

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA – ORSARA**

Campagna d'Indagini Geognostiche 2017

Indagini Geofisiche

SCALA:

-

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

IF1V 02 D 69 IG GE0005 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	P. Chiara	Luglio 2017	S. Giugliano 	Luglio 2017	D. Aprea 	Luglio 2018	F. Marchese Luglio 2018

ITALFERR S.p.A.
Dott. Geologo Francesco MARCHESI
Resp. UO GEOLOGIA
Online Geology/Map 178 ES

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
1.1	PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE GEOFISICA.....	4
2.	DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO	5
3.	METODOLOGIE IMPIEGATE.....	6
3.1	INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA	6
3.1.1	Strumentazione.....	6
3.1.2	Principi base della tecnica tomografica elettrica (ERT).....	6
3.1.3	Proprietà elettriche del suolo ed interpretazione dei valori di resistività	6
3.1.4	Configurazione delle misure ed elaborazione dati	8
3.2	INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW	9
3.2.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo.....	9
3.2.2	Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine, codice di configurazione ed inversione dati	10
3.3	DOWN HOLE TEST (DHT).....	11
3.3.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo.....	11
3.3.2	Metodologia di misura e strumentazione utilizzata	12
3.3.3	Principi teorici	13
3.4	INDAGINE ELETTROMAGNETICA IN DOMINIO DI FREQUENZA (FDEM) A BASSO NUMERO DI INDUZIONE	14
3.4.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo.....	14
3.4.2	Strumentazione utilizzata, rete di misura, acquisizione ed elaborazione dei dati.....	15
4.	RISULTATI	17
4.1	PREMESSA.....	17
4.2	ANALISI DEI RISULTATI DELLE LINEE TOMOGRAFICHE ELETTRICHE – ALLEGATO 2.....	17

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	3 di 56

4.2.1	Linee IO_AB, IO_CD 1, IO_CD 2	17
4.2.2	Linee IO_EF, IO_GH	18
4.2.3	Linee IO_IJ1, IO_IJ2, IO_KL1, IO_KL2.....	18
4.2.4	Linee IO_MN, IO_OP.....	18
4.2.5	Linee IO_UV. UO_WX.....	18
4.3	ANALISI DEI RISULTATI MASW – ALLEGATO 3, TAVOLE 1-10.....	19
4.3.1	Area IO_MASW 1	19
4.3.2	Area IO_MASW 2	21
4.3.3	Area IO_MASW 3	22
4.3.4	Area BO_MASW 1.....	23
4.3.5	Area BO_MASW 6.....	24
4.4	ANALISI DEI RISULTATI DELLA PROVA DOWN HOLE BO_S2_DH	25
4.5	ANALISI DEI RISULTATI INDAGINE FDEM	26
4.5.1	Area IO_S2.....	26
4.5.2	Area IO_S4.....	27
5.	BIBLIOGRAFIA.....	28
6.	ALLEGATO GRAFICO N.1 – INQUADRAMENTO INDAGINI	30
7.	ALLEGATO GRAFICO N.2 – INDAGINI ERT TAVOLE 1 ALLA 5	33
8.	ALLEGATO GRAFICO N.3 – INDAGINI M.A.S.W. TAVOLE 1 ALLA 10	39
9.	ALLEGATO GRAFICO N.4 – INDAGINI DOWN HOLE TAVOLE 1-3.....	50
10.	ALLEGATO GRAFICO N.5 – INDAGINI ELETTROMAGNETICHE.....	54



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	4 di 56

1. INTRODUZIONE

1.1 Premessa e scopi dell'indagine geofisica

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

Le prospezioni geofisiche sono state condotte utilizzando metodologie tomografiche elettriche 2D (ERT, electrical resistivity tomography).

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

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

- IO_AB
- IO_CD_1
- IO_CD_2
- IO_EF
- IO_GH
- IO_IJ_1
- IO_IJ_2
- IO_KL_1
- IO_KL_2
- IO_MN
- IO_OP
- IO_UV
- IO_WX

Sono state inoltre realizzate indagini sismiche per onde superficiali con metodologie M.A.S.W.. Le indagini MASW consentono invece di ottenere la distribuzione monodimensionale della velocità di propagazione delle Onde di Taglio Vs, lungo un profilo verticale, utile alla attribuzione della categoria del suolo pertinente a ciascuna area di indagine.

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

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	5 di 56

- IO_MASW 1
- IO_MASW 2
- IO_MASW 3
- BO_MASW 1
- BO_MASW 6

L'indagine sismica Down Hole è stata condotta sulla sola verticale di sondaggio BO-S2, opportunamente attrezzata; tale metodologia d'indagine consente la caratterizzazione di dettaglio e di approfondimento ai fini geotecnici su aree localizzate, laddove sia necessario valutare il comportamento dei terreni di fondazione, caratterizzandone i parametri dinamici relativi, oltreché a determinare, con grande risoluzione, la categoria dei terreni ai fini della valutazione della risposta sismica locale mediante il parametro V_{s30} . Il risultati di Tale indagine sono riportati nell'Allegato 4.

Infine, sono state condotte delle indagini elettromagnetiche nel dominio della frequenza, con lo scopo di accertare la presenza di possibili interferenze nel sottosuolo dovute a masse metalliche interrato, individuando i punti privi di interferenze sui quali posizionare le verticali di perforazione IO-S2 e IO-S4; i risultati di tali prospezioni sono invece presentate nell'Allegato 5.

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

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

2. DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO

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

In particolare, nel prosieguo, per l'interpretazione delle linee elettriche, dei profili MASW e del Down Hole, si farà riferimento alle stratigrafie dei sondaggi IO_S10, IO_S11, IO_S12, BO_S2 DH e alle carte geologiche dello studio di fattibilità IF0G-00-F-69-G3-GE0001-001-A/B.

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

3. METODOLOGIE IMPIEGATE

3.1 INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA

3.1.1 Strumentazione

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

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

3.1.2 Principi base della tecnica tomografica elettrica (ERT)

Il metodo della tomografia elettrica (ERT, Electrical Resistivity Tomography), si basa sulla misura eseguita sulla sequenza di migliaia di quadripoli, ciascuno di essi caratterizzato da due elettrodi di potenziale (detti convenzionalmente MN) che misurano la caduta di potenziale " ΔV " a seguito di una corrente elettrica " I " immessa nel sottosuolo da una diversa coppia di elettrodi, detti AB. I diversi valori di resistività elettrica misurati (resistività apparenti ρ_a), ciascuno aggregato ad un punto diverso nel volume del terreno, in profondità, dipendono pertanto da " ΔV " e " I " secondo la seguente relazione generale:

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

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

3.1.3 Proprietà elettriche del suolo ed interpretazione dei valori di resistività

La resistività dei sedimenti è controllata principalmente dai seguenti fattori:

- grado di saturazione dei pori,
- porosità,

INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	7 di 56

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

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

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

dove:

- ρ_s : resistività ($\Omega \cdot m$) del suolo parzialmente saturo di fluido,
- ρ_f : resistività ($\Omega \cdot m$) del fluido presente nei pori,
- S : frazione del volume di pori occupata dal fluido,
- m : coefficiente di saturazione (solitamente assunto essere pari a 2),
- a : costante empirica, detta di Winsaur (tipico per sabbia : 0.62)
- n : coefficiente empirico, detto di "tortuosità" (tipico per sabbia: 2.15),
- ϕ : porosità del suolo .

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

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

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

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

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE				
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF1Q	LOTTO 02 R 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. FOGLIO A 8 di 56

grafici succitati).

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

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

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

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

3.1.4 Configurazione delle misure ed elaborazione dati

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

La spaziatura elettrodica (pari a 2m) ha fornito una risoluzione ed un dettaglio ottimali.

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

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

Ciascuna sezione geoelettrica è rappresentata nelle figure degli allegati grafici seguendo un criterio di presentazione sinottica. La rappresentazione dei dati consiste in una o più immagini o viste tomografiche del parametro di resistività elettrica.

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE				
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF1Q	LOTTO 02 R 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001

anche correlabili ad ammassi di materiale con caratteristiche affini.

3.2 INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW

3.2.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

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

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

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

Le onde di superficie dunque non possiedono una singola velocità bensì una velocità di fase in funzione della frequenza; la relazione tra frequenza e velocità di fase è contenuta nelle curve di dispersione e di attenuazione. Attraverso un procedimento matematico di inversione è possibile risalire ai profili verticali delle onde di taglio S, proporzionali alle velocità di fase delle onde di superficie secondo un coefficiente invariabile.

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

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

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

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

INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	10 di 56

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

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

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

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

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

La tecnica di trattamento dati utilizzata è basata sul "f-k processing". I file grezzi subiscono un primo "processing" di muting selettivo per eliminare le tracce o le porzioni di tracce ad elevato rumore. Quindi si esegue un calcolo della FFT usando un "windowing" opportuno. Attraverso una procedura semiautomatica si ricercano i

massimi dello spettro (ricerca degli zeri della funzione secolare di Rayleigh) per ricavare i punti appropriati per la costruzione della curva di dispersione da utilizzarsi in un processo di inversione multimodale.

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



Figura 1: Sismografo digitale a 24 bit.

3.3 Down Hole Test (DHT)

3.3.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

La prova sismica DHT è un metodo di indagine sismica finalizzato alla determinazione dei profili di velocità delle onde di taglio SH e di compressione P di depositi di terreno.

I profili di velocità ottenuti dalle misure DHT rappresentano valori di velocità medi sullo spessore degli strati poiché sono calcolati lungo percorsi dei raggi sismici inclinati. Tali percorsi sono poi stati corretti per essere riportati ad un percorso rettilineo lungo la verticale.

L'importante particolarità di tale metodo è quella di studiare i parametri di stato e di comportamento riferendoli a volumi di terreno rappresentativi dei caratteri megastutturali dei depositi attraverso misure capaci di dare valori medi e non solo puntuali dei parametri geotecnici dei geomateriali.

Caratteristica essenziale del metodo sismico utilizzato è quella di consentire la determinazione dei parametri di deformabilità riferendoli a valori molto bassi dei livelli

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE				
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF1Q	LOTTO 02 R 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. FOGLIO A 12 di 56

di deformazione (<10-5m), al di sotto della soglia di deformazione lineare ciclica.

Per l'interpretazione dei dati è stata usata la tecnica diretta, che rappresenta un metodo nel quale la velocità delle onde P e SH è calcolata dalle pendenze dei tratti di dromocrone generate in dipendenza delle posizioni consecutive dei sensori alle diverse quote di spostamento lungo il foro. Nel nostro caso le misurazioni sono state eseguite ogni metro.

I parametri calcolabili con l'ausilio del metodo DHT sono:

- il Coefficiente di Poisson dinamico,
- il modulo di elasticità dinamico (o di Young),
- il modulo di taglio dinamico (o modulo di rigidità),
- il Bulk modulus (modulo di incompressibilità) e pertanto
- il modulo di compressibilità dinamico.

I valori dinamici calcolati con tali tecniche possono risultare differenti dai valori provenienti da prove di tipo statico puntuali (normalmente anche di un ordine di grandezza), specie in tipologie di materiali quali quelli in oggetto.

Il parametro V_{s30} è calcolato come già ampiamente descritto nel precedente paragrafo §3.2.1 (relativo alle indagini MASW).

3.3.2 Metodologia di misura e strumentazione utilizzata

La sorgente del segnale sismico per onde SH è costituita da barre in teflon, di circa 2m di lunghezza complessiva, assicurate al terreno applicando un carico verticale adeguato. Lo sforzo di taglio è trasmesso colpendo orizzontalmente con una massa battente la barra, in successione sui due lati opposti (con lo scopo di trasmettere impulsi a polarità invertite). Alternativamente, attraverso la realizzazione di un scasso nel terreno ove alloggiare verticalmente una piastra in alluminio per generare gli sforzi di taglio sulle due direzioni opposte (sempre con lo scopo di trasmettere impulsi a polarità invertite e successivamente sommarli per l'eliminazione del contributo delle onde P dai sismogrammi da avviare ad elaborazione).

Lo sforzo di compressione è invece trasmesso attraverso una massa battente verticale su di una piastra in alluminio; i sistemi di energizzazione sono posizionati, in prossimità del boccaforo. I ricevitori, all'interno del foro di sondaggio, sono stati posti in modo tale che la velocità di propagazione delle onde di volume, caratteristica dei vari strati di terreno, potesse essere misurata ogni metro.



Figura 2 : configurazione standard per le indagini DHT

Spostando i ricevitori (geofoni triassiali solidali da foro) a diverse profondità, è possibile ottenere un dettagliato profilo di velocità delle onde SH e P.

L'accoppiamento meccanico tra le pareti del “casing” del foro e i ricevitori all'interno del foro stesso, nell'indagine in oggetto, è stato reso possibile con appositi sistemi di ancoraggio pneumatico.

I ricevitori utilizzati sono costituiti da un sistema tridimensionale composto da tre geofoni, a frequenza propria di 10Hz, della Geospace (USA), orientati nelle tre dimensioni dello spazio.

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche (si veda la Fig. 1 alle pagine precedenti), è uno strumento con possibilità di acquisizione su 48 canali contemporanei e dotato di convertitore analogico digitale a 24bit.

3.3.3 Principi teorici

Per la determinazione dei moduli dinamici a partire dalla distribuzione di velocità delle onde di compressione P e di taglio SH, occorre assumere che il geomateriale indagato sia un mezzo omogeneo, elastico ed isotropo.

Nel nostro caso, come per la maggior parte, tale assunzione risulta un'approssimazione.

In ogni caso, facendo riferimento alle supposizioni introdotte, è possibile risalire al coefficiente di Poisson (in tale contesto denominato con σ in altri comunemente definito con ν), tramite la seguente relazione \diamond

$$\sigma = \frac{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 2}{2\left[\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1\right]} \quad \diamond$$

e al modulo di Young tramite la \diamond

$$E = \frac{(1 - 2\sigma)(1 + \sigma)}{(1 - \sigma)} \rho V_P^2 \quad \diamond$$

I valori dinamici calcolati con tali tecniche possono risultare differenti dai valori provenienti da prove di tipo statico puntuali (normalmente anche di un ordine di grandezza), specie in tipologie di materiali quali quelli in oggetto.

Sono inoltre esprimibili come funzioni dalle costanti elastiche dinamiche E e σ , la compressibilità β e di conseguenza il *Bulk modulus* ($k = 1/\beta$) (Milton B. et alii, 1988), cioè come relazione tra le costanti di dilatazione cubica, risultanti dalla combinazione degli sforzi lineari di compressione e di taglio in dipendenza delle relative costanti:

$$k = \frac{E}{3(1 - 2\sigma)}$$

e il modulo di rigidità o di taglio μ (altrimenti indicato con la lettera G) :

$$\mu = \frac{E}{2(1 + \sigma)}$$

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

3.4.1 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:

\diamond 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

INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	15 di 56

- 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.

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

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

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

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



Figura 3: Elettromagnetometro CMD.

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

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	16 di 56

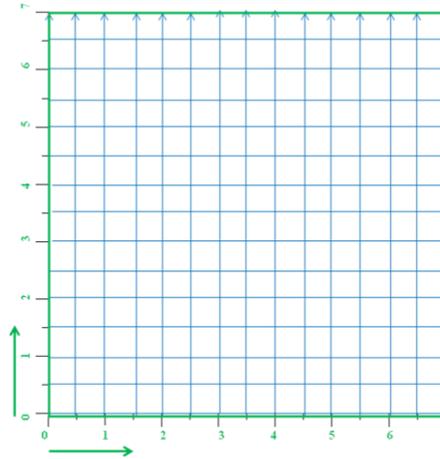


Figura 4: maglia di acquisizione tipo

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.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF1Q	LOTTO 02 R 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A	FOGLIO 17 di 56

4. RISULTATI

4.1 Premessa

I risultati relativi alle indagini geofisiche eseguite sulla tratta Hirpinia-Orsara, sono riportati in cinque Allegati grafici alla presente Relazione. In particolare, nelle due Tavole dell'Allegato 1 sono riportate le ortofoto relative, rispettivamente, al tratto Nord-Est e a quello Sud-Ovest del tracciato, con l'ubicazione delle indagini tomografiche elettriche, sismiche MASW e Down Hole. Nell'Allegato 2 sono riportate le sezioni tomografiche elettriche e nell'Allegato 3, sono presentati i risultati delle stese MASW. Nell'Allegato 4 sono mostrati gli elaborati grafici dell'indagine sismica Down Hole eseguita in foro sul sondaggio BO_S2DH.

L'ubicazione e i risultati delle indagini elettromagnetiche per la ricerca di masse metalliche interrate è riportata direttamente sulle Tavole dell'Allegato 5.

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

4.2 Analisi dei risultati delle Linee tomografiche elettriche – Allegato 2

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

Le linee tomografiche elettriche eseguite sono state realizzate a supporto della valutazione tecnico economica del Raddoppio Apice – Orsara all'interno della Tratta Irpinia Orsara; le tomografie elettriche hanno raggiunto un alto grado di dettaglio, con risoluzioni verticali e orizzontali opportune, utilizzando passi interelettrodi variabili tra una linea e l'altra.

L'assetto elettrostratigrafico ottenuto delle porzioni di sottosuolo indagato, è stato interpretato grazie anche alle informazioni stratigrafiche dirette provenienti da sondaggi a carotaggio eseguiti in aree limitrofe.

4.2.1 Linee IO AB, IO CD 1, IO CD 2

La stratigrafia delle aree indagate è caratterizzata dalla preponderanza della componente argillosa, che si riflette nei valori relativamente molto bassi di resistività misurati nelle sezioni tomografiche. In particolare si individuano due elettrostrati principali: il primo elettrostrato (con valori che non superano i 10 $\Omega \cdot m$), è attribuibile prevalentemente ad argille con rari clasti litoidi di varia pezzatura al loro interno. Il secondo elettrostrato presenta valori superiori 10 $\Omega \cdot m$ ed è presente nei primi 5 m della sezione in maniera discontinua; è attribuibile a porzioni di terreno a granulometria leggermente più grossolana (limosa) con possibili accumuli di clasti

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE				
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF1Q	LOTTO 02 R 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. FOGGIO A 18 di 56

litoidi.

4.2.2 Linee IO EF, IO GH

La stratigrafia delle aree indagate è caratterizzata dalla preponderanza della componente argillosa, che si riflette nei valori estremamente bassi di resistività elettrica misurati nelle sezioni tomografiche. In particolare si individuano tre elettrostrati principali: il primo elettrostrato presenta valori inferiori a 10 Ohm·m ed è attribuibile ad argille con rari clasti litoidi di varia pezzatura a loro interno. Il secondo mostra valori superiori 10 Ohm·m ed è presente nei primi 5 m della sezione in maniera sufficientemente continua; è attribuibile a porzioni di terreno a granulometria leggermente più grossolana (limosa) e da possibili accumuli di clasti litoidi. Il terzo elettrostrato interpretabile, presenta anch'esso valori superiori ai 10 Ohm·m, ma si sviluppa in terreni subpianeggianti a ridosso dell'alveo del torrente ed è interpretabile come un deposito alluvionale grossolano a matrice fine limo-argillosa.

