

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA

INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE NELL'ANNO 2017

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IF1W 00 D 69 IG GE0005 004 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	P. Chiara	Luglio 2018	S. Giugliano	Luglio 2018	D. Aprea	Luglio 2018	F. Marchese Luglio 2018

ITALFERR S.p.A.
Dott. Geologo Francesco MARCHESE
Resp. UO GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE
Ordine Geologi Lazio n. 179 ES

File: IF1W00D69IGGE0005004A.pdf

n. Elab. 16

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
1.1	PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE GEOFISICA.....	4
2.	DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO	5
3.	METODOLOGIE IMPIEGATE.....	5
3.1	INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA	5
3.1.1	Strumentazione.....	5
3.1.2	Principi base della tecnica tomografica elettrica (ERT).....	5
3.1.3	Proprietà elettriche del suolo ed interpretazione dei valori di resistività	6
3.1.4	Configurazione delle misure ed elaborazione dati	8
3.2	INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW	8
3.2.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo.....	8
3.2.2	Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine, codice di configurazione ed inversione dati	10
3.3	INDAGINE ELETTROMAGNETICA IN DOMINIO DI FREQUENZA (FDEM) A BASSO NUMERO DI INDUZIONE	11
3.3.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo.....	11
3.3.2	Strumentazione utilizzata, rete di misura, acquisizione ed elaborazione dei dati.....	11
4.	RISULTATI	13
4.1	PREMESSA.....	13
4.2	ANALISI DEI RISULTATI DELLE LINEE TOMOGRAFICHE ELETTRICHE – ALLEGATO 1	13
4.2.1	Linea BO_AB.....	13
4.2.2	Linee BO_CD, BO_EF.....	13
4.3	ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI MASW – ALLEGATO 3.....	14
4.3.1	Area BO_MASW 2.....	14

INDAGINI GEOFISICHE - ANNO 2017

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 004	A	3 di 40

4.3.2	Area BO_MASW 3.....	15
4.3.3	Area BO_MASW 4.....	16
4.3.4	Area BO_MASW 5.....	18
4.3.5	Area BO_MASW 7.....	19
4.4	ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI FDEM – ALLEGATO 4.....	21
4.4.1	Area FDEM-BO_S11	21
5.	BIBLIOGRAFIA.....	22
6.	ALLEGATO GRAFICO N.1 – INQUADRAMENTO INDAGINI	24
7.	ALLEGATO GRAFICO N.2 – INDAGINI ERT	26
8.	ALLEGATO GRAFICO N.3 – INDAGINI M.A.S.W. TAVOLE 1 ALLA 10	28
9.	ALLEGATO GRAFICO N.4 – INDAGINI ELETTROMAGNETICHE.....	39

1. INTRODUZIONE

1.1 Premessa e scopi dell'indagine geofisica

La presente relazione illustra i risultati della campagna di prospezioni geofisiche non invasive, condotte secondo le modalità previste nelle specifiche tecniche Italferr, eseguite sul Lotto Bovino-Orsara per il progetto di Raddoppio della Tratta Apice-Orsara sull'itinerario Napoli-Bari.

Le prospezioni geofisiche sono state condotte utilizzando metodologie tomografiche elettriche 2D (ERT, Electrical Resistivity Tomography), indagini sismiche per onde superficiali con metodologie M.A.S.W (Multichannel Analysis of Surface Waves) e indagini elettromagnetiche nel dominio della frequenza (FDEM, Frequency Domain ElectroMagnetics).

L'ubicazione delle indagini è visibile sull'Allegato Grafico 1.

Le tomografie elettriche bidimensionali, attraverso la misura della distribuzione del parametro di resistività estesa al volume di terreno soggetto ad indagine, sono perlopiù condotte laddove sia necessario aumentare l'efficacia diagnostica ed il dettaglio nelle porzioni di copertura ed in zone di frana o con presenze di formazioni con frazioni coesive, argillose o fini, di tipo limo-argilloso o sabbioso limose o, ancora in presenza di massi erratici superficiali e di substrato argillitico.

I risultati delle tomografie elettriche sono raccolti nell'Allegato 2; le singole linee geoelettriche sono indicate rispettivamente con le sigle:

- BO_AB
- BO_CD
- BO_EF

Le indagini MASW consentono invece di ottenere la distribuzione monodimensionale della velocità di propagazione delle Onde di Taglio Vs, lungo un profilo verticale, utile alla attribuzione della categoria del suolo pertinente a ciascuna area di indagine.

Nell'Allegato 3 sono presentati i risultati delle stese MASW realizzate:

- BO_MASW 2
- BO_MASW 3
- BO_MASW 4
- BO_MASW 5
- BO_MASW 7

Infine, sono state condotte delle indagini elettromagnetiche nel dominio della frequenza, con lo scopo di accertare la presenza di possibili interferenze nel sottosuolo dovute a masse metalliche interrato, individuando i punti privi di interferenze sui quali posizionare la verticale di perforazione BO-S11; i risultati di tali

prospezioni sono invece presentate nell'Allegato 4:

- FDEM_BO_S11

Le informazioni inerenti la stratigrafia e le litologie locali mediamente presenti nel sottosuolo, necessarie per i confronti di "taratura" delle indagini geofisiche, derivano dalle stratigrafie ricostruite dai sondaggi a carotaggio continuo realizzate nelle vicinanze delle varie aree di indagine relative alla presente tratta.

Il presente documento, oltre a riportare le evidenze dei risultati emersi dalle campagne di acquisizione dati condotte in sito, contiene una breve descrizione della metodologie geofisiche utilizzate.

2. DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO

L'assetto geologico locale nella tratta indagata, come anticipato in precedenza, è noto principalmente sulla base delle stratigrafie derivate dai sondaggi a carotaggio continuo, realizzati in prossimità dell'area di prospezione geofisica.

In particolare, nel prosieguo, per l'interpretazione delle linee elettriche e dei profili MASW, si farà riferimento alle stratigrafie dei sondaggi, BO_S3, BO_S8, BO_S9, BO_S10 e alle carte geologiche dello studio di fattibilità IF0G-00-F-69-G3-GE0001-001-A/B.

Per la corretta interpretazione dei risultati sono state utilizzate inoltre le informazioni derivate dall'osservazione diretta dei materiali affioranti nei vari siti indagati.

3. METODOLOGIE IMPIEGATE

3.1 INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA

3.1.1 Strumentazione

La strumentazione adottata (Syscal Pro fino a 96 canali a commutazione concentrata, prodotto da IRIS Instruments, Francia), ha permesso di eseguire misure di alta precisione, con correnti indotte fino ad oltre 2 Ampere. Fondamentale in fase di acquisizione dati è stata la continua ed automatica compensazione del potenziale spontaneo, specie nei casi in cui tale valore è risultato essere dell'ordine di qualche decina di milliVolts.

Il Syscal-Pro utilizzato, rispetto ai resistivimetri di più classica concezione, ha la possibilità di ricevere su 10 coppie di elettrodi contemporaneamente, abbattendo di un ordine di grandezza il tempo necessario per l'acquisizione.

3.1.2 Principi base della tecnica tomografica elettrica (ERT)

Il metodo della tomografia elettrica (ERT, Electrical Resistivity Tomography), si basa sulla misura eseguita sulla sequenza di migliaia di quadripoli, ciascuno di essi caratterizzato da due elettrodi di potenziale (detti convenzionalmente MN) che misurano la caduta di potenziale " ΔV " a seguito di una corrente elettrica "I" immessa nel sottosuolo da una diversa coppia di elettrodi, detti AB. I diversi valori di resistività

elettrica misurati (resistività apparenti ρ_a), ciascuno aggregato ad un punto diverso nel volume del terreno, in profondità, dipendono pertanto da “ ΔV ” e “ I ” secondo la seguente relazione generale:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

che è funzione, oltre che della posizione reciproca dei quattro elettrodi anzidetti (dipendenza contenuta nella costante K , che ne definisce il fattore geometrico), della distribuzione del valore del parametro di resistività elettrica nel sottosuolo interessato dalla propagazione della corrente “ I ”; il parametro citato della resistività elettrica è quello che permette di caratterizzare il diverso comportamento elettrico dei materiali indagati. Esso fornisce un supporto in termini di caratterizzazione del sottosuolo, nonché informazioni estensive per integrare le conoscenze derivanti dalle informazioni stratigrafiche provenienti dalle indagini dirette puntuali, quali sondaggi geognostici, allo scopo di estendere sensibilmente la conoscenza della stratigrafia e di altri attributi geologici, geomorfologici e idrogeologica dei terreni all’intera area oggetto di indagine geofisica.

3.1.3 Proprietà elettriche del suolo ed interpretazione dei valori di resistività

La resistività dei sedimenti è controllata principalmente dai seguenti fattori:

- grado di saturazione dei pori,
- porosità,
- fluidi,
- salinità del fluido, se presente nei pori,
- temperatura,
- eventuale presenza di sostanze organiche (idrocarburi, solventi, ecc.),
- presenza di argilla,
- presenza di minerali particolari (ad esempio le miche, minerali metalli),
- grado di compattazione.

La relazione empirica proposta da Archie è valida per suoli avente scarsa componente argillosa (sabbie, ghiaie) :

$$\rho_s = \rho_f a \phi^{-n} S^{-m}$$

dove:

- ρ_s : resistività ($\Omega \cdot m$) del suolo parzialmente saturo di fluido,
- ρ_f : resistività ($\Omega \cdot m$) del fluido presente nei pori,
- S : frazione del volume di pori occupata dal fluido,

- **m** : coefficiente di saturazione (solitamente assunto essere pari a 2),
- **a** : costante empirica, detta di Winsaur (tipico per sabbia : 0.62)
- **n** : coefficiente empirico, detto di "tortuosità" (tipico per sabbia: 2.15),
- **φ** : porosità del suolo .

La resistività del fluido ρ_f è calcolabile qualora si conoscano le concentrazioni di ioni in soluzione (ad es. Cl^- , $SO_4^{=}$, NO_3^- , ecc.) utilizzando la formula

$$\rho_f = 0.0123 + 10^{(3.562 - 0.955 \log_{10} C)}$$

dove **C** è la somma delle concentrazioni (pesate da opportuni coefficienti ricavati sperimentalmente per ciascun ione) di tutti gli ioni presenti.

In linea generale, la distribuzione della resistività elettrica consente di discriminare eventuali variazioni dei/nei geomateriali dovute alla presenza di litologie differenti o con caratteristiche di maggior o minor cementazione, fratture o discontinuità tettoniche, presenza di sostanze fluidi a comportamento elettrico resistivo o conduttivo all'interno dei pori o fratture dell'ammasso oggetto d'indagine.

Rispetto al modello elettrostratigrafico medio rappresentativo di un sito d'indagine, le variazioni di resistività verso valori più alti sono rappresentate da viraggi verso il colore rosso (così come sono rappresentate le scale di rappresentazione della resistività nelle tavole degli allegati grafici); oppure nel caso di variazioni di umidità, circolazione d'acqua, maggior contenuto in componenti limo-argillose o fini, le resistività si evidenziano graficamente con viraggi verso valori relativamente più bassi (rappresentati dal colore viola-blu-azzurro nelle medesime tavole degli allegati grafici succitati).

Nel caso di presenza di argilla, i cationi assorbiti sulla superficie delle particelle di tale sostanza offrono cammini addizionali per la corrente elettrica e quindi aumentano la conducibilità dei sedimenti. Esistono relazioni semi-empiriche valide per il calcolo della resistività di sedimenti con componente argillosa non trascurabile, che non riporteremo in questo contesto.

Terreni sabbio-limosi o ghiaioso-sabbiosi, se saturi, risultano sempre più conduttivi rispetto ai medesimi asciutti.

