

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J94J17000040001

U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA BOLZANO – MERANO

REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI
SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE

GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

INDAGINI GEOFISICHE – RELAZIONE (Sezioni Goelettriche L1-L2; sismica down-hole BH5)

SCALA:

-

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

N B 1 D 0 1 D 6 9 I G G E 0 0 0 5 0 0 4 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	D. Roverselli 		S.Rodani 		C. Mazzocchi 		M. Comedini - Luglio 2021

File:

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA FASE DI ATTIVITÀ SUL TERRENO	4
2	RILIEVO TOMOGRAFICO ELETTRICO	5
2.1	TOMOGRAFIA ELETTRICA / METODOLOGIA.....	5
2.2	CENNI TEORICI.....	5
2.3	MODALITÀ DI MISURA	6
2.4	MODALITÀ D’INTERVENTO	7
2.5	MODALITÀ OPERATIVE	8
2.1	ACQUISIZIONE DATI.....	11
2.2	ELABORAZIONE DATI.....	11
2.3	ANALISI DEI DATI	12
2.3.1	<i>Profilo L1</i>	13
2.3.2	<i>Profilo L2</i>	13
3	PROVA DOWN-HOLE	18
3.1	DESCRIZIONE / ACQUISIZIONE PROVA D-H	18
3.2	ELABORAZIONE E RESTITUZIONE DEI DATI.....	19
	ALLEGATO 1: DOWN-HOLE DH5	21

1 PREMESSA

Nell'ambito del Progetto Definitivo per la realizzazione del nuovo tunnel ferroviario del Virgolo, sono state eseguite specifiche indagini geofisiche di supporto alla progettazione.

L'attività si è articolata attraverso la realizzazione di specifiche metodologie geofisiche, sia di tipo lineare, sul terreno, sia di tipo puntuale, all'interno di fori di sondaggio. Nel dettaglio sono stati eseguiti:

- N. 2 Profili Tomografici Elettrici, denominati **L1** e **L2**, sviluppati rispettivamente in direzione longitudinale e trasversale all'asse del ponte ferroviario, finalizzati alla ricostruzione di un modello geologico/stratigrafico del sottosuolo, definito sulla base della geometria delle unità elettrostratigrafiche caratterizzanti il sottosuolo stesso. Il profilo L1 è stato realizzato con una stesa di 48 elettrodi posizionati ad intervalli regolari di 5 m, pari a uno sviluppo lineare di 235 m, mentre il profilo L2, costituito da 56 elettrodi, ad intervalli regolari di 6 m, ha avuto uno sviluppo totale di 330 m.
- N. 1 Prova Down-Hole, realizzata nel foro di sondaggio **BH5**, della lunghezza di 50 m, denominata **D-H5**, per la definizione dei profili di velocità V_p , V_s , V_{seq}/V_{s30} , ai sensi delle NTC 2018, e dei moduli dinamici dei terreni carotati.

In uno specifico elaborato grafico (codifica NB1D01D69IGGE0005003A), è stata inoltre riportata in dettaglio l'ubicazione dei profili ubicati sia trasversalmente (L1) sia parallelamente al fiume (L2), lungo la sponda destra, come mostrato in **Fig. 1**.

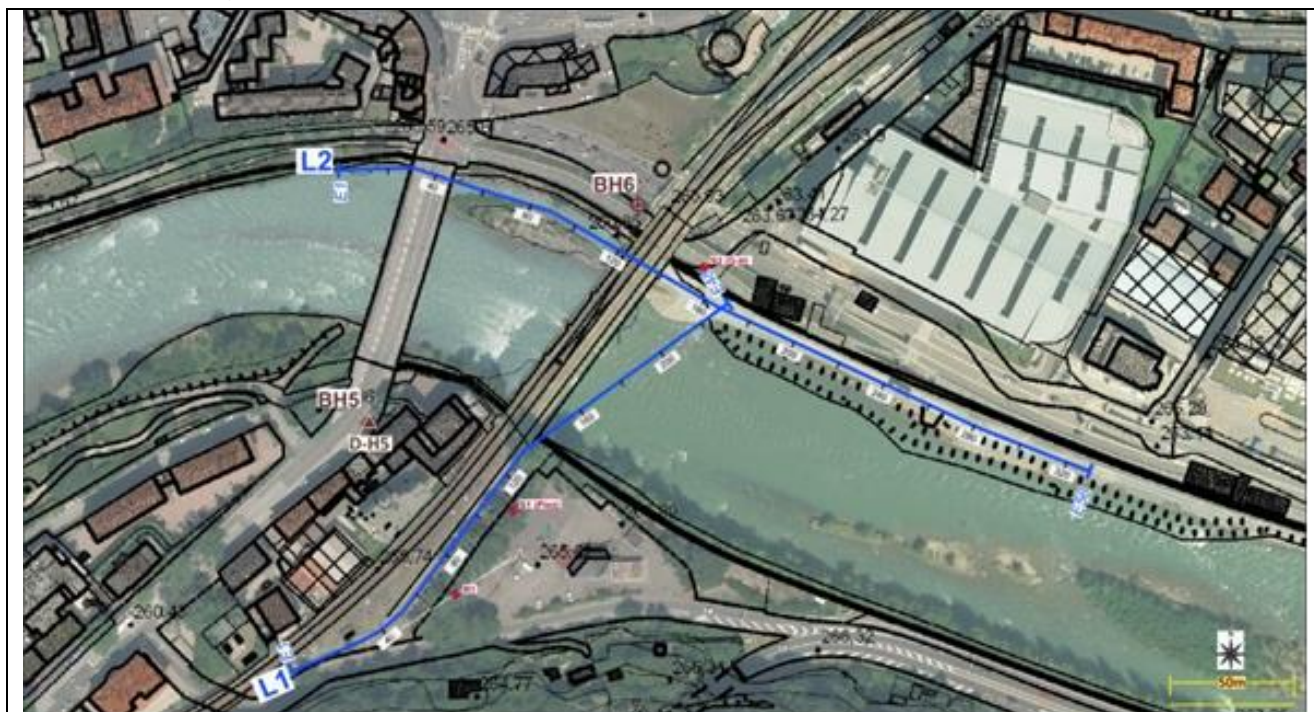


Fig. 1 – Estratto dalla planimetria di riferimento con l'ubicazione delle indagini geofisiche eseguite

1.1 Documentazione fotografica relativa alla fase di attività sul terreno

INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA L1 (Stendimento sul F. Isarco a sinistra e su terreno a destra)



INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA L2 (Stendimento nel greto del F. Isarco a sinistra e georesistivimetro a destra)



INDAGINE SISMICA IN FORO D-H5 DOWN-HOLE (dettagli energizzazione onde Vp a sinistra e onde Vs a destra)



2 RILIEVO TOMOGRAFICO ELETTRICO

I profili tomografici elettrici L1 e L2 sono stati acquisiti rispettivamente mediante il posizionamento di n. 48 elettrodi con spaziatura di 5 m pari ad uno sviluppo lineare di 235 m (L1) e n. 56 elettrodi con spaziatura di 6 m pari ad uno sviluppo lineare di 330 m.

La **Fig.2** visualizza le tracce dei profili tomografici elettrici (**L1** e **L2**) su foto aerea