4.2.3 Linee IO IJ1, IO IJ2, IO KL1, IO KL2

La stratigrafia delle aree indagate con queste sezioni geoelettriche è anch'essa caratterizzata dalla preponderanza della componente argillosa, che si riflette nei valori di resistività con caratteristiche basso-resistive. In particolare si individuano due elettrostrati principali: il primo presenta valori inferiori a 10 Ohm·m ed è attribuibile ad argille con rari clasti litoidi di varia pezzatura a loro interno. Il secondo elettrostrato presenta valori superiori 10 Ohm·m ed è presente nei primi 5 m della sezione in maniera discontinua. Esso è attribuibile a porzioni di terreno a granulometria leggermente più grossolana (limosa) e da possibili accumuli di clasti litoidi.

4.2.4 Linee IO MN, IO OP

La stratigrafia delle aree indagate è sempre caratterizzata dalla preponderanza della componente argillosa, che si riflette nei valori molto bassi di resistività calcolati nelle sezioni tomografiche. In particolare si individuano due elettrostrati principali: il primo presenta valori inferiori a 10 Ohm·m ed è attribuibile ad argille con rari clasti litoidi di varia pezzatura a loro interno. Il secondo elettrostrato presenta valori superiori 10 Ohm·m ed è presente nei primi 5 m della sezione IO_MN in maniera continua, mentre nella sezione IO_OP si sviluppa in maniera più discontinua sia in superficie che a circa 10 m di profondità. Tali livelli sono attribuibili a porzioni di terreno a granulometria leggermente più grossolana (limo-argillosa debolmente sabbiosa).

4.2.5 Linee IO UV, IO WX

La stratigrafia delle aree indagate in queste due sezioni geoelettriche si mostra sostanzialmente differente rispetto alle aree precedenti; essa appare caratterizzata da granulometrie più grossolane e quindi da valori di resistività relativamente più alti

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE				
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF1Q	LOTTO 02 R 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. FOGGIO A 19 di 56

di quanto riscontrate nelle sezioni precedenti. In particolare si individuano tre elettrostrati principali ed è possibile riconoscere anche la superficie di falda. Il primo elettrostrato presenta valori inferiori a 50 Ohm·m con spessori dell'ordine dei 3-4 metri; si sviluppa superficialmente (tra le progressive di circa 60m fino a fine sezione – ERT UV e tra la progressiva 78m e fine sezione sulla WX) in un'area attualmente occupata da una oliveta ed è costituito probabilmente da materiali fini, da sabbiosi a debolmente argillosi e con presenza di clasti di ghiaia. Il secondo elettrostrato mostra valori decisamente superiori al precedente, compresi tra 250 Ohm·m e fino a oltre 650 Ohm·m; è compreso entro i primi 5-7 m da piano campagna (tra inizio sezione e fino a circa 60m sulla ERT UV) e da piano campagna tra inizio sezione e la progressiva 78m e poi al di sotto del primo elettrostrato fino a fine sezione WX) ed è attribuibile a depositi alluvionali grossolani costituiti da ghiaie da clastosostenute a matricesostenute in matrice sabbiosa. Esso si trova al di sopra della superficie freatica. Il terzo strato presenta invece valori inferiori ai 150 Ohm·m; si sviluppa al di sotto di quota 345-343 s.l.m. ed, anch'esso, è costituito da depositi alluvionali ghiaiosi ma saturi e, per tale motivo, trovandosi al di sotto della falda, esibisce valori di resistività inferiori al soprastante.

4.3 Analisi dei Risultati MASW – Allegato 3, Tavole 1-10

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

Per ciascun punto di indagine MASW, sono riportati il calcolo della V_{S30} e l'attribuzione del valore alla classe di suolo idonea.

Nella presente indagine, in fase di elaborazione dei dati, il comportamento sismostratigrafico nei primi 30m a partire dal piano di calpestio (di seguito indicato come p.c.) è stato ottimizzato con un modello a 30 sismostrati, ciascuno indicativamente di uguale spessore minimo pari a 1m.

Questa procedura permette di approssimare al meglio il modello fisico reale della velocità delle onde S nel sottosuolo, caratterizzandolo secondo variazioni graduali quasi continue all'interno dei terreni oggetto di prospezione. Tale approccio consente un processo di affinamento dei risultati e accresce la confidenza tra la curva sperimentale di dispersione e quella del modello ai fini dell'inversione, permettendo di ottenere una curva Velocità onde S – Spessori in funzione della profondità del sottosuolo, la più attendibile possibile.

4.3.1 Area IO MASW 1

A seguito dell'indagine e dell'elaborazione effettuata, i risultati del IO_MASW 1 sono riassunti nella tabella sottostante.

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	20 di 56

<u>Sismostrato</u>	<u>Spessore (m)</u>	<u>Profondità (m dal p.c.)</u>	<u>Vs (m/s)</u>
1	1	0	98
2	1	1	117
3	1	2	136
4	1	3	166
5	1	4	213
6	1	5	256
7	1	6	278
8	1	7	277
9	1	8	260
10	1	9	242
11	1	10	235
12	1	11	247
13	1	12	274
14	1	13	308
15	1	14	343
16	1	15	372
17	1	16	392
18	1	17	402
19	1	18	401
20	1	19	390
21	1	20	372
22	1	21	351
23	1	22	332
24	1	23	321
25	1	24	326
26	1	25	348
27	1	26	390
28	1	27	447
29	1	28	518
30	INF	29	600

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

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente Vs30 rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica “O.P.C.M. n° 3274/2003” e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di Vs30 è pari a

$$\mathbf{Vs30=266\ m/s.}$$

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

4.3.2 Area IO MASW 2

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

<u>Sismostrato</u>	<u>Spessore (m)</u>	<u>Profondità (m dal p.c.)</u>	<u>Vs (m/s)</u>
1	1	0	60
2	1	1	93
3	1	2	126
4	1	3	92
5	1	4	119
6	1	5	151
7	1	6	166
8	1	7	169
9	1	8	169
10	1	9	172
11	1	10	181
12	1	11	198
13	1	12	220
14	1	13	246
15	1	14	274
16	1	15	303
17	1	16	331
18	1	17	357
19	1	18	382
20	1	19	405
21	1	20	425
22	1	21	444
23	1	22	461
24	1	23	476
25	1	24	490
26	1	25	502
27	1	26	513
28	1	27	522
29	1	28	531
30	INF	29	538

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

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

sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di V_{s30} è pari a

$$V_{s30}=211 \text{ m/s.}$$

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

4.3.3 Area IO MASW 3

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

<u>Sismostrato</u>	<u>Spessore (m)</u>	<u>Profondità (m dal p.c.)</u>	<u>Vs (m/s)</u>
1	1	0	103
2	1	1	132
3	1	2	167
4	1	3	187
5	1	4	199
6	1	5	210
7	1	6	223
8	1	7	238
9	1	8	254
10	1	9	271
11	1	10	287
12	1	11	302
13	1	12	316
14	1	13	327
15	1	14	337
16	1	15	346
17	1	16	354
18	1	17	360
19	1	18	366
20	1	19	371
21	1	20	376
22	1	21	380
23	1	22	384
24	1	23	387
25	1	24	390
26	1	25	394
27	1	26	397
28	1	27	400
29	1	28	403
30	INF	29	405

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

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

$$V_{s30}=272 \text{ m/s.}$$

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

4.3.4 Area BO MASW 1

A seguito dell’indagine e dell’elaborazione effettuata, i risultati del BO_MASW 1 sono riassunti nella tabella sottostante.

<u>Sismostrato</u>	<u>Spessore (m)</u>	<u>Profondità (m dal p.c.)</u>	<u>V_s (m/s)</u>
1	1	0	321
2	1	1	331
3	1	2	365
4	1	3	417
5	1	4	470
6	1	5	509
7	1	6	527
8	1	7	528
9	1	8	523
10	1	9	520
11	1	10	526
12	1	11	543
13	1	12	569
14	1	13	601
15	1	14	636
16	1	15	671
17	1	16	702
18	1	17	730
19	1	18	753
20	1	19	772
21	1	20	785
22	1	21	795
23	1	22	800
24	1	23	801
25	1	24	799
26	1	25	794

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	24 di 56

27	1	26	804
28	1	27	812
29	1	28	816
30	INF	29	825

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

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente Vs30 rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica “O.P.C.M. n° 3274/2003” e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di Vs30 è pari a

Vs30=587 m/s.

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

4.3.5 Area BO MASW 6

A seguito dell’indagine e dell’elaborazione effettuata, i risultati del BO_MASW 6 sono riassunti nella tabella sottostante.

<u>Sismostrato</u>	<u>Spessore (m)</u>	<u>Profondità (m dal p.c.)</u>	<u>Vs (m/s)</u>
1	1	0	151
2	1	1	159
3	1	2	226
4	1	3	272
5	1	4	333
6	1	5	397
7	1	6	465
8	1	7	539
9	1	8	594
10	1	9	647
11	1	10	668
12	1	11	690
13	1	12	712
14	1	13	733
15	1	14	752
16	1	15	767
17	1	16	773
18	1	17	780
19	1	18	786

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	25 di 56

20	1	19	792
21	1	20	798
22	1	21	804
23	1	22	811
24	1	23	817
25	1	24	820
26	1	25	826
27	1	26	832
28	1	27	832
29	1	28	838
30	INF	29	843

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

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

$$V_{s30}=505 \text{ m/s.}$$

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

4.4 Analisi dei risultati della Prova Down Hole BO_S2_DH

La prova BO_S2_DH è stata condotta, come precedentemente accennato, all’interno del foro geotecnico S2. La profondità del sondaggio è stata spinta fino a 48m.

I risultati completi della prova, la sua ubicazione e la sua interpretazione, sono reperibili nei di seguito e nell’Allegato Grafico No.4.

Nelle pagine seguenti, sono altresì riportati, i valori delle velocità delle onde P ed S, i valori dinamici del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo σ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidità o di Taglio (μ), nonché del Bulk Modulus (inverso della compressibilità), calcolati così come descritto precedentemente.

Non essendo nota la quota di imposta del manufatto al momento della redazione del presente elaborato, per il parametro V_{s30} si fornisce un valore calcolato rispetto al piano campagna; in tale situazione, il valore calcolato di V_{s30} è pari a

$$V_{s30}=326 \text{ m/s}$$

e si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “**C**”.

FORO S2 – VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media P [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	302
2	da -2 a -6 m	4	678
3	da -6 a -10 m	4	1181
4	da -10 a -19 m	9	1803
5	da -19 a -48 m	29	2962

FORO S2 – VELOCITA' ONDE SH

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media SH [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	96
2	da -2 a -6 m	4	256
3	da -6 a -10 m	4	334
4	da -10 a -13 m	3	261
5	da -13 a -19 m	6	421
6	da -19 a -48 m	29	620

FORO S2 – PARAMETRI DINAMICI

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	γ (kN/m ³)	Poisson [σ]	Taglio μ [MPa]	Young E [MPa]	Bulk κ [MPa]
1	da -1 a -2 m	1	16.60	0.44	15.30	44.19	131.03
2	da -2 a -6 m	4	17.36	0.42	113.74	322.32	646.17
3	da -6 a -10 m	4	18.36	0.46	204.84	596.71	2287.94
4	da -10 a -13 m	3	19.61	0.49	133.56	397.82	6195.46
5	da -13 a -19 m	6	19.61	0.47	347.50	1022.46	5910.20
6	da -19 a -48 m	29	21.92	0.48	842.76	2489.66	18111.22

4.5 Analisi dei risultati Indagine FDEM

4.5.1 Area IO S2

L'area di indagine si trova a bordo strada con presenza sul lato monte del pendio di una rete metallica paramassi e, nella parte finale dell'area. L'indagine evidenzia una porzione anomala causata dalla presenza della rete metallica e del palo di segnaletica stradale citati in precedenza, che nelle posizioni indicate alterano la risposta della strumentazione, limitatamente alle zone di interferenza riferite.

Si consiglia pertanto il posizionamento della verticale del sondaggio al di fuori delle zone segnalate con rettangolo magenta. Le zone al di fuori del suddetto rettangolo si possono considerare libere da masse metalliche.

L'indagine elettromagnetica non ha messo in evidenza la presenza di possibili masse metalliche nei primi 5 metri di profondità.

Nell'Allegato Grafico 5 sono riportate le mappe delle componenti in quadratura e fase



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	27 di 56

elaborate per il sito d'indagine al di sopra della verticale del Foro IO_S2.

4.5.2 Area IO S4

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

Nell'Allegato Grafico 5 sono riportate le mappe delle componenti in quadratura e fase elaborate per il sito d'indagine al di sopra della verticale del Foro IO_S4.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	28 di 56

5. BIBLIOGRAFIA

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



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	29 di 56

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE

INDAGINI GEOFISCHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	30 di 56

6. ALLEGATO GRAFICO N.1 – INQUADRAMENTO INDAGINI

II Lotto HIRPINIA – ORSARA UBICAZIONE DELLE INDAGINI
TRATTO NORD-EST



	
OGGETTO: Ubicazione delle indagini tratto NE	
PROGETTO: Raddoppio Tratta Apice Orsara II Lotto Hirpinia - Orsara	
Per la SOING Strutture e Ambiente	
ELAB	MG. Idili
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE P. Chiara	
REV 00	TAVOLA 1

II Lotto HIRPINIA – ORSARA UBICAZIONE DELLE INDAGINI
TRATTO SUD-OVEST

	
OGGETTO: Ubicazione delle indagini tratto SW	
PROGETTO: Raddoppio Tratta Apice Orsara II Lotto Hirpinia - Orsara	
Per la SOING Strutture e Ambiente	
ELAB	MG. Idili
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE P. Chiara	
REV 00	TAVOLA 2





ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	33 di 56

7. ALLEGATO GRAFICO N.2 – INDAGINI ERT TAVOLE 1 ALLA 5

HIRPINIA – ORSARA SEZIONI ERT 2D

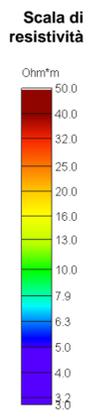
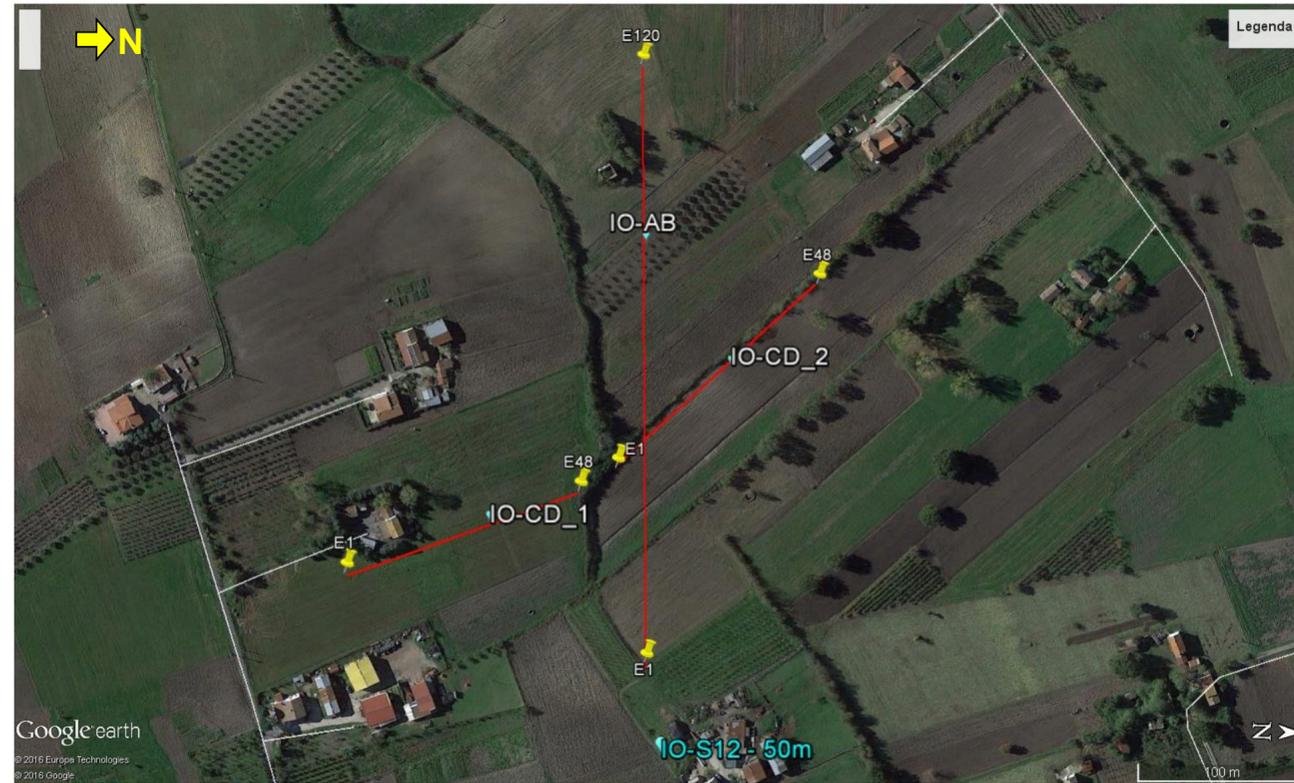
IO-AB,
IO-CD1,
IO-CD2



