

Regione Emilia Romagna



Provincia di Piacenza



Comuni di Rivergaro e Vigolzone



**RINNOVO CONCESSIONE MINERARIA
PER L'ESTRAZIONE DI MARNA DA CEMENTO
DENOMINATA "ALBAROLA"**

PROGETTO ESECUTIVO PRIMA FASE

**Relazione Progettuale – Parte II
Prospezioni geofisiche
Prospezioni geognostiche
Prove di laboratorio**

La Ditta

 **Buzzi Unicem S.p.A.**
Esercente
Cave e Miniere
Flavio Perucca

I tecnici


DOTT. RAFFAELE VECCHI
Emilia-Romagna
GEOLOGO
SEZA


MAURIZIO
BARGERÒ
GEOLOGO
A.P. SEZ. A
N. 500
ALBO PROFESSIONALE

Casale Monferrato, Dicembre 2020


ORDINE DEI GEOLOGI
Regione Autonoma Valle d'Aosta
ORDRES DES GEOLOGUES
Région Autonome Vallée d'Aoste
DR. ACUTO RICCARDO
Iscr. Albo n. 13

SOMMARIO

1. TECHGEA Srl: Prospezioni geofisiche finalizzate alla determinazione degli spessori della copertura terrigena sul giacimento di marna della Miniera Albarola
2. C.S.I.: Esecuzione di indagini geognostiche – Rapporto finale n. B1/20
3. Laboratorio GEOTER: prove geotecniche su campioni di terreno di copertura
4. Citiemme Srl: Indagine geognostica con prove penetrometriche presso la Miniera Albarola

Committente:

Buzzi Unicem S.p.A.

Sito:

Miniera Albarola (Vigolzone, PC)



Prospezioni geofisiche finalizzate alla determinazione degli spessori della copertura terrigena sul giacimento di marne della Miniera Albarola (Vigolzone, PC)

Relazione n:	4682
Redatto da:	Marco Bacenetti Geol. PhD
Controllato da:	Dott. Geol. Mario Naldi
Data:	Marzo 2020
Revisione:	0

Sommario

1. INTRODUZIONE	1
2. UBICAZIONE DELLE INDAGINI	2
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA ED ELABORAZIONE DATI.....	7
5. RISULTATI OTTENUTI.....	9
5.1 Sezione geoelettrica ERT 1 (A1-A2)	9
5.2 Sezione geoelettrica ERT 2 (B1-B2)	10
5.3 Sezione geoelettrica ERT 3 (C1-C2).....	11
5.4 Sezione geoelettrica ERT 4 (D1-D2).....	13
6. STIMA DEI VOLUMI DEL MATERIALE STERILE AL DI SOPRA DEL GIACIMENTO	14
7. CONCLUSIONI.....	16

In allegato:

Tavola 1	Ubicazione area indagine su Ortofoto & Carta Topografica Regionale 1:25.000 (geo-portale Emilia-Romagna)
Tavola 2	Ubicazione linee ERT su Ortofoto & Carta Topografica Regionale 1:25.000 (geo-portale Emilia-Romagna)
Tavola 3	Ubicazione indagini geofisiche e sondaggi su mappa dei cunicoli utilizzati per la coltivazione in sotterraneo
Tavola 4	Carta geologica non in scala dell'area (fonte: foglio CARG 1:50.000 n°179 Ponte dell'Olio)
Tavole 5÷9	Modelli tomografici di resistività elettrica reale e polarizzazione indotta – Sezioni Ert 1 (A1-A2); Ert 2 (B1-B2); Ert 3 (C1-C2); Ert 4 /D1-D2).
Tavola 10	Report fotografico
Tavole 11÷12	Stima dei volumi di materiale sterile al di sopra del giacimento
Appendice A	Cenni sulla metodologia geoelettrica multi-elettrodo

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini di tipo geofisico realizzate nei giorni 10,11,12 dicembre 2019 e 14 gennaio 2020 per conto della società Buzzi Unicem S.p.A. presso la Miniera di Albarola sita nel territorio comunale di Vigolzone (PC).

La campagna di indagini è stata disposta a seguito del programma di ampliamento sul lato Ovest della Miniera di Albarola. Più in particolare è stato richiesto di valutare gli spessori e le caratteristiche della copertura terrigena sovrastante il giacimento nella nuova zona di coltivazione. In relazione ai sondaggi geognostici eseguiti in passato si prevede uno spessore della copertura variabile tra 20 m e 40 [m] circa, con presenza di depositi terrigeni di tipo conglomeratico, argilloso e terreno sciolto (sabbie/ghiaie in matrice fine).

Il piano di indagine (concordato con la committenza) ha previsto l'uso del metodo geoelettrico multi-elettrodo (modello tomografico della resistività elettrica del sottosuolo). Più in dettaglio il modello geoelettrico tomografico (ERT) fornisce una caratterizzazione litostratigrafica e idrogeologica del sottosuolo, identificando settori con caratteristiche elettro-stratigrafiche differenti.

Il modello geologico atteso presenta la seguente variabilità dei parametri geoelettrici:

- *terreni di copertura* (argille, conglomerati, terreno misto sabbioso-argilloso-detritico ad elevata eterogeneità) Questo tipo di depositi presenta, secondo i dati bibliografici, ampia variabilità del parametro resistività elettrica (tra 2 e 1000 ohm.m, con distribuzione casuale), assenza di polarizzazione indotta o limitata alle lenti argillose;
- *substrato lapideo* (flysch marnoso). Questo tipo di substrato è caratterizzato in letteratura da elevate omogeneità con bassi valori di resistività elettrica (tra 20 e 50 ohm.m) e possibile polarizzazione indotta omogeneamente distribuita, entro valori di 10-20 mV/V.

I risultati dell'indagine sono descritti in dettaglio nelle pagine seguenti ed illustrati nelle Tavole allegate al testo.

2. UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Come detto nel capitolo introduttivo, le indagini geofisiche hanno interessato il lato Ovest dell'attuale area di coltivazione della Miniera di Albarola sita nel territorio comunale di Vigolzone (PC) (Figura 1 e Tavola 1).

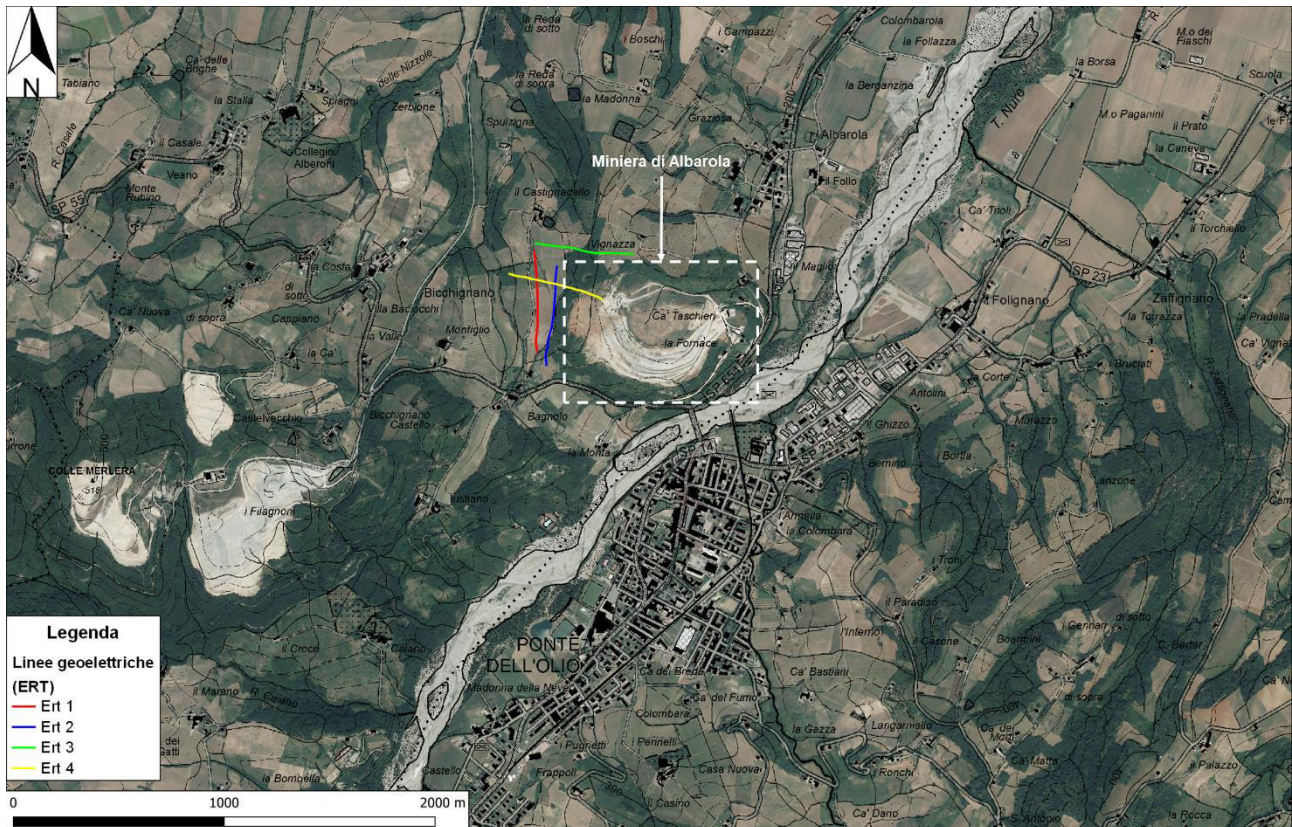


Figura 1 – Ubicazione area indagine su Ortofoto & Carta Topografica Regionale 1:25.000 (geoportale Emilia-Romagna)

Per valutare gli spessori e definire le caratteristiche della copertura terrigena sovrastante il giacimento nella nuova zona di coltivazione, in accordo con la committenza, sono state eseguite quattro sezioni geoelettriche (ERT) ad Ovest dell'attuale zona mineraria. In Tavola 2 e per comodità di lettura in Figura 2 si riporta l'ubicazione nel dettaglio delle stese geoelettriche effettuate.

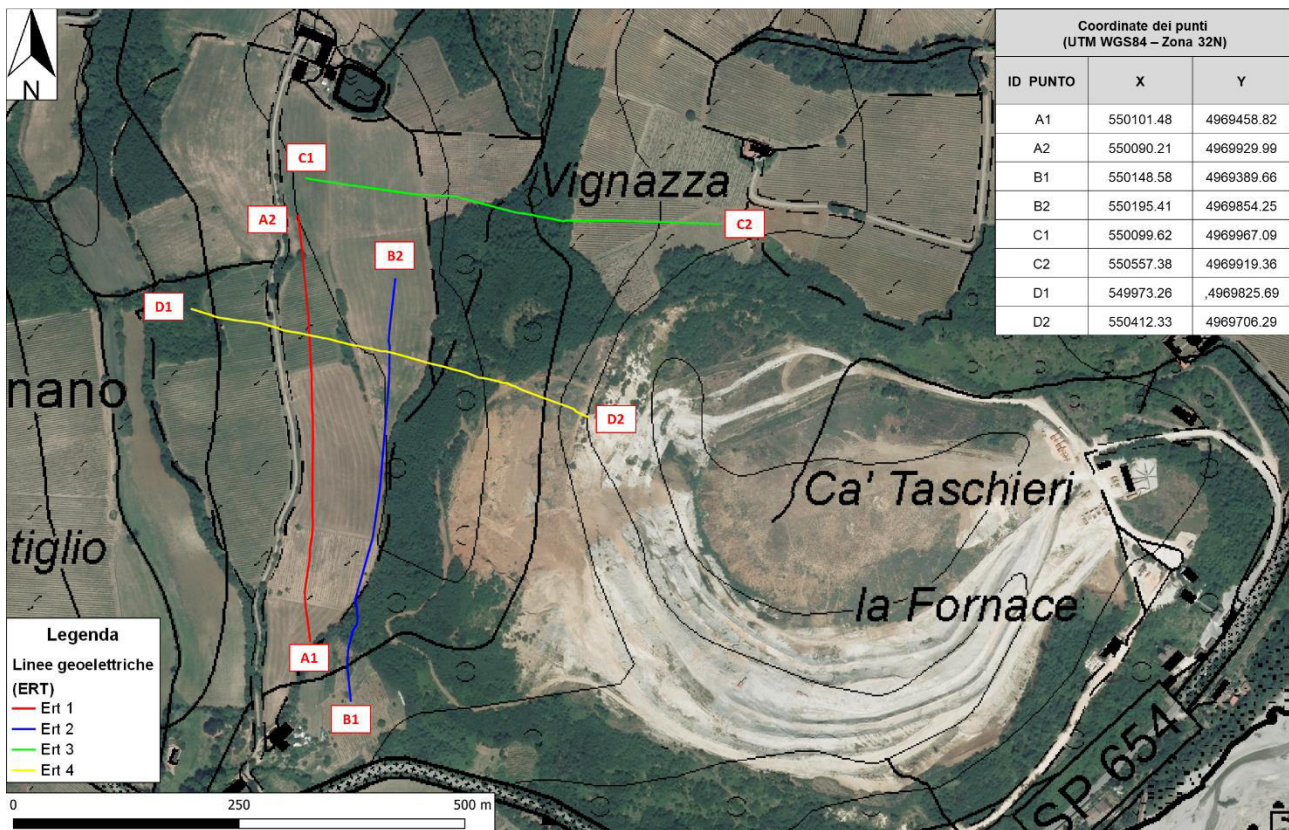


Figura 2 – Dettaglio delle linee ERT effettuate su Ortofoto & Carta Topografica Regionale 1:25.000 (geo-portale Emilia-Romagna)

Contestualmente all'indagine geoelettrica (ERT) è stato realizzato un rilievo topografico con GPS differenziale, al fine di garantire la corretta ubicazione delle linee. Il rilievo topografico è stato eseguito mediante un GPS di tipo differenziale con correzione di tipo RTK che garantisce una precisione ± 2 [cm] (<https://www.spingnss.it/spiderweb/frmlIndex.aspx>).