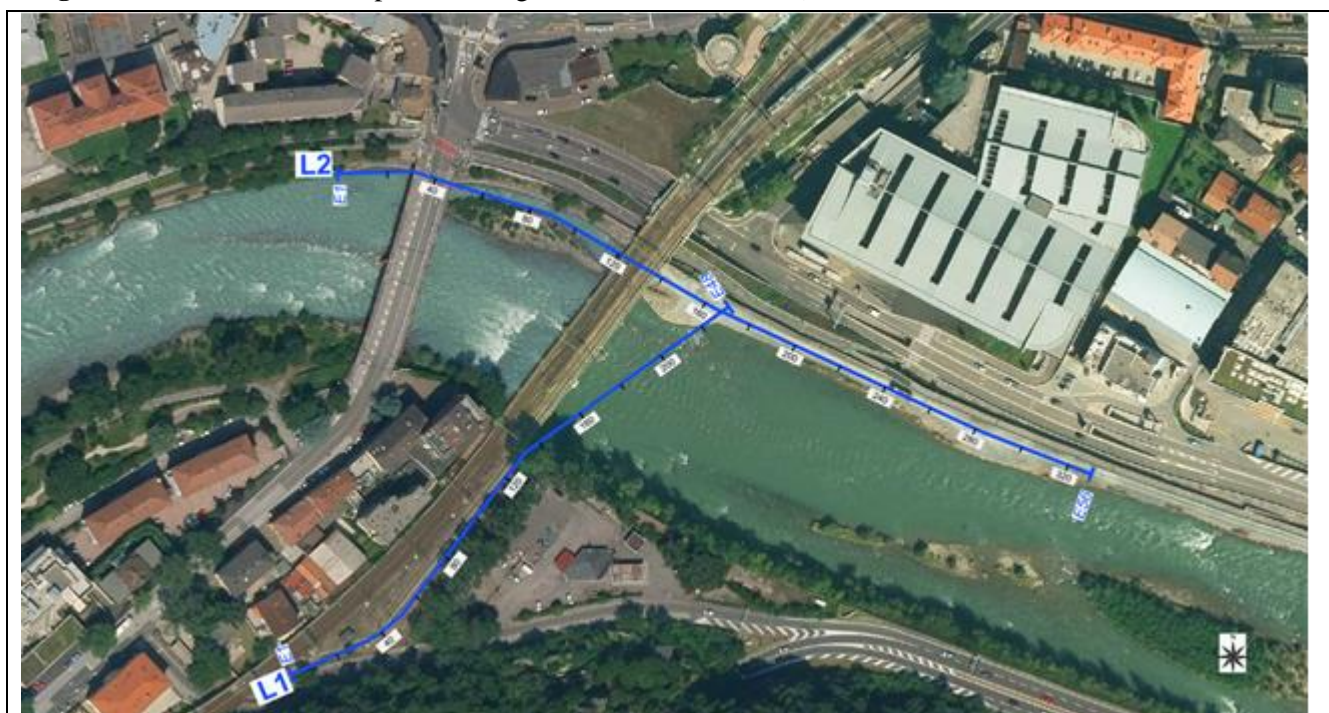


Fig. 2 – Ubicazione profili elettrici L1 ed L2

2.1 Tomografia elettrica / Metodologia

La metodologia “geoelettrica” rappresenta uno dei metodi geofisici storicamente più utilizzati per la ricostruzione delle strutture presenti nel sottosuolo con particolare riferimento alle tematiche legate alla caratterizzazione delle diverse formazioni geolitologiche.

I recenti sviluppi dell’elettronica e delle procedure di acquisizione dati gestite via software, hanno consentito di applicare questa metodologia, un tempo lenta e laboriosa, ai più disparati settori dello studio del sottosuolo con tempistiche e dettaglio un tempo impensabili.

2.2 Cenni teorici

Il parametro di base è la “resistività elettrica”, proprietà fisica che esprime la “resistenza” che i materiali offrono al passaggio della corrente elettrica.

Le misure geoelettriche consentono, valutando le deformazioni del flusso di corrente indotte dalle proprietà fisiche dei materiali, di caratterizzare i materiali stessi e ricostruirne la distribuzione spaziale.

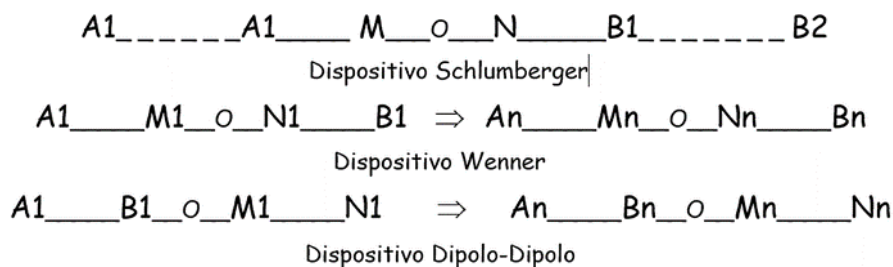
La resistività che caratterizza i materiali costituenti il sottosuolo, è determinata essenzialmente dai seguenti fattori:

- natura litologica (conducibilità intrinseca dei componenti di base);
- porosità e/o fratturazione e quindi forma, dimensione e continuità dei pori;
- percentuale di presenza di fluidi interstiziali (essenzialmente presenza di acqua);
- grado di salinità dell'acqua di saturazione;
- presenza di matrice fine.

2.3 Modalità di misura

La misura del valore di resistività elettrica dei materiali si realizza creando un campo elettrico artificiale nel mezzo oggetto dell'indagine e studiandone la distribuzione nel sottosuolo.

Il dispositivo di misura è costituito quindi da due coppie di elettrodi metallici (quadripolo) infissi sul terreno con geometrie che si differenziano in funzione del tipo di rilievo da realizzare.



Il dispositivo di misura classico è costituito quindi da due coppie di elettrodi metallici infissi nel terreno a distanze opportune (dispositivo quadripolare). Generalmente i dispositivi utilizzati sono simmetrici rispetto ad un punto centrale O al quale si riferisce il valore misurato.

La coppia (A-B) costituisce il circuito con il quale s'immette corrente nel terreno, la coppia (M-N) è il circuito di misura della differenza di potenziale generata nel terreno stesso dal passaggio della corrente.

Si misurano così le variazioni del campo elettrico, indotte dalle eterogeneità litologiche presenti nel sottosuolo; queste variazioni sono più o meno marcate in funzione del contrasto di resistività elettrica esistente fra mezzi con caratteristiche differenti.

La profondità dell'esplorazione è direttamente proporzionale alla distanza tra i due elettrodi A e B e alle caratteristiche intrinseche del mezzo esplorato.

La scelta del dispositivo più opportuno è legata alle condizioni dell'area da indagare, sia in termini strutturali sia di rapporto segnale-rumore (S/N); in questo lavoro è stata utilizzata una combinazione Wenner-Schlumberger per L1 mentre per L2 è stato utilizzato il dispositivo Schlumberger.

L'innovazione fondamentale introdotta nell'acquisizione tomografica è rappresentata dall'utilizzo di strumentazioni digitali "multicanale" in grado di gestire automaticamente un gran numero di elettrodi che riducono largamente i tempi di acquisizione e forniscono la misura della resistività in corrispondenza di un elevato numero di punti costituenti la sezione indagata.

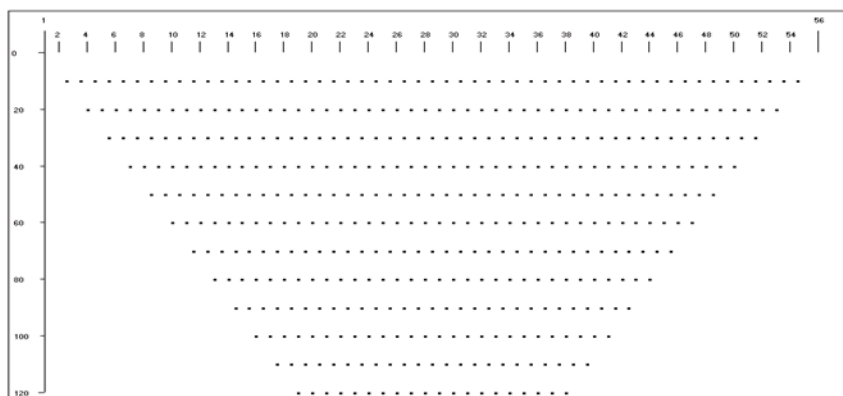


Fig. 3 - Tomografia elettrica – Esempio di distribuzione delle misure

Grazie all'elevata densità dei punti si rende possibile, nella fase di elaborazione, l'applicazione di potenti algoritmi di "inversione" bidimensionale (2D) ricostruendo con estremo dettaglio, la sezione di resistività "vera", definendo in particolare gli effetti delle "variazioni laterali" e quindi restituendo una rappresentazione finale largamente corrispondente alla situazione reale.

2.4 Modalità d'intervento

La capacità della tomografia elettrica di discriminare con dettaglio le unità di copertura, le variazioni laterali, nonché le eventuali "inversioni di resistività" (che costituiscono un grande limite per altre metodologie) rappresenta una fondamentale caratteristica del metodo. Gli elettrodi vengono disposti lungo stendimenti sulla superficie topografica, secondo lo schema rappresentato in **Fig. 3**. In tal caso, la profondità di esplorazione è direttamente proporzionale alla lunghezza dello stendimento, mentre il dettaglio è funzione della distanza elettrodica. Entrambe queste dimensioni rappresentano quindi un aspetto fondamentale per la progettazione dell'intervento. In genere le indagini sono volte all'esplorazione secondo sezioni bidimensionali (2D) ma è possibile intervenire con modalità tridimensionale (3D) sia in acquisizione sia in elaborazione. È inoltre possibile l'elaborazione 3D sulla base di una geometria di acquisizione 2D.

