

S.S. 398 "Via Val di Cornia"
Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12
e il Porto di Piombino
LOTTO 1 - Svincolo di Geodetica-Gagno

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **FI2**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:

 **Sintagma**

 **GEOTECHNICAL DESIGN GROUP**

 **ICARIA**
società di ingegneria

Dott. Ing. N. Granieri
Dott. Arch. N. Kamenicky
Dott. Ing. V. Truffini
Dott. Arch. A. Bracchini
Dott. Ing. F. Durastanti
Dott. Geol. G. Cerquiglini
Geom. S. Scopetta
Dott. Ing. L. Sbrenna
Dott. Ing. E. Sellari
Dott. Ing. E. Bartolucci
Dott. Ing. L. Dinelli
Dott. Ing. L. Nani
Dott. Ing. F. Pambianco
Dott. Agr. F. Berti Nulli

Dott. Ing. D. Carliaccini
Dott. Ing. S. Sacconi
Dott. Ing. G. Cordua
Dott. Ing. V. De Gori
Dott. Ing. C. Consorti
Dott. Ing. F. Dominici

Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Ing. F. Macchioni
Geom. C. Vischini
Dott. Ing. V. Piunno
Dott. Ing. G. Pulli
Geom. C. Sugaroni

IL PROGETTISTA:
Dott. Ing. Luca Nani
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A2445

IL GEOLOGO:
Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.:
Dott. Ing. Antonio Scalamandrè

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

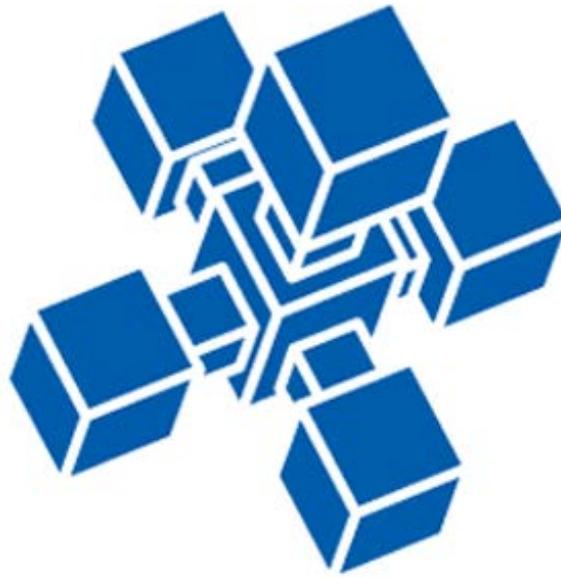
MARZO 2019



GEOLOGIA E GESTIONE MATERIE

Indagini geognostiche 2017: Indagini geofisiche

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00-GE00-GE0-RE09		
DPFI12	E	1801	CODICE ELAB. T00GE00GE0RE09	A	-
A	Emissione		29/03/2019	A. Lisetti	G. Cerquiglini N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO



DIMMS
C O N T R O L

OGGETTO: DGACQ 15-14 Accordo Quadro con unico operatore per lotto, ai sensi dell'59, comma 4 del D.Lsd 163/2006. CIG: 6023245B01 - Prot.n. CDG 0138938 - P del 23/12/2016

Servizi di indagine geognostica finalizzati al Progetto S.S 398 “Via Val di Cornia – Piombino bretella di collegamento autostrada Tirrenica – Porto di Piombino- collegamento Gagno Montegemoli- Lotto 3

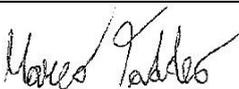
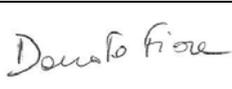
***FASCICOLO III
Indagini geofisiche***





DGACQ15-14 S.S.398
Via Val di Cornia-Piombino bretella di
collegamento Autostrada Tirrenica-Porto
di Piombino-collegamento Gagni
Montegemoli - Lotto3
Indagini geofisiche - Tomografie sismiche
a rifrazione e Down Hole

REPORT INTERPRETATIVO

Emissione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato
Rev 00	28/04/2017	Marco Taddeo	Donato Fiore	Massimo De Iasi
				

	<h1>DIMMS CONTROL</h1>	Revisione: 00 Data: 28/04/2017 Pagina 2 di 21
	<p><u>Indagini GEOFISICHE</u></p> <p><i>S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3</i></p> <p><u>Report Interpretativo</u></p>	

SOMMARIO

1. Premessa.....	3
2. Sismica a rifrazione	4
2.1. Principi base del metodo	4
2.2. Fattori di influenza delle velocità sismiche	5
2.3. Misure sismiche	6
2.4. Processing	6
2.5. Indagine Down Hole	8
2.5.1 Preparazione foro	9
2.5.2 Acquisizione	9
Fig. 2 - Schema di acquisizione	10
2.6. Processing indagine Down Hole	10
2.7. Strumentazione impiegata	14
4. Risultati	18
APPENDICE – TABELLE ELABORATI DOWN HOLE	19

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Ubicazione indagini	4
Figura 2 - Schema di acquisizione Down-Hole	10
Figura 3 - Diagramma sforzo - deformazione di un materiale duttile	12
Figura 4 - Esempio di resistenza al taglio.....	13
Figura 5 - Esempio di compressione uniforme	14
Figura 6 - Fase di acquisizione - Sismica a rifrazione.....	15
Figura 7 - Geofoni P ed SH	15
Figura 8 - Sismografo GEODE (Geometrics)	16

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Riepilogo indagini	3
Tabella 2 - Parametri di acquisizione	10
Tabella 3 - Specifiche tecniche Sismografo GEODE	17



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE



	<h1>DIMMS CONTROL</h1>	Revisione: 00 Data: 28/04/2017 Pagina 3 di 21
	<u>Indagini GEOFISICHE</u> S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3 <u>Report Interpretativo</u>	

1. Premessa

Nell'ambito del DGACQ 15-14 Accordo Quadro con unico operatore per lotto, ai sensi dell'art 59, comma 4, del D. Lgs. 163/2006 e s.m.i. CIG:6023245B01 Prot. CDG-0128912-P – S. S. 398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli-Lotto 3, la scrivente società DIMMS Control ha eseguito una campagna di indagini geofisiche di Sismica Tomografica a rifrazione (**SRT**) in onde P ed Sh e prova Down Hole nei giorni dal 10 al 12 Aprile 2017. Lo studio ha visto l'esecuzione di indagini sismiche per la caratterizzazione dei terreni nell'area in esame. Le indagini di cui si riferirà nel presente documento sono state integrate con le informazioni di n°5 sondaggi esistenti (2 piezometri e 3 down hole).

Si riporta il riepilogo delle indagini eseguite nella seguente tabella e l'ubicazione delle indagini:

Indagine	Metri totali	N° linee
Onde P	576	3
Onde S	576	3
Down Hole	121	3(verticali)

Tabella 1 - Riepilogo indagini



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE





Figura 1 - Ubicazione indagini

2. Sismica a rifrazione

2.1. Principi base del metodo

Le indagini di sismica a rifrazione permettono la ricostruzione delle geometrie e degli spessori dei depositi di copertura, le profondità del substrato (entro i limiti di penetrazione del metodo), la verifica di eventuali discontinuità laterali nonché di determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali. Il metodo sismico a rifrazione si basa sul concetto della birifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte d'onda conico. Data una sorgente di onde elastiche ed uno stendimento di geofoni lungo un profilo giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde rifratte. Tali onde giungono sulla superficie rifrangente (discontinuità individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse) con un angolo di incidenza critico (legge di

	<h1>DIMMS CONTROL</h1>	Revisione: 00 Data: 28/04/2017 Pagina 5 di 21
	<p><u>Indagini GEOFISICHE</u></p> <p><i>S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3</i></p> <p><u>Report Interpretativo</u></p>	

Snell) e vengono quindi rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza. I contrasti di proprietà alla base di tale fenomeno possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche. Sulla superficie da investigare si posizionano i trasduttori del moto del suolo (velocimetri o accelerometri) ad una certa distanza dalla sorgente sismica che può essere una massa battente (diversamente applicata e guidata), un fucile sismico o una carica esplosiva a seconda della lunghezza dello stendimento e della profondità di indagine richiesta.

Nell'indagine sismica a rifrazione i trasduttori situati più vicino alla sorgente rilevano prima l'onda diretta che arriva con velocità legata alle caratteristiche meccaniche dello strato di terreno più superficiale, mentre quelli più lontani rilevano le onde rifratte che viaggiano a velocità più elevata. Conoscendo i tempi di primo arrivo e la distanza geofono-sorgente, tramite l'analisi delle curve dei primi arrivi ad ogni trasduttore (dromocrone) si può determinare la velocità dei vari strati; da qui produrre una stratigrafia sismica da correlare alle formazioni geologiche o discontinuità presenti nella serie investigata nel sottosuolo. I principi sin qui esposti sono validi indipendentemente dal tipo di polarizzazione dell'onda (P o SH). Va inoltre considerato che la velocità delle onde P misurate per terreni perfettamente saturi dipende talora in maniera decisiva dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e dallo scheletro solido del materiale e perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione; invece la velocità delle onde S sono caratteristiche delle vibrazioni trasmesse prevalentemente dal solo scheletro solido e perciò rappresentative del terreno. Ne consegue che per alcuni terreni al di sotto della falda le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio.

2.2. Fattori di influenza delle velocità sismiche

Come ampiamente noto in letteratura, la velocità delle onde P è fortemente influenzata dal grado di saturazione S_r . In particolare, in condizioni di saturazione totale, la velocità delle onde P è controllata dal mezzo liquido (che è incompressibile) se superiore a quello dello scheletro solido.



Registered Office
 SS11 Padana Superiore, 317
 20090 Vimodrone (MI)
 ITALY
 P.IVA 01872430848
 www.dimms.it

Headquarter
 Area Ind.le di Avellino
 Via Campo di Fiume, 13
 83030 Montefredane (AV)
 ITALY
 Tel: +39 0825 24353
 Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
 SS11 Padana Superiore, 317
 20090 Vimodrone (MI)
 Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
 Bulevardul Regina Maria, 32
 Parter, birou 204, modul "B",
 Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
 ROMANIA
 CUI: RO29649090
 tel: +40 21 367 3178
 fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
 Estrada Nacional n°4
 Av. da Namaacha km 16
 Bairro do Fomento
 Distrito Municipal da Matola
 MOZAMBIQUE



	<h1>DIMMS CONTROL</h1>	Revisione: 00 Data: 28/04/2017 Pagina 6 di 21
	<p><u>Indagini GEOFISICHE</u></p> <p>S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3</p> <p><u>Report Interpretativo</u></p>	

Per $99% < S_r < 100%$ la velocità delle onde P varia sensibilmente con S_r , mentre per $S_r < 99%$ V_p è controllata dalla rigidità dello scheletro solido nella stessa maniera delle onde SH. Infatti la velocità delle onde S non risulta influenzata da tale parametro (l'acqua non può sostenere sforzi di taglio).

2.3. Misure sismiche

Gli stendimenti sismici sono stati realizzati a 24 canali d'acquisizione, per una lunghezza di 192 m (per 3 linee). L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione spazio temporale:

- n° geofoni: 24
- n° 10/15 shot per ogni punto di energizzazione da sottoporre al processo di stacking in fase di processing per ottimizzare il rapporto signal/noise.
- n° 7 shot point per ogni stendimento
- tempo di acquisizione: 1 s
- intervallo di campionamento 0.25 μ s

Per i dettagli dei punti di energizzazione si rimanda agli allegati delle indagini

2.4. Processing

Il processing dei dataset di sismica a rifrazione è stato condotto mediante il Software RAYFRACT (Intelligent Resources Inc., Canada), studiato per l'elaborazione di dati relativi ad indagini sismiche eseguite in superficie, realizzate sia con onde P che S, per scopi geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse. Rayfract consente sia la ricostruzione della geometria dei rifrattori con la sismica a rifrazione tradizionale, che la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche, soprattutto nel caso di strutture profonde.