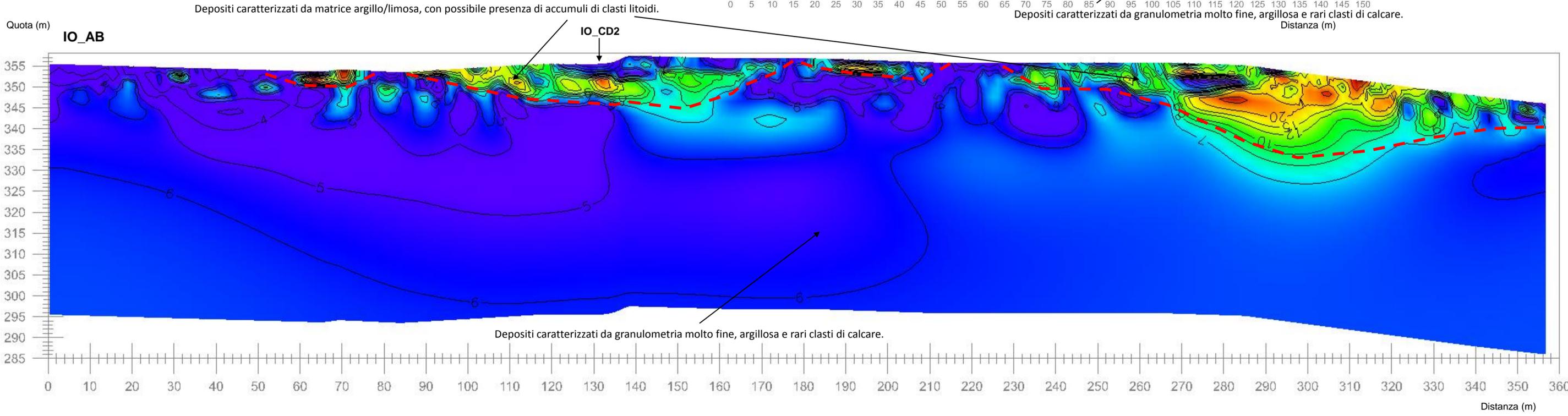
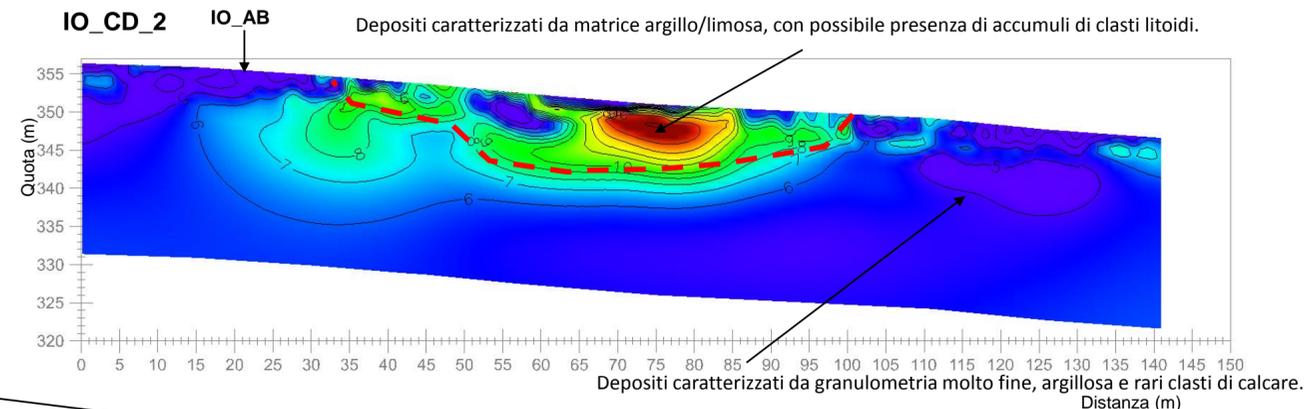
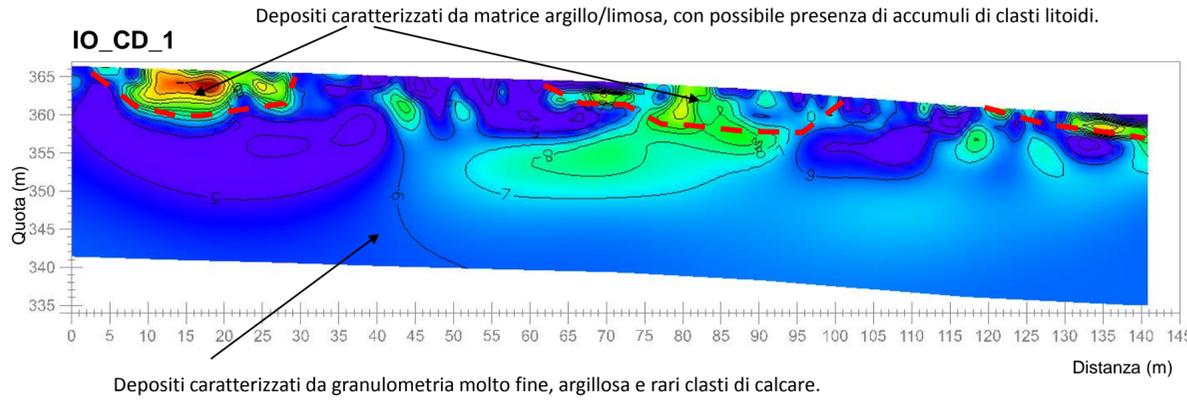
Foto 1: fase di acquisizione linea 2D IO_CD



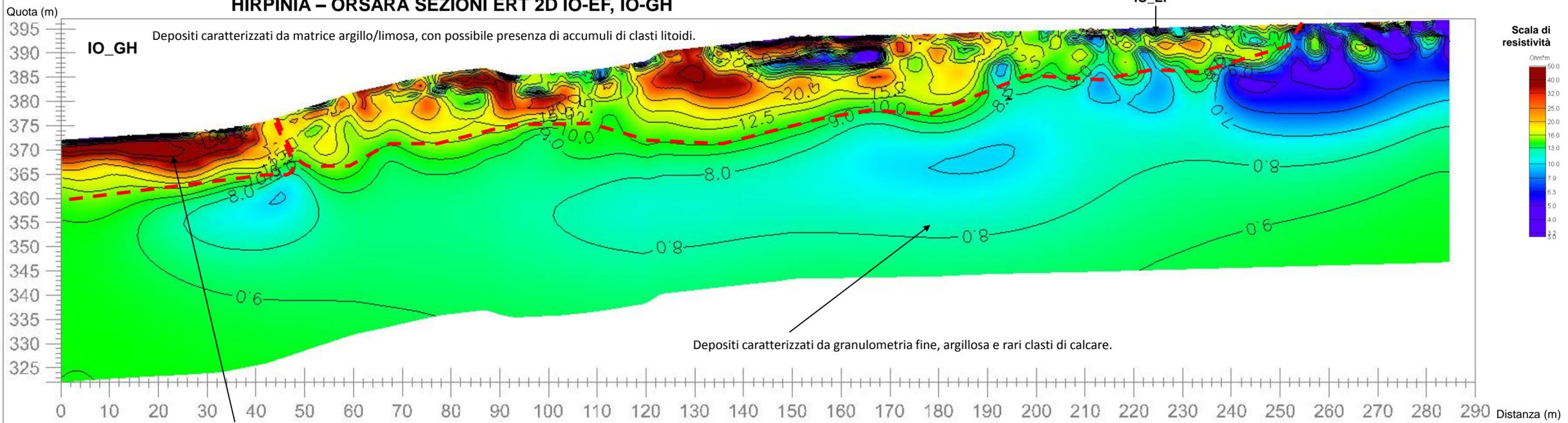
Foto 2,3: fase di acquisizione linea 2D IO_AB



OGGETTO: Indagini elettrica ERT 2D Linea IO_IJ1 Linea IO_KL2	
PROGETTO: Raddoppio Tratta Apice Orsara Il Lotto Hirpinia - Orsara	
Per la SOING Strutture e Ambiente	
ELAB	MG. Idilli
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE P.Chiera	
REV 00	TAVOLA 1
Legenda	
Interpretazione linee ERT	
Ubicazione Linee ERT	
E1 Elettrodo 1 (Inizio profilo)	
E48 Elettrodo 48/72/96 (fine profilo)	



HIRPINIA – ORSARA SEZIONI ERT 2D IO-EF, IO-GH



Scala di resistività

Ohm·m

50.0
40.0
32.0
25.0
20.0
16.0
13.0
10.0
7.9
6.3
4.0
3.0

Interpretazione linee ERT
Ubicazione Linee ERT
E1 Elettrodo 1 (Inizio profilo)
E48 Elettrodo 48/72/96 (fine profilo)

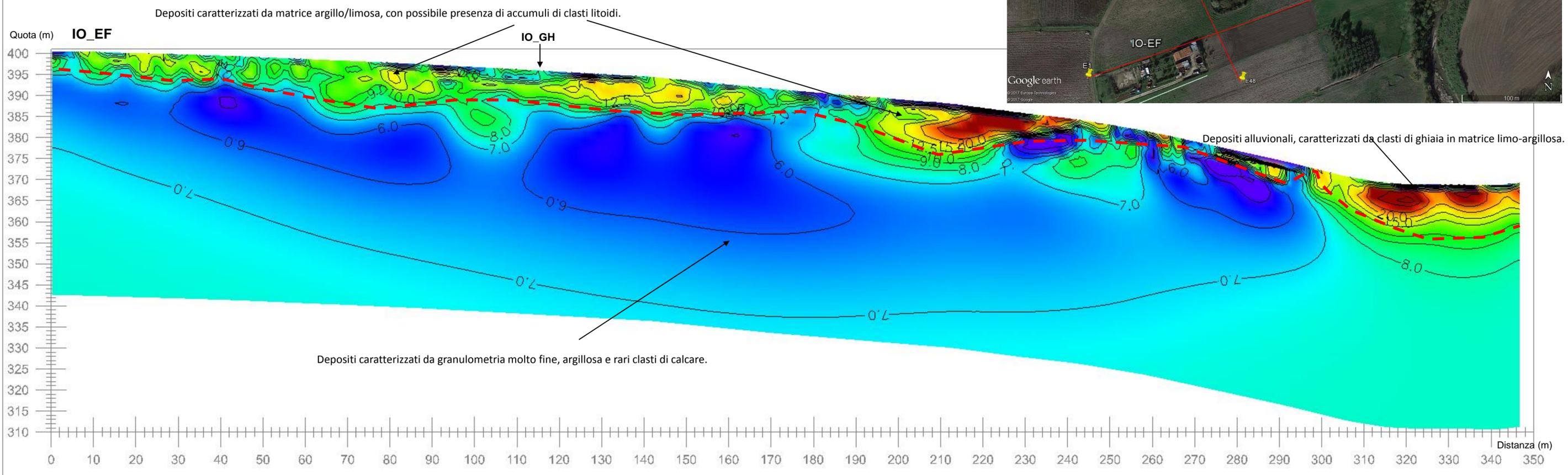
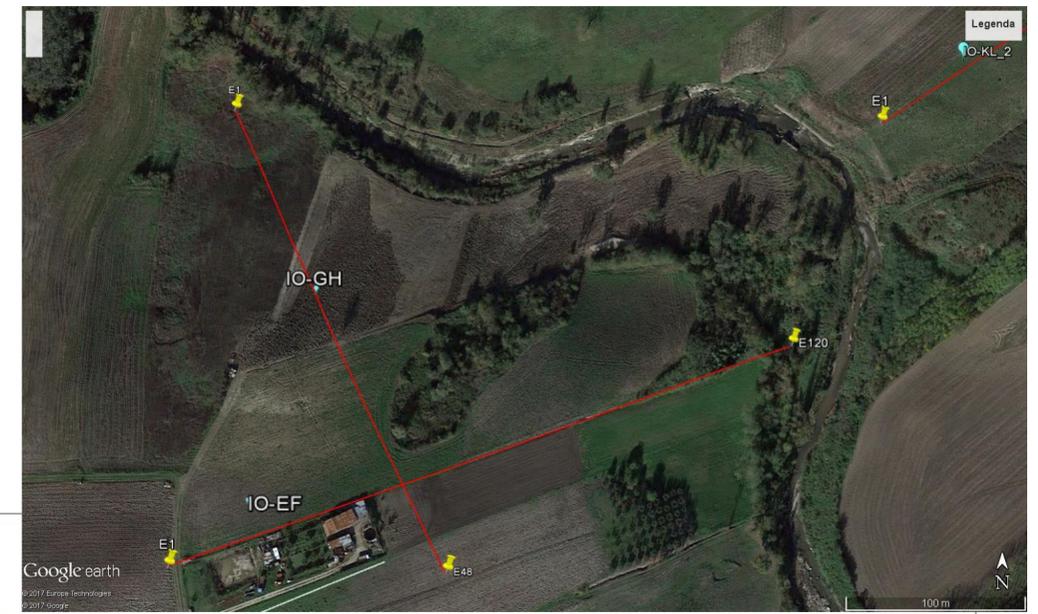
OGGETTO: Indagini elettrica ERT 2D Linea IO_IJ1 Linea IO_KL2	
PROGETTO: Raddoppio Tratta Apice Orsara Il Lotto Hirpinia - Orsara	
Per la SOING Strutture e Ambiente	
ELAB	MG. Idili
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE P.Chiera	
REV 00	TAVOLA 2



Foto 1, 2: fase di acquisizione linea 2D IO_EF

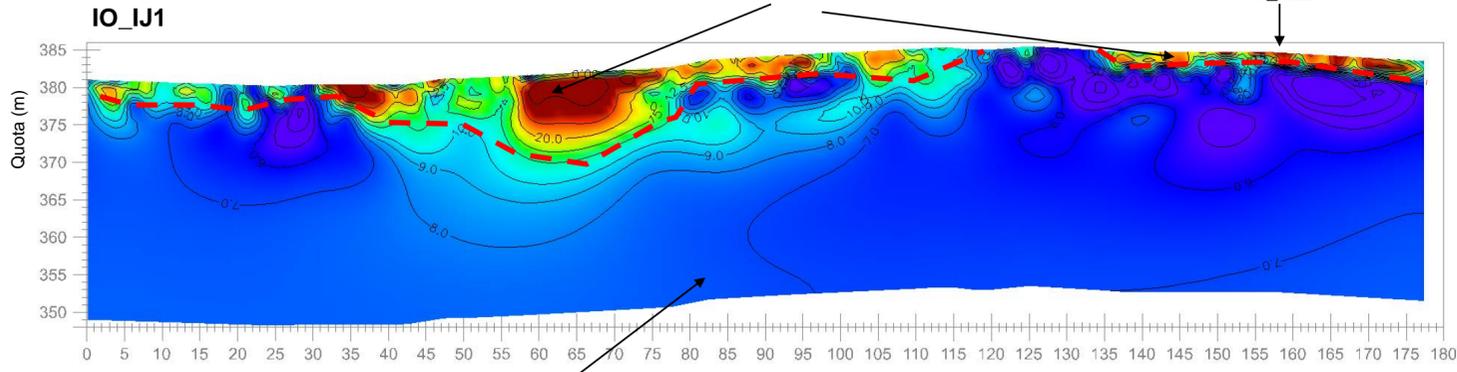


Foto 3, 4: fase di acquisizione linea 2D IO_GH

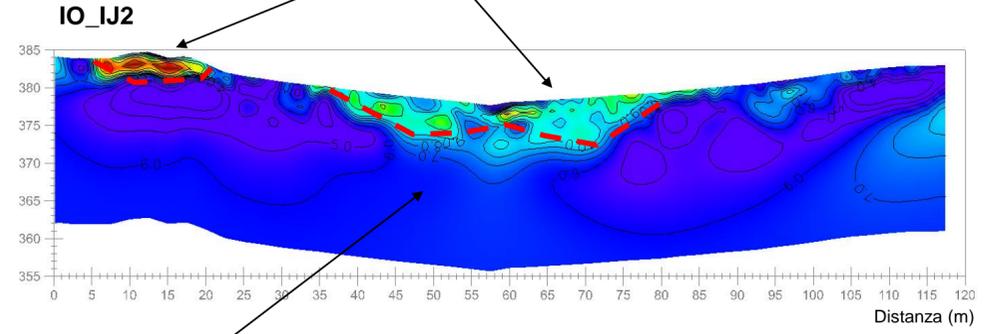


HIRPINIA – ORSARA SEZIONI ERT 2D IO_IJ1 IO_IJ2 IO_KL1 IO_KL2

Depositi caratterizzati da matrice argillo/limosa, con possibile presenza di accumuli di clasti litoidi.

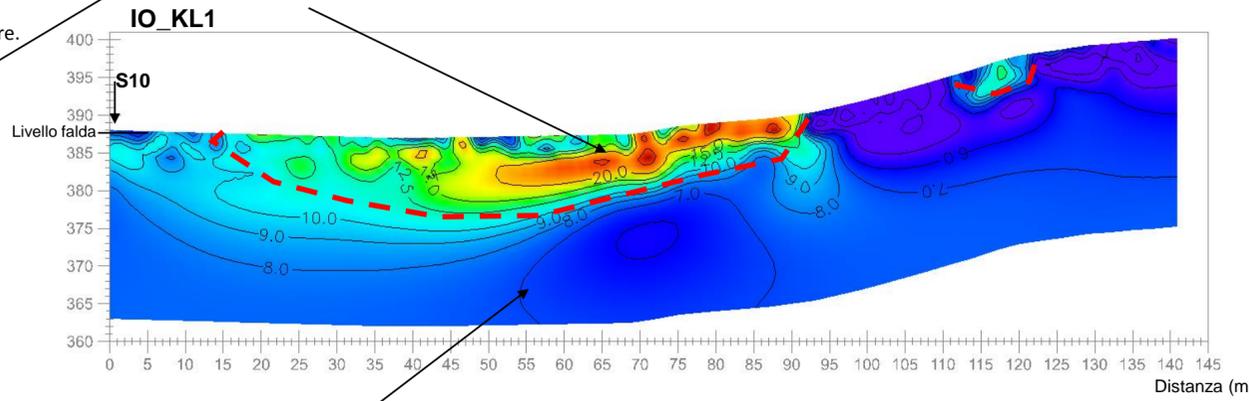
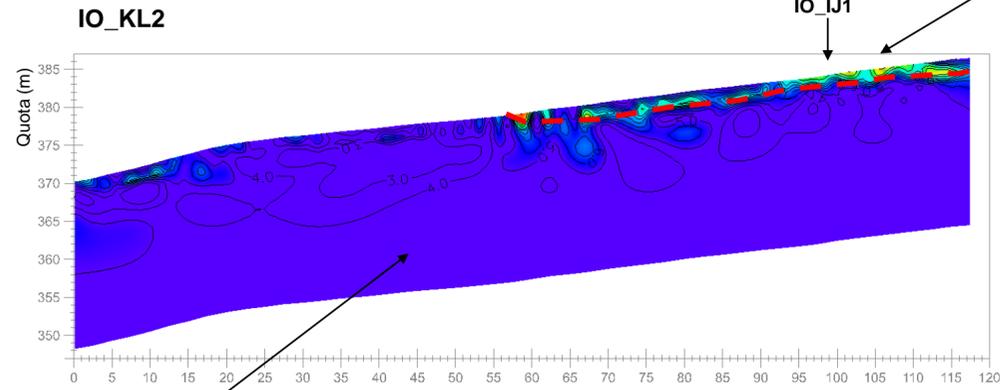


Depositi caratterizzati da matrice argillo/limosa, con possibile presenza di accumuli di clasti litoidi.



Depositi caratterizzati da matrice argillo/limosa, con possibile presenza di accumuli di clasti litoidi.

Depositi caratterizzati da granulometria molto fine, argillosa e rari clasti di calcare.



Depositi caratterizzati da granulometria molto fine, argillosa e rari clasti di calcare.

Depositi caratterizzati da granulometria molto fine, argillosa e rari clasti di calcare.