I dati sono stati acquisiti tramite un resistivimetro digitale del tipo A.G.I. SUPER STING R8/IP dotato di sistema automatico di commutazione degli elettrodi di misura (smart electrodes) secondo le diverse configurazioni elettrodiche e pacchetto software dedicato per la gestione di tutte le fasi di rilievo



Fig. 4 - Georesistivimetro digitale

La principale innovazione introdotta dalla strumentazione utilizzata è rappresentata dalla gestione totalmente automatizzata delle misure che si realizza grazie alla tecnologia dei cosiddetti “elettrodi intelligenti” (smart electrodes), che consente ad ogni elettrodo, dotato di elettronica interna, di essere utilizzato sia per l’invio della corrente sia per la misura del potenziale. È quindi possibile l’acquisizione in tempi brevi di un elevato numero di punti (800/1000 punti/h).



Fig. 5 - Smart electrode

Lo strumento è in grado di gestire fino a 254 elettrodi contemporaneamente collegati, gestendo via software tutte le operazioni relative al controllo di qualità dei dati acquisiti attraverso le seguenti fasi:

- controllo del dispositivo di misura tramite verifica della resistenza di contatto degli elettrodi;
- azzeramento dei potenziali spontanei;
- iniezione di corrente in quantità, periodo e sequenza opportune;
- misura della differenza di potenziale e verifica della qualità del dato tramite il calcolo della “deviazione standard”;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all’acquisizione.

2.5 Modalità operative

La preparazione dello stendimento geoelettrico L1, sviluppato in direzione longitudinale all’asse ferroviario e quindi in attraversamento dell’alveo del F. Isarco, ha comportato la predisposizione di un idoneo sistema di sospensione di un cavo in materiale sintetico, ancorato alle sponde, in grado di garantire il posizionamento del cavo multipolare e l’allineamento degli elettrodi posti a contatto con il pelo libero dell’acqua.

**INDAGINI GEOFISICHE – RELAZIONE (Sezioni
geoelettriche L1-L2; sismica down-hole BH5)**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D 69 IG	GE 00 05 004	A	9 di 26

Lo stendimento geoelettrico L2, viceversa si è sviluppato in direzione trasversale all'asse ferroviario totalmente all'interno del greto lungo la sponda destra del F. Isarco.



Fig. 6 – Fase di installazione del sistema di sospensione del cavo elettrico multipolare tramite fune sintetica



Fig. 7 – Particolare del sistema di ancoraggio in sponda destra del fiume



Fig. 8 – Fase di registrazione con gli elettrodi posti a contatto con il pelo libero dell’acqua, sponda destra F. Isarco



Fig. 9 – Cavo elettrico (giallo) fissato alla fune di sostegno (arancione), con elettrodi a livello dell’acqua, sponda sinistra F. Isarco

	LINEA BOLZANO - MERANO REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE					
INDAGINI GEOFISICHE – RELAZIONE (Sezioni geoelettriche L1-L2; sismica down-hole BH5)	COMMESSA NB1D	LOTTO 01	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 00 05 004	REV. A	FOGLIO 11 di 26

2.1 Acquisizione dati

L'acquisizione automatica dei dati garantisce, come accennato, un'elevata velocità di esecuzione. In tale situazione per la miglior qualità dei dati è di fondamentale importanza un "layout" ottimale della linea degli elettrodi. In particolare è necessario verificare la "resistenza di contatto" tra gli elettrodi ed il terreno ed eventualmente adottare le adeguate procedure di riduzione di tale parametro prima dell'inizio del processo di acquisizione. Prima dell'avvio delle misure, tramite la stessa strumentazione, si procede quindi alla verifica dei valori di resistenza di contatto che vengono registrati per il successivo controllo di qualità.



Una volta verificato il layout e iniziata la serie di misure, che procede automaticamente, è possibile proseguire con il successivo layout di elettrodi lungo il profilo che consente di realizzare l'acquisizione in continuo secondo la procedura definita del "roll-along".

Ogni misura di resistività viene effettuata con una ripetizione del ciclo "+-+-" di cui viene calcolato il valore della deviazione standard.

2.2 Elaborazione dati

L'elaborazione dei dati segue il seguente schema:

- editing per l'individuazione e rimozione dei valori caratterizzati da un errore elevato (deviazione standard > 2%);
- ricostruzione della sezione di pseudoresistività apparente misurata;
- definizione delle dimensioni della griglia da utilizzare per l'inversione 2D;
- inversione 2D e la ricostruzione della sezione di resistività tramite iterazioni successive condotte sulla base del confronto delle pseudosezioni di resistività misurata e calcolata.

I passi indicati sono sviluppati tramite l'utilizzo dei seguenti pacchetti software:

- RES2DINV 3.57

Programma che, dai dati di resistività apparente calcolata e utilizzando la tecnica di inversione smoothness-constrained least-squares, produce un modello bidimensionale di resistenza reale vs profondità. Il programma è completamente automatico ed è stato ottimizzato per essere utilizzato con “data set” di grandi dimensioni acquisiti secondo le configurazioni Wenner, Schlumberger, dipolo-dipolo, polo-polo, polo-dipolo, ecc.

Tramite questo programma è inoltre possibile effettuare le adeguate correzioni topografiche. Unitamente al programma RES2DMOD costituisce un avanzato pacchetto di “inversione” e “modeling” bidimensionale. Il programma seleziona automaticamente i migliori parametri di inversione per ogni particolare set di dati e comunque i parametri che influenzano il processo di inversione possono essere modificati dall’utente.

Sono forniti tre differenti variazioni del metodo least-squares: uno molto veloce “quasi Newton”, uno più lento ma più accurato “Gauss-Newton” e una tecnica ibrida mediamente veloce che include i vantaggi di entrambe i metodi precedenti.

- **GOLDEN SOFTWARE – SURFER**

Software utilizzato per la rappresentazione dei dati acquisiti tramite curve ad isovalore (contouring) di resistività apparente.

Le n.2 sezioni di resistività ottenute, vengono inoltre visualizzate in modalità 3D attraverso il pacchetto software EVS (Earth Volumetric Studio) della C Tech. Il risultato di tale elaborazione viene riportato in **Fig. 13**, **Fig. 14** e **Fig. 15** con viste da differenti angolazioni.

2.3 Analisi dei dati

Le procedure di lavoro descritte hanno consentito di acquisire dati di un elevato livello qualitativo e pertanto il successivo processo di inversione per l’elaborazione della sezione finale, ha raggiunto livelli minimi di scostamento nel confronto tra i dati acquisiti (resistività apparente) e modello teorico (resistività calcolata).

Il risultato di tale elaborazione viene quindi viene rappresentato con la ricostruzione di un modello di distribuzione dei valori di resistività elettrica calcolata per ciascuna sezione registrata ed evidenziata tramite una specifica gradazione di colori (**Fig. 10**).

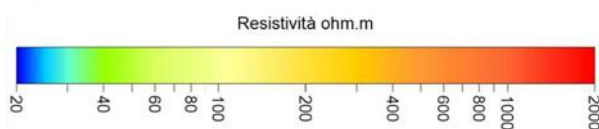


Fig. 10 – Scala colorimetrica dei valori di resistività elettrica

Le Sezioni Elettriche, rappresentate in scala 1:500, sono rappresentate all’elaborato NB1E00R69IGGE0005001A (in scala 1:500) e in formato ridotto nelle seguenti **Fig. 11** e **Fig. 12**.

Come visibile da tali elaborati, i valori di resistività sono generalmente elevati, in accordo con la natura prevalentemente grossolana dell’unità alluvionale costituente il primo sottosuolo. Localmente si notano variazioni sia in aumento che in diminuzione dei valori di resistività, attribuibili alla natura lenticolare dei depositi alluvionali stessi.

Le sezioni, inoltre, evidenziano che fino alle profondità indagate, non è stata riscontrata la presenza del substrato roccioso.

