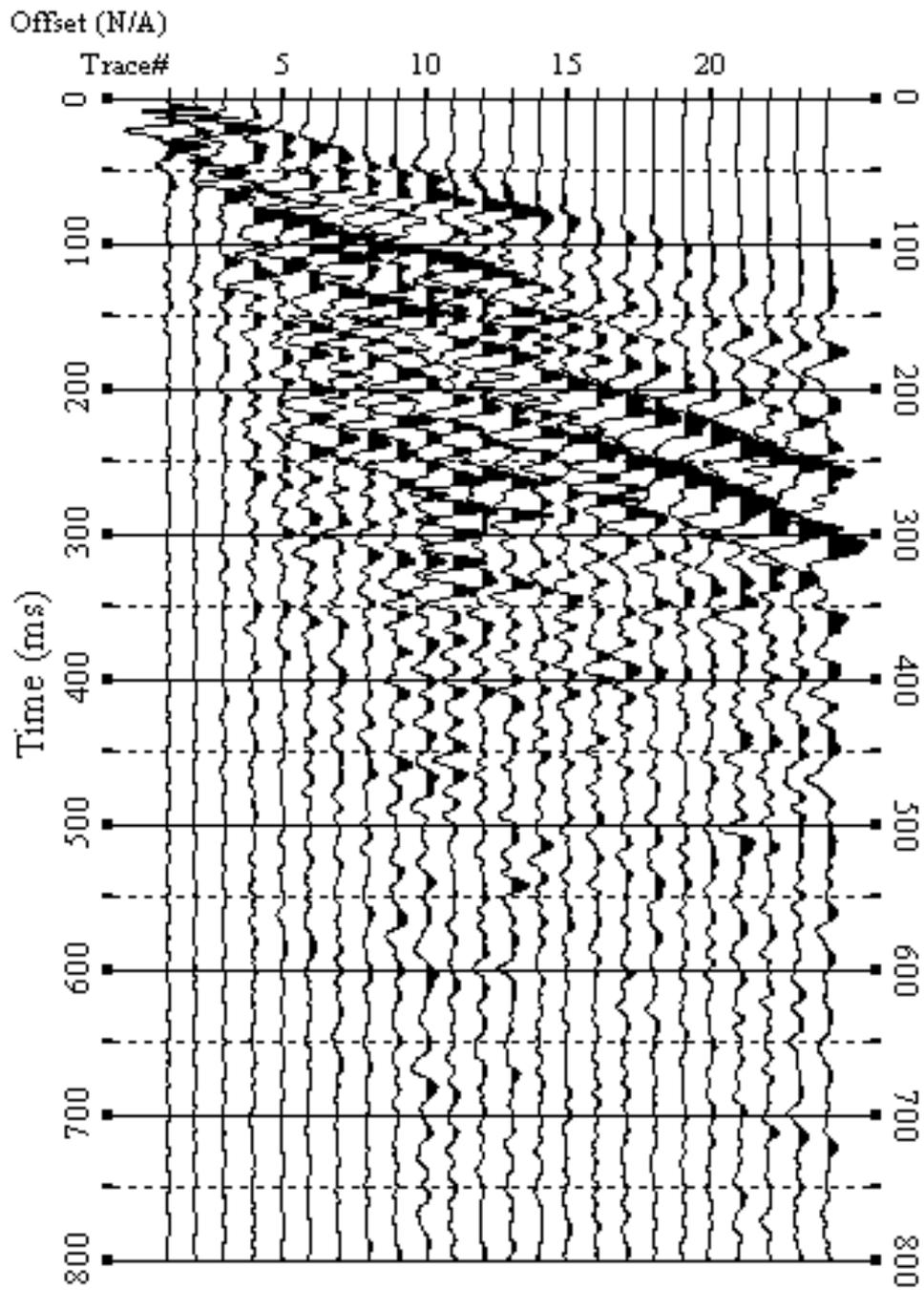


Fig. 23 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 2: acquisizione n. 1. Finestra temporale [0-800]ms.

RECORD # 1002

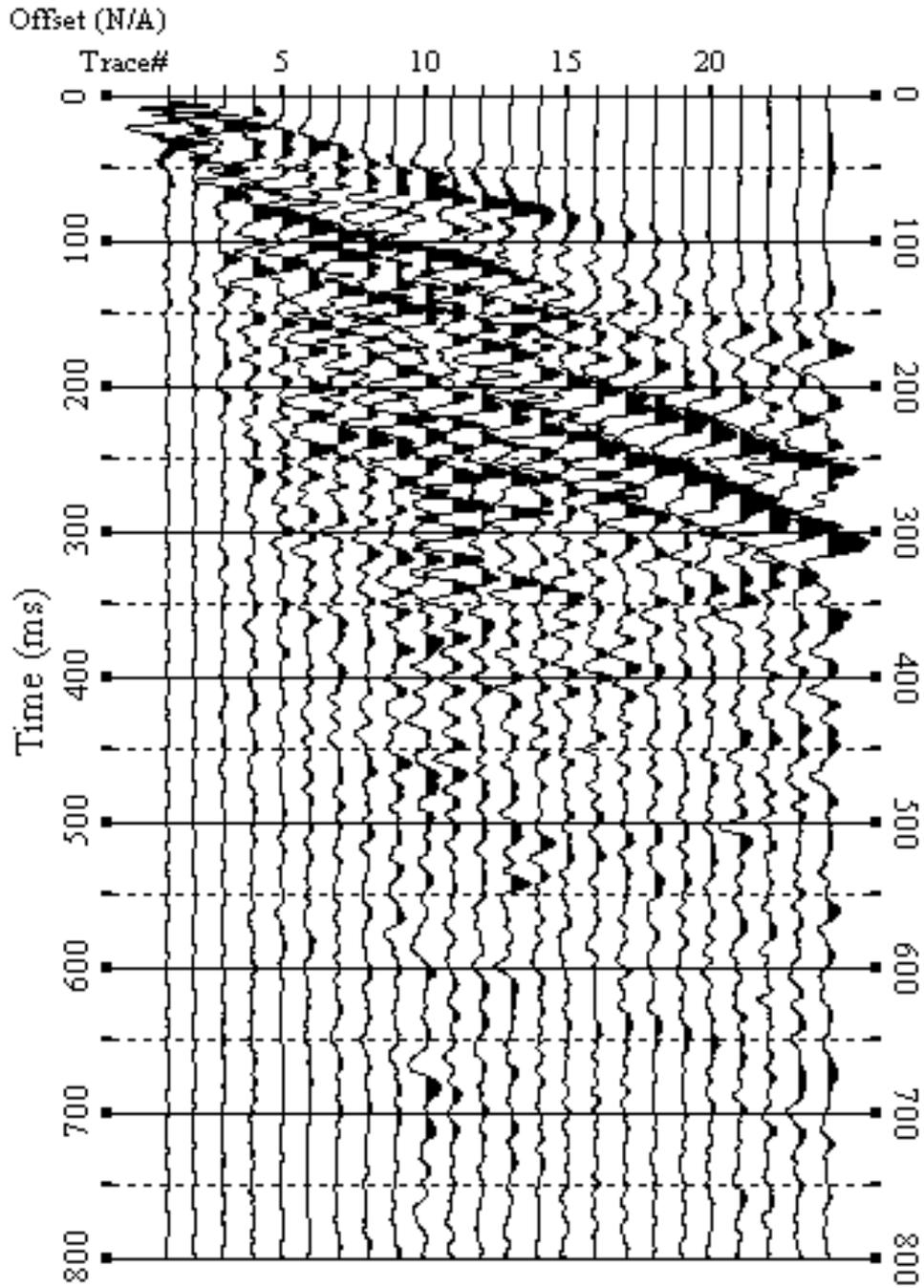


Fig. 24 – Sismogrammi relativi all’indagine Sismica MASW n. 2: acquisizione n. 2. Finestra temporale [0-800]ms.

