

COMUNE DI OLBIA  
PROVINCIA DI OLBIA TEMPIO

INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA  
REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI

Committente  
Sigeco srl - Nuoro

RAPPORTO TECNICO  
ARCHIVIO 2093/15

Direzione indagine geofisica:  
Dott. Geol. STEFANO CONTI  
Via delle Vigne, 14/f  
07146 – Porto Torres (SS)

Porto Torres , Novembre 2015

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 2 / 27
------------------------------------	---	------------------------------------

## INDICE

1. PREMESSA.....		3
2. OPERAZIONI ESEGUITE.....		7
2.1-METODO DI PROSPEZIONE GEOELETTRICA .....		7
2.2-ANALISI MULTICANALEDELLE ONDE SUPERFICIALI (MASW).....		9
3. METODOLOGIA DI PROSPEZIONE GEOELETTRICA .....		10
3.1 ACQUISIZIONE DATI .....		10
3.2 ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONI DEI RISULTATI.....		13
4. ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI (MASW).....		15
4.1 ELABORAZIONE DATI .....		18
5. RISULTATI CONSEGUITI .....		26
5.1 INDAGINE GEOELETTRICA .....		26
5.2 INDAGINE MASW .....		27

ALLEGATI:

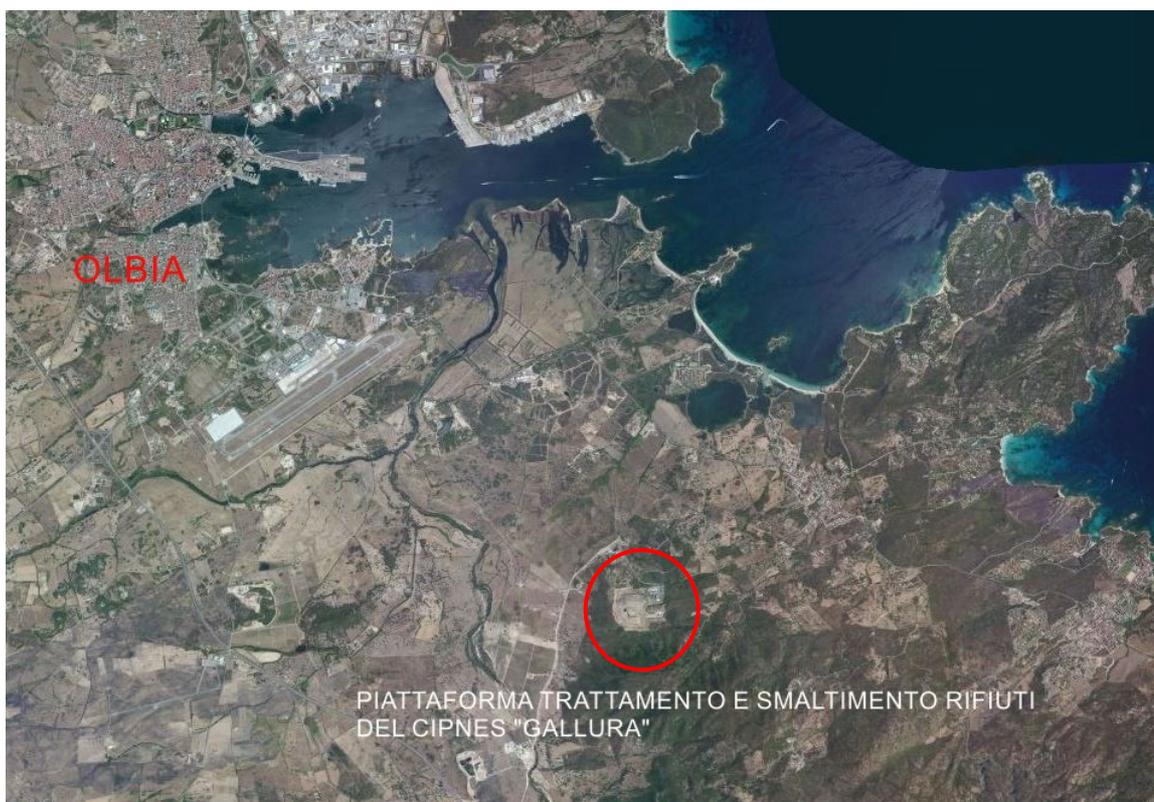
N.2 TAVOLE IN FORMATO A3

Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	<b>INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI          INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE          DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI</b>	Rapporto n. 2093/15 Pag. 3 / 27
------------------------------------	--	------------------------------------

## 1. PREMESSA

Il presente rapporto tecnico è relativo ad una indagine geofisica multimetodologica eseguita nel mese di Novembre 2015 nel comune di Olbia (OT), in prossimità della piattaforma di trattamento e smaltimento RIFIUTI DEL cipnesu su richiesta della Sigeco Srl Nuoro. Di seguito si riportano un immagine estratta da Google Maps relativa all'area oggetto di studio.



La presente indagine è stata eseguita sia mediante la tecnica della geoelettrica di resistività che attraverso quella della sismica ad onde superficiali MASW secondo lo schema seguente:

- N.1 profilo geoelettrico di resistività (denominato PDP-1) con stendimento di tipo polo-dipolo della lunghezza complessiva pari a 147,5 metri e interdistanza degli elettrodi di 2,5 metri. (vedi zona 2)

Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	<b>INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI          INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE          DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI</b>	Rapporto n. 2093/15 Pag. 4 / 27
------------------------------------	--	------------------------------------

- N.3 prove sismiche MASW (MASW-1-2 nella zona 1 e MASW-3 nella zona 2) eseguite mediante l'utilizzo di 24 geofoni ad interdistanza di 3 metri per complessivi 72 metri per ogni profilo.

Lo scopo della presente indagine era quello di ricostruire il quadro geologico e geofisico dell'area, nonché evidenziare la presenza di eventuali situazioni anomale o pregiudiziali agli interventi in progetto che prevedono la realizzazione di nuovi impianti nelle zone individuate nell'immagine.



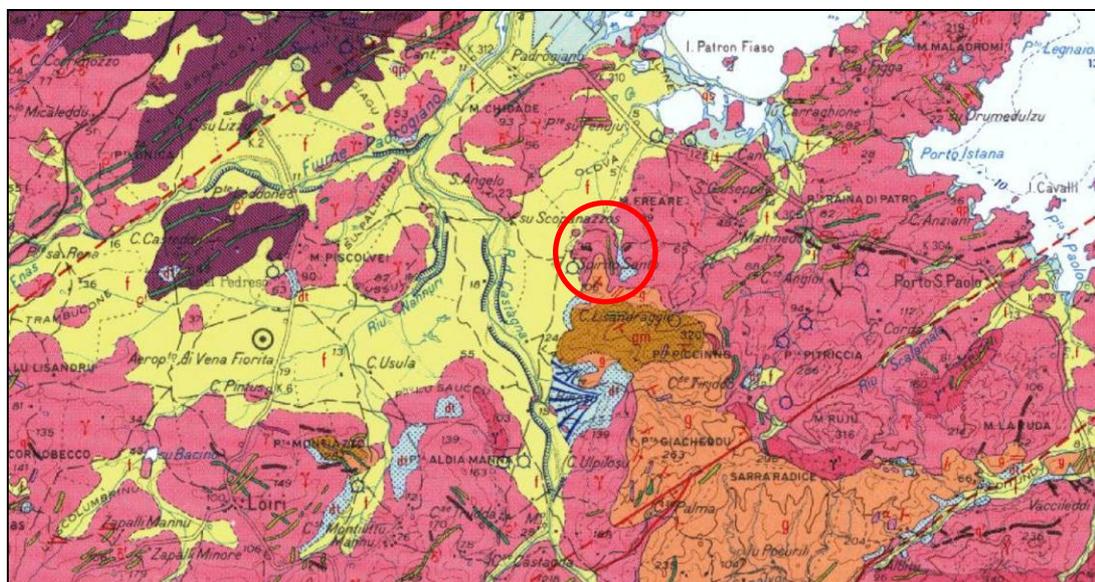
Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	<b>INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI          INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE          DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI</b>	Rapporto n. 2093/15 Pag. 5 / 27
------------------------------------	--	------------------------------------