Al fine di ottenere un modello geologico il più rappresentativo possibile del giacimento la committenza ha inoltre fornito:

- una mappa georeferenziata dei cunicoli utilizzati in passato per la coltivazione della marna in sotterraneo;
- la posizione dei sondaggi geognostici eseguiti in passato al fine di valutare puntualmente lo spessore dei terreni di copertura.

Tutti i dati raccolti sono stati inseriti in un progetto GIS nel quale è stato possibile sovrapporre i diversi *layers* (Tavola 3 e per comodità di lettura Figura 3).

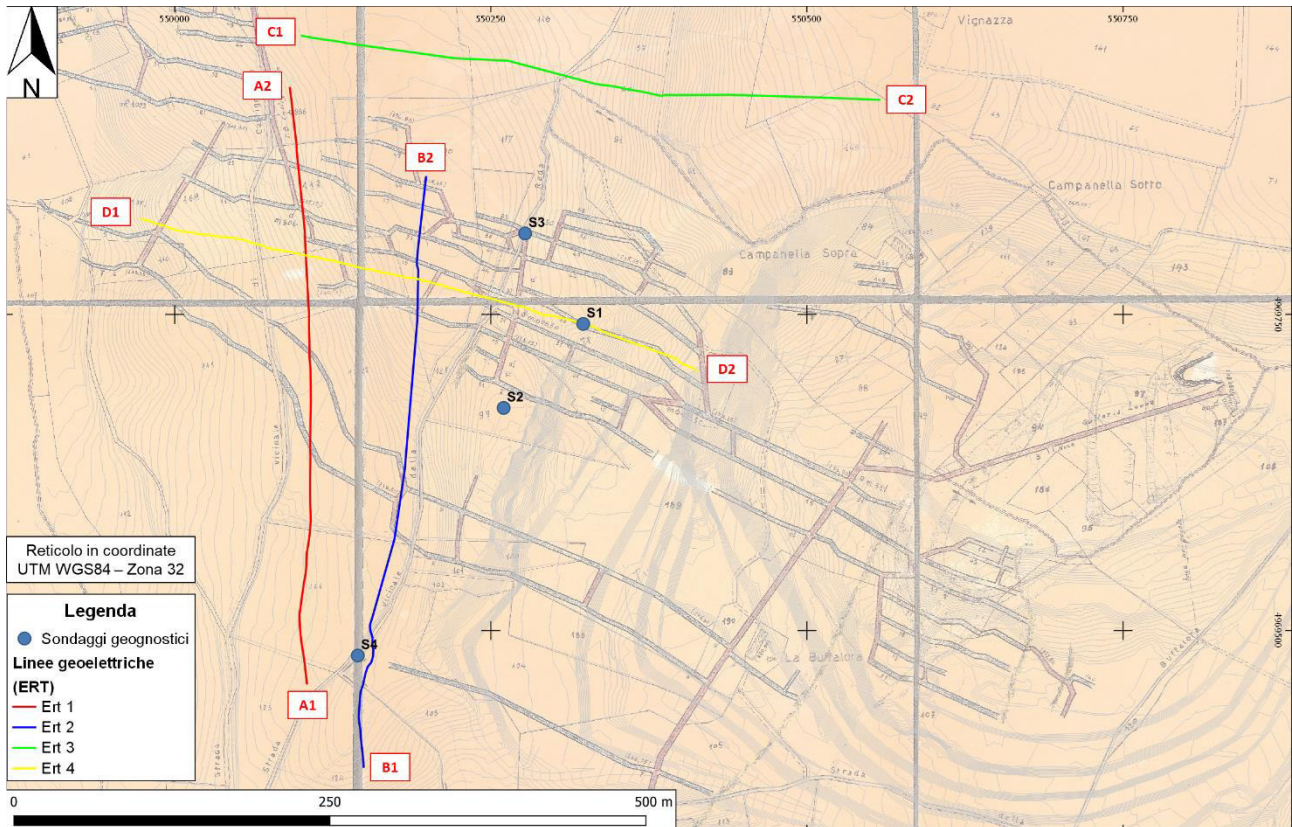
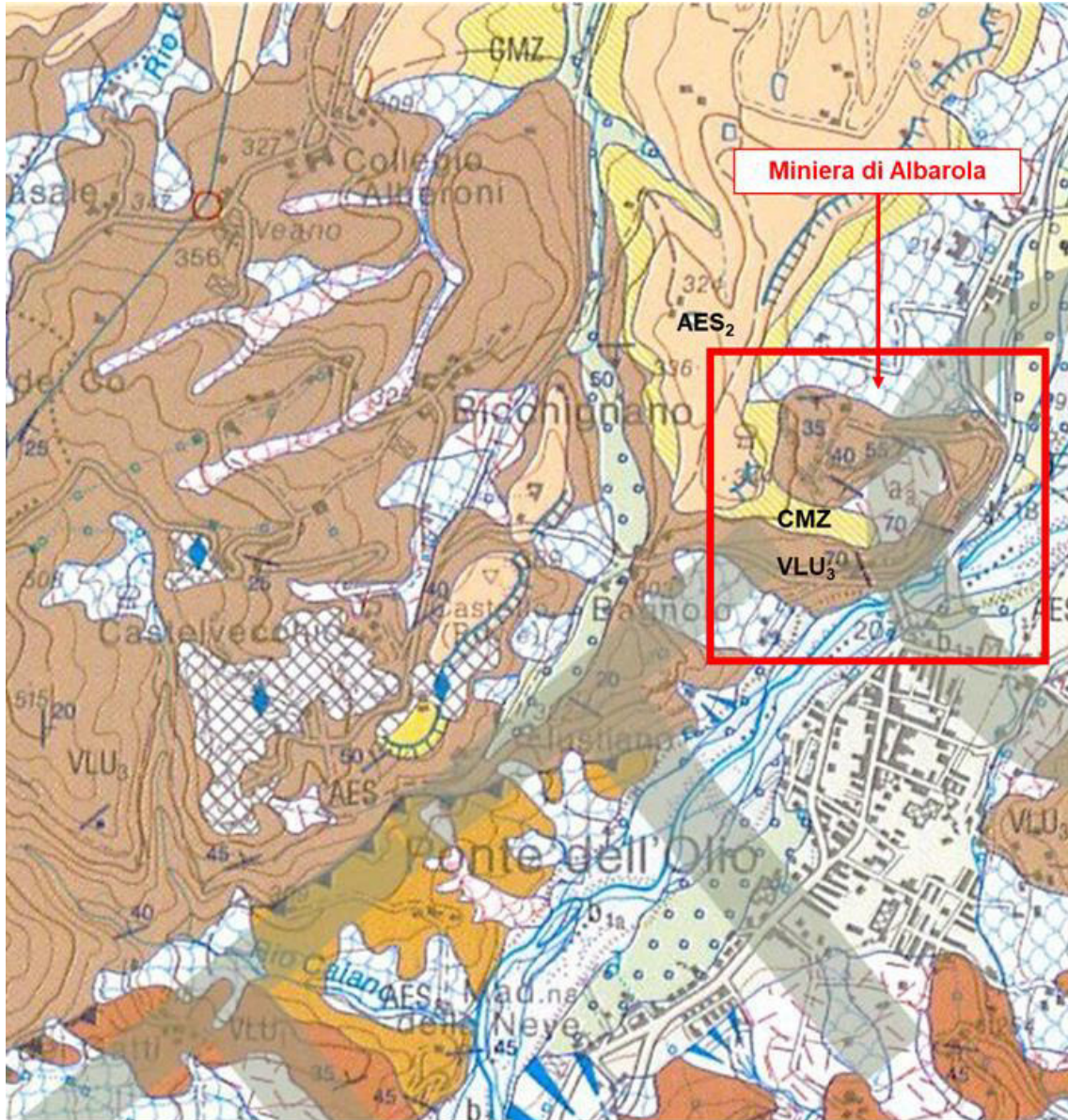


Figura 3 - Ubicazione indagini geofisiche e sondaggi su mappa dei cunicoli utilizzati per la coltivazione in sotterraneo

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico nella cava affiorano rocce ascrivibili alla formazione arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa della Val Luretta (Tavola 4 e Figura 4).



	Subsistema di Maiatico		Membro di Genepreto
	Sistema di Costamezzana		

Figura 4 - Carta geologica non in scala dell'area (fonte: foglio CARG 1:50.000 n°179 Ponte dell'Olio). Per la descrizione delle varie unità si faccia riferimento al testo o alla Tavola 4 allegata.

Nel dettaglio, nell'area (Figura 5), è presente un'alternanza di calcari e calcari marnosi grigio-biancastri e di marne e marne calcaree grigio chiare, talora nocciola, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Sono presenti locali intercalazioni di arenarie medie e grossolane grigio-scure, in strati medie e di argille marnose rosso vinate. Spessore parziale del membro valutabile in 250-300 [m] circa. (Membro di Genepreto [VLU₃] – LUTEZIANO).

Verso Ovest dapprima affiorano i limi, limi sabbiosi e sabbie limose grigio-azzurri (Sintema di Costamezzana [CMZ] - PLEISTOCENE INF.) e successivamente le ghiaie e ghiaie sabbiose, localmente cementate (Subsintema di Maiatico [AES₂] - PLEISTOCENE MEDIO). Questo due tipi di depositi fanno parte della successione post-evaporitica del margine Padano-Adriatico (PLEISTOCENE – OLIGOCENE).



Figura 5 – Vista d'insieme del giacimento di Albarola (PC).

4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA ED ELABORAZIONE DATI

La misura dei valori di resistività elettrica è stata realizzata con un georesistivimetro Syscal Pro (Iris Instruments, Fr) a 96 canali (Figura 6): lo stendimento eseguito ha previsto il posizionamento di 96 elettrodi in acciaio con interasse 5 [m] collegati tramite un cavo multipolare. Per l'acquisizione dei dati si è utilizzata una sequenza con configurazione mista, predisposta con il software ElectrePro (Iris Instruments, Fr) le cui caratteristiche principali sono riportate in Tabella 1.

Tabella 1 - Geometria di acquisizione degli stendimenti

Sezione	N° elettrodi	Interasse [m]	Lunghezza tot. [m]	Tipo di sequenza	Quadripoli di misura
Ert 1 (A1-A2)	96	5	475	Wenner - Schlumberger	2274
Ert 2 (B1-B2)	96	5	475		1392
Ert 3 (C1-C2)	96	5	475		1418
Ert 4 (D1-D2)	91	5	450		2927



Figura 6 - Strumentazione utilizzata

Per l'elaborazione e rappresentazione dei dati geoelettrici sono stati utilizzati i programmi:

- Res2Dinv v. 3.71 (Geotomo Software, Mal): esegue l'inversione numerica 2D dei dati e la restituzione di sezioni dell'andamento della resistività elettrica reale;
- Surfer v.13.2.438 (Golden Software, USA): esegue il gridding dei dati (metodo kriging) e la rappresentazione grafica delle sezioni tomografiche e delle mappe.

Cenni teorici relativi alla metodologia di indagine geoelettrica e le specifiche della strumentazione utilizzata sono riportati in Allegato A.

Come già anticipato nel capitolo 2, contestualmente all'indagine ERT è stato eseguito un rilievo topografico degli elettrodi infissi nel terreno mediante un GPS di tipo differenziale con correzione di tipo RTK che garantisce una precisione ± 2 [cm] (<https://www.spingnss.it/spiderweb/frmlIndex.aspx>). In Figura 7, è mostrato il GPS Leica GS08 utilizzato per i rilievi in sito.



Figura 7 - Leica GS08.

5. RISULTATI OTTENUTI

I risultati delle indagini (modelli tomografici di resistività elettrica e polarizzazione indotta) sono riportati nelle Tavole 5÷8 allegate al testo e, per comodità di lettura, nelle Figure seguenti.

5.1 Sezione geoelettrica ERT 1 (A1-A2)

La sezione A1-A2 (Tavola 5 e per comodità di lettura Figura 8) è stata realizzata in direzione circa Nord-Sud. La lunghezza dello stendimento (vedi Tabella 1) ha consentito di indagare una porzione di terreno significativa che comprendesse sia le coperture detritiche superficiali sia un'apprezzabile porzione del substrato.