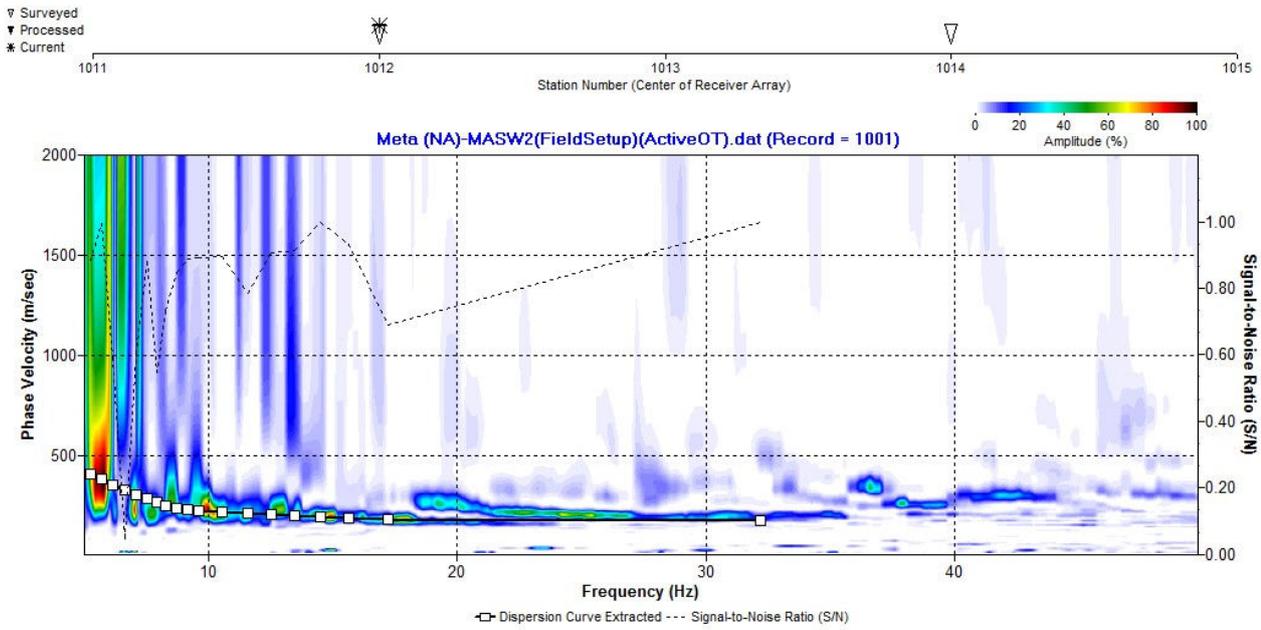


Fig. 25 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 2: acquisizione n. 1.

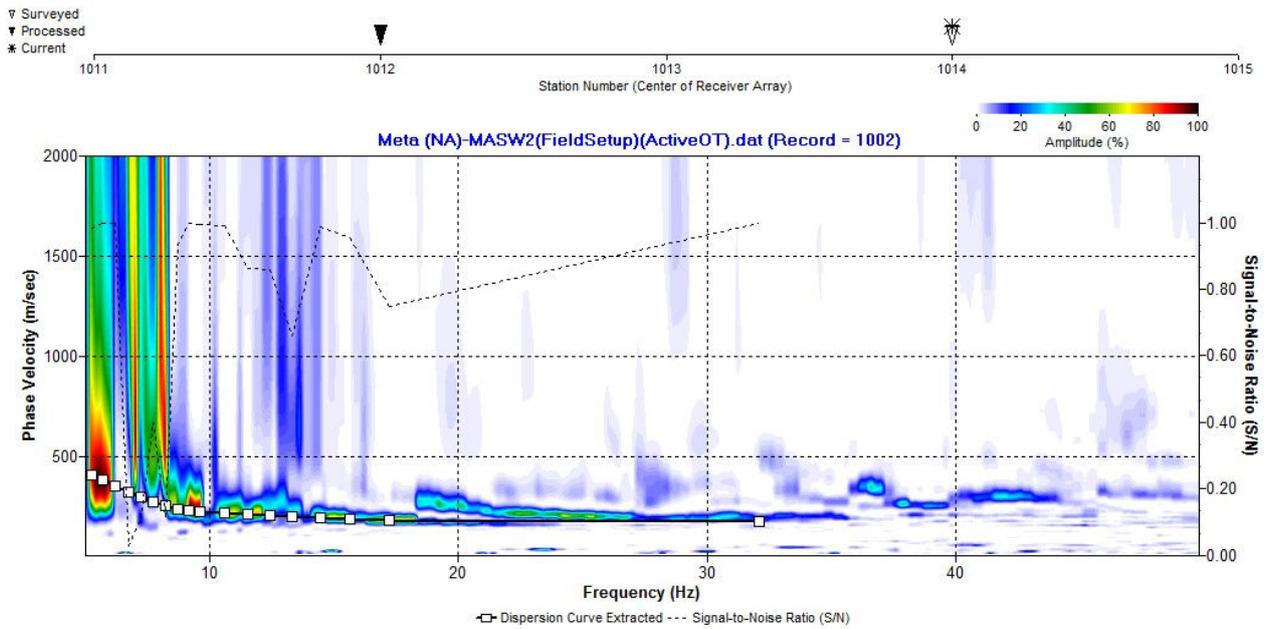


Fig. 26 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 2: acquisizione n. 2.