Scala di resistività



SOING
SOLUZIONI E SERVIZI

OGGETTO:
Indagini elettrica ERT 2D
Linea IO_IJ1
Linea IO_KL2

PROGETTO:
Raddoppio
Tratta Apice Orsara
Il Lotto Hirpinia - Orsara

Per la **SOING** Strutture e Ambiente

ELAB MG. Idilli
VERIFICA A. Morelli
APPROVAZIONE P. Chiara

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

Interpretazione linee ERT
Ubicazione Linee ERT
E1 Elettrodo 1 (Inizio profilo)
E48 Elettrodo 48/72/96 (fine profilo)



Foto 1 e 2: fase di acquisizione linea 2D IO_IJ_1



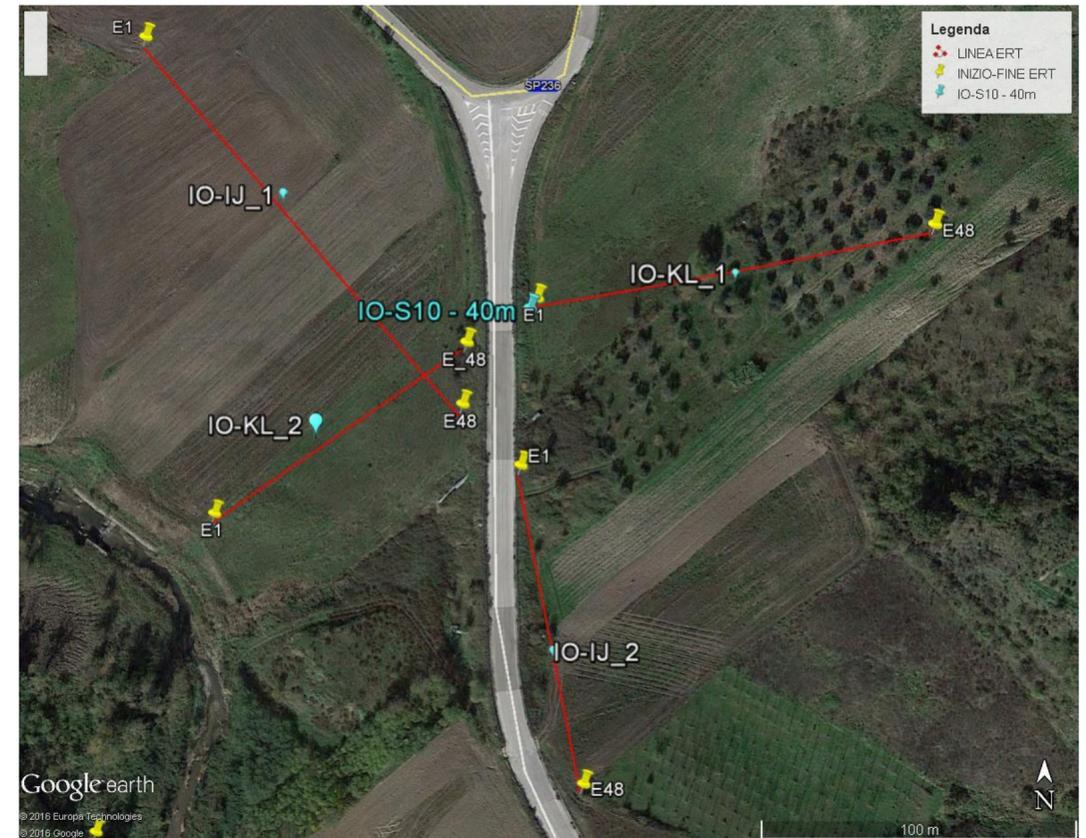
Foto 3 e 4: fase di acquisizione linea 2D IO_IJ_2



FOTO 5 e 6: fase di acquisizione linea 2D IO_KL_2



FOTO 7 e 8: fase di acquisizione linea 2D IO_KL_2



HIRPINIA – ORSARA SEZIONI ERT 2D IO_MN , IO_OP

SOING
SOLUZIONI E SERVIZI

OGGETTO:
Indagini elettrica ERT 2D
Linea IO_IJ1
Linea IO_KL2

PROGETTO:
Raddoppio
Tratta Apice Orsara
Il Lotto Hirpinia - Orsara

Per la **SOING** Strutture e Ambiente

ELAB MG. Idilli
VERIFICA A. Morelli
APPROVAZIONE P. Chiara

REV 00	TAVOLA
	4

Legenda

- Interpretazione linee ERT
- Ubicazione Linee ERT
- E1** Elettrodo 1 (Inizio profilo)
- E48** Elettrodo 48/72/96 (fine profilo)

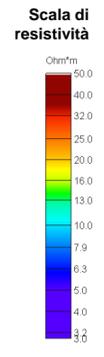
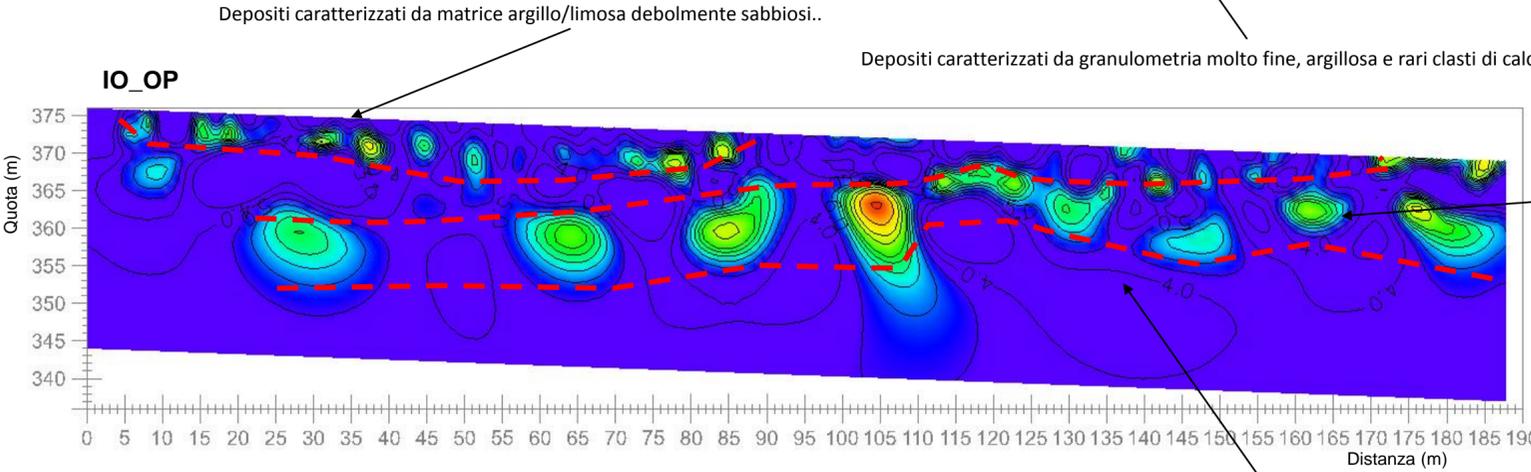
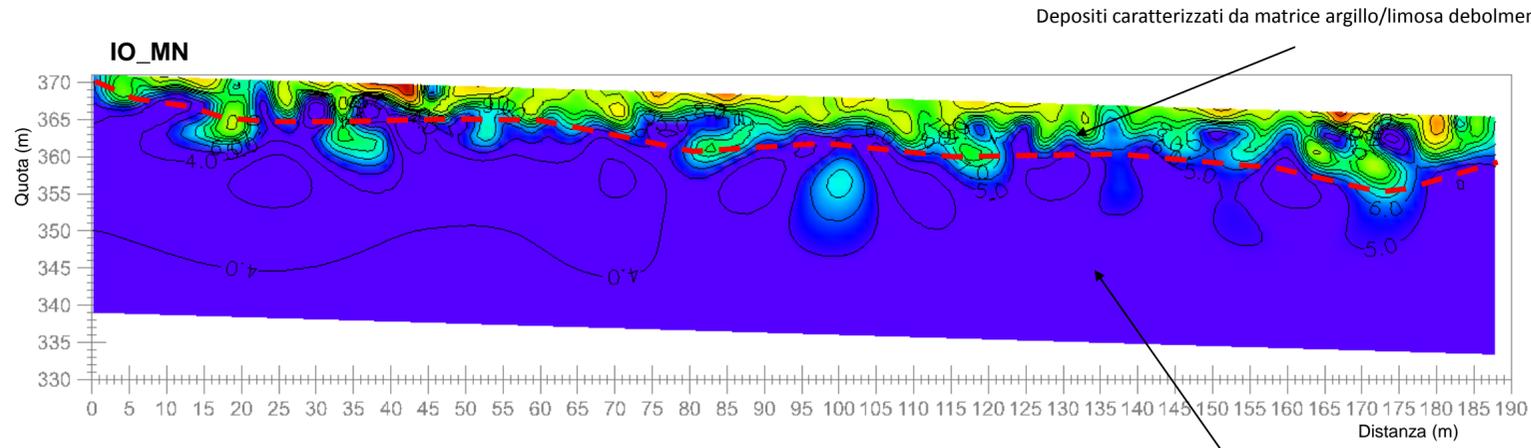


Foto 1 e 2: fase di acquisizione linea 2D IO_OP



Foto 3 e 4: fase di acquisizione linea 2D IO_OP

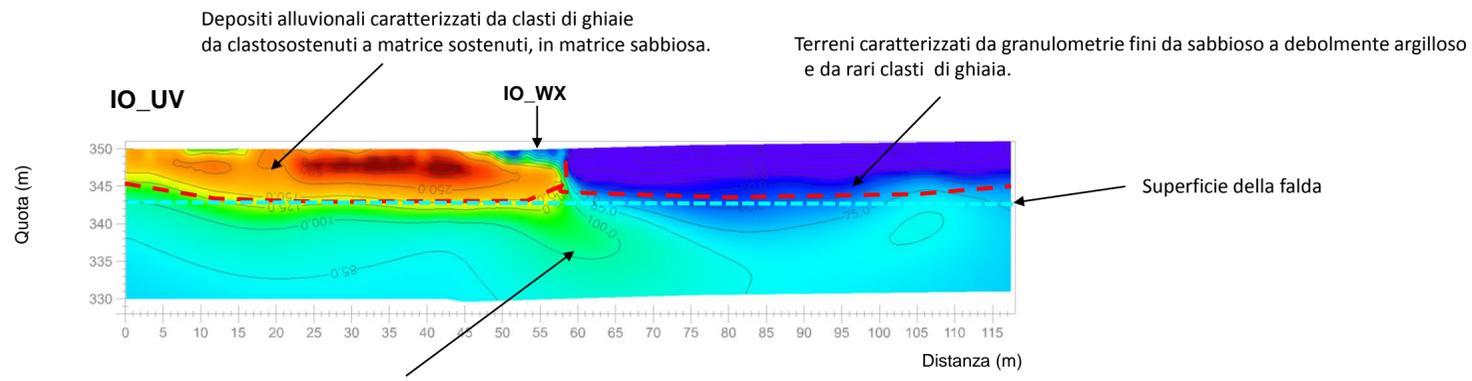


Legenda

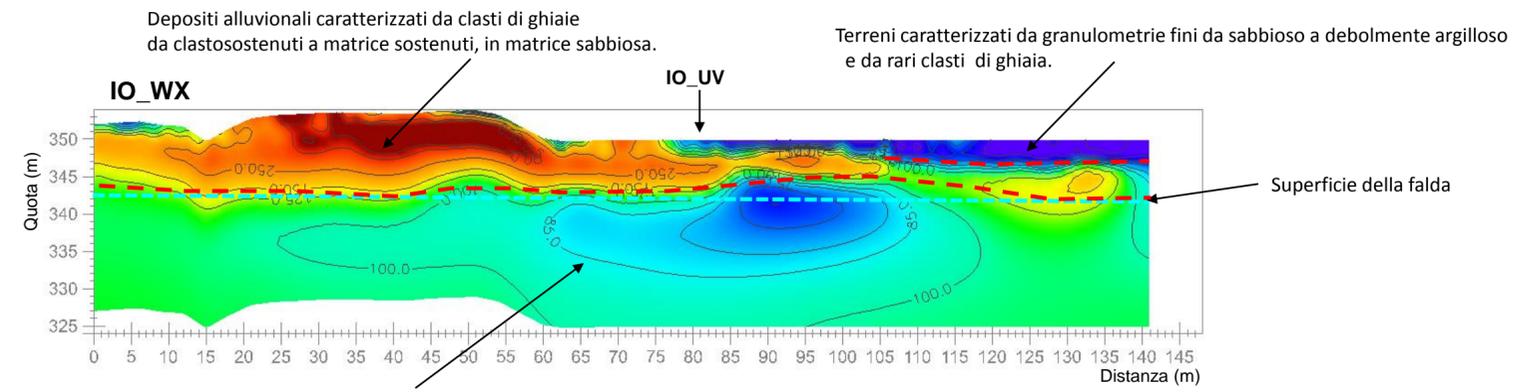
IO-S11 - 50m



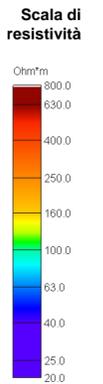
HIRPINIA – ORSARA SEZIONI ERT 2D IO_UV , IO_WX



Depositi alluvionali caratterizzati da sabbie e ghiaie saturi.



Depositi alluvionali caratterizzati da sabbie e ghiaie saturi.



OGGETTO: Indagini elettrica ERT 2D Linea IO_UV Linea IO_WX	
PROGETTO: Raddoppio Tratta Apice Orsara Il Lotto Hirpinia - Orsara	
Per la SOING Strutture e Ambiente	
ELAB	MG. Idili
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE P.Chiera	
REV 00	TAVOLA 5
<ul style="list-style-type: none"> — Interpretazione linee ERT — Ubicazione Linee ERT E1 Elettrodo 1 (Inizio profilo) E48 Elettrodo 48/72/96 (fine profilo) 	



Foto 1 e 2: fase di acquisizione linea 2D IO_UV



Foto 3 e 4: fase di acquisizione linea 2D IO_WX





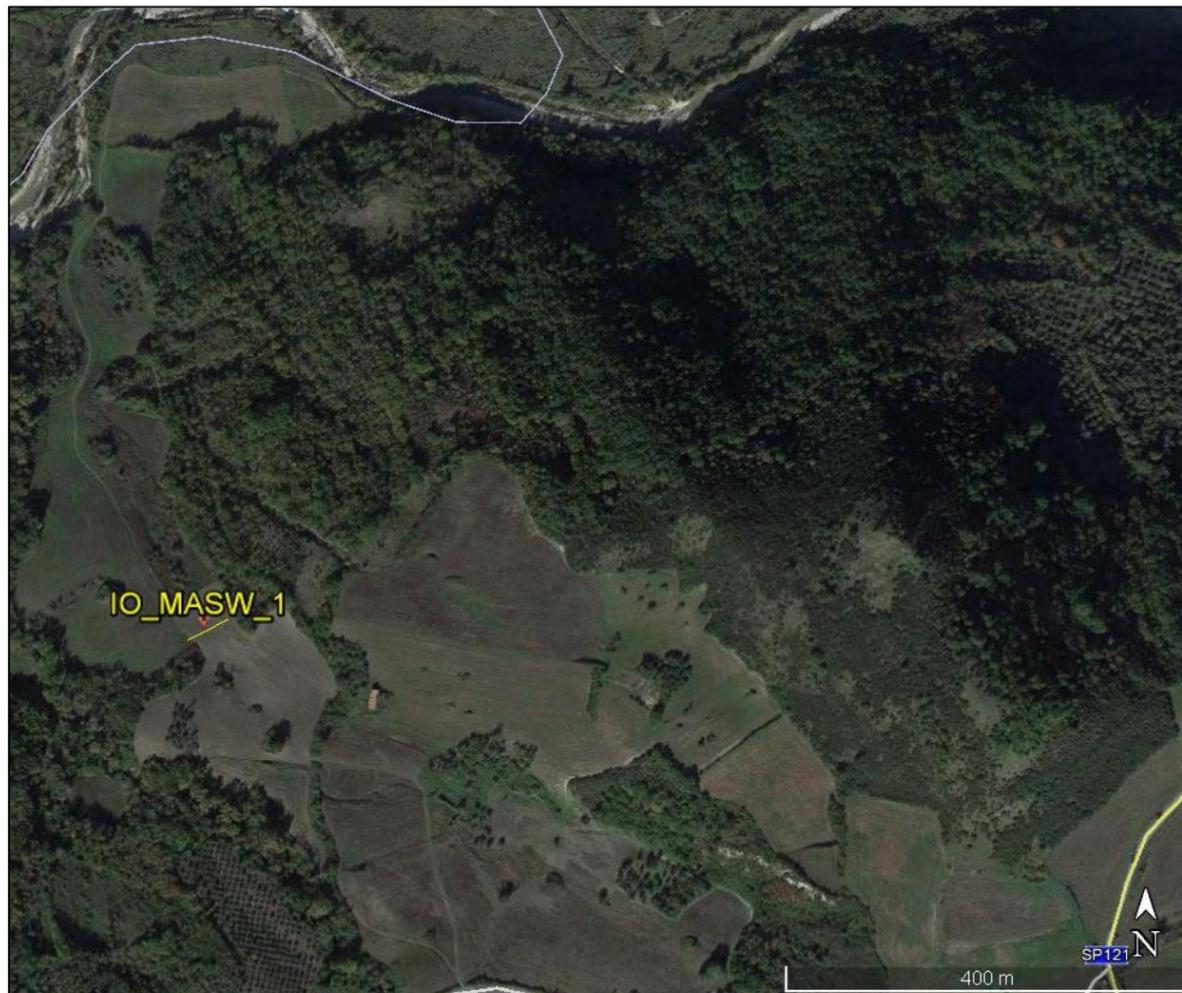
ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	39 di 56