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE



	<h1>DIMMS CONTROL</h1>	Revisione: 00 Data: 28/04/2017 Pagina 7 di 21
	<p><u>Indagini GEOFISICHE</u></p> <p>S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3</p> <p><u>Report Interpretativo</u></p>	

Lo schema di interpretazione utilizzato nel presente lavoro è basato sulla creazione di un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata di processo dei tempi di primo arrivo basata sui metodi dei "Fronti d'onda" (Brückl 1987; Jones and Jovanovich 1985) e del Plus-minus (Hagedoorn 1959), fondata su una regressione del campo dei tempi di primo arrivo (Brückl 1987). Tale metodo può essere considerato un'ottimizzazione dell'algoritmo del GRM, capace di risolvere l'immagine dei rifrattori con andamenti topografici molto accidentati. A partire dal modello sopraccitato è stato quindi utilizzato il codice di calcolo per la modellazione tomografica che utilizza, nell'algoritmo d'inversione, un "raytracing" con raggi curvilinei e metodi di calcolo ai minimi quadrati attraverso il metodo Delta t-v (Gebrande and Miller 1985), al fine di migliorare il riconoscimento e la localizzazione di strutture di forma anomala, stabilizzando la soluzione dell'algoritmo d'iterazione.

In generale, il tempo di percorrenza di un'onda sismica lungo un percorso S attraverso un mezzo bidimensionale (2D) può essere scritto come

$$t = \int_S u[\mathbf{r}(x, y)] \quad (1)$$

dove $u(r)$ è il campo delle lentezze (l'inverso delle velocità) e r è il vettore posizione. Discretizzando il campo di lentezze $u(r)$ con m celle equidimensionali ognuna caratterizzata da una lentezza costante u_k ($k=1, 2, \dots, m$) la dromocrona i -esima delle n disponibili può essere scritta come

$$t_i = \sum_{k=1}^m l_{ik} \cdot u_k \quad (2)$$

dove l_{ik} rappresenta la porzione dell' i -esima dromocrona nella cella k -esima. Considerando tutte le dromocrone disponibili si ottiene il seguente sistema

$$\mathbf{t} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{u} \quad (3)$$

dove \mathbf{t} è il vettore dei dati sperimentali (tempi di primo arrivo letti sui sismogrammi), \mathbf{M} è la matrice rettangolare contenente le porzioni dei percorsi nelle varie celle, \mathbf{u} è il vettore delle lentezze (incognite del problema).



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430648
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE



	<h1>DIMMS CONTROL</h1>	Revisione: 00 Data: 28/04/2017 Pagina 8 di 21
	<p><u>Indagini GEOFISICHE</u></p> <p>S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3</p> <p><u>Report Interpretativo</u></p>	

Il problema inverso da risolvere è pertanto

$$\mathbf{u} = \tilde{\mathbf{M}}^{-1} \cdot \mathbf{t} \quad (4)$$

dove $\tilde{\mathbf{M}}^{-1}$ è la matrice inversa generalizzata. Poiché i percorsi sismici dipendono dalle lentezze, la matrice M dipende anche dalle lentezze e quindi il problema inverso è un problema non-lineare che deve essere risolto iterativamente partendo da una soluzione iniziale (modello di partenza). L'equazione da considerare è pertanto la seguente

$$\mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{u} = \Delta \mathbf{t} \quad (5)$$

dove $\Delta \mathbf{t} = \mathbf{t} - \mathbf{t}(\mathbf{u}_0)$ è la differenza tra i tempi sperimentali e i tempi calcolati per il modello di lentezze iniziale \mathbf{u}_0 ; $\Delta \mathbf{u}$ è la perturbazione del modello iniziale; e J è la matrice jacobiana contenente le derivate parziali delle dromocrone rispetto alle lentezze nelle celle $\frac{\partial t_i}{\partial u_k}$.

Poiché il problema è parzialmente sovradeterminato (per alcune celle si hanno molti percorsi) e parzialmente sottodeterminato (per alcune celle non è disponibile nessun percorso) esso è stato risolto con la tecnica dei minimi quadrati smorzati, cioè è stata minimizzata con la seguente funzione errore

$$\varphi = \|\mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{u} - \Delta \mathbf{t}\|^2 + \lambda \|\mathbf{L}_2 \mathbf{u}\|^2 \quad (6)$$

dove λ è il fattore di smorzamento e la matrice \mathbf{L}_2 è una matrice derivata seconda (operatore laplaciano) che forza la soluzione verso la soluzione più regolare possibile (smoothest solution).

L'affinamento della soluzione supportata con il metodo Delta t-v è stato ottenuto attraverso un ulteriore processo finale tomografico.

2.5. Indagine Down Hole

Lo scopo della prova è quello di valutare, in accordo con la committenza, la velocità delle onde sismiche primarie Vp e secondarie Vs, da p.c. sino a fondo foro. Le prove sismiche Down-Hole vengono eseguite con lo scopo di misurare la velocità delle onde dirette che si propagano dalla



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE



	<h1>DIMMS CONTROL</h1>	Revisione: 00 Data: 28/04/2017 Pagina 9 di 21
	<p><u>Indagini GEOFISICHE</u></p> <p>S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3</p> <p><u>Report Interpretativo</u></p>	

superficie nel terreno in profondità. Il terreno viene energizzato in superficie, in prossimità di testa foro e la registrazione avviene in foro grazie ad un geofono triassiale ancorato a profondità crescenti. Tale geofono registra gli spostamenti (tradotti sotto forma di impulsi elettrici) lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z). Le onde sismiche vengono generate energizzando il terreno in direzione verticale e in direzione trasversale (parallelamente al suolo). Nel primo caso verranno generate prevalentemente onde compressive (onde P) che si propagano in profondità e vengono registrate al meglio dal geofono verticale (asse z). Nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde di taglio (onde S) visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente (assi x e y). Le onde di taglio hanno velocità inferiori rispetto a quelle compressive, solitamente intorno al 60-70%, quindi raggiungono il geofono quando il primo fronte d'onda compressiva è già transitato. Questo passaggio, purtroppo, costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali in quanto i geofoni orizzontali si trovano ancora in movimento all'arrivo dell'onda S. Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda compressiva P e l'energia dell'onda trasversale S a favore di quest'ultima, si realizza una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto. La sottrazione delle forme d'onda relative a queste due acquisizioni, riduce sensibilmente la componente compressiva presente nel segnale. Tali prove forniscono una dettagliata stratigrafia di velocità delle onde compressive (V_p) e delle onde di taglio (V_s).

2.5.1 Preparazione foro

Per effettuare le prospezioni sismiche in foro sono stati eseguiti dei sondaggi verticali fino a profondità di 30m (SA1 - DH), 45m (SA3 - DH) e 46m (SA5 - DH), adeguatamente rivestiti con apposita tubazione in PVC. Infine tale rivestimento è stato cementato al terreno incassante con opportuna miscela cementizia iniettata dal fondo foro fino alla fuoriuscita in superficie, per garantire una perfetta cementazione lungo tutta la lunghezza del tubo.

2.5.2 Acquisizione

Una volta raggiunta la profondità di prova i ricevitori vengono assicurati alla parete del tubo di rivestimento mediante un packer azionato in superficie mediante il Geostuff Controller, la



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE



	<h1>DIMMS CONTROL</h1>	Revisione: 00 Data: 28/04/2017 Pagina 10 di 21
	<p><u>Indagini GEOFISICHE</u></p> <p>S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3</p> <p><u>Report Interpretativo</u></p>	

sorgente viene colpita in senso verticale (per generare onde di compressione P) e lateralmente (per generare onde di taglio SH) facendo partire, per mezzo del trigger, la registrazione del segnale acquisita secondo i seguenti parametri:

Sampling interval (ms)	0.125
Record length (s)	0.5
Spacing (m)	1

Tabella 2 - Parametri di acquisizione

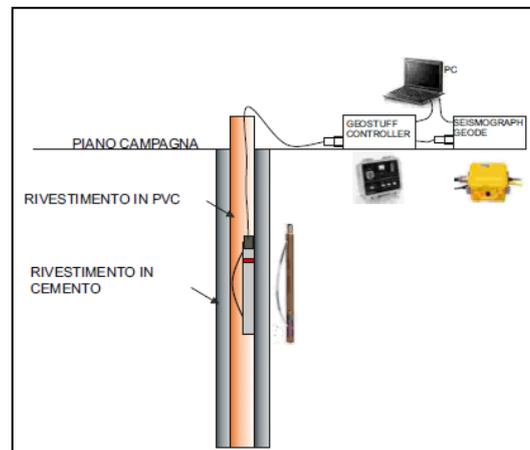


Figura 2 - Schema di acquisizione Down-Hole

2.6. Processing indagine Down Hole

La misura dei tempi dei primi arrivi delle onde sismiche deve essere realizzata con precisione e con un dettaglio pari a circa un decimo di millisecondo. La prima fase dell'elaborazione consiste nella determinazione dei primi arrivi sia delle onde P che delle onde S. Il *picking* dei tempi delle onde P è una operazione relativamente semplice, mentre per la corretta individuazione dei tempi di arrivo delle onde S è necessario evidenziare l'inversione di fase dell'onda di taglio: per tale scopo si effettua la sovrapposizione dei sismogrammi ricavati per la stessa profondità dai due punti di



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE



	<h1>DIMMS CONTROL</h1>	Revisione: 00 Data: 28/04/2017 Pagina 11 di 21
	<p><u>Indagini GEOFISICHE</u></p> <p>S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3</p> <p><u>Report Interpretativo</u></p>	

battuta; sovrapponendo le tracce si avrà la corretta localizzazione delle onde S quando si noterà il movimento uguale ed opposto della fase d'onda.

La prima operazione da fare è la correzione sulla verticale dei tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto della distanza tra la sorgente e il boccaforo.

Con i tempi corretti si realizza il grafico (Tcorr, z), sia per le onde P che per le onde S. Le velocità dei terreni investigati vengono finalmente ottenute in maniera indiretta con il metodo intervallo; i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due posizioni consecutive del ricevitore posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (velocità d'intervallo).

La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone; la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali. Successivamente alla costruzione delle dromocrone ed alla determinazione della velocità di propagazione del segnale sismico nei diversi strati di terreno, avendo l'indicazione della densità dei litotipi incontrati durante la perforazione si potranno calcolare i moduli elastici caratteristici.

Il modulo di Young E (o modulo di elasticità longitudinale) è definito a partire dalla legge di Hooke:

$$E = \sigma/\epsilon$$

Con

σ : sforzo, viene misurato in Pascal.

ϵ : deformazione, è una grandezza adimensionale, spesso la si esprime in percentuale.

Il modulo di Young viene determinato dal diagramma sforzo-deformazione mediante la formula appena vista, nel tratto in cui il materiale subisce una deformazione elastica (ovvero rimuovendo lo sforzo il materiale deve essere in grado di ritornare alle dimensioni iniziali).