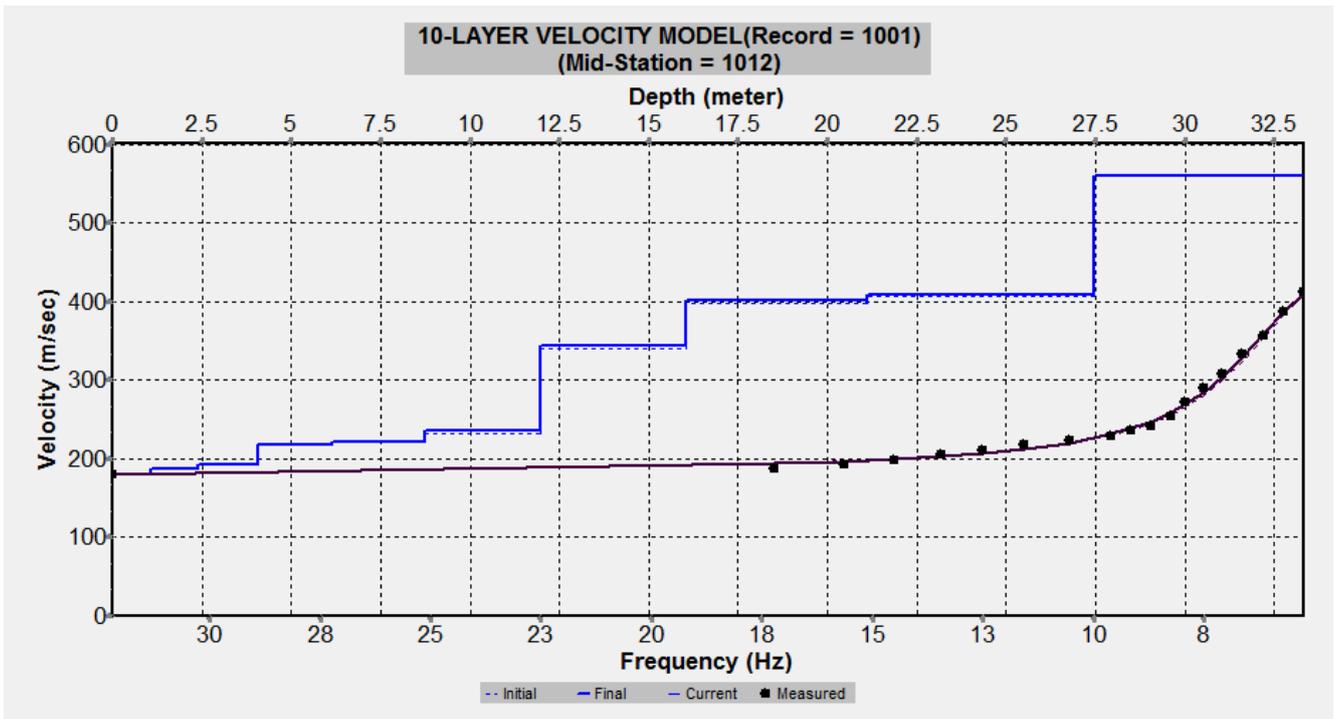


Fig. 27 – Profilo verticale 1D delle  $V_S$  ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 2 - acquisizione n. 1.

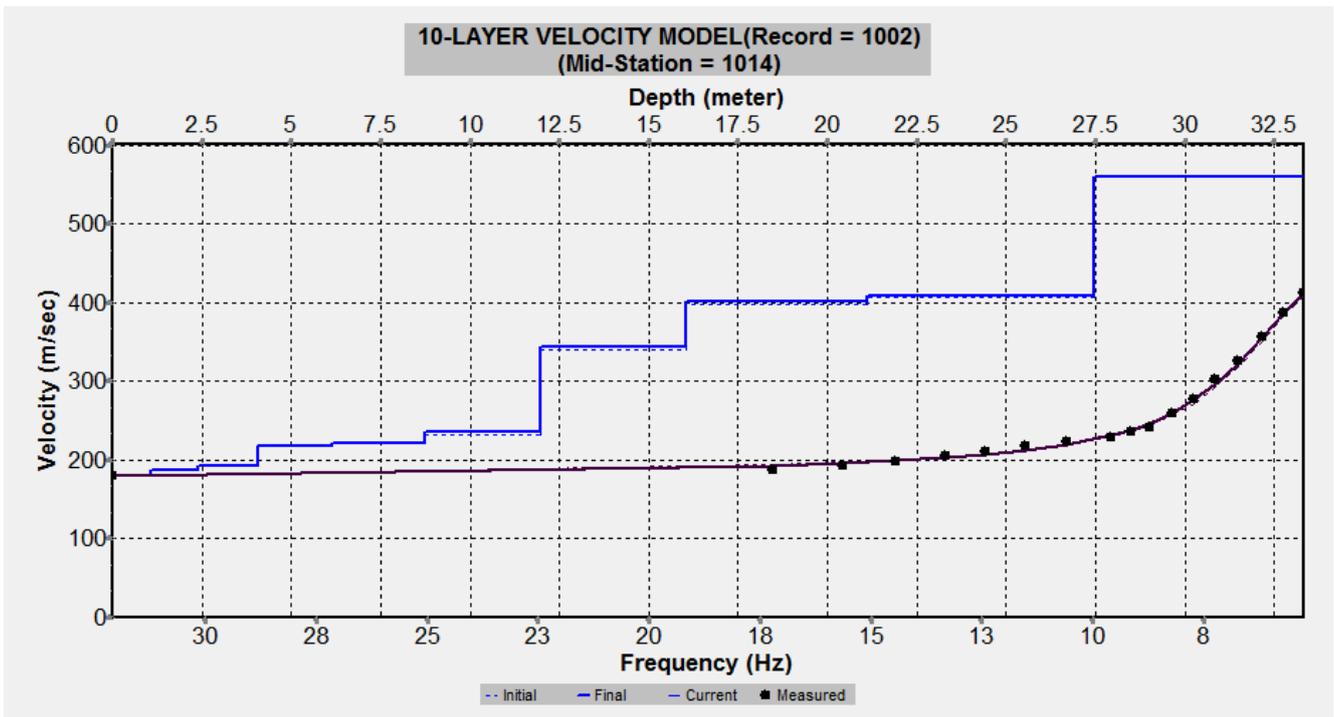


Fig. 28 – Profilo verticale 1D delle  $V_S$  ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 2 - acquisizione n. 2