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

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



OGGETTO

Area Indagine sismica
IO_MASW 1

Progetto raddoppio

Tratta

Apice – Orsara

Il Lotto Hirpinia -

Orsara



**Per la
SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

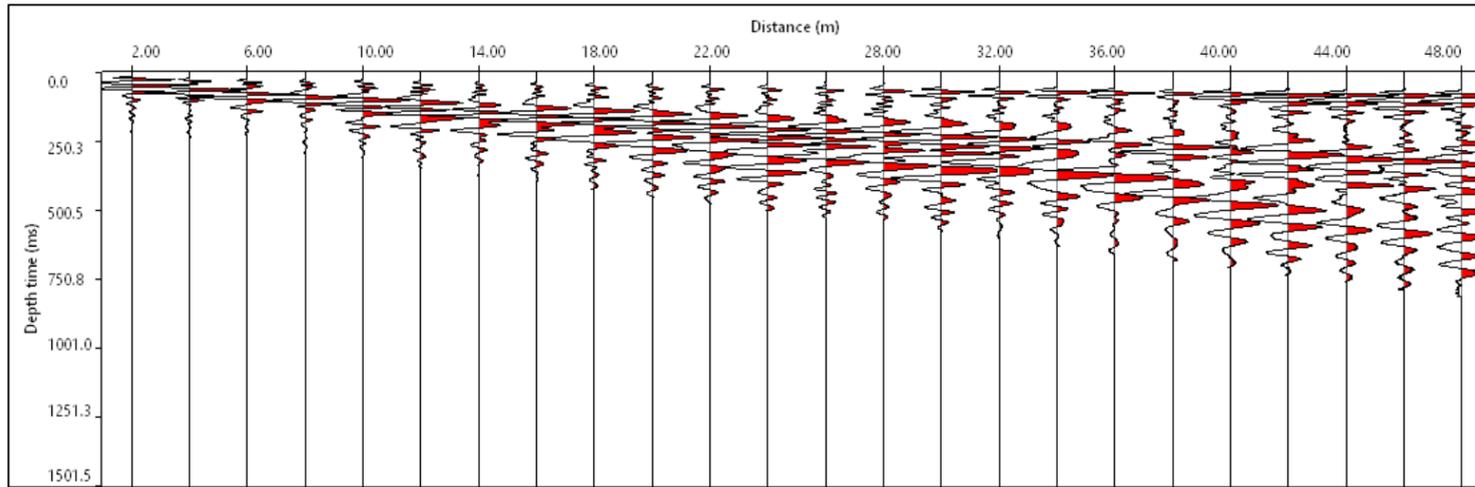
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

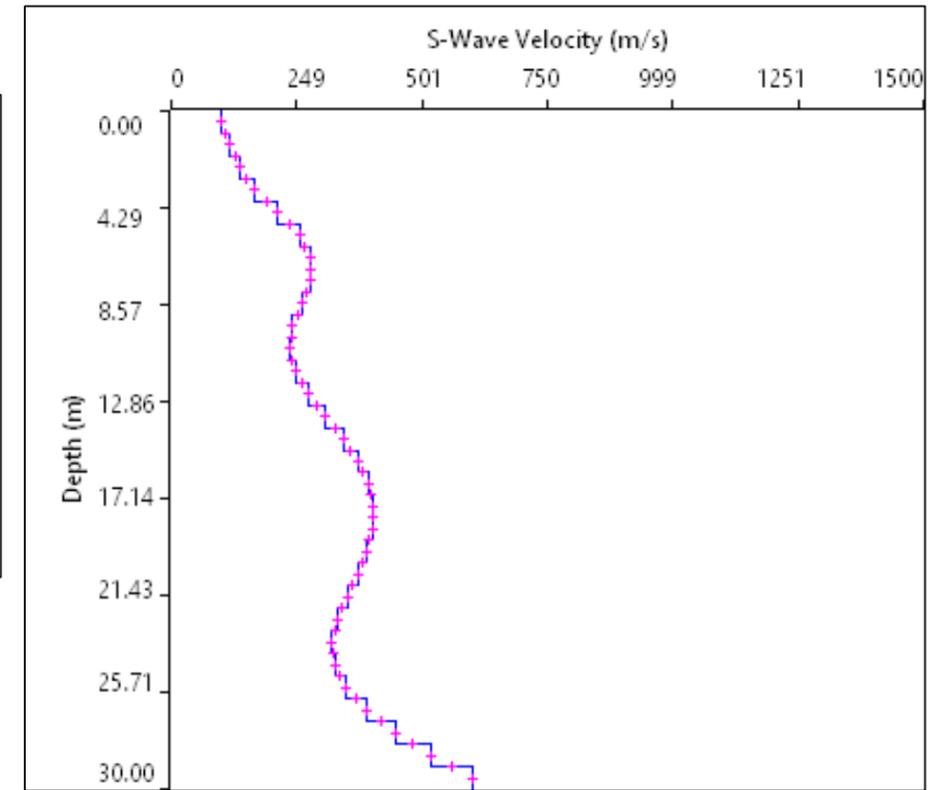
INDAGINI SISMICHE IO_MASW 1

TAVOLA

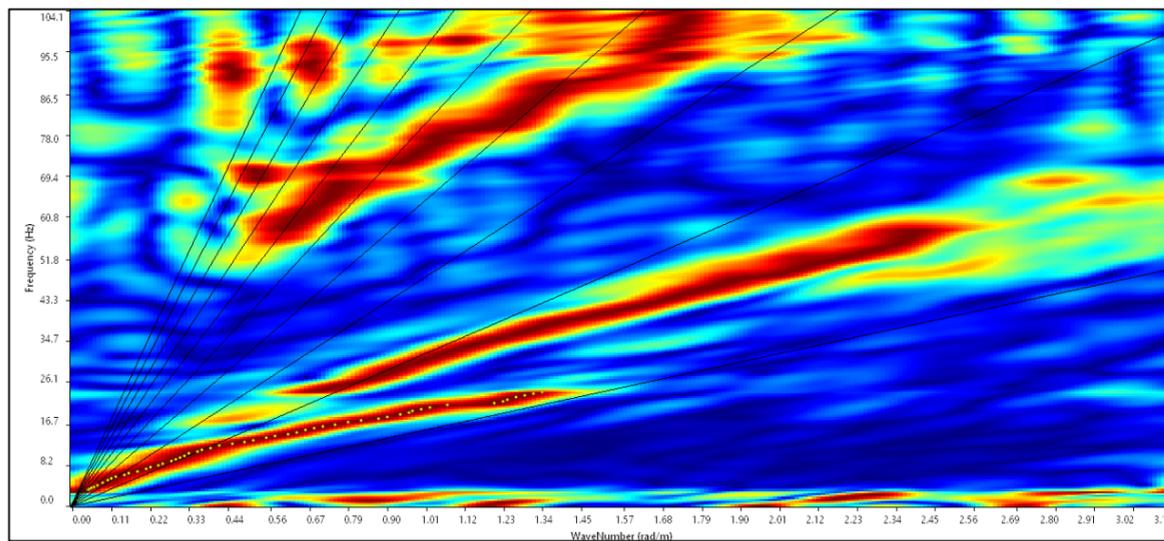
2



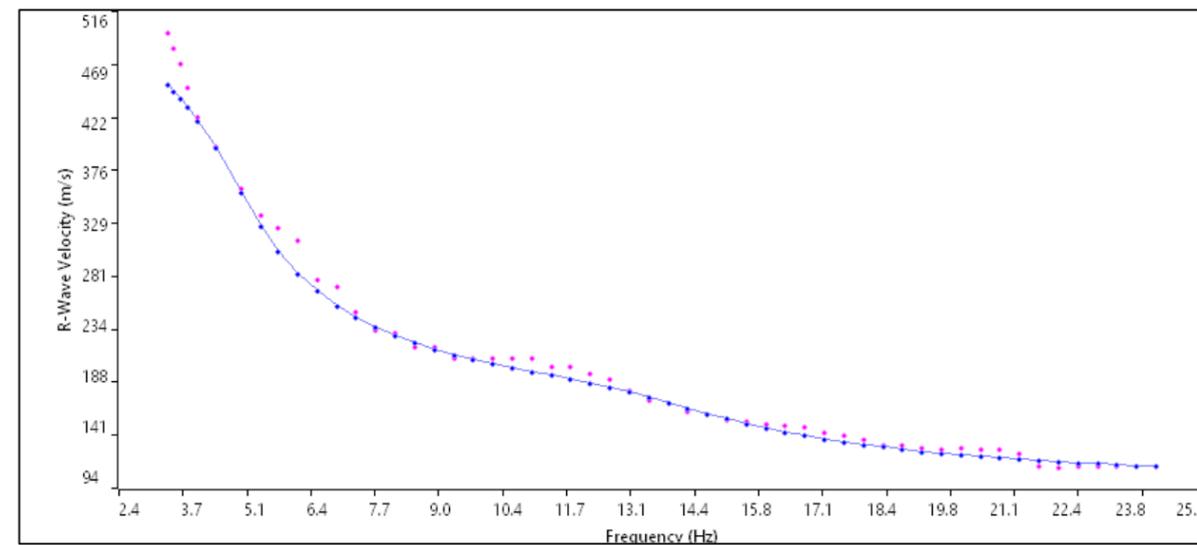
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

OGGETTO

Area Indagine sismica
IO_MASW 1

Progetto raddoppio
Tratta
Apice – Orsara

II Lotto Hirpinia -
Orsara



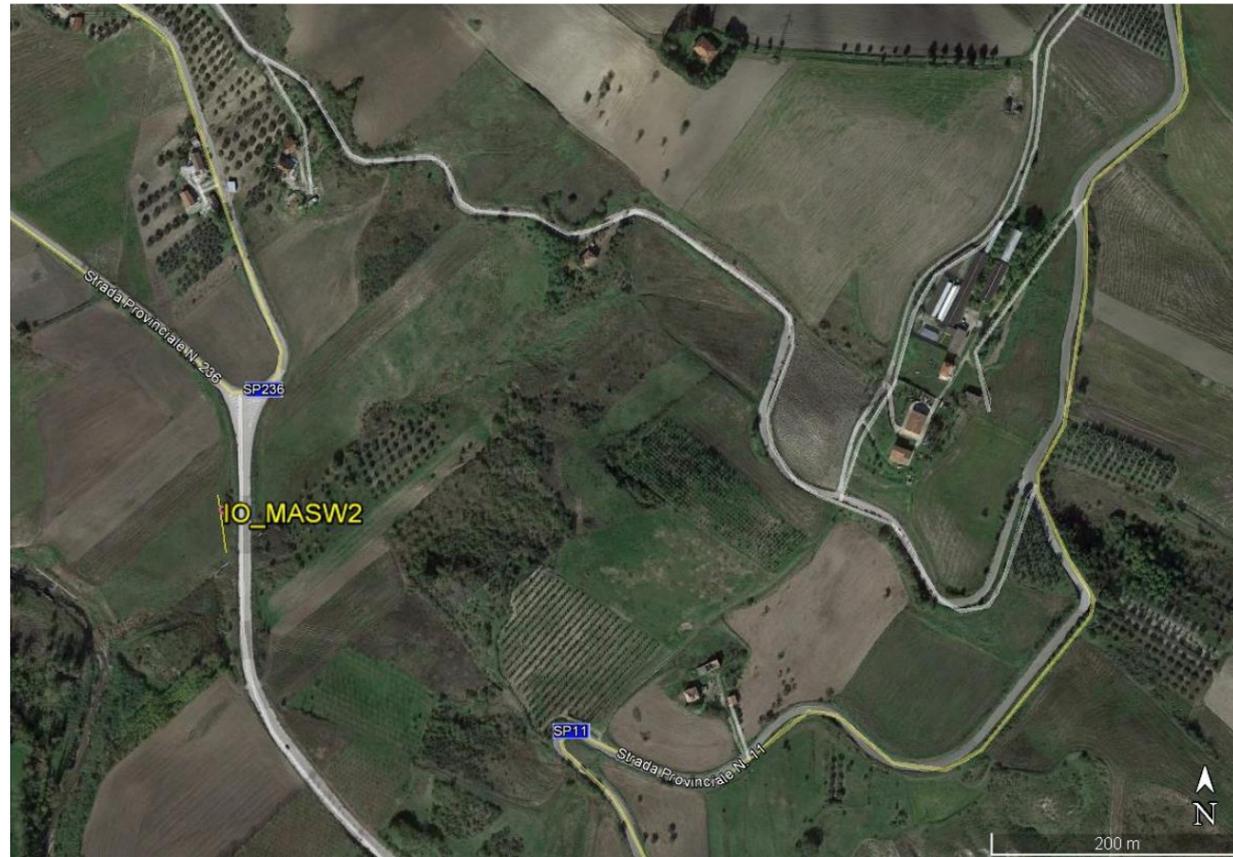
Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



OGGETTO

Area Indagine sismica
IO_MASW 2

Progetto raddoppio
Tratta
Apice – Orsara

II Lotto Hirpinia -
Orsara



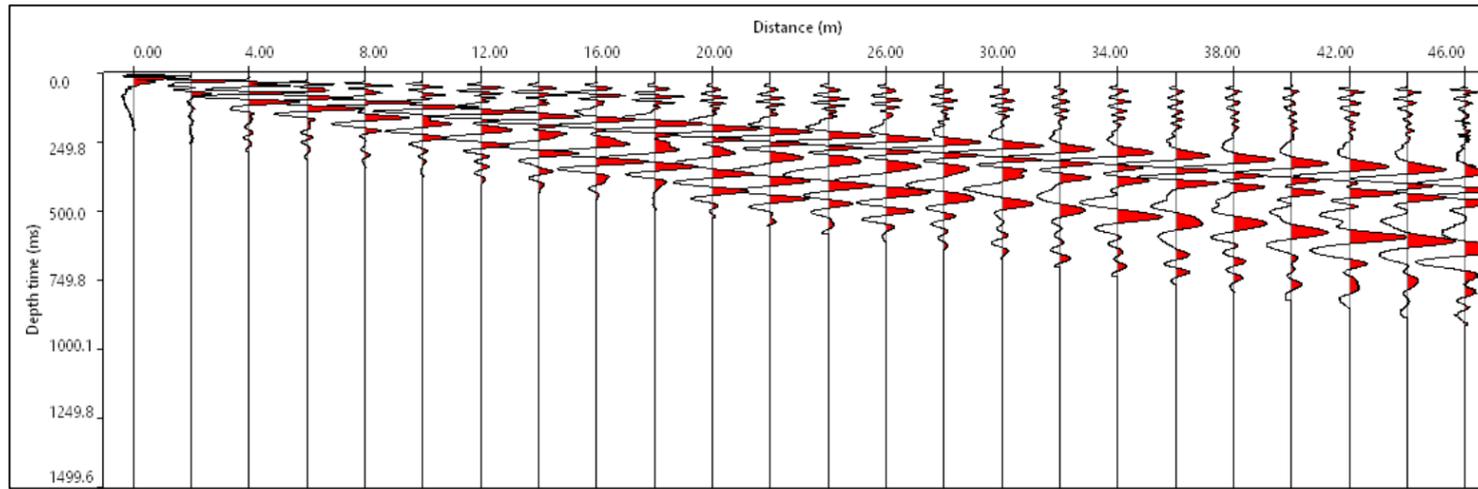
**Per la
SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

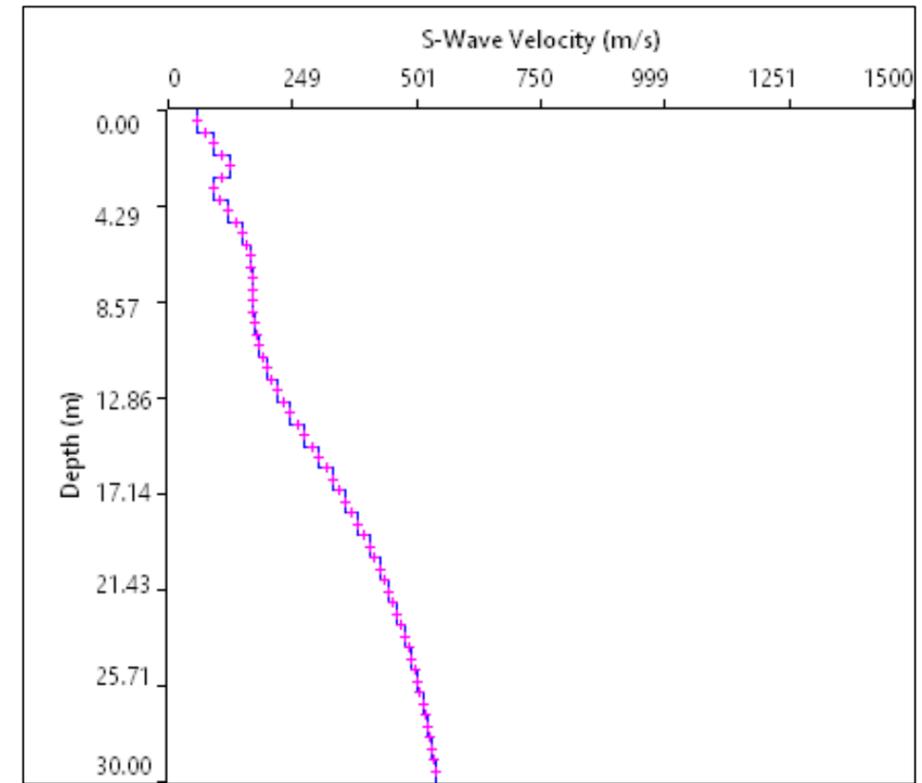
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

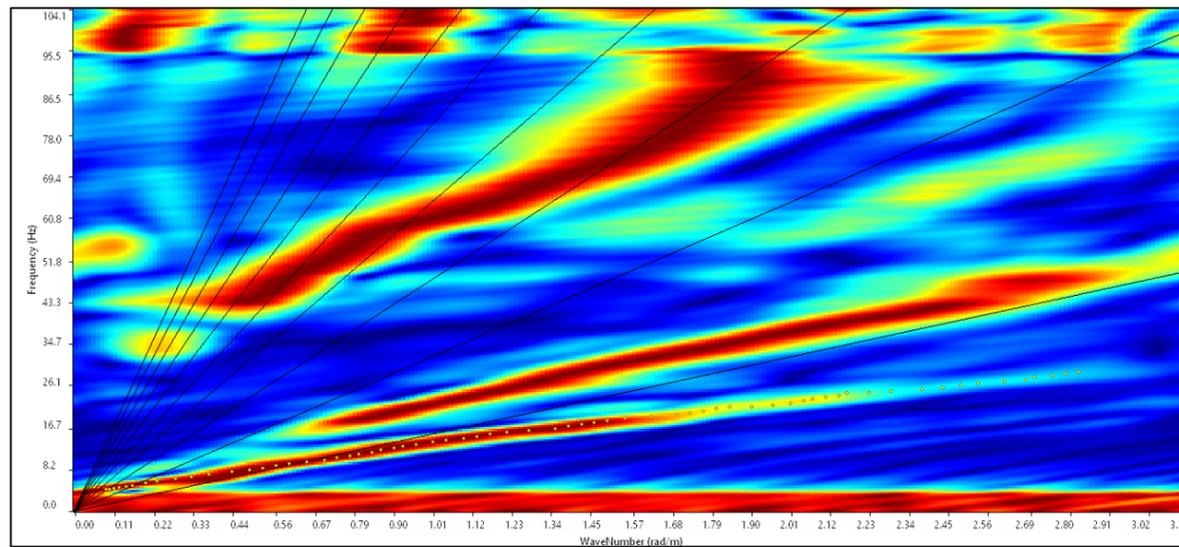
INDAGINI SISMICHE IO_MASW 2



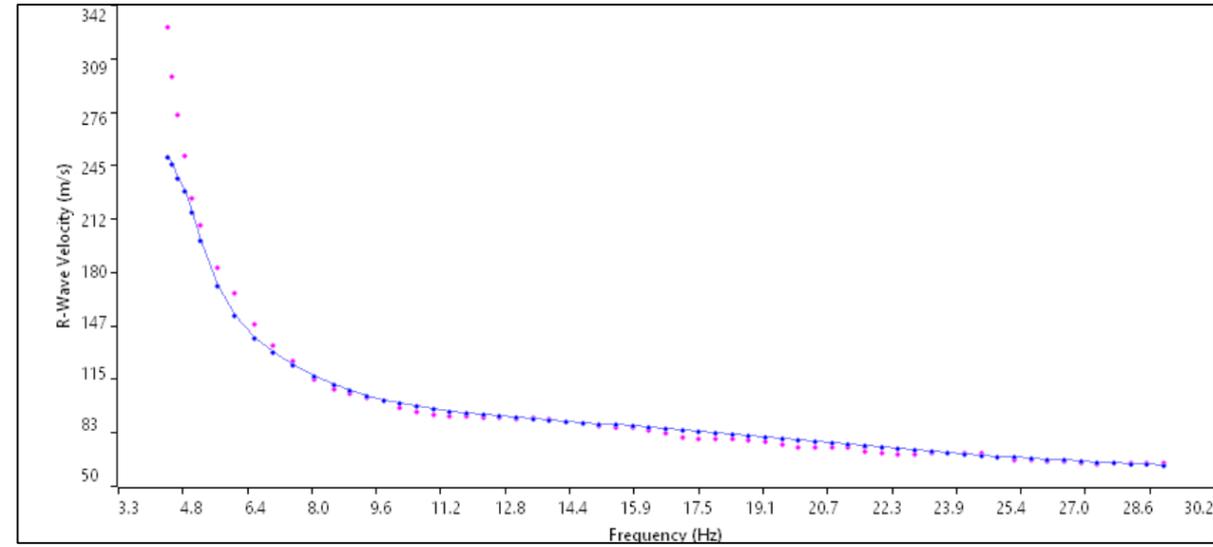
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

