

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BONORVA

INDAGINI GEOFISICHE

SCALA:

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

RR0H 04 D 69 IG GE0005 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	P. Chiara	Dicembre 2017	F.M. Carli	Dicembre 2017	T. Paoletti	Dicembre 2017	F. Marchese Dicembre 2017

ITALFERR S.p.A.
Dot. Geologo Francesco Marchese
Rap. UO GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE
Ordine Geologi Lazio n. 179 ES

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
1.1	PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE GEOFISICA	3
2.	DATI GEOLOGICI DI RIFERIMENTO	4
3.	METODOLOGIE IMPIEGATE	5
3.1	INDAGINE ELETTROMAGNETICA IN DOMINIO DI FREQUENZA (FDEM) A BASSO NUMERO DI INDUZIONE	5
3.1.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo.....	5
3.1.2	Strumentazione utilizzata, rete di misura, acquisizione ed elaborazione dei dati	5
3.2	INDAGINE SISMICA TOMOGRAFICA	7
3.2.1	Strumentazione	7
3.2.2	Principi base della tecnica sismica a rifrazione.....	7
3.2.3	Configurazione delle misure ed elaborazione dati	8
4.	RISULTATI.....	11
4.1	RISULTATI INDAGINE FDEM – BONORVA (SS)	11
4.1.1	Area S1	11
4.1.2	Area S5	11
4.1.3	Area S6	11
4.1.4	Area S7	11
4.1.5	Area S8	11
4.1.6	Area S10	12
4.2	RISULTATI DELLE LINEE TOMOGRAFICHE SISMICHE BONORVA (SS) – ALLEGATO 2	13
4.2.1	Linea Sismica 1 Bonorva.....	13
4.2.2	Linee Sismiche 2a e 2b Bonorva	14
4.2.3	Linee Sismiche 3a e 3b Bonorva	15
4.2.4	Linea Sismica 9 Bonorva.....	17
4.2.5	Linea Sismica 9bis Bonorva	17
5.	BIBLIOGRAFIA	19
6.	ALLEGATO GRAFICO N.1 – INDAGINI FDEM BONORVA (SS)	20
7.	ALLEGATO GRAFICO N. 2 – INDAGINI SISMICHE BONORVA (SS)	27

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 per la Variante di Bonorva (SS) nell'ambito del Progetto Definitivo di Velocizzazione della Linea San Gavino – Sassari – Olbia.

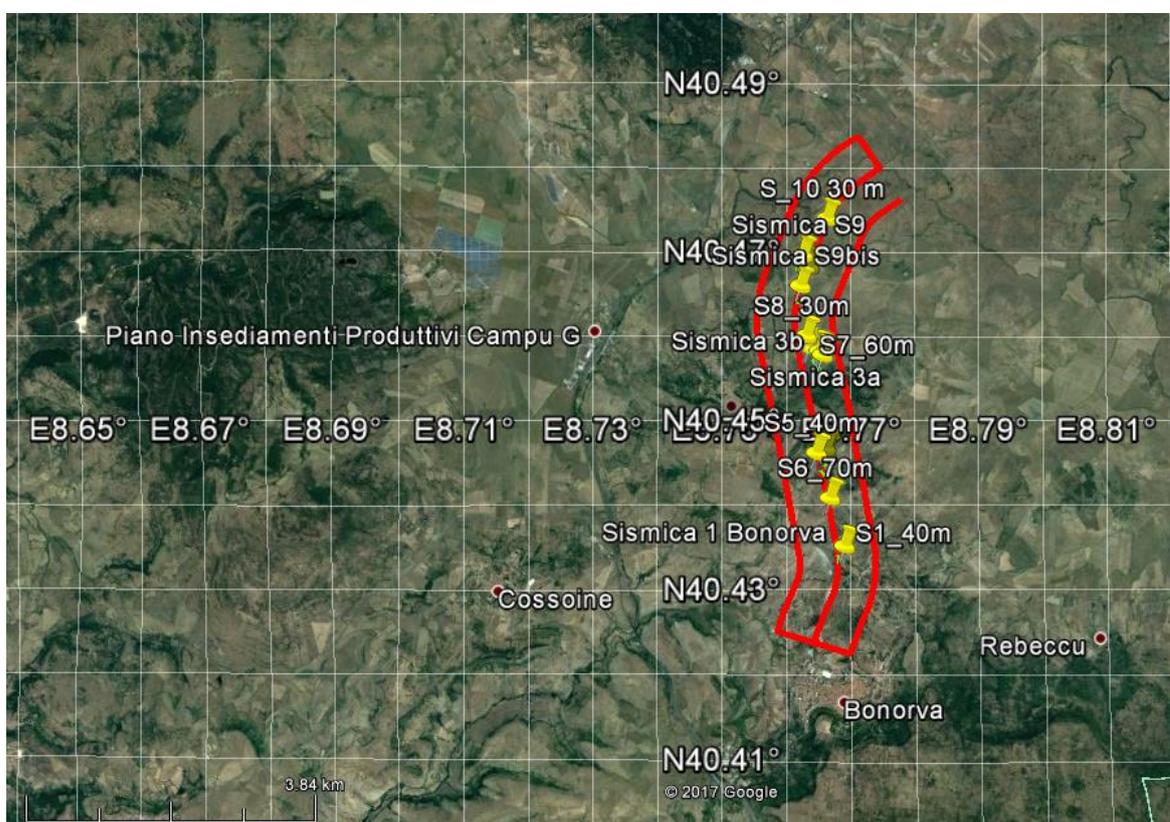


Figura 1: Posizioni delle indagini FDEM e Rifrazione Tomografica nella zona di Bonorva (SS)

Le prospezioni geofisiche nella citata zona di Bonorva sono state condotte utilizzando le seguenti metodologie:

- Indagini elettromagnetiche FDEM (per comodità indicate FDEM, Frequency Domain Electromagnetic) e Tomografie Sismiche a rifrazione per onde di Compressione e di Taglio.

Le indagini elettromagnetiche sono state eseguite nel dominio della frequenza, con lo scopo di accertare la presenza di possibili disturbi nel sottosuolo dovute a masse metalliche interrato ed individuare i punti privi di tali interferenze sui quali posizionare le verticali di perforazione

Le indagini elettromagnetiche nella zona di Bonorva sono state eseguite ai fini del



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BONORVA

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	4 di 41

corretto posizionamento delle verticali di perforazione S1, S5, S6, S7, S8 ed S10; i risultati di tali prospezioni sono presentati nell'Allegato 1.

L'indagine sismica a rifrazione con interpretazione tomografica è stata impiegata al fine di definire, nei limiti delle metodologie impiegate, gli spessori dei terreni di copertura e ricostruire l'andamento del substrato. In particolare, per quest'ultimo, attraverso le variazioni complesse di velocità di propagazione delle onde P ed SH, si è cercato di individuare le porzioni fratturate da quelle con buona probabilità integre e compatte.

I risultati delle tomografie sismiche sono raccolti nell'Allegato 2.

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 GEOLOGICI DI RIFERIMENTO

L'assetto geologico locale, nella tratta indagata, è stato valutato sulla base della cartografia di merito e degli affioramenti terrigeni e lapidei rintracciati nei vari siti di indagine.

Le sezioni tomografiche sono state interpretate esclusivamente sulla base di tali valutazioni effettuate in corrispondenza delle aree di prospezione geofisica.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA					
	VARIANTE DI BONORVA					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	5 di 41

3. METODOLOGIE IMPIEGATE

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

3.1.1 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 risolvete 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.

3.1.2 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 comprese tra 50 e 100mq.

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



Figura 3: Elettromagnetometro CMD.

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

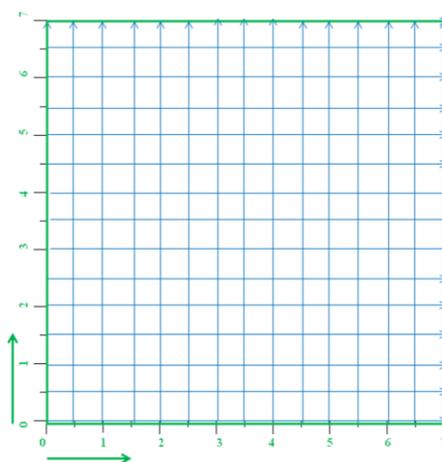


Figura 4: maglia di acquisizione tipo

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.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA					
	VARIANTE DI BONORVA					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	7 di 41

3.2 INDAGINE SISMICA TOMOGRAFICA

3.2.1 Strumentazione

Per il presente lavoro è stato utilizzato un sismografo ECHO 48/2014. Lo strumento, prodotto dalla Ambrogeo (Piacenza, Italia), è un sistema a 48 canali, espandibile a 96, il quale possiede le seguenti caratteristiche tecniche principali:

- Convertitore analogico digitale A/D a 24-bits
- intervalli di campionamento: 1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 1 ½, 2 ms.



Figura 5: Sismografo digitale a 24 bit.

3.2.2 Principi base della tecnica sismica a rifrazione

Per sismica a rifrazione si indicano una serie di tecniche basate sul principio fisico del fenomeno della rifrazione di un'onda sismica che incide su una discontinuità individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). Sulla superficie da investigare si posizionano i trasduttori del moto del suolo (geofoni) ad una certa distanza dalla sorgente sismica che può essere una massa battente (diversamente applicata e guidata) o una carica esplosiva a seconda della lunghezza dello stendimento e della profondità di indagine richiesta. Nel nostro caso è stata impiegata una massa battente.

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) con i metodi descritti al successivo paragrafo, si possono determinare i campi di velocità delle onde di compressione P e delle onde di taglio

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA					
	VARIANTE DI BONORVA					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	8 di 41

SH che caratterizzano i vari strati interessati dall'indagine; da qui produrre una stratigrafia sismica da correlare alle formazioni geologiche o discontinuità presenti nella serie investigata nel sottosuolo.

3.2.3 Configurazione delle misure ed elaborazione dati

Per l'esecuzione dei profili sismici sono stati utilizzati fino a quattro cavi sismici multiconduttori a 24 "takeouts" ciascuno, impiegati simultaneamente per ottenere basi da 48 fino a 96 stazioni (geofoni) simultaneamente.

Per le linee meno estese, sono state utilizzate singole basi a 48 stazioni con 10 postazioni di energizzazione mentre per quelle più lunghe sono state impiegate configurazioni finali a 96 stazioni e si è ricorsi a tecniche di tipo roll-along: sono state impiegando 13 postazioni di scoppio (punti di energizzazione) di cui 10 interni allo stendimento ed 3 esterni di raccordo fra le basi.

Per ogni postazione di energizzazione sono state acquisite molteplici registrazioni al fine di ottimizzare il segnale in risposta.



Figura 6 a e b: Particolari illustranti le pendenze in gioco e gli allestimenti di linee sismiche per onde di compressione e di taglio

Per il processing dei dati è stato utilizzato il Software RAYFRACT (nella versione più aggiornata 3.35) della Intelligent Resources Inc. (Canada), creato per l'elaborazione di dati tomografici sismici a rifrazione, realizzabili sia con acquisizioni per onde di



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BONORVA

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	9 di 41

compressione P che di taglio SH, per scopi geologici, geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse.

Il software citato consente la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche, al fine di caratterizzarne gli orizzonti presenti in termini sismo-stratigrafici.

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 "Volumi di Fresnel" (Watanabe 1999) al fine di elaborare un primo modello di partenza con una tecnica del Gradiente "smooth" 1D, a partire dal modello sopraccitato; il codice di calcolo per la modellazione tomografica 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

$$t = \int_S u[\mathbf{r}(x, y)] \quad (2)$$

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

$$t_i = \sum_{k=1}^m l_{ik} \cdot u_k \quad (3)$$

dove l_{ik} rappresenta la porzione dell' i -esima dromocrona nella cella k -esima.

Considerando tutte le dromocrone disponibili si ottiene il seguente sistema

$$\mathbf{t} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{u} \quad (4)$$

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). Il problema inverso da risolvere è pertanto

$$\mathbf{u} = \tilde{\mathbf{M}}^{-1} \cdot \mathbf{t} \quad (5)$$

dove $\tilde{\mathbf{M}}^{-1}$ è la matrice inversa generalizzata. Poiché i percorsi sismici dipendono dalle lentezze, la matrice \mathbf{M} dipende anche dalle lentezze e quindi il problema inverso (5) 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



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BONORVA

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	10 di 41

modello di lentezze iniziale \mathbf{u}_0 ; $\Delta \mathbf{u}$ è la perturbazione del modello iniziale; e \mathbf{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 è stato ottenuto attraverso un processo tomografico di inversione basato sul metodo WET (Wavepath Eikonal Traveltime inversion: Theory, 1993, Geophysics, Volume 58, Issue 9, pp. 1314-1323), spinto fino a 100 iterazioni per ottimizzarne il risultato finale e risolvere al meglio le zone con inversioni di velocità.

I risultati grafici che rappresentano la distribuzione delle velocità delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s) nei terreni indagati, sono visualizzati nell'Allegato con campiture a colori caratterizzate da una scala cromatica rappresentativa della dinamica dei valori di velocità incontrati (espressi in m/s, metri al secondo). Tale rappresentazione consente di identificare aree omogenee (medesimo comportamento cromatico) in termini sismo-stratigrafici. Queste zone di isovalori, di V_p per le onde di compressione, e di V_s , per quelle di taglio, sono correlabili ad ammassi di materiale con caratteristiche affini.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA					
	VARIANTE DI BONORVA					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	11 di 41

4. RISULTATI

4.1 Risultati Indagine FDEM – Bonorva (SS)

4.1.1 Area S1

Nell'Allegato grafico 1 – tavola 1 sono riportate le mappe delle componenti in quadratura ed in fase elaborate per il sito d'indagine al di sopra della verticale prevista per il Foro S1.

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

4.1.2 Area S5

Nell'Allegato grafico 1 – tavola 2 sono riportate le mappe delle componenti in quadratura ed in fase elaborate per il sito d'indagine al di sopra della verticale del Foro S5.

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

4.1.3 Area S6

Nell'Allegato grafico 1 – tavola 3 sono riportate le mappe delle componenti in quadratura ed in fase elaborate per il sito d'indagine al di sopra della verticale del Foro S6.

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

4.1.4 Area S7

Nell'Allegato grafico 1 – tavola 4 sono riportate le mappe delle componenti in quadratura ed in fase elaborate per il sito d'indagine al di sopra della verticale del Foro S7.

L'indagine ha evidenziato un'anomalia in zona centrale. È stato consigliato di evitare l'esecuzione del sondaggio in prossimità della zona segnalata con rettangolo di colore giallo nelle mappe.

4.1.5 Area S8

L'area di indagine consiste in una maglia eseguita lungo un tracciato interpoderale.

Nell'Allegato grafico 1 – tavola 5 sono riportate le mappe delle componenti in

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BONORVA					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA RR0H	LOTTO 04 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A	FOGLIO 12 di 41

quadratura ed in fase elaborate per il sito d'indagine al di sopra della verticale del Foro S8.

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

4.1.6 Area S10

Nell'Allegato grafico 1 – tavola 6 sono riportate le mappe delle componenti in quadratura ed in fase elaborate per il sito d'indagine al di sopra della verticale del Foro S1.

L'indagine ha evidenziato una zona di anomalia. È stato consigliato di evitare la zona segnalata nelle mappe con un quadrato di colore giallo.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA					
	VARIANTE DI BONORVA					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	13 di 41

4.2 Risultati delle Linee tomografiche sismiche Bonorva (SS) – Allegato 2

L'ubicazione delle sezioni sismiche a rifrazione tomografica acquisite per la Variante di Bonorva è riportata sulla Tavole dell'allegato grafico 2.

Le linee sismiche tomografiche nell'area in oggetto sono state realizzate con passo intergeofonico variabile compreso tra 2m e 3m; esse hanno raggiunto un alto grado di dettaglio e con risoluzioni verticali e orizzontali opportune rispetto alle profondità raggiunte.

L'assetto sismostratigrafico delle porzioni di sottosuolo indagate è stato interpretato, sulla base delle informazioni stratigrafiche reperibili sulla cartografia di merito pubblica e principalmente in relazione ai numerosi affioramenti terrigeni e lapidei rintracciati nei vari siti di indagine.

Le superfici di separazione tra i vari sismostrati sono rappresentate lungo le sezioni a mezzo di linee tratteggiate di color magenta. Ove ritenuto significativo è stato separato ed evidenziato con linea tratteggiata di colore rosso l'isolinea 800 m/s sulle sezioni per onde di taglio, essendo un'interfaccia importante in relazione alle NTC vigenti.

Anche nel caso di Bonorva, così come per la Variante di Bauladu, è stata utilizzata una scala di velocità unificata valevole sia per le onde compressionali che per le onde di taglio.

4.2.1 Linea Sismica 1 Bonorva

La linea Sismica 1 è stata eseguita a 48 canali con passo intergeofonico di 2,5 m, in posizione circa parallela al tracciato e spostata leggermente ad Est rispetto al medesimo (v. Tavola 2); per mezzo di essa i terreni sono stati investigati fino ad una profondità massima di circa 35 m dal piano campagna.

Lungo la sezione 1 (v. Tavola 3), sono individuati n. 3 sismostrati.

Il primo sismostrato, superficiale, ha uno spessore medio costante di circa 3-4 m lungo l'intera sezione con tendenza ad ispessirsi leggermente procedendo verso la fine della medesima.

Lo strato è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 450 m/s e 1.100 m/s, mentre le onde di taglio si propagano con velocità comprese tra 300 m/s e 600 m/s.

Sulla base delle osservazioni di campagna, tale sismostrato comprende, tra le progressive 0-50 m, un orizzonte superficiale piuttosto sottile di terreni di copertura, rielaborati, e la fascia sottostante di alterazione del deposito di flusso piroclastico, che costituisce in buona parte l'ossatura dei rilievi nell'intorno di Bonorva.

Segue in profondità il secondo sismostrato, caratterizzato da velocità delle onde P ed SH piuttosto elevate. Le onde compressionali si propagano con velocità comprese tra i 1.100 m/s ed i 3.100-3.200 m/s, mentre le onde di taglio mostrano valori compresi tra 600 m/s e 1.375-1.400 m/s.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA					
	VARIANTE DI BONORVA					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	14 di 41

Tale sismostrato, importante in termini di spessore, manifesta variazioni laterali nei gradienti di velocità e individua zone con inversioni di velocità, per entrambi i tipi di onda. Lungo la sezione onde SH, in particolare, la linea tratteggiata di colore rosso è stata riportata per “marcare” la posizione dell’isolinea 800 m/s.