La metodologia della geoelettrica di resistività aveva lo scopo di evidenziare, all'interno del contesto litoide (caratterizzato da valori di resistività generalmente elevati), la presenza di eventuali zone d'alterazione (caratterizzate da valori di resistività di solito più bassi) che potessero rappresentare una via di circolazione preferenziale delle eventuali acque sotterranee presenti.

La metodologia sismica mediante tecnica MASW, aveva l'obiettivo di ricostruire l'andamento delle velocità sismiche ad onde SH nel sottosuolo ed ottenere quindi i valori del parametro Vs30.

Per quanto riguarda la situazione geologica dell'area d'indagine, si ricorda che la zona è interessata dalla presenza della formazione litoide dei graniti del ciclo magmatico ercinico. Il reticolo di drenaggio superficiale appare molto sviluppato secondo linee che hanno una direzione prevalente prossima a NE-SW. Questi, pertanto, possono rappresentare i contesti dove si può avere una maggiore permeabilità e circolazione idrica sia superficiale che profonda (di seguito uno stralcio della carta geologica nazionale).




 Graniti minuti o a grana media, rosei o raramente grigi, a sola biotite o a due miche, spesso a tendenza aplitica, localmente un pò porfirici, in masse a contorni per lo più sfumati.

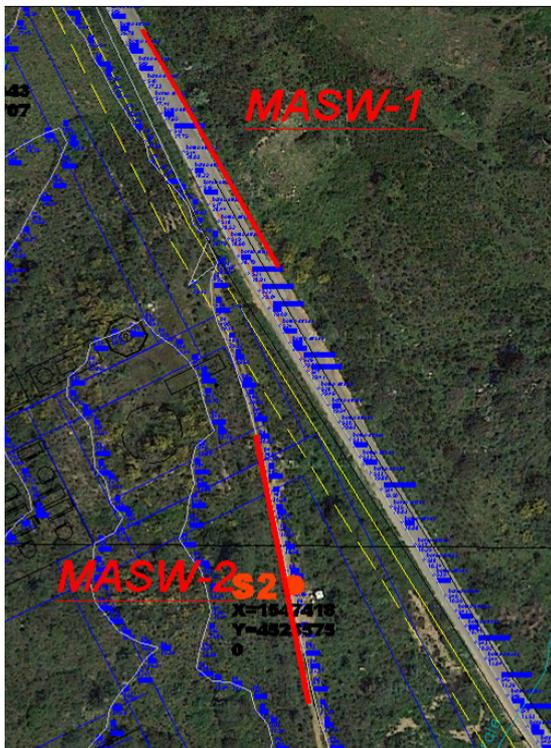
Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 6 / 27
------------------------------------	---	------------------------------------

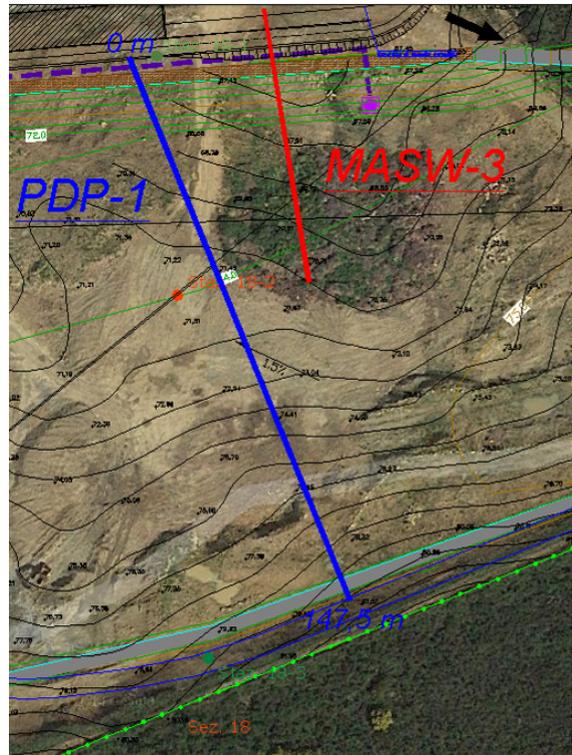
Il piano di posizione delle indagini, nonché i risultati ottenuti dall'elaborazione geoelettrica vengono riportati nelle n.2 tavole allegate. Mentre le elaborazioni delle indagini MASW, vengono riportate solo nel presente rapporto tecnico

Di seguito uno stralcio dell'immagine riportata anche in Tavola 1 in cui sono indicati nome direzione e dimensione dei profili eseguiti, così come distinti nel presente lavoro (Zona-1 e Zona-2):

ZONA-1



ZONA-2



Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 7 / 27
------------------------------------	---	------------------------------------

## 2. OPERAZIONI ESEGUITE

### 2.1-METODO DI PROSPEZIONE GEOELETTRICA (RESISTIVITA')

Come precedentemente accennato e riportato nelle Tavole allegate, è stata esplorata una sezione mediante la tecnica tomografica (ERT) con dispositivo Multielettrodo Polo-Dipolo, nella "Zona-2".

Il profilo, identificato dalla sigla PDP-1, è stato realizzato lungo una linea con andamento circa NNW-SSE ed ha una lunghezza totale di 147.5 m.

L'interdistanza degli elettrodi di potenziale è stata fissata pari a 2.5 m per un totale di n. 60 elettrodi.

Con i suddetti parametri è stata definita la modalità di acquisizione in modo da raggiungere almeno una profondità di oltre 20 m dal p.c.

Le misure sono state effettuate utilizzando il georesistivimetro SYSCAL-R2 (IRIS), ad acquisizione digitale, energizzando sul circuito di corrente tramite una serie di batterie di potenza adeguata alle dimensioni degli stendimenti ed alle profondità d'indagine.

Nella pagina seguente si riportano alcune foto delle operazioni d'acquisizione dei dati:

Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

<p>Committente: Sigeco Srl - Nuoro</p>	<p>INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI</p>	<p>Rapporto n. 2093/15 Pag. 8 / 27</p>
--	--	--



<p>Data: Novembre 2015</p>	<p>Relazione geofisica</p>	<p>Approvato:gfc</p>	<p>Rev. 00</p>
<p>MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03</p>			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	<b>INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI          INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE          DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI</b>	Rapporto n. 2093/15 Pag. 9 / 27
------------------------------------	--	------------------------------------

## 2.2-METODOLOGIA MASW

Le operazioni di acquisizione dati si sono svolte utilizzando il sismografo digitale ECHO 12-24/2002 AMBROGEO e 24 geofoni verticali Mark-Products da 4.5 Hz.