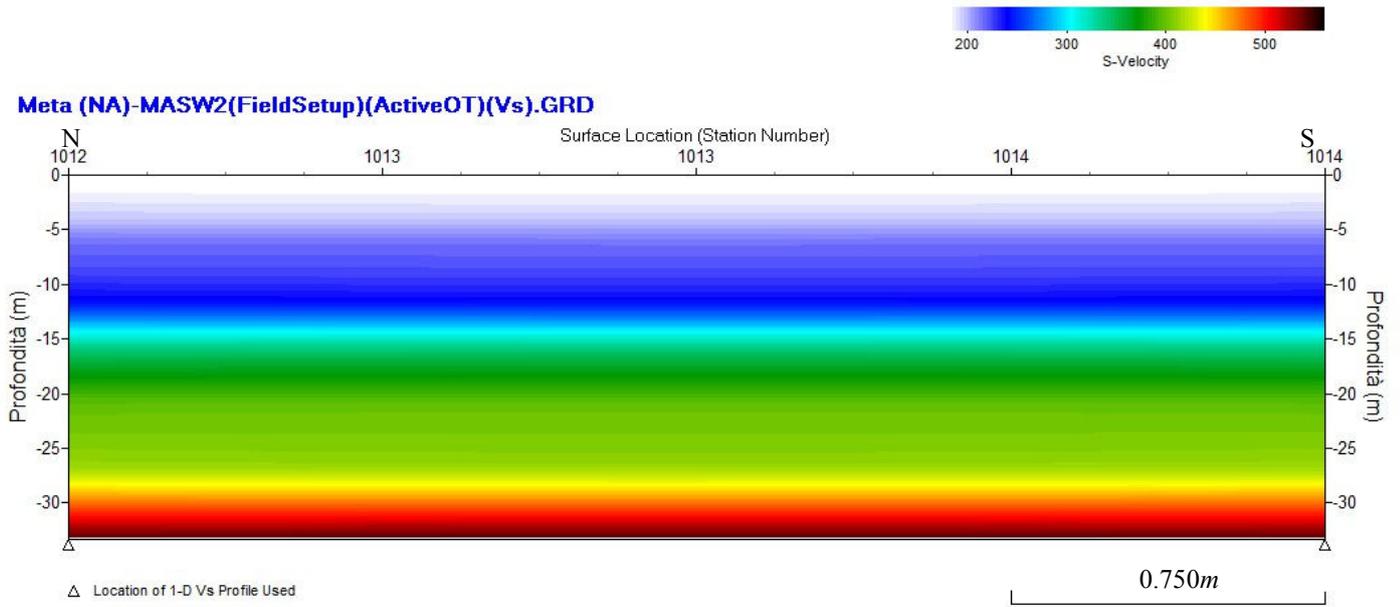


Fig. 29 – Modello sismostratigrafico 2D delle VS ottenuto dall'indagine Sismica MASW n. 2

RECORD # 1001

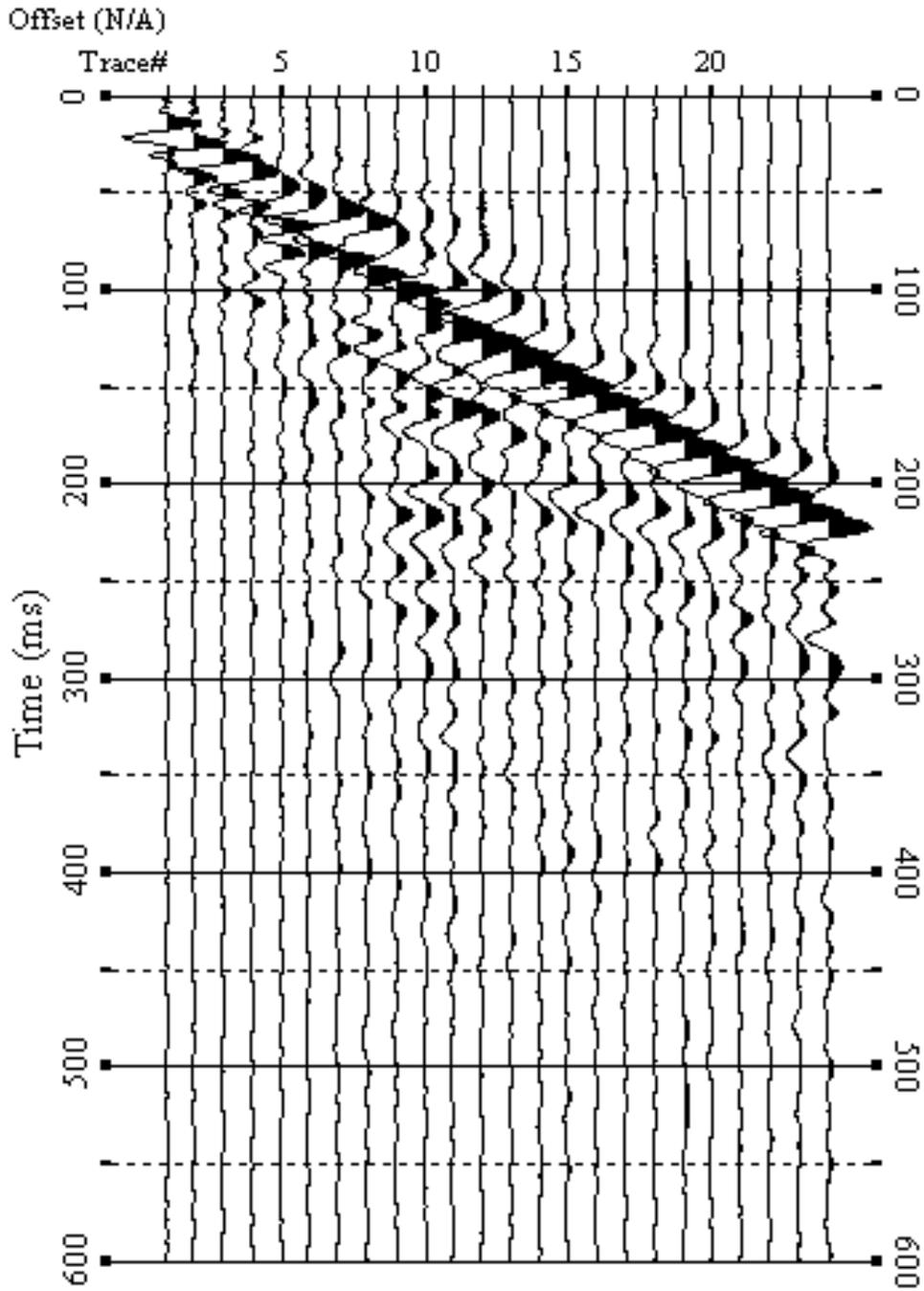


Fig. 30 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 3: acquisizione n. 1. Finestra temporale [0-600]ms.