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE





DIMMS CONTROL

Indagini GEOFISICHE

S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento
Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni
Montegemoli - Lotto3

Report Interpretativo

Revisione: 00

Data:

28/04/2017

Pagina 12 di 21

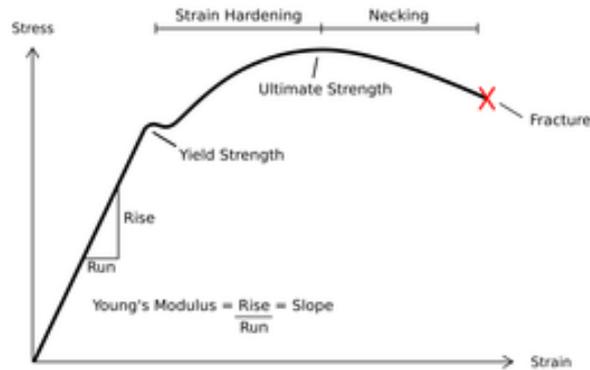


Figura 3 - Diagramma sforzo - deformazione di un materiale duttile

Il **modulo di taglio μ** , detto anche modulo di scorrimento, di rigidità o di elasticità tangenziale, è una costante di Lamè che esprime il rapporto sforzo-deformazione tangenziali.

Data una piastra di lunghezza indefinita di spessore h , perpendicolare all'asse x , sulle cui facce agisce una coppia di tensioni tangenziali (o di taglio) di verso opposto T_1 e $-T_1$, si produrrà uno spostamento $\delta l / 2$ nel senso delle z positive e $\delta l / 2$ nel senso opposto. In pratica è come se una faccia rimanesse ferma e si producesse uno spostamento di δl .

Lo spostamento totale δl sarà in relazione allo sforzo di taglio T_1 e allo spessore h secondo la relazione:

$$dl = \frac{1}{\mu} h T_1$$

dove μ è il modulo di taglio.



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE





Considerando lo spostamento angolare α , ponendo l'angolo uguale alla sua tangente, la relazione diventerà semplicemente:

$$\alpha = \frac{T_1}{\mu}$$

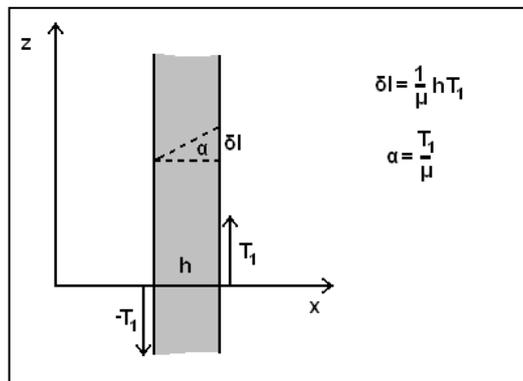


Figura 4 - Esempio di resistenza al taglio

Il modulo bulk k (o modulo di compressibilità) di una materiale definisce la capacità della stessa di resistere ad una forza di compressione uniforme. È definito come l'incremento di pressione necessario a causare un relativo decremento di volume secondo la relazione:

$$K = -V \frac{\partial p}{\partial V}$$

dove K è appunto il modulo di compressibilità, p la pressione e V il volume.



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE



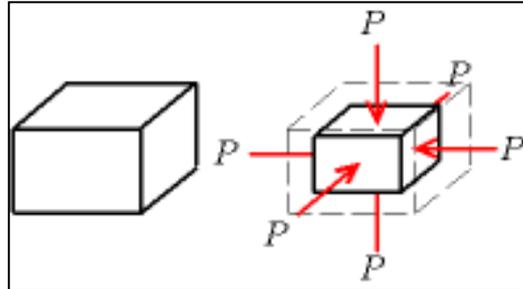


Figura 5 - Esempio di compressione uniforme

Si precisa inoltre che i moduli presentati nelle sezioni cui afferisce questa nota tecnica sono moduli DINAMICI cioè ottenuti calcolando i valori a piccolissime deformazioni rappresentate dal tratto iniziale *reversibile* della curva sforzi deformazioni. Per tanto risulteranno essere molto maggiori rispetto a quelli calcolati con prove in situ e/o di laboratorio, in cui il terreno viene portato a rottura.

2.7. Strumentazione impiegata

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

sistema energizzante: tale sistema (sia per la generazione delle onde P, Sh) deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali.

Per generare le onde di compressione P ed Sh è stata utilizzata una massa battente da 8kg



DIMMS CONTROL

Indagini GEOFISICHE

S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento
Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni
Montegemoli - Lotto3

Report Interpretativo

Revisione: 00
Data:
28/04/2017
Pagina 15 di 21



Figura 6 - Fase di acquisizione - Sismica a rifrazione

sistema di ricezione: per l'indagine sono stati utilizzati 24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile (oscillazione verticale), con frequenza caratteristica di 4.5 Hz + 24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile (oscillazione orizzontale), con frequenza caratteristica di 8 Hz.

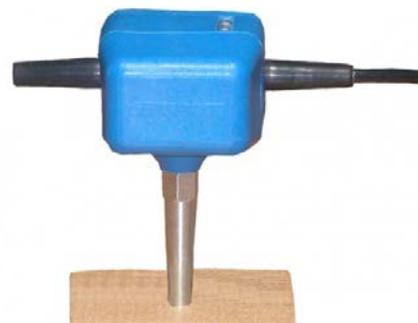


Figura 7 - Geofoni P ed SH

trigger: la metodologia utilizzata, in quanto attiva, prevede che l'inizio della registrazione sia individuato mediante un *trigger* che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra o la trave (nel nostro caso si è usato quello un geofono starter) e l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consentendo di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE



	<h1>DIMMS CONTROL</h1>	Revisione: 00 Data: 28/04/2017 Pagina 16 di 21
	<p><u>Indagini GEOFISICHE</u></p> <p>S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3</p> <p><u>Report Interpretativo</u></p>	

sistema di acquisizione dati (comune a tutte le indagini eseguite): n°1 sismografo costituito da un sistema a multicanale a conversione digitale. Il modello è denominato *GEODE* (prodotto dalla *GEOMETRICS*) con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit (Tecnologia Delta Sigma). Tale sistema è in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 24 bit.

Esso è collegato a ciascuno dei geofoni ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.



Figura 8 - Sismografo GEODE (Geometrics)



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE



	<h1>DIMMS CONTROL</h1>	Revisione: 00 Data: 28/04/2017 Pagina 17 di 21
	<p><u>Indagini GEOFISICHE</u></p> <p>S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3</p> <p><u>Report Interpretativo</u></p>	

A/D Conversion:	24 bit (Crystal Semiconductor sigma-delta converters)
DynamicRange:	144 dB (system), 110 dB (instantaneous, measured) at 2ms, 24dB.
Distortion:	0.0005% @ 2 ms, 1.75 to 208 Hz.
Bandwidth:	1.75 Hz to 20 kHz
Common Mode Rejection:	> -100 dB at <=100 Hz, 36 dB.
Crosstalk:	-125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms.
Noise Floor:	0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz.
Stacking Trigger Accuracy:	1/32 of sample interval.
Maximum Input Signal:	2.8 VPP.
Input Impedance:	20 kOhm, 0.02 uf.
Preamplifier Gains: dB, or 0dB.	24 or 36 dB
Anti-alias Filters:	-3 dB at 83% of Nyquist frequency, down 90 dB.
Pre-trigger Data:	Up to 4,096 Sampl es
Sample Interval:	0.02, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 ms.
Record Length:	16,000 samples standard
Delay:	0 to 9999 ms in 1 ms steps.
Data Transmission:	Ethernet connections

Tabella 3 - Specifiche tecniche Sismografo GEODE

L'attrezzatura per la prova Down-Hole in dotazione si compone di:

- BHG-2 Borehole Geophone: Diametro 48 mm, Lunghezza: 700 mm, Peso: 2 kg
- Sistema di controllo geofono da foro Geostuff
- Sistema di energizzazione per onde di compressione P costituito da martello strumentato (del peso di 8 Kg) lasciato cadere con violenza su una piastra in alluminio adagiata in superficie ad una distanza di 2.0 m dal foro dopo averne opportunamente predisposto il piano di appoggio e dopo averla orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse del foro.



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE



	<h1>DIMMS CONTROL</h1>	Revisione: 00 Data: 28/04/2017 Pagina 18 di 21
	<p><u>Indagini GEOFISICHE</u></p> <p><i>S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3</i></p> <p><u>Report Interpretativo</u></p>	

4. Risultati

L'indagine svolta ha consentito di ricostruire il quadro sismostratigrafico dell'area, confrontando i dati sismici con i dati geognostici a disposizione.

Per i dettagli si rimanda all'elaborato grafico e all'appendice, allegati alla presente relazione.



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 367 3178
fax: +40 21 367 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE





DIMMS CONTROL

Indagini GEOFISICHE

S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento
Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni
Montegemoli - Lotto3

Report Interpretativo

Revisione: 00

Data:

28/04/2017

Pagina 19 di 21

APPENDICE – TABELLE ELABORATI DOWN HOLE

SA1 DH

Profondità (m)	Onde P		Onde S		Poisson	Young (MPa)	Taglio (MPa)	Bulk (MPa)	γ (kN/m ³)
	(ms)	(m/sec)	(ms)	(m/sec)					
1.00	6.66	150.19	16.43	60.86	0.40	16.9	6.0	28.7	16.3
2.00	11.31	215.11	26.20	102.35	0.35	46.6	17.2	53.1	16.4
3.00	14.56	306.98	34.09	126.84	0.40	74.7	26.7	120.9	16.6
4.00	16.59	493.92	47.68	73.55	0.49	27.4	9.2	402.2	17.0
5.00	18.12	654.37	55.99	120.30	0.48	74.3	25.1	707.8	17.3
6.00	19.37	798.44	62.95	143.87	0.48	108.1	36.4	1073.2	17.6
7.00	20.50	883.27	66.25	302.65	0.43	466.6	162.7	1169.1	17.8
8.00	21.49	1008.69	69.54	303.92	0.45	482.7	166.4	1611.3	18.0
9.00	22.37	1139.34	72.85	301.85	0.46	487.1	166.5	2150.7	18.3
10.00	23.23	1157.54	77.61	209.99	0.48	239.5	80.8	2346.4	18.3
11.00	23.85	1616.42	80.22	384.43	0.47	835.6	284.2	4646.2	19.2
12.00	24.61	1316.41	83.75	283.11	0.48	440.8	149.3	3029.8	18.6
13.00	25.43	1229.59	89.91	162.41	0.49	145.2	48.7	2725.9	18.5
14.00	26.18	1325.68	94.76	206.10	0.49	235.7	79.2	3172.2	18.7
15.00	27.00	1216.44	100.16	185.19	0.49	188.1	63.2	2643.3	18.4
16.00	27.81	1234.84	102.89	366.55	0.45	720.5	248.2	2485.4	18.5
17.00	28.50	1455.20	106.30	292.97	0.48	480.1	162.3	3788.1	18.9
18.00	29.03	1903.90	109.62	301.01	0.49	533.8	179.5	6940.7	19.8
19.00	29.56	1859.91	111.57	514.04	0.46	1520.1	521.1	6126.9	19.7
20.00	30.08	1941.62	113.36	557.59	0.46	1799.0	618.2	6671.6	19.9
21.00	30.55	2102.37	115.08	580.73	0.46	1987.9	681.4	8021.9	20.2
22.00	30.94	2561.24	116.80	583.57	0.47	2118.6	719.3	12897.1	21.1
23.00	31.33	2569.67	118.55	569.56	0.47	2021.8	685.8	13044.4	21.1
24.00	31.72	2576.82	120.10	644.11	0.47	2574.3	877.6	12875.9	21.2
25.00	32.06	2964.56	121.35	799.95	0.46	4099.7	1403.3	17401.6	21.9
26.00	32.42	2729.09	122.90	646.78	0.47	2639.5	897.6	14785.1	21.5
27.00	32.74	3165.78	124.54	608.52	0.48	2449.0	826.9	21278.4	22.3
28.00	33.07	3074.60	125.79	805.01	0.46	4200.4	1435.4	19024.3	22.1
29.00	33.42	2819.68	127.33	649.55	0.47	2687.9	913.0	15987.3	21.6
30.00	33.73	3181.78	128.72	715.22	0.47	3371.0	1144.0	21114.9	22.4