I modelli tomografici di resistività elettrica e polarizzazione indotta hanno consentito di distinguere quattro unità elettro-stratigrafiche:

1. Depositi alluvionali / copertura superficiale ($1.3 < \text{Rho} < 1.7$ [Log Ohm*m], tonalità di colore dal verde all'arancione). Questa unità si sviluppa per uno spesso variabile tra i 2 e 6 [m] dal P.C. per tutta la lunghezza dello stendimento.
2. Argille ($\text{Rho} < 1.1$ [Log Ohm*m] tonalità di colore azzurro-blu). Questa unità è presente da una quota di circa 4 – 6 [m] da P.C. fino a circa 18-20 [m] da P.C. Dalla progressiva 370 [m] è possibile osservare un assottigliamento verso l'alto di tale elettro-strato.
3. Marne ($1.2 < \text{Rho} < 1.4$ [Log Ohm*m], tonalità di colore del verde). Questa unità è presente dalla progressiva 150 [m] fino alla progressiva 250 [m] è caratterizza il settore più profondo della sezione. Essa è separata dalla precedente unità da un incremento di resistività con andamento orizzontale.
4. Marne calcaree ($1.54 < \text{Rho} < 1.8$ [Log Ohm*m], tonalità di colore dal giallo all'arancione). Questa unità è presente dalla progressiva 0 ÷ 150 [m] e dalla progressiva 250 [m] fino a fine sezione. È separata dalle marne da un decremento di resistività ad andamento verticale.

La sezione di polarizzazione indotta mostra valori generalmente abbastanza bassi e compatibili con materiali naturali. Si può notare dalla progressiva 320 [m] fino a fine sezione, nella parte superficiale, l'effetto dei filari metallici infissi nel terreno utilizzati per la coltivazione della vite. Un'altra anomalia è presente nella parte iniziale della sezione ad una profondità di circa 30 [m] dal P.C. attribuibile alla possibile presenza di marna fratturata con notevole presenza di acqua.

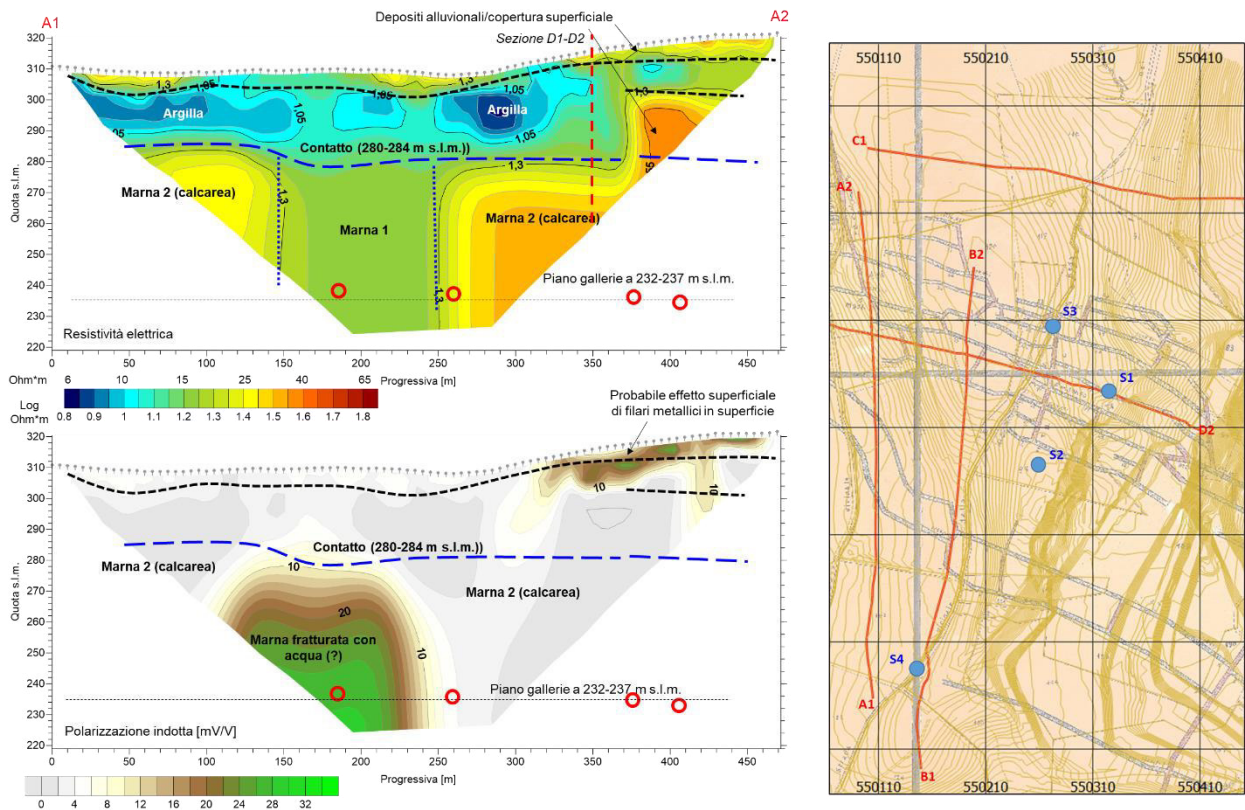


Figura 8 - Modello tomografico di resistività elettrica reale e polarizzazione indotta – Sezione Ert 1 A1-A2

5.2 Sezione geoelettrica ERT 2 (B1-B2)

La sezione geoelettrica B1-B2 è stata realizzata ad Est della precedente anche essa in direzione circa Nord-Sud. La sezione ERT è riportata in Tavola 6 allegata al testo e, per comodità di lettura, nella Figura 9 di pagina seguente.

Il modello tomografico di resistività elettrica è analogo a quello descritto per la sezione A1-A2 e comprende le seguenti unità elettro-stratigrafiche:

1. Depositi alluvionali / copertura superficiale ($1.3 < \text{Rho} < 1.7$ [Log Ohm*m], tonalità di colore dal verde all'arancione). Questa unità si sviluppa per uno spesso variabile tra i 8 e 30 [m] dal P.C.; l'ispessimento di tale elettro-strato si osserva a partire dalla progressiva 300 [m] circa. Tra le progressive 250 ÷ 300 [m] è presente una lente di materiale più resistivo attribuibile alla presenza di ghiaie.
2. Argille ($\text{Rho} < 1.1$ [Log Ohm*m] tonalità di colore azzurro-blu). Questa unità è separata dalla precedente da un decremento di resistività con andamento orizzontale.
3. Marne ($1.2 < \text{Rho} < 1.4$ [Log Ohm*m], tonalità di colore del verde). Questa unità è presente dalla progressiva 250 [m] fino a fine sezione è caratterizza il settore più profondo della sezione stessa. Essa è separata dalla precedente unità da un incremento di resistività con andamento orizzontale.

4. Marne calcaree ($1.54 < \text{Rho} < 1.8$ [Log Ohm*m], tonalità di colore dal giallo all'arancione). Questa unità è presente dalla progressiva 100 ÷ 250 [m]. È separata dalle marne da un decremento di resistività ad andamento verticale.

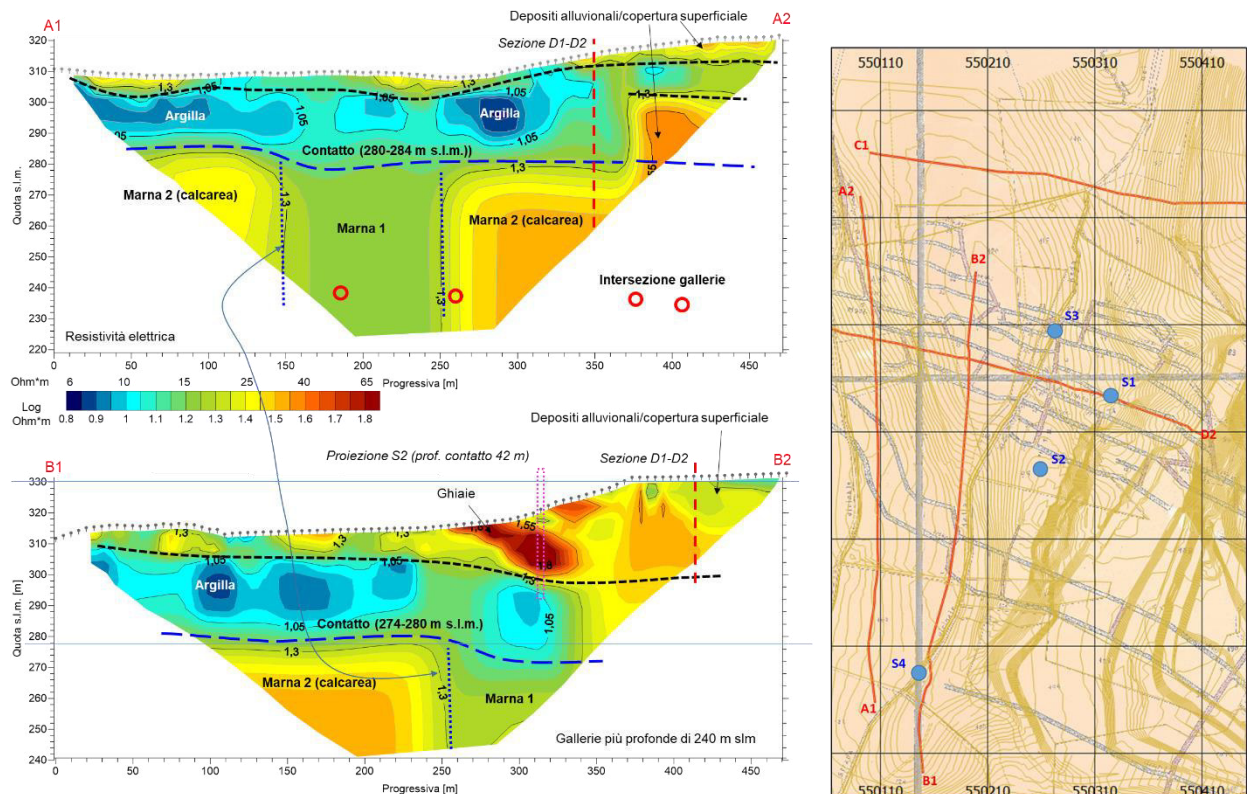


Figura 9 - Sezione B1-B2 - Modelli tomografici di resistività elettrica reale e confronto con sezione A1-A2

5.3 Sezione geoelettrica ERT 3 (C1-C2)

La sezione C1-C2 (Tavola 7 e per comodità di lettura Figura 10) è stata realizzata in direzione circa Est-Ovest ai Nord delle due sezioni precedenti. Anche in questo caso la lunghezza dello stendimento (vedi Tabella 1) ha consentito di indagare una porzione di terreno significativa che comprendesse sia le coperture detritiche superficiali sia un'apprezzabile porzione del substrato.

Analogamente a quanto descritto nelle sezioni precedenti si individuano le seguenti unità elettrostratigrafiche:

1. Depositi alluvionali / copertura superficiale ($1.3 < \text{Rho} < 1.7$ [Log Ohm*m], tonalità di colore dal verde all'arancione). Questa unità si sviluppa per uno spesso variabile tra i 10 e 14 [m] dal P.C.; tra le progressive 210 ÷ 290 [m] è presente una lente di materiale più resistivo attribuibile alla presenza di ghiaie.
2. Argille ($\text{Rho} < 1.1$ [Log Ohm*m] tonalità di colore azzurro-blu). In questa sezione affiorano superficialmente dalla progressiva 0 fino alla progressiva 160 [m]. con uno spessore di circa 4 ÷ 6 [m] da P.C. Dalla progressiva 310 [m] fino a fine sezione è possibile osservare

nuovamente la presenza di argilla, in questo caso molto probabilmente satura, che dà origine a depositi gravitativi (frana)

3. Marne ($1.2 < \text{Rho} < 1.4$ [Log Ohm*m], tonalità di colore dal verde al giallo). Questa unità è presente dalla progressiva 170 [m] fino alla progressiva 300 [m] è caratterizza il settore più profondo della sezione.
4. Marne calcaree ($1.54 < \text{Rho} < 1.8$ [Log Ohm*m], tonalità di colore dal giallo all'arancione). Questa unità è presente dalla progressiva 70 ÷ 170 [m] e dalla progressiva 300 [m] fino alla progressiva 350 [m]. È separata dalle marne da un decremento di resistività ad andamento verticale.

La sezione di polarizzazione indotta mostra valori generalmente abbastanza bassi e compatibili con materiali naturali. Si può notare dalla progressiva 300 [m] fino a fine sezione, un'anomalia abbastanza marcata (I.P. > 28 [mV/V]) attribuibile alla presenza di argilla satura con 2 possibili piani di scivolamento che potrebbero essere riconducibili ad un fenomeno gravitativo (frana).