TAVOLA

4

OGGETTO

Area Indagine sismica
IO_MASW 2

Progetto raddoppio
Tratta
Apice – Orsara

II Lotto Hirpinia -
Orsara



Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



OGGETTO

Area Indagine sismica
IO_MASW 3

Progetto raddoppio
Tratta
Apice – Orsara

Il Lotto Hirpinia -
Orsara



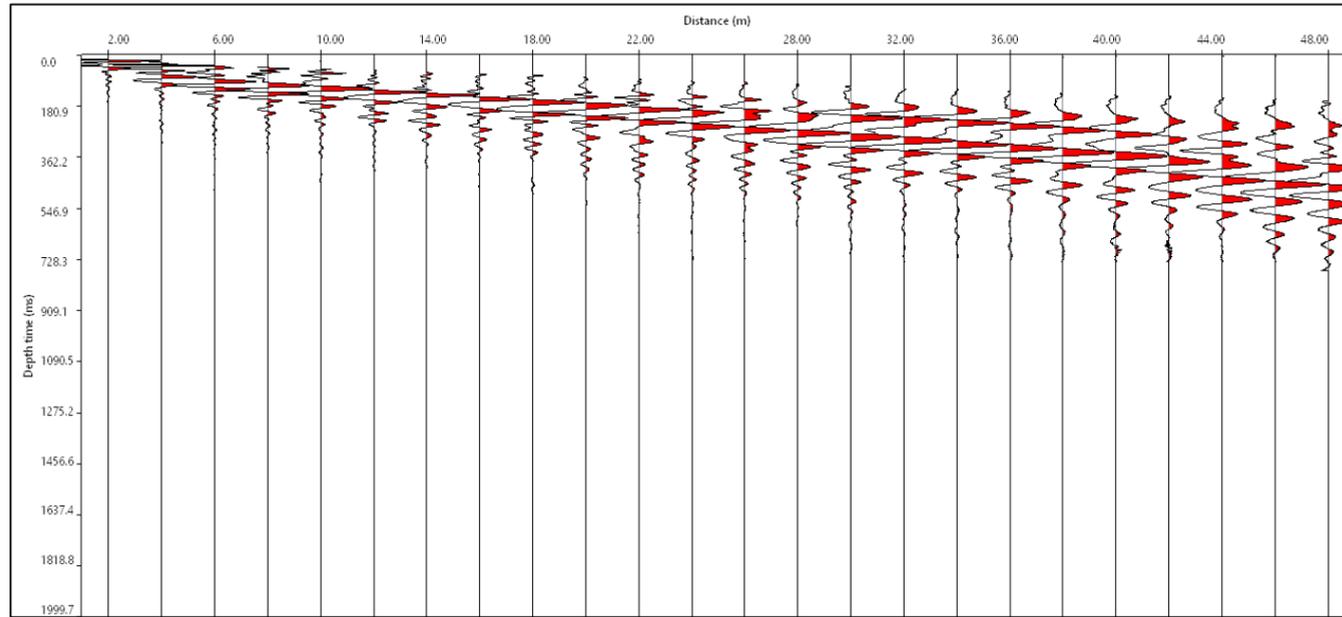
**Per la
SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

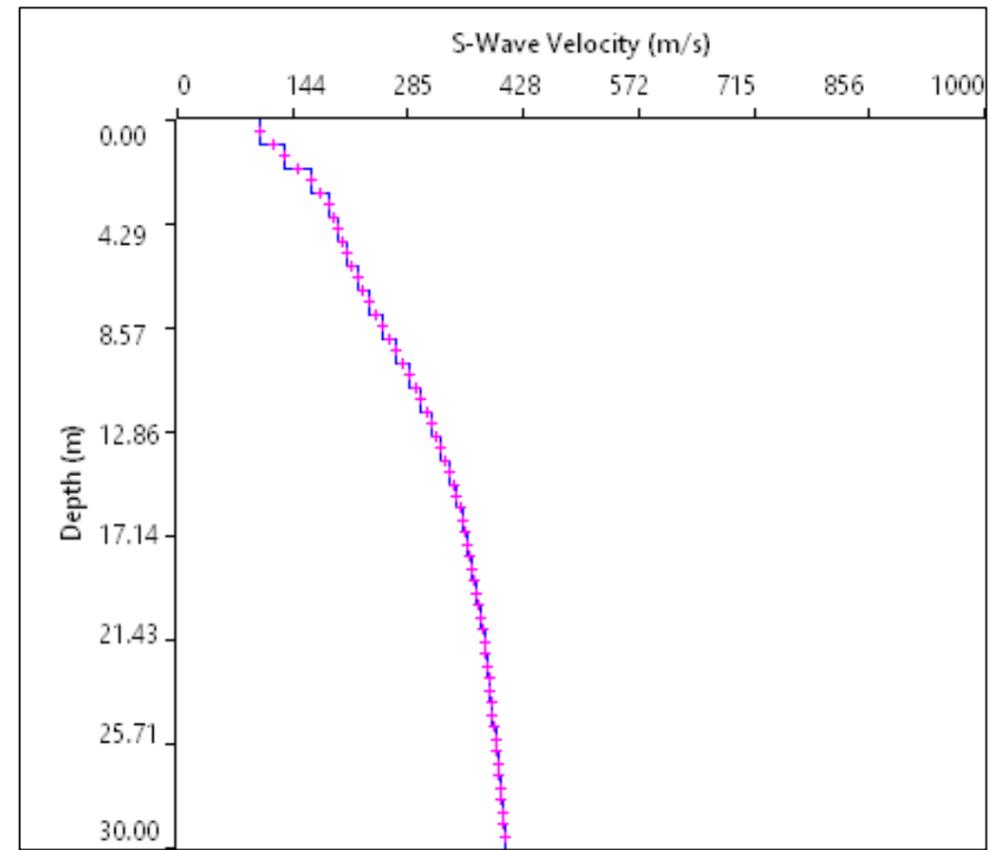
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

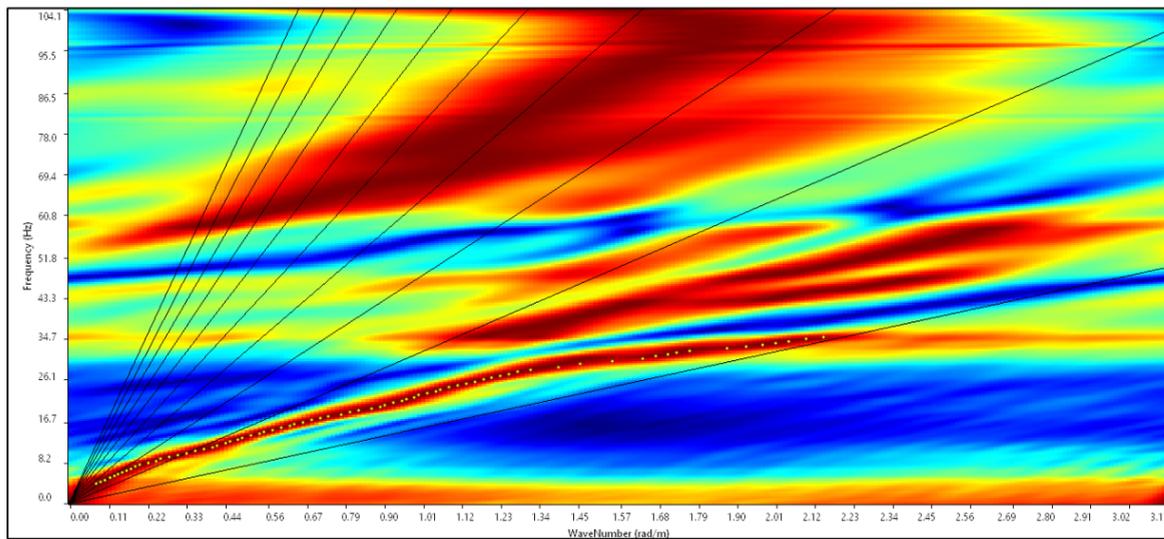
INDAGINI SISMICHE IO_MASW 3



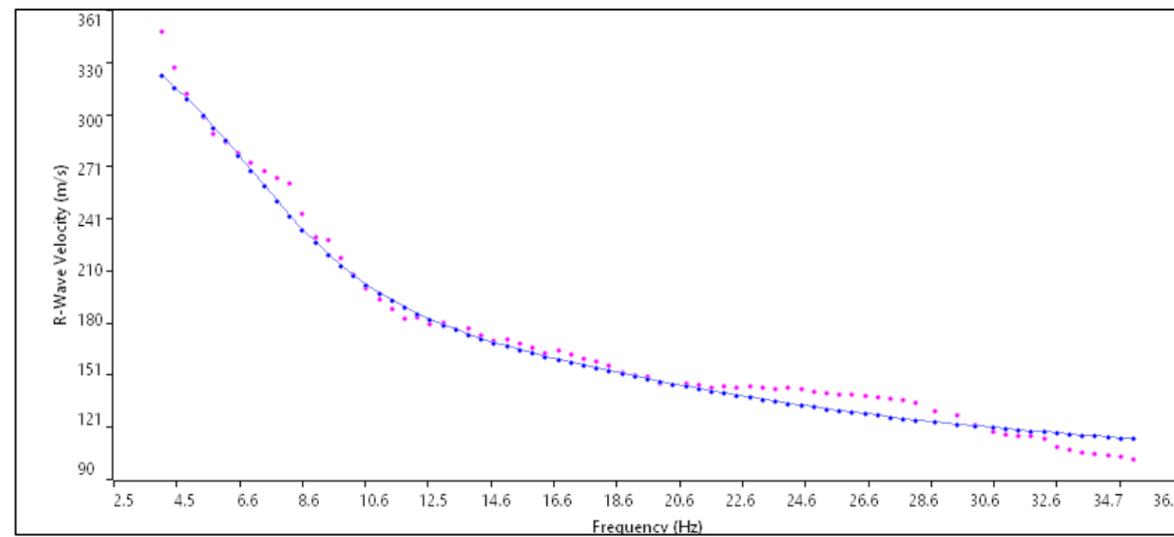
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

TAVOLA

6

OGGETTO

Area Indagine sismica
IO_MASW 3

Progetto raddoppio
Tratta
Apice – Orsara

II Lotto Hirpinia -
Orsara



SOING
STRUTTURE & AMBIENTE



Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



OGGETTO

Area Indagine sismica
BO_MASW 1

Progetto raddoppio
Tratta
Apice – Orsara

Il Lotto Hirpinia -
Orsara



SOING
STRUTTURE & AMBIENTE



**Per la
SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

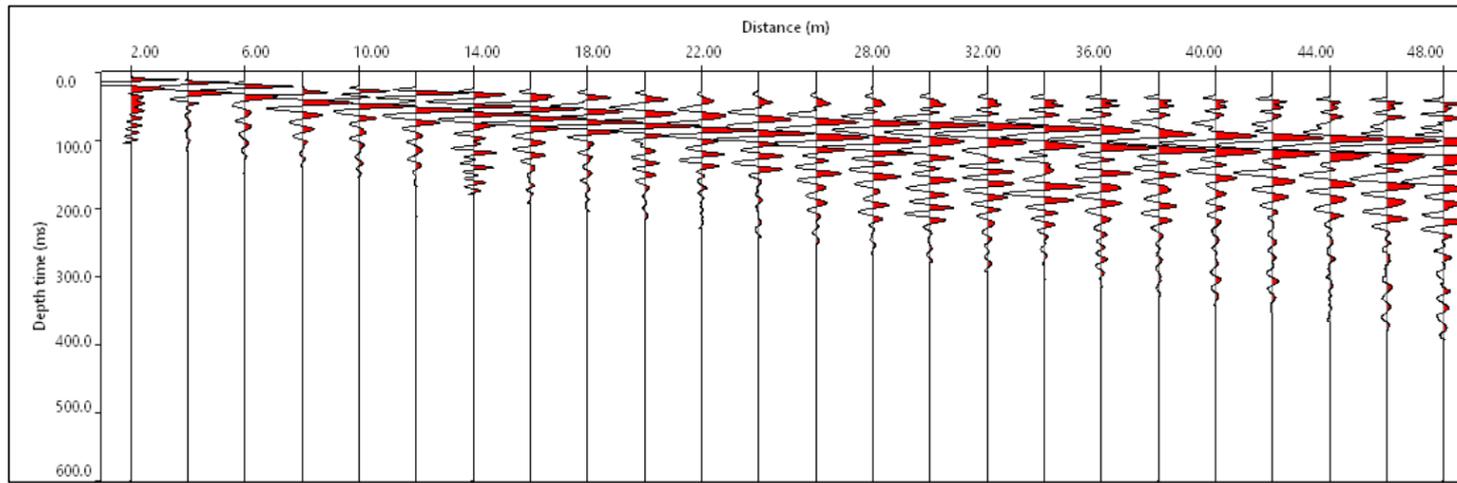
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

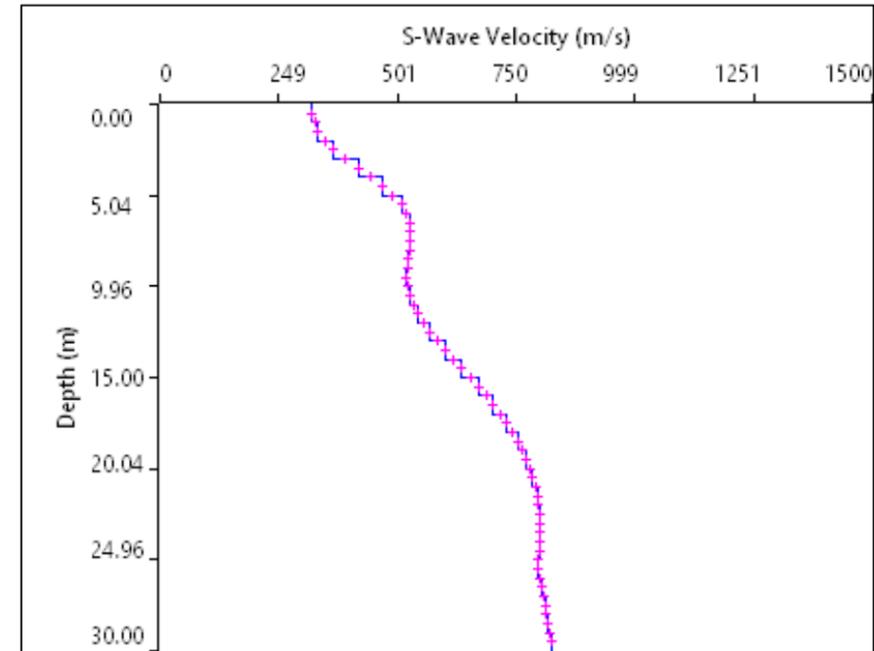
INDAGINI SISMICHE BO_MASW 1

TAVOLA

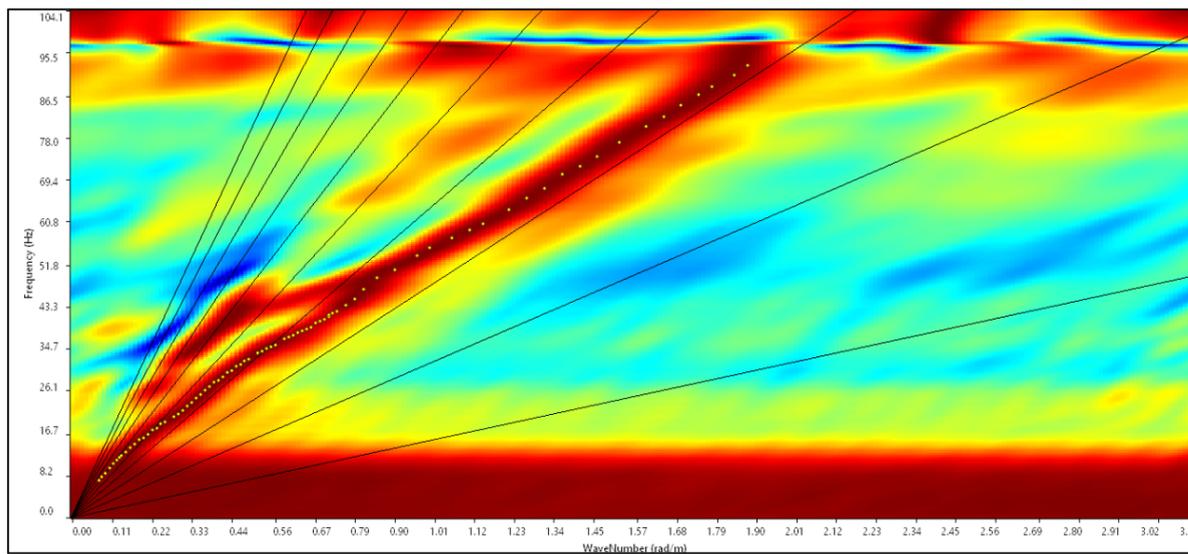
8



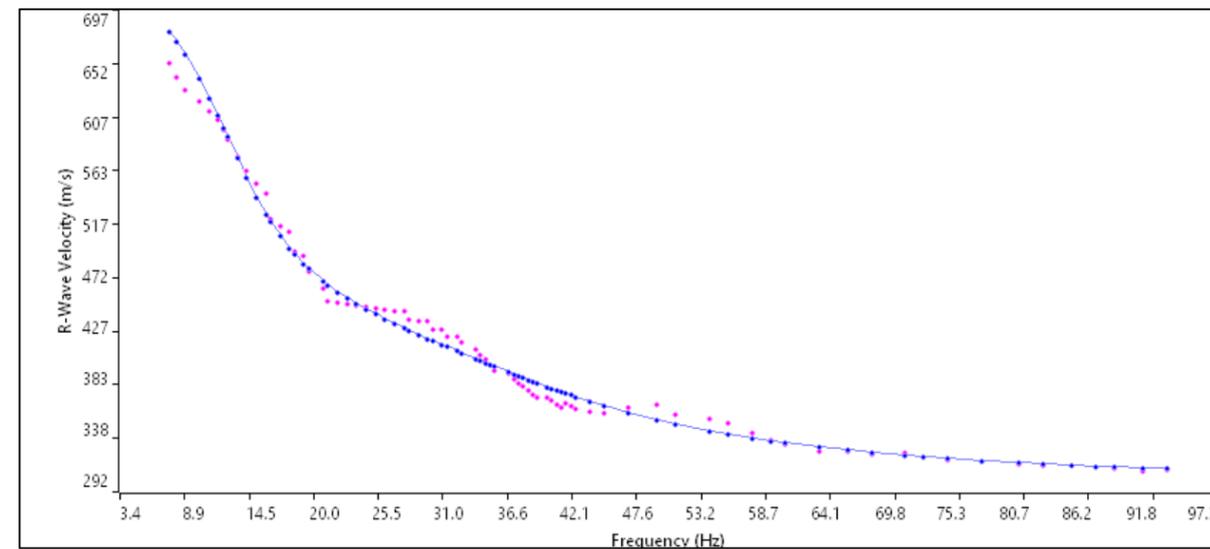
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