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 387 3178
fax: +40 21 387 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE





DIMMS CONTROL

Indagini GEOFISICHE

S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento
Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni
Montegemoli - Lotto3

Report Interpretativo

Revisione: 00
Data:
28/04/2017
Pagina 20 di 21

SA3 DH

Profondità (m)	Onde P		Onde S		Poisson	Young (MPa)	Taglio (MPa)	Bulk (MPa)	γ (kN/m^3)
	(ms)	(m/sec)	(ms)	(m/sec)					
1.00	1.40	714.38	3.09	323.95	0.37	501.4	182.9	645.6	17.4
2.00	2.84	691.96	7.36	233.93	0.44	273.1	95.1	705.5	17.4
3.00	4.12	787.07	13.98	151.12	0.48	118.9	40.1	1035.2	17.6
4.00	5.21	912.42	19.53	180.11	0.48	171.1	57.8	1406.8	17.8
5.00	6.15	1059.94	27.03	133.30	0.49	96.1	32.2	1992.8	18.1
6.00	7.21	944.51	34.03	142.87	0.49	108.7	36.5	1547.2	17.9
7.00	8.12	1097.59	42.68	115.66	0.49	72.7	24.3	2159.5	18.2
8.00	8.87	1338.50	51.30	115.94	0.50	75.1	25.1	3312.6	18.7
9.00	9.65	1286.36	60.78	105.53	0.50	61.9	20.7	3045.7	18.6
10.00	10.40	1323.28	67.43	150.47	0.49	126.1	42.2	3208.8	18.6
11.00	11.25	1186.99	76.86	105.95	0.50	61.7	20.6	2561.3	18.4
12.00	12.11	1159.61	84.84	125.34	0.49	86.0	28.8	2425.0	18.3
13.00	12.85	1346.87	93.35	117.53	0.50	77.3	25.8	3356.7	18.7
14.00	13.53	1480.28	101.95	116.30	0.50	76.8	25.6	4120.5	19.0
15.00	14.13	1667.73	108.97	142.37	0.50	117.3	39.2	5325.6	19.3
16.00	14.88	1321.48	115.99	142.55	0.49	113.2	37.9	3205.1	18.6
17.00	15.64	1319.72	124.28	120.52	0.50	81.0	27.1	3210.3	18.6
18.00	16.33	1445.95	130.91	151.01	0.49	128.8	43.1	3892.4	18.9
19.00	17.03	1439.18	136.51	178.33	0.49	179.2	60.0	3830.1	18.9
20.00	17.66	1591.12	140.82	232.13	0.49	307.8	103.4	4718.5	19.2
21.00	18.29	1581.98	143.27	408.62	0.46	937.1	320.0	4369.4	19.2
22.00	18.82	1868.83	145.78	398.19	0.48	924.0	313.0	6476.1	19.7
23.00	19.41	1720.45	148.76	335.21	0.48	646.7	218.5	5463.1	19.4
24.00	19.94	1862.16	150.80	490.84	0.46	1390.1	475.2	6206.1	19.7
25.00	20.48	1867.84	152.75	514.07	0.46	1521.9	521.6	6190.0	19.7
26.00	21.03	1798.88	154.55	555.56	0.45	1750.9	604.9	5535.3	19.6
27.00	21.55	1939.21	157.11	389.66	0.48	892.8	301.8	7072.9	19.9
28.00	22.00	2195.71	158.82	586.10	0.46	2047.7	700.5	8897.0	20.4
29.00	22.51	1973.69	160.68	537.38	0.46	1682.0	576.0	7002.4	19.9
30.00	22.96	2249.47	162.34	603.54	0.46	2182.2	746.7	9377.1	20.5
31.00	23.40	2254.63	163.89	642.17	0.46	2462.6	845.8	9297.9	20.5
32.00	23.85	2241.85	165.68	558.57	0.47	1874.9	639.1	9442.8	20.5
33.00	24.23	2598.36	167.66	506.03	0.48	1607.0	542.8	13587.2	21.2
34.00	24.59	2785.10	169.61	512.58	0.48	1680.3	566.7	15976.0	21.6
35.00	24.97	2656.32	171.29	594.62	0.47	2220.9	753.5	14033.5	21.3
36.00	25.36	2529.53	173.31	495.62	0.48	1531.2	517.3	12785.0	21.1
37.00	25.77	2425.88	175.14	547.44	0.47	1841.2	624.9	11437.9	20.9
38.00	26.14	2713.18	176.66	656.56	0.47	2713.4	923.6	14541.1	21.4
39.00	26.52	2678.42	178.20	651.45	0.47	2662.1	906.4	14112.7	21.4
40.00	26.93	2437.64	179.81	619.19	0.47	2345.9	800.4	11337.1	20.9
41.00	27.29	2766.64	181.22	708.86	0.46	3170.0	1082.0	15039.6	21.5
42.00	27.65	2782.51	182.67	688.68	0.47	3001.6	1022.8	15332.7	21.6
43.00	28.00	2862.62	184.11	698.09	0.47	3109.3	1058.7	16391.3	21.7
44.00	28.37	2671.96	185.57	681.53	0.47	2905.2	991.4	13916.4	21.3
45.00	28.77	2471.71	187.30	578.12	0.47	2059.4	700.0	11861.8	20.9



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 387 3178
fax: +40 21 387 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE





DIMMS CONTROL

Indagini GEOFISICHE

S.S.398 Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento
Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni
Montegemoli - Lotto3

Report Interpretativo

Revisione: 00

Data:

28/04/2017

Pagina 21 di 21

SA5 DH

Profondità (m)	Onde P		Onde S		Poisson	Young (MPa)	Taglio (MPa)	Bulk (MPa)	γ (kN/m ³)
	(ms)	(m/sec)	(ms)	(m/sec)					
1.00	0.98	1023.36	1.91	522.75	0.32	1305.3	493.1	1232.4	18.0
2.00	2.49	660.27	4.91	334.15	0.33	513.6	193.4	497.2	17.3
3.00	3.57	924.09	7.25	426.89	0.36	887.5	325.3	1090.4	17.8
4.00	4.98	710.62	9.81	390.73	0.28	682.6	266.0	525.1	17.4
5.00	6.74	569.06	12.82	331.90	0.24	469.0	188.8	303.3	17.1
6.00	8.46	582.15	17.25	226.00	0.41	247.4	87.7	464.8	17.2
7.00	9.64	843.33	24.45	138.73	0.49	101.2	34.0	1212.5	17.7
8.00	10.32	1483.89	34.71	97.51	0.50	54.0	18.0	4152.5	19.0
9.00	11.19	1138.33	40.57	170.52	0.49	158.2	53.1	2297.4	18.3
10.00	12.09	1119.62	49.52	111.76	0.49	68.1	22.8	2256.0	18.2
11.00	12.70	1632.21	56.32	147.14	0.50	124.8	41.7	5076.7	19.3
12.00	13.30	1677.42	69.04	78.59	0.50	35.8	12.0	5430.0	19.4
13.00	13.91	1638.92	75.06	166.08	0.49	159.0	53.2	5107.2	19.3
14.00	14.47	1785.53	84.01	111.77	0.50	73.2	24.4	6206.9	19.6
15.00	15.07	1657.76	89.93	169.00	0.49	164.9	55.2	5234.7	19.3
16.00	15.71	1571.71	98.39	118.23	0.50	80.1	26.8	4693.2	19.1
17.00	16.48	1284.84	105.32	144.13	0.49	115.2	38.6	3014.1	18.6
18.00	17.21	1374.81	114.80	105.59	0.50	62.6	20.9	3516.0	18.7
19.00	17.89	1464.40	119.72	203.08	0.49	232.7	78.1	3955.1	18.9
20.00	18.70	1242.70	127.38	130.48	0.49	94.1	31.5	2812.7	18.5
21.00	19.45	1324.56	130.52	318.73	0.47	556.7	189.5	3019.3	18.6
22.00	20.05	1675.50	135.72	192.23	0.49	213.6	71.5	5337.1	19.4
23.00	20.57	1942.37	141.29	179.79	0.50	192.3	64.3	7416.4	19.9
24.00	20.96	2505.57	143.79	399.18	0.49	995.7	334.8	12744.2	21.0
25.00	21.36	2541.57	145.90	473.32	0.48	1400.0	472.3	12989.1	21.1
26.00	21.74	2651.74	148.73	353.89	0.49	795.6	266.8	14624.3	21.3
27.00	22.16	2383.81	152.78	247.01	0.49	378.8	126.7	11632.4	20.8
28.00	22.54	2569.07	156.52	267.16	0.49	451.0	150.9	13750.2	21.1
29.00	22.95	2445.59	159.84	301.45	0.49	566.6	189.8	12241.7	20.9
30.00	23.35	2508.35	164.77	202.73	0.50	258.6	86.4	13108.2	21.0
31.00	23.71	2754.20	169.65	204.84	0.50	270.2	90.2	16195.1	21.5
32.00	24.04	3060.58	173.74	244.95	0.50	397.3	132.7	20544.2	22.1
33.00	24.43	2592.05	176.27	394.58	0.49	981.6	329.8	13793.2	21.2
34.00	24.79	2765.24	179.50	309.41	0.49	615.8	206.1	16188.5	21.5
35.00	25.22	2309.87	183.03	283.25	0.49	493.8	165.4	10781.1	20.6
36.00	25.59	2681.70	186.16	319.46	0.49	650.9	218.0	15072.9	21.4
37.00	26.02	2378.04	189.09	341.32	0.49	720.3	241.8	11415.3	20.8
38.00	26.45	2315.03	193.82	211.57	0.50	276.3	92.3	10933.2	20.6
39.00	26.90	2214.60	197.15	300.48	0.49	549.9	184.5	9773.4	20.4
40.00	27.32	2353.37	200.67	283.51	0.49	496.9	166.4	11246.2	20.7
41.00	27.73	2446.11	203.20	395.59	0.49	972.1	326.9	12064.8	20.9
42.00	28.14	2441.24	206.73	283.59	0.49	501.5	167.9	12221.3	20.9
43.00	28.55	2460.99	209.25	395.75	0.49	974.3	327.7	12234.4	20.9
44.00	28.92	2704.97	211.78	395.83	0.49	999.0	335.5	15218.0	21.4
45.00	29.35	2331.25	214.31	395.90	0.49	961.9	323.9	10797.7	20.7
46.00	29.72	2658.68	216.43	470.39	0.48	1399.8	471.7	14439.5	21.3



Registered Office
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
ITALY
P.IVA 01872430848
www.dimms.it

Headquarter
Area Ind.le di Avellino
Via Campo di Fiume, 13
83030 Montefredane (AV)
ITALY
Tel: +39 0825 24353
Fax: +39 0825 248705

Laboratories Milano
SS11 Padana Superiore, 317
20090 Vimodrone (MI)
Tel/Fax: +39 02 27402621

Romanian branch office
Bulevardul Regina Maria, 32
Parter, birou 204, modul "B",
Sectorul 4, C.P.040125 Bucuresti
ROMANIA
CUI: RO29649090
tel: +40 21 387 3178
fax: +40 21 387 3442

Mozambique branch office
Estrada Nacional n°4
Av. da Namaacha km 16
Bairro do Fomento
Distrito Municipal da Matola
MOZAMBIQUE





DGACQ15-14 S.S.398
Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3

Indagini geofisiche - Tomografie sismiche a rifrazione e Down Hole
Allegato grafico

Emissione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato
Rev. 00	28/04/2017	Marco Taddeo	Donato Fiore	Massimo De Iasi

Lavoro:

DGACQ15-14 S.S.398 - Via Val di
Cornia-Piombino bretella di
collegamento Autostrada Tirrenica-
Porto di Piombino-collegamento
Gagni Montegemoli - Lotto3
Indagini geofisiche - Tomografie
sismiche a rifrazione e Down Hole -
Allegato grafico

Committente

A.N.A.S.