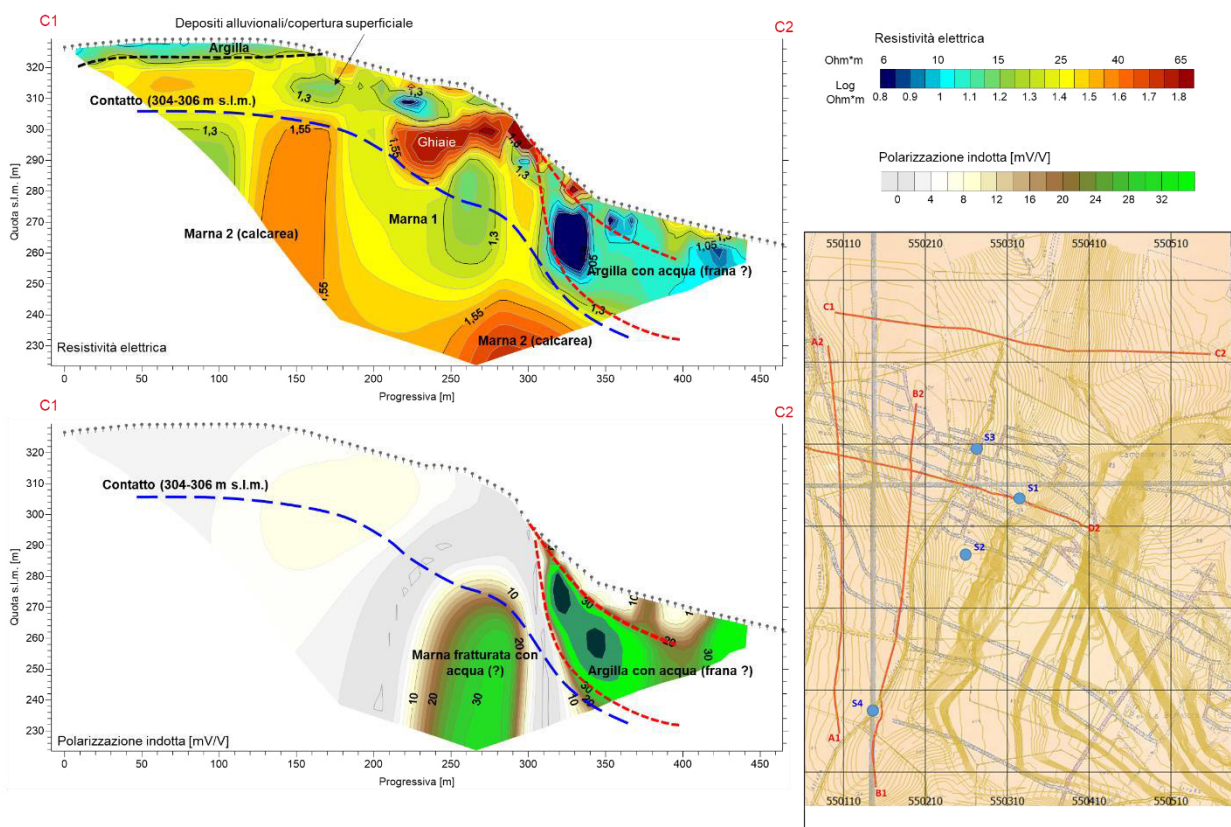


Figura 10 - Modello tomografico di resistività elettrica reale e polarizzazione indotta – Sezione Ert 3 C1-C2

5.4 Sezione geoelettrica ERT 4 (D1-D2)

La sezione geoelettrica D1-D2 è stata realizzata a Sud della precedente anche essa in direzione circa Est-Ovest. La sezione ERT è riportata in Tavola 8 allegata al testo e, per comodità di lettura, nella Figura 11. Essa mostra caratteristiche analoghe alle sezioni A1-A2 e B1-B2 permettendo di distinguere i seguenti elettro-strati:

1. Depositi alluvionali / copertura superficiale ($1.3 < \text{Rho} < 1.7$ [Log Ohm*m], tonalità di colore dal verde all'arancione). Questa unità si sviluppa per uno spesso variabile tra i 2 e 30 [m] dal P.C.; tra le progressive 210 ÷ 280 [m] è presente una lente di materiale più resistivo attribuibile alla presenza di ghiaie.
2. Argille ($\text{Rho} < 1.1$ [Log Ohm*m] tonalità di colore azzurro-blu). In questa sezione affiorano superficialmente dalla progressiva 0 fino alla progressiva 150 [m]. con uno spessore di circa 20 [m] da P.C.
3. Marne ($1.2 < \text{Rho} < 1.4$ [Log Ohm*m], tonalità di colore del verde). Questa unità è presente dalla progressiva 150 [m] fino alla progressiva 290 [m] è caratterizza il settore più profondo della sezione. Essa è separata dalla precedente unità da un incremento di resistività con andamento orizzontale.
4. Marne calcaree ($1.54 < \text{Rho} < 1.8$ [Log Ohm*m], tonalità di colore dal giallo all'arancione). Questa unità è presente dalla progressiva 0 ÷ 150 [m] e dalla progressiva 290 [m] fino a fine sezione. È separata dalle marne da un decremento di resistività ad andamento verticale.

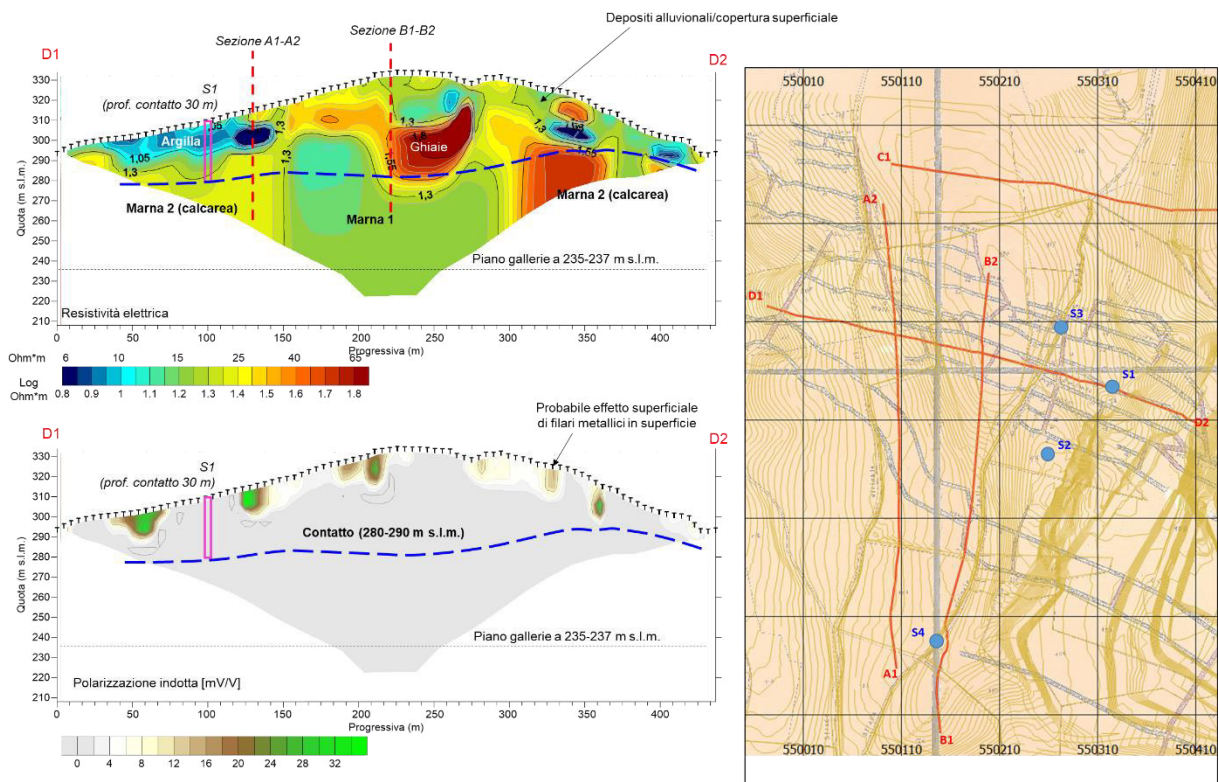


Figura 11 - Modello tomografico di resistività elettrica reale e polarizzazione indotta - Ert 4 D1-D2

6. STIMA DEI VOLUMI DEL MATERIALE STERILE AL DI SOPRA DEL GIACIMENTO

La committenza ha chiesto una stima quantitativa dei volumi di materiale sterile presente al di sopra del giacimento minerario. Al fine di perseguire tale scopo è stato quindi creato un progetto GIS al cui interno sono stati inseriti tutti i dati raccolti. Tale progetto GIS, gestito nelle coordinate UTM WGS84 Zona 32N, ha permesso di integrare ed elaborare i dati ottenuti dalle indagini geoelettriche descritte in questa relazione con i dati topografici forniti dalla committenza.

Con questo tipo di approccio è stato quindi possibile mettere a confronto la superficie topografica con la superficie di contatto marna / materiale sterile dedotta dalle indagini ERT (Figura 12, Tavola 11).

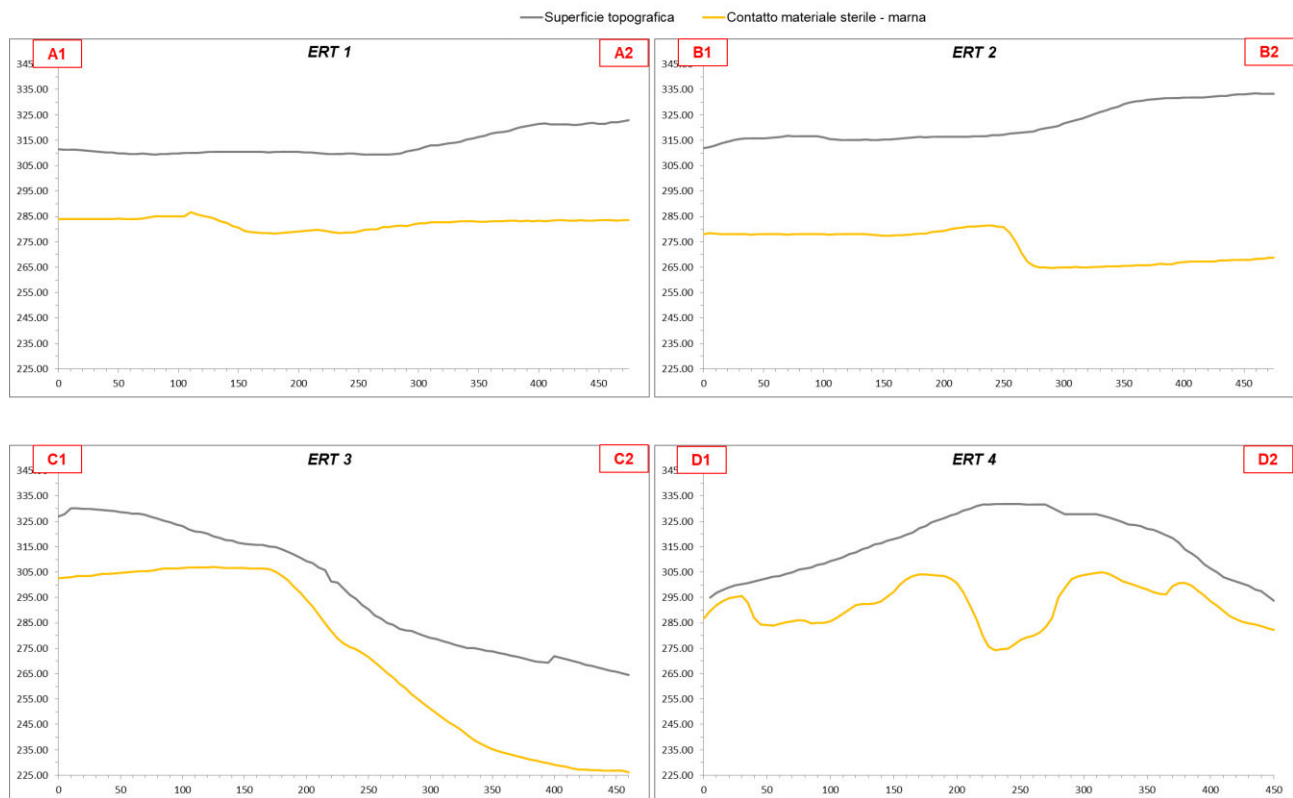


Figura 12 - Grafici di confronto tra superficie topografica e contatto materiale sterile con marna

Ottenuta questa superficie di contatto tra la marna ed il soprastante materiale sterile si è quindi proceduto al calcolo dello spessore delle coperture (Tavola 12 e per comodità di lettura Figura 13 nella pagina seguente) secondo il procedimento, in ambiente GIS, descritto nei punti sottostanti:

- Creazione di un Digital Elevation Model (DEM) partendo dal rilievo topografico fornito dalla committenza;
- Stima delle profondità del contatto tra le coperture e la marna secondo i modelli ERT (vedi Figura 12 e Tavola 11);

- c) Produzione di un'ipotetica superficie dell'andamento della marna in profondità;
- d) Calcolo dello spessore delle coperture al di sopra della marna ottenuto eseguendo la differenza tra il DEM della superficie topografica e l'andamento della marna in profondità.