2.3.1 Profilo L1

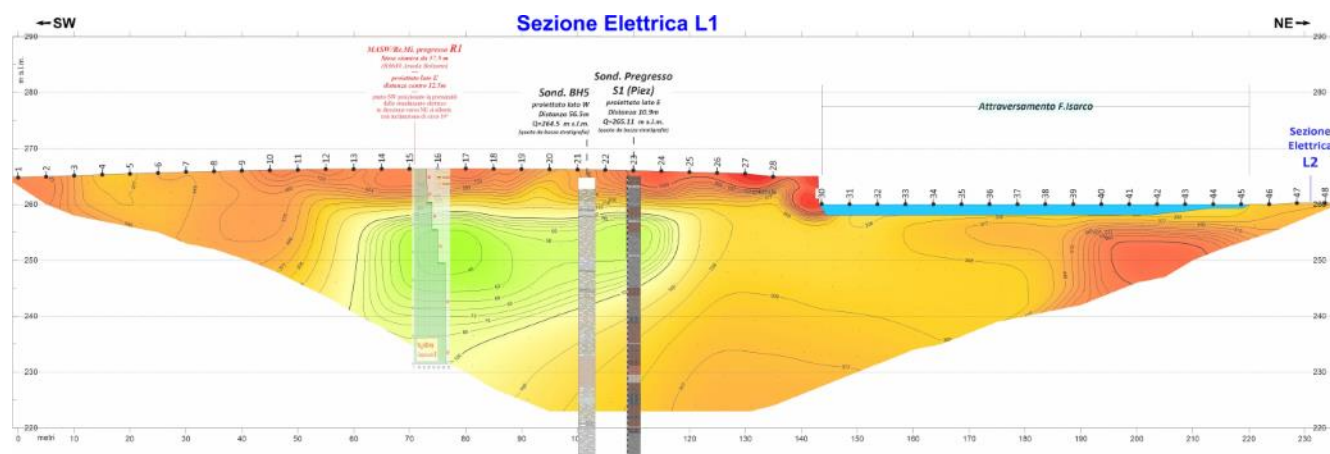


Fig. 11 – Sezione geoelettrica L1

Nel complesso della sezione i valori di resistività si mantengono mediamente superiori a 100 ohm.m (colore arancione-giallo). Localmente si evidenziano valori maggiori di 1000 ohm.m (colore rosso), indicativi della probabile presenza di materiali prevalentemente grossolani, ben classati e privi di matrice.

Di segno opposto risulta viceversa l'anomalia presente, tra le progressive 60 e 120, alla profondità di circa 6-7 e sviluppata per uno spessore di circa 10 m. Nella zona si osserva infatti la presenza di valori di resistività inferiori a 80 ohm.m (colore verde), riferibili a una locale riduzione della granulometria media dei depositi alluvionali causata dalla probabile presenza di lenti sabbiose/limose.

2.3.2 Profilo L2

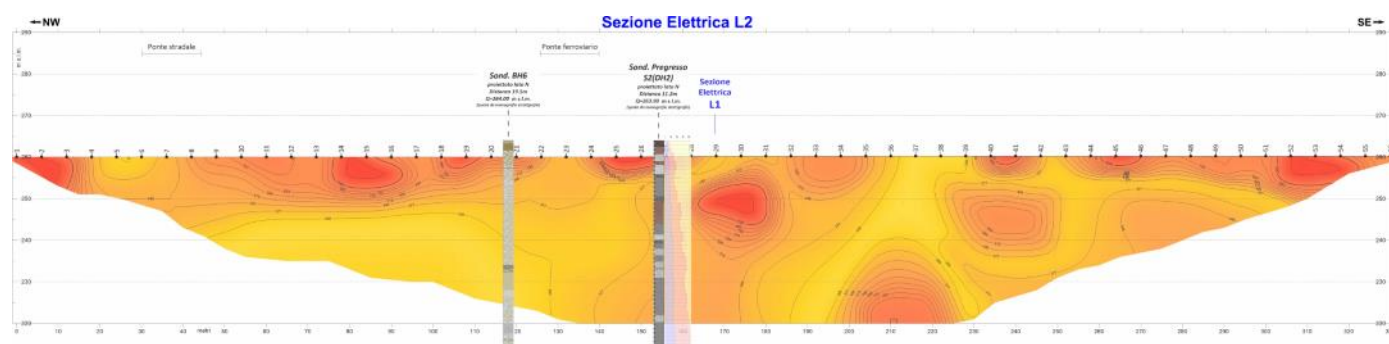


Fig. 12 - Sezione geoelettrica L2

La sezione evidenzia una serie elettro-stratigrafica una distribuzione dei valori di resistività nel complesso piuttosto continua e mediamente regolare lungo tutto il profilo.

I valori di resistività si mantengono costantemente e decisamente superiori ai 300 ohm.m lungo tutto il profilo, in accordo con la natura alluvionale dei materiali presenti.

In dettaglio il primo tratto, fino alla progressiva 150 mostra una sequenza di unità con disposizione generalmente piano-parallela con una relativa riduzione dei valori di resistività a partire da circa 20-25 m di profondità, in ragione di una probabile riduzione della granulometria media dei depositi.



LINEA BOLZANO - MERANO
REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI
SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE

**INDAGINI GEOFISICHE – RELAZIONE (Sezioni
geoelettriche L1-L2; sismica down-hole BH5)**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D 69 IG	GE 00 05 004	A	14 di 26

Per una visione d'insieme dei modelli descritti è stata elaborata una rappresentazione 3D, visibile da diverse angolazioni nelle seguenti figure (**Fig. 13**, **Fig. 14** e **Fig. 15**).

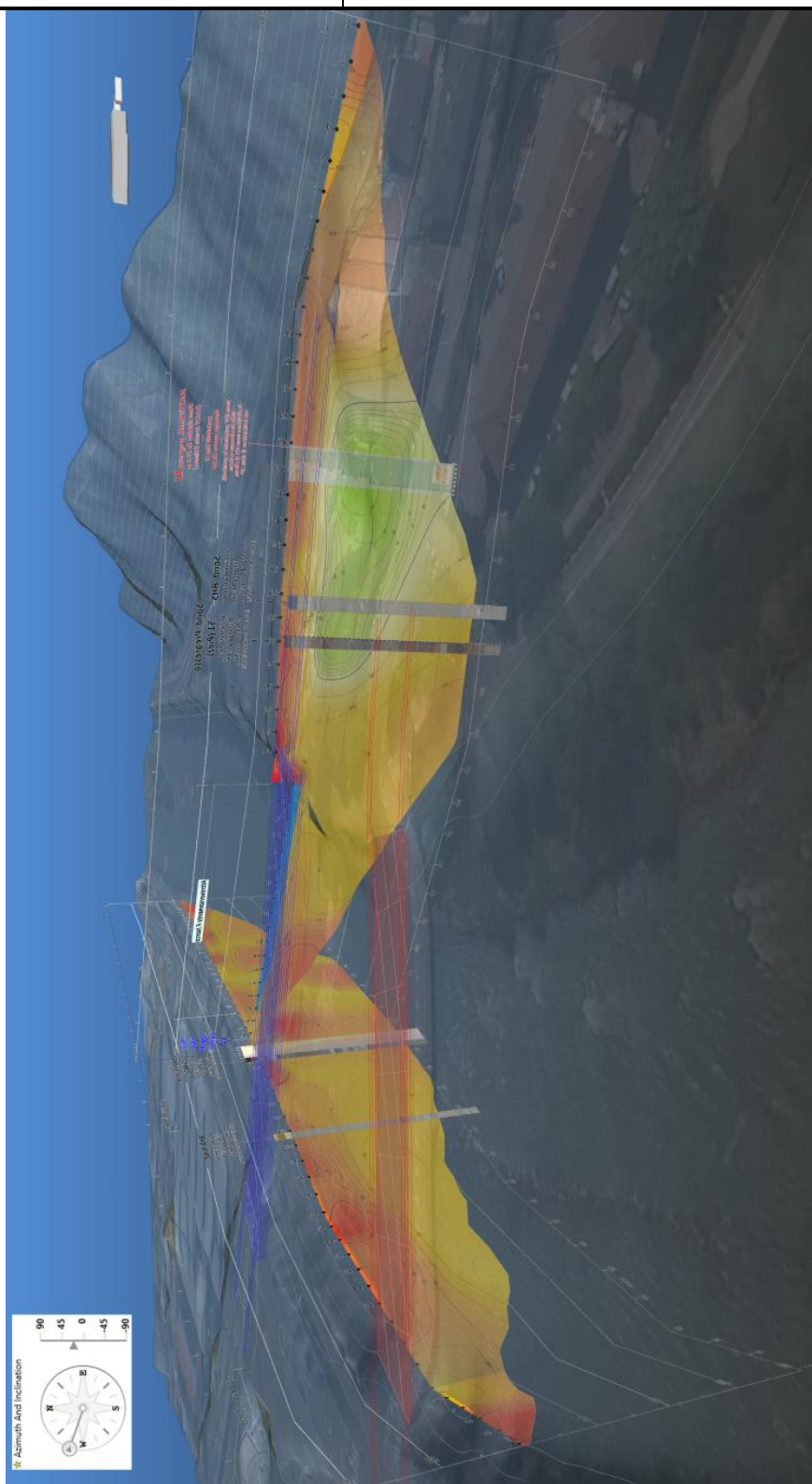


Fig. 13 – Elaborazione 3D dei n.2 rilievi tomografici elettrici, visuale da Ovest