Le prove sono state realizzate utilizzando 24 geofoni posti a 3 metri l'uno dall'altro, mentre il segnale è stato generato mediante l'utilizzo di una massa battente da 11 Kg di peso che impatta sul terreno attraverso un apposito smorzatore il cui scopo è quello di limitare la trasmissione di segnali ad alta frequenza che possono disturbare il segnale utile che, per questo tipo di indagine, deve avere una componente a bassa frequenza prevalente.

Il processing dei dati è stato eseguito con il programma "Geopsy Pack 2.5.0", che consente l'estrazione delle curve di dispersione, dalla cui inversione si ottengono i profili di velocità delle onde Sv.

Di seguito si riportano alcune foto relative alle fasi di acquisizione dati:



Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 10 / 27
------------------------------------	---	-------------------------------------

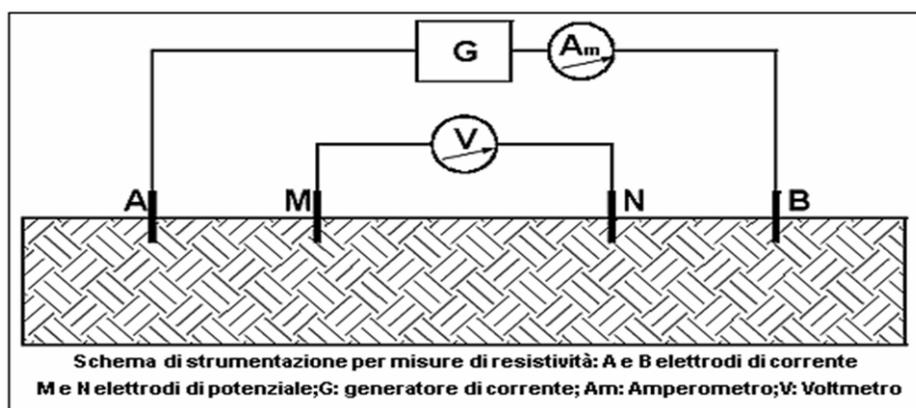
### 3. METODOLOGIA DI PROSPEZIONE GEOELETTRICA

La metodologia di indagine che è stata adottata consiste nella determinazione della resistenza elettrica specifica (resistività) dei terreni presenti nel sottosuolo, ciò per mezzo di particolari dispositivi di acquisizione dati che permettono l'interpretazione dei risultati delle misure in termini di stratigrafia del sottosuolo stesso o per l'individuazione di discontinuità laterali.

L'interpretazione geologica dei risultati geofisici non può essere univoca, infatti valori di resistività simili possono competere a litologie differenti, ma la conoscenza del contesto geologico locale porta a ridurre al minimo tale possibilità di errore. Nel presente studio sono state eseguite misure di resistività con la tecnica dei profili multielettrodo Polo-Dipolo con elaborazione tomografica.

#### 3.1 ACQUISIZIONE DATI

Per l'esecuzione delle misure di resistività si possono utilizzare vari dispositivi, tutti con 4 elettrodi infissi nel terreno: attraverso 2 di questi, infissi in posizioni note, si invia una corrente elettrica nel sottosuolo mentre con gli altri 2 si determina il gradiente di potenziale che si instaura tra 2 punti, in altrettante posizioni note, durante la circolazione di corrente nel terreno.



Dalla posizione degli elettrodi si risale ad un fattore geometrico che, inserito nel calcolo della resistenza (Differenza di potenziale / Corrente immessa nel

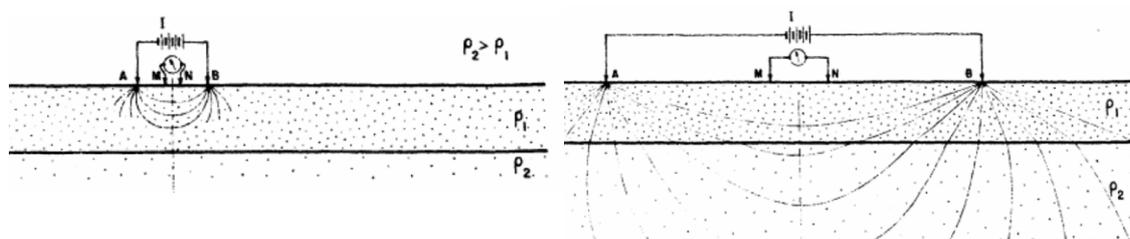
Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 11 / 27
------------------------------------	---	-------------------------------------

terreno) porta alla definizione della resistenza specifica, cioè per unità di lunghezza, o Resistività.

Questa resistività, tuttavia, è indicativa delle caratteristiche del mezzo in cui circola la corrente solo se questo è omogeneo, altrimenti è indicativa del contesto in cui è stata fatta la misura e, in particolare, dipende dalle dimensioni del dispositivo di misura. Un dispositivo piccolo è indicativo di una situazione molto localizzata in prossimità della superficie, dispositivi di dimensioni crescenti portano informazioni sulle caratteristiche del terreno a profondità sempre maggiori.

Pertanto, dato che il risultato delle misure, raramente corrisponde alla resistenza specifica del materiale, questa viene definita apparente, cioè condizionata dallo specifico dispositivo e dipendente dalla sua dimensione.



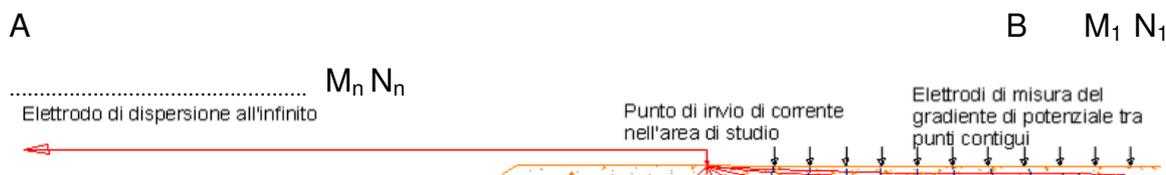
Nella tecnica del profilo Polo-Dipolo gli elettrodi di corrente (convenzionalmente A-B) vengono posti esternamente alla linea degli elettrodi di potenziale M-N, uno a distanza pari alla dimensione di un Dipolo MN dal primo degli elettrodi di potenziale (B), l'altro (A) ad un distanza molto grande rispetto alla dimensione di tutto il dispositivo di misura di elettrodi potenziometrici.

Per una determinata posizione dell'elettrodo B si eseguono varie misure di tensione su Dipoli MN posti a varie distanze lungo il profilo, i valori che si ottengono sono riferibili a profondità via via crescenti con l'aumentare della distanza tra l'elettrodo B ed il centro M-N considerato.