Nell'ambito del presente lavoro, i depositi argillosi, limo-argillosi e limo sabbiosi, specie se umidi, manifestano valori di resistività elettrica estremamente bassi, in certe circostanze inferiori alla decina di $\Omega \cdot m$ e fino a pochi $\Omega \cdot m$.

La presenze di materiali consistenti litoidi superficiali ("trovanti") con litotipi riconducibili ad arenarie presentano comportamento maggiormente resistivo rispetto alle marne argillose od argilliti; ghiaie poligeniche asciutte con scarsa o nulla matrice limosa o limo-argillosa rispondono in modo maggiormente resistivo; qualora sia presente abbondante matrice limo-argillosa e naturalmente in presenza di acque di circolazione, anche tali formazioni possono manifestare comportamenti maggiormente e talvolta marcatamente conduttivi.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA
PROGETTO DEFINITIVO

INDAGINI GEOFISICHE - ANNO 2017

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 004	A	8 di 40

3.1.4 Configurazione delle misure ed elaborazione dati

Per l'esecuzione della linea sono state utilizzate basi con cavi multiconduttori fino a 96 elettrodi, prevedendo di utilizzare tecniche di roll-along per linee con numero di elettrodi superiore.

La spaziatura elettrodica (compresa tra a 2m e 3m) ha fornito una risoluzione ed un dettaglio ottimali.

Nel profilo d'indagine sono state impiegate configurazioni miste Wenner-Schlumberger e Dipolo-Dipolo, in modo da sfruttare, di ognuna, le diverse sensibilità intrinseche laterali e verticali.

L'elaborazione bidimensionale delle misure di campagna, è stata effettuata con software proprietario a discretizzazione FEM (elementi finiti), correzione topografica, procedura di inversione robusta con possibile inserimento di vincoli complessi, capace di ricostruire la distribuzione di resistività reale in due e tre dimensioni attraverso inversione completa dei dati (basata sul "rasoio di Occam" o "inversione alla Occam").

La sezione geoelettrica è rappresentata nelle figure degli allegati grafici seguendo un criterio di presentazione sinottica. La rappresentazione dei dati consiste in un immagini tomografica del parametro di resistività elettrica.

I risultati grafici di resistività presentati nell'allegato sono visualizzati con campiture a colori caratterizzate da una scala cromatica rappresentativa della dinamica dei valori di resistività elettrica incontrati (espressi in Ohm·m, $\Omega \cdot m$); tale rappresentazione consente di identificare aree elettricamente omogenee (medesimo comportamento cromatico). Queste zone di isovalori di resistività elettrica sono anche correlabili ad ammassi di materiale con caratteristiche affini.

3.2 INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW

3.2.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

Nelle diverse aree sono state allestite stese sismiche per onde superficiali con tecnica multicanale identificata con l'acronimo MASW.

La propagazione delle onde superficiali (o di Rayleigh) avviene, in un mezzo eterogeneo, secondo modalità dispersive. Cioè, a differenti frequenze, corrispondono velocità di fase diverse: in particolare la dispersione geometrica, in opposizione alla dispersione intrinseca dei materiali, dipende dalle geometrie (spessori) delle formazioni o delle stratificazioni attraversate.

In un terreno non omogeneo o stratificato avente proprietà meccaniche variabili, il comportamento delle onde superficiali varia con tali caratteristiche. Differenti lunghezze d'onda, pertinenti a diverse profondità, coinvolgono materiali con disuguali proprietà meccaniche: ciascuna lunghezza d'onda si propaga secondo velocità di fase dipendenti dalle medesime proprietà meccaniche di cui sopra.

Le onde di superficie dunque non possiedono una singola velocità bensì una velocità di fase in funzione della frequenza; la relazione tra frequenza e velocità di fase è

contenuta nelle curve di dispersione e di attenuazione. Attraverso un procedimento matematico di inversione è possibile risalire ai profili verticali delle onde di taglio S, proporzionali alle velocità di fase delle onde di superficie secondo un coefficiente invariabile.

Il metodo MASW, impiegato solo qualitativamente ai fini della ricostruzione sismo-stratigrafica di massima, è invece efficace per il calcolo speditivo del parametro V_{s30} .

Il parametro V_{s30} è calcolato come sommatoria (nei 30 metri di spessore del sottosuolo, nel nostro caso a partire dalla quota del piano campagna) dei valori delle velocità di intervallo, pesati rispetto agli spessori associati alla stratificazione dei materiali.

$$V_{s30} = 30 \frac{1}{\sum_1^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Dal valore del parametro V_{s30} è possibile risalire alla categoria di suolo secondo il D.M. 14 Gennaio 2008 dal quale sono tratte le successive tabelle.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO				
	INDAGINI GEOFISICHE - ANNO 2017	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 004

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

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.

3.2.2 Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine, codice di configurazione ed inversione dati

L'indagine per onde superficiali è stata condotta secondo le seguenti specifiche:

- Impiego di Sismografo a 48 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit, impiegato in configurazione a 24-48 canali;
- 24-48 geofoni con frequenza naturale a 4.5Hz, distanza intergeofonica pari a 3m o 2m;
- piastra di battuta in alluminio;
- massa battente da 12Kg con interruttore starter e cavo trigger;
- finestra di acquisizione pari a 2 secondi.

La tecnica di trattamento dati utilizzata è basata sul “f-k processing”. I file grezzi subiscono un primo “processing” di muting selettivo per eliminare le tracce o le porzioni di tracce ad elevato rumore. Quindi si esegue un calcolo della FFT usando un “windowing” opportuno. Attraverso una procedura semiautomatica si ricercano i massimi dello spettro (ricerca degli zeri della funzione secolare di Rayleigh) per ricavare i punti appropriati per la costruzione della curva di dispersione da utilizzarsi in un processo di inversione multimodale.

La tecnica di trattamento dati utilizzata è stata ottimizzata utilizzando un Software commerciale validato (SWAN, Italia).



Figura 1: Sismografo digitale a 24 bit.

3.3 INDAGINE ELETTROMAGNETICA IN DOMINIO DI FREQUENZA (FDEM) A BASSO NUMERO DI INDUZIONE

3.3.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

La metodologia elettromagnetica per induzione in dominio di frequenza consente di eseguire indagini non invasive di estremo dettaglio del sottosuolo. Tale tecnica permette di ottenere ottimi risultati in termini di potere risolvante spaziale e di velocità di esecuzione delle misure.

La tecnica geofisica utilizzata consiste nel generare, in ogni stazione di misura, un campo elettromagnetico (campo primario), per mezzo di una delle due bobine componenti la strumentazione, e nel registrare (con la seconda bobina posta in ricezione) la risposta del campo magnetico secondario indotto nel terreno nelle due sue componenti in fase e in quadratura:

- la componente in quadratura, presa in esame nella suddetta indagine, è proporzionale allo sfasamento tra il campo primario e quello secondario indotto. Trattandosi di strumentazione che opera in regime di “basso numero d’induzione”, la medesima componente in quadratura è proporzionale alla conducibilità/resistività elettrica del volume di suolo sottostante le due bobine per la parte soggetta ad induzione;
- la componente orizzontale in fase (rispetto all’onda EM trasmessa) è maggiormente legata alla suscettività magnetica nel sottosuolo, quindi sensibile alle presenze metalliche (materiali metallici, tubazioni, fusti, serbatoi, ecc.) e ad anomalie che amplificano notevolmente la risposta del sottosuolo anche i termini dielettrici, ovvero indice di materiali quasi-isolanti (che attenuano in modo anomalo il campo elettromagnetico).

Le misure sono state rappresentate, per la componente in quadratura proporzionale alla conducibilità elettrica del terreno, in mS/m e, per la componente in fase, in ppm (parti per migliaia) dell’intensità del campo secondario indotto rispetto al campo primario.

3.3.2 Strumentazione utilizzata, rete di misura, acquisizione ed elaborazione dei dati

La strumentazione FDEM impiegata è costituita da un elettromagnetometro a basso numero d’induzione CMD-4 prodotto da GF Instruments (Repubblica Ceca, UE).

Le aree di indagini sono costituite mediamente da quadrati/rettangoli di dimensioni di circa 50mq.

Nei casi in cui lo spazio a disposizione non consentisse di acquisire un’area di dimensioni regolari, si procede in campo ad adattarla in ogni caso per coprire approssimativamente la superficie necessaria.



Figura 3: Elettromagnetometro CMD.

In questo lavoro le linee sono state acquisite con un passo di 50cm nelle due direzioni tra loro ortogonali; per ciascuna area indagata è stato predisposto un sistema di riferimento relativo del tipo indicato nella figura seguente.

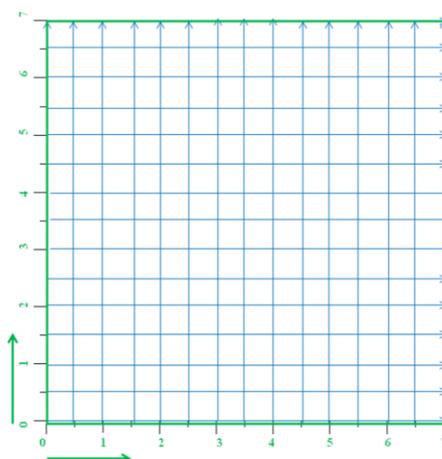


Figura 4: maglia di acquisizione tipo

In campo, i vertici della maglia sono stati materializzati da picchetti di legno lasciati in sito. Per ciascuna area di indagine, negli allegati grafici, è presente anche una documentazione fotografica, con indicazioni utili per collocare in modo univo con le eventuali zone di anomalia individuate. Tali zone di anomalia sono state segnalate con rettangoli/quadrati di colore rosso, sia sulle mappe di conducibilità che di componente in fase.

4. RISULTATI

4.1 Premessa

I risultati relativi alle indagini geofisiche eseguite sul Lotto Bovino-Orsara, sono riportati in quattro Allegati grafici alla presente Relazione. In particolare, nell'Allegato 2 sono riportate le sezioni tomografiche elettriche. Nell'Allegato 3, sono presentati i risultati delle Linee MASW, mentre nell'Allegato 4 quelli dell'indagine FDEM.

Nei prossimi paragrafi e sulla base degli obiettivi di studio menzionati nel capitolo introduttivo, saranno discussi e presentati gli esiti delle prospezioni geofisiche condotte.

4.2 Analisi dei risultati delle Linee tomografiche elettriche – Allegato 1

L'ubicazione delle sezioni tomografiche acquisite è ben visibile nelle varie tavole dell'allegato grafico. Tale ubicazione talvolta può risultare leggermente variata rispetto a quanto previsto e commissionato in origine, a causa di ingombri presenti, l'eventuale intersezione con strade o la presenza di rovi o siepi non rimuovibili oppure per l'impossibilità di accedere in alcune particelle di terreno.

Le linee tomografiche elettriche eseguite sono state realizzate come già anticipato in precedenza, a supporto della valutazione tecnico economica del Raddoppio Apice – Orsara all'interno della Tratta Bovino Orsara; le tomografie elettriche hanno raggiunto un alto grado di dettaglio, con risoluzioni verticali e orizzontali opportune.

4.2.1 Linea BO AB

L'indagine è stata eseguita ai bordi della strada SP123 che percorre i rilievi montuosi costituenti il fianco Nord della valle del Fiume Cervaro.