INDAGINI GEOFISICHE - RELAZIONE (Sezioni
geoelettriche L1-L2; sismica down-hole BH5)

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D 69 IG	GE 00 05 004	A	16 di 26

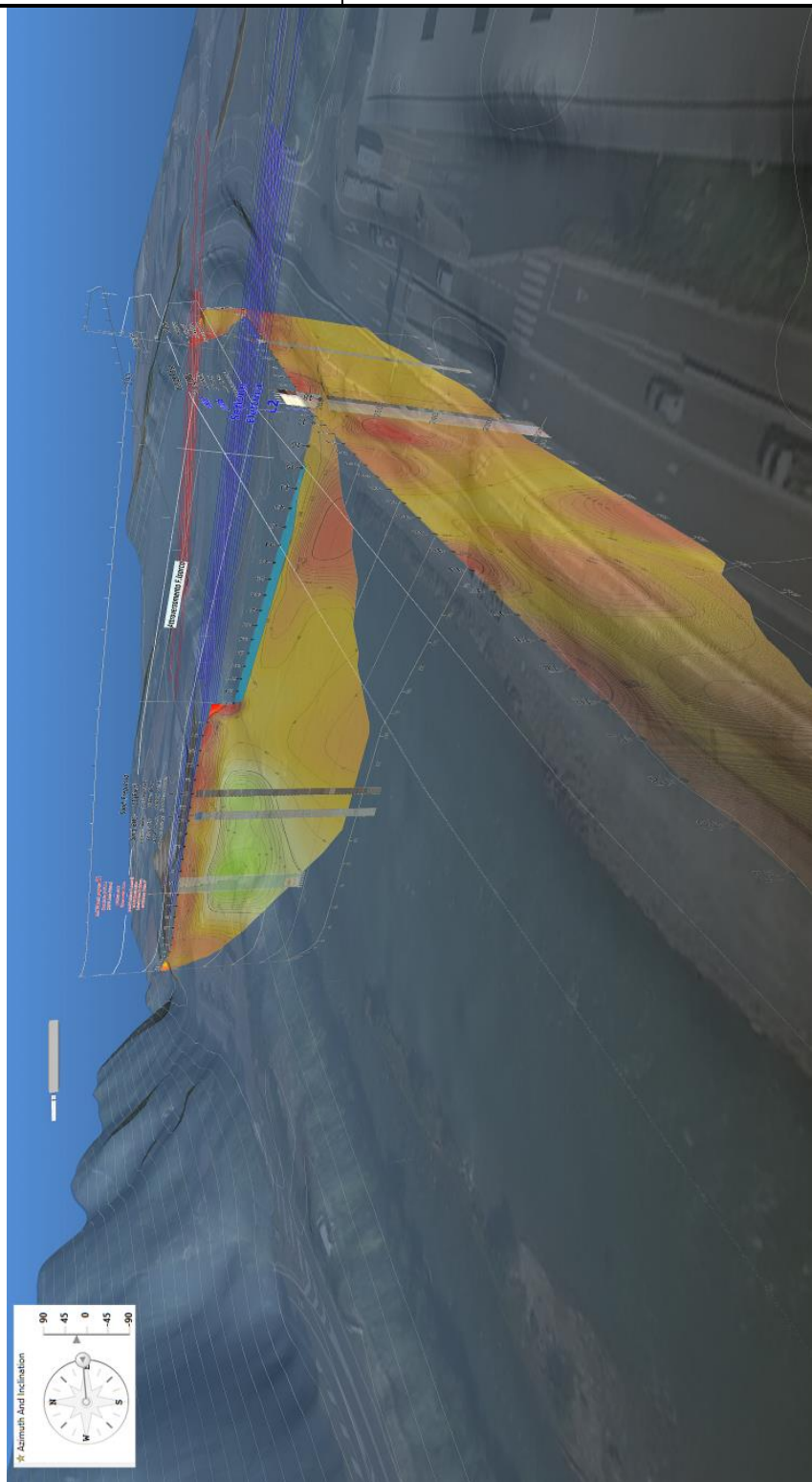


Fig. 14 - Elaborazione 3D dei n.2 rilievi tomografici elettrici, visuale da Est

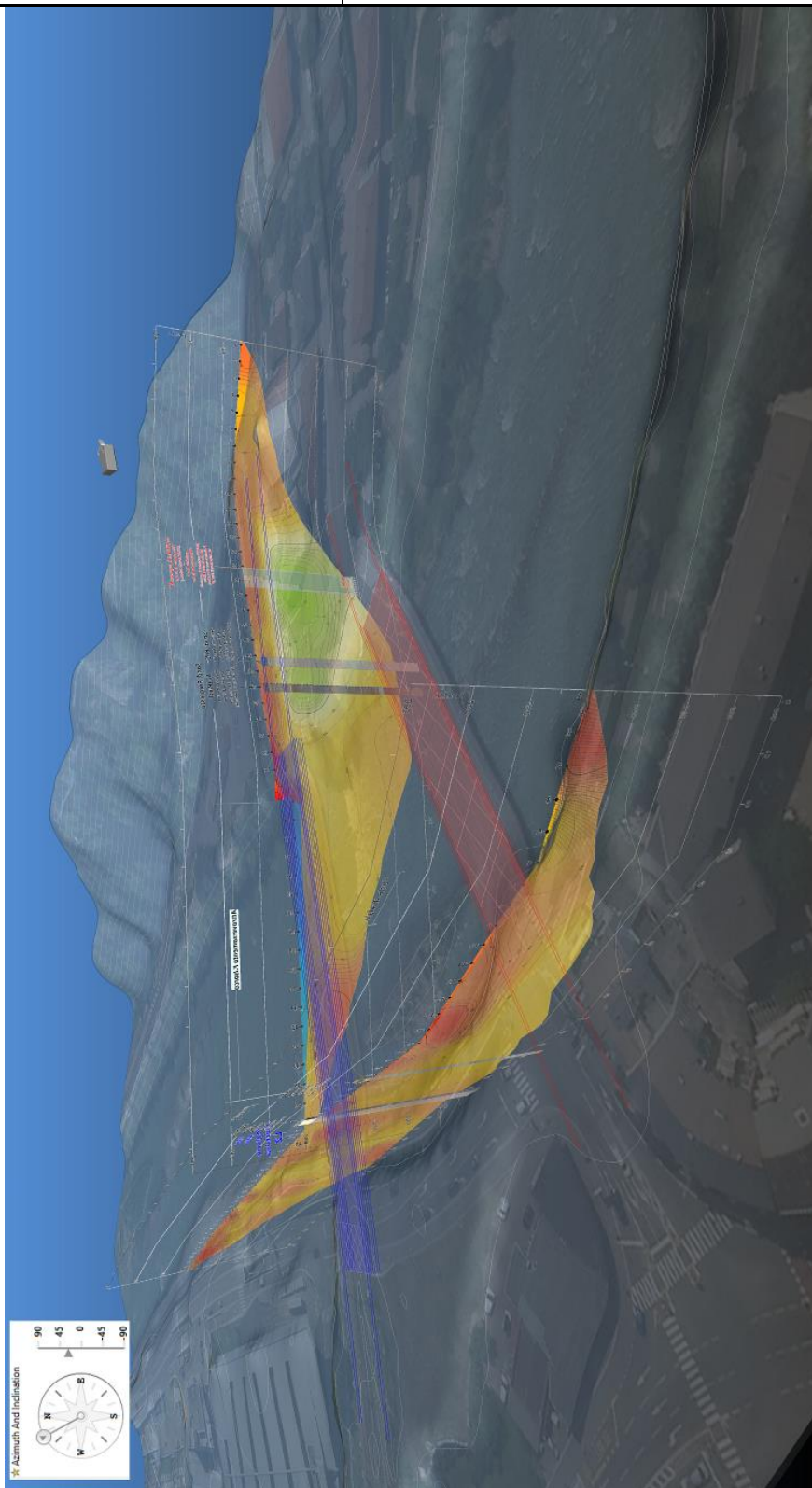


Fig. 15 - Elaborazione 3D dei n.2 rilievi tomografici elettrici, visuale da Nord-Ovest

3 PROVA DOWN-HOLE

Per la definizione dei valori di V_p , V_s e V_{seq} ai sensi delle NTC 2018 e dei moduli dinamici dei terreni carotati, in corrispondenza del sondaggio BH5, opportunamente attrezzato, è stata effettuata n.1 prova Down-Hole denominata D-H5 della quale è riportata l'ubicazione in **Fig. 16**.