RECORD # 1002

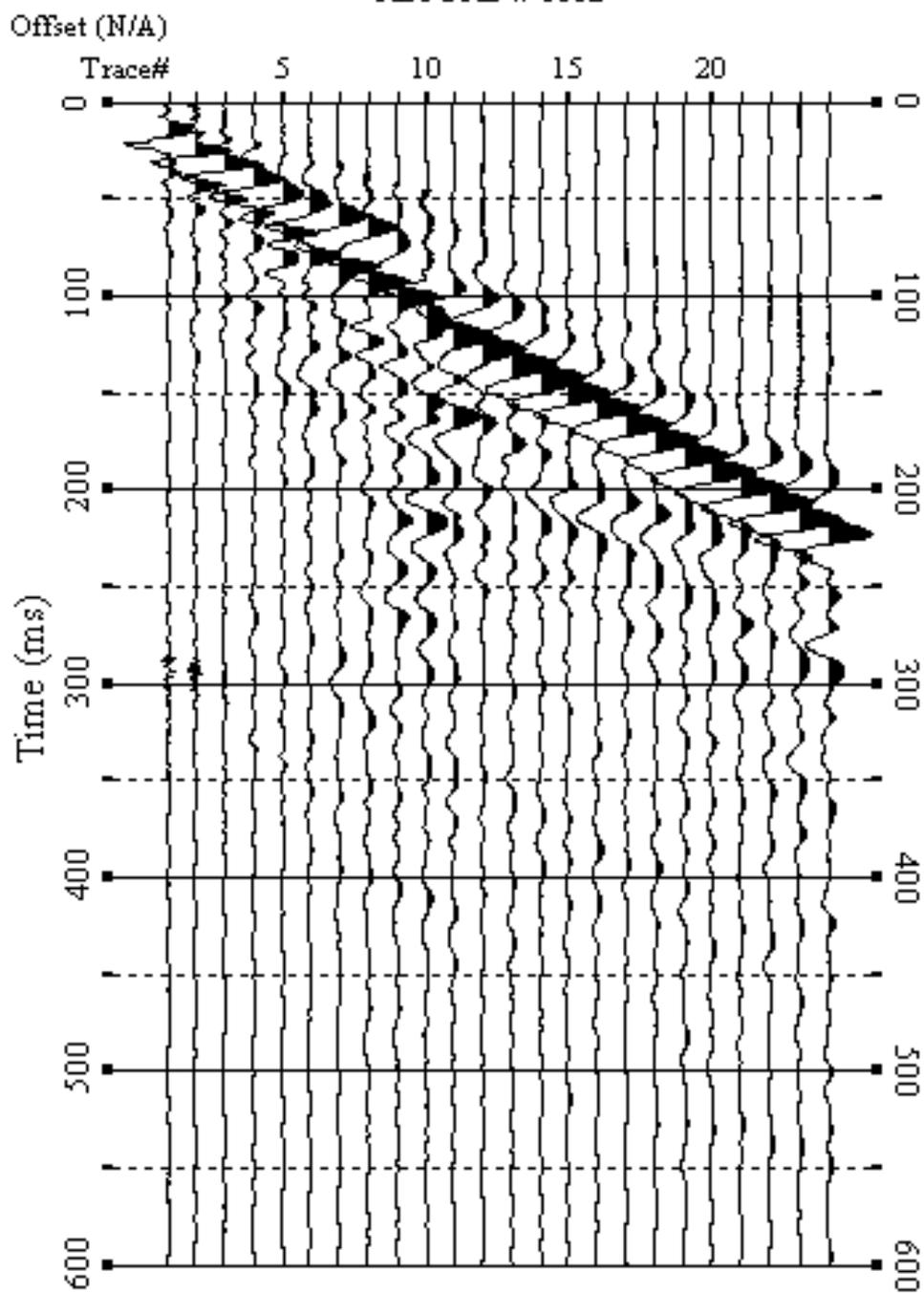


Fig. 31 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 3: acquisizione n. 2. Finestra temporale [0-600]ms.

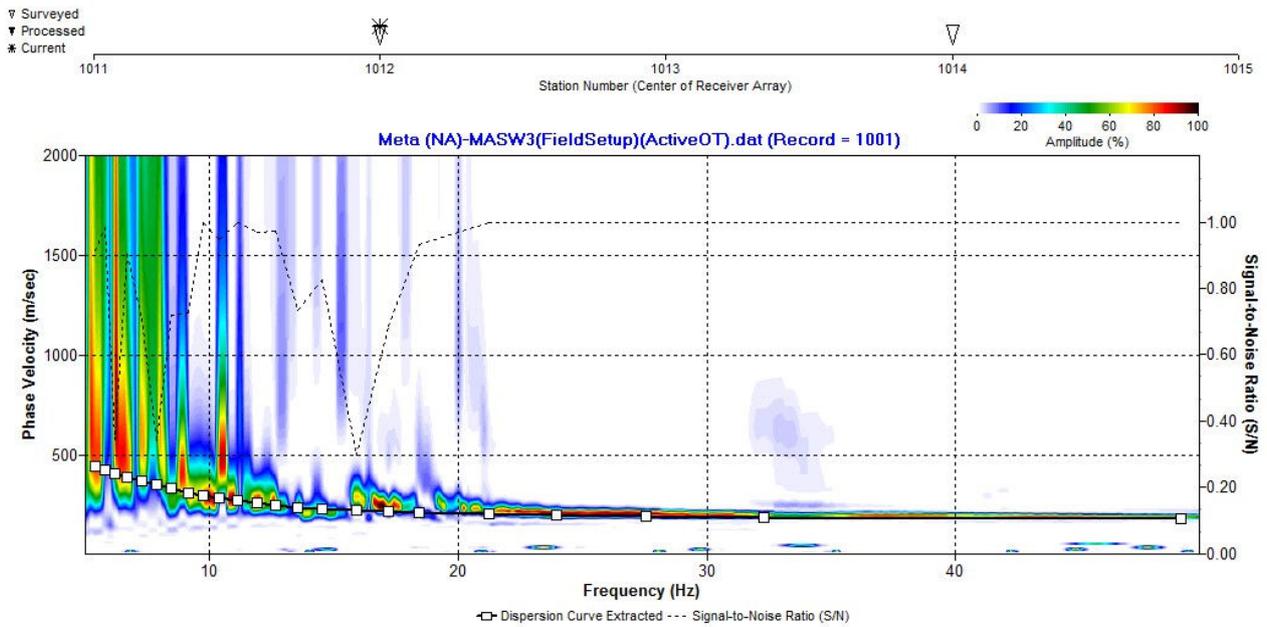


Fig. 32 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 3: acquisizione n. 1.