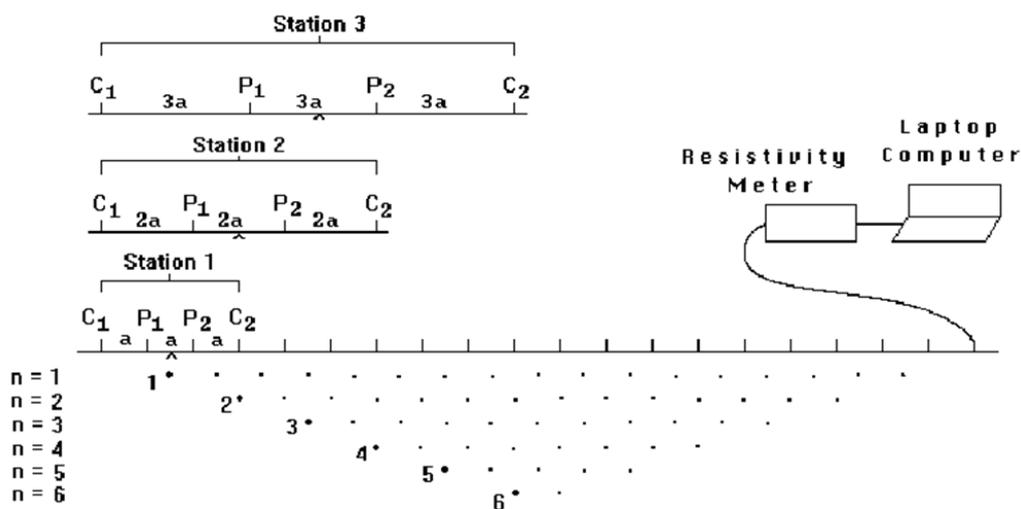
Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	<b>INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI          INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE          DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI</b>	Rapporto n. 2093/15 Pag. 12 / 27
------------------------------------	--	-------------------------------------

L'esecuzione di varie serie di misure relative a differenti posizioni dell'elettrodo B lungo un profilo porta alla rappresentazione su una sezione dell'evoluzione della resistività nel sottosuolo.



Dalle misure con il dispositivo Polo-Dipolo o con altri dispositivi quali il Dipolo-Dipolo, il Wenner (schema sotto) o lo Schlumberger, si ottengono files di dati che permettono la successiva elaborazione tomografica e ricostruzione di sezioni che rappresentano la distribuzione della resistività nel sottosuolo.



I dati relativi a questa indagine sono stati acquisiti con il sistema SYSCAL PRO della Iris Instruments, che è in grado di eseguire le misure e memorizzare i dati senza la necessità del Lap-Top Computer in campagna. I dati, vengono poi trasferiti in un altro computer per le successive elaborazioni.

Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 13 / 27
------------------------------------	---	-------------------------------------

### 3.2 ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONI DEI RISULTATI

L'elaborazione dei dati di questo tipo di indagine è finalizzata alla rappresentazione dei risultati in forma di sezione del sottosuolo (Tomografie Elettriche) mediante linee isovalore che suggeriscono la posizione e l'andamento delle discontinuità geologiche.

In generale la profondità delle strutture che vengono messe in evidenza nelle pseudosezioni sono stimabili con molta approssimazione, ciò, dato che la distorsione delle linee iso-resistive può avvenire per effetto di situazioni locali, poco influenti sugli spessori, ma molto sui valori di resistività.

La modellazione in termini quantitativi della situazione del sottosuolo può avvenire mediante specifici programmi di elaborazione che, tuttavia, lavorano su base numerica e non sono facilmente condizionabili con le informazioni geologiche note.

Nel caso specifico del programma utilizzato - RES2DINV - l'eventuale conoscenza della situazione stratigrafica in un punto della sezione, può essere imposta come condizione vincolante, ma sarebbe necessaria la conoscenza della sua evoluzione bidimensionale, per cui se questa non è perfettamente conosciuta è preferibile tenerne conto in fase di interpretazione geologica del risultato geofisico, come una sorta di taratura, anziché introdurre restrizioni vincolanti.

Un aspetto che è necessario tener presente nella valutazione dei risultati di questo tipo di indagini è relativo alla reale bidimensionalità del sottosuolo. Infatti il software di modellazione produce un modello che si presume debba svilupparsi nelle direzioni ortogonali al piano della sezione in maniera infinita mantenendo costanti le forme rappresentate nel piano della tomografia. Cioè, una eventuale discontinuità verticale (faglia) che separa un tratto di sezione, caratterizzato da una resistività  $\rho_1$  da un tratto successivo con resistività  $\rho_2$ , si presume che si sviluppi all'infinito in maniera ortogonale al piano della sezione. Questa situazione raramente può essere riscontrata nella realtà dove, invece, le

Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 14 / 27
------------------------------------	---	-------------------------------------

evoluzione delle discontinuità sono “tridimensionali”, e spesso difficilmente schematizzabili.

La bontà della modellazione numerica, pertanto, può essere definita solo in base alla differenza che viene calcolata tra l'insieme dei dati acquisiti lungo una linea di misura ed i dati che sono calcolati mediante specifici algoritmi, partendo da un modello matematico del sottosuolo.

Un basso scarto, o valore di RMS, tra i dati acquisiti e quelli calcolati porta a ritenere probabile che il modello ottenuto rappresenti bene la situazione del sottosuolo, ma, si deve ricordare anche che esistono, spesso, numerose situazioni di equivalenza, cioè modelli differenti possono portare a situazioni molto simili tra loro.

Nel caso di questo profilo il valore di RMS è risultato pari a 3.5 che indica un discreto livello di adattamento.

Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 15 / 27
------------------------------------	---	-------------------------------------

## 4. ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI (MASW)

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine sismica attiva di recente introduzione (Parker, Miller e Xia - 1999) che, attraverso l'analisi di onde superficiali di tipo Rayleigh registrate contemporaneamente da 12 o più sensori (geofoni o accelerometri), mira ad ottenere profili VS-Z (velocità delle onde di taglio – profondità) mono o bidimensionali. Nel dettaglio la perturbazione sismica viene generata da una massa battente, costituita da una mazza o da un grave in caduta libera, e misurata da uno stendimento lineare di sensori. Nelle prospezione MASW è particolarmente importante l'uso di una sorgente di energia idonea a generare onde a bassa frequenza con  $\lambda$  paragonabili alla lunghezza dello stendimento, ossia alla profondità massima che vogliamo investigare.

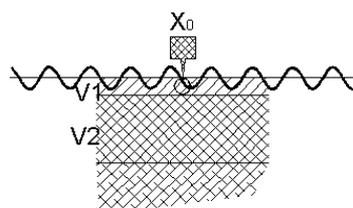
E' fondamentale, inoltre, adottare una distanza intergeofonica piccola (preferibilmente inferiore o uguale ai 2.5 m) in modo da avere informazioni anche sulle porzioni di terreno più superficiali. Ad esempio, un interspazio tra i geofoni di 5 metri non consentirebbe di avere adeguate informazioni sulla stratigrafia dei primi 5 metri di profondità. Inoltre, un'eccessiva distanza tra i geofoni (ossia un basso numero di geofoni per una certa D) ridurrebbe la "ridondanza", cioè quel fenomeno che permette di registrare la stessa frequenza da più stazioni e consente di avere un migliore rapporto segnale/rumore e quindi una migliore definizione della curva di dispersione ottimale.

Questa metodologia di indagine geofisica si basa sulla constatazione che la velocità di propagazione delle onde superficiali non è costante al variare della frequenza delle onde stesse: questa osservazione trova giustificazione nel fatto che la sollecitazione su una parte infinitesima del terreno, durante la propagazione di un'onda superficiale, segue una traiettoria circolare con oscillazione ritmica rispetto ad un punto centrale che rimane fermo.