Fig. 16 – Ubicazione territoriale della prova Down-Hole D-H5 con il rispettivo foro di sondaggio da foto aerea

3.1 Descrizione / acquisizione prova D-H

La tecnica del Down-Hole consiste nel misurare i tempi di arrivo delle onde sismiche P e S generate da una specifica sorgente ad un geofono tridimensionale (costituito da tre geofoni orientati secondo le tre direzioni spaziali) posto in un foro di sondaggio a profondità crescenti.

Le onde di compressione (P) sono state create con impulsi verticali generati da una massa battente agente in prossimità del sondaggio (**Fig. 17**).

Le onde di taglio (S), sono state generate con impulsi orizzontali ottenuti battendo su lati opposti di due tavole rese solidali con il terreno dal peso del veicolo d'appoggio.

In fase di elaborazione di tali registrazioni sono stati analizzati e integrati i “primi arrivi” relativi ad entrambe le battute.

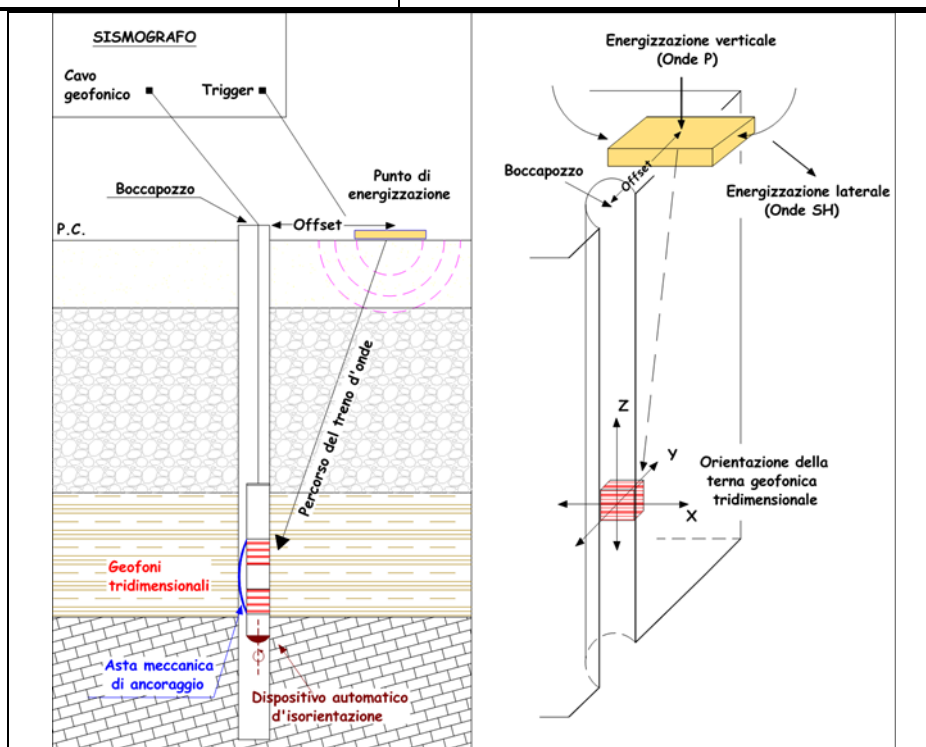


Fig. 17 – Schema Prova Down-Hole

3.2 Elaborazione e restituzione dei dati

Dai sismogrammi registrati sono stati “letti” i tempi di arrivo (picking) delle onde sismiche P e delle onde S, per ogni geofono intervallo di profondità. Il calcolo delle velocità sismiche è stato realizzato attraverso la misura della differenza di tempi fra posizioni differenti del geofono ed il punto di energizzazione.

Nei grafici in Allegato 1 sono visualizzati i sismogrammi acquisiti, con il relativo “picking”, l’andamento delle velocità sismiche V_p e V_s calcolate per ciascun intervallo e le tabelle di sintesi dei dati elaborati, unitamente ai moduli dinamici, calcolati sulla base dei parametri sismici e degli specifici valori di peso di volume (γ) delle litologie presenti. In dettaglio sono riportati:

- Velocità Onde P= V_p
- Velocità Onde S= V_s
- Rapporto V_p/V_s
- Rapporto di Poisson σ
- Modulo di taglio G din
- Modulo di Young E din
- Modulo di compressione E_v



LINEA BOLZANO - MERANO
REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI
SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE

**INDAGINI GEOFISICHE – RELAZIONE (Sezioni
geoelettriche L1-L2; sismica down-hole BH5)**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D 69 IG	GE 00 05 004	A	20 di 26

L'analisi dei dati relativi alla velocità delle onde di taglio (V_s) ha consentito inoltre di definire la categoria sismica del suolo:

Down-Hole D-H5: valore di V_{s30} pari a **422 m/s** (H_{rif} da 2.0 a 32.0 m da p.c.)
definisce un suolo di **Categoria B**

ALLEGATO 1: DOWN-HOLE DH5

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E COMMENTO

UBICAZIONE PLANIMETRICA

SISMOGRAMMI VP – VS

GRAFICO VELOCITÀ VP – VS

TABELLA PARAMETRI

INDAGINI GEOFISICHE – RELAZIONE (Sezioni geoelettriche L1-L2; sismica down-hole BH5)

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D 69 IG	GE 00 05 004	A	22 di 26



Piazzola



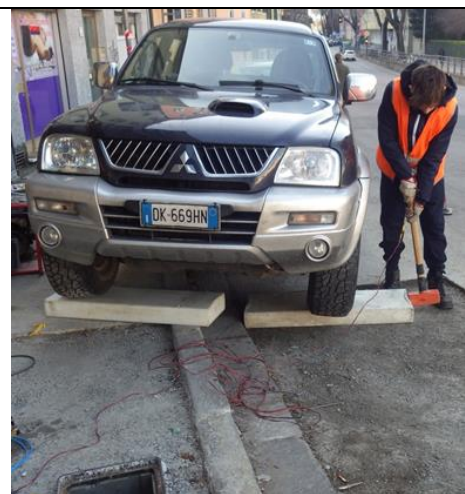
Ubicazione territoriale



Energizzazione Onde P



Energizzazione Onde S



Commento

- Relativamente alle velocità sismiche V_p nei primi 2 m di spessore si registrano valori prossimi a 250 m/s, al di sotto le velocità V_p incrementano progressivamente raggiungendo 1500 m/s a -14 m da p.c., segue un'alternanza di valori compresi tra 1500 m/s e 1900 m/s fino a -42 m da p.c. Successivamente segue un ulteriore aumento di velocità con alternanze di valori fino a fondo foro che tuttavia non raggiungono i 2500 m/s.

**INDAGINI GEOFISICHE – RELAZIONE (Sezioni
geoelettriche L1-L2; sismica down-hole BH5)**

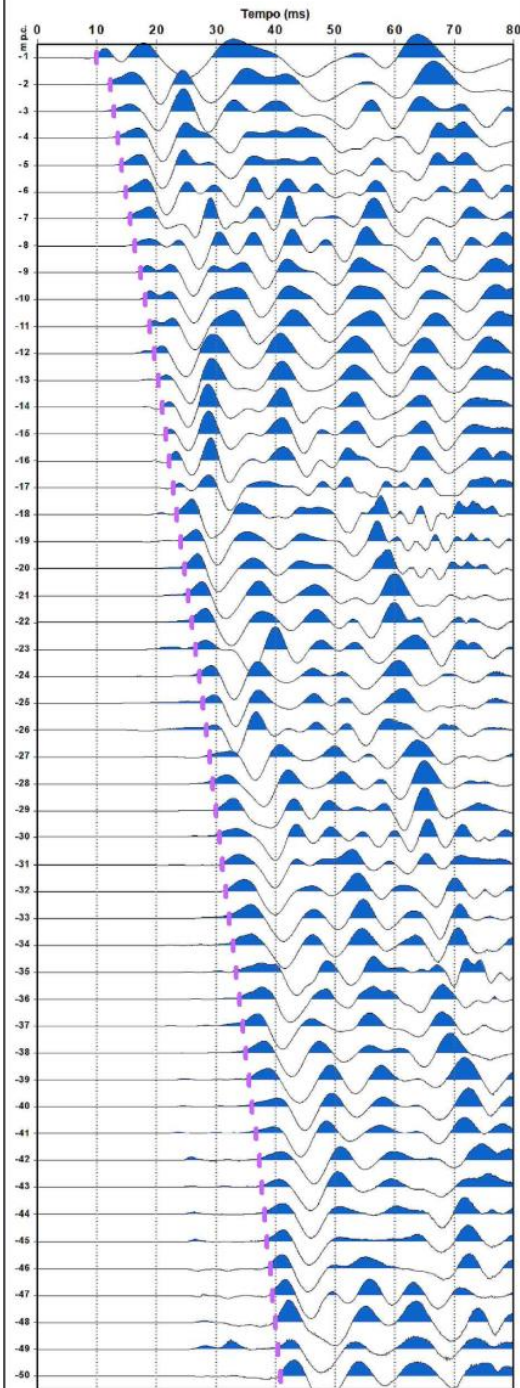
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D 69 IG	GE 00 05 004	A	23 di 26