Segue in profondità un terzo sismostrato, caratterizzato da velocità delle onde P maggiori di 3.100-3.200 m/s e delle onde di taglio maggiori di 1.375-1.400 m/s; anch’esso presenta inversioni di velocità nelle zone centrali di entrambe le sezioni tomografiche.

4.2.2 Linee Sismiche 2a e 2b Bonorva

La linea Sismica 2a è stata eseguita a 48 canali con passo intergeofonico di 2,5 m in un tratto vallivo; essa, è stata posizionata in modo da divergere leggermente rispetto al tracciato ferroviario, al fine di consentire di estendere il più possibile la base dei geofoni ed investigare quanto più in profondità.

La linea Sismica 2a si sviluppa da Nord Ovest verso Sud Est (v. Tavola 4) e per mezzo di essa i terreni sono stati investigati fino ad una profondità massima di circa 35 m dal piano campagna.

Lungo la sezione 2a (v. Tavola 5), sono individuati n. 4 sismostrati.

Il primo sismostrato è superficiale, ha uno spessore medio costante di circa 3-4 m lungo l’intera sezione ed è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 600 m/s e 1.800 m/s; mentre le onde di taglio si propagano con velocità comprese tra 350 m/s e 800 m/s. Sulla base delle osservazioni di campagna, tale sismostrato comprende un letto superficiale discontinuo e molto sottile (spessore massimo presumibilmente di circa 0,5-1 m) di terreno di copertura vegetato ed una fascia sottostante di alterazione del deposito di flusso piroclastico che costituisce anche in questo caso l’ossatura del rilievo.

Segue un secondo sismostrato, anch’esso di modesto spessore e con andamento adattato alla morfologia superficiale, caratterizzato da velocità delle onde P ed SH comprese rispettivamente negli intervalli 1.800-2.700 m/s e 800-1.400 m/s.

Il terzo sismostrato, all’interno di una potenza media di circa 15 m, racchiude geomateriali che dal punto di vista sismico rispondono con variazioni laterali nei gradienti di velocità.

Al suo interno le onde compressionali si propagano tra i 2.700 m/s ed i 3.400 m/s mentre le onde di taglio variano tra i 1.400 m/s ed i 1.900 m/s.

Il sismostrato profondo, con velocità delle onde P ed SH rispettivamente maggiori di 3.400 m/s e maggiori di 1.900 m/s, segna il passaggio a geomateriali con buone peculiarità fisico-meccaniche.

La linea Sismica 2b non interseca la precedente in quanto è stata eseguita sul versante sinistro della valle di interesse (v. Tavola 4). Oltre che per la disponibilità di

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA					
	VARIANTE DI BONORVA					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	15 di 41

opportune distanze rettilinee, la posizione di esecuzione della linea è stata scelta in quanto, per quasi l'intero suo sviluppo, essa è disposta su lapideo ignimbrítico. Ciò consente una buona taratura diretta dei risultati ottenuti.

Lungo la sezione 2b (v. Tavola 6), sono individuati n. 4 sismostrati.

Il primo sismostrato è superficiale, ha uno spessore medio costante di circa 3-4 m lungo l'intera sezione ad eccezione del tratto compreso tra le progressive 74-94 m dove subisce un leggero ispessimento. Tale sismostrato è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 600 m/s e 1.800 m/s, mentre le onde di taglio si propagano con velocità comprese tra 350 m/s e 800 m/s. Sulla base delle osservazioni di campagna, tale sismostrato è correlabile con la fascia di alterazione del deposito di flusso piroclastico. Nella porzione compresa tra le progressive 74-94m, esso comprende in superficie anche una sottile copertura detritica grossolana.

In accordo con quanto ricostruito a mezzo della linea Sismica 2a, vengono individuati ulteriori tre sismostrati.

Il secondo sismostrato, di spessore variabile, è caratterizzato da velocità delle onde P ed SH comprese rispettivamente negli intervalli 1.800-2.800/2.900 m/s e 800-1.500/1.550 m/s.

Segue un terzo sismostrato che, con uno spessore variabile tra 10 m e 15 m circa, racchiude geomateriali che dal punto di vista sismico rispondono con variazioni laterali nei gradienti di velocità e mostrano numerose inversioni di velocità.

Al suo interno le onde compressionali si propagano tra i 2.800-2.900 m/s ed i 3.200 m/s, mentre le onde di taglio variano tra i 1.500-1.550 m/s ed i 1.800-1.850 m/s.

Il sismostrato profondo, con velocità delle onde P ed SH rispettivamente maggiori di 3.200 m/s e maggiori di 1.800/1.850 m/s, segna il passaggio a geomateriali con buone caratteristiche fisico-meccaniche.

4.2.3 Linee Sismiche 3a e 3b Bonorva

La linea Sismica 3a è stata eseguita a 48 canali con passo intergeofonico di 2 m con sviluppo da Nord Ovest verso Sud Est, parallelamente alle isoipse, su di un terreno disposto su versante con pendenza verso Nord (v. Tavola 7).

Per mezzo di tale linea i terreni sono stati investigati fino ad una profondità massima di circa 35 m dal piano campagna.

Lungo la sezione 3a (v. Tavola 8), sono individuati n. 3 sismostrati.

Il primo, superficiale, ha uno spessore medio di circa 7 m lungo l'intera sezione; presenta velocità delle onde P comprese tra 450 m/s e 1.500 m/s mentre le onde di taglio si propagano con velocità comprese tra 250 m/s e 400 m/s. Sulla base delle osservazioni di campagna e della cartografia geologica pubblicata, tale sismostrato può essere correlato con i terreni detritici immersi in matrice fine che costituiscono la coltre eluvio-colluviale derivante dal disfacimento dei litotipi lapidei costituenti

l'ossatura del rilievo. L'aumento dei valori di velocità, in particolare delle onde compressionali, nella parte più profonda del sismostrato può indicare un incremento nel grado di compattazione o nella granulometria dei materiali detritici e/o, meno probabilmente, nella presenza di acque di circolazione.

Al di sotto si intercetta un secondo sismostrato, di spessore massimo pari a circa 6-8m, tra le progressive 0-30 m e minimo di 2-3 m lungo la parte rimanente della sezione. Esso presenta valori di velocità delle onde di compressione compresi tra 1.500 m/s e 2.000 m/s e delle onde di taglio tra i 400 m/s ed i 600 m/s. Tale sismostrato segna molto probabilmente il passaggio alla fascia di alterazione del substrato lapideo locale.

Segue il terzo sismostrato, con sviluppo in profondità, caratterizzato da velocità delle onde compressionali maggiori di 2.000 m/s e da valori di velocità delle onde di taglio maggiori di 600 m/s.

Lungo la sezione per onde SH, con linea tratteggiata in colore rosso è stata evidenziata l'isolinea 800 m/s, rappresentativa del substrato di riferimento rigido acquisito dalle vigenti NTC.

In particolare nella sezione per onde di taglio sono messi in risalto le zone dove sono rintracciabili porzioni di lapideo con inversioni di velocità.

La sezione 3a, alla progressiva 25 m circa, interseca la sezione 3b.

La linea Sismica 3b (v. Tavola 7) è stata eseguita in configurazione a 96 canali mantenendo un passo intergeofonico di 2 m e applicando tecniche roll-along con due basi a 48 canali, consentendo di mantenere una elevata risoluzione laterale nel suo sviluppo ed indagando i terreni fino ad una profondità massima di circa 40-45 m dal piano campagna. Il profilo sismico è stato sviluppato circa lungo la direzione di massima pendenza del versante ed interseca la linea Sismica 3a in corrispondenza della progressiva 59-60 m.

Lungo la sezione 3b (v. Tavole 9 e 10), sono individuati n. 3 sismostrati.

Il primo sismostrato è superficiale, ha uno spessore massimo di 10 m ad inizio sezione e si assottiglia fino ad un minimo di 3 m in corrispondenza del taglio di pendenza alla progressiva 52-54 m. Di seguito permane più o meno costante sui 4-5 m fino alla progressiva 130 m; in seguito tende ad ispessirsi progressivamente fino a fine sezione dove raggiunge un massimo di spessore di circa 10-12 m.

All'interno del sismostrato le onde P ed SH si propagano con velocità negli intervalli compresi rispettivamente tra 450 m/s e 1.500 m/s e tra 250 m/s e 400 m/s.

I materiali terrigeni appartenenti al primo sismostrato sono costituiti dai terreni derivanti dalla disgregazione sia dei depositi piroclastici che della calcarenite, rintracciata nelle aree più a monte.

Segue il secondo sismostrato, di spessore modesto e uniforme dell'ordine dei 2-3 m, caratterizzato da velocità delle onde P ed SH comprese rispettivamente negli intervalli 1.500 m/s e 1.800-2.000 m/s e 400 m/s e 600-800 m/s.

Segue il terzo sismostrato, con sviluppo in profondità, caratterizzato da velocità delle

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA					
	VARIANTE DI BONORVA					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	17 di 41

onde compressionali maggiori di 1.800-2.000 m/s e da valori di velocità delle onde di taglio maggiori di 600-800 m/s.

In particolare in entrambe le sezioni, per onde compressionali e per onde di taglio, si individuano due zone con inversioni di velocità dislocate rispettivamente negli intervalli di progressive 0-60 m e 120-188 m, intervallate da una regione centrale dove si manifesta un'attenuazione di gradiente nella parte più superficiale del sismostrato.

4.2.4 Linea Sismica 9 Bonorva

La linea Sismica 9 è stata eseguita a 48 canali con passo intergeofonico di 3 m con sviluppo da Sud verso Nord (v. Tavola 11); per mezzo di essa i terreni sono stati investigati fino ad una profondità massima di circa 30-35 m dal piano campagna.

Lungo la sezione 9 (v. Tavola 12), sono individuati n. 2 sismostrati.

Il primo sismostrato, superficiale, ha uno spessore medio di circa 3-4 m tra le progressive 0-34 m e dopo manifesta una lieve tendenza ad ispessirsi, procedendo verso la fine della sezione, laddove raggiunge un massimo di 6-7 m.

Lo strato è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 550 m/s e 1.250 m/s mentre le onde di taglio si propagano con velocità comprese tra 300-350 m/s e 800 m/s. Sulla base dei materiali affioranti nell'intorno, in particolare ad Ovest del sito di indagine, il sismostrato comprende nella parte superficiale un modesto strato terrigeno seguito in profondità dalla fascia di alterazione di un lapideo di composizione basaltica o simile.

Segue in profondità il secondo sismostrato, caratterizzato da velocità delle onde P ed SH piuttosto elevate.

Le onde compressionali si propagano con velocità comprese tra i 1.250 m/s ed i 3.100-3.200 m/s, mentre le onde di taglio tra 800 m/s e 1.800 m/s. Tale sismostrato, importante in termini di spessore, manifesta variazioni laterali nei gradienti di velocità e individua zone con inversioni di velocità sia nella sezione tomografica per onde P che per onde SH.

4.2.5 Linea Sismica 9bis Bonorva

La linea Sismica 9bis è stata eseguita anch'essa a 48 canali con passo intergeofonico di 3 m e con sviluppo da Ovest verso Est (v. Tavola 13); per mezzo di essa i terreni sono stati investigati fino ad una profondità massima di circa 35 m dal piano campagna.

Lungo la sezione 9bis (v. Tavola 13), sono individuati n. 4 sismostrati.

Il primo sismostrato, superficiale, ha uno spessore medio modesto, di circa 2-3 m, lungo l'intera sezione. Lo strato è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 450 m/s e 800 m/s mentre le onde di taglio si propagano con velocità comprese tra 300 m/s e 400 m/s. Tale sismostrato è associabile ai terreni superficiali della



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BONORVA

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	18 di 41

piana.

Segue un secondo sismostrato, con spessore medio di circa 7-8 m, all'interno del quale le onde compressionali e le onde di taglio si propagano rispettivamente negli intervalli 800-1.800/1.900 m/s e 400-800 m/s. Esso segna l'intercettazione progressiva del litotipo lapideo locale che, nello specifico, visti i materiali affioranti nell'intorno, trattandosi di una zona di contatto, può essere attribuito o ad un basalto o ad una calcarenite.

Il sismostrato seguente, il terzo in ordine di numerazione, presenta un gradiente di velocità delle onde compressionali positivo ed uniforme, con valori compresi tra 1.800-1.900 m/s e 3.400-3.500 m/s. Il medesimo sismostrato è descritto dalle onde SH con velocità variabili da 800 m/s a 1.450 m/s; sono inoltre evidenziate zone con inversioni di velocità.

Lo strato più profondo presenta velocità delle onde compressionali superiori a 3.400-3.500 m/s e delle onde di taglio maggiori di 1.450 m/s. In quest'ultimo, le onde P ed SH, in accordo tra loro, individuano zone con inversioni di velocità.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA					
	VARIANTE DI BONORVA					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	19 di 41

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.
- 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).
- 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.
- Coffeen, J.A., 1978. "Seismic exploration fundamentals". Pubb. Co.;
- James W. Daniel, Convergence of the Conjugate Gradient Method with Computationally Convenient Modifications, *Numerische Mathematik* 10 (1967),125–131.
- H. Gebrande and H. Miller 1985. Refraktionsseismik (in German). In: F. Bender (Editor), *Angewandte Geowissenschaften II. Ferdinand Enke*, Stuttgart; pp.226-260. ISBN 3-432-91021-5
- Kim, D.S., Bang, E.S., Kim, W.C., "Evaluation of Various Downhole Data Reduction Methods for Obtaining Reliable Vs Profiles," *Geo-technical Testing Journal*, ASTM, Vol. 27, No. 6, November 2004, pp. 1-13.
- Mcmechan G.A., Yedlin M.J., 1981, Analysis of dispersive wave by wave field transformation, *Geophysics*, 46, 869-874;
- Milton B. Dobrin, Carl H. Savit, 1988, *Introduction to Geophysical Prospecting*, fourth Edition, McGraw-Hill International Editions e R.E. Goodman, 1989, *Introduction to Rock Mechanics*, second Edition, John Wiley & Sons.
- 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.
- Gerard T. Schuster* and Aksel Quintus-Bosz, *Wavepath Eikonal Traveltime inversion: Theory*, 1993, *Geophysics*, Volume 58, Issue 9, pp. 1314-1323.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BONORVA

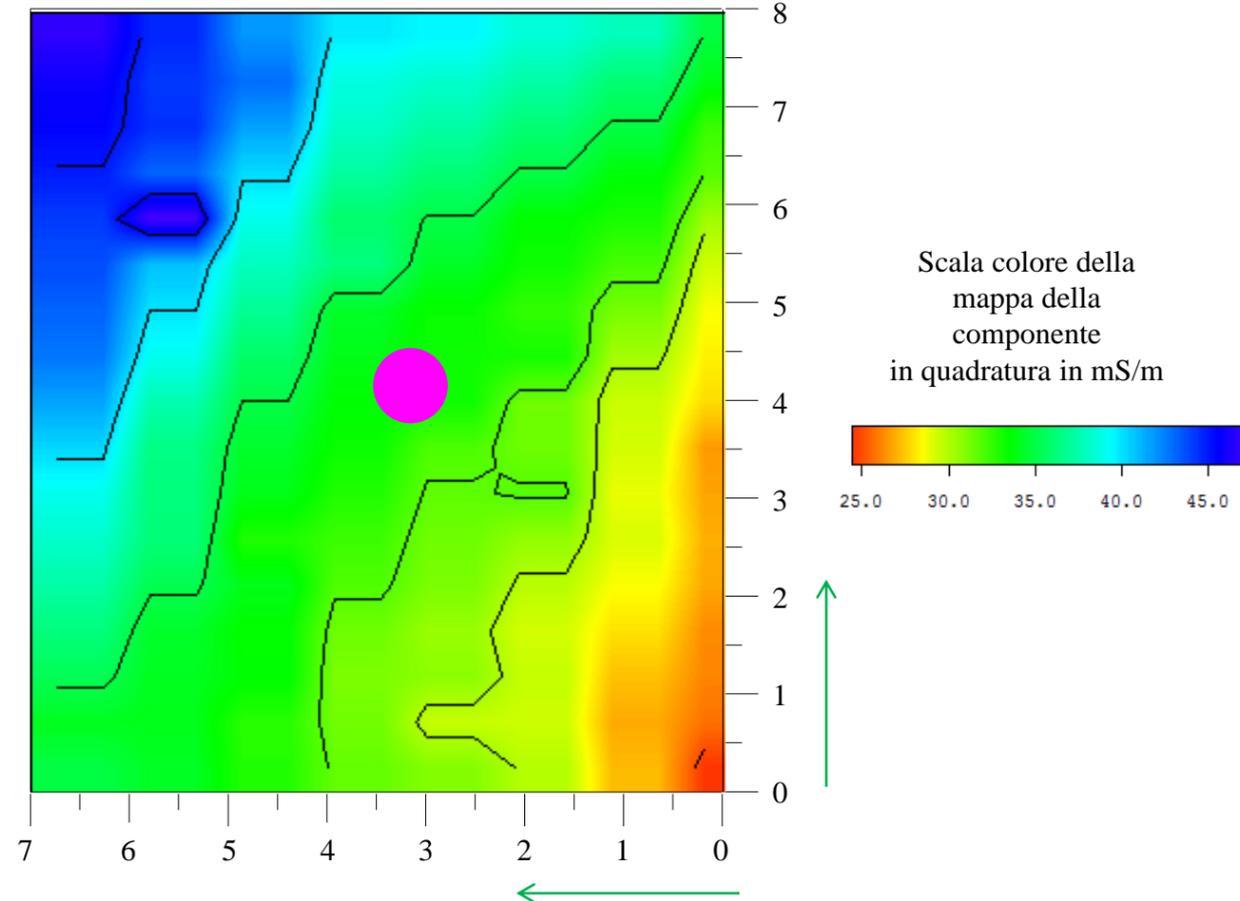
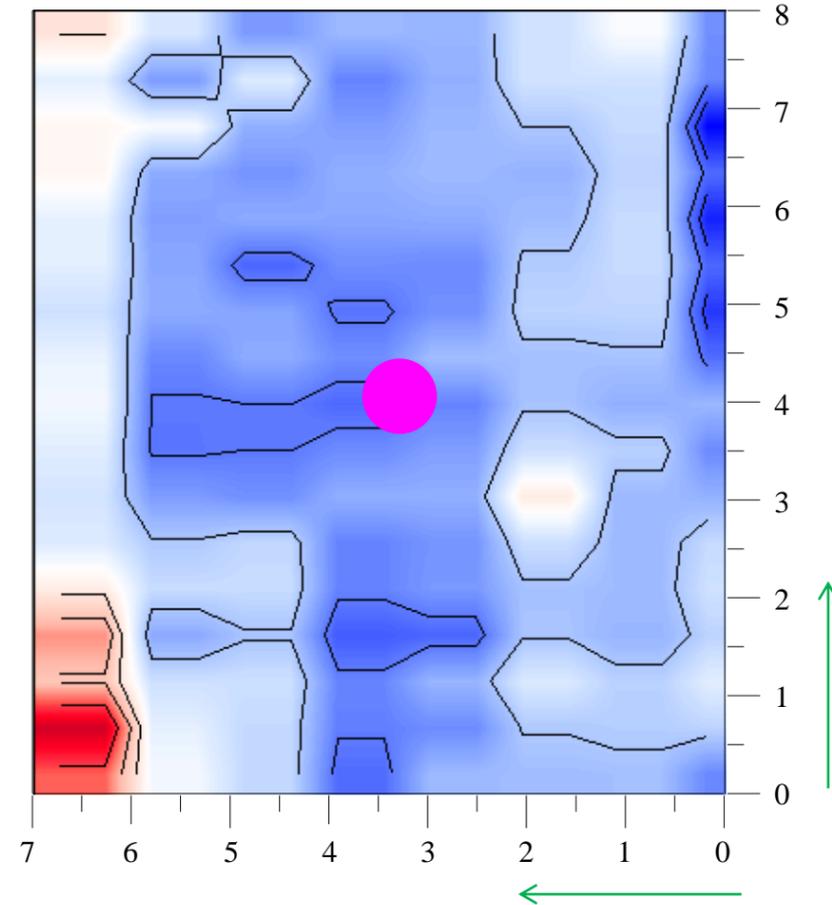
INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	20 di 41