La stratigrafia presente è caratterizzata da litotipi rocciosi sub-affioranti più o meno fratturati. Dalla sezione tomografica elaborata si individuano tre elettrostrati principali. Il primo, più superficiale, presenta uno spessore di circa 3 m: è caratterizzato da nuclei non continui resistivi e porzioni maggiormente conduttive ed è costituito da detrito di versante misto a porzioni di roccia in posto fratturata e scompaginata. Al di sotto si sviluppa un livello dallo spessore variabile (da 1m a 9 m) caratterizzato da una resistività inferiore ai 75 Ohm·m: esso è costituito probabilmente da un livello di roccia di natura marnoso-argillosa alterata e molto fratturata, probabilmente interessata da una leggera circolazione di acque sotterranee superficiali. Ancora più in profondità si sviluppa il terzo elettrostrato con valori di resistività superiori ai 75 Ohm·m, costituito da roccia più coerente e meno fratturata.

4.2.2 Linee BO CD, BO EF

La stratigrafia dell'area indagata è caratterizzata dalla preponderanza della componente argillosa, che si riflette nei valori estremamente bassi di resistività elettrica misurati nelle sezioni tomografiche. In particolare, si individuano due

elettrostrati; il primo elettrostrato presenta valori inferiori a 10 Ohm·m ed è attribuibile ad argille con rari clasti litoidi di varia pezzatura a loro interno. Il secondo elettrostrato invece è caratterizzato da valori superiori 10 Ohm·m ed è presente nei primi 5-10 m, in maniera sufficientemente continua, in entrambe le sezioni. Tale livello è attribuibile a porzioni di terreno a granulometria leggermente più grossolana (limosa) ed a possibili accumuli di clasti litoidi.

4.3 Analisi dei Risultati delle indagini MASW – Allegato 3

Nell'Allegato Grafico No. 2, per ciascun MASW relativo ad ogni area di indagine, sono riportati i sismogrammi medi utilizzati per l'elaborazione, il profilo monodimensionale di velocità onde S inerente, unitamente allo spettro F-K e alle curve di dispersione sperimentale oggetto del "picking" dei massimi sulla curva F-K e, sovrapposta, quella ottimizzata secondo il modello interpretativo che meglio si accoppia a quello sperimentale.

Per ciascun punto di indagine MASW, sono riportati il calcolo della V_{s30} e l'attribuzione del valore alla classe di suolo idonea.

Nella presente indagine, in fase di elaborazione dei dati, il comportamento sismostratigrafico nei primi 30m a partire dal piano di calpestio (di seguito indicato come p.c.) è stato ottimizzato con un modello a 30 sismostrati, ciascuno indicativamente di uguale spessore minimo pari a 1m. Questa procedura permette di approssimare al meglio il modello fisico reale della velocità delle onde S nel sottosuolo, caratterizzandolo secondo variazioni graduali quasi continue all'interno dei terreni oggetto di prospezione; ne risulta in tal modo ottimizzato il processo di affinamento dei risultati e perfezionata la confidenza tra la curva sperimentale di dispersione e quella del modello ai fini dell'inversione, permettendo di ottenere una curva Velocità onde S – Spessori in funzione della profondità del sottosuolo, la più attendibile possibile.

4.3.1 Area BO MASW 2

A seguito dell'indagine e dell'elaborazione effettuata, i risultati del BO_MASW 2 sono riassunti nella tabella sottostante.

<u>Sismostrato</u>	<u>Spessore (m)</u>	<u>Profondità (m dal p.c.)</u>	<u>Vs (m/s)</u>
1	1	0	323
2	1	1	143
3	1	2	320
4	1	3	448
5	1	4	527
6	1	5	626
7	1	6	745
8	1	7	867
9	1	8	983

10	1	9	1091
11	1	10	1191
12	1	11	1286
13	1	12	1376
14	1	13	1465
15	1	14	1552
16	1	15	1637
17	1	16	1721
18	1	17	1803
19	1	18	1882
20	1	19	1957
21	1	20	2027
22	1	21	2092
23	1	22	2150
24	1	23	2201
25	1	24	2244
26	1	25	2279
27	1	26	2306
28	1	27	2324
29	1	28	2333
30	INF	29	2333

Tabella 4.3.1.1 – Modello a 30 sismostrati, con identificazione, per ogni intervallo di 1m, della distribuzione di velocità dei terreni indagati con metodologia M.A.S.W..

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità e sui dati stratigrafici presenti, è stato possibile determinare secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica “O.P.C.M. n° 3274/2003” e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche la categoria di suolo di fondazione di riferimento come “E”.

Infatti i primi sette metri di terreno sono caratterizzati da una velocità V_{s7} calcolata pari a 345 m/s, e poggiano su un substrato con V_s maggiore di 800 m/s.

4.3.2 Area BO MASW 3

A seguito dell’indagine e dell’elaborazione effettuata, i risultati del BO_MASW 3 sono riassunti nella tabella sottostante.

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m dal p.c.)	V_s (m/s)
1	1	0	137
2	1	1	143
3	1	2	189
4	1	3	284
5	1	4	359

6	1	5	403
7	1	6	419
8	1	7	414
9	1	8	398
10	1	9	377
11	1	10	357
12	1	11	344
13	1	12	340
14	1	13	346
15	1	14	362
16	1	15	386
17	1	16	414
18	1	17	444
19	1	18	473
20	1	19	501
21	1	20	526
22	1	21	548
23	1	22	567
24	1	23	582
25	1	24	595
26	1	25	604
27	1	26	611
28	1	27	615
29	1	28	618
30	INF	29	619

Tabella 4.3.2.1 – Modello a 30 sismostrati, con identificazione, per ogni intervallo di 1m, della distribuzione di velocità dei terreni indagati con metodologia M.A.S.W..

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente V_{s30} rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica “O.P.C.M. n° 3274/2003” e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di V_{s30} è pari a

$$V_{s30}=370 \text{ m/s.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di V_{s30} si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “B”.

4.3.3 Area BO MASW 4

A seguito dell’indagine e dell’elaborazione effettuata, i risultati del BO_MASW 4 sono

riassunti nella tabella sottostante.

<u>Sismostrato</u>	<u>Spessore (m)</u>	<u>Profondità (m dal p.c.)</u>	<u>Vs (m/s)</u>
1	1	0	150
2	1	1	255
3	1	2	359
4	1	3	364
5	1	4	347
6	1	5	314
7	1	6	268
8	1	7	231
9	1	8	215
10	1	9	227
11	1	10	262
12	1	11	308
13	1	12	351
14	1	13	386
15	1	14	400
16	1	15	410
17	1	16	416
18	1	17	421
19	1	18	425
20	1	19	429
21	1	20	431
22	1	21	435
23	1	22	440
24	1	23	446
25	1	24	455
26	1	25	467
27	1	26	494
28	1	27	519
29	1	28	541
30	INF	29	559

Tabella 4.3.3.1 – Modello a 30 sismostrati, con identificazione, per ogni intervallo di 1m, della distribuzione di velocità dei terreni indagati con metodologia M.A.S.W..

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente V_{s30} rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica “O.P.C.M. n° 3274/2003” e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di V_{s30} è pari a

Vs₃₀=344 m/s.

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di Vs₃₀ si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “C”.

4.3.4 Area BO MASW 5

A seguito dell'indagine e dell'elaborazione effettuata, i risultati del BO_MASW 5 sono riassunti nella tabella sottostante.

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
1	1	0	129
2	1	1	170
3	1	2	207
4	1	3	223
5	1	4	227
6	1	5	261
7	1	6	299
8	1	7	321
9	1	8	322
10	1	9	311
11	1	10	300
12	1	11	297
13	1	12	305
14	1	13	324
15	1	14	352
16	1	15	385
17	1	16	419
18	1	17	451
19	1	18	479
20	1	19	503
21	1	20	521
22	1	21	534
23	1	22	542
24	1	23	546
25	1	24	549
26	1	25	552
27	1	26	555
28	1	27	559
29	1	28	561
30	INF	29	564

Tabella 4.3.4.1 – Modello a 30 sismostrati, con identificazione, per ogni intervallo di 1m, della distribuzione di velocità dei terreni indagati con metodologia M.A.S.W..

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente V_{s30} rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica “O.P.C.M. n° 3274/2003” e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di V_{s30} è pari a

$$V_{s30}=336 \text{ m/s.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di V_{s30} si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “C”.

4.3.5 Area BO MASW 7

A seguito dell’indagine e dell’elaborazione effettuata, i risultati del BO_MASW 7 sono riassunti nella tabella sottostante.

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m dal p.c.)	V_s (m/s)
1	1	0	229
2	1	1	239
3	1	2	245
4	1	3	262
5	1	4	285
6	1	5	300
7	1	6	301
8	1	7	295
9	1	8	288
10	1	9	286
11	1	10	290
12	1	11	296
13	1	12	305
14	1	13	313
15	1	14	319
16	1	15	323
17	1	16	326
18	1	17	329
19	1	18	332
20	1	19	337
21	1	20	343
22	1	21	353
23	1	22	366
24	1	23	382
25	1	24	401
26	1	25	422

27	1	26	446
28	1	27	471
29	1	28	498
30	INF	29	525

Tabella 4.3.5.1 – Modello a 30 sismostrati, con identificazione, per ogni intervallo di 1m, della distribuzione di velocità dei terreni indagati con metodologia M.A.S.W..

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente V_{s30} rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica “O.P.C.M. n° 3274/2003” e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di V_{s30} è pari a

$$V_{s30}=323 \text{ m/s.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di V_{s30} si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “**C**”.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
INDAGINI GEOFISICHE - ANNO 2017	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 004	REV. A	FOGLIO 21 di 40

4.4 Analisi dei Risultati delle indagini FDEM – Allegato 4

Nella Tavola dell'Allegato Grafico No. 4, sono riportati i risultati ottenuti e le mappe e elaborate sia per la Componente in Fase che per quella in Quadratura.

4.4.1 Area FDEM-BO S11

L'area di indagine si trova in un campo coltivato. L'indagine elettromagnetica non ha messo in evidenza la presenza di possibili masse metalliche nei primi 4-5 metri di profondità.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA
PROGETTO DEFINITIVO

INDAGINI GEOFISICHE - ANNO 2017

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 004	A	22 di 40

5. BIBLIOGRAFIA

- Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, 29, 665–666.
- Archie G.E., 1942. "The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics". *Transaction of the AIME* 146, 54-62.
- Ben-Menahem A. E SINGH S.J., 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.
- Burnham, G. F. and Hawke, P. J., Smart solution to a sticky problem: in-mine clay mapping using high-resolution geophysics. (In Press).
- Coffeen, J.A., 1978. "Seismic exploration fundamentals". Pubb. Co.;
- Dey A. and Morrison H.F., 1979, Resistivity modeling for arbitrarily shaped two-dimensional structures, *Geophysical Prospecting*, 27(1), 106-136.
- Dobrin, M.B., 1976. "Introduction to Geophysical prospecting". McGraw-Hill Book Co.;
- Cavinato, G. P., Di Luzio, E., Moscatelli, M., Vallone, R., Averardi, M., Valente, A., and Papale, S. [2006] The new Col di Tenda tunnel between Italy and France: Integrated geological investigations and geophysical prospections for preliminary studies on the Italian side. *Engineering Geology* 88, 90-109.
- Dahlin, T., Bjelm, L., and Svensson, C. [1999] Use of electrical imaging in site investigations for a railway tunnel through the Hallandsås Horst, Sweden. *Quarterly Journal of Engineering Geology* 32, 163-172.
- Foti S., 2000, Multi-Station Methods for Geotechnical Characterisation Using Surface Waves, PhD Diss., Politecnico di Torino, 229 pp.;
- Ganerød, G. V., Rønning, J. S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Holmøy, K., Nilsen, B., and Braathen, A. [2006] Comparison of geophysical methods for sub-surface mapping of faults and fracture zones in a section of the Viggja road tunnel, Norway. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 65, 231-243.
- John m. Reynolds, (1997). "An introduction to applied and environmental geophysics", pp. 415-488, Wiley, England.
- Jun-Su Choi , Hee-Hwan Ryu, In-Mo Lee , Gye-Chun Cho, (2006). "Rock Mass Classification Using Electrical Resistivity – an Analytical Study", *Key Engineering Material*, Vols. 321-323, pp. 1411-1414, Trans Tech Publications, Switzerland.
- LaBrecque, D. J., Morelli, G., Daily, W., Ramirez, A. and Lundegard, P. - Occam's inversion of 3-D electrical resistivity tomography, in Oristaglio, M. and Spies, B., Ed., *Three-dimensional electromagnetics: Soc. of Expl. Geophys.*, 575-590, 1999 .
- Loke, M.H., A practical guide to 2D & 3D electrical imaging surveys (10th Aug. 2000).
- Morelli, G., Morelli, A., Chiara, P., Pacchini, A., Fischanger, F., 2004. "Characterization of Complex Archaeological Sites Using 3D Electrical Resistivity



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA
PROGETTO DEFINITIVO

INDAGINI GEOFISICHE - ANNO 2017

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 004	A	23 di 40

Tomography". Proceedings of the SAGEEP 2004, 185-192.