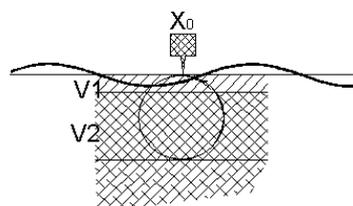
Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	<b>INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI          INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE          DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI</b>	Rapporto n. 2093/15 Pag. 16 / 27
------------------------------------	--	-------------------------------------

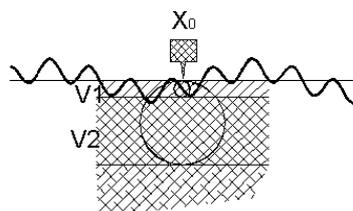
Appare evidente, quindi, che onde di lunghezza più grande interessano zone più profonde di quanto non accada per oscillazioni a lunghezza d'onda inferiore. Nelle figure seguenti si rappresenta graficamente questo fenomeno:



Onda che si propaga nello strato superficiale con velocità  $V1$ :  
 Frequenza  $F1$   
 Lunghezza d'onda  $\lambda_1 = V1/F1$   
 Profondità di indagine =  $0.5 \times \lambda_1$



Onda che si propaga nello strato profondo con velocità  $V2$ :  
 Frequenza  $F2 = F1/5$   
 Lunghezza d'onda  $\lambda_2 = V2/F2$   
 Profondità di indagine =  $0.5 \times \lambda_2$

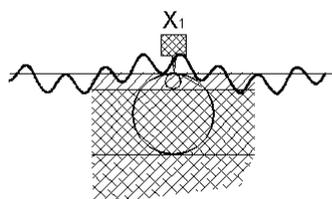


Onda effettivamente registrata dal sensore posto nella posizione  $X_0$  e risultante dalla somma delle precedenti, ma ognuna si propaga con la velocità dello strato che interessa maggiormente.

Sperimentalmente si osserva che i segnali registrati in un punto diverso non sono solo attenuati dalla distanza dal punto sorgente, ma hanno anche differenti sfasamenti delle varie componenti, cioè:

Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	<b>INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI          INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE          DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI</b>	Rapporto n. 2093/15 Pag. 17 / 27
------------------------------------	--	-------------------------------------



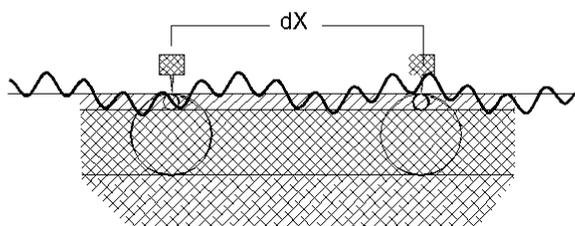
Un sensore posto ad una distanza diversa ( $X_1$ ) registrerà ancora la somma delle due componenti ma saranno diverse le rispettive fasi.

La differenza di fase ( $\Phi$ ), per ciascuna componente, tra il sensore in  $X_0$  e quello in posizione  $X_1$  ( $dX$ ) sarà pari a :  $V1=dX / t(F1)$  dove  $t(F1)$  è lo spostamento di tempo corrispondente alla variazione di fase, cioè:

$$t(F1) = \Phi(F1)/(360^\circ/F1) \text{ pertanto,}$$

$$\Phi(F1) = t(F1) * (360/F1), \text{ quindi la seguente equazione}$$

$\Phi(F1) = (dX / V1) * (360/F1)$  dimostra che la differenza di fase per una data frequenza rilevata a due punti distanti  $dX$  dipende dalla rispettiva Velocità



Tenendo conto che un segnale sismico generato artificialmente (mediante un colpo di un martello, ad esempio) ha un contenuto in frequenza ampio, un terreno stratificato con materiali di differenti caratteristiche, quindi, si comporterà come un filtro, separando le varie componenti che si propagheranno nei vari strati con le velocità caratteristiche, dipendenti essenzialmente dai parametri di elasticità degli stessi e dalla densità in situ del materiale.

Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 18 / 27
------------------------------------	---	-------------------------------------

## 4.1 ELABORAZIONE DATI

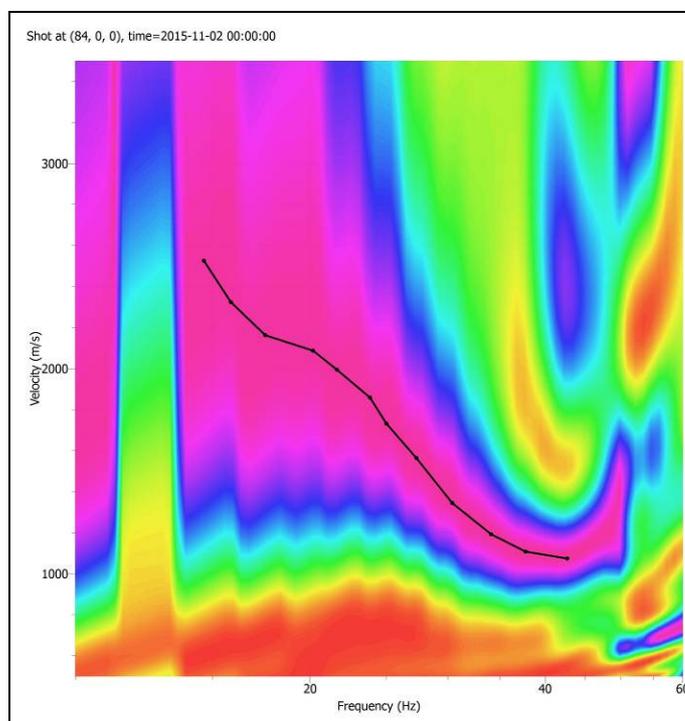
L'elaborazione del dato, esportato in formato standard SEG2, si effettua attraverso le seguenti fasi principali:

- **Input dei dati.** lettura e conversione dei files SEG2
- **Generazione dello spettro tridimensionale della funzione FK,** (Linear FK for active experiments), rispetto alla frequenza e velocità dei segnali; l'involuppo dei punti di massima intensità di questo spettro in funzione della frequenza identifica la cosiddetta curva di dispersione della Vs in funzione della frequenza.

- **Picking della curva di dispersione**

Di seguito si riporta una immagine relativa alla curva di dispersione ottenuta per la MASW 1 nel range di frequenze comprese tra 10-60 Hz; tuttavia si è ritenuta attendibile la curva di dispersione nel range 15-4Hz, mentre a frequenze maggiori e minori si ha una scarsa attendibilità

Curva di dispersione MASW 1



Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

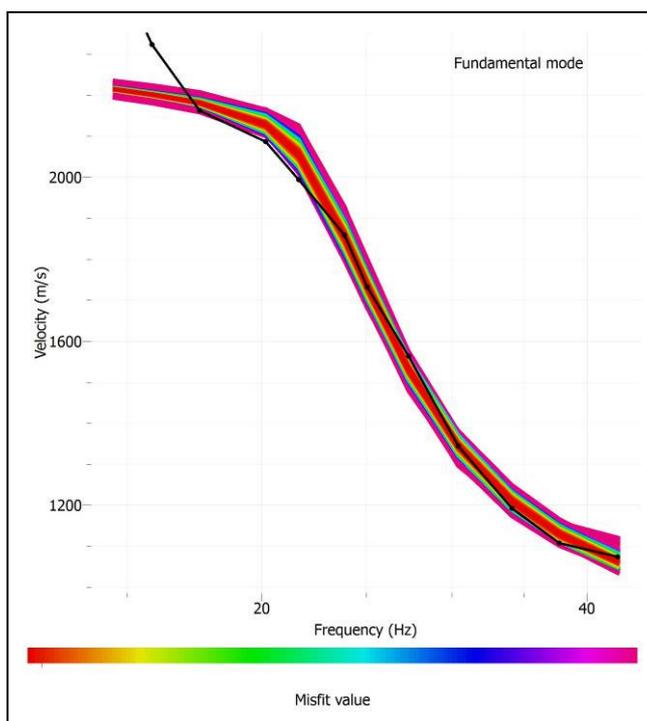
Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 19 / 27
------------------------------------	---	-------------------------------------