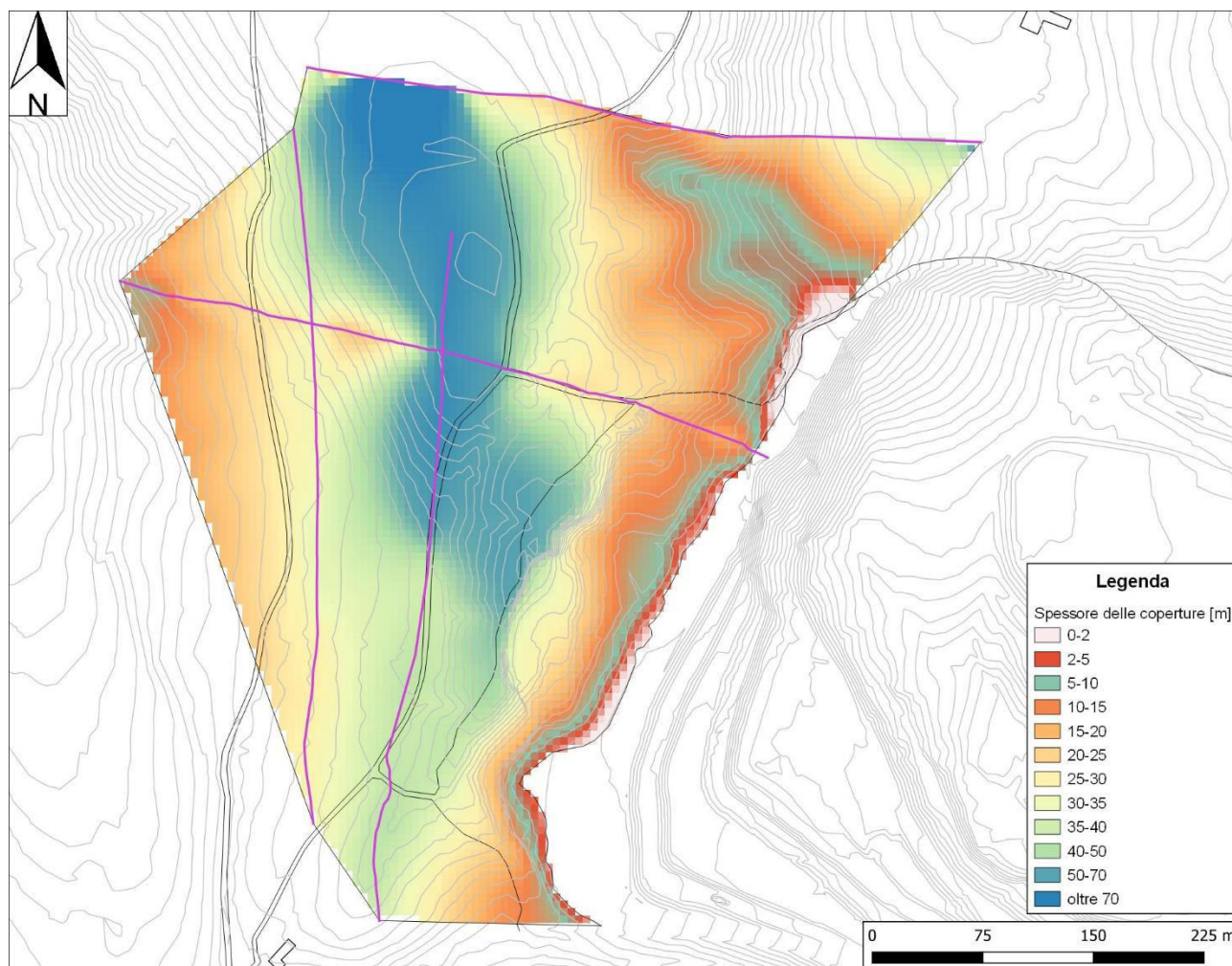


Figura 13 – Mappa dello spessore delle coperture al di sopra della marna

Analizzando tale mappa è possibile notare come vi sia un incremento graduale degli spessori di materiale sterile che va da Est verso Ovest. Tale incremento segue grossomodo l'aumento di quota della superficie topografica per poi decrescere nei settori posti più a Ovest.

7. CONCLUSIONI

Le indagini geofisiche realizzate presso la Miniera di Albarola, sita nel territorio comunale di Vigolzone (PC), hanno permesso di valutare gli spessori e le caratteristiche della copertura terrigena sovrastante il giacimento nella nuova zona di coltivazione posta ad Ovest dell'attuale cantiere minerario.

Per quanto concerne le caratteristiche stratigrafiche dei terreni oggetto di questo studio è stato scelto di utilizzare la metodologia geoelettrica che ha permesso di individuare quattro unità ben distinte:

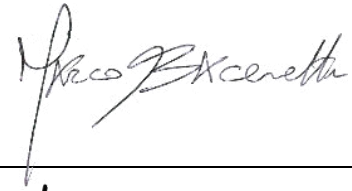
1. **Depositi alluvionali / copertura superficiale**; affiorano estesamente su tutta l'area indagata con spessori variabili tra i 2 e i 30 [m] da P.C. Localmente è stato possibile individuare delle lenti di materiale più resistivo attribuibile alla presenza di ghiaie.
2. **Argille**; si trovano al di sotto dei depositi alluvionali con spessori variabili tra i 18 e i 30 [m] dal P.C.
3. **Marne**; sono state individuate in tutti i settori più profondi delle sezioni ERT misurate. Il contatto con le sovrastanti argille è quasi sempre di tipo orizzontale.
4. **Marne calcaree**; anche esse sono state individuate nei settori più profondi delle sezioni ERT. Sono separate dalle marne da contatti di tipo verticale.

La stima quantitativa dei volumi di materiale sterile presente al di sopra del giacimento minerario, effettuata integrando i dati provenienti da diverse fonti ed integrandoli in ambiente GIS ha permesso di elaborare una mappa dello spessore delle coperture al di sopra della marna. Analizzando tale mappa è possibile notare come vi sia un **incremento graduale degli spessori di materiale sterile che va da Est verso Ovest**.

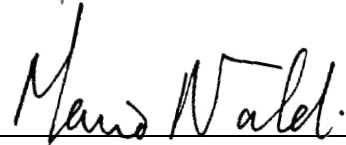
Tutti i risultati ottenuti (per quanto concerne la stima quantitativa dei volumi di materiale sterile) sono stati forniti in formato digitale nel sistema di coordinate WGS84UTM32N alla Committenza.

Techgea S.r.l.

Redatto da: Marco Bacenetti Geol. PhD



Controllato da: Dott. Geol. Mario Naldi



LIMITAZIONI DI RESPONSABILITA'

Questo rapporto tecnico si basa sull'applicazione di conoscenze e leggi scientifiche riconosciute ma anche di calcoli e valutazioni professionali suscettibili di interpretazione.

Le stime e le considerazioni espresse in questa relazione sono basate su informazioni acquisite e/o disponibili al momento dell'indagine e sono strettamente condizionate dai limiti imposti dalla tipologia utilizzata, dalla consistenza dei dati utilizzabili nonché dal programma di lavoro concordato con il Cliente.

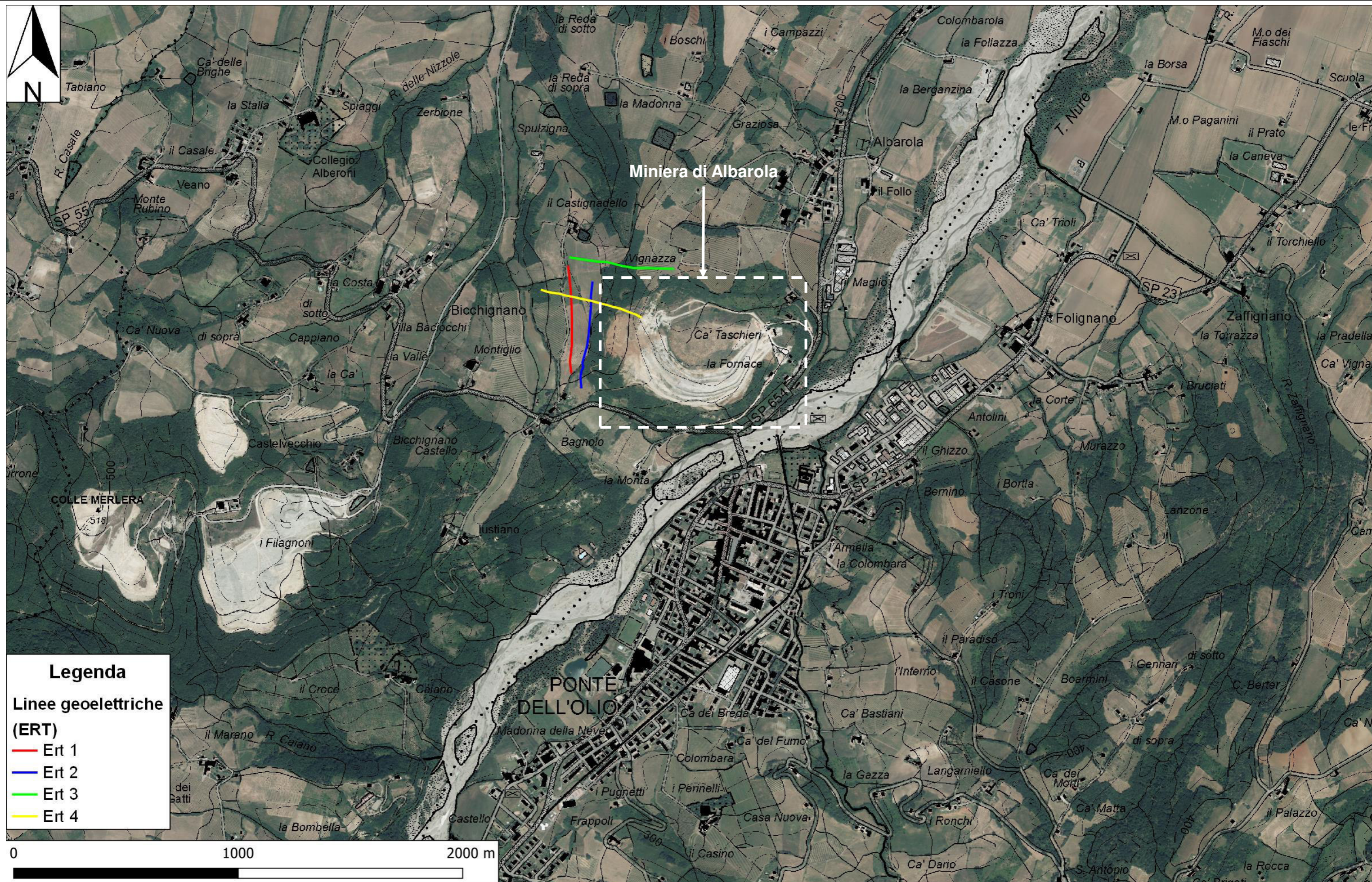
Le indagini geofisiche si basano su tecniche di esplorazione indiretta che, nonostante siano utilizzate allo stato dell'arte sia delle conoscenze scientifiche che degli avanzamenti tecnologici, hanno una serie di limitazioni intrinseche proprie di ogni metodo utilizzato. L'indagine geofisica non può e non deve sostituire integralmente l'esplorazione diretta anche se ne rappresenta un indispensabile complemento per colmare le lacune informative e per garantire un'univoca correlazione dei principali elementi presenti nel sottosuolo indagato.