Per le velocità delle V_s si descrive un progressivo aumento dei valori senza mai superare i 500 m/s fino a -20 m da p.c., segue un leggero incremento di velocità con un'alternanza di valori di poco superiori a 500 m/s fino a -42 m da p.c.. Al di sotto e fino a fondo foro le velocità V_s rimangono prossime a 550 m/s

**INDAGINI GEOFISICHE - RELAZIONE (Sezioni
geoelettriche L1-L2; sismica down-hole BH5)**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D 69 IG	GE 00 05 004	A	24 di 26

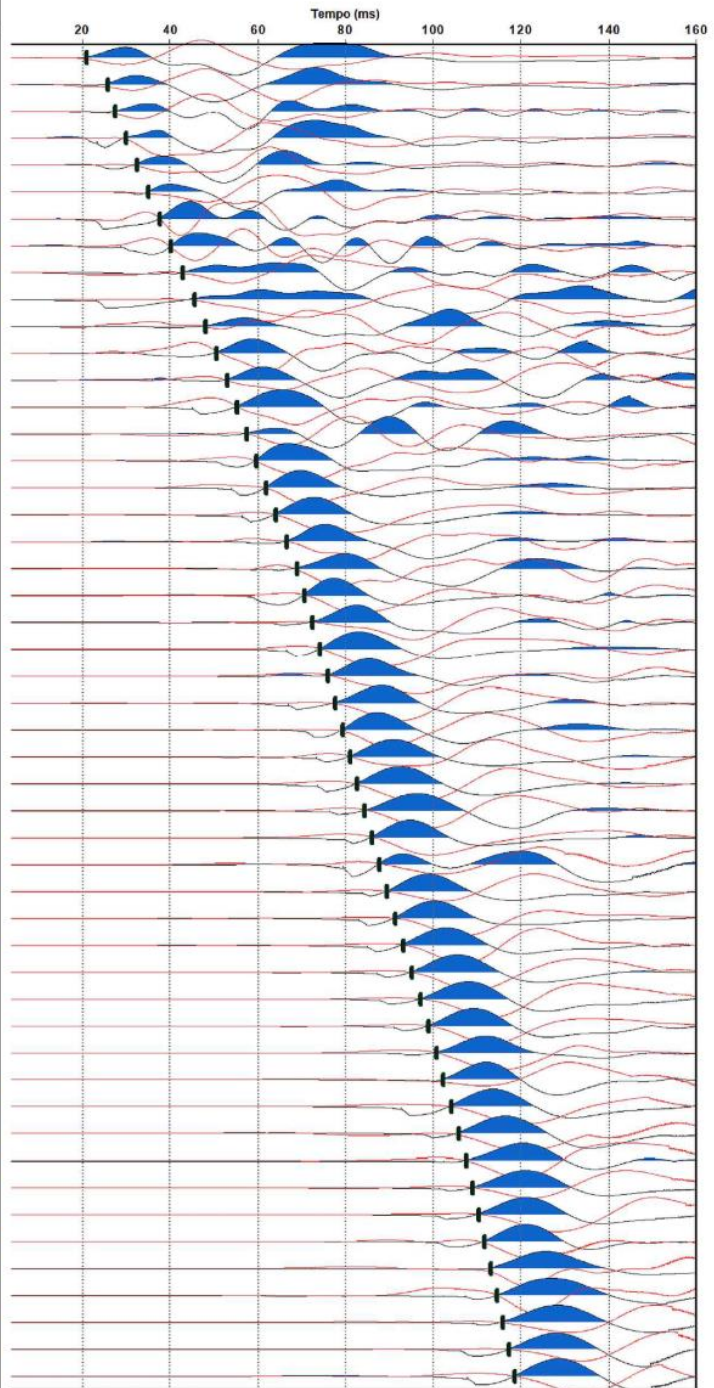
SISMOGRAMMI



Registrazione Onde P

DOWN HOLE

**D-H5
BH5**



Registrazione Onde S

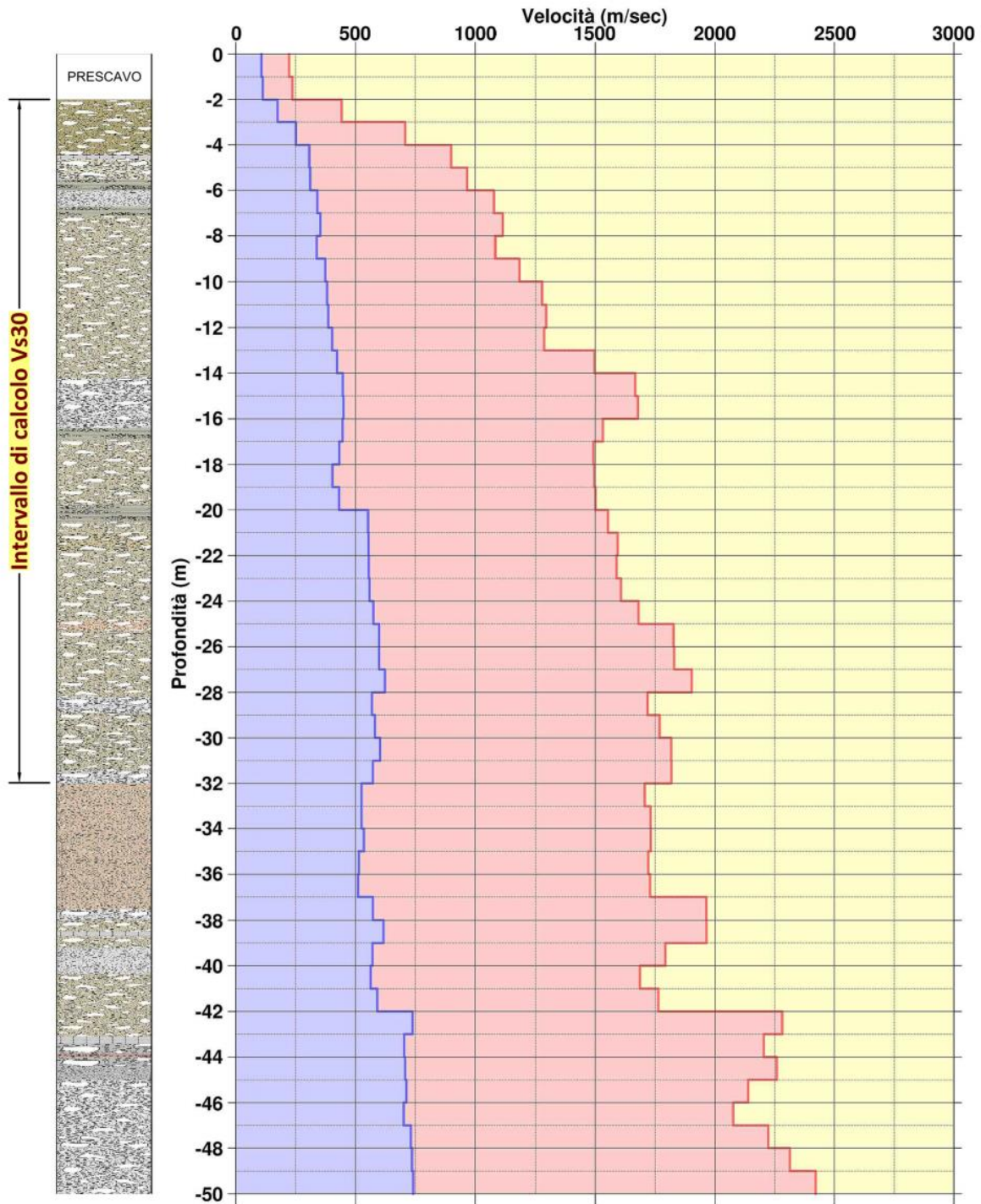
INDAGINI GEOFISICHE - RELAZIONE (Sezioni
geoelettriche L1-L2; sismica down-hole BH5)


COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D 69 IG	GE 00 05 004	A	25 di 26

GRAFICO VELOCITÀ

DOWN HOLE

**D-H5
BH5**



 Velocità
Onde VSH

 Velocità
Onde VP

$V_{s30} = 422$ m/sec
calcolata da 2.0 a 32.0 m p.c.