Mcmechan G.A., Yedlin M.J., 1981, Analysis of dispersive wave by wave field transformation, Geophysics, 46, 869-874;

Morelli G. and LaBrecque D.J., 1996, Advances in ERT modeling, Eur. J. Environ. Eng. Geophys., 1, 171-186.

Nazarian S., Stokoe K.H., 1986, Use of surface waves in pavement evaluation, Transp. Res. Rec, 1070, 132-144;

Park C.B., Miller R.D., Xia J., 2001, Offset and resolution of dispersion curve in multichannel analysis of surface waves (MASW), proc. SAGEEP 2001;

Park S.K. and Van G.P., 1991, Inversion of pole-pole data for 3-D resistivity structure beneath arrays of electrodes, Geophysics, 56, 951-960.

Ramirez A., Daily W., Binley A., and LaBrecque D.J., 1999, Electrical impedance tomography of known targets, J. of Environmental and Engineering Geophysics, 4(1), 11-26, 1999.

Sasaki Y., 1994, 3-D resistivity inversion using the finite-element method, Geophysics, 59(11), 1839-1848.

Stokoe K.H., Wright S.G., Bay J., Roesset J.M., 1994, characterization of geotechnical sites by SASW method, in Geophysical characterization of sites, (ISSMFE TC#10) by R.D. Woods (ed), Oxford & IBH Publ., pp. 15-25;

Xia J., Miller R.D., Park C.B., 1999, Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves, Geophysics, 64, 691-700.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA
PROGETTO DEFINITIVO

INDAGINI GEOFISICHE - ANNO 2017

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 004	A	24 di 40

6. ALLEGATO GRAFICO N.1 – INQUADRAMENTO INDAGINI





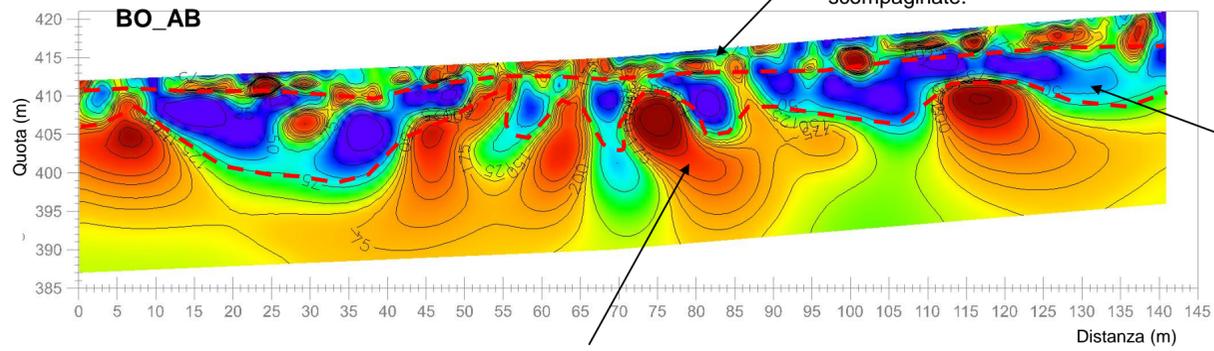
ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA
PROGETTO DEFINITIVO

INDAGINI GEOFISICHE - ANNO 2017

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 004	A	26 di 40

7. ALLEGATO GRAFICO N.2 – INDAGINI ERT

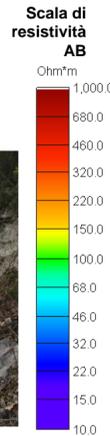
BOVINO – ORSARA SEZIONI ERT 2D : BO-AB



Rocce da coerente a poco fratturate.



Foto 1,2,3: fase di acquisizione linea 2D : BO_AB



OGGETTO: Indagini elettrica ERT 2D Linea BO_AB,CD,EF	
PROGETTO: Itinerario Napoli – Bari Raddoppio Tratta Bovino Orsara	
Per la SOING Strutture e Ambiente	
ELAB	MG. Idilli
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE P.Chiera	
REV 00	TAVOLA 1
<ul style="list-style-type: none"> Interpretazione linee ERT Ubicazione Linee ERT E1 Elettrodo 1 (Inizio profilo) E48 Elettrodo 48/72/96 (fine profilo) 	

BOVINO – ORSARA SEZIONI ERT 2D : BO-CD, BO_EF

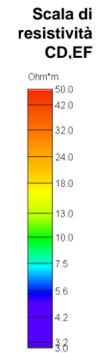
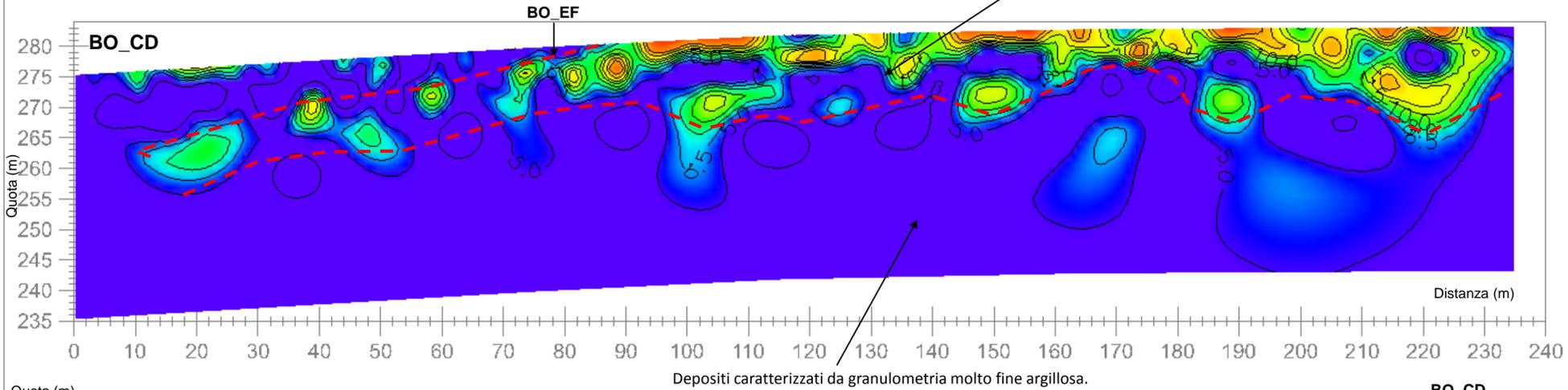
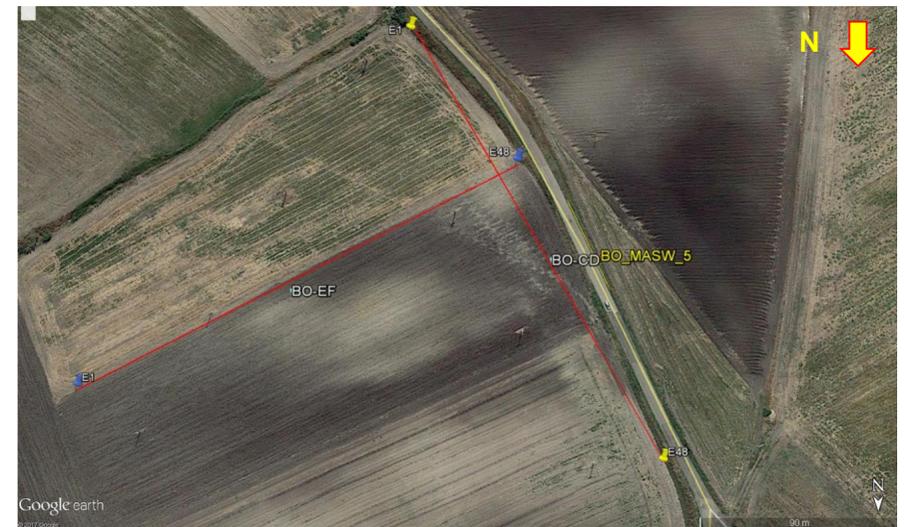
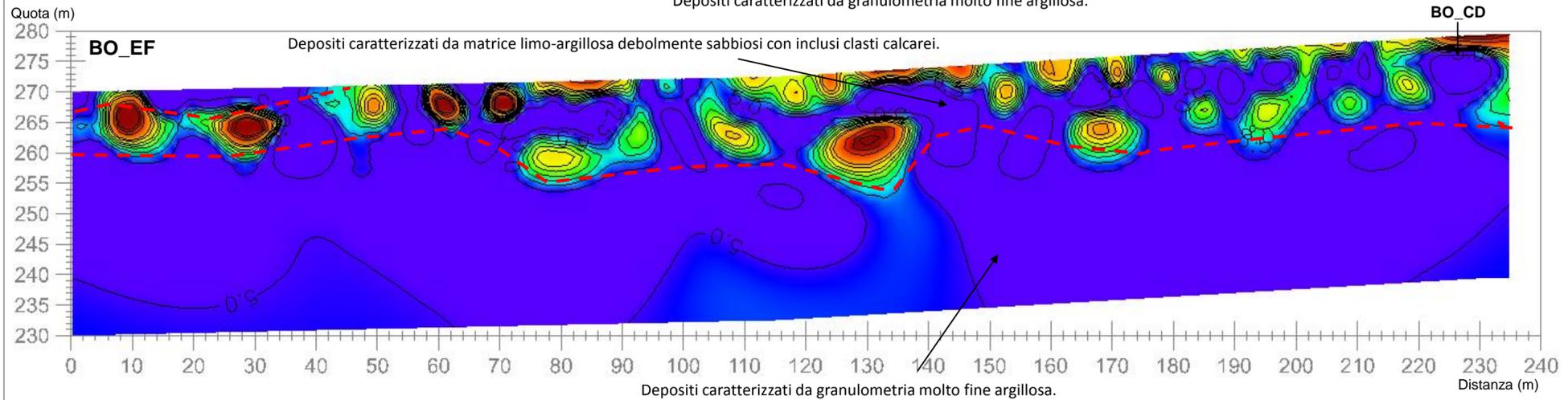