OGGETTO

Area Indagine sismica
BO_MASW 1

Progetto raddoppio
Tratta
Apice – Orsara

Il Lotto Hirpinia -
Orsara



Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

Ubicazione Indagine



Immagini Area Indagine



OGGETTO

Area Indagine sismica
BO_MASW 6

Progetto raddoppio
Tratta
Apice – Orsara

Il Lotto Hirpinia -
Orsara

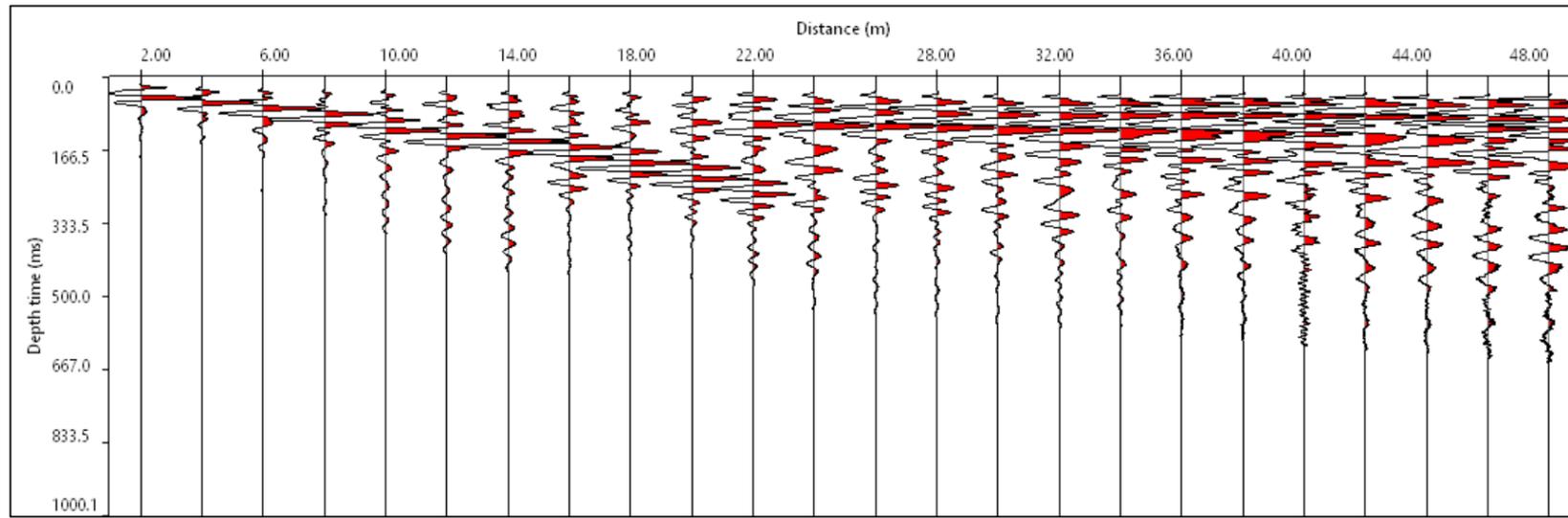


**Per la
SOING Strutture e
Ambiente srl**

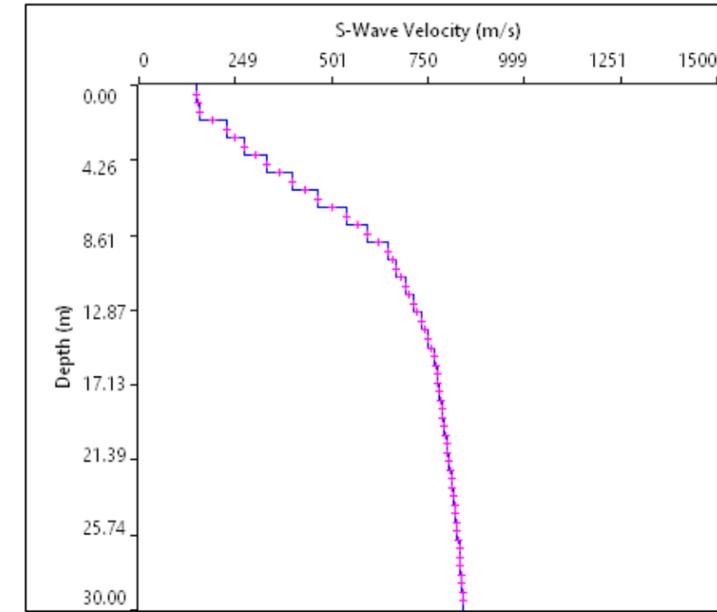
ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

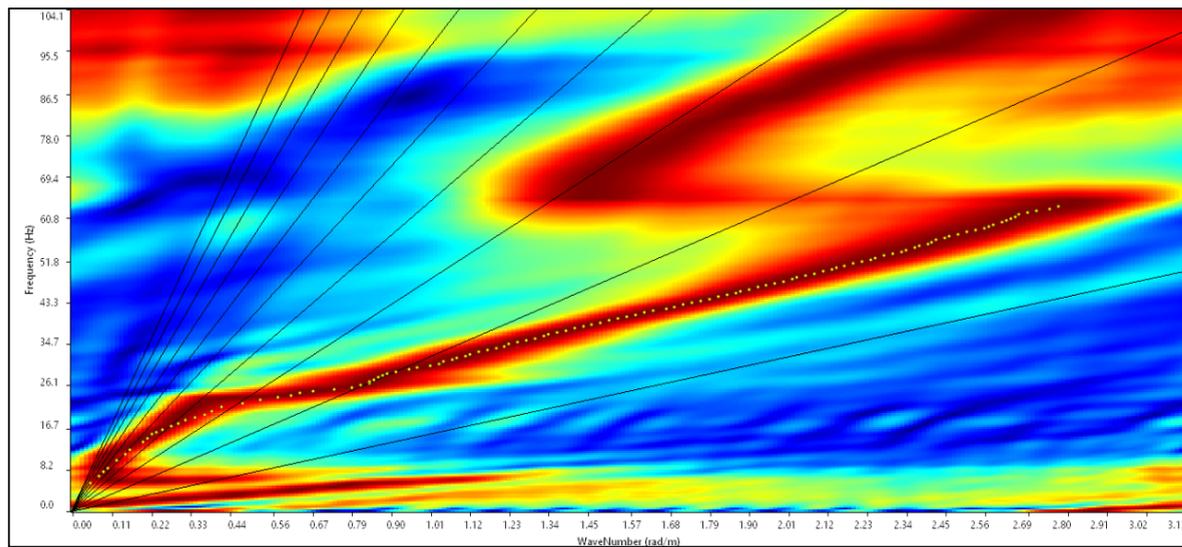
APPROV. P. Chiara



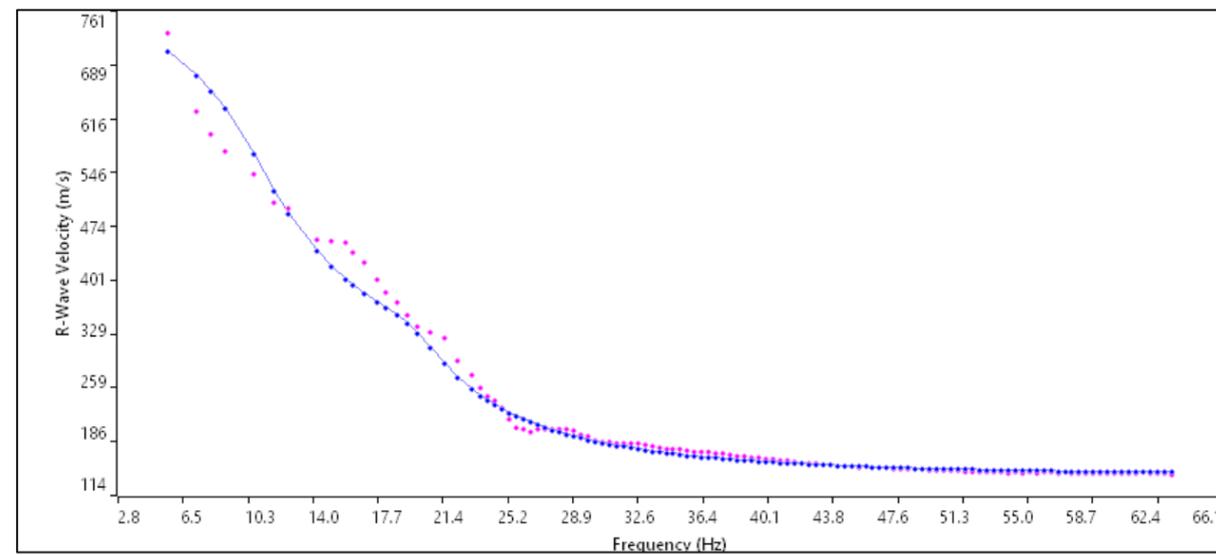
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

OGGETTO

Area Indagine sismica
BO_MASW 6

Progetto raddoppio
Tratta
Apice – Orsara

Il Lotto Hirpinia -
Orsara



**Per la
SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	50 di 56

9. ALLEGATO GRAFICO N.4 – INDAGINI DOWN HOLE TAVOLE 1-3

Ubicazione Indagine



Immagine Area Indagine



OGGETTO

Area Indagine sismica
BO_S2_DH

Progetto raddoppio
Tratta
Apice – Orsara

Il Lotto Hirpinia -
Orsara



**Per la
SOING Strutture e
Ambiente srl**

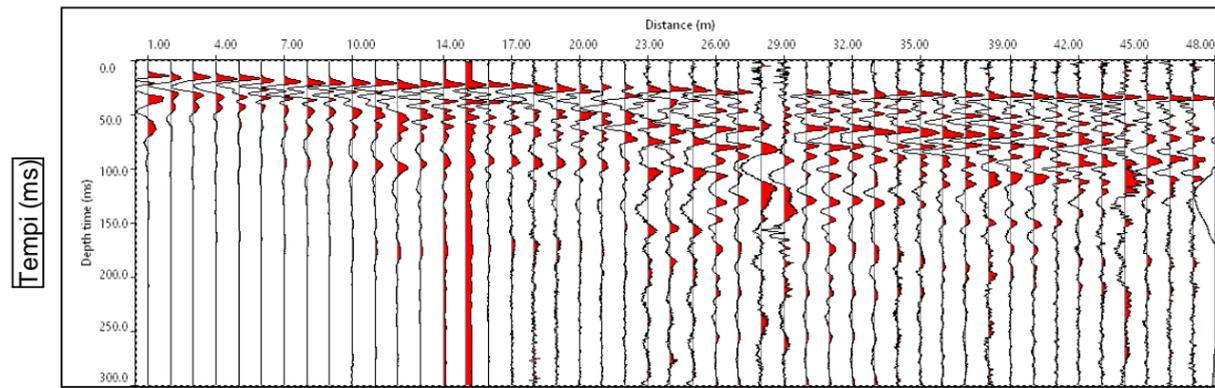
ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

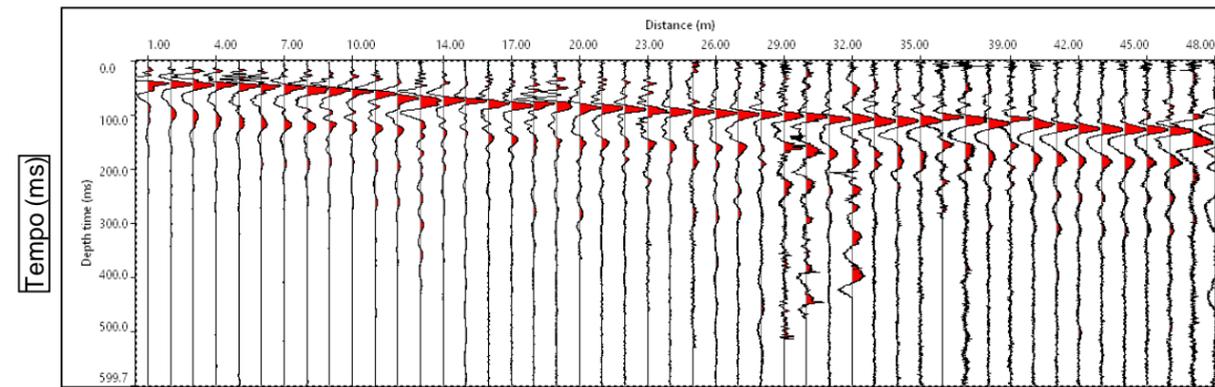
INDAGINI SISMICHE BO_S2_DH

PROFONDITA' (m)

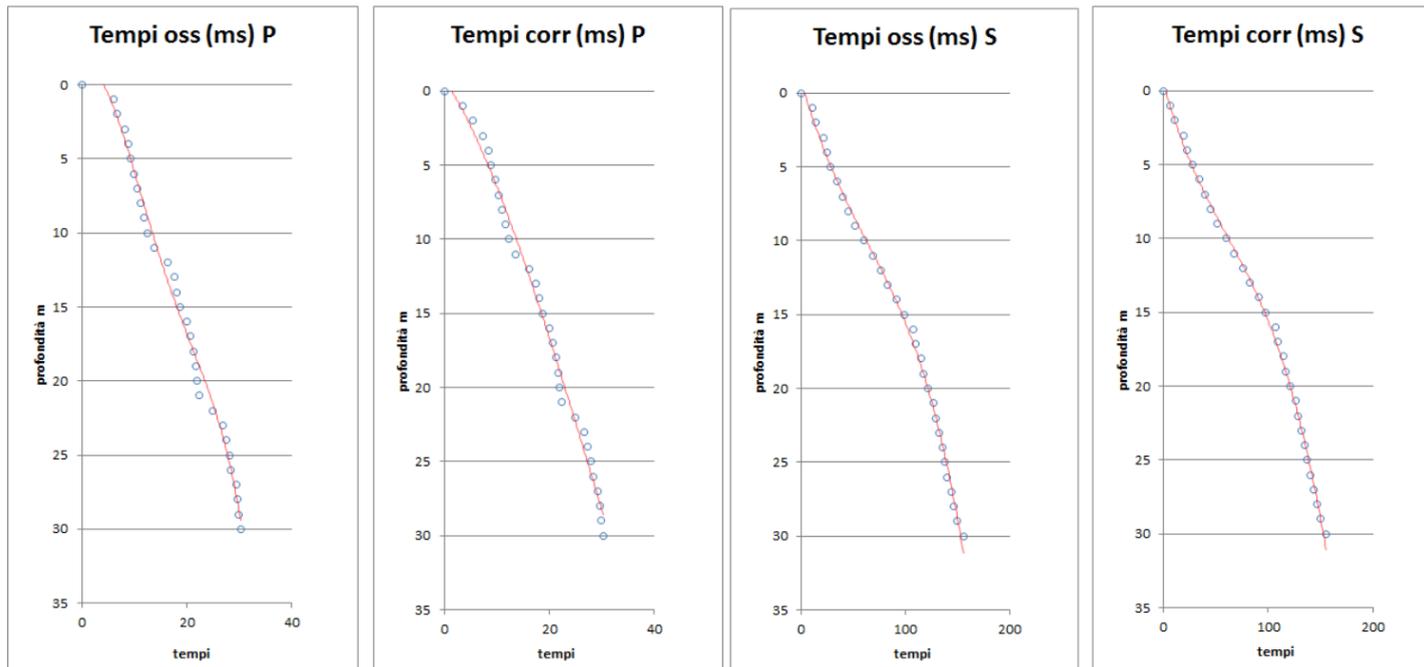


Sismogramma onde P

PROFONDITA' (m)