6. ALLEGATO GRAFICO N.1 – INDAGINI FDEM BONORVA (SS)

INDAGINI ELETTRO MAGNETICHE – Bonorva (SS) – S1

Ubicazione Indagine



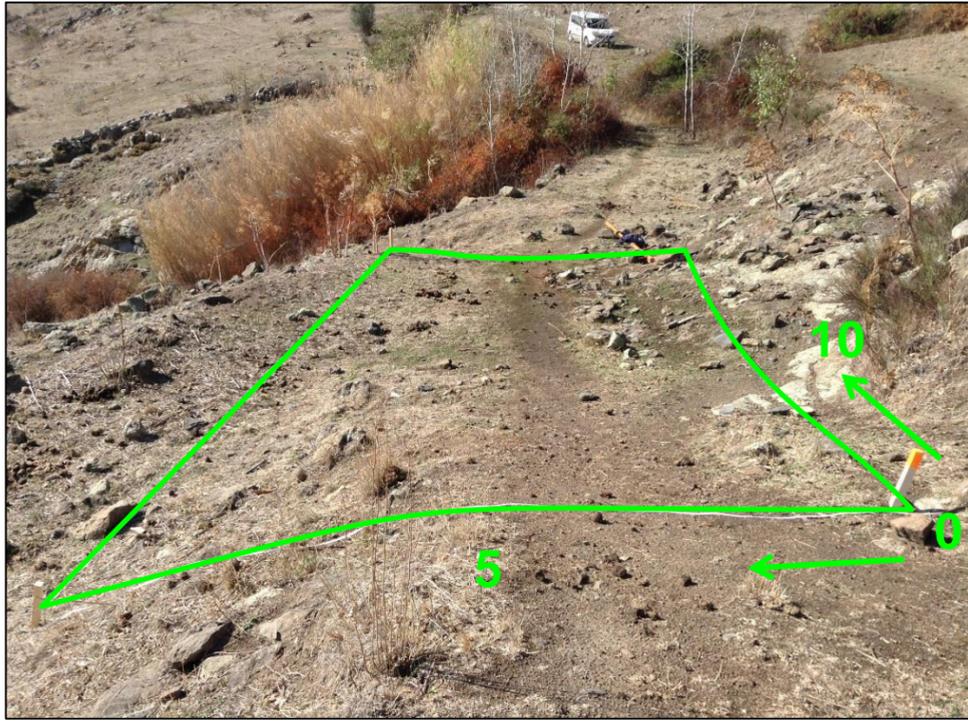
L'indagine non ha evidenziato anomalie associabili alla possibile presenza di masse metalliche interrate nei primi 4-5 m di terreno

- Area di indagine
- Zona di anomalia
- Posizione originale del sondaggio

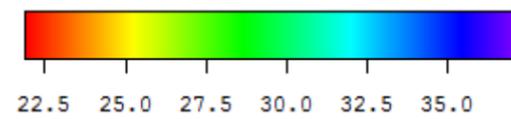
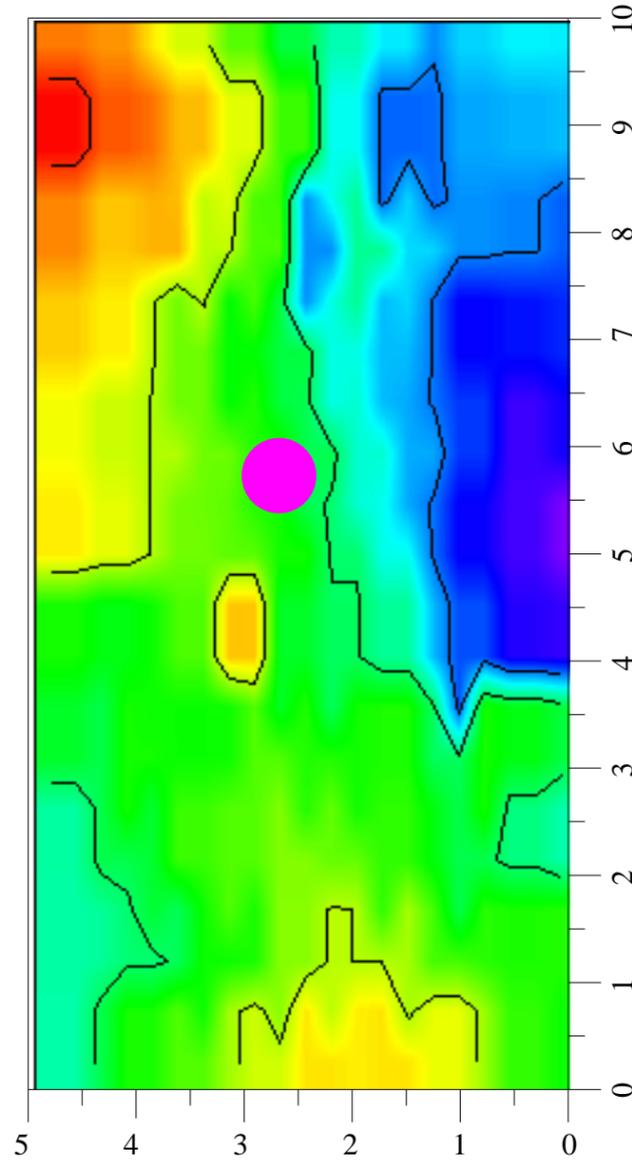
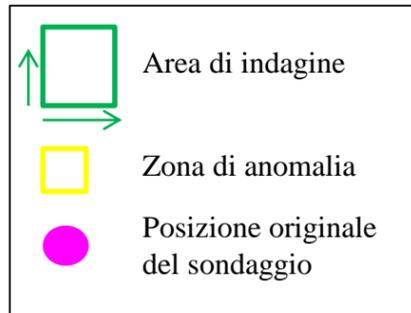
OGGETTO: Indagini FDEM FDEM_S1	
PROGETTO: Velocizzazione Linea San Gavino-Sassari-Olbia	
VARIANTE BONORVA Per la SOING Strutture e Ambiente	
ELAB	N. Ardito
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE P.Chiera	
REV 00	TAVOLA 1

INDAGINI ELETTRO MAGNETICHE – Bonorva (SS) – S5

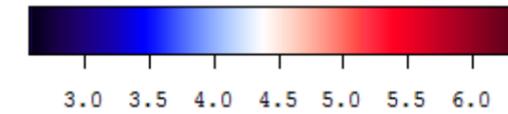
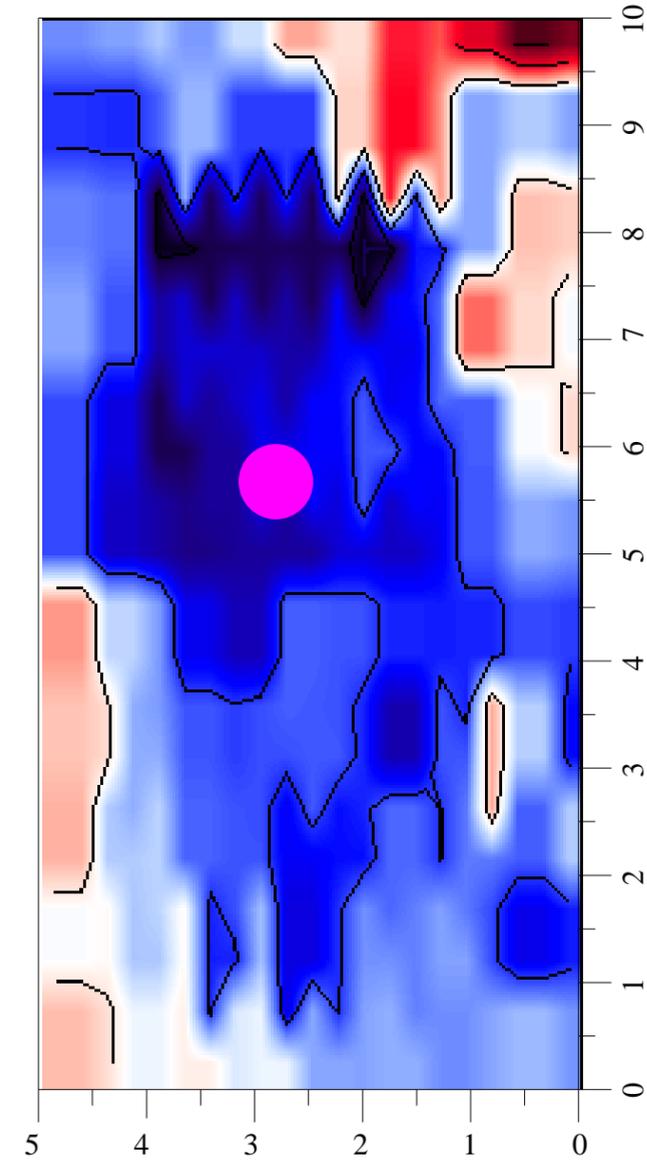
Ubicazione Indagine



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



Scala colore della mappa della componente in quadratura in mS/m

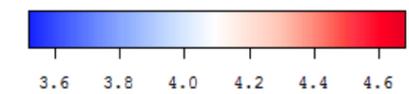
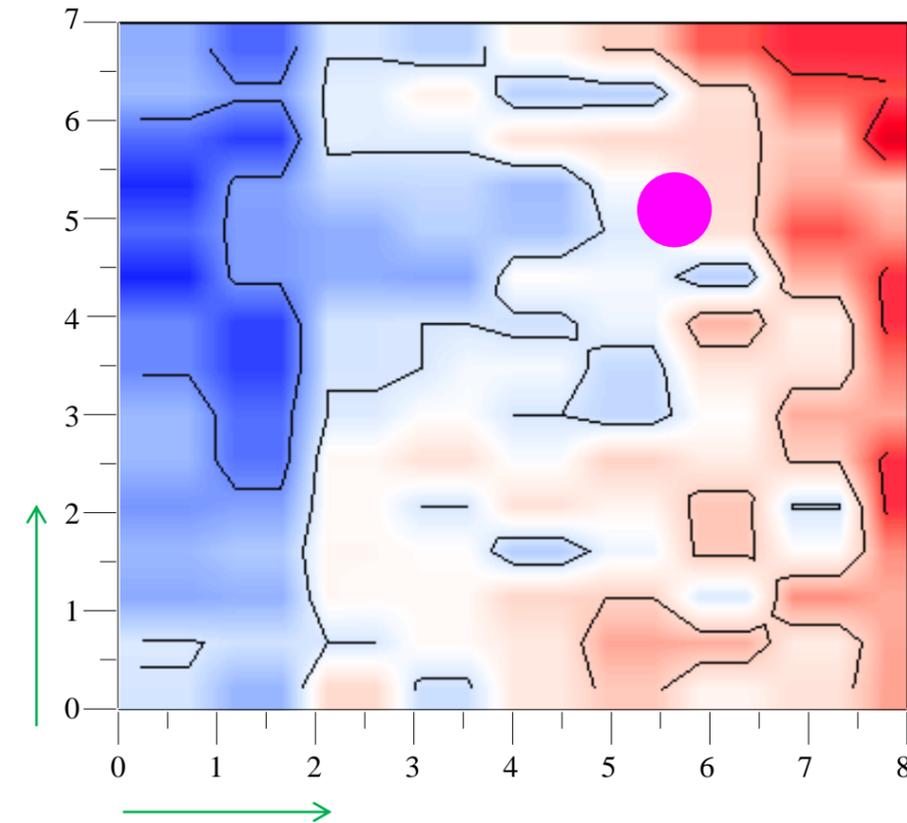
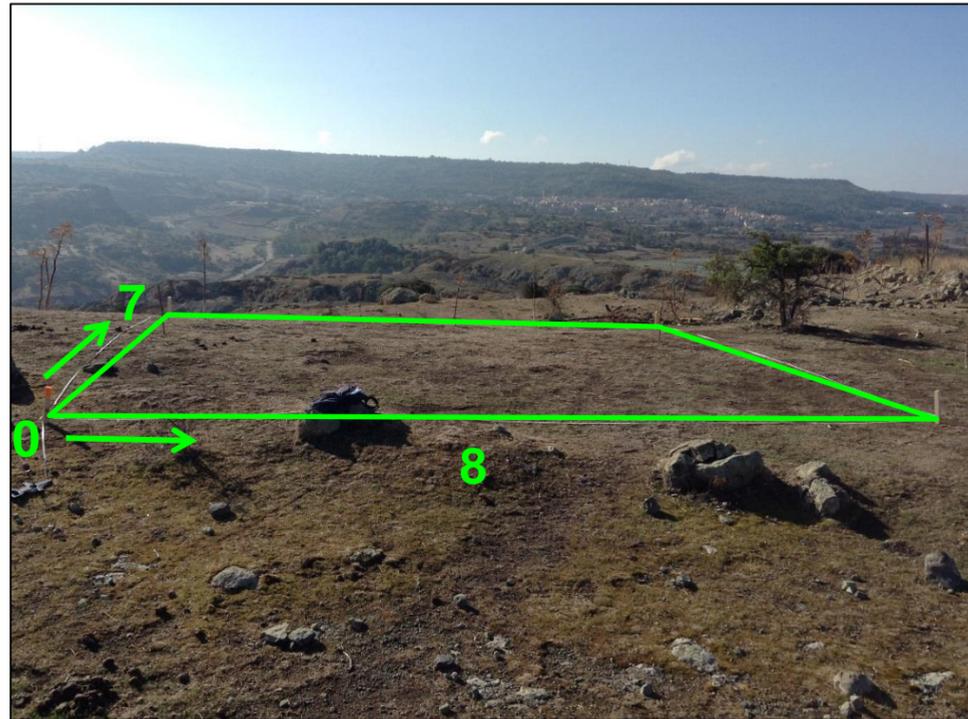


Scala colore della mappa della componente in fase in ppt (parti per migliaia)

	
OGGETTO: Indagini FDEM FDEM_S5	
PROGETTO: Velocizzazione Linea San Gavino-Sassari-Olbia	
VARIANTE BONORVA Per la SOING Strutture e Ambiente	
ELAB	N. Ardito
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE P.Chiera	
REV 00	TAVOLA 2

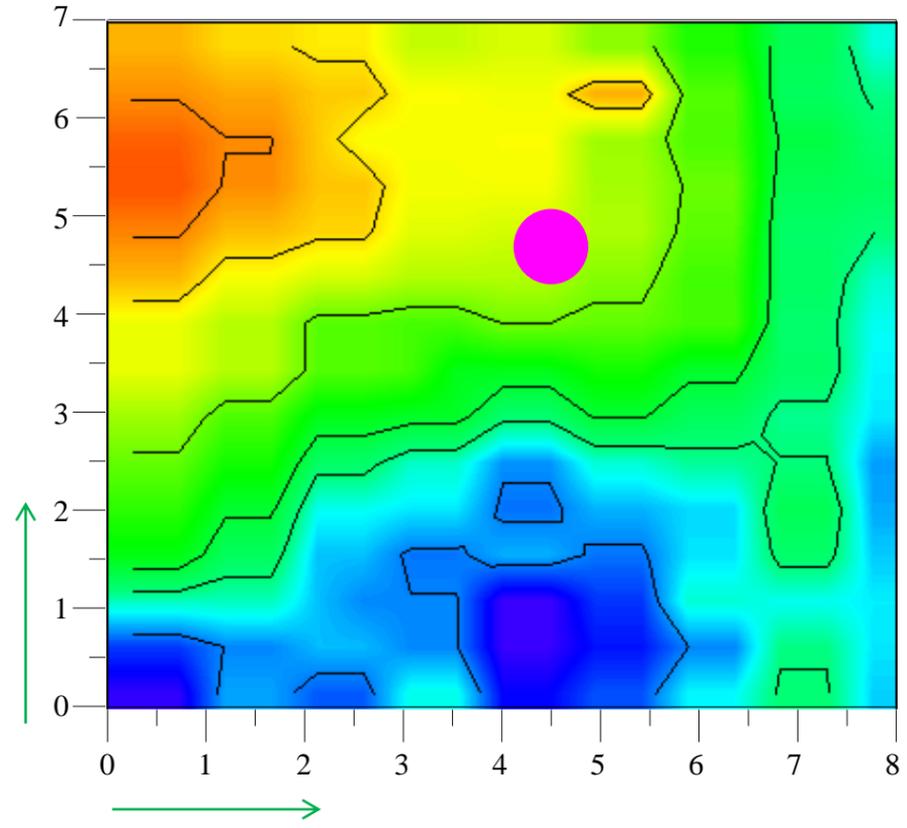
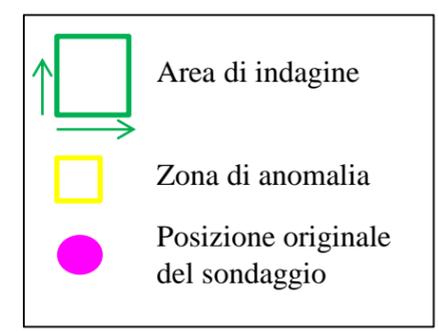
INDAGINI ELETTRO MAGNETICHE – Bonorva (SS) – S6