Foto 4: fase di acquisizione linea 2D BO_CD



Foto 85: fase di acquisizione linea 2D BO_EF





**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA
PROGETTO DEFINITIVO**

INDAGINI GEOFISICHE - ANNO 2017

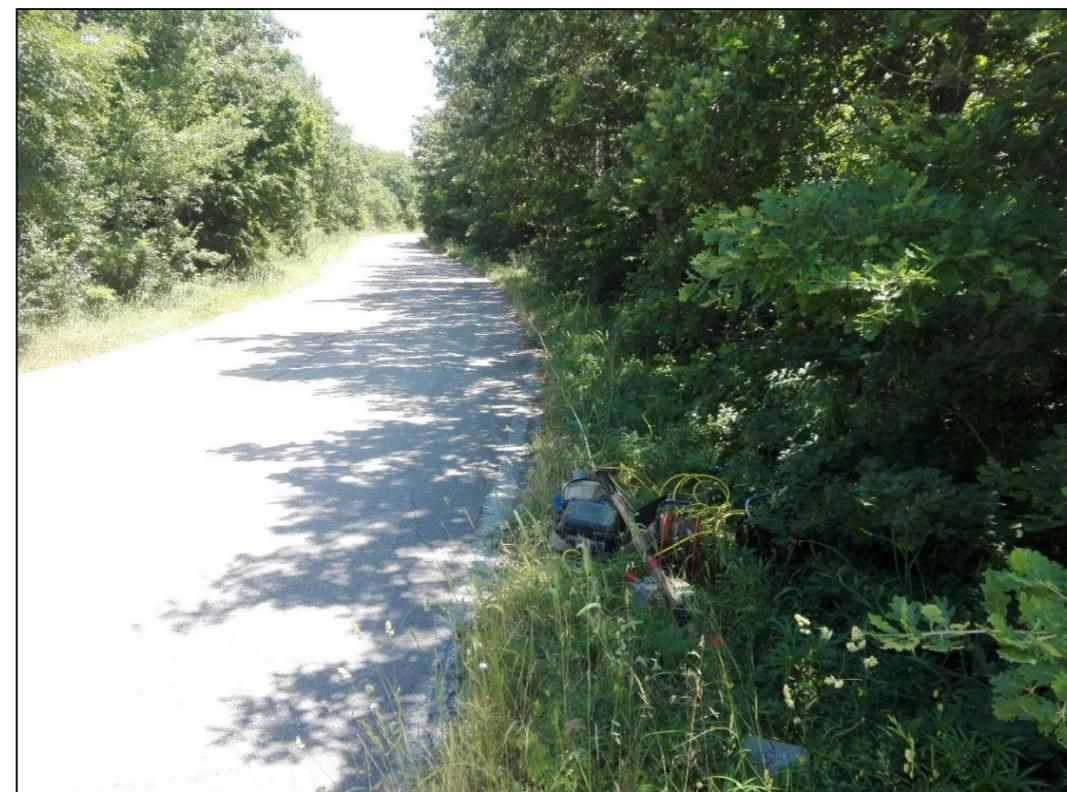
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 004	A	28 di 40

8. ALLEGATO GRAFICO N.3 – INDAGINI M.A.S.W. TAVOLE 1 ALLA 10

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



OGGETTO:
Indagini sismiche MASW
Linea **BO_MASW 2**

PROGETTO:
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Bovino Orsara

Per la **SOING** Strutture e
Ambiente

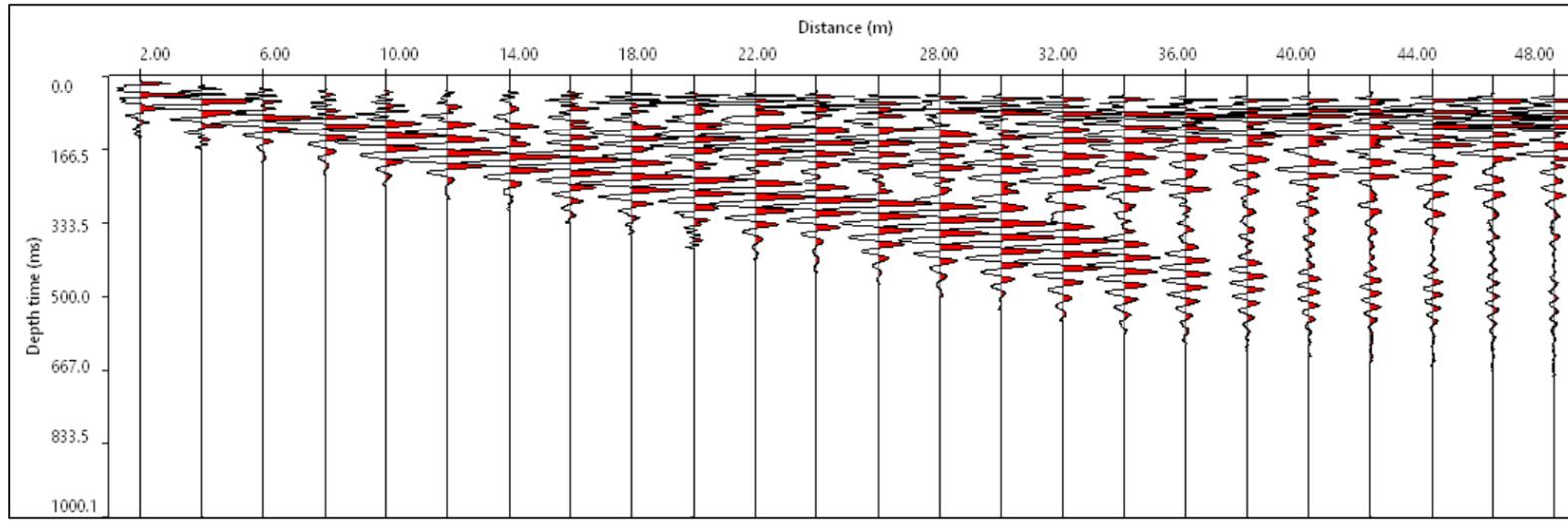
ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