Sismogramma onde SH



Dromocrone

Profondità (m)	Tempi oss (ms) P	Tempi corr (ms) P	Tempi oss (ms) S	Tempi corr (ms) S
0	0		0	
1	10.11	4.52	34.66	15.50
2	11.08	7.83	36.58	25.87
3	11.56	9.62	37.54	31.24
4	12.52	11.20	40.43	36.16
5	13.48	12.52	41.40	38.43
6	14.45	13.70	43.32	41.10
7	15.41	14.82	45.25	43.51
8	16.37	15.88	48.13	46.70
9	16.85	16.45	51.02	49.81
10	17.34	17.00	53.91	52.86
11	17.82	17.53	55.84	54.93
12	18.30	18.05	60.65	59.82
13	18.78	18.56	64.50	63.75
14	19.26	19.07	65.46	64.80
15	19.74	19.57	69.31	68.70
16	20.23	20.07	73.16	72.60
17	20.71	20.56	75.09	74.57
18	21.67	21.54	75.09	74.63
19	22.15	22.03	76.05	75.63
20	22.63	22.52	78.94	78.55
21	23.11	23.01	80.87	80.50
22	23.60	23.50	82.79	82.45
23	24.08	23.99	84.72	84.40
24	24.56	24.47	86.64	86.34
25	25.04	24.96	87.60	87.32
26	25.52	25.45	89.53	89.27
27	26.00	25.93	90.49	90.24
28	26.00	25.94	92.42	92.18
29	26.00	25.94	94.34	94.12
30	26.00	25.95	96.27	96.05
31	26.00	25.95	98.19	97.99
32	26.49	26.43	100.12	99.92
33	26.97	26.92	100.12	99.93
34	26.97	26.92	101.08	100.91
35	27.45	27.40	102.04	101.88
36	27.93	27.89	103.97	103.81
37	27.93	27.89	104.93	104.78
38	28.41	28.37	105.89	105.75
39	28.89	28.86	106.86	106.72
40	29.37	29.34	108.78	108.65
41	29.37	29.34	111.67	111.54
42	29.86	29.82	113.60	113.47
43	30.34	30.30	116.48	116.36
44	30.82	30.79	117.45	117.32
45	31.30	31.27	118.41	118.29
46	31.78	31.75	119.37	119.26
47	32.26	32.23	124.19	124.07
48	32.80	32.77	128.04	127.93

Tabella dei tempi osservati e corretti Onde P e S

TAVOLA

2

OGGETTO

Area Indagine sismica
BO_S2_DH

Progetto raddoppio
Tratta
Apice - Orsara

Il Lotto Hirpinia -
Orsara



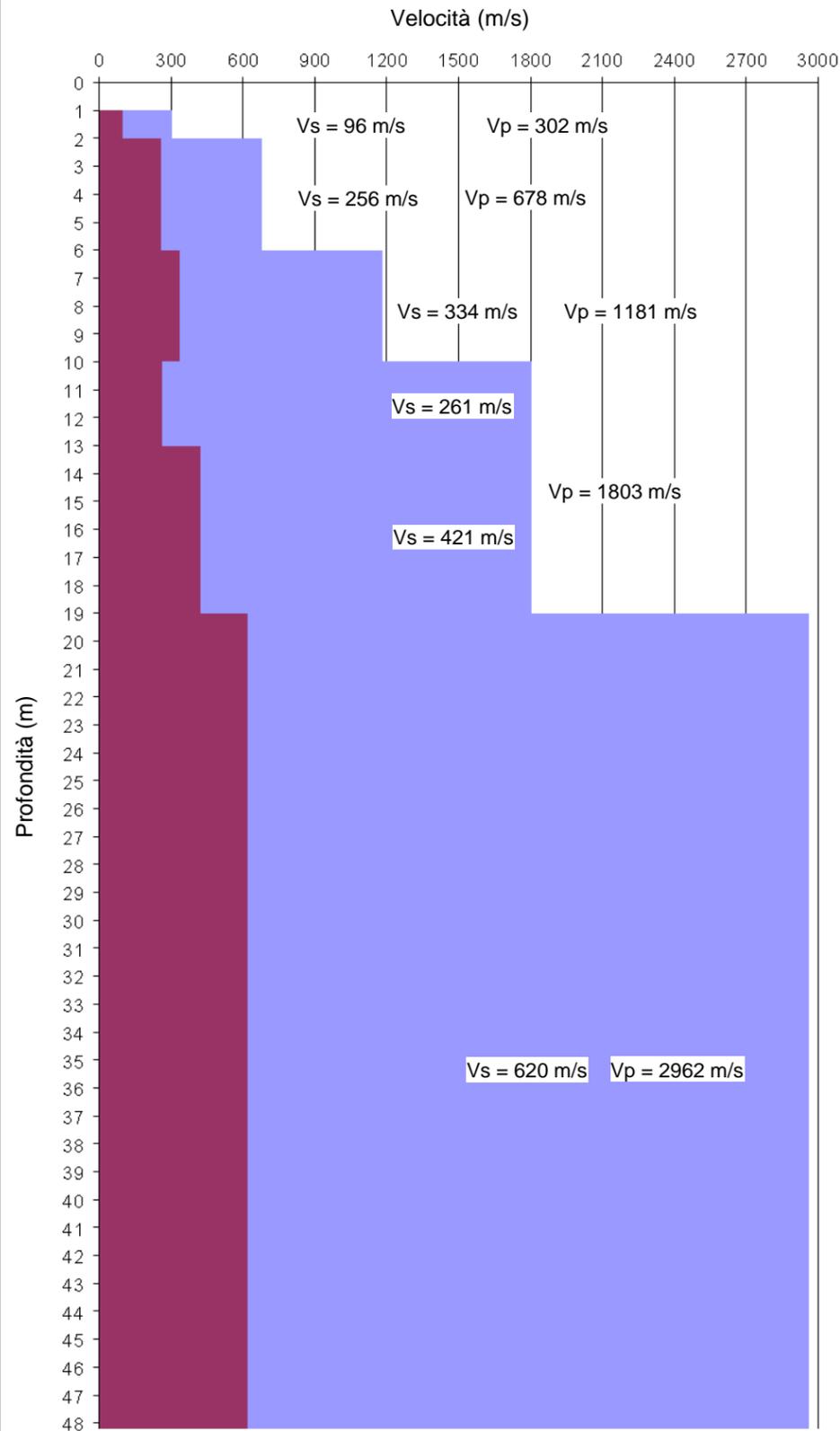
Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

INDAGINI SISMICHE BO_S2_DH



Profili di velocità

■ P
■ S

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media SH [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	96
2	da -2 a -6 m	4	256
3	da -6 a -10 m	4	334
4	da -10 a -13 m	3	261
5	da -13 a -19 m	6	421
6	da -19 a -48 m	29	620

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media P [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	302
2	da -2 a -6 m	4	678
3	da -6 a -10 m	4	1181
4	da -10 a -19 m	9	1803
5	da -19 a -48 m	29	2962

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	g (kN/m³)	Poisson [s]	Taglio m [MPa]	Young E [MPa]	Bulk k [MPa]
1	da -1 a -2 m	1	16.60	0.44	15.30	44.19	131.03
2	da -2 a -6 m	4	17.36	0.42	113.74	322.32	646.17
3	da -6 a -10 m	4	18.36	0.46	204.84	596.71	2287.94
4	da -10 a -13 m	3	19.61	0.49	133.56	397.82	6195.46
5	da -13 a -19 m	6	19.61	0.47	347.50	1022.46	5910.20
6	da -19 a -48 m	29	21.92	0.48	842.76	2489.66	18111.22

Foro DH 1 – Parametri Dinamici

TAVOLA

3

OGGETTO

Area Indagine sismica
BO_S2_DH

Progetto raddoppio
Tratta
Apice – Orsara

Il Lotto Hirpinia -
Orsara



Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara



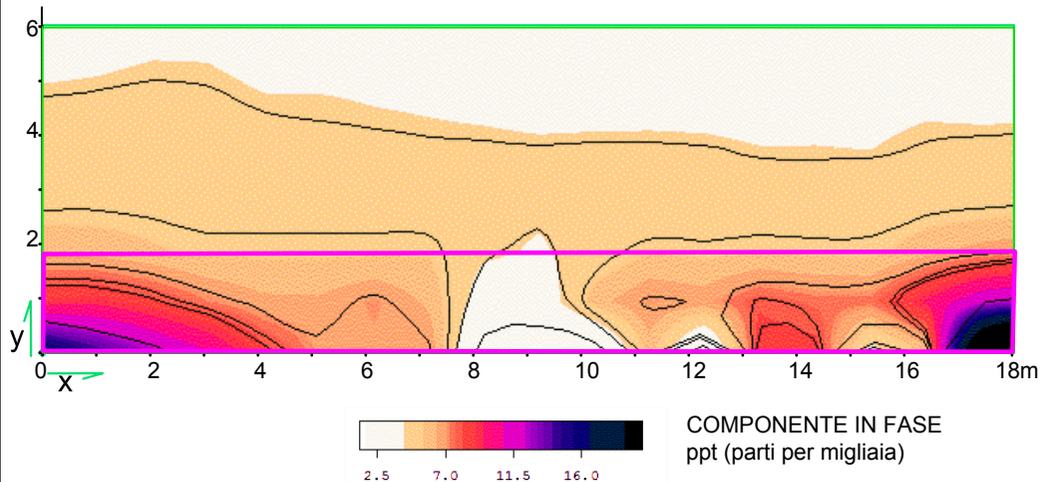
ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
APPROFONDIMENTI PROGETTO PRELIMINARE

INDAGINI GEOFISCHE

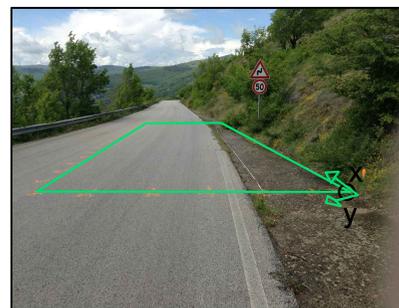
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1Q	02 R 69	IG	GE0005 001	A	54 di 56

10. ALLEGATO GRAFICO N.5 – INDAGINI ELETTROMAGNETICHE

AREA S2



UBICAZIONE AREA S2



PROGETTO

Progetto del raddoppio
Tratto Apice Orsara

Il Lotto: Hirpinia-Orsara

OGGETTO

Indagini geofisiche per la ricerca
di masse metalliche interrate:

Piazzola per sondaggio S4

ELABORAZIONE MG Idili

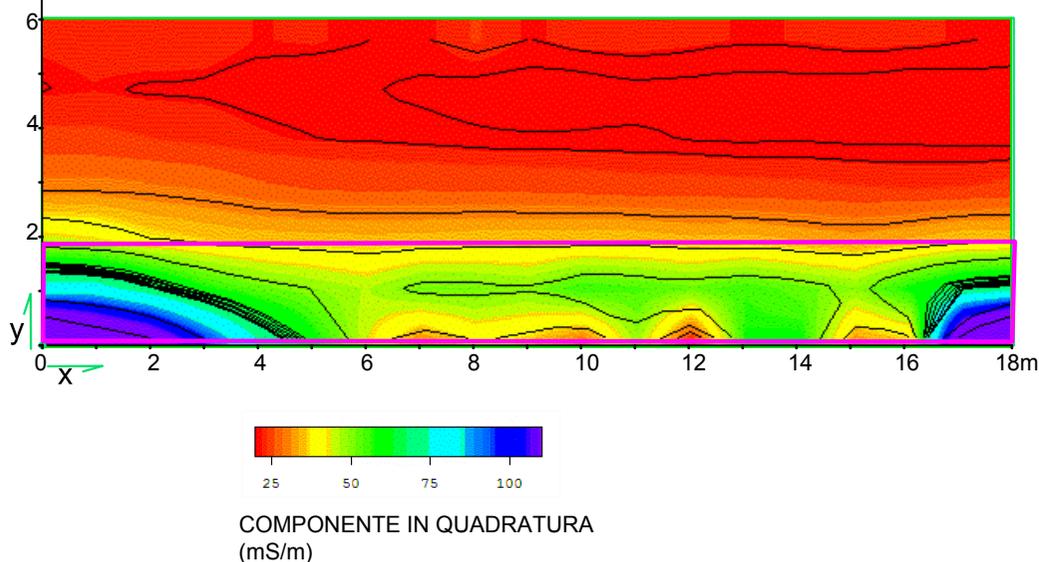
VERIFICA A Morelli

APPROVAZIONE P Chiara

TAVOLA

1

SCALA 1:100

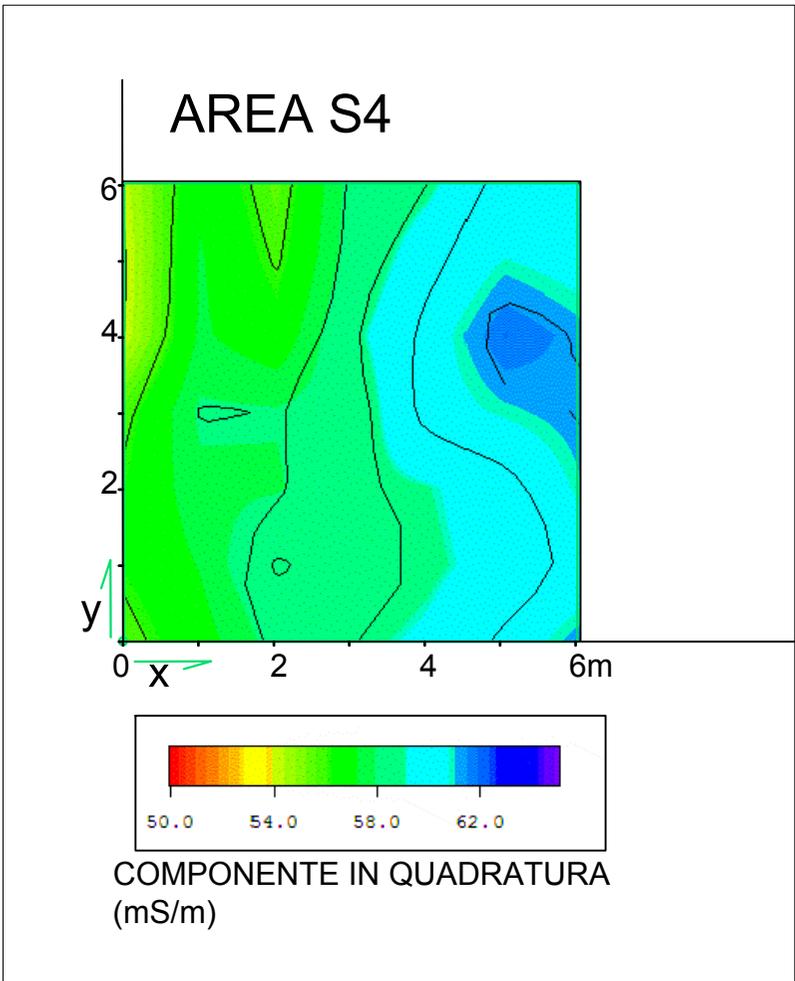
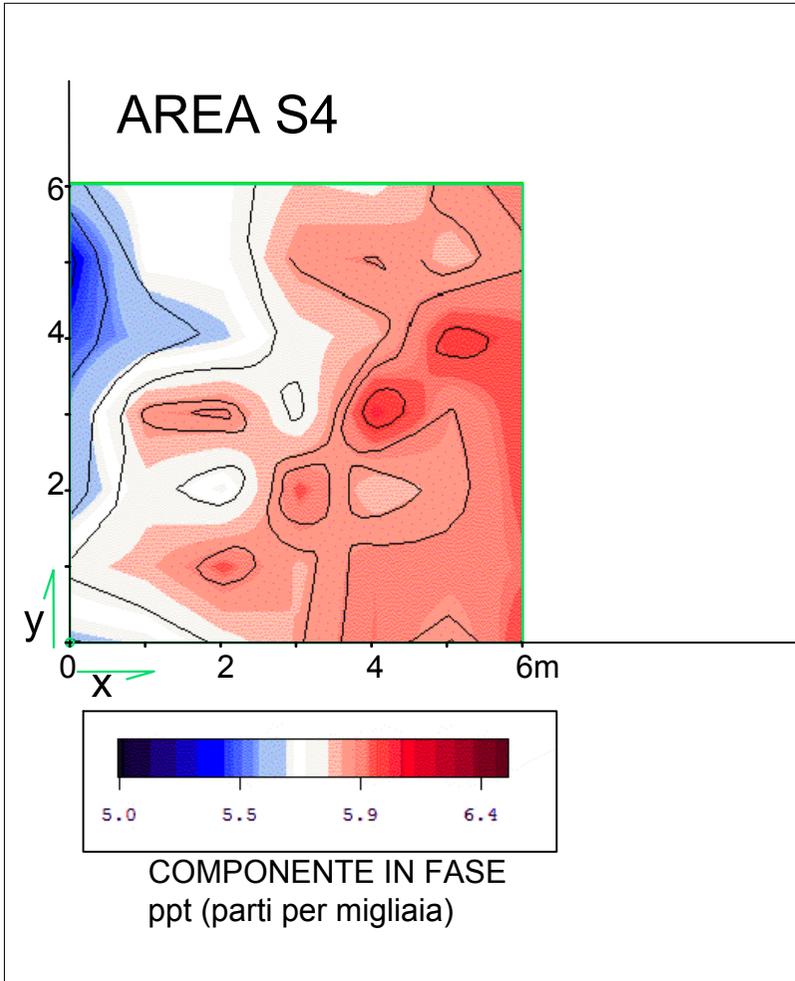


LEGENDA:

- PUNTO ORIGINE AREA DI INDAGINE
- AREA INDAGINE FDEM
- ZONA DI ANOMALIA FDEM

L'indagine evidenzia una porzione anomala causata dalla presenza di una rete metallica e un palo di segnaletica stradale che in parte obliterano il segnale elettromagnetico.

SI SCONSIGLIA il posizionamento della verticale del sondaggio nelle zone segnalate con rettangolo magenta. Le zone al di fuori del suddetto rettangolo si possono considerare libere da masse metalliche



PROGETTO

Progetto del raddoppio
Tratto Apice Orsara

Il Lotto: Hirpinia - Orsara

OGGETTO

Indagini geofisiche per la ricerca
di masse metalliche interrate:

Piazzola per sondaggio S4

ELABORAZIONE MG Idili

VERIFICA A Morelli

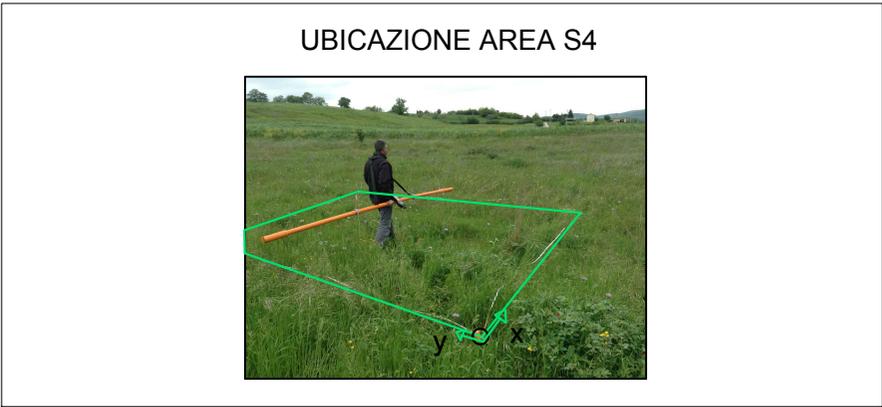
APPROVAZIONE P Chiara

TAVOLA

2

SCALA 1:100

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



LEGENDA:

- PUNTO ORIGINE AREA DI INDAGINE
- AREA INDAGINE FDEM
- ZONA DI ANOMALIA FDEM