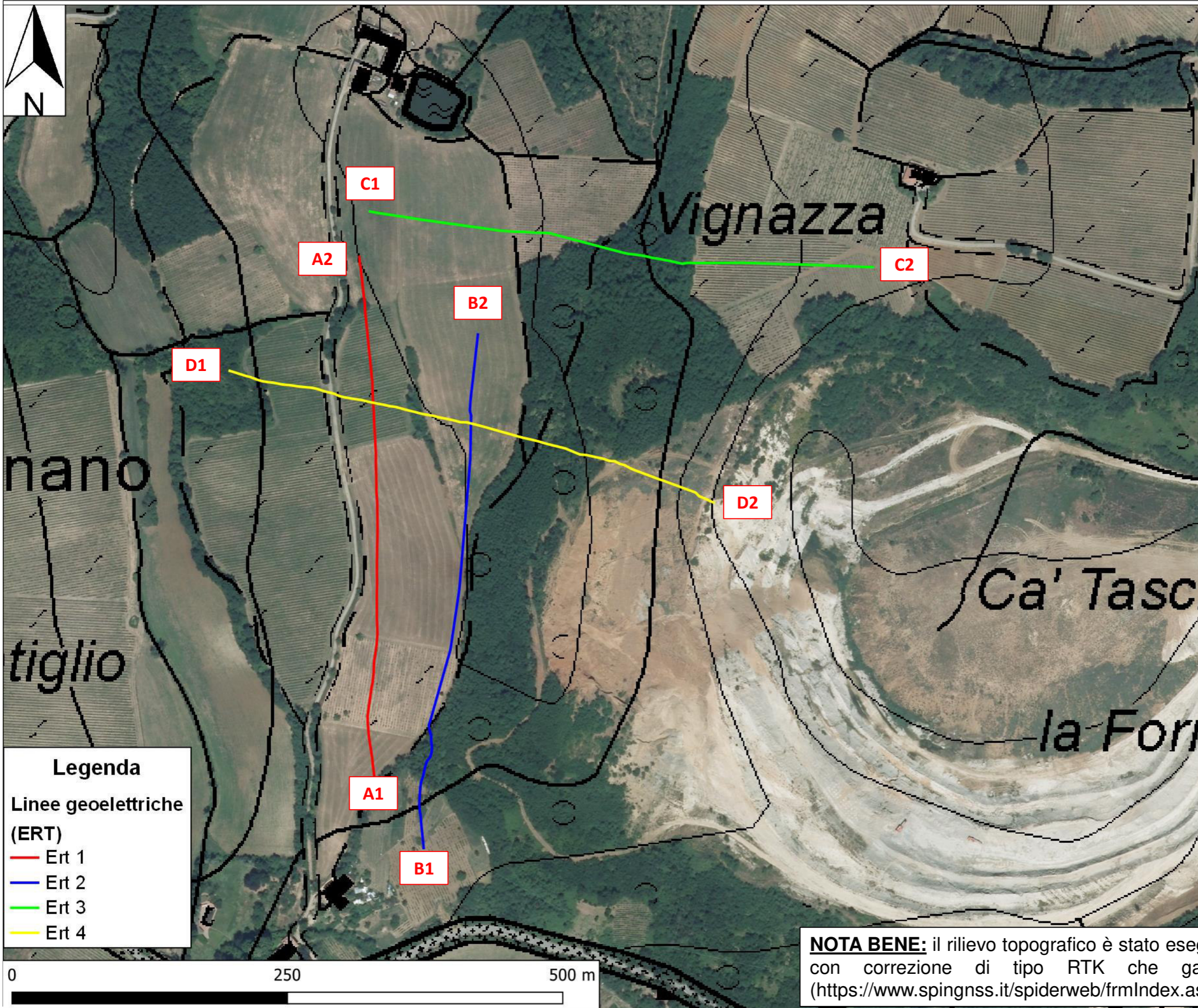
Questo rapporto si basa sulla conoscenza professionale degli attuali standard e codici, tecnologia e legislazione dell'Unione Europea. Modifiche e aggiornamenti di quanto sopra citato potrebbero rendere inappropriate o scorrette le raccomandazioni, indicazioni e conclusioni stilate nel testo.

Le conclusioni ed i suggerimenti operativi contenuti nella presente relazione vanno intesi come proposte di intervento e non come azioni vincolanti, salvo ciò non sia specificatamente indicato. Si tiene a precisare che le valutazioni contenute in questo rapporto sono state elaborate da tecnici e pertanto rivestono un carattere esclusivamente tecnico, non costituendo in alcun modo parere legale.

Gli Autori rispondono unicamente al Committente circa la corrispondenza del rapporto emesso, in ordine agli obiettivi delle ricerche definite nell'ambito dell'incarico e non possono farsi carico di responsabilità per danni, rivendicazioni, perdite, azioni o spese, qualora subite anche da terzi, come risultato di decisioni prese o azioni condotte e basate sul rapporto stesso.

TAVOLE





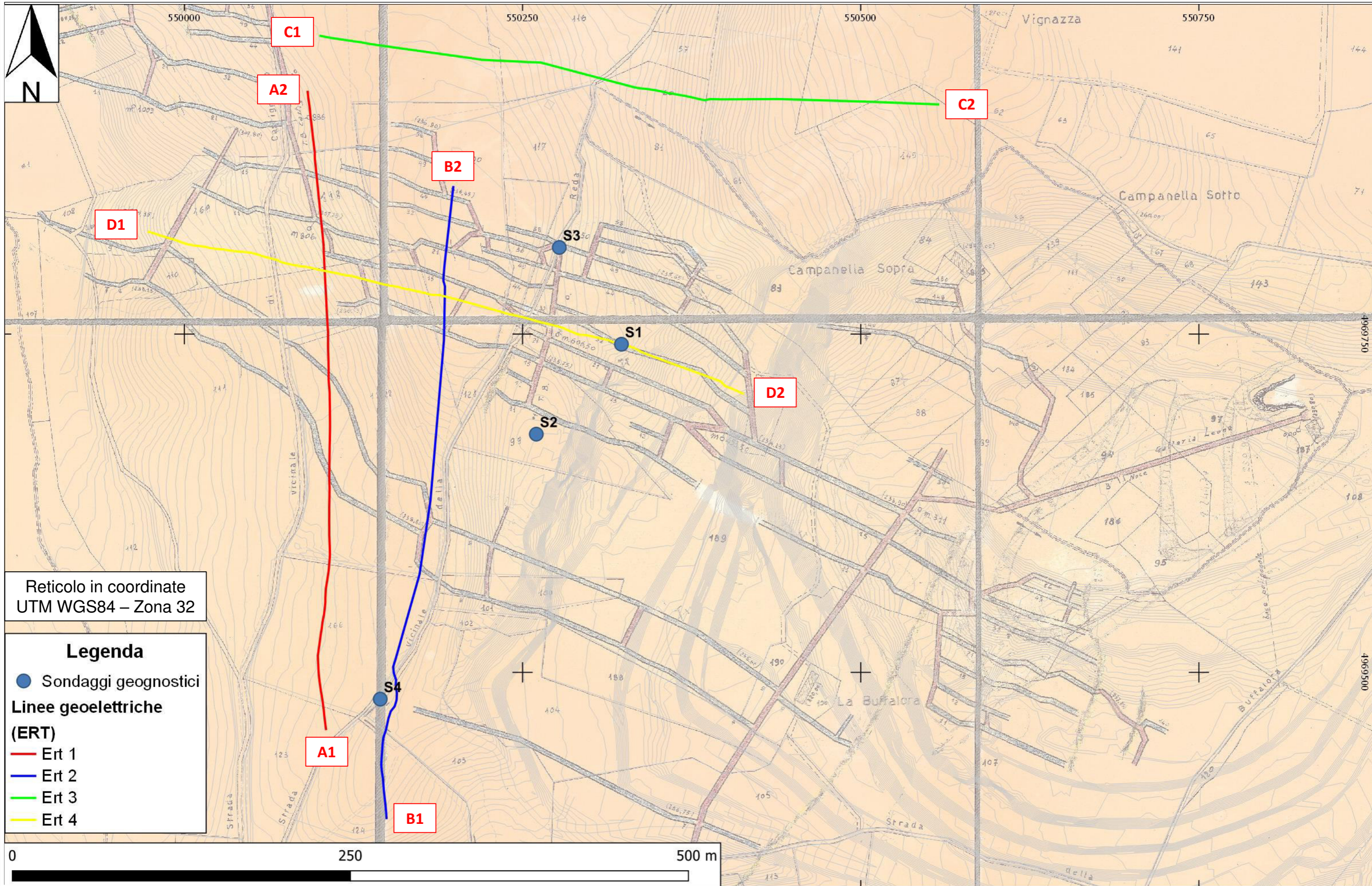
Coordinate dei punti (UTM WGS84 – Zona 32N)		
ID PUNTO	X	Y
A1	550101.48	4969458.82
A2	550090.21	4969929.99
B1	550148.58	4969389.66
B2	550195.41	4969854.25
C1	550099.62	4969967.09
C2	550557.38	4969919.36
D1	549973.26	4969825.69
D2	550412.33	4969706.29

Legenda

Linee geoelettriche (ERT)

- Ert 1
- Ert 2
- Ert 3
- Ert 4

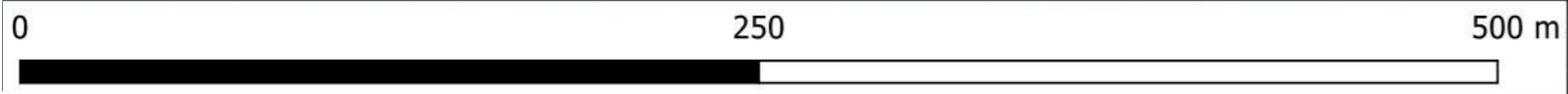
NOTA BENE: il rilievo topografico è stato eseguito mediante un GPS di tipo differenziale con correzione di tipo RTK che garantisce una precisione ± 2 [cm] (<https://www.spingnss.it/spiderweb/frmlIndex.aspx>).

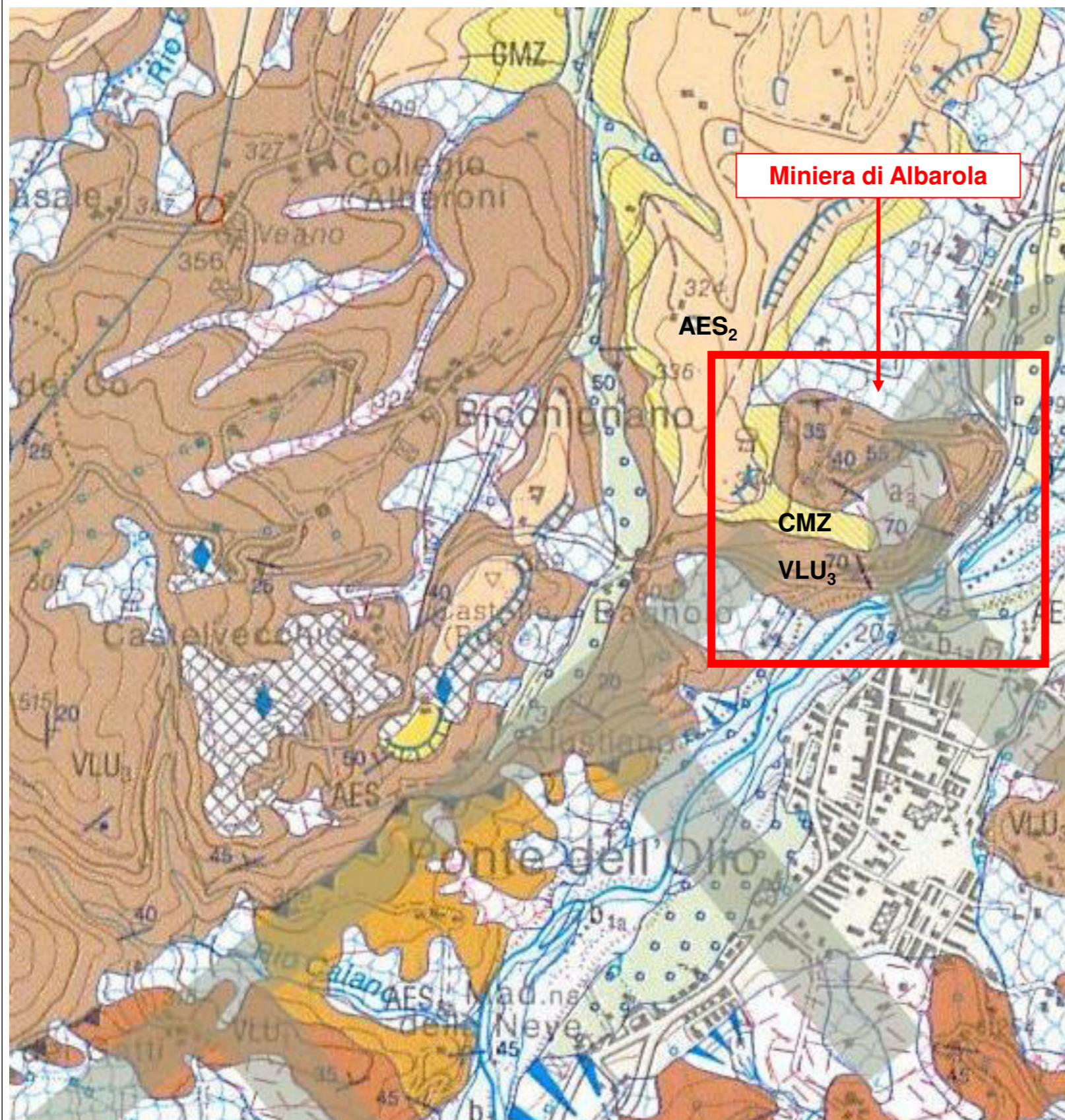


Reticolo in coordinate
 UTM WGS84 – Zona 32

Legenda

- Sondaggi geognostici
- Linee geoelettriche (ERT)
- Ert 1
- Ert 2
- Ert 3
- Ert 4