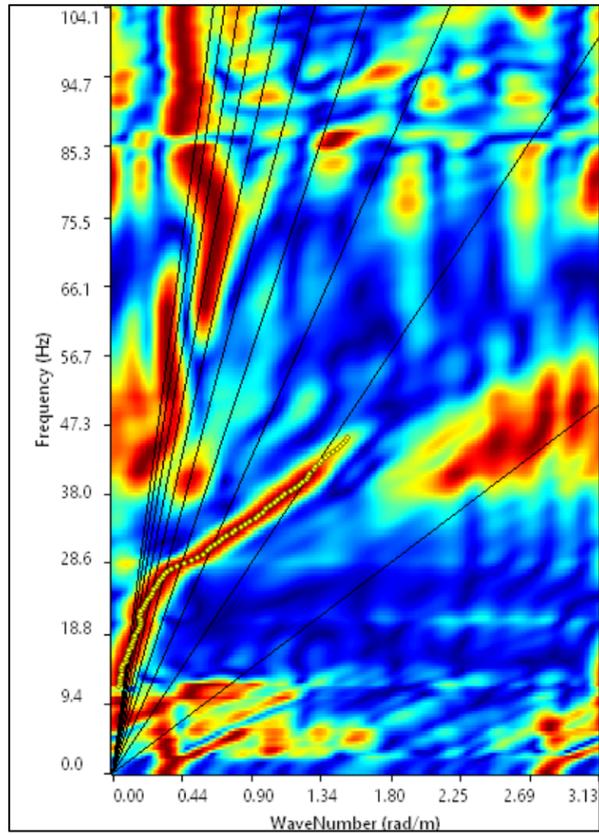
APPROVAZIONE P. Chiara

REV	00	TAVOLA
		1

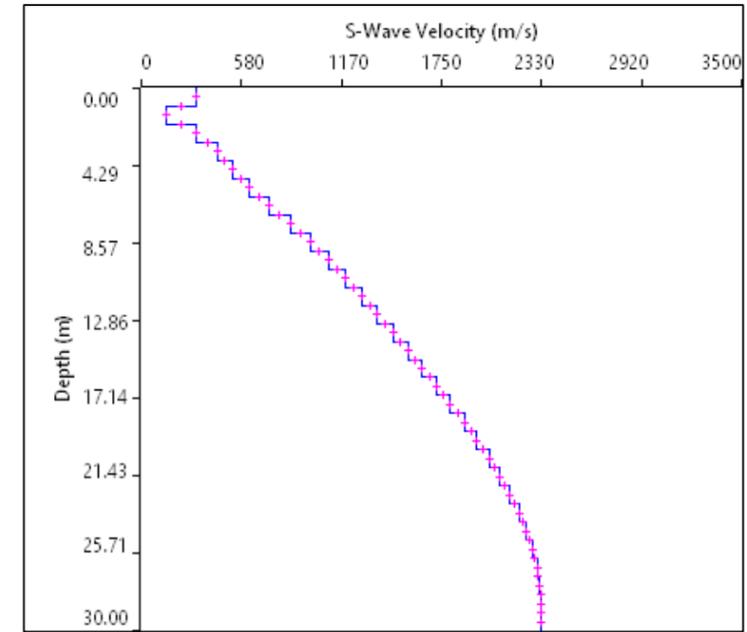
INDAGINI SISMICHE BO_MASW 2



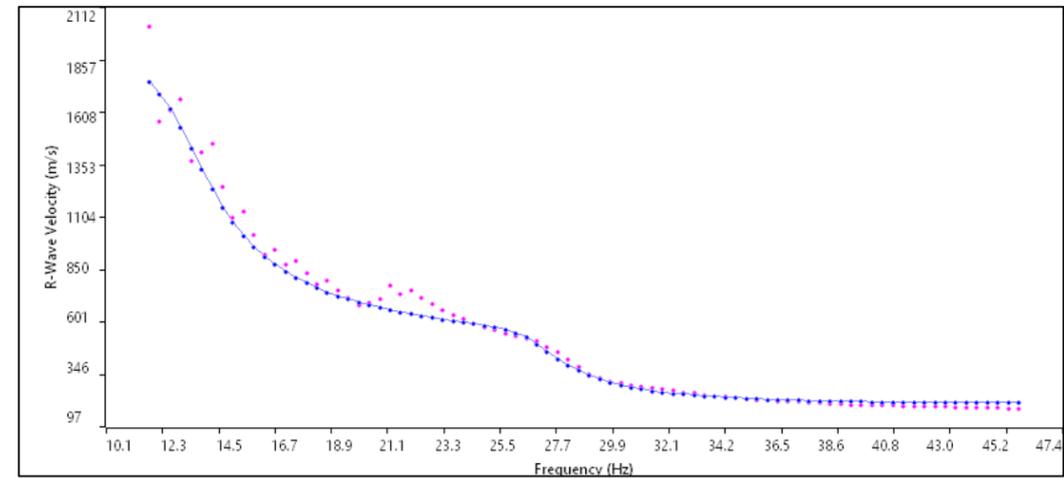
Sismogramma medio utilizzato



Spettro F-K



Profilo velocità onde S



Accoppiamento curve di dispersione



OGGETTO:
Indagini sismiche MASW
Linea BO_MASW 2

PROGETTO:
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Bovino Orsara

Per la **SOING** Strutture e
Ambiente

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROVAZIONE P. Chiara

REV	00	TAVOLA
		2

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



OGGETTO:
Indagini sismiche MASW
Linea **BO_MASW 3**

PROGETTO:
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Bovino Orsara

Per la **SOING** Strutture e
Ambiente

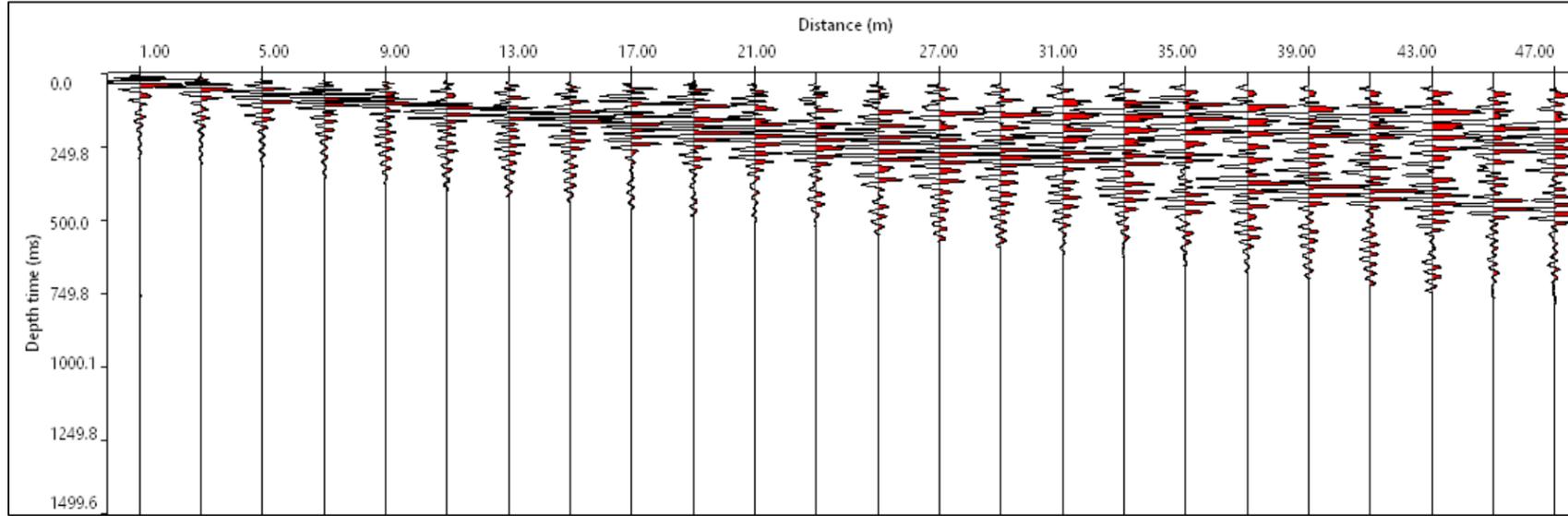
ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

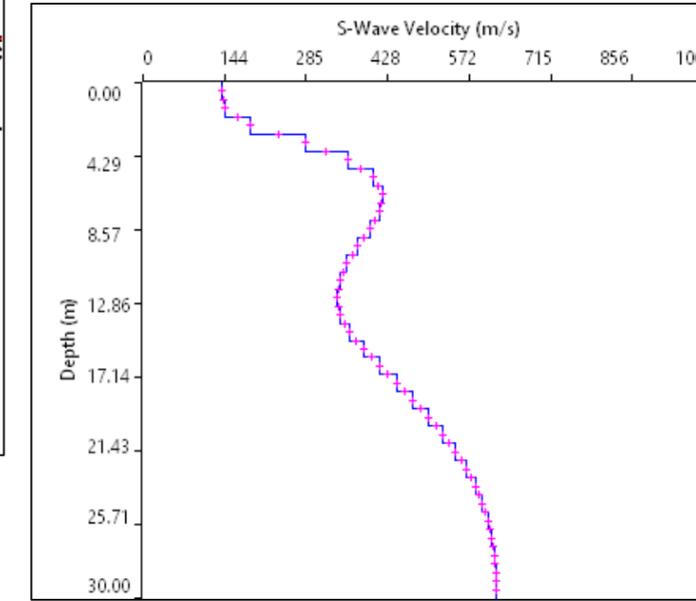
APPROVAZIONE P. Chiara

REV	00	TAVOLA	3
-----	----	--------	----------

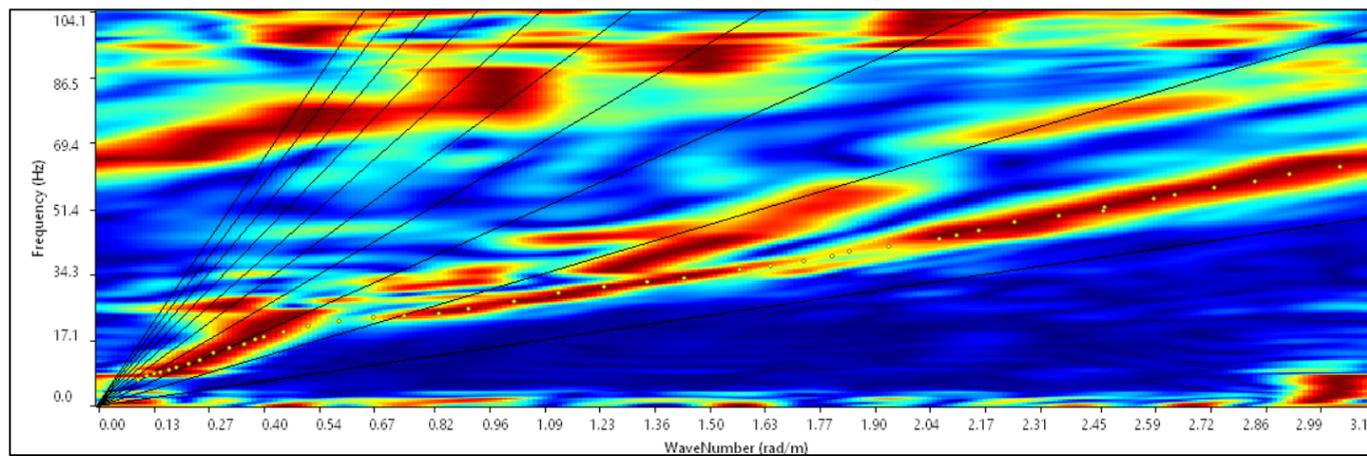
INDAGINI SISMICHE BO_MASW 3



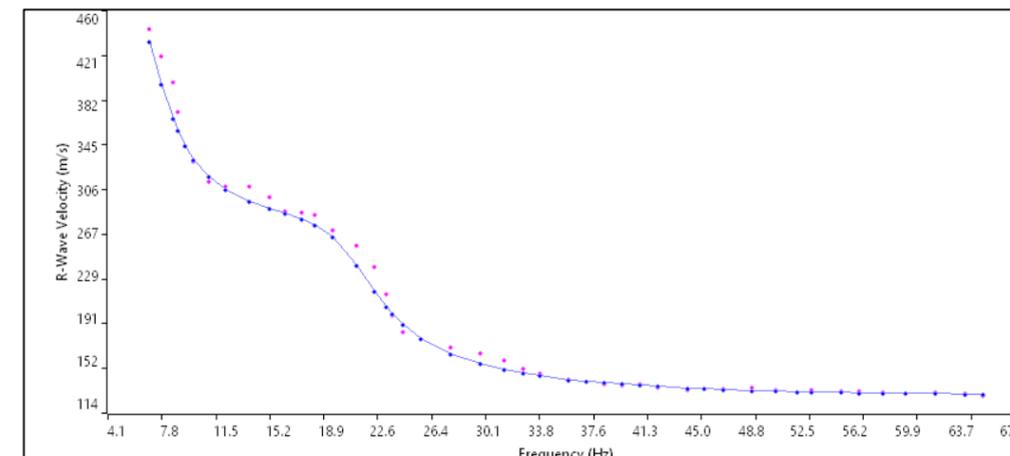
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione



OGGETTO:
Indagini sismiche MASW
Linea BO_MASW 3

PROGETTO:
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Bovino Orsara

Per la **SOING** Strutture e
Ambiente

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROVAZIONE P. Chiara

REV	00	TAVOLA	4
-----	----	--------	----------

INDAGINI SISMICHE BO_MASW 4

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



OGGETTO:
Indagini sismiche MASW
Linea **BO_MASW 4**

PROGETTO:
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Bovino Orsara

Per la **SOING** Strutture e
Ambiente

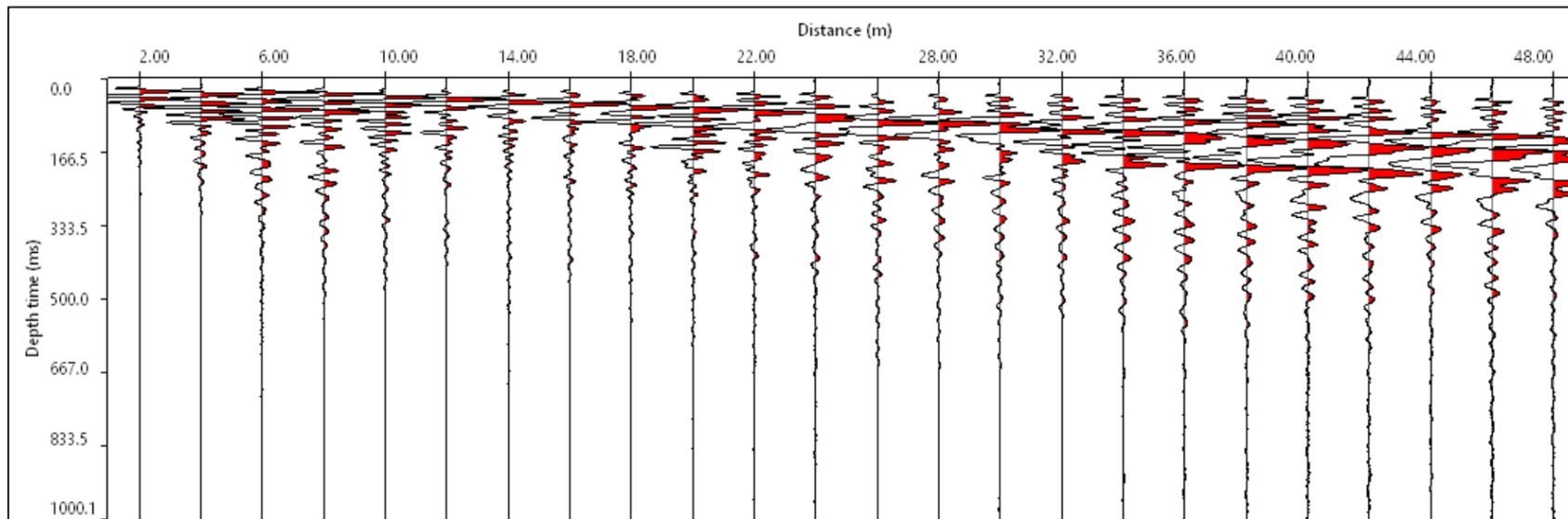
ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