- **Scelta del modello stratigrafico di partenza**, con le relative variabilità, coerente con le caratteristiche geologico-stratigrafiche della zona oggetto di studio, note dai risultati di altre indagini
- **Inversione delle curve di dispersione**. La procedura iterativa considera la differenza tra la curva di dispersione calcolata in base al modello stratigrafico di partenza e quella sperimentale e apporta al suddetto modello quelle modifiche che sono suscettibili di ridurre la suddetta differenza. Il parametro che indica in maniera univoca l'adattamento o disadattamento delle curve calcolate rispetto a quella sperimentale è indicato dal valore del **Misfit** (disadattamento) che ovviamente deve tendere ad essere il più basso possibile.

Di seguito si riporta una immagine del grafico relativo al confronto della curva sperimentale con un gruppo di curve teoriche il cui **Misfit** varia in un range del 10% ristretto al miglior adattamento (quanto più il fascio di curve è ristretto e contiene la curva sperimentale tanto più saranno attendibili i modelli numerici della stratigrafia ottenuti).

Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 20 / 27
------------------------------------	---	-------------------------------------



Confronto della curva sperimentale con un gruppo di curve teoriche il cui **Misfit** in un range del 10%

- **Il risultato finale**, pertanto, è rappresentato dal profilo stratigrafico corrispondente alla curva con il più basso valore di **Misfit** (linea nera) e dagli altri possibili modelli che rientrano nel 10% di variazione del **Misfit**.

Di seguito il risultato in oggetto, in cui si riporta l'andamento della Vs in funzione della profondità. (I valori numerici indicano la velocità corrispondente al modello con il minor disadattamento)

Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

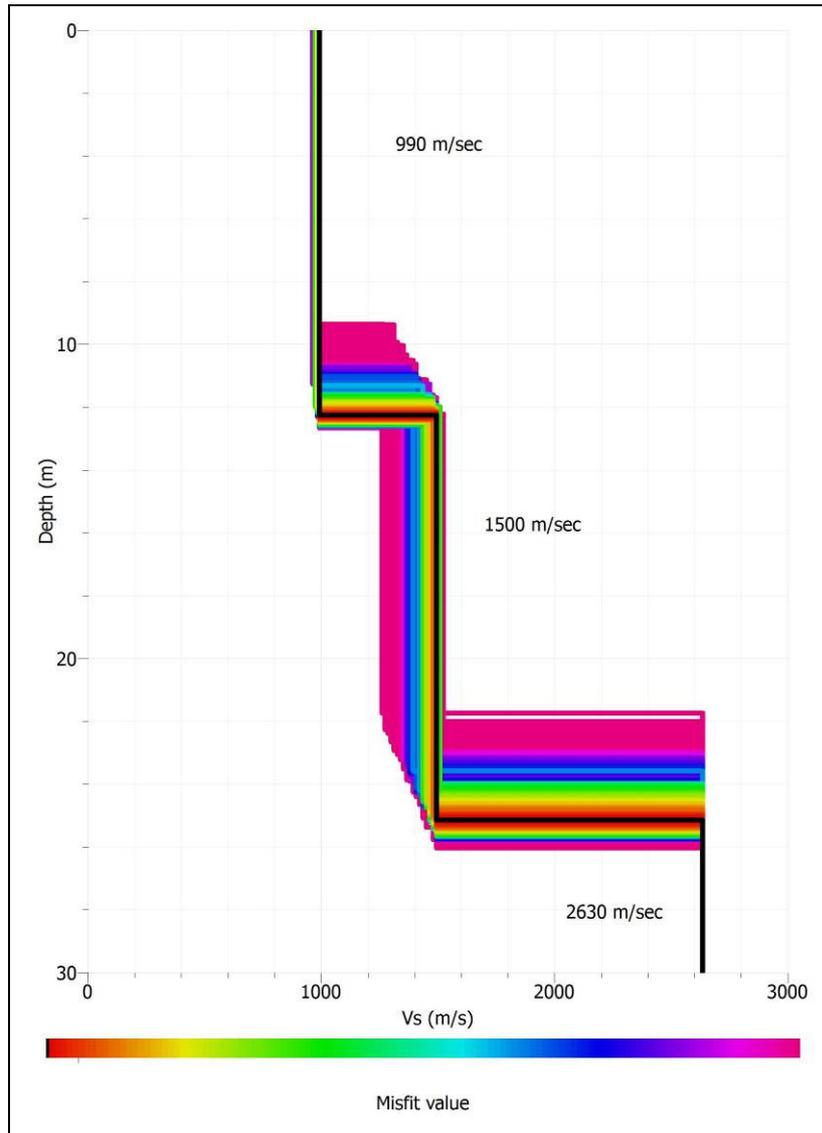


Grafico Vs - Profondità

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	<b>INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI          INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE          DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI</b>	Rapporto n. 2093/15 Pag. 22 / 27
------------------------------------	--	-------------------------------------

Gli stessi grafici sono stati ottenuti per la MASW 2 e la MASW 3:

**MASW2:**

Curva di dispersione e Inversione della curva

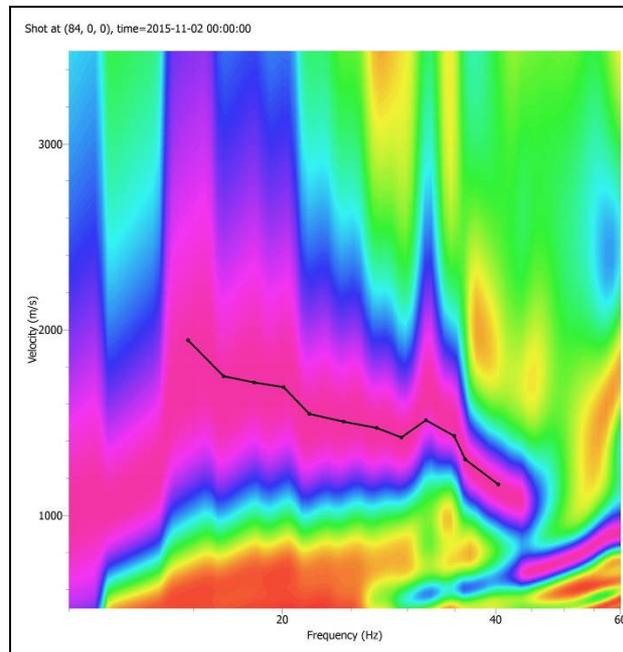
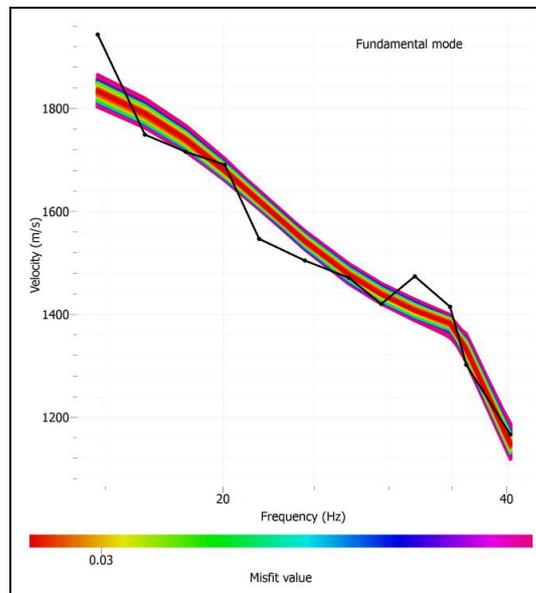
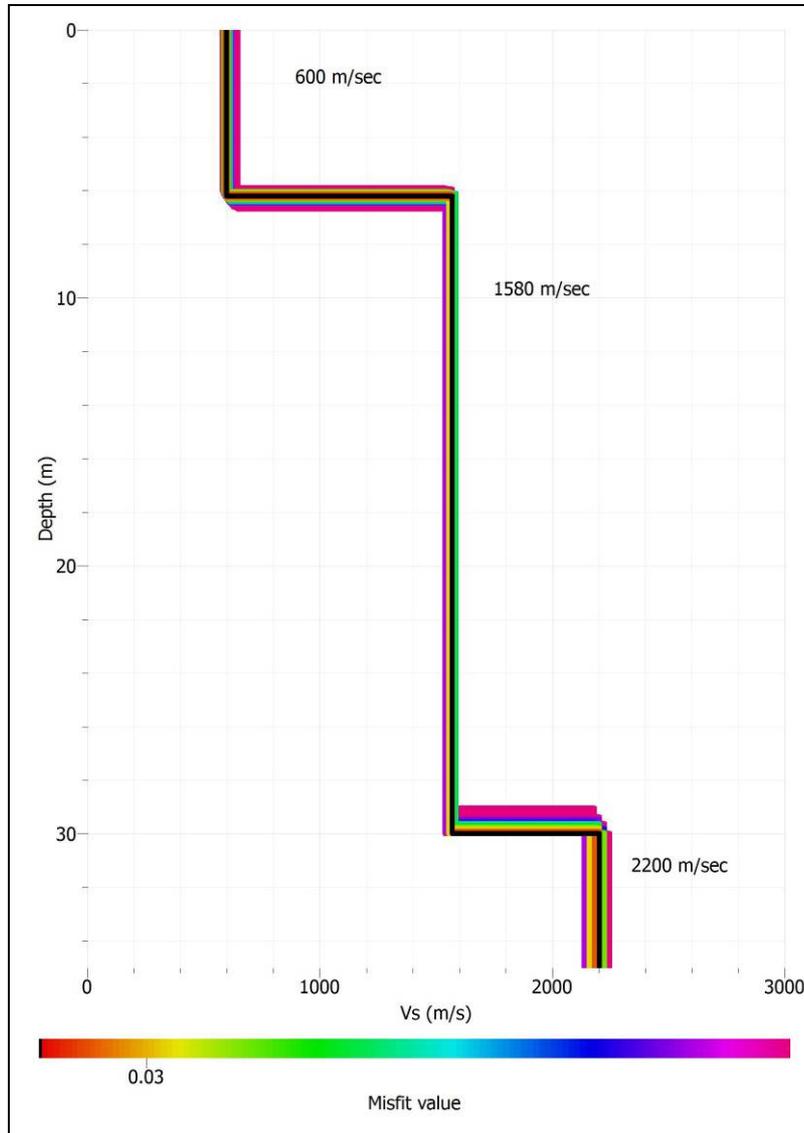


Grafico velocità - Frequenza



Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Profilo Vs-Z ottenuto per la MASW2



**MASW3:**

Curva di dispersione e Inversione della curva

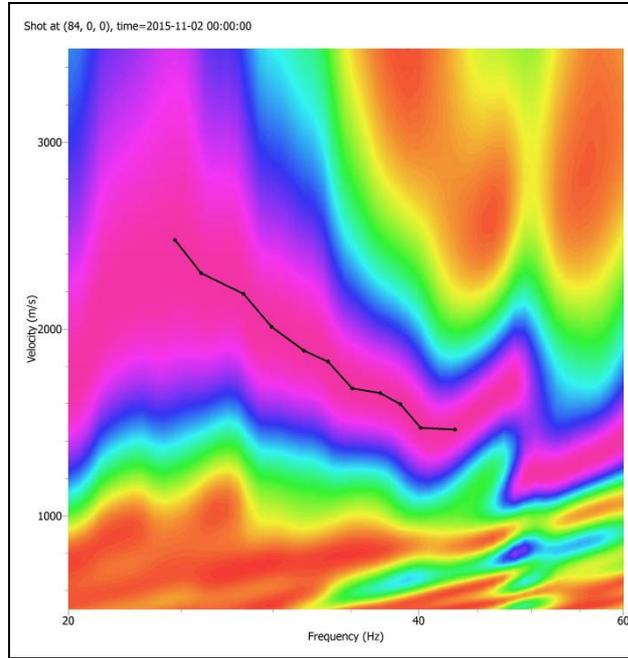
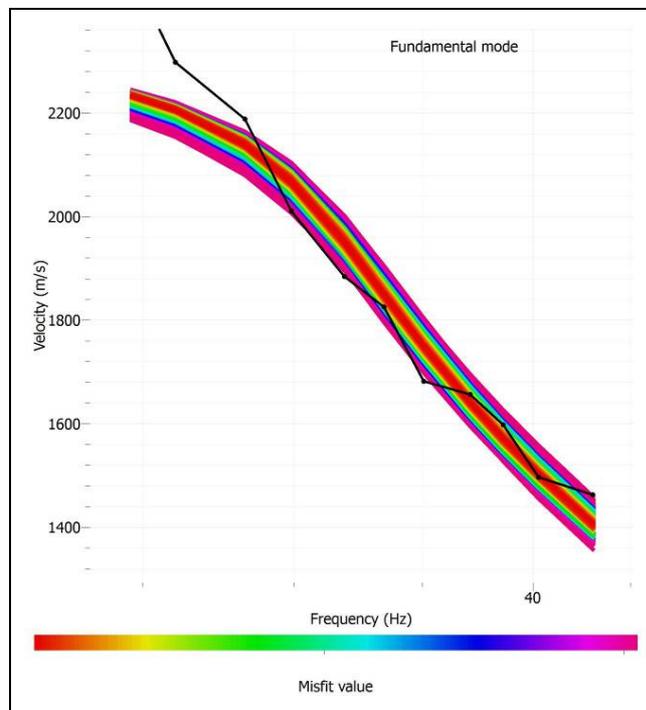
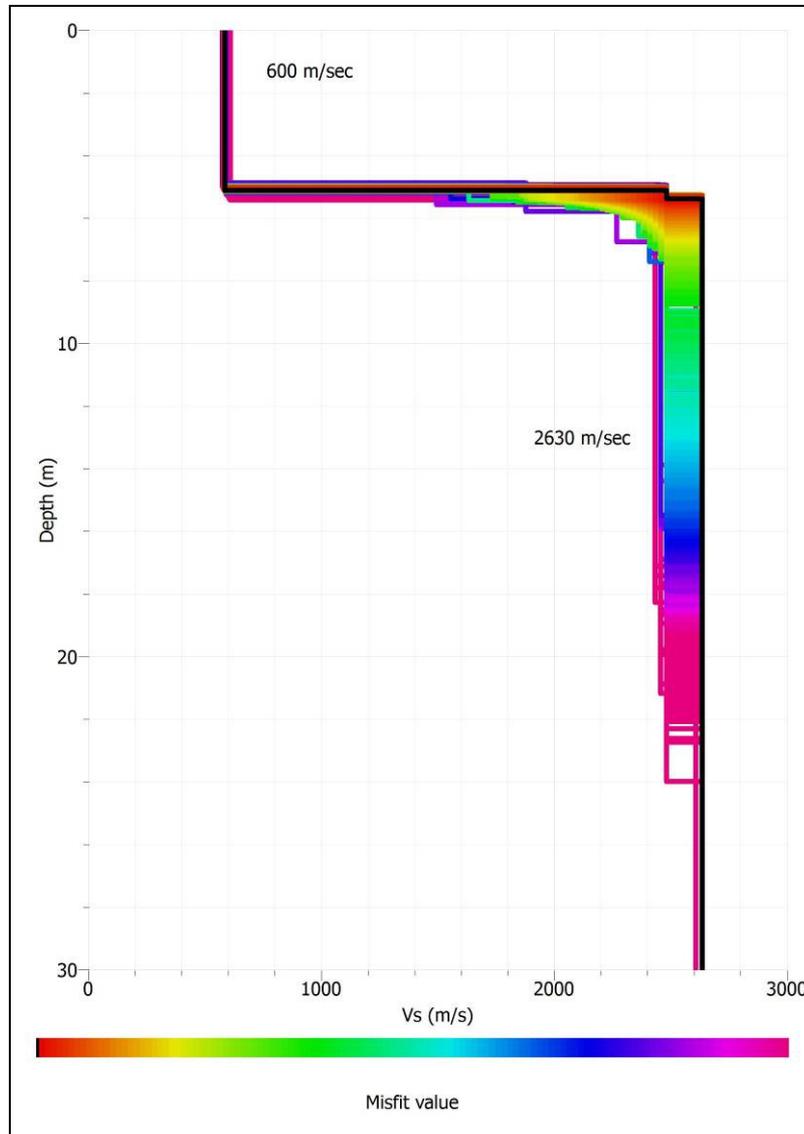