Indagine:

REF

Data

esecuzione:
10-12/04/2017

Tavola: 1

Ubicazione indagini

Elaborato:

Marco Taddeo

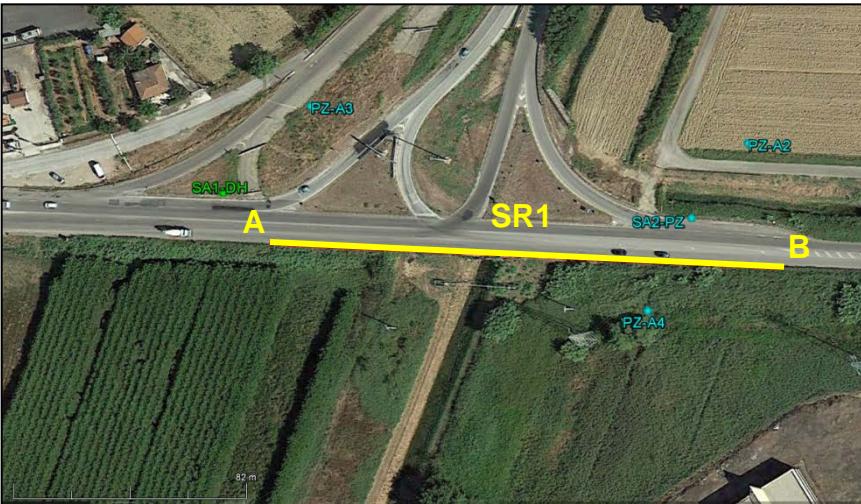
Verificato:

Donato Fiore

Approvato:

Massimo De Iasi

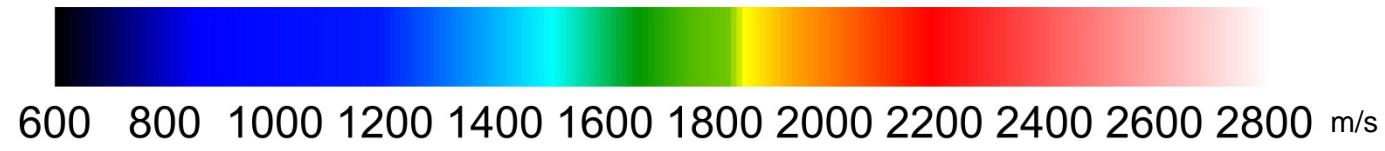
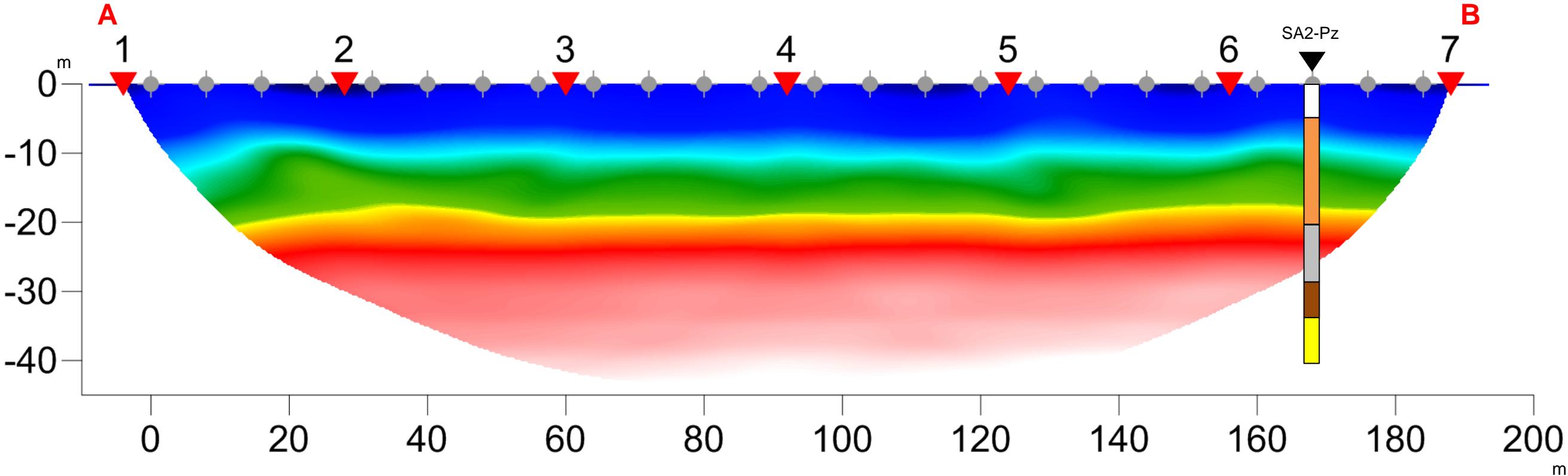


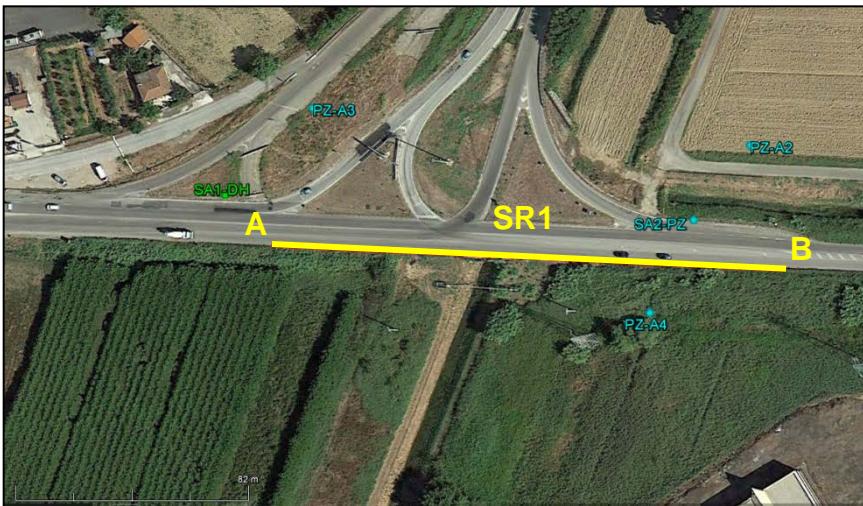


Lavoro: DGACQ15-14 S.S.398 - Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3 Indagini geofisiche - Tomografie sismiche a rifrazione e Down Hole - Allegato grafico	Committente A.N.A.S.	Indagine: REF	Tavola: 2 Tomografia Sismica 1	Elaborato: Marco Taddeo Verificato: Donato Fiore Approvato: Massimo De Iasi
		Data esecuzione: 12/04/2017	ONDE P	



LEGENDA	
	Sabbie argillose miste a riporto
	Limi argillosi
	Argille limose
	Sabbie argillose
	Arenarie con venature di calcite e lenti argillose





Lavoro:

DGACQ15-14 S.S.398 - Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3
 Indagini geofisiche - Tomografie sismiche a rifrazione e Down Hole - Allegato grafico

Committente

A.N.A.S.

Indagine:

REF

Data

esecuzione:
12/04/2017

Tavola: 3

Tomografia Sismica 1

ONDE S

Elaborato:

Marco Taddeo

Verificato:

Donato Fiore

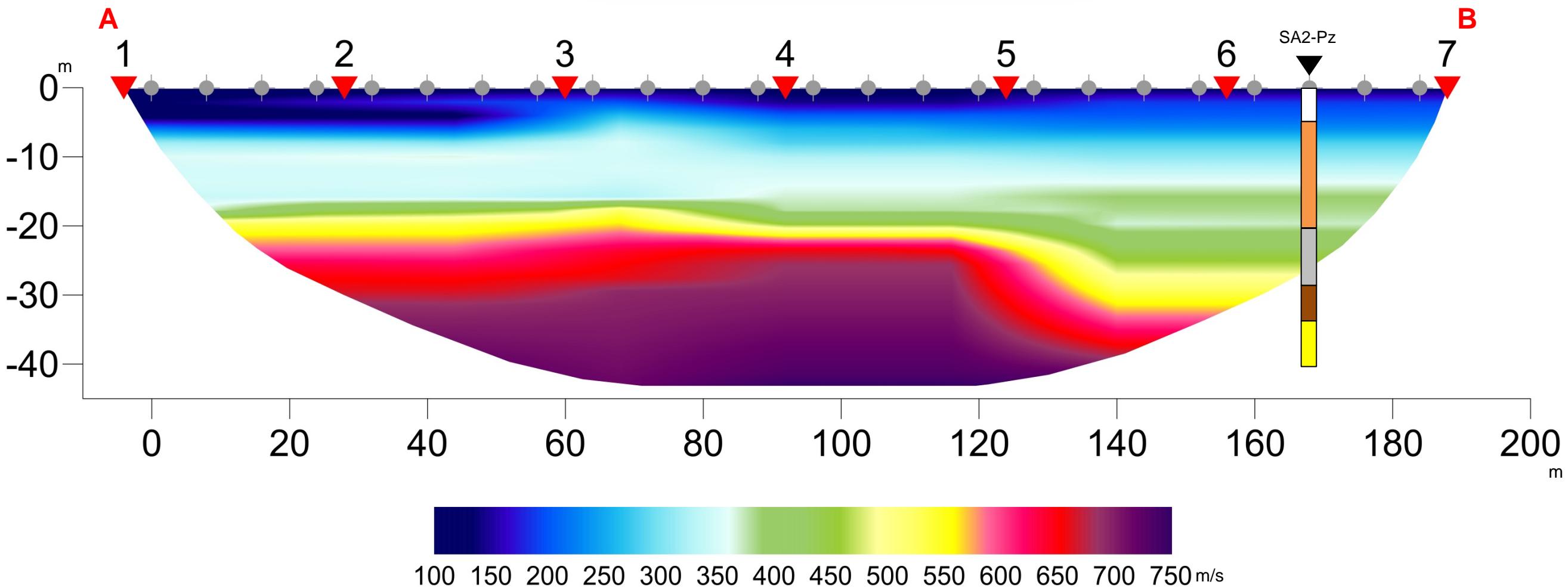
Approvato:

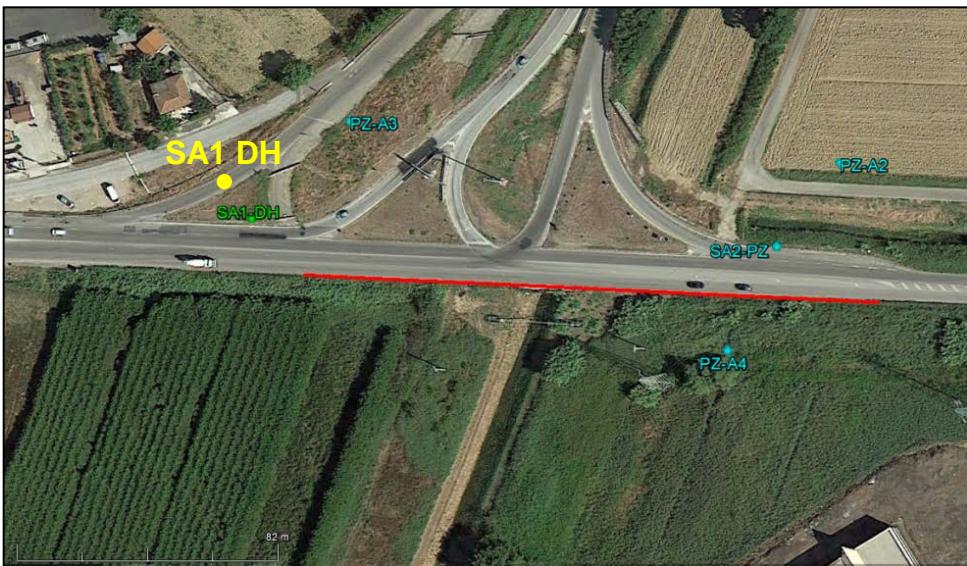
Massimo De Iasi



LEGENDA

-  Sabbie argillose miste a riporto
-  Limi argillosi
-  Argille limose
-  Sabbie argillose
-  Arenarie con venature di calcite e lenti argillose





Lavoro:

DGACQ15-14 S.S.398 - Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica- Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3
 Indagini geofisiche – Tomografie sismiche a rifrazione e Down Hole - Allegato grafico

Committente

A.N.A.S.