Ubicazione Indagine



Scala colore della mappa della componente in fase in ppt (parti per migliaia)

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

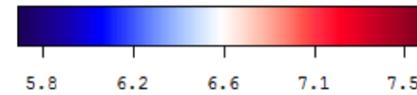
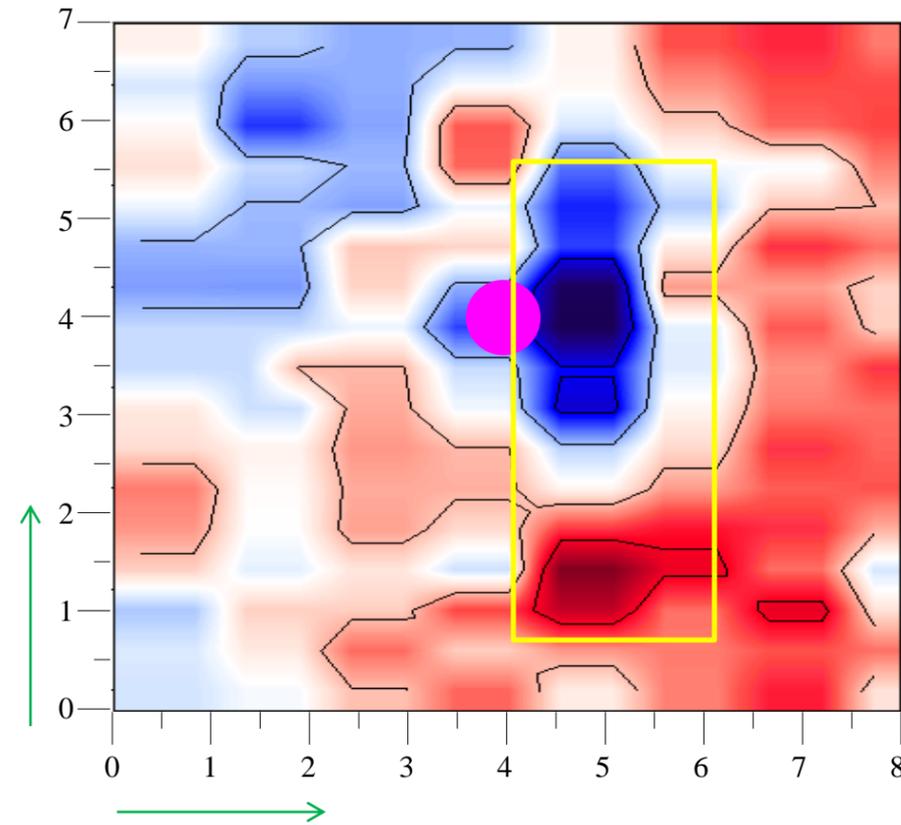
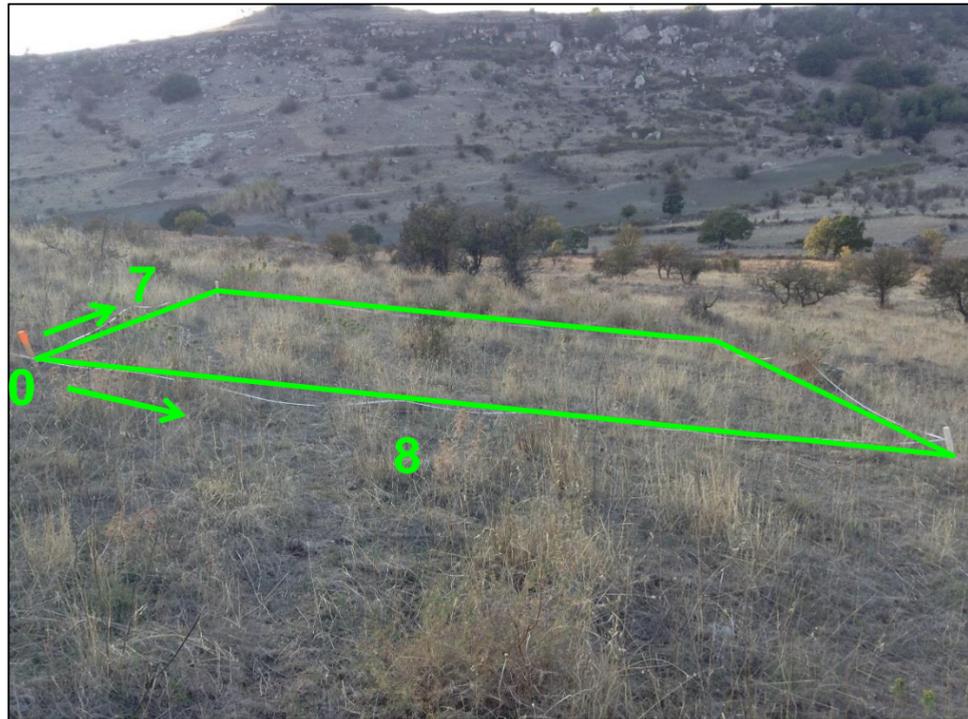


Scala colore della mappa della componente in quadratura in mS/m

OGGETTO: Indagini FDEM FDEM_S6	
PROGETTO: Velocizzazione Linea San Gavino-Sassari-Olbia	
VARIANTE BONORVA Per la SOING Strutture e Ambiente	
ELAB	N. Ardito
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE P.Chiera	
REV 00	TAVOLA 3

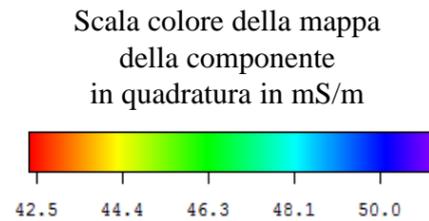
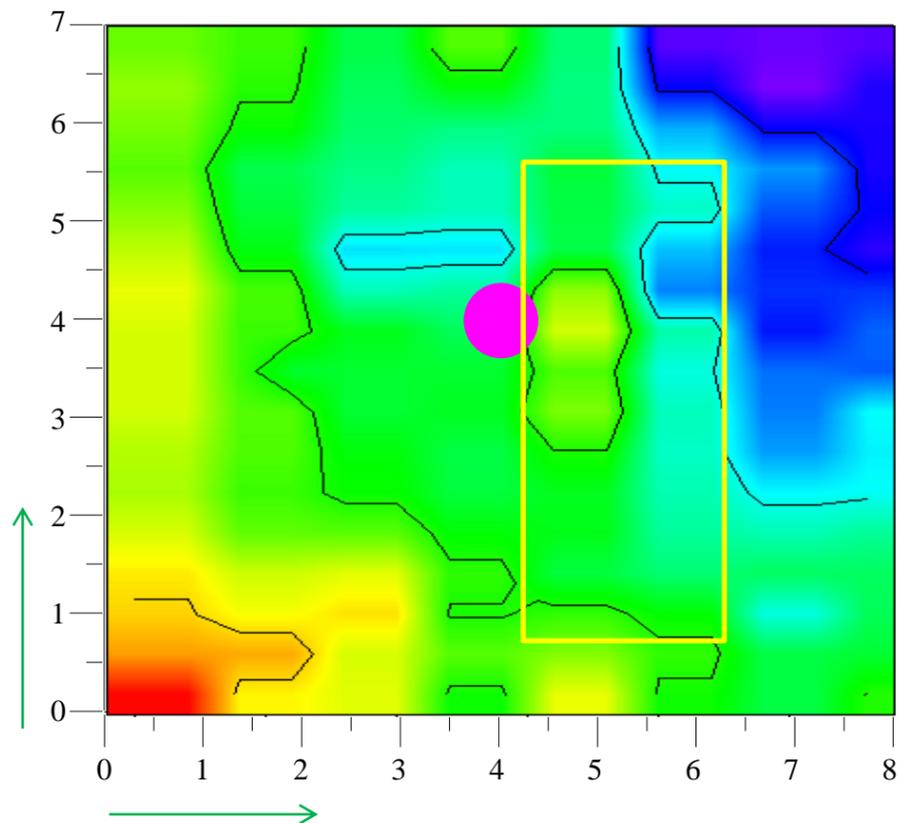
INDAGINI ELETTRO MAGNETICHE – Bonorva (SS) – S7

Ubicazione Indagine



Scala colore della mappa della componente in fase in ppt (parti per migliaia)

L'indagine ha evidenziato un'anomalia in zona centrale. Si consiglia di non eseguire il sondaggio in prossimità della zona segnalata nelle mappe.



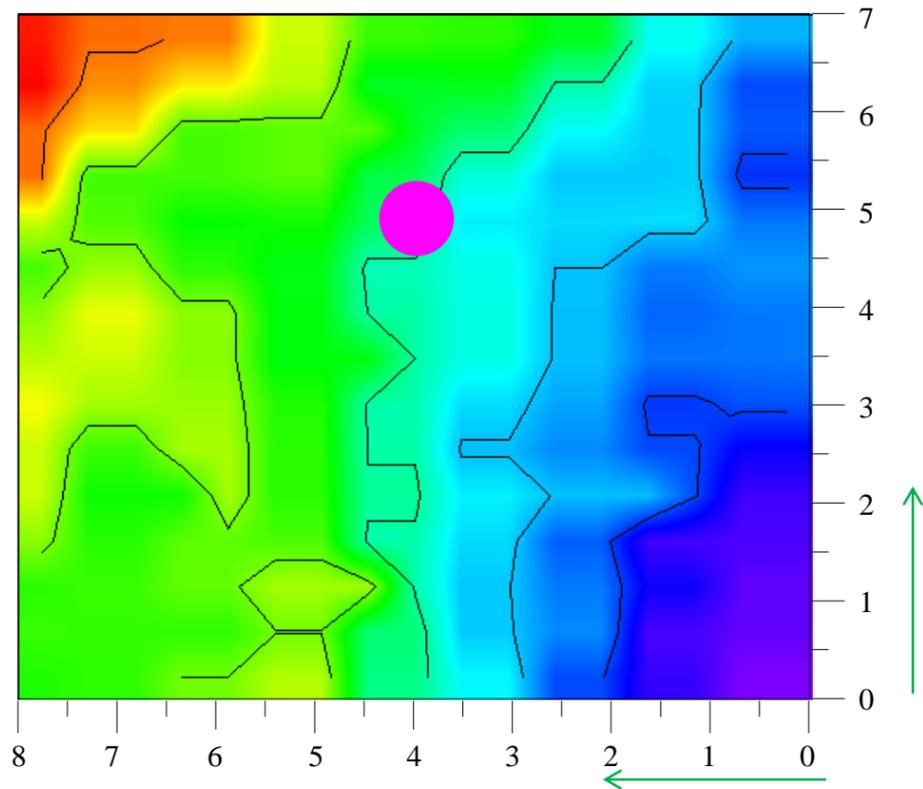
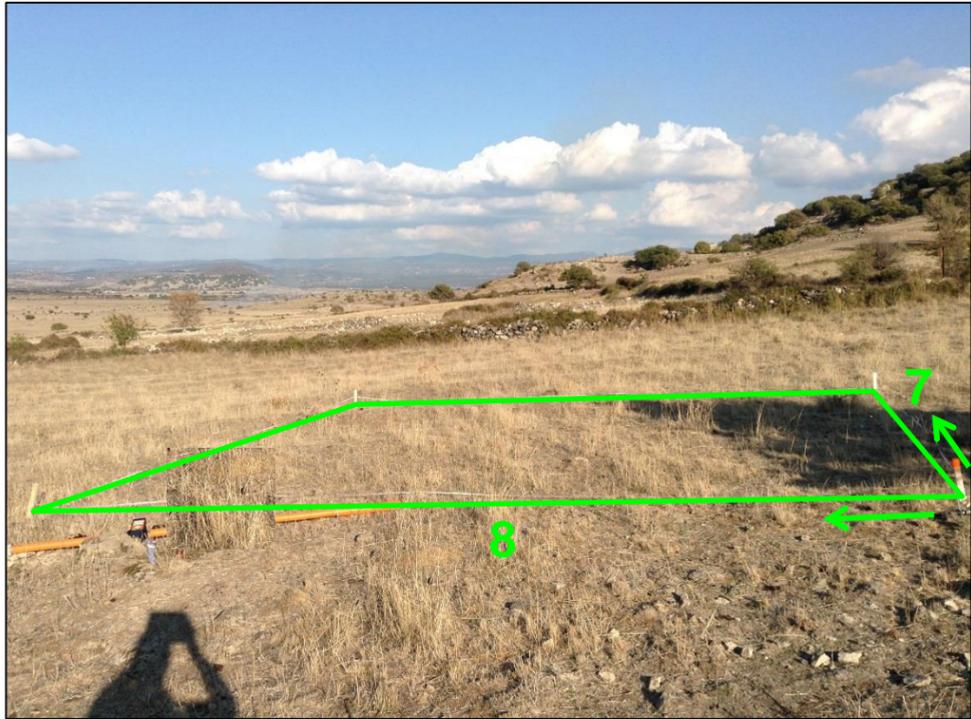
Scala colore della mappa della componente in quadratura in mS/m

- Area di indagine
- Zona di anomalia
- Posizione originale del sondaggio

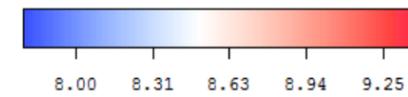
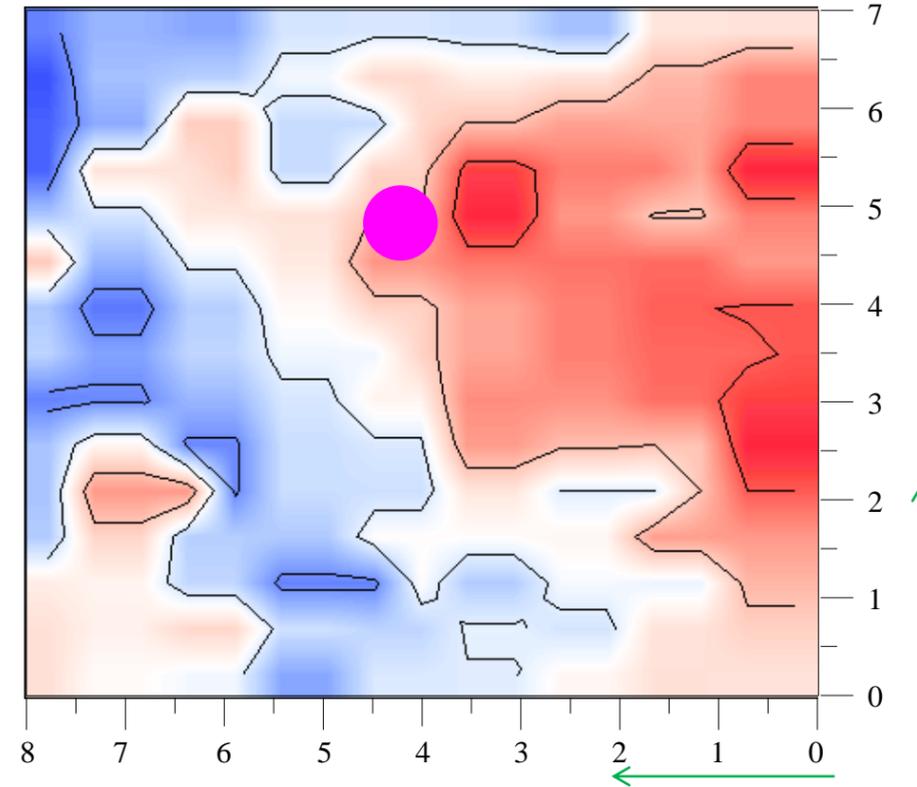
OGGETTO: Indagini FDEM FDEM_S7	
PROGETTO: Velocizzazione Linea San Gavino-Sassari-Olbia	
VARIANTE BONORVA Per la SOING Strutture e Ambiente	
ELAB	N. Ardito
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE P.Chiera	
REV 00	TAVOLA 4

INDAGINI ELETTRO MAGNETICHE – Bonorva (SS) – S8

Ubicazione Indagine



Scala colore della mappa della componente in quadratura in mS/m



Scala colore della mappa della componente in fase in ppt (parti per migliaia)

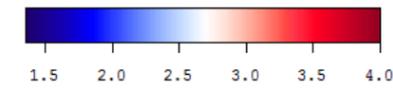
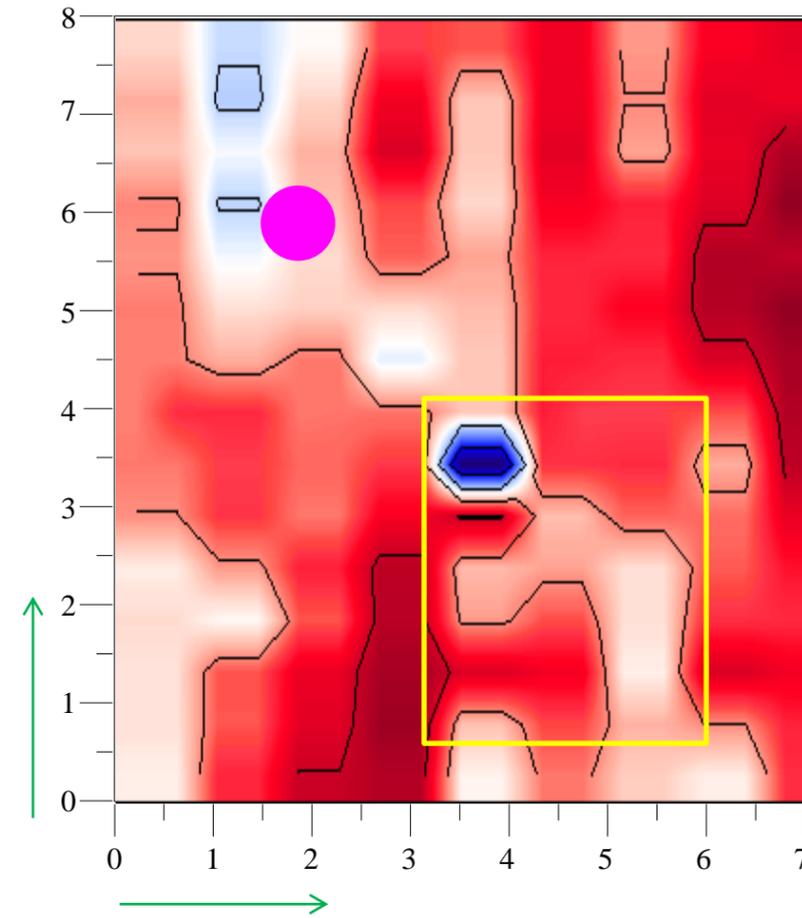
L'indagine non ha evidenziato anomalie associabili alla possibile presenza di masse metalliche interrate nei primi 4-5 m di terreno.