Legenda semplificata del foglio Carg n°179 Ponte dell'Olio

Successione post-evaporitica del margine Padano-Adriatico

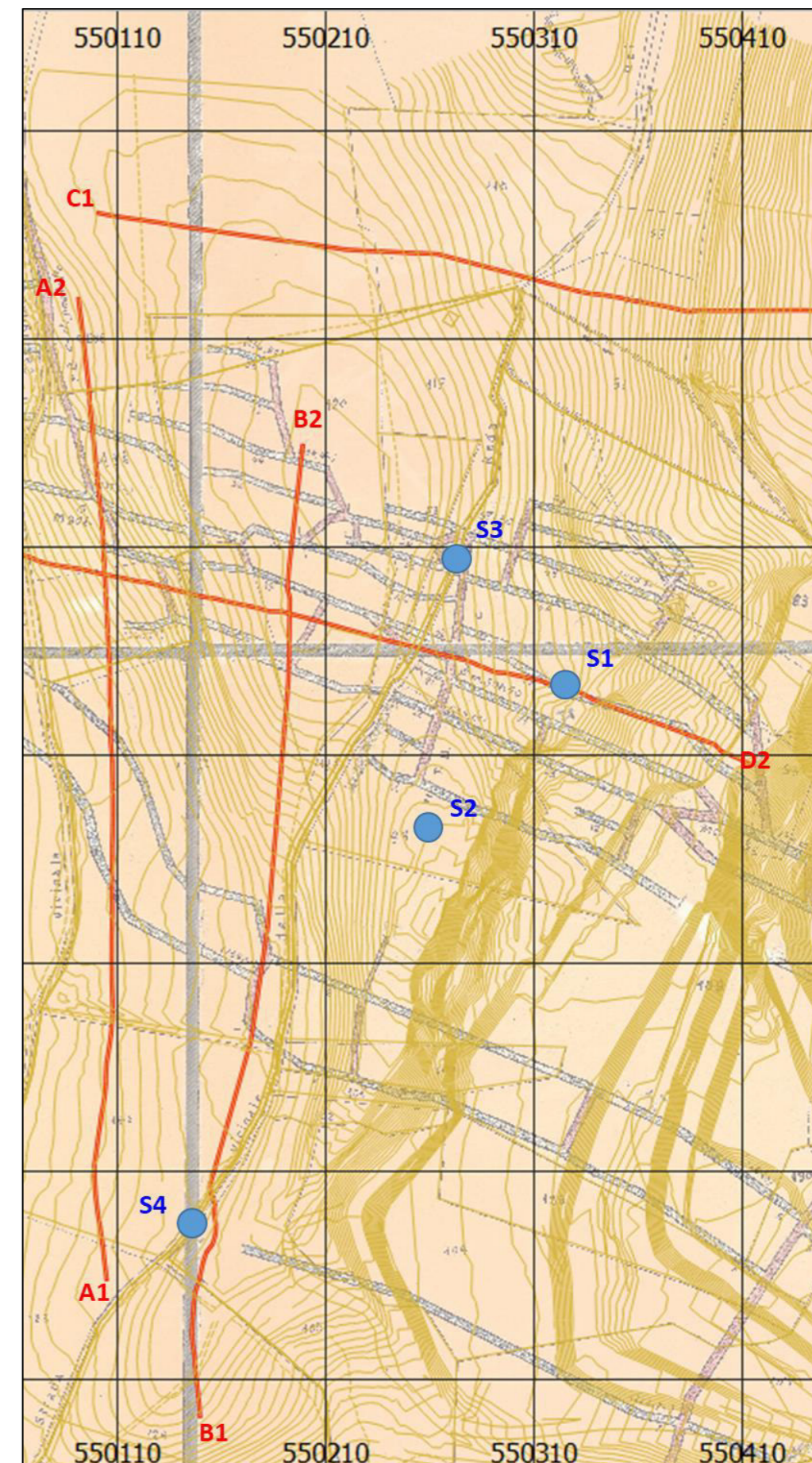
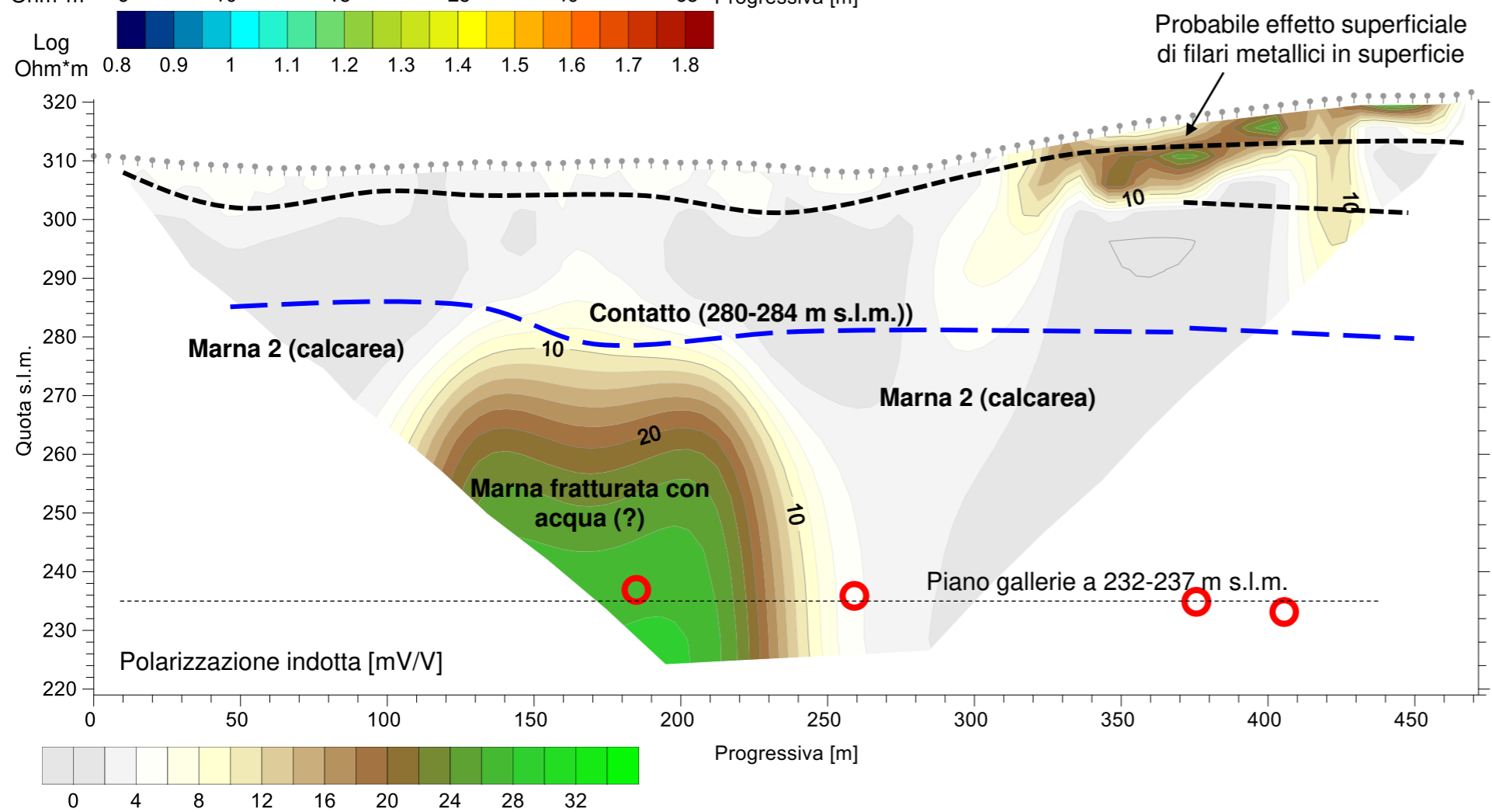
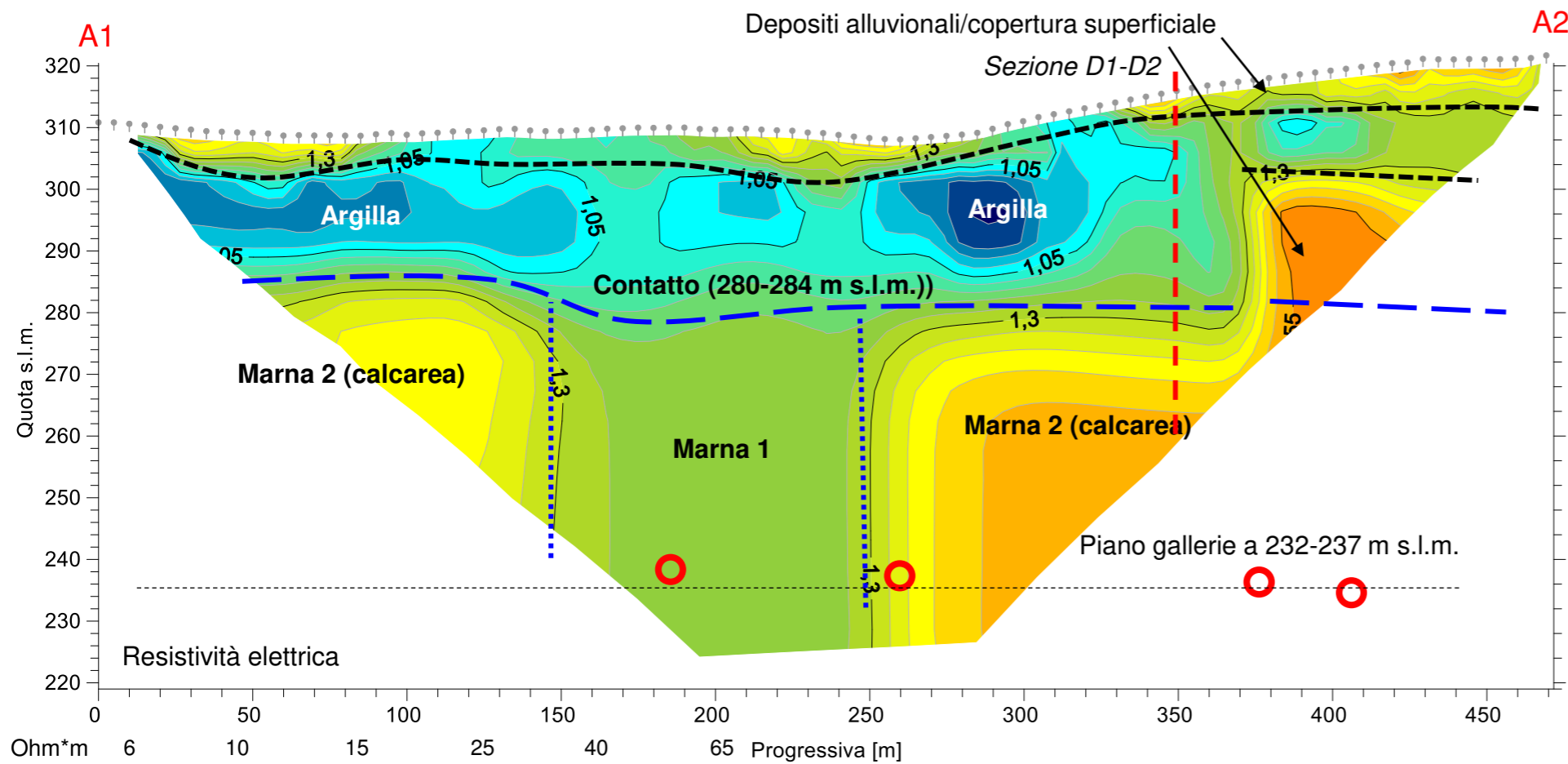
- AES₂**