Indagine:

DH

Tavola: 4

SA1 DH

Elaborato:

Marco Taddeo

Verificato:

Donato Fiore

Approvato:

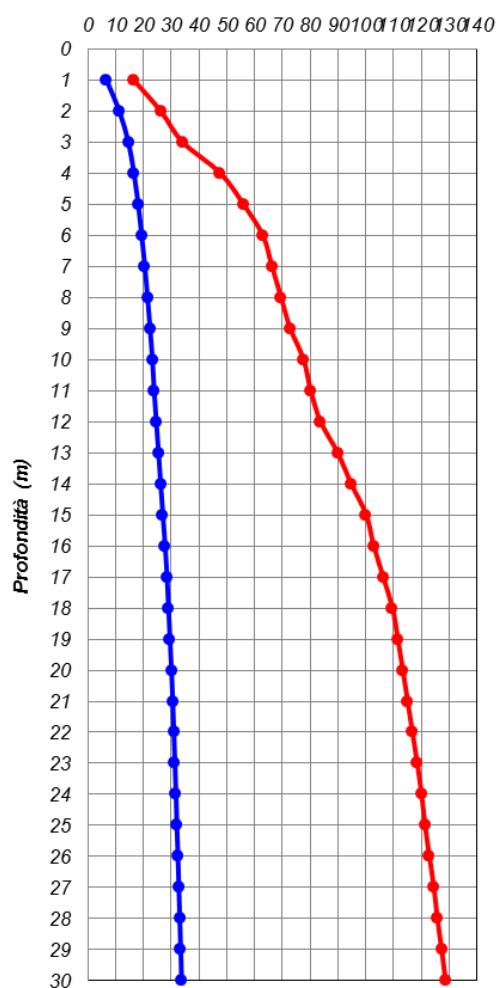
Massimo De Iasi

Data

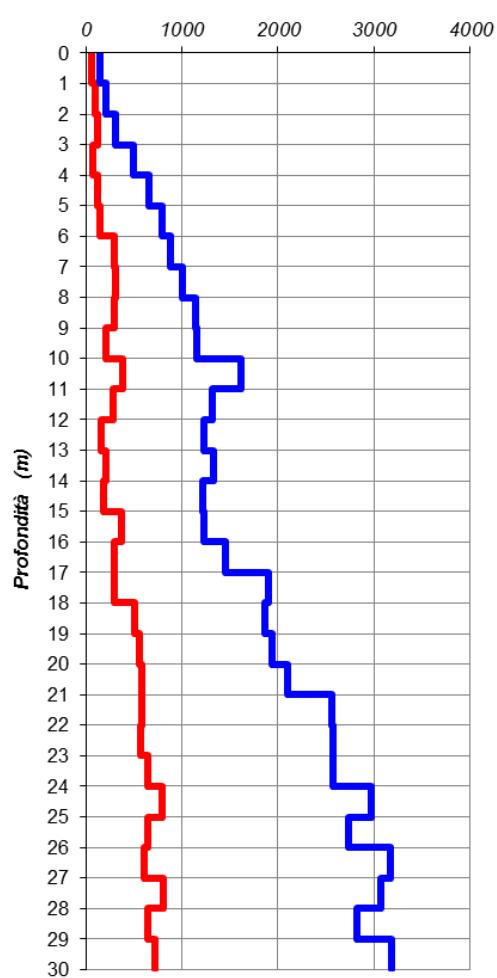
esecuzione:
10/04/2017



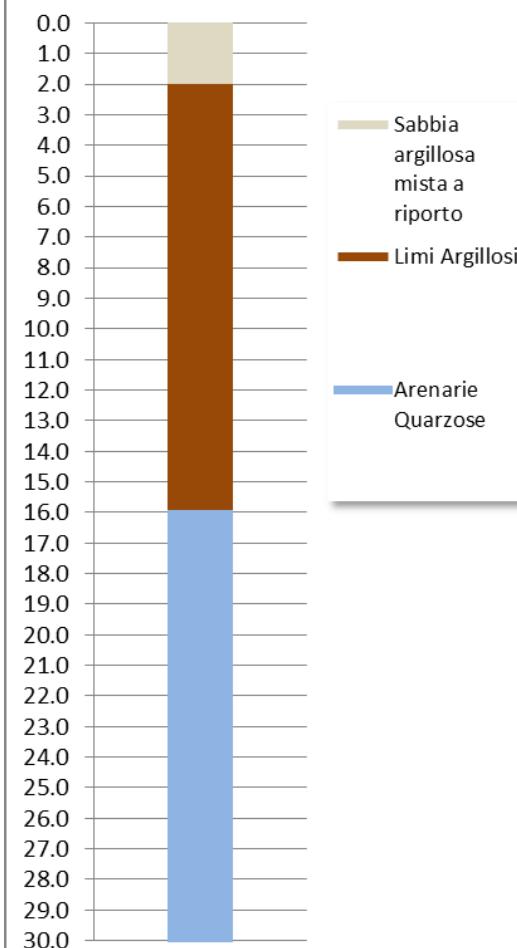
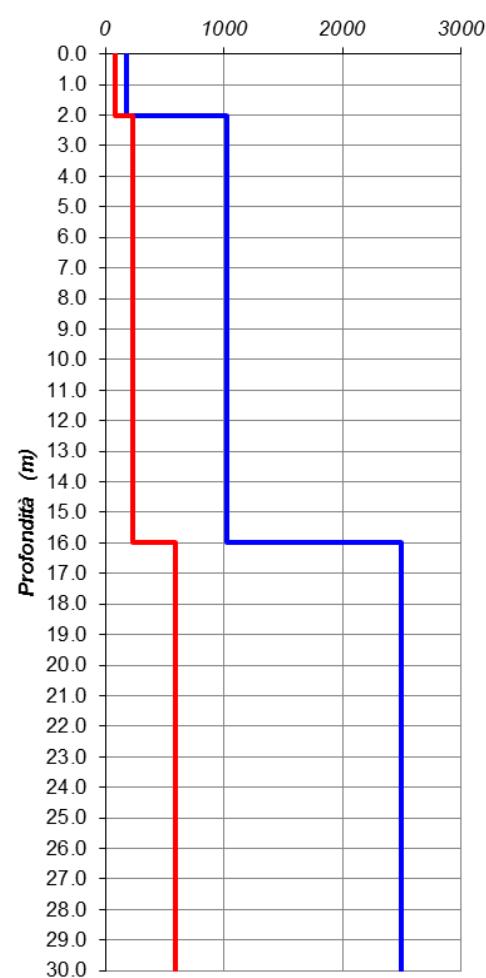
Tempi (ms)



Velocità (m/s)



Velocità (m/s)



V_{s30} 0-30
273

Suolo
C

Lavoro:

DGACQ15-14 S.S.398 - Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3
 Indagini geofisiche - Tomografie sismiche a rifrazione e Down Hole - Allegato grafico

Committente

A.N.A.S.

Indagine:

REF

Data

esecuzione:
11/04/2017

Tavola: 5

Tomografia Sismica 2

ONDE P

Elaborato:

Marco Taddeo

Verificato:

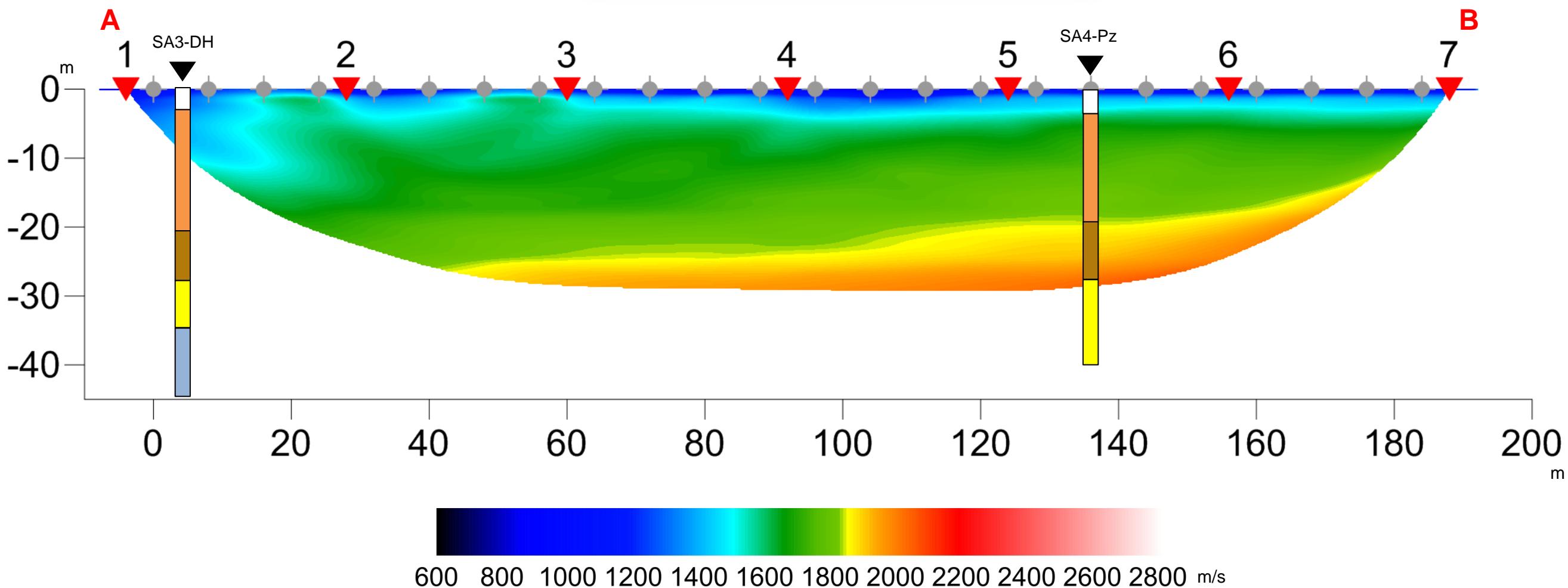
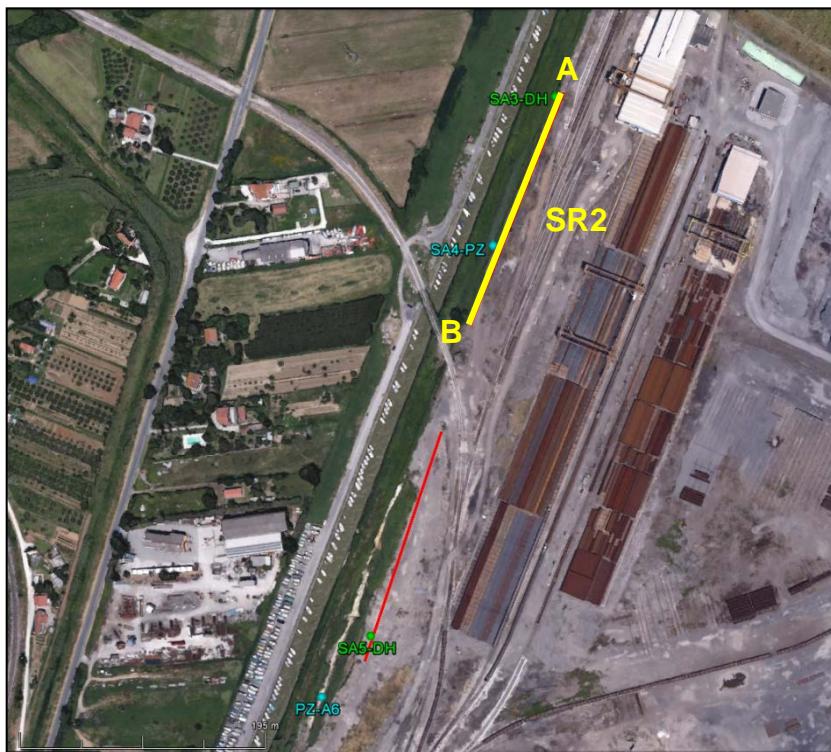
Donato Fiore

Approvato:

Massimo De Iasi

LEGENDA

- Riporto
- Limi argillosi poco consistenti
- Argille limose consistenti
- Sabbie Arenacee
- Argille sabbiose consistenti



Lavoro:

DGACQ15-14 S.S.398 - Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3
 Indagini geofisiche - Tomografie sismiche a rifrazione e Down Hole - Allegato grafico

Committente

A.N.A.S.