- Area di indagine
- Zona di anomalia
- Posizione originale del sondaggio

OGGETTO: Indagini FDEM FDEM_S8	
PROGETTO: Velocizzazione Linea San Gavino-Sassari-Olbia	
VARIANTE BONORVA Per la SOING Strutture e Ambiente	
ELAB	N. Ardito
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE P.Chiera	
REV 00	TAVOLA 5

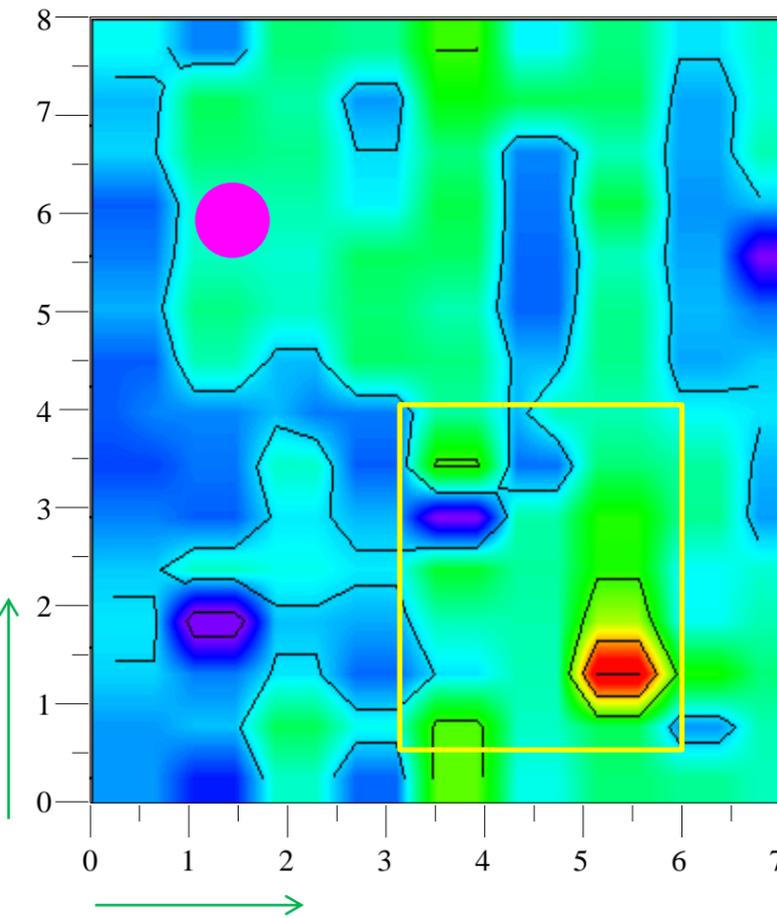
INDAGINI ELETTRO MAGNETICHE – Bonorva (SS) – S10

Ubicazione Indagine

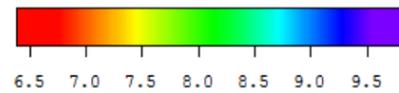


Scala colore della mappa della componente in fase in ppt (parti per migliaia)

L'indagine ha evidenziato una zona di anomalia. Si consiglia di evitare la zona segnalata in giallo nelle mappe.



Scala colore della mappa della componente in quadratura in mS/m



-  Area di indagine
-  Zona di anomalia
-  Posizione originale del sondaggio

	
OGGETTO: Indagini FDEM FDEM_S10	
PROGETTO: Velocizzazione Linea San Gavino-Sassari-Olbia	
VARIANTE BONORVA Per la SOING Strutture e Ambiente	
ELAB	N. Ardito
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE P.Chiera	
REV 00	TAVOLA 6



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BONORVA

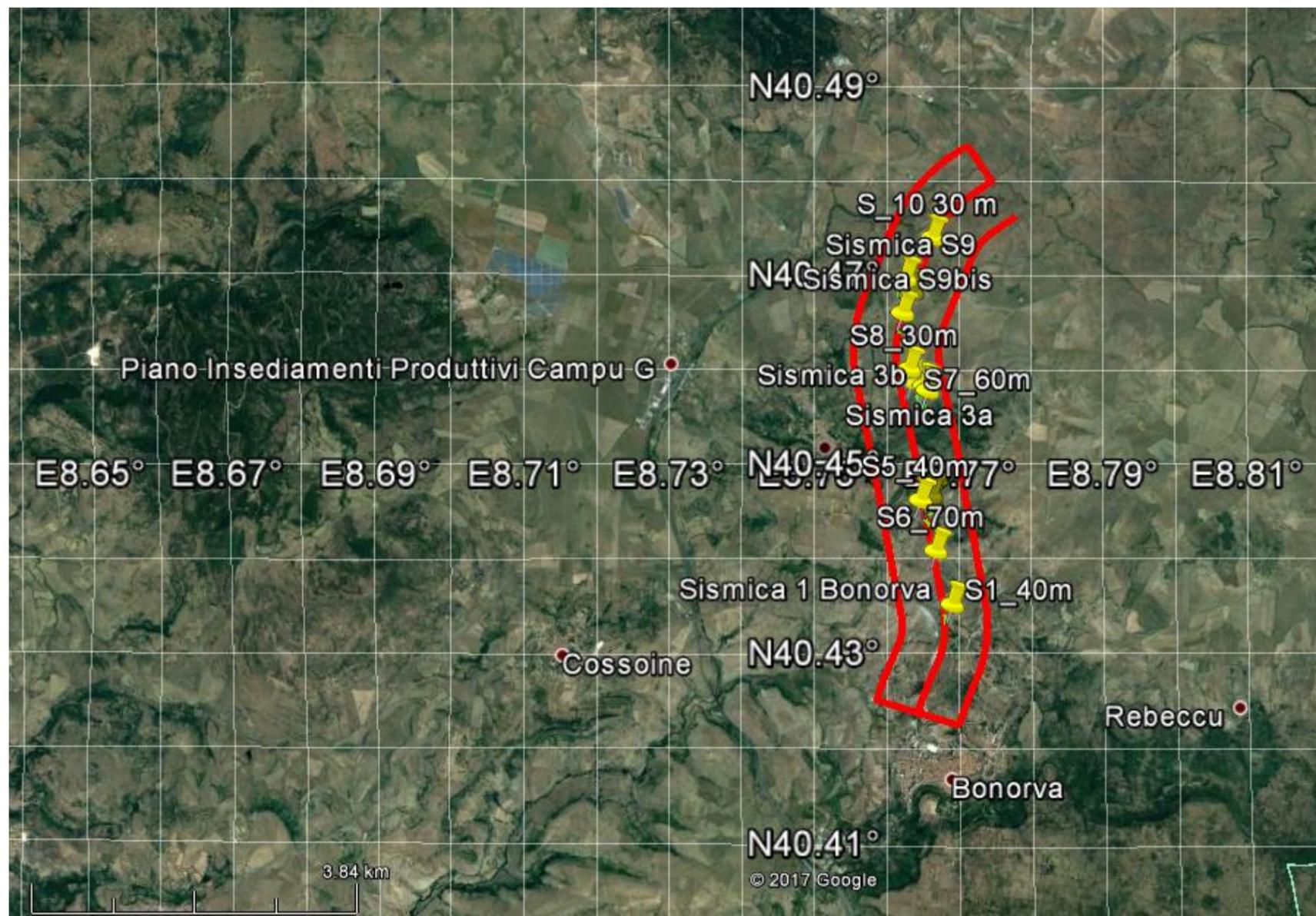
INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04 D 69	IG	GE0005 001	A	27 di 41

7. ALLEGATO GRAFICO N. 2 – INDAGINI SISMICHE BONORVA (SS)

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA NELL'AREA DI BONORVA

UBICAZIONE DELLE INDAGINI



TAVOLA

1

OGGETTO

UBICAZIONE
INDAGINI SISMICHE
RIFRAZIONE
TOMOGRAFICA
PER ONDE P E SH

Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE
LINEA SAN GAVINO –
SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI
BONORVA



SOING
STRUTTURE & AMBIENTE



Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

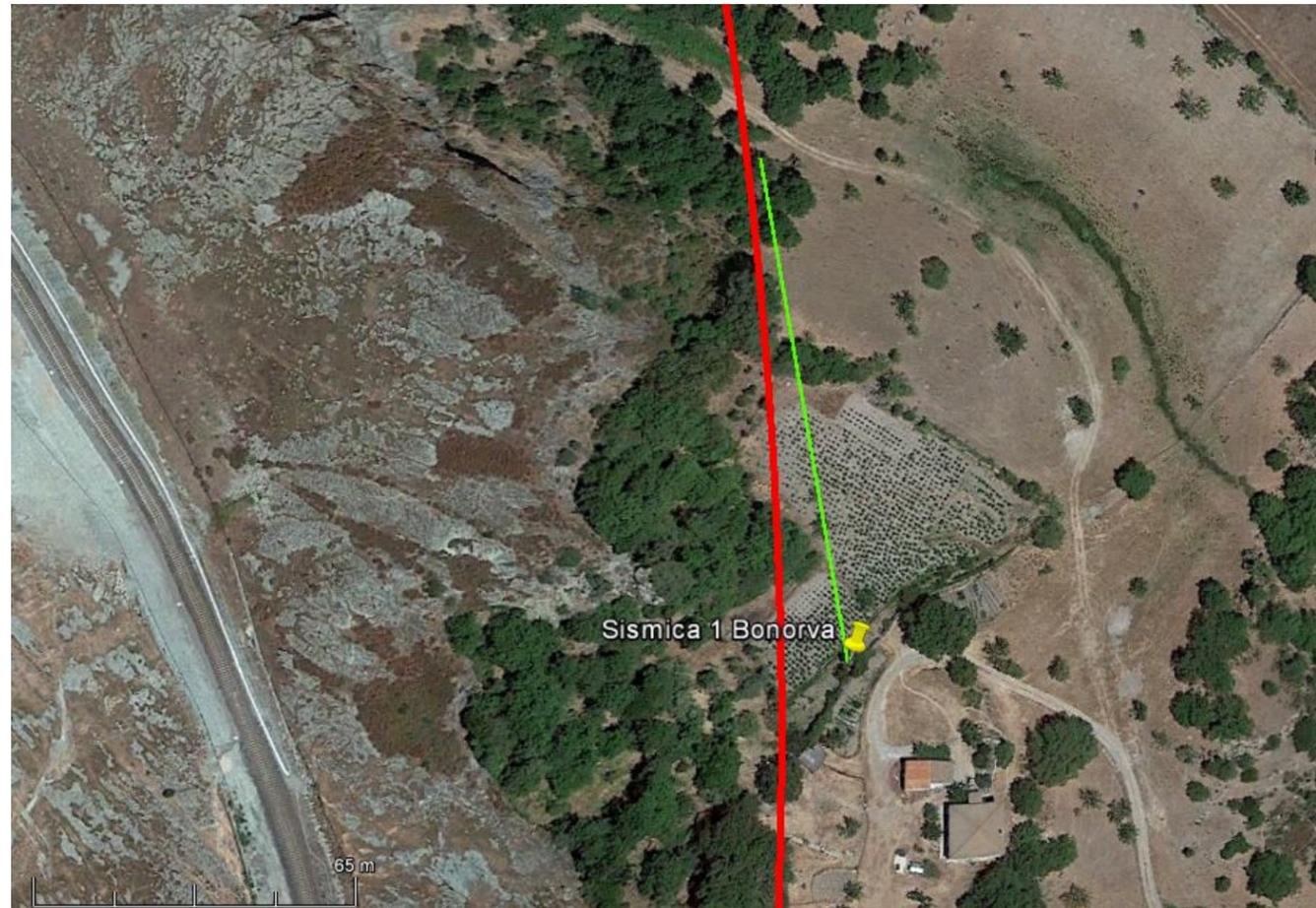
ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA SISMICA 1 BONORVA

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



TAVOLA

2

OGGETTO

Indagine sismica a rifrazione tomografica
SISMICA 1 BONORVA

Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE
LINEA SAN GAVINO
- SASSARI - OLBIA

VARIANTE DI
BONORVA



Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

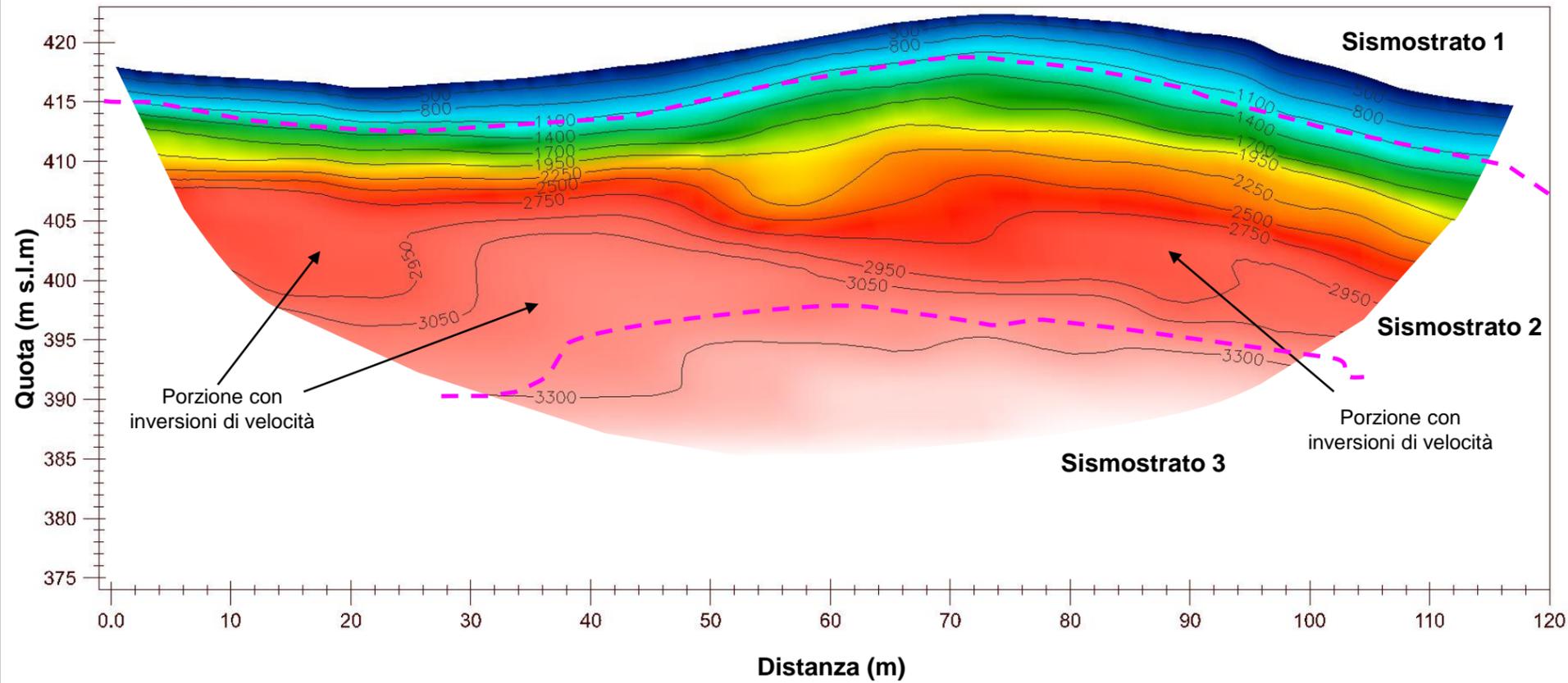
APPROV. P. Chiara

SISMICA 1 BONORVA

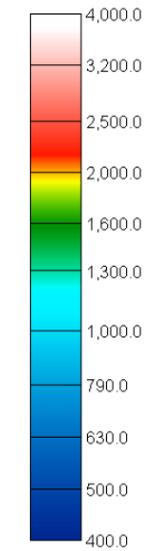
TAVOLA

3

Sezione Onde P



Scala di velocità (m/s)



OGGETTO

Indagine sismica a rifrazione tomografica
SISMICA 1 BONORVA

Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE
LINEA SAN GAVINO
- SASSARI - OLBIA