Classificazione sismica del
suolo di fondazione:

Categoria B

**INDAGINI GEOFISICHE - RELAZIONE (Sezioni
geoelettriche L1-L2; sismica down-hole BH5)**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D 69 IG	GE 00 05 004	A	26 di 26

TABELLA PARAMETRI

DOWN HOLE

**D-H5
BH5**

Prof. (m)	TP letti (ms)	TP corretti (ms)	VP (m/s)	TSH letti (ms)	TSH corretti (ms)	VSH (m/s)	VP/VSH	Rapporto di Poisson	Mod. taglio G Gdin (MPa)	Mod. Young E Edin (MPa)	Mod. Comp. Vol. Ev (MPa)	Densità (t/m ³)
0			223			107	2.08	0.35	1.9E+01	5.1E+01	5.6E+02	1.60
-1	10.027	4.484	223	20.898	9.346	107	2.08	0.35	1.9E+01	5.1E+01	5.6E+02	1.60
-2	12.309	8.704	237	25.732	18.195	113	2.10	0.35	2.1E+01	5.6E+01	6.4E+02	1.60
-3	12.785	10.638	517	27.407	22.804	217	2.38	0.39	8.2E+01	2.3E+02	3.5E+03	1.70
-4	13.475	12.052	707	29.950	26.788	251	2.82	0.43	1.1E+02	3.2E+02	7.4E+03	1.75
-5	14.178	13.163	900	32.360	30.045	307	2.93	0.43	1.7E+02	5.0E+02	1.3E+04	1.80
-6	14.967	14.199	966	35.060	33.260	311	3.11	0.44	1.8E+02	5.1E+02	1.5E+04	1.80
-7	15.732	15.126	1078	37.641	36.193	341	3.16	0.44	2.1E+02	6.2E+02	1.8E+04	1.80
-8	16.518	16.025	1113	40.227	39.026	353	3.15	0.44	2.3E+02	6.6E+02	2.0E+04	1.80
-9	17.362	16.948	1083	43.009	41.984	338	3.20	0.45	2.1E+02	6.1E+02	1.9E+04	1.80
-10	18.146	17.793	1183	45.543	44.658	374	3.16	0.44	2.6E+02	7.6E+02	2.3E+04	1.85
-11	18.880	18.576	1278	48.058	47.283	381	3.35	0.45	2.7E+02	8.0E+02	2.7E+04	1.85
-12	19.615	19.348	1295	50.562	49.874	386	3.35	0.45	2.8E+02	8.2E+02	2.8E+04	1.85
-13	20.363	20.126	1286	52.971	52.355	403	3.19	0.45	3.1E+02	8.9E+02	2.7E+04	1.85
-14	21.005	20.794	1497	55.275	54.719	423	3.54	0.46	3.5E+02	1.0E+03	3.9E+04	1.90
-15	21.583	21.394	1667	57.460	56.956	447	3.73	0.46	3.9E+02	1.1E+03	4.9E+04	1.90
-16	22.161	21.990	1678	59.639	59.178	450	3.73	0.46	3.9E+02	1.1E+03	4.9E+04	1.90
-17	22.798	22.642	1532	61.844	61.421	446	3.43	0.45	3.9E+02	1.1E+03	4.0E+04	1.90
-18	23.456	23.313	1492	64.122	63.730	433	3.45	0.45	3.6E+02	1.1E+03	3.8E+04	1.90
-19	24.114	23.981	1496	66.571	66.205	404	3.70	0.46	3.2E+02	9.3E+02	3.9E+04	1.90
-20	24.770	24.647	1501	68.862	68.520	432	3.47	0.45	3.6E+02	1.1E+03	3.9E+04	1.90
-21	25.406	25.291	1553	70.647	70.328	553	2.81	0.43	5.9E+02	1.7E+03	3.9E+04	1.90
-22	26.025	25.919	1594	72.431	72.133	554	2.88	0.43	6.0E+02	1.7E+03	4.1E+04	1.90
-23	26.648	26.548	1589	74.214	73.935	555	2.86	0.43	6.0E+02	1.7E+03	4.1E+04	1.90
-24	27.264	27.170	1607	75.990	75.727	558	2.88	0.43	6.0E+02	1.7E+03	4.2E+04	1.90
-25	27.854	27.765	1681	77.714	77.467	575	2.92	0.43	6.4E+02	1.8E+03	4.6E+04	1.90
-26	28.396	28.312	1827	79.370	79.136	599	3.05	0.44	7.1E+02	2.1E+03	5.7E+04	1.95
-27	28.938	28.859	1829	81.027	80.805	599	3.05	0.44	7.1E+02	2.1E+03	5.7E+04	1.95
-28	29.459	29.385	1903	82.621	82.411	623	3.05	0.44	7.7E+02	2.2E+03	6.2E+04	1.95
-29	30.038	29.967	1718	84.368	84.168	569	3.02	0.44	6.5E+02	1.9E+03	5.0E+04	1.95
-30	30.600	30.532	1769	86.077	85.886	582	3.04	0.44	6.7E+02	1.9E+03	5.3E+04	1.95
-31	31.147	31.082	1817	87.727	87.545	603	3.01	0.44	7.2E+02	2.1E+03	5.6E+04	1.95
-32	31.694	31.632	1818	89.464	89.290	573	3.17	0.44	6.5E+02	1.9E+03	5.7E+04	1.95
-33	32.277	32.218	1707	91.362	91.195	525	3.25	0.45	5.5E+02	1.6E+03	5.1E+04	1.95
-34	32.853	32.796	1731	93.260	93.099	525	3.30	0.45	5.5E+02	1.6E+03	5.2E+04	1.95
-35	33.428	33.373	1732	95.123	94.969	535	3.24	0.45	5.7E+02	1.7E+03	5.2E+04	1.95
-36	34.007	33.954	1721	97.063	96.914	514	3.35	0.45	5.3E+02	1.5E+03	5.2E+04	1.95
-37	34.583	34.533	1729	99.015	98.871	511	3.38	0.45	5.2E+02	1.5E+03	5.3E+04	1.95
-38	35.090	35.042	1964	100.755	100.616	573	3.43	0.45	6.7E+02	2.0E+03	7.0E+04	2.00
-39	35.597	35.551	1965	102.371	102.237	617	3.18	0.45	7.8E+02	2.2E+03	6.8E+04	2.00
-40	36.154	36.108	1793	104.118	103.988	571	3.14	0.44	6.5E+02	1.9E+03	5.5E+04	1.95
-41	36.745	36.702	1686	105.890	105.764	563	2.99	0.44	6.2E+02	1.8E+03	4.7E+04	1.90
-42	37.311	37.268	1764	107.578	107.457	591	2.98	0.44	7.0E+02	2.0E+03	5.3E+04	1.95
-43	37.748	37.707	2281	108.929	108.812	738	3.09	0.44	1.1E+03	3.2E+03	9.1E+04	2.00
-44	38.200	38.161	2204	110.348	110.234	703	3.14	0.44	1.0E+03	2.9E+03	8.6E+04	2.00
-45	38.641	38.603	2259	111.759	111.648	707	3.20	0.45	1.0E+03	3.0E+03	9.0E+04	2.00
-46	39.108	39.071	2139	113.158	113.051	713	3.00	0.44	1.0E+03	3.0E+03	7.9E+04	2.00
-47	39.588	39.552	2076	114.581	114.478	701	2.96	0.44	1.0E+03	2.9E+03	7.5E+04	2.00
-48	40.037	40.002	2223	115.946	115.846	731	3.04	0.44	1.1E+03	3.3E+03	9.1E+04	2.10
-49	40.468	40.435	2313	117.302	117.204	736	3.14	0.44	1.2E+03	3.4E+03	9.9E+04	2.10
-50	40.880	40.848	2421	118.649	118.554	741	3.27	0.45	1.2E+03	3.4E+03	1.1E+05	2.10