Indagine:

REF

Data

esecuzione:
11/04/2017

Tavola: 6

Tomografia Sismica 2

ONDE S

Elaborato:

Marco Taddeo

Verificato:

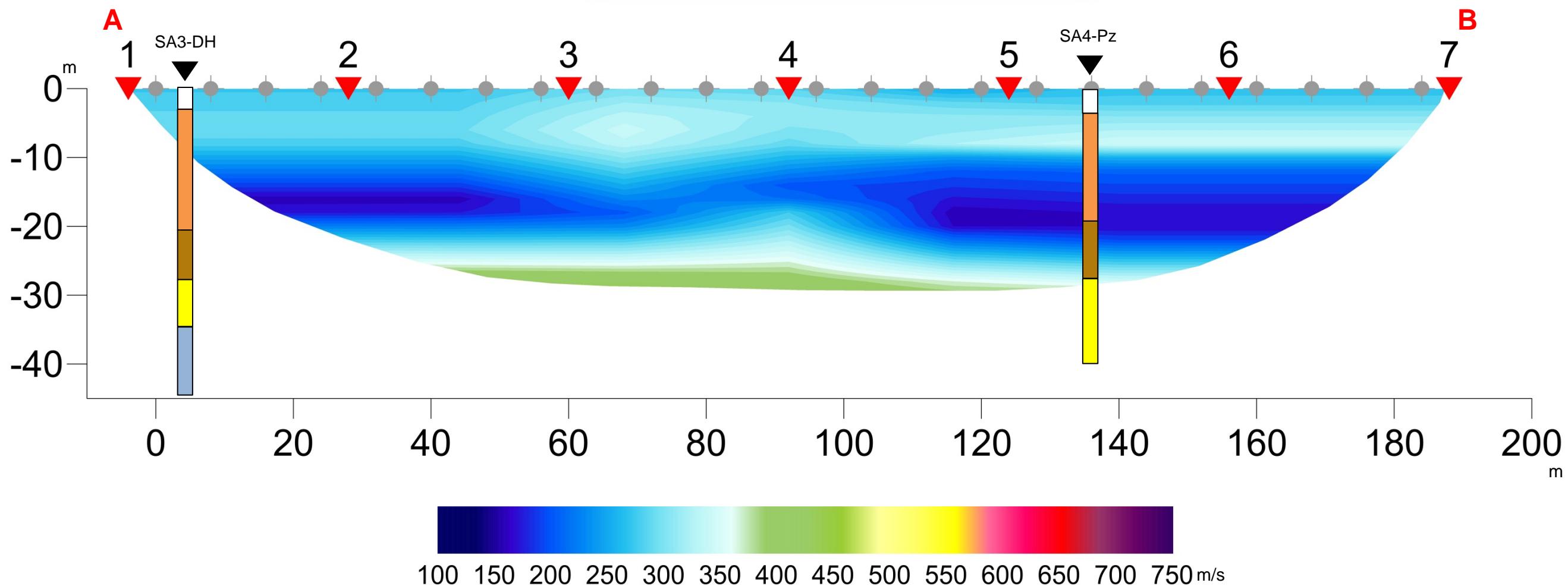
Donato Fiore

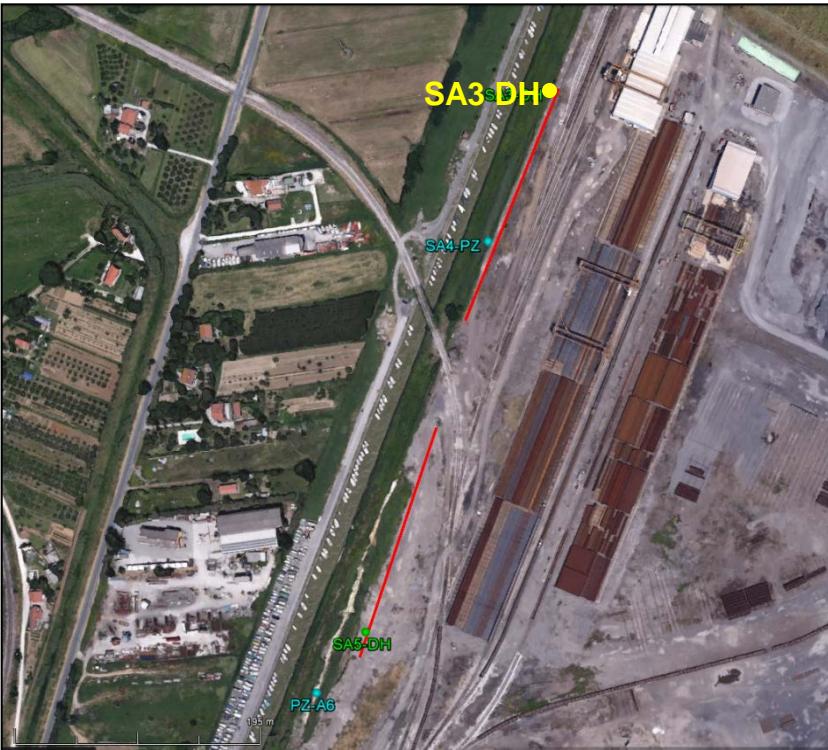
Approvato:

Massimo De Iasi

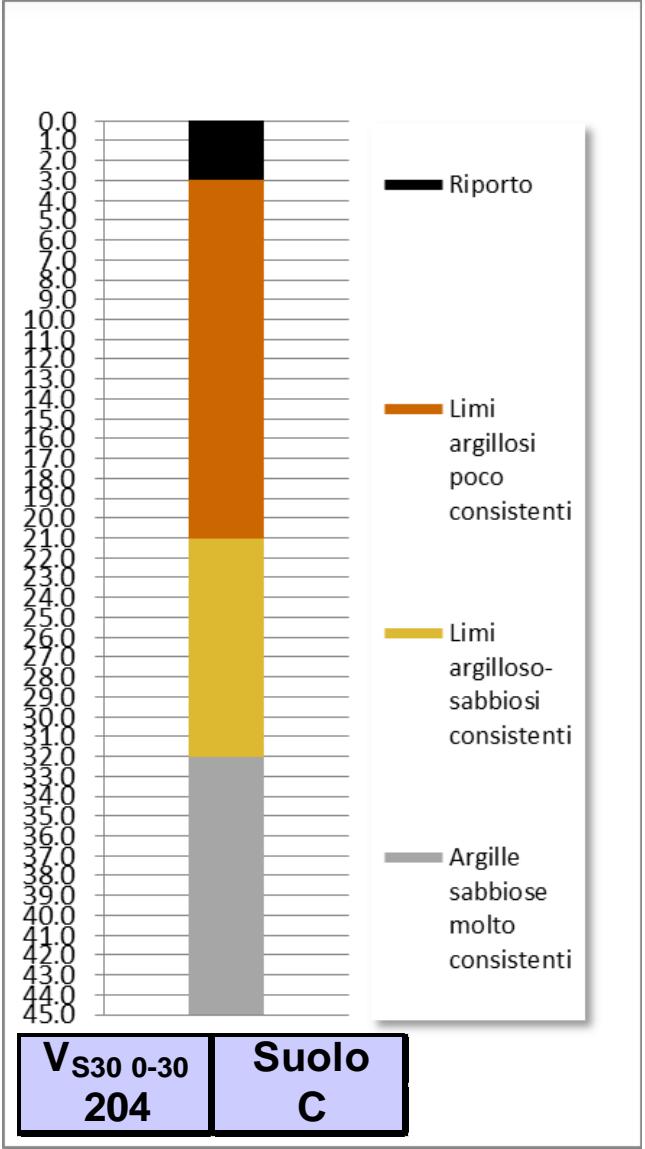
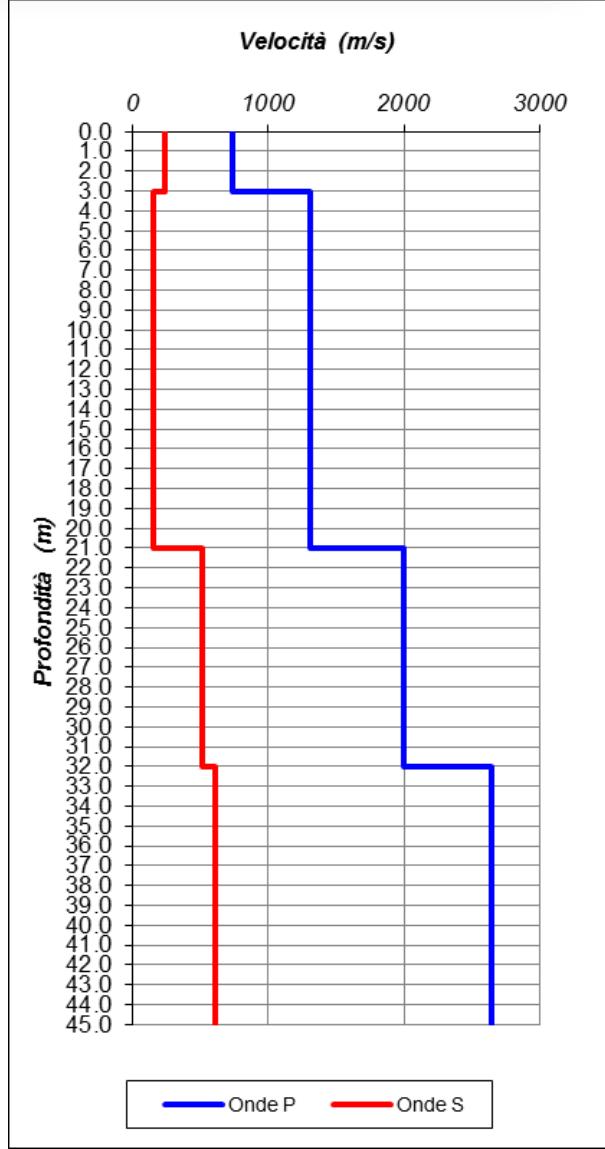
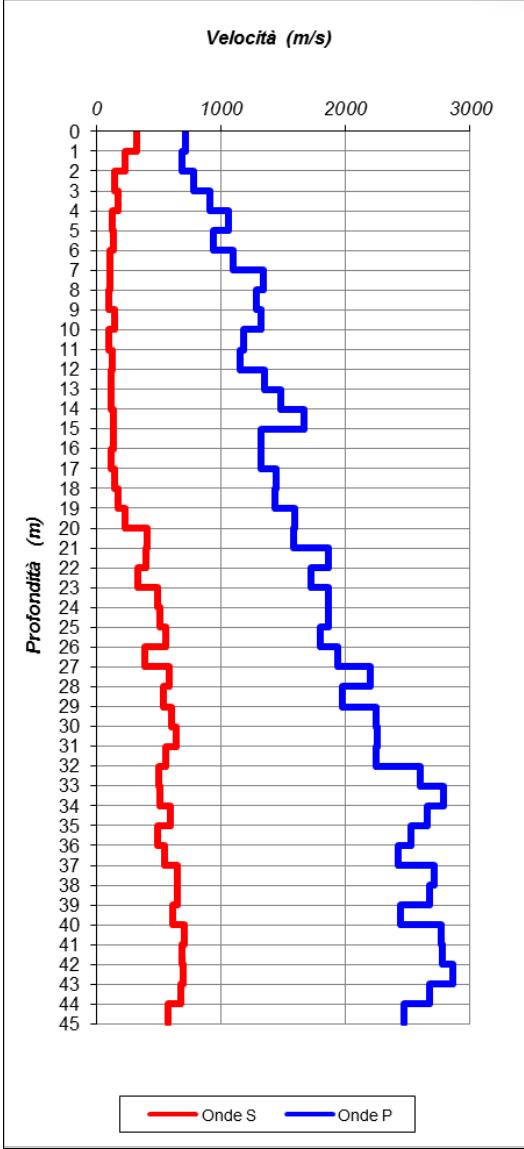
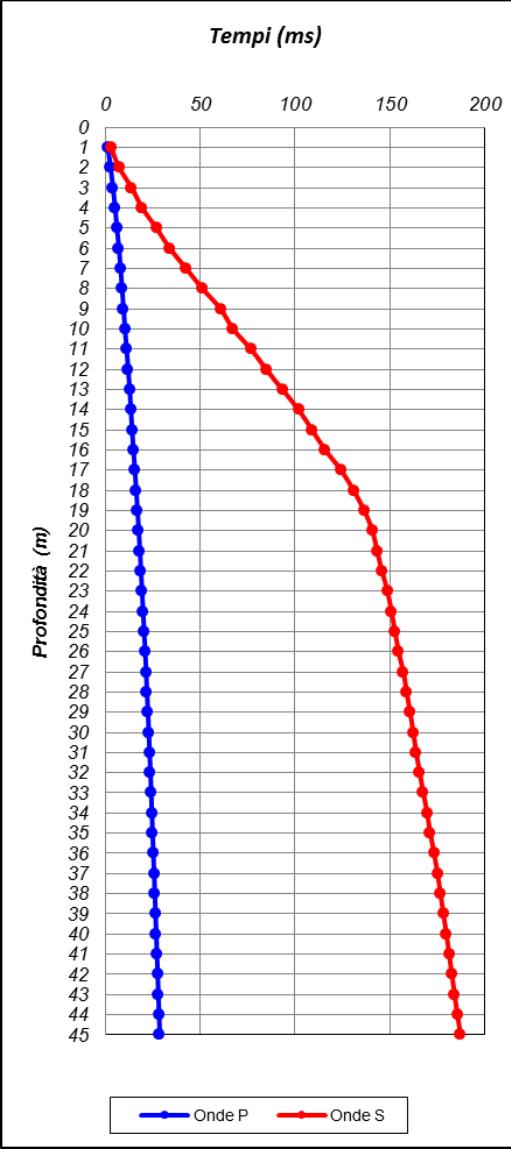
LEGENDA