Grafico velocità - Frequenza



Committente: Sigeco Srl - Nuoro	<b>INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI          INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE          DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI</b>	Rapporto n. 2093/15 Pag. 25 / 27
------------------------------------	--	-------------------------------------

Profilo Vs-Z ottenuto per la MASW3



Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 26 / 27
------------------------------------	---	-------------------------------------

## 5. RISULTATI CONSEGUITI

### 5.1 INDAGINE GEOELETTRICA

I risultati dell'elaborazione quantitativa del profilo esplorato vengono riportati nelle Tavole allegate al presente rapporto tecnico; in particolare si riporta il modello bidimensionale (tomografia di resistività) rappresentate per mezzo di variazioni cromatiche (associate ad altrettante variazioni dei valori di resistività) con cui sono stati caratterizzati i vari blocchi con i quali viene modellato il sottosuolo (Tavola 2).

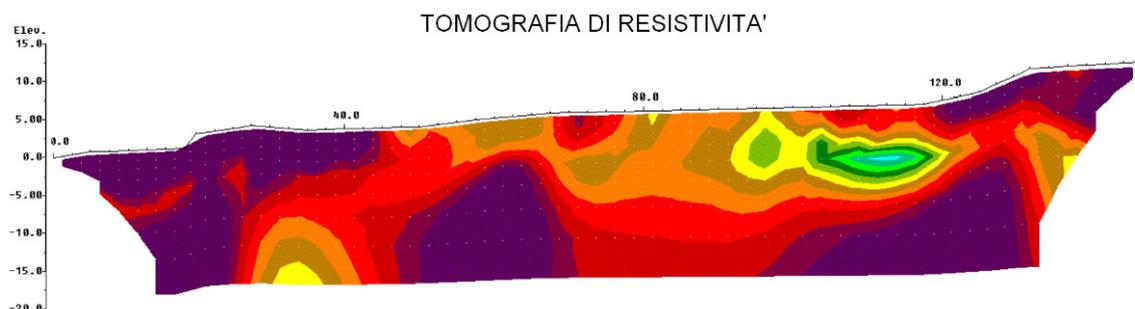
La bontà del modello, in termini d'interpretazione numerica, è stata verificata al terminale videografico attraverso il confronto tra la pseudosezione costruita con i dati acquisiti e quella calcolata in base al modello suddetto.

Tutte le tomografie sono rappresentate mediante le variazioni comprese in un *range* tra circa 10 fino ad oltre 300 Ohm\*m.

Le sequenze elettrostratigrafiche delle tomografie, pertanto, sono compatibili con i valori di resistività attesi per le formazioni geologiche presenti nella zona investigata.

I valori di resistività emersi dall'indagine tomografica sono risultati mediamente elevati, quasi sempre superiori a 100 Ohm\*m. Questo è perfettamente in accordo con la presenza delle litologie granitiche, caratterizzate in genere da resistività elevate.

Di seguito si riporta l'immagine della tomografia geoelettrica.



Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			

Committente: Sigeco Srl - Nuoro	INDAGINI GEOFISICHE DEI TERRENI INDIVIDUATI PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI CONSORTILI	Rapporto n. 2093/15 Pag. 27 / 27
------------------------------------	---	-------------------------------------

Di seguito si riporta l'immagine della scala cromatica utilizzata.



All'interno del contesto resistivo emerso sono state individuate alcune zone a più bassa resistività, che possono essere messe in relazione alla presenza di fratture variamente orientate o di aree a maggiore alterazione, in cui può essere presente una circolazione idrica preferenziale.

Il massimo ispessimento della zona alterata e fratturata è stata rilevata attorno alla progressiva 92.

## 5.2 INDAGINE MASW

Le stratigrafie ottenute dalle prove MASW, come evidenziato nello specifico capitolo, evidenziano la presenza di un contesto molto veloce in entrambe le zone esplorate; i primi metri sono caratterizzati da velocità delle onde S che raggiungono i 600-900m/sec, indicativi della presenza di una formazione litoide moderatamente alterata.

Andando verso profondità maggiori le velocità crescono decisamente fino a valori di oltre 2.300-2.600 m/sec ad indicare la presenza di una roccia decisamente compatta. Questi valori sono perfettamente in accordo con la presenza della litologia granitica..

Per quanto riguarda i valori del Parametro Vs30, i valori calcolati sono i seguenti:

MASW	Vs30 (m/sec)
MASW-1 (Zona-1)	1320
MASW-2 (Zona-1)	1190
MASW-3 (Zona-2)	1680

Questi dati permettono di classificare il terreno di fondazione dell'area in esame in **Categoria A**, ai sensi delle NTC 2008.

Novembre 2015

Dott. Geol. Stefano Conti

Data: Novembre 2015	Relazione geofisica	Approvato:gfc	Rev. 00
MO 08 01 rapporto ISO9001 - rev.03			