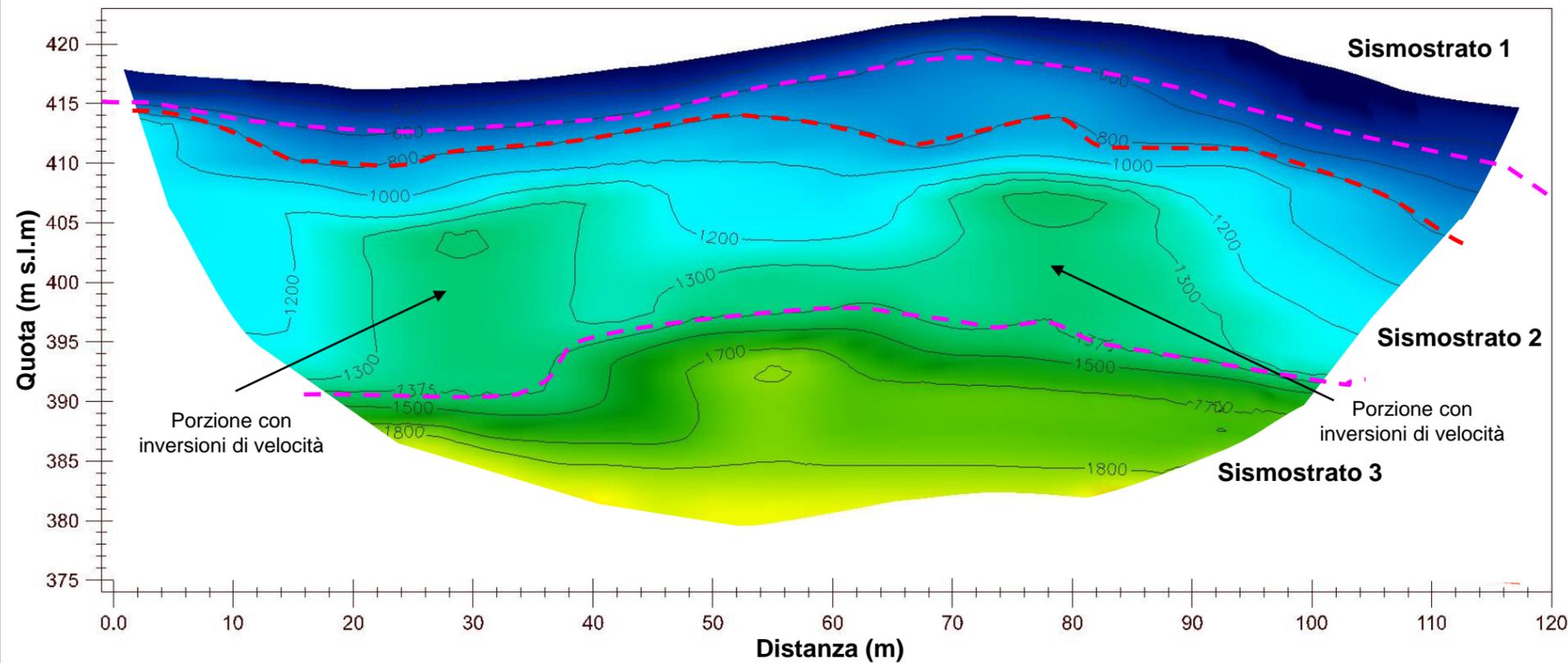
VARIANTE DI
BONORVA

Interfaccia tra
sismostrati

Interfaccia velocità
onde di taglio 800 m/s

Scala della sezione
1 cm = 5 m

Sezione Onde SH



SOING
STRUTTURE & AMBIENTE



Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

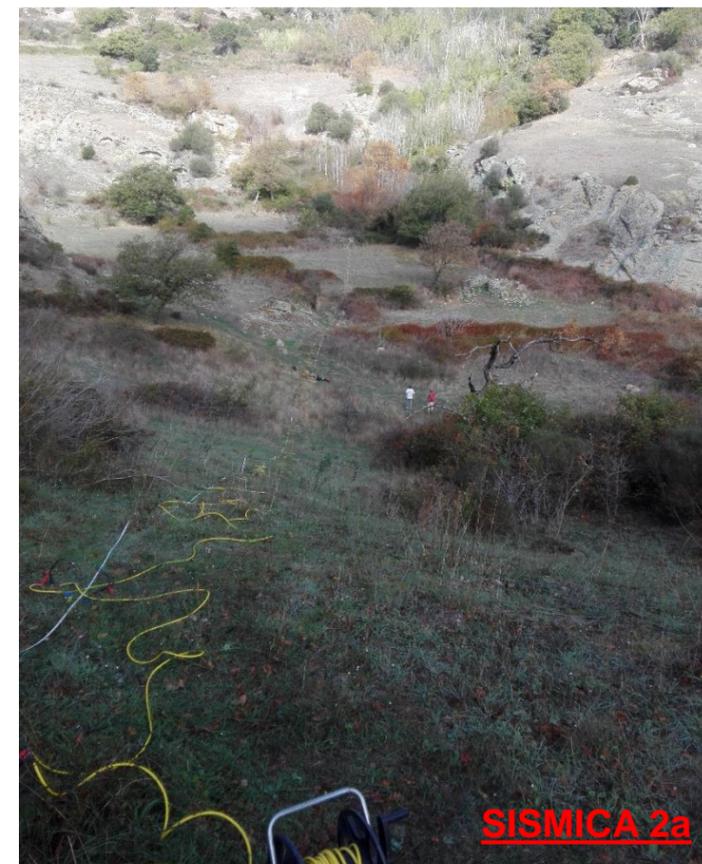
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA SISMICHE 2a E 2b BONORVA



Ubicazione Indagine



Immagine Area Indagine



TAVOLA

4

OGGETTO

Indagine sismica a rifrazione tomografica SISMICHE 2a E 2b BONORVA

Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BONORVA



SOING
STRUTTURE & AMBIENTE



Per la
SOING Strutture e Ambiente srl

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

SISMICA 2a BONORVA

TAVOLA

5

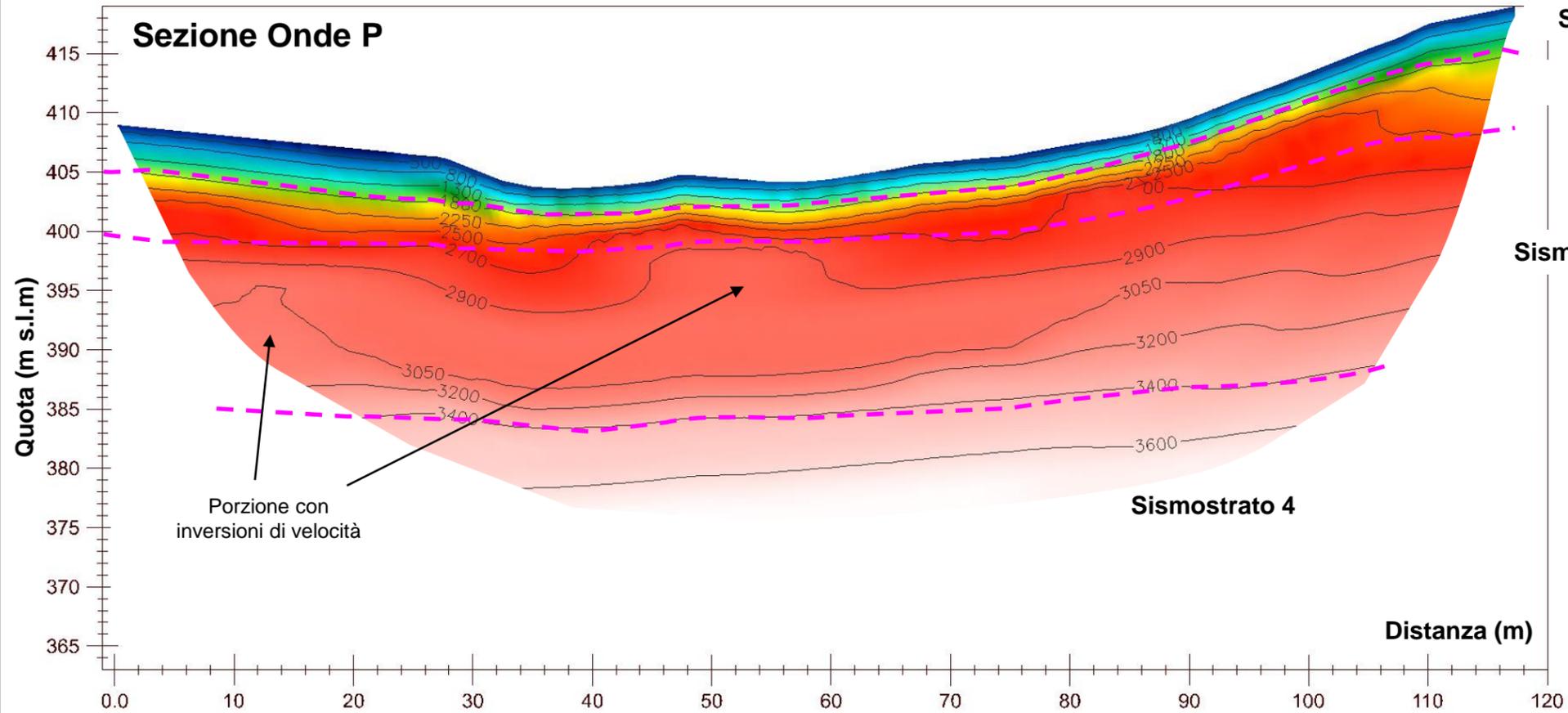
OGGETTO

Indagine sismica a rifrazione tomografica
SISMICA 2a
BONORVA

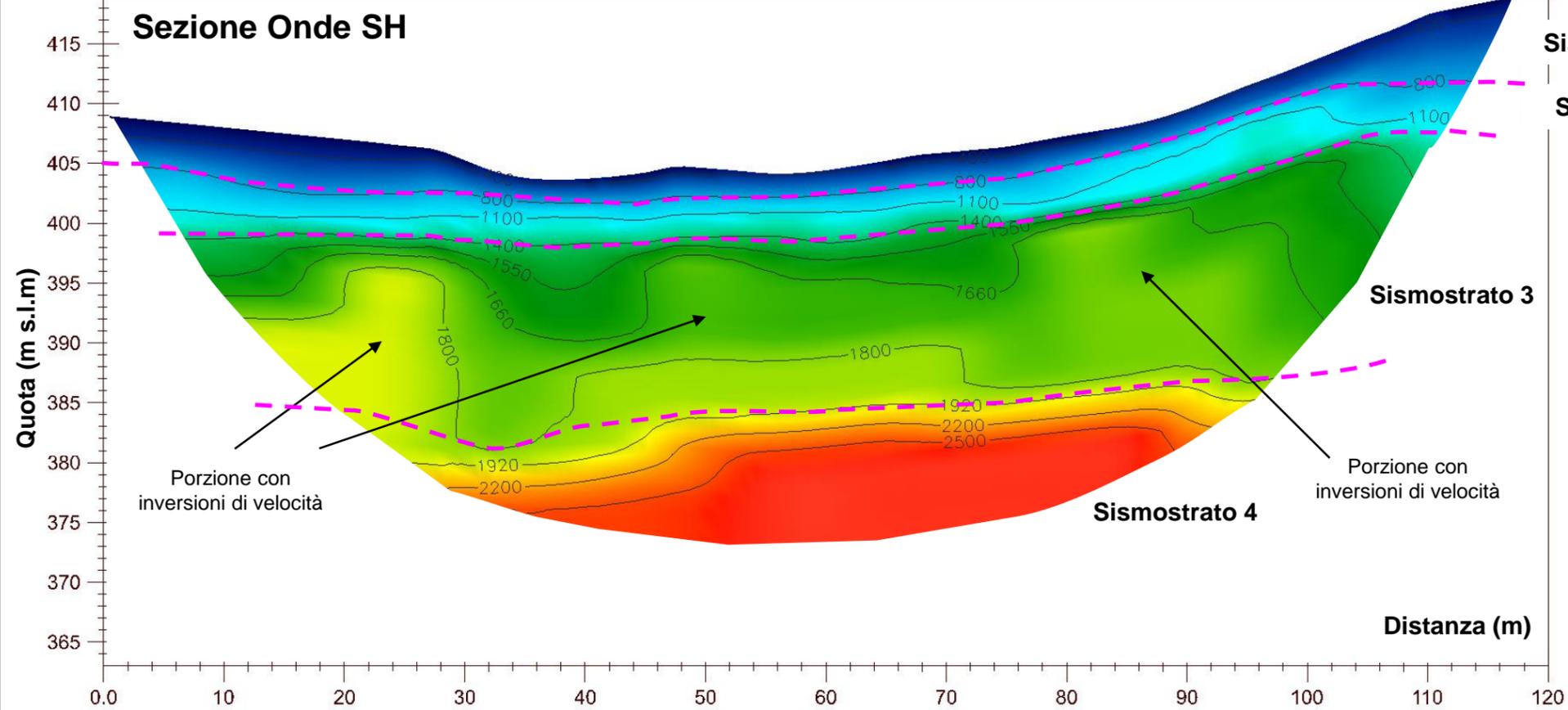
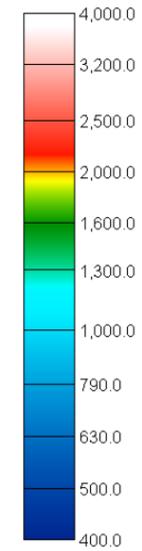
Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE
LINEA SAN GAVINO
- SASSARI - OLBIA

VARIANTE DI
BONORVA



Scala di velocità (m/s)



Interfaccia tra sismostrati

Scala della sezione
1 cm = 5 m



**Per la
SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

SISMICA 2b BONORVA

TAVOLA

6

OGGETTO

Indagine sismica a rifrazione tomografica
SISMICA 2b
BONORVA

Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE
LINEA SAN GAVINO
- SASSARI - OLBIA

VARIANTE DI
BONORVA

Interfaccia tra
sismostrati

Scala della sezione
1 cm = 5 m



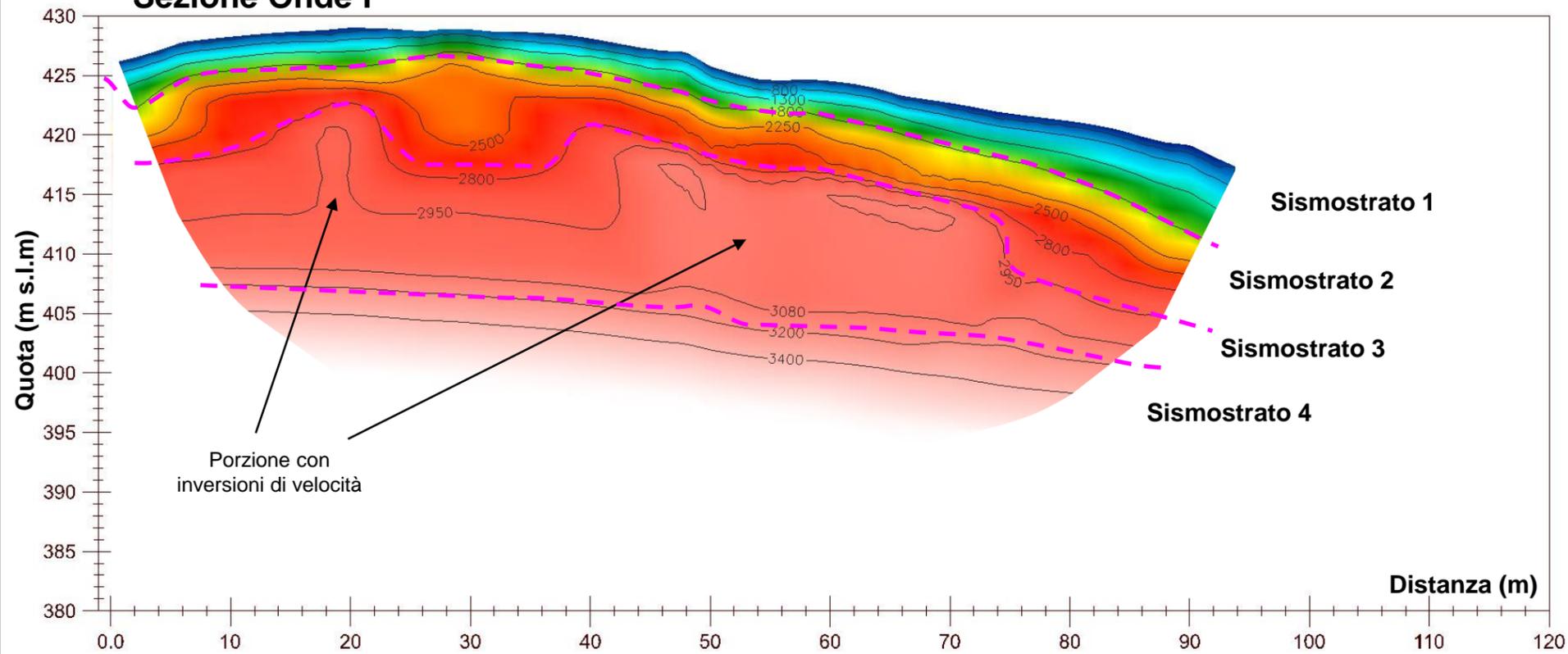
**Per la
SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

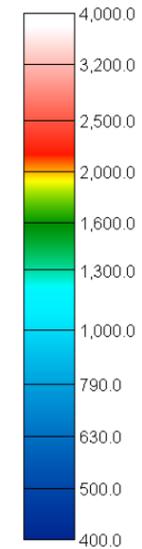
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

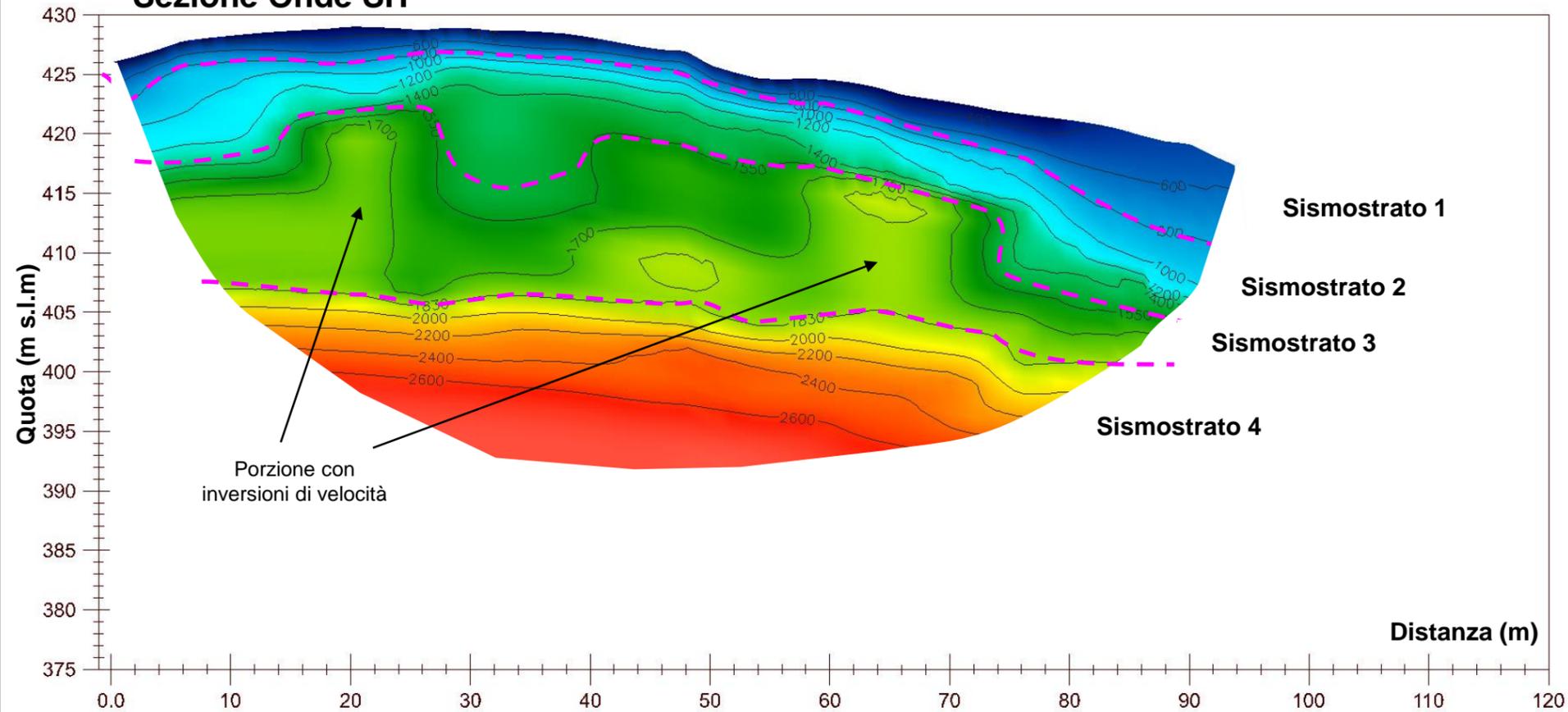
Sezione Onde P



Scala di velocità
(m/s)