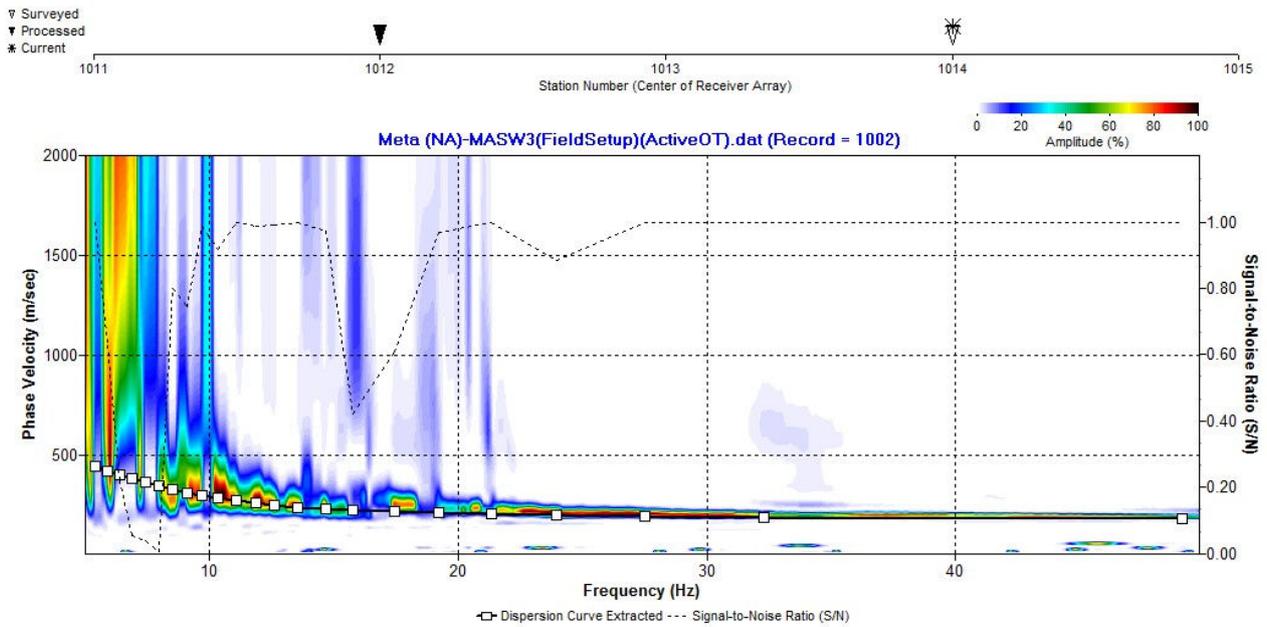


Fig. 33 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 3: acquisizione n. 2.

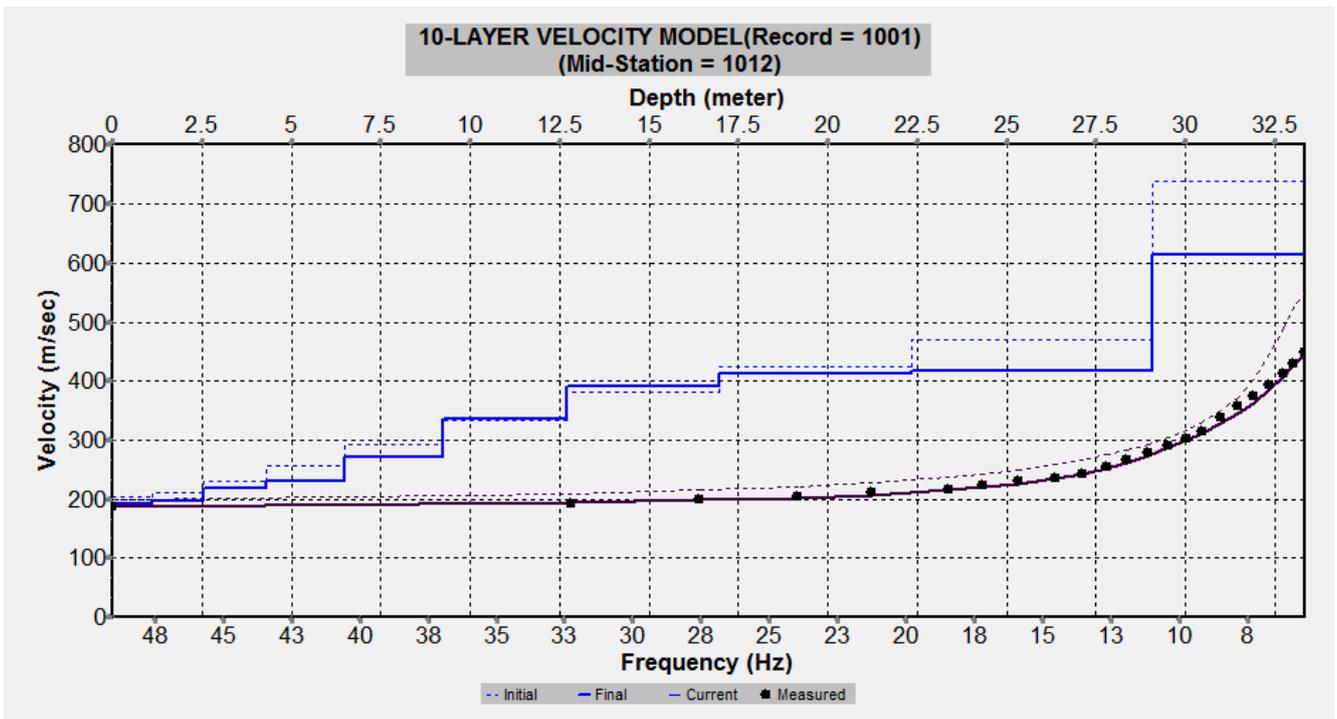


Fig. 34 – Profilo verticale 1D delle VS ottenuto dall’inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 3 - acquisizione n. 1.

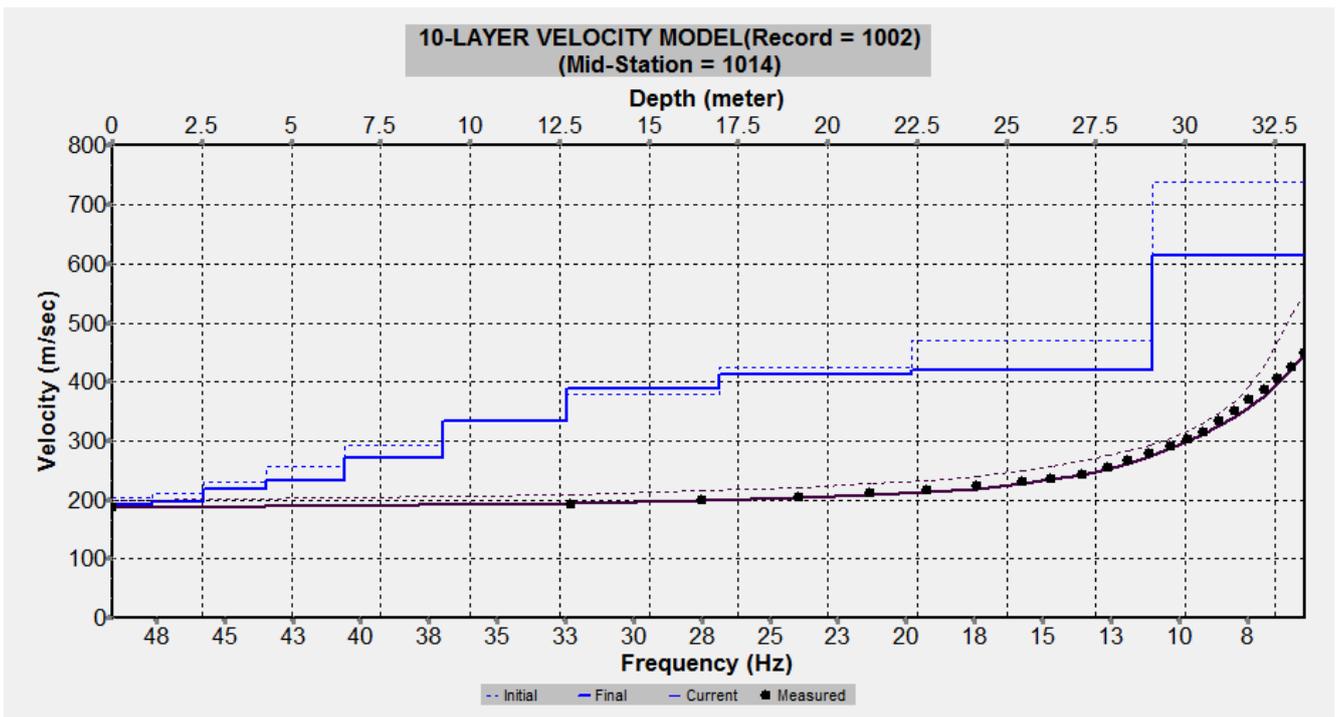


Fig. 35 – Profilo verticale 1D delle VS ottenuto dall’inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 3 - acquisizione n. 2.

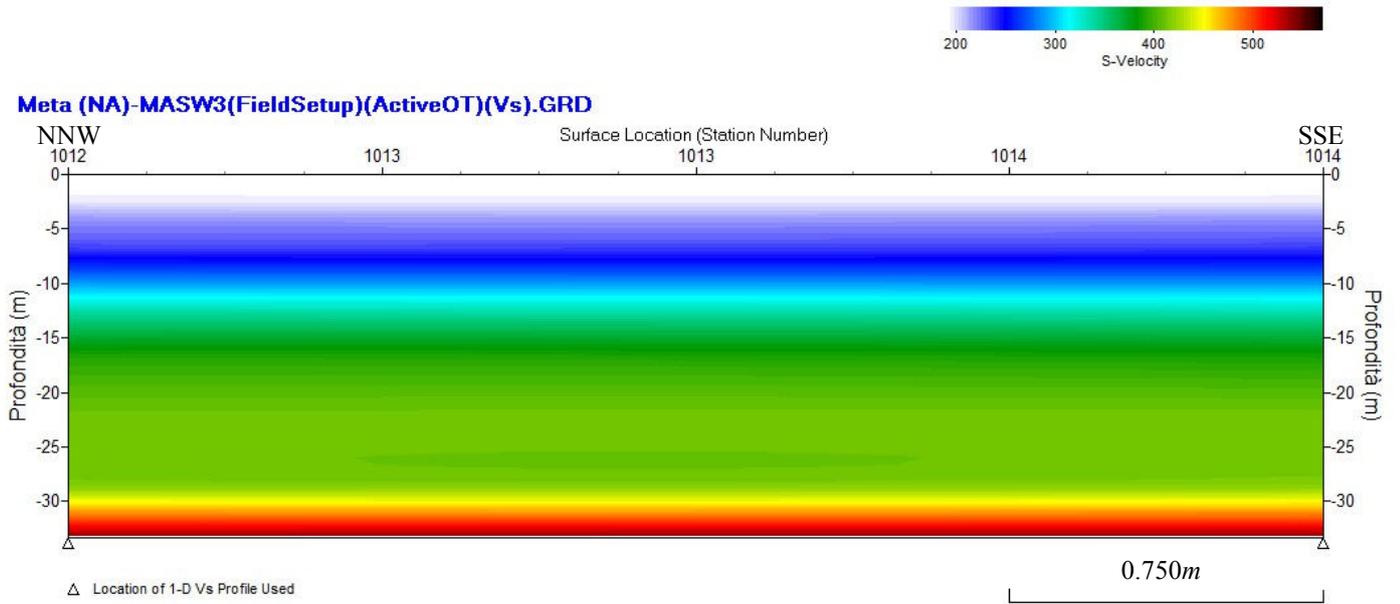


Fig. 36 – Modello sismostratigrafico 2D delle VS ottenuto dall'indagine Sismica MASW n. 3.

## 6 - INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

Le indagini sismiche MASW effettuate, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30m (0m-30m) dal p.c., hanno fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine nella categoria C del D.M. 14 gennaio 2008 (Tab. 2; Tab. 3).

Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

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

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.

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

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 2 – Categorie Suoli di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008).

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)	<b>Categoria</b> <i>Suoli di Fondazione</i> (D.M. 14/01/2008)
<i>MASW n. 1</i>	[334 ÷ 335]	<b>C</b>
<i>MASW n. 2</i>	[295 ÷ 296]	<b>C</b>
<i>MASW n. 3</i>	[323 ÷ 324]	<b>C</b>

Tab. 3 – Categoria Suolo di fondazione ottenuta dalle prospezioni sismiche MASW effettuate.

**Categoria di suolo di fondazione C** = *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180m/s e 360m/s (ovvero  $15 < N_{SPT.30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{30} < 250kPa$  nei terreni a grana fina).*

## 7 - CONCLUSIONI

Il territorio comunale di Meta (NA), a seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in III categoria -  $S=6 - a_g=0.15g$  (Fig. 37).

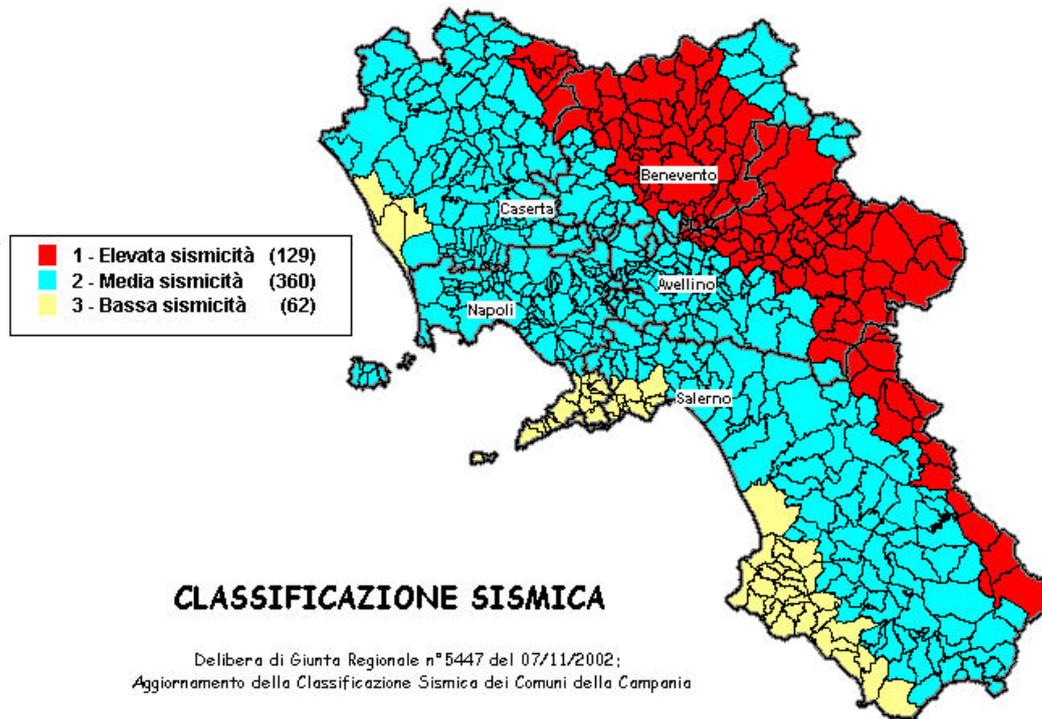


Fig. 37 – Classificazione sismica del 2002 dei comuni della regione Campania. Zona 1, valore di  $a_g=0.35g$ ; Zona 2, valore di  $a_g=0.25g$ ; Zona 3, valore di  $a_g=0.15g$

Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 38), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), indica che il territorio comunale di Meta (NA) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.075 e 0.100 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

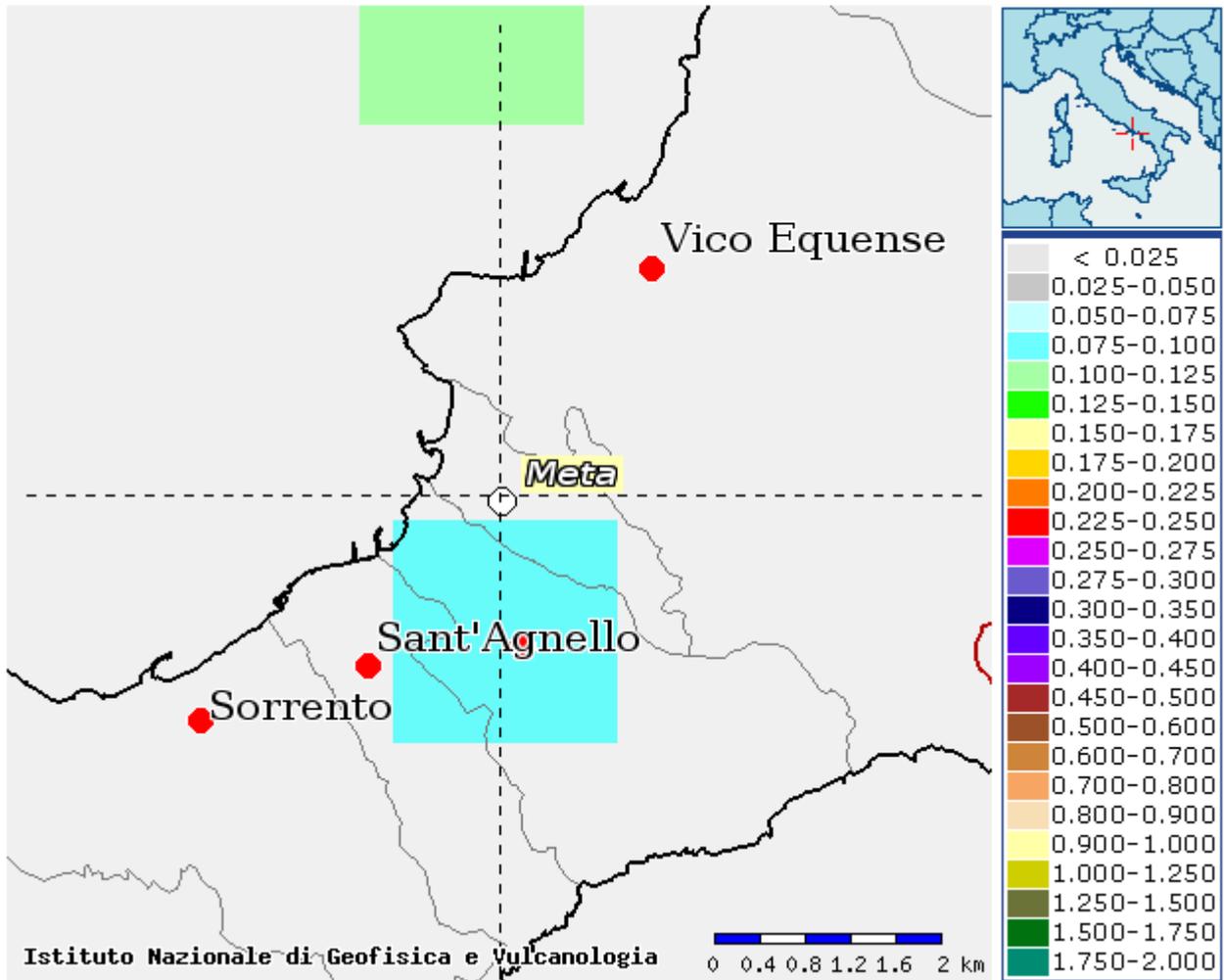


Fig. 38 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell’INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

I risultati forniti dalle indagini sismiche MASW effettuate permettono di definire la categoria di suolo dei siti che risultano posti nella categoria C (vedi par. 6), con valori di  $V_{S30}$  calcolati pari a (Tab. 4):

<i>Prospezione sismica</i>	<i><math>V_{S\ 0-30}</math> (m/s)</i>
<i>MASW n. 1</i>	<i>[334 ÷ 335]</i>
<i>MASW n. 2</i>	<i>[295 ÷ 296]</i>
<i>MASW n. 3</i>	<i>[323 ÷ 324]</i>

Tab. 4 – Valori di  $V_{S30}$  calcolati, relativi alle prospezioni sismiche MASW effettuate.

Di seguito si riportano i valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nelle prospezioni sismiche MASW effettuate (Tabb. 5 – 6 – 7).

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i><math>V_S</math> (m/s) acquisizione n. 1</i>	<i><math>V_S</math> (m/s) acquisizione n. 2</i>
S1	0.0 – 1.3	161	160
S2	1.3 – 3.0	190	190
S3	3.0 – 5.0	190	192
S4	5.0 – 7.6	267	269
S5	7.6 – 10.8	311	310
S6	10.8 – 14.8	366	362
S7	14.8 – 19.9	461	457
S8	19.9 – 26.2	507	503
S9	26.2 – 32.5	515	512

Tab. 5 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 1.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i><math>V_S</math> (m/s) acquisizione n. 1</i>	<i><math>V_S</math> (m/s) acquisizione n. 2</i>
S1	0.0 – 1.1	180	180
S2	1.1 – 2.4	187	187
S3	2.4 – 4.1	192	192
S4	4.1 – 6.1	218	218
S5	6.1 – 8.7	222	222
S6	8.7 – 12.0	235	235
S7	12.0 – 16.0	343	343
S8	16.0 – 21.1	401	401
S9	21.1 – 27.5	408	408
S10	27.5 – 33.3	560	560

Tab. 6 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 2.

<b>Sismostrato</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b><math>V_S</math> (m/s) acquisizione n. 1</b>	<b><math>V_S</math> (m/s) acquisizione n. 2</b>
S1	0.0 – 1.1	191	191
S2	1.1 – 2.5	197	196
S3	2.5 – 4.3	217	218
S4	4.3 – 6.5	231	233
S5	6.5 – 9.2	272	271
S6	9.2 – 12.7	336	333
S7	12.7 – 17.0	391	388
S8	17.0 – 22.4	412	412
S9	22.4 – 29.1	418	419
S10	29.1 – 33.3	613	615

Tab. 7 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n. 3.

Pompei, Luglio 2013

Il tecnico  
Dr. Geol. Salvatore Esposito