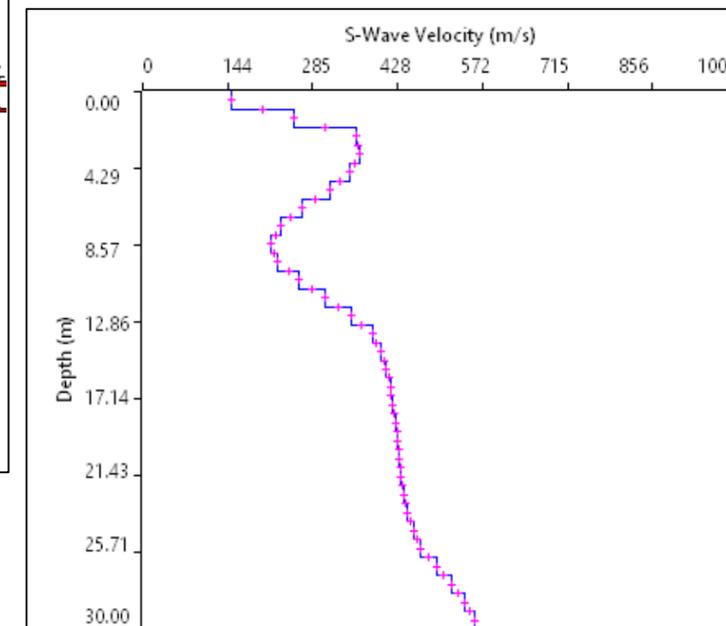
APPROVAZIONE P. Chiara

REV	00	TAVOLA	5
-----	----	--------	----------

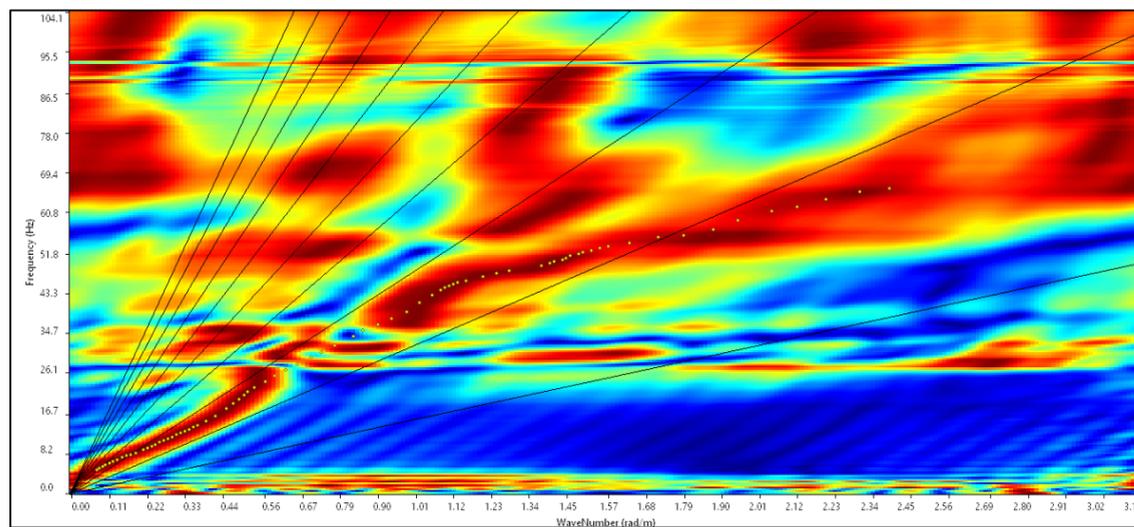
INDAGINI SISMICHE BO_MASW 4



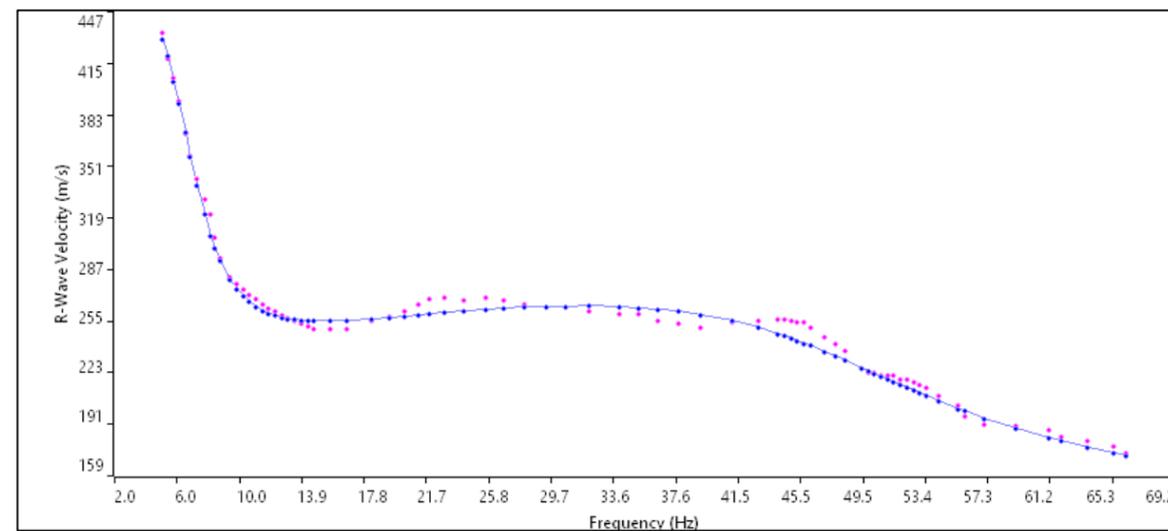
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione



OGGETTO:
Indagini sismiche MASW
Linea BO_MASW 4

PROGETTO:
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Bovino Orsara

Per la **SOING** Strutture e
Ambiente

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROVAZIONE P. Chiara

REV	00	TAVOLA
		6

INDAGINI SISMICHE BO_MASW 5

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



OGGETTO:
Indagini sismiche MASW
Linea **BO_MASW 5**

PROGETTO:
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Bovino Orsara

Per la **SOING** Strutture e
Ambiente

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROVAZIONE P. Chiara

REV	00	TAVOLA
		7

INDAGINI SISMICHE BO_MASW 5



OGGETTO:
Indagini sismiche MASW
Linea BO_MASW 5

PROGETTO:
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Bovino Orsara

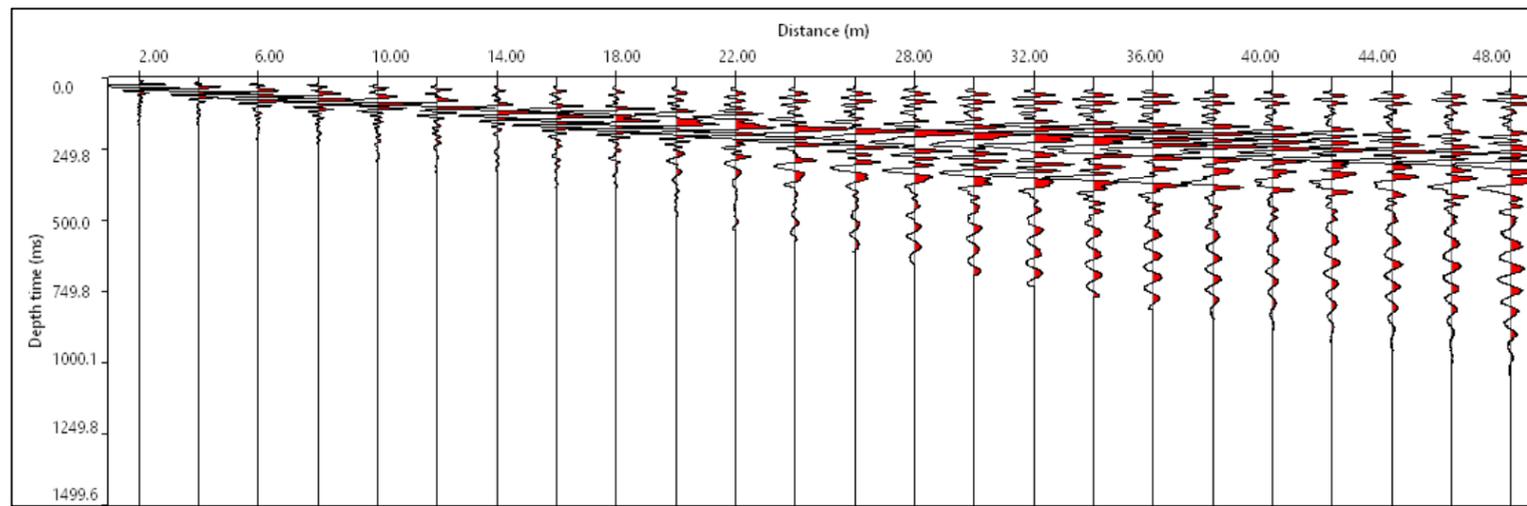
Per la **SOING** Strutture e
Ambiente

ELAB G. Luciani

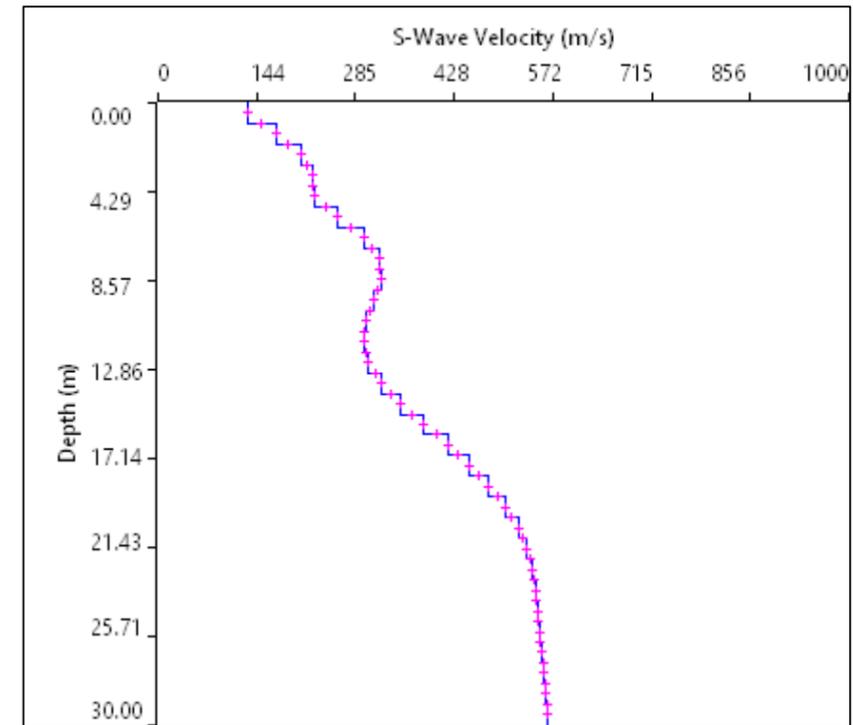
VERIFICA A. Morelli

APPROVAZIONE P. Chiara

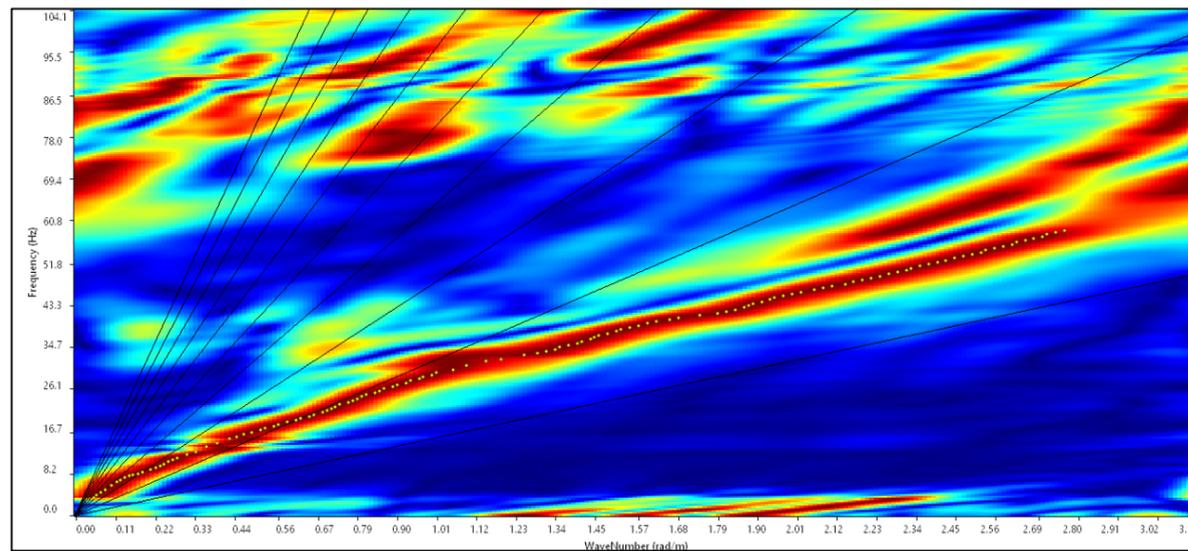
REV	00	TAVOLA	8
-----	----	--------	----------



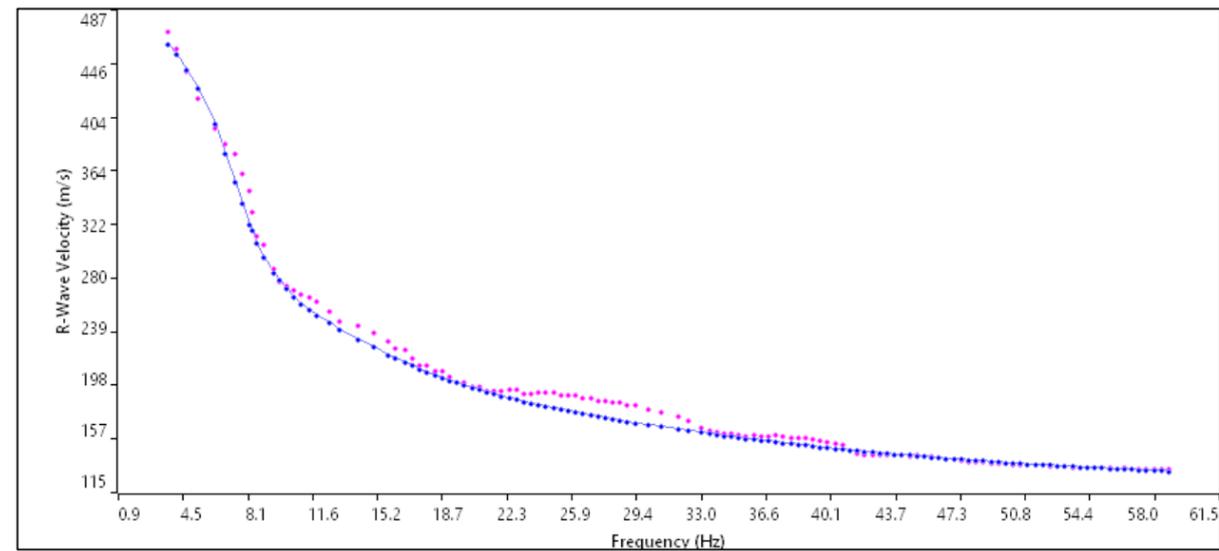
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



OGGETTO:
Indagini sismiche MASW
Linea **BO_MASW 7**

PROGETTO:
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Bovino Orsara

Per la **SOING** Strutture e
Ambiente

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROVAZIONE P. Chiara

REV	00	TAVOLA
		9

INDAGINI SISMICHE BO_MASW 7



OGGETTO:
Indagini sismiche MASW
Linea BO_MASW 7

PROGETTO:
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Bovino Orsara

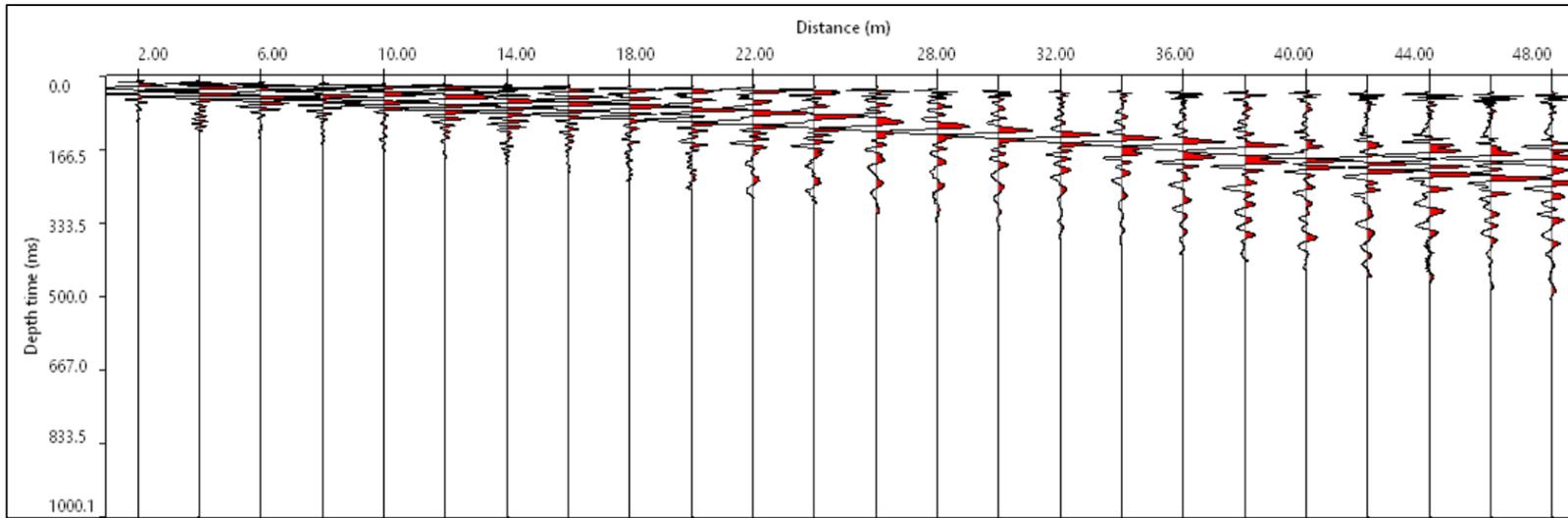
Per la **SOING** Strutture e
Ambiente

ELAB G. Luciani

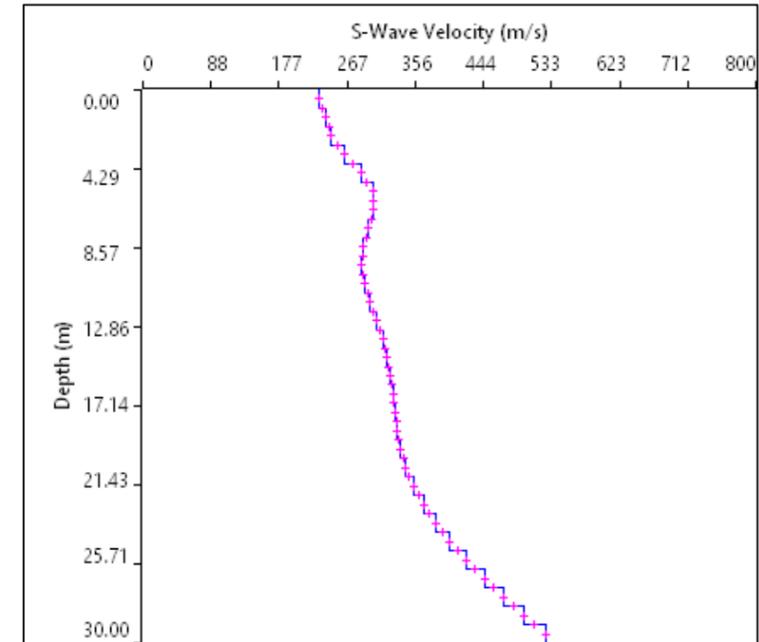
VERIFICA A. Morelli

APPROVAZIONE P. Chiara

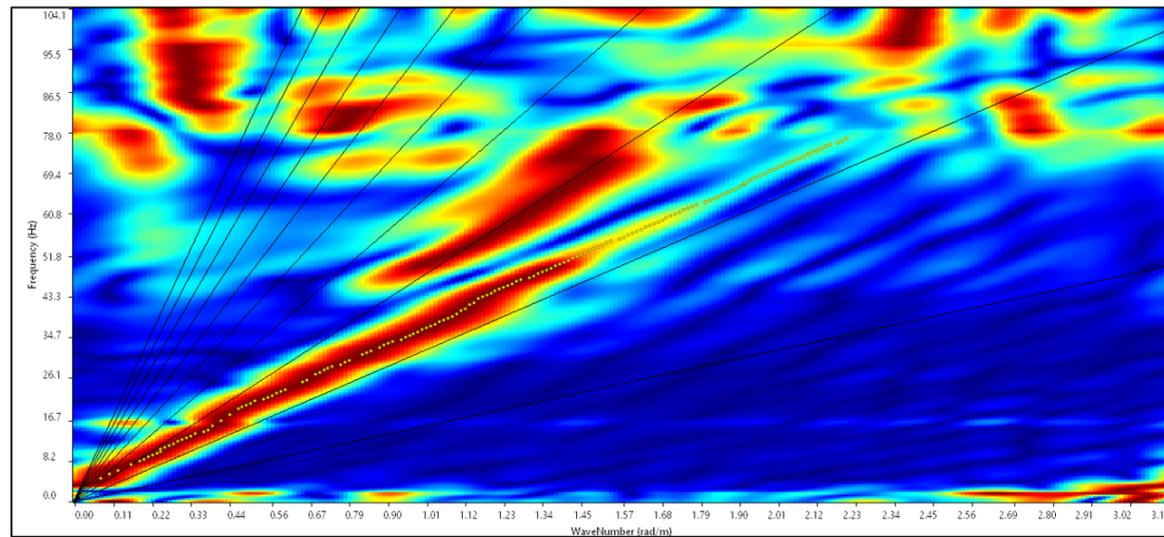
REV	00	TAVOLA	10
-----	----	--------	-----------



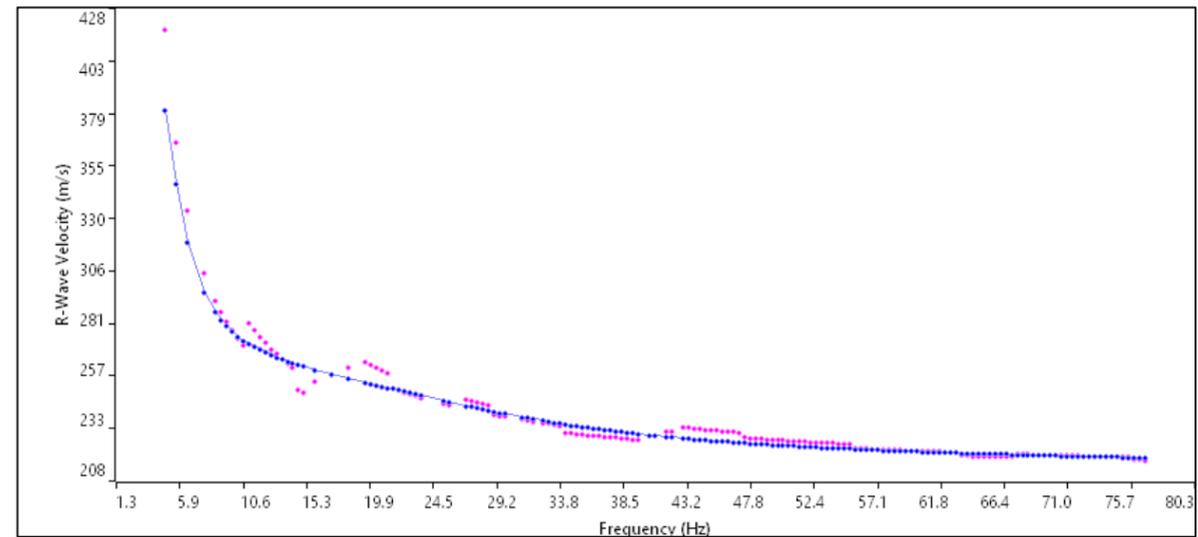
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA
PROGETTO DEFINITIVO

INDAGINI GEOFISICHE - ANNO 2017

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 004	A	39 di 40

9. ALLEGATO GRAFICO N.4 – INDAGINI ELETTROMAGNETICHE

Ubicazione Indagine



L'indagine non ha evidenziato anomalie associabili alla possibile presenza di masse metalliche interrate nei primi 4-5 m di terreno.

OGGETTO:
Indagini FDEM
FDEM_BO_S11

PROGETTO:
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Bovino Orsara

Per la **SOING** Strutture e
Ambiente

ELAB MG. Idili

VERIFICA A. Morelli

APPROVAZIONE P.Chiera

REV 00	TAVOLA
	1

Mappe