Sezione Onde SH



INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA SISMICHE 3a E 3b BONORVA

Ubicazione Indagine

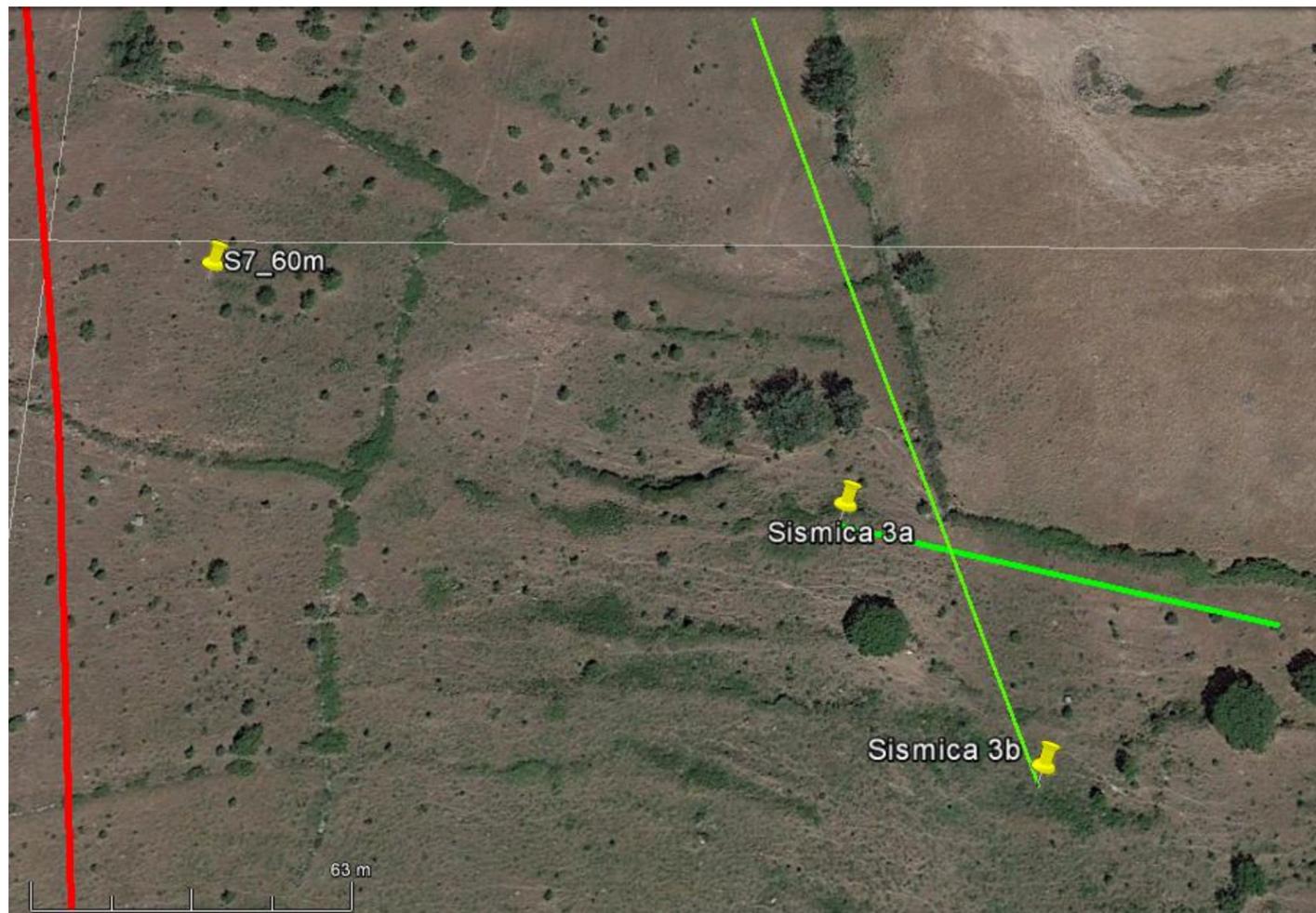


Immagine Area Indagine



TAVOLA

7

OGGETTO

Indagine sismica a rifrazione tomografica SISMICHE 3a E 3b BONORVA

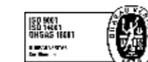
Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BONORVA



SOING
STRUTTURE & AMBIENTE



Per la
SOING Strutture e Ambiente srl

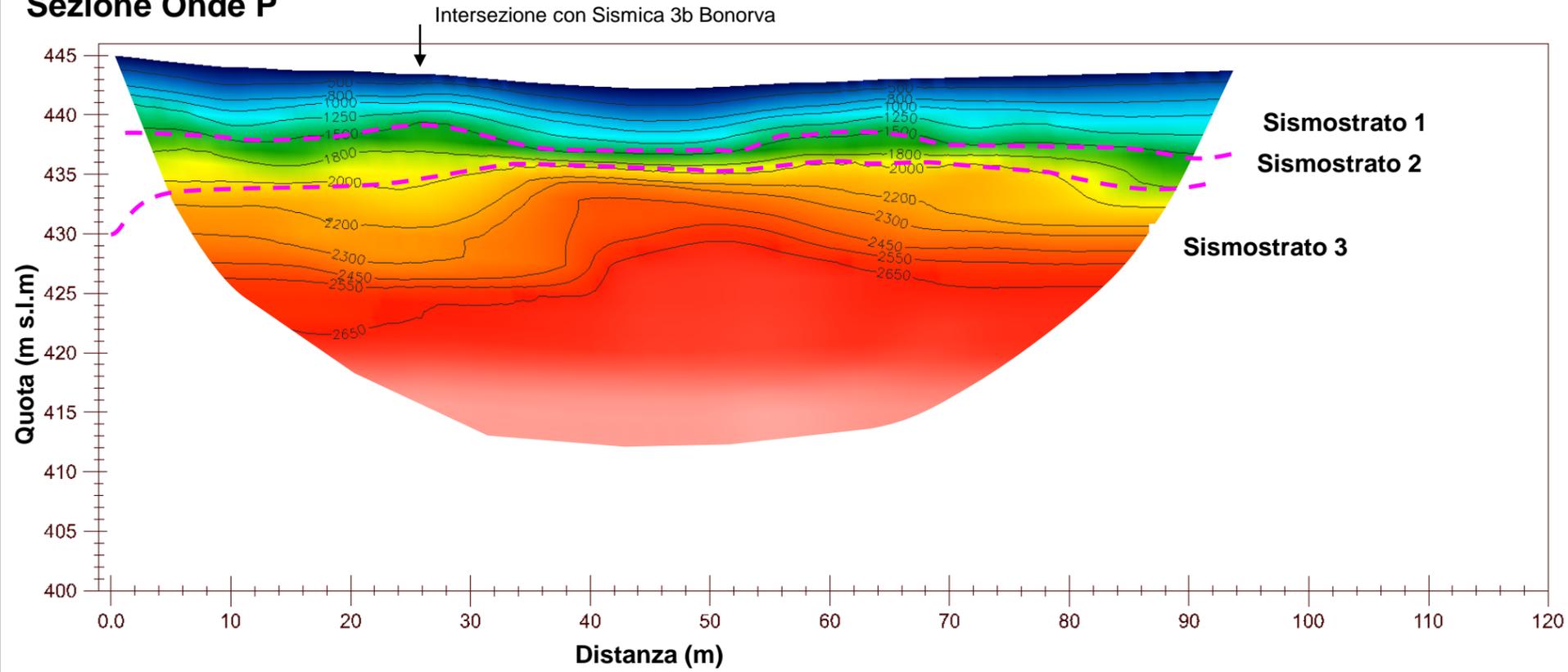
ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

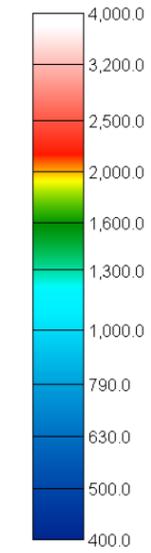
APPROV. P. Chiara

SISMICA 3a BONORVA

Sezione Onde P



Scala di velocità (m/s)



Sezione Onde SH

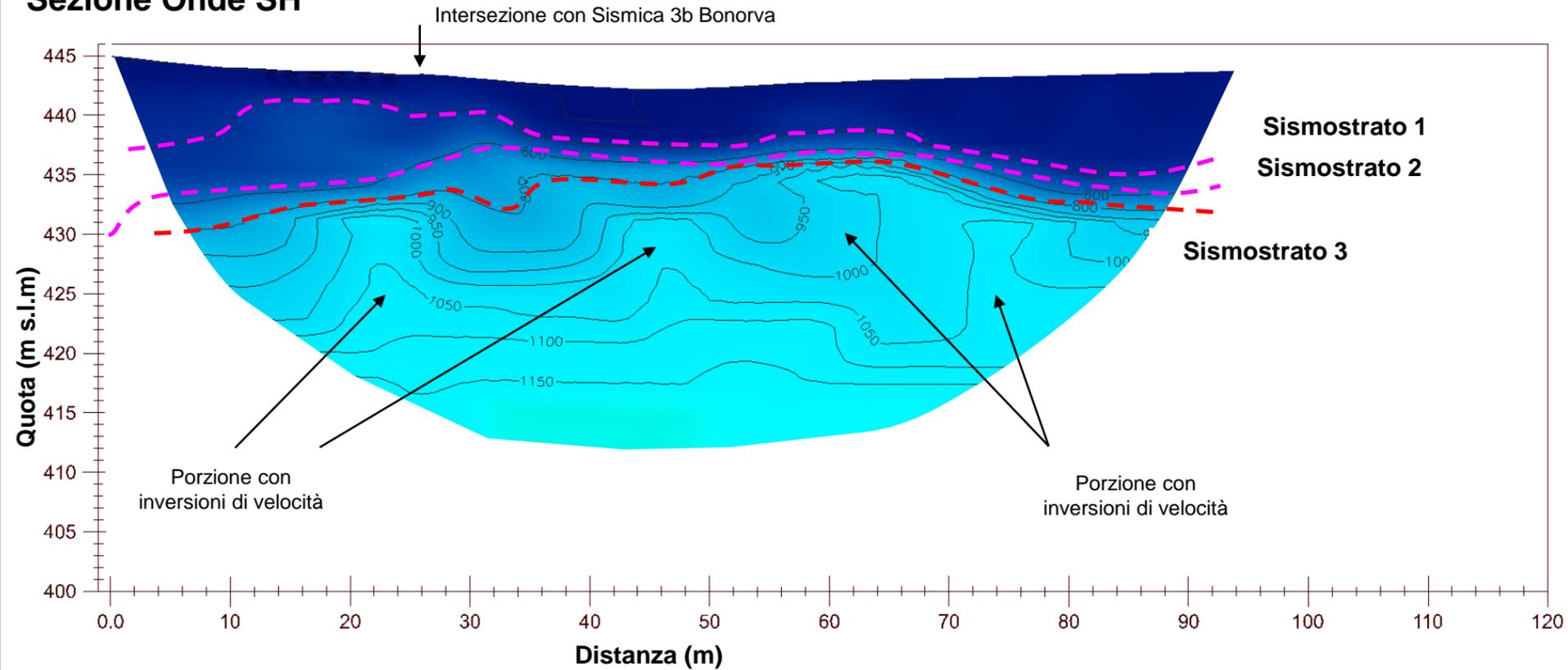


TAVOLA
8

OGGETTO
Indagine sismica a rifrazione tomografica
SISMICA 3a BONORVA

Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BONORVA

Interfaccia tra sismostrati

Interfaccia velocità onde di taglio 800 m/s

Scala della sezione
1 cm = 5 m

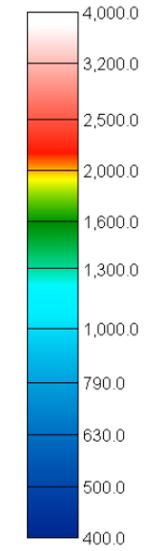


Per la SOING Strutture e Ambiente srl

ELAB G. Luciani
VERIFICA A. Morelli
APPROV. P. Chiara

SISMICA 3b BONORVA

Scala di velocità
(m/s)



TAVOLA

9

OGGETTO

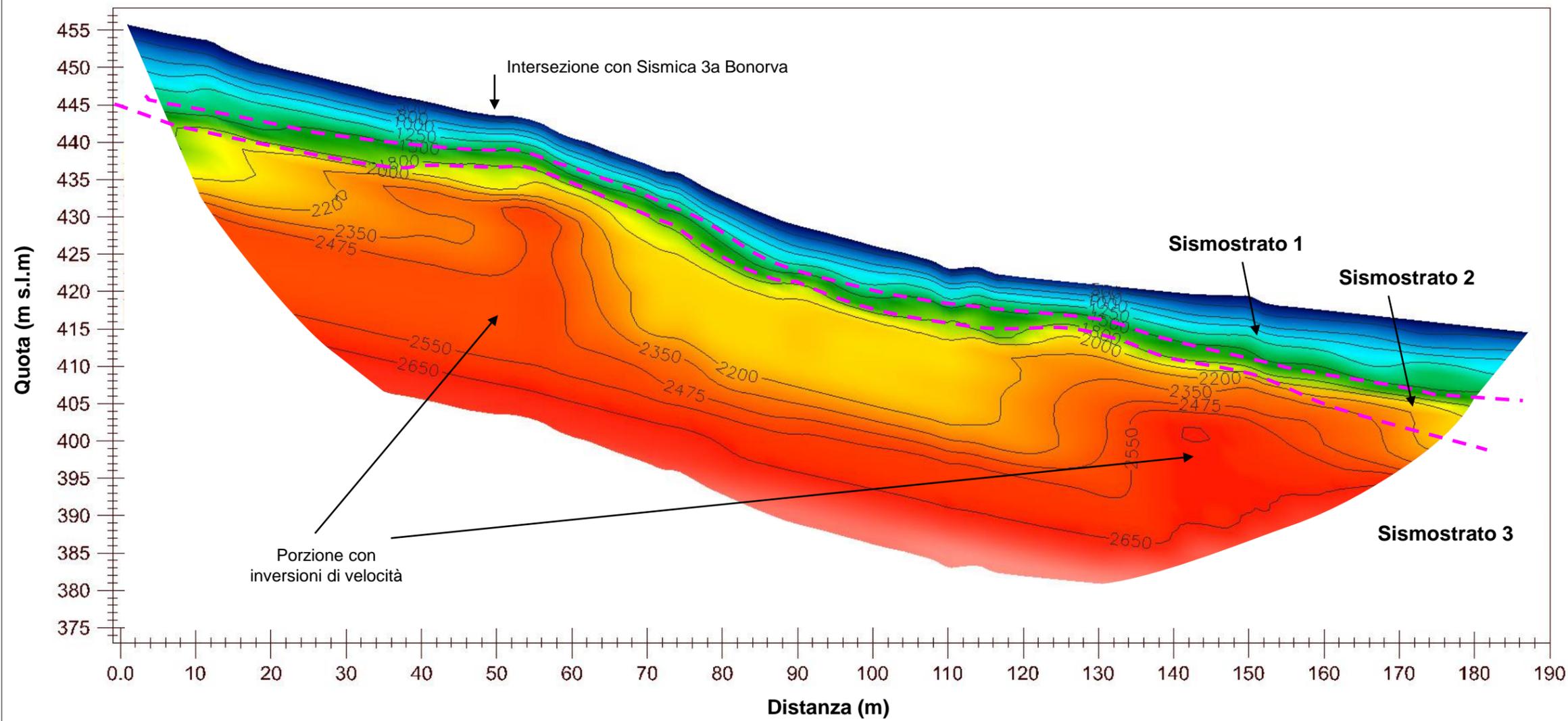
Indagine sismica a rifrazione tomografica
SISMICA 3b
BONORVA

Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE
LINEA SAN GAVINO
- SASSARI - OLBIA

VARIANTE DI
BONORVA

Sezione Onde P



Interfaccia tra sismostrati

Scala della sezione
0,7 cm = 5 m



Per la
SOING Strutture e Ambiente srl

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

SISMICA 3b BONORVA

Scala di velocità
(m/s)

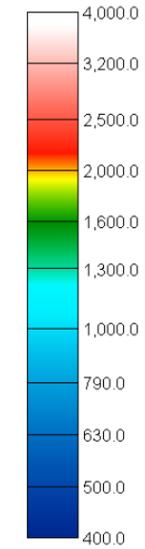


TAVOLA
10

OGGETTO

Indagine sismica a rifrazione tomografica
**SISMICA 3b
BONORVA**

Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE
LINEA SAN GAVINO
- SASSARI - OLBIA