-  Riporto
-  Limi argillosi poco consistenti
-  Argille limose consistenti
-  Sabbie Arenacee
-  Argille sabbiose consistenti





Lavoro: DGACQ15-14 S.S.398 - Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3 Indagini geofisiche – Tomografie sismiche a rifrazione e Down Hole - Allegato grafico	Committente A.N.A.S.	Indagine: DH	Tavola: 7 SA3 DH	Elaborato: Marco Taddeo Verificato: Donato Fiore Approvato: Massimo De Iasi
		Data esecuzione: 11/04/2017		



Lavoro:
 DGACQ15-14 S.S.398 - Via Val di
 Cornia-Piombino bretella di
 collegamento Autostrada Tirrenica-
 Porto di Piombino-collegamento
 Gagni Montegemoli - Lotto3
 Indagini geofisiche – Tomografie
 sismiche a rifrazione e Down Hole -
 Allegato grafico

Committente
 A.N.A.S.

Indagine:
 REF

Data
esecuzione:
 11/04/2017

Tavola: 8
 Tomografia Sismica 3

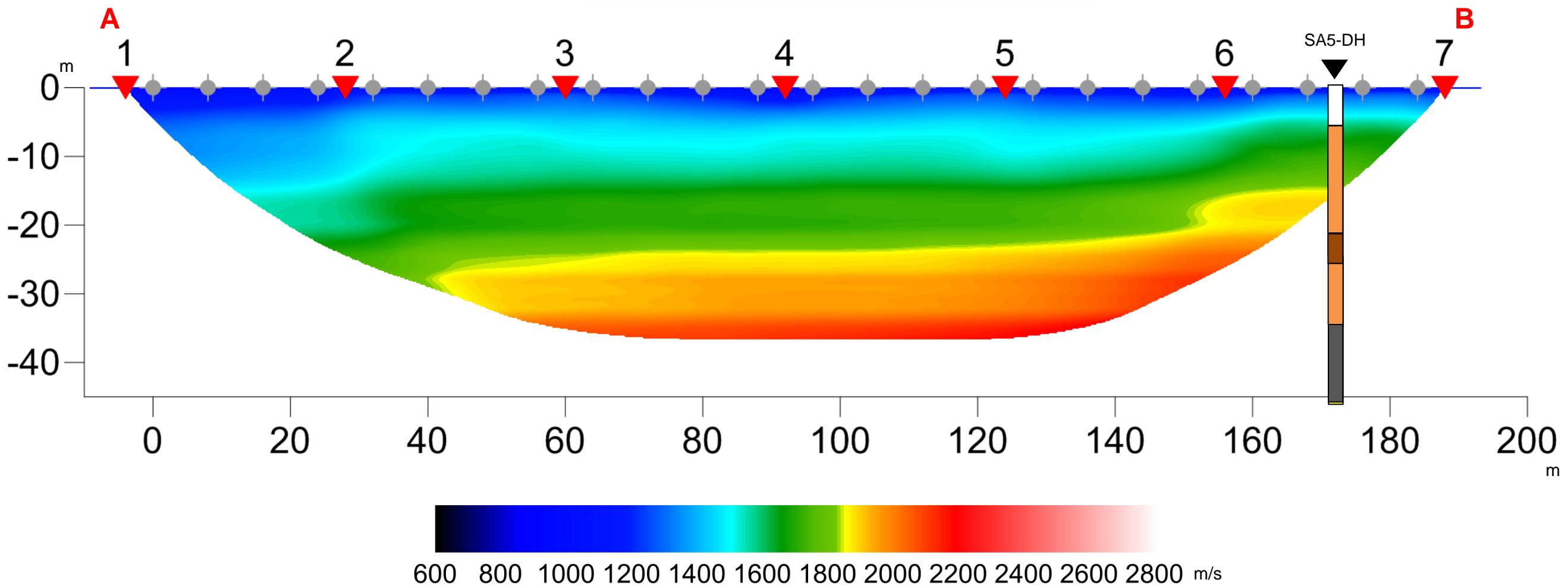
 ONDE P

Elaborato:
 Marco Taddeo
Verificato:
 Donato Fiore
Approvato:
 Massimo De Iasi



LEGENDA

- Riporto
- Limi argillosi poco consistenti
- Argille limose
- Argilliti siltose consistenti



Lavoro:
 DGACQ15-14 S.S.398 - Via Val di
 Cornia-Piombino bretella di
 collegamento Autostrada Tirrenica-
 Porto di Piombino-collegamento
 Gagni Montegemoli - Lotto3
 Indagini geofisiche – Tomografie
 sismiche a rifrazione e Down Hole -
 Allegato grafico

Committente
 A.N.A.S.

Indagine:
 REF

Data
esecuzione:
 11/04/2017

Tavola: 9
 Tomografia Sismica 3

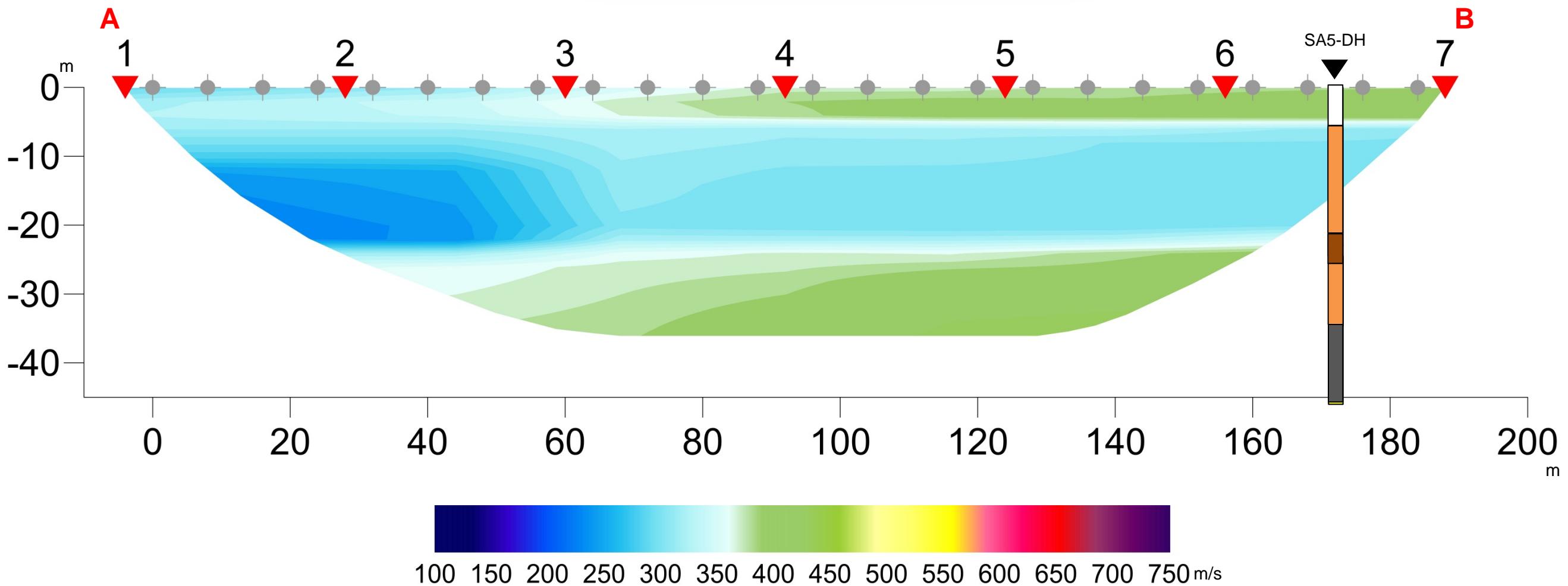
 ONDE S

Elaborato:
 Marco Taddeo
Verificato:
 Donato Fiore
Approvato:
 Massimo De Iasi



LEGENDA

- Riporto
- Limi argillosi poco consistenti
- Argille limose
- Argilliti siltose consistenti





Lavoro: DGACQ15-14 S.S.398 - Via Val di Cornia-Piombino bretella di collegamento Autostrada Tirrenica-Porto di Piombino-collegamento Gagni Montegemoli - Lotto3 Indagini geofisiche – Tomografie sismiche a rifrazione e Down Hole - Allegato grafico	Committente A.N.A.S.	Indagine: DH	Tavola: 10 SA5 DH	Elaborato: Marco Taddeo Verificato: Donato Fiore Approvato: Massimo De Iasi
		Data esecuzione: 11/04/2017		