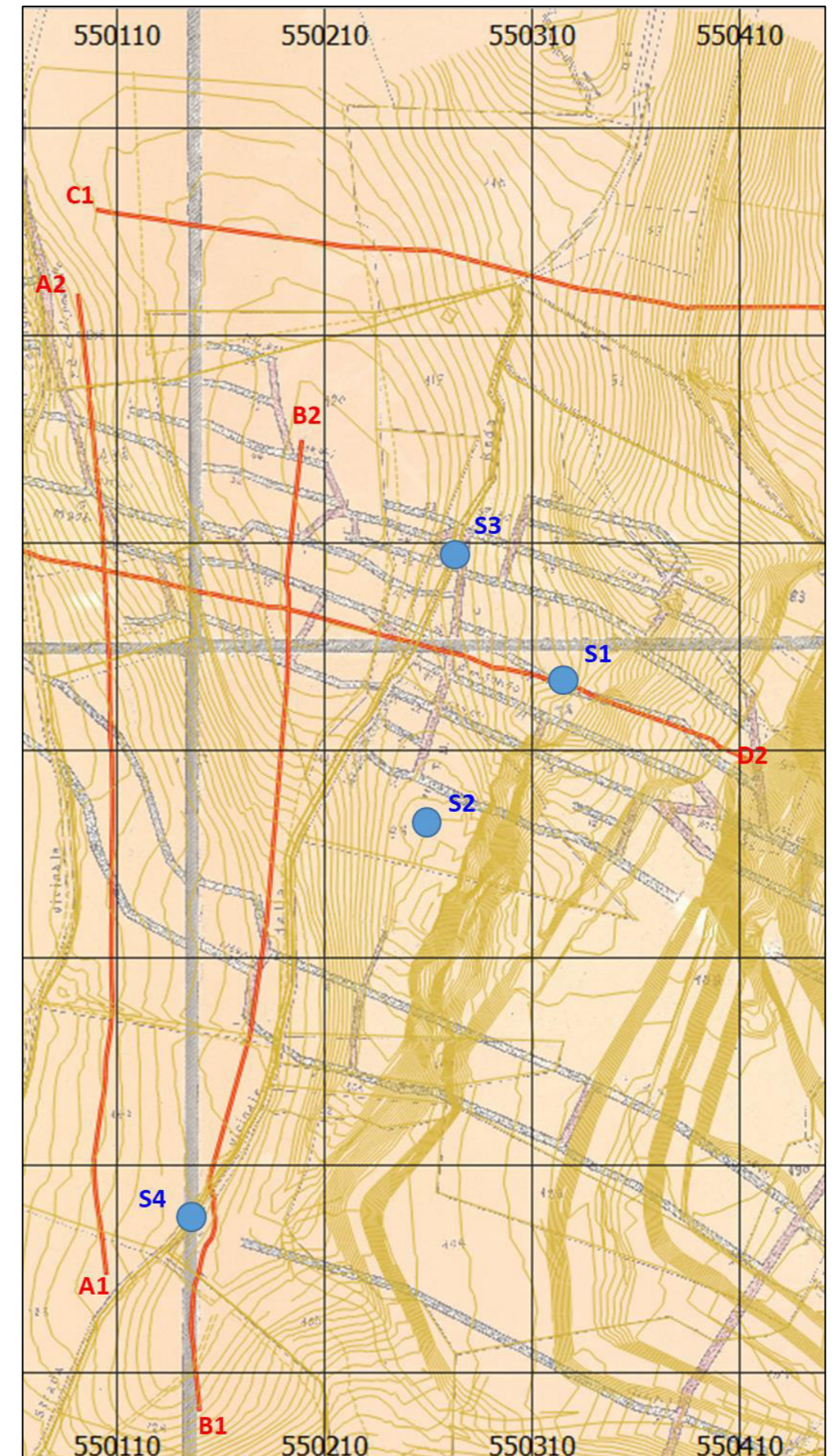
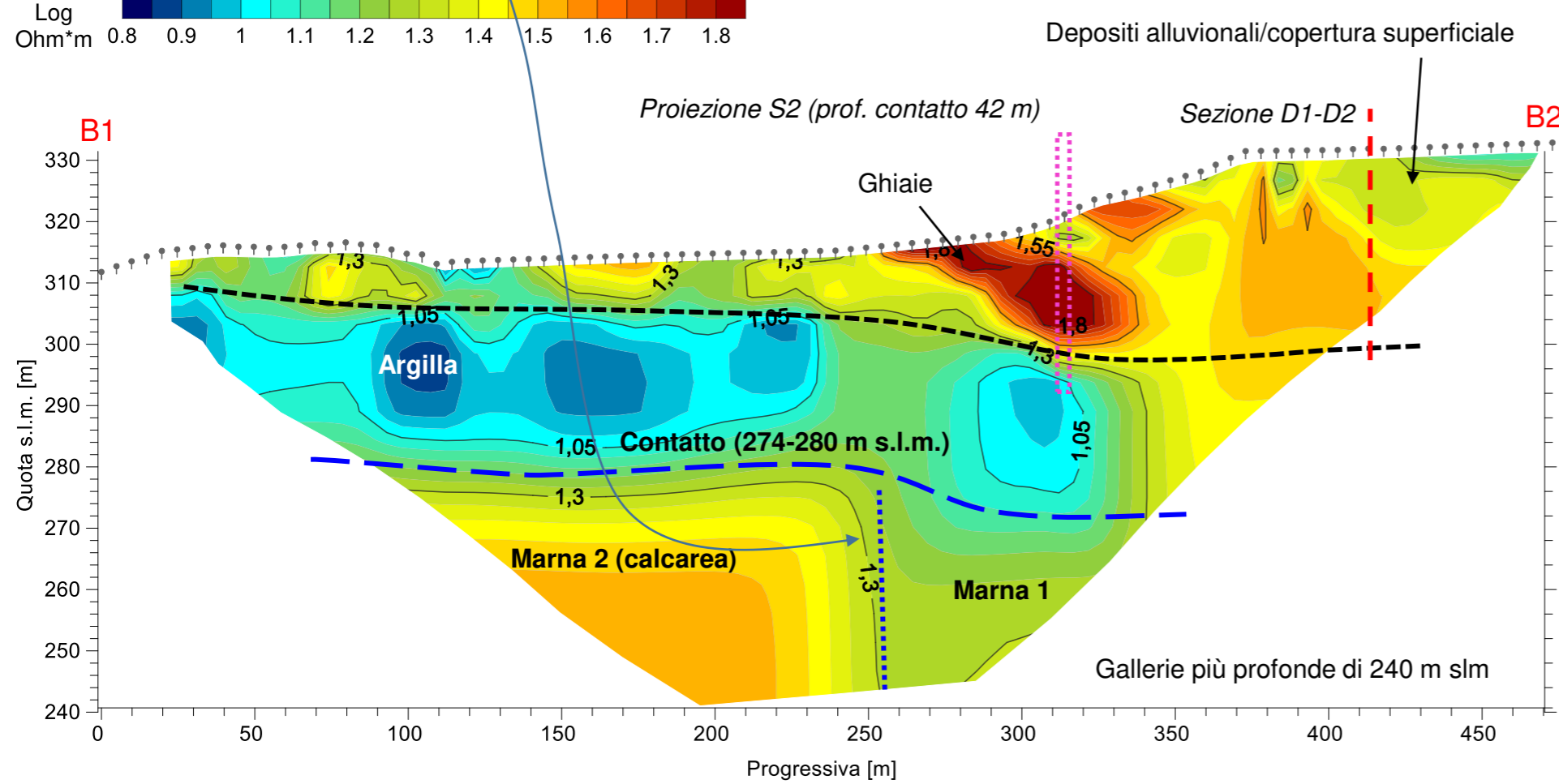
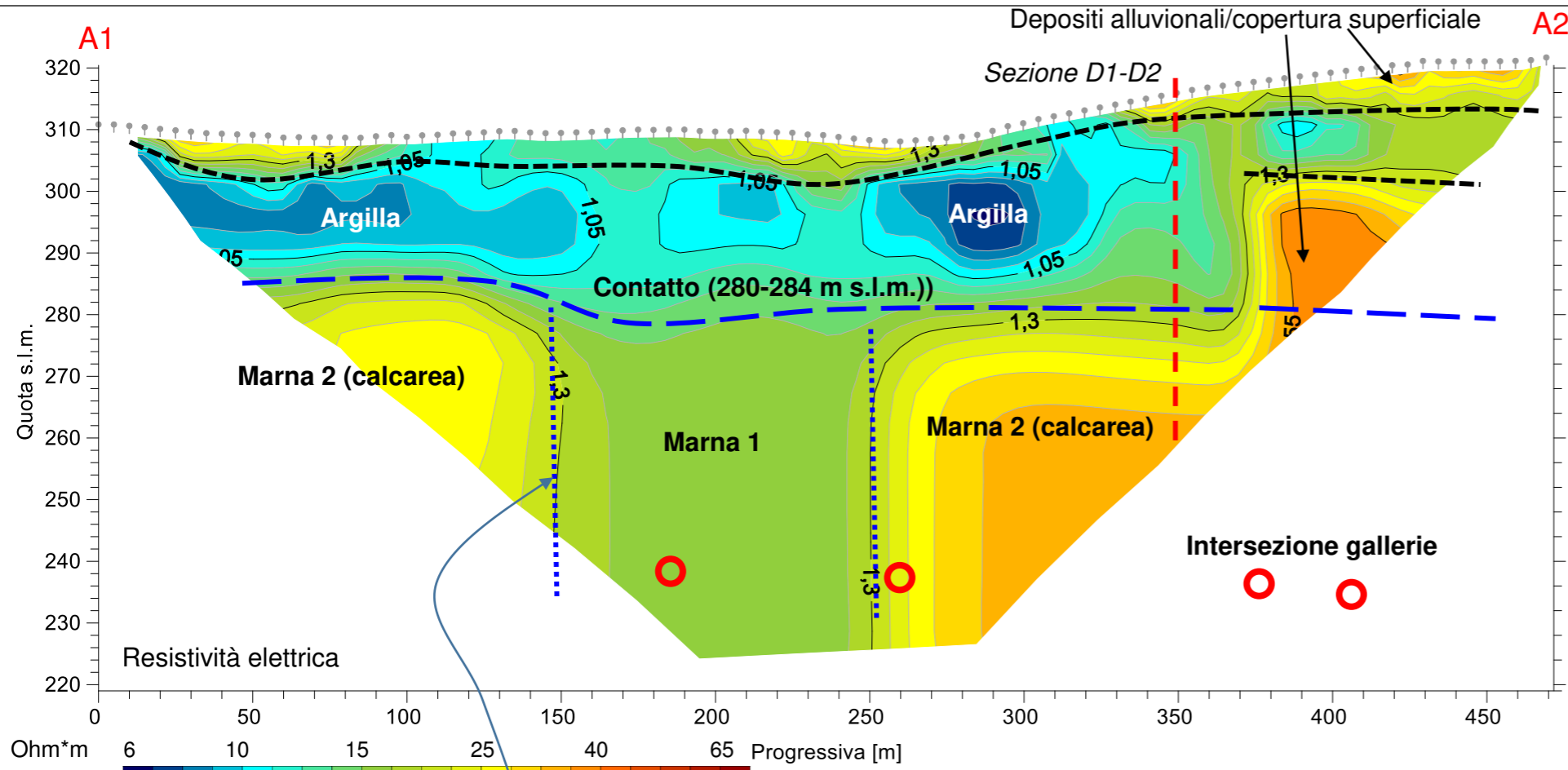
Subsistema di Maiatico
 Ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, localmente cementate: depositi alluvionali intravallivi e di conoide ghiaiosa; limi argillosi e sabbie con subordinati livelli di ghiaie: depositi di interconoide. L'unità presenta una copertura fine (max 4[m]) costituita da limi e limi argillosi giallastri. [PLEISTOCENE MEDIO]
- CMZ**

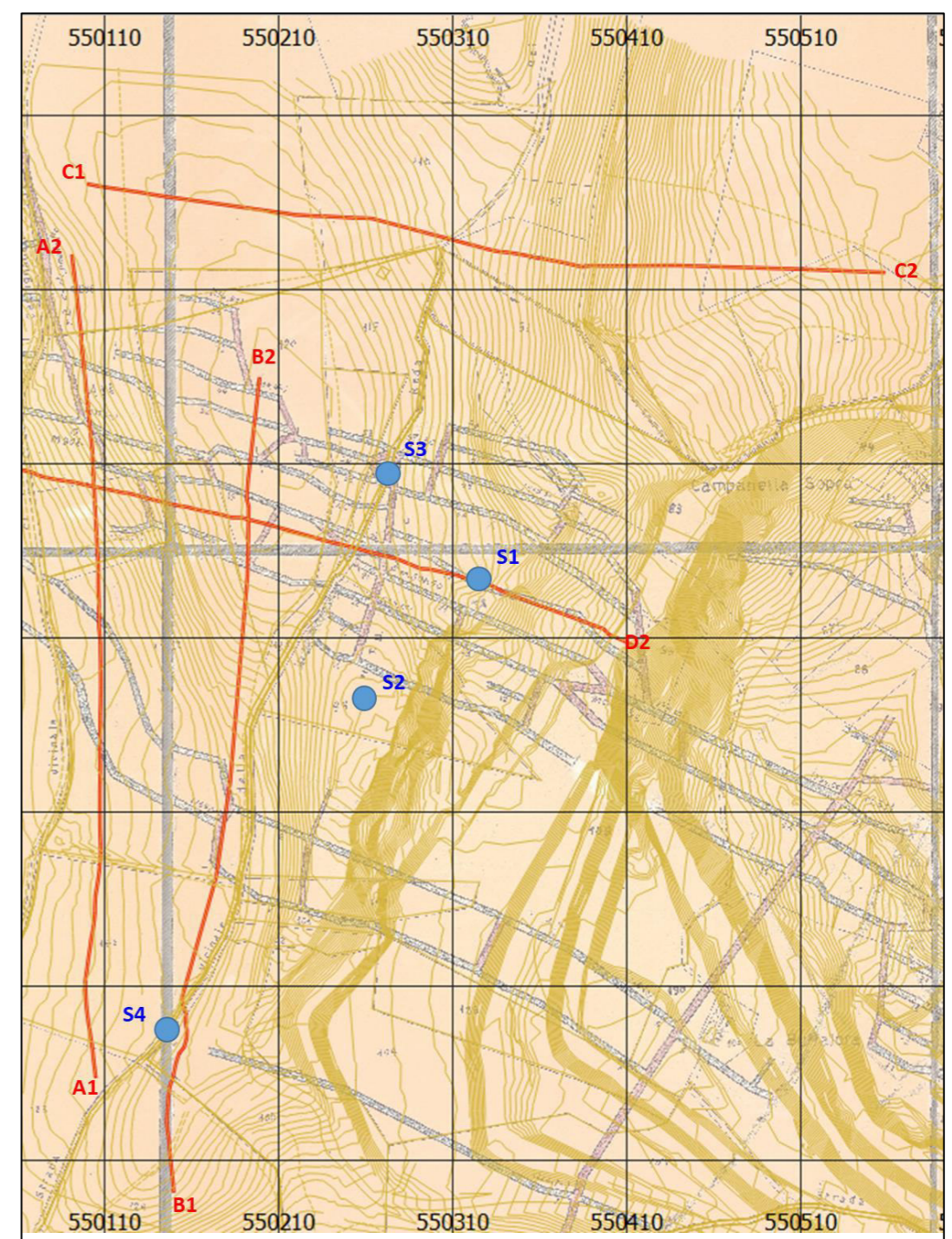