VARIANTE DI
BONORVA

Interfaccia tra
sismostrati

Scala della sezione
0,7 cm = 5 m



SOING
STRUTTURE & AMBIENTE



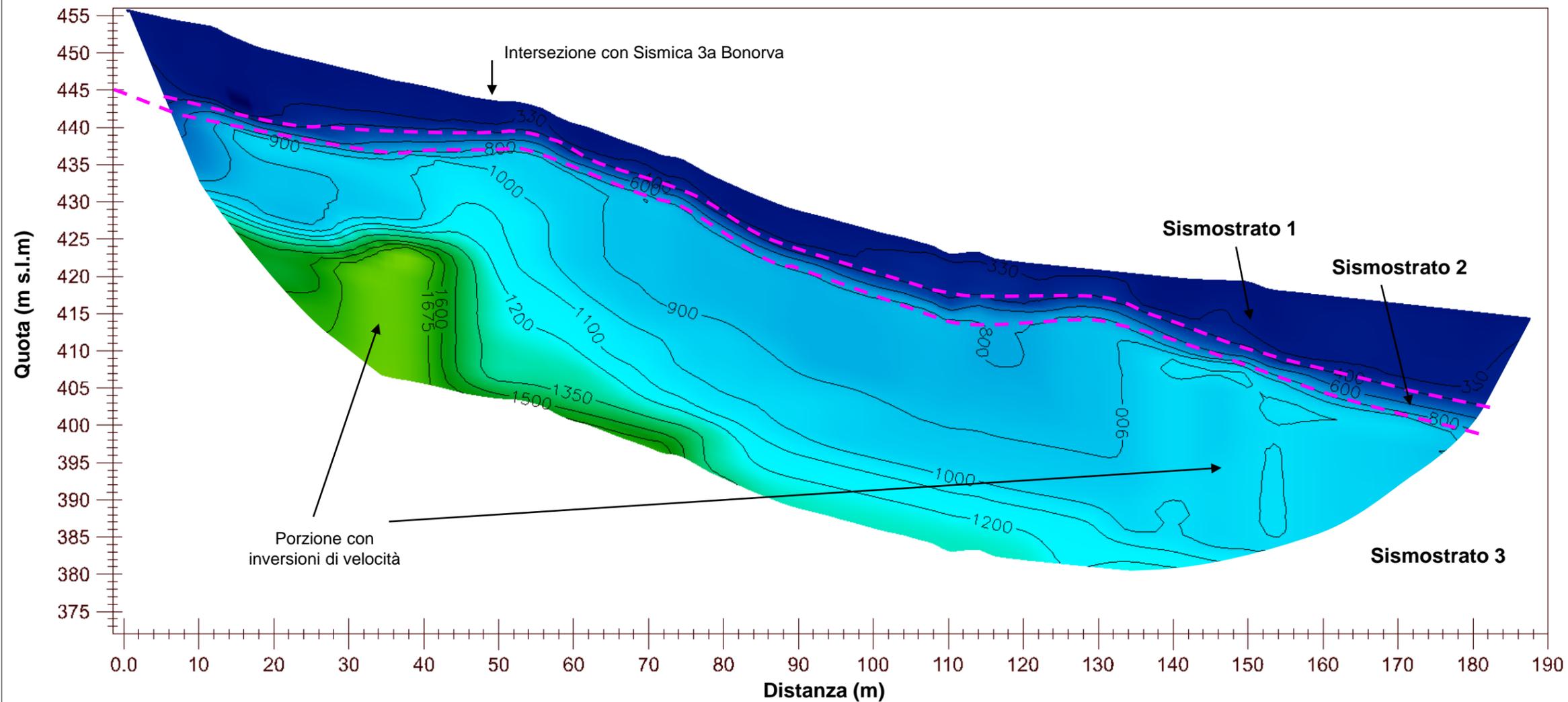
Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

Sezione Onde SH



INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA SISMICA 9 BONORVA

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



TAVOLA

11

OGGETTO

Indagine sismica a
rifrazione tomografica
SISMICA 9
BONORVA

Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE
LINEA SAN GAVINO
- SASSARI - OLBIA



Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

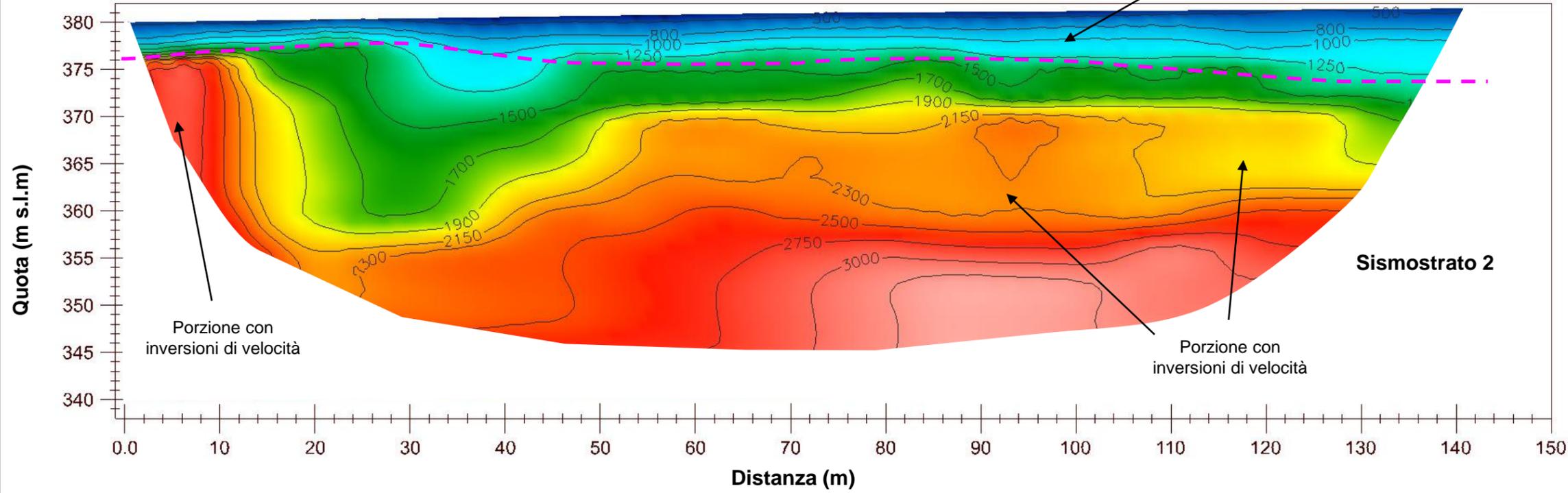
APPROV. P. Chiara

SISMICA 9 BONORVA

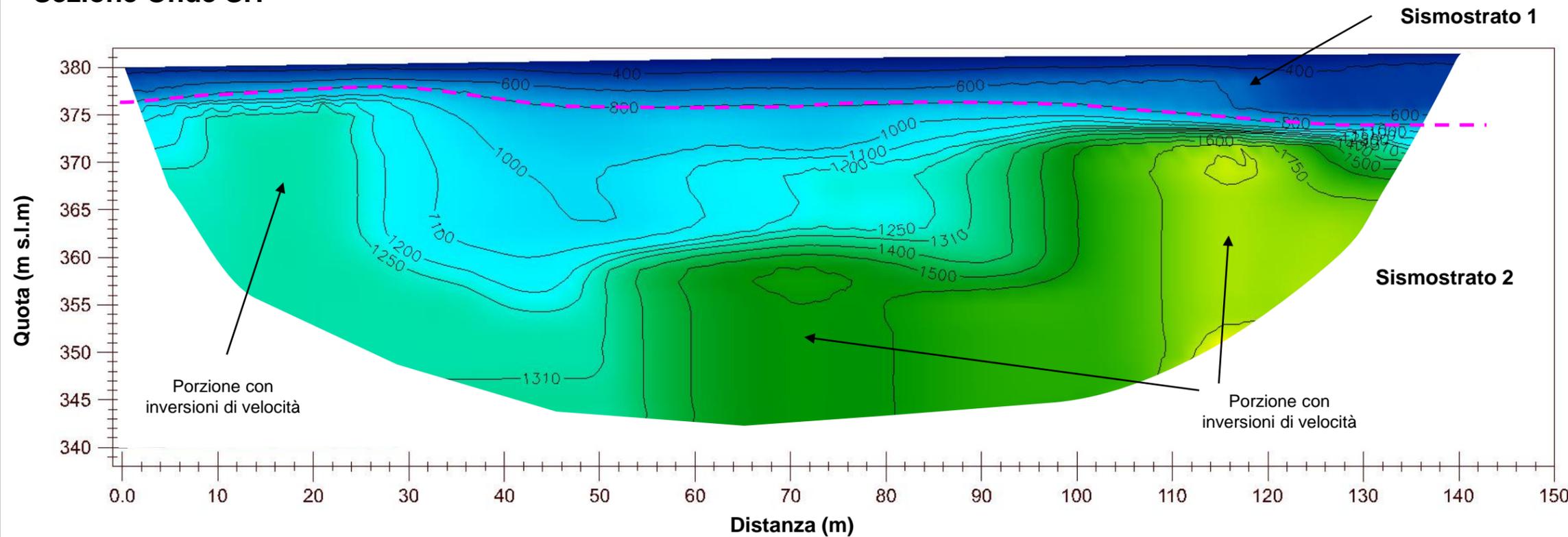
TAVOLA

12

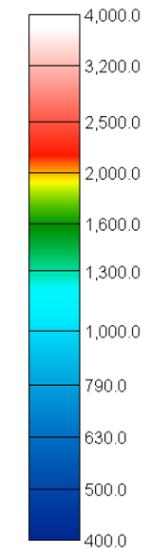
Sezione Onde P



Sezione Onde SH



Scala di velocità (m/s)



OGGETTO

Indagine sismica a rifrazione tomografica
SISMICA 9 BONORVA

Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI - OLBIA

VARIANTE DI BONORVA

Interfaccia tra sismostrati

Scala della sezione
1 cm = 5 m



Per la SOING Strutture e Ambiente srl

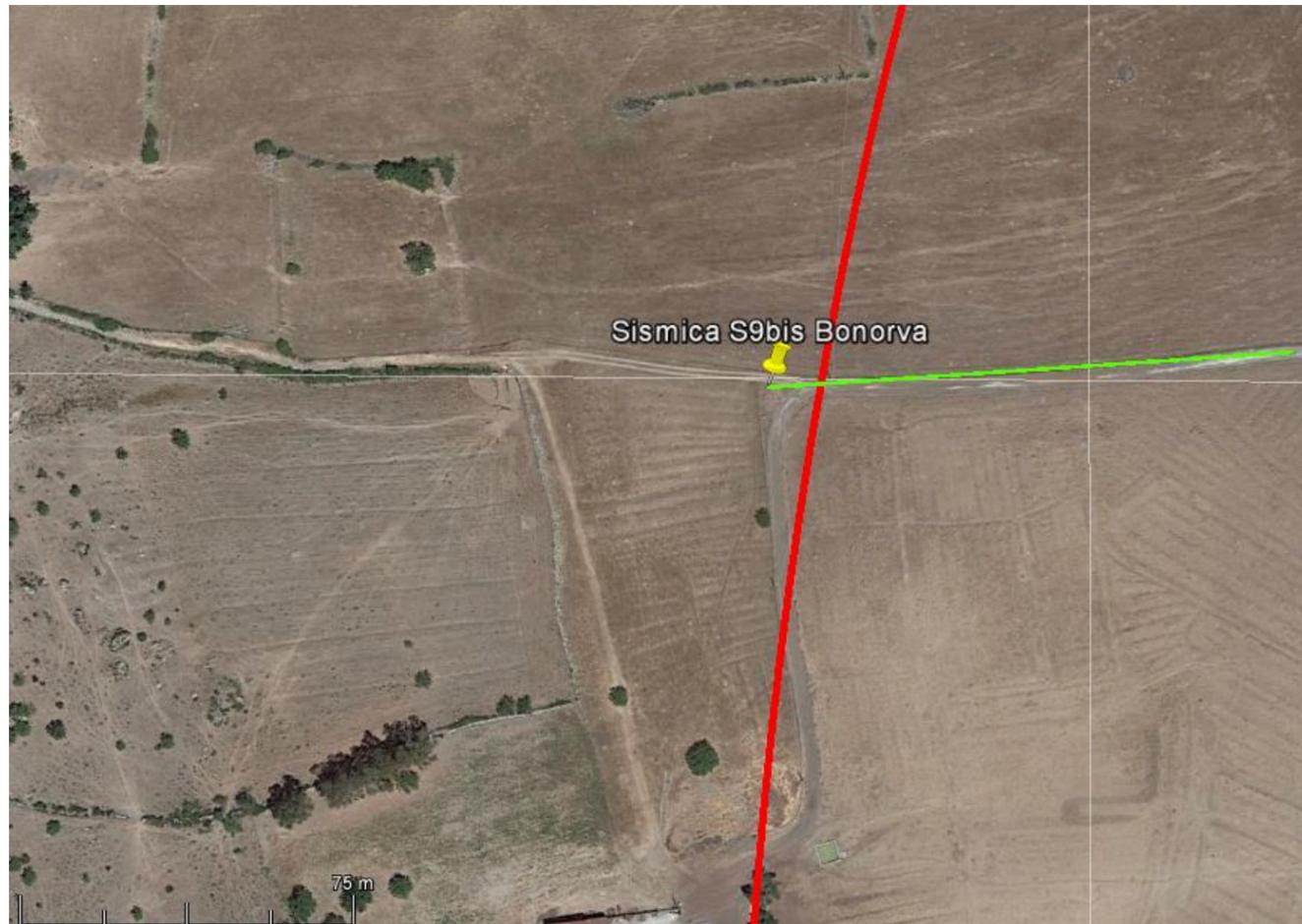
ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA SISMICA 9bis BONORVA

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



TAVOLA

13

OGGETTO

Indagine sismica a rifrazione tomografica
SISMICA 9 bis
BONORVA

Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE
LINEA SAN GAVINO
- SASSARI - OLBIA

VARIANTE DI
BONORVA



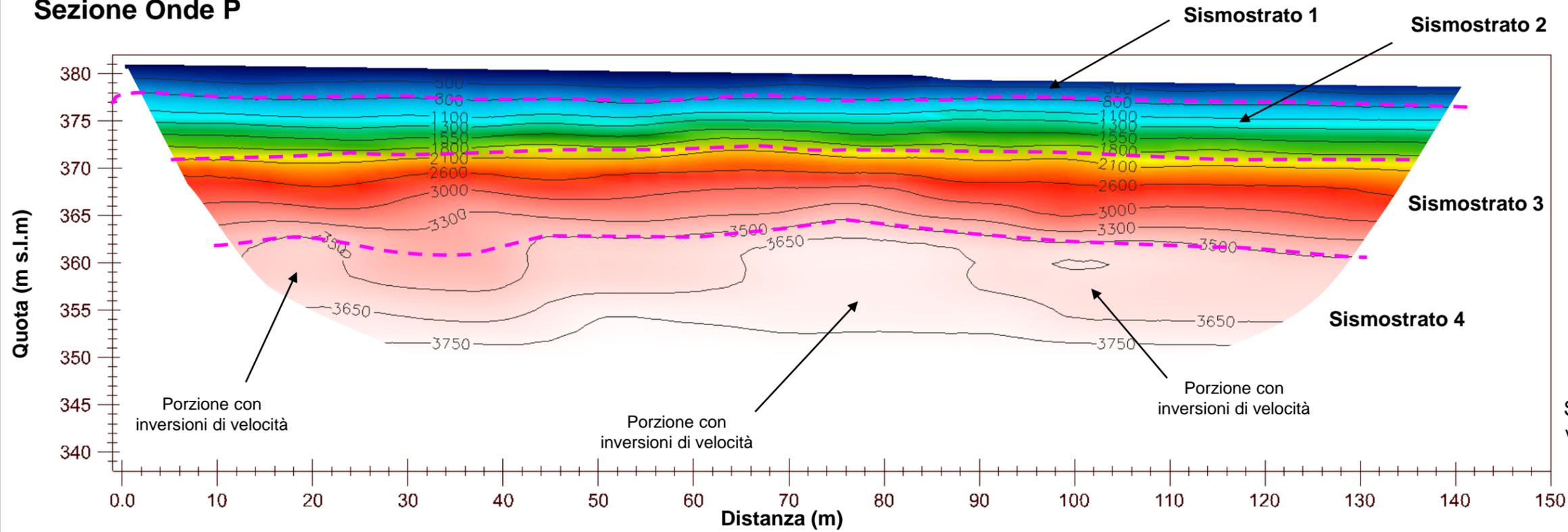
Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

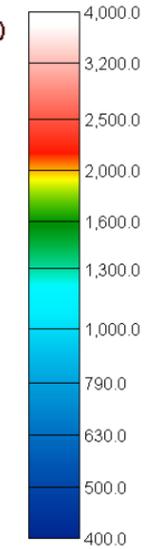
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

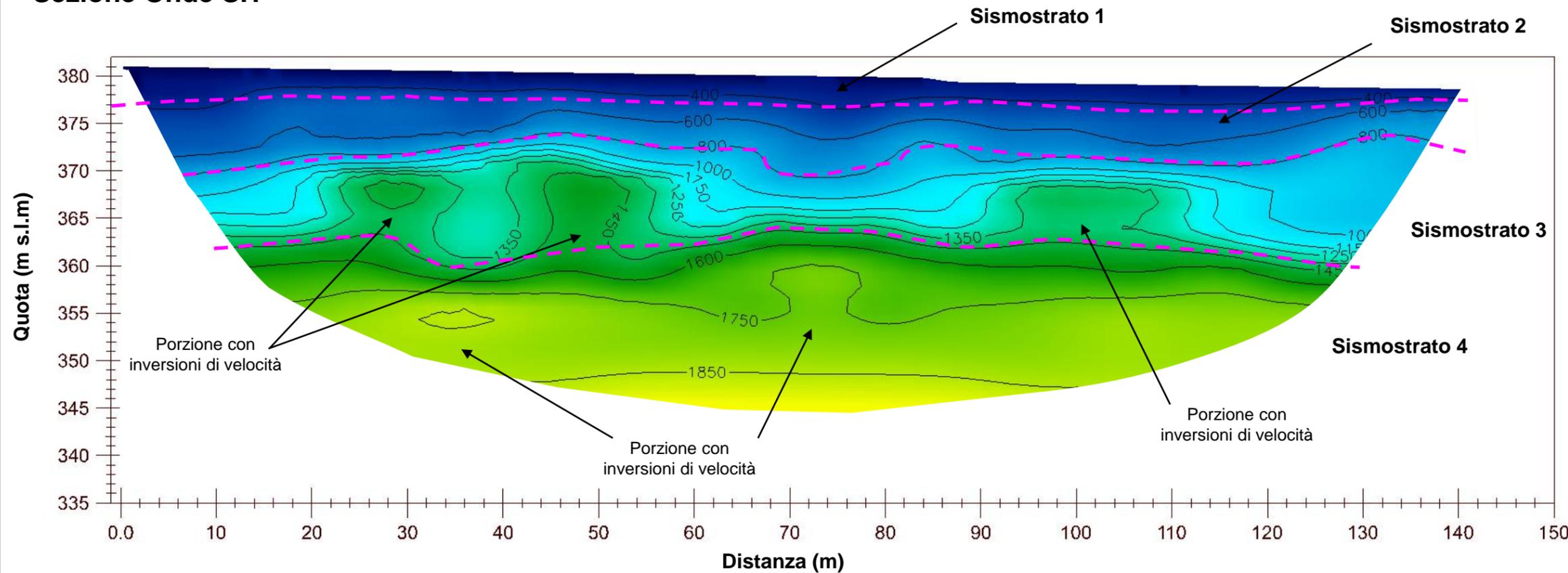
Sezione Onde P



Scala di velocità (m/s)



Sezione Onde SH



OGGETTO

Indagine sismica a rifrazione tomografica
SISMICA 9 bis
BONORVA

Progetto Definitivo

VELOCIZZAZIONE
LINEA SAN GAVINO
- SASSARI - OLBIA

VARIANTE DI
BONORVA

Interfaccia tra sismostrati

Scala della sezione
1 cm = 5 m



**Per la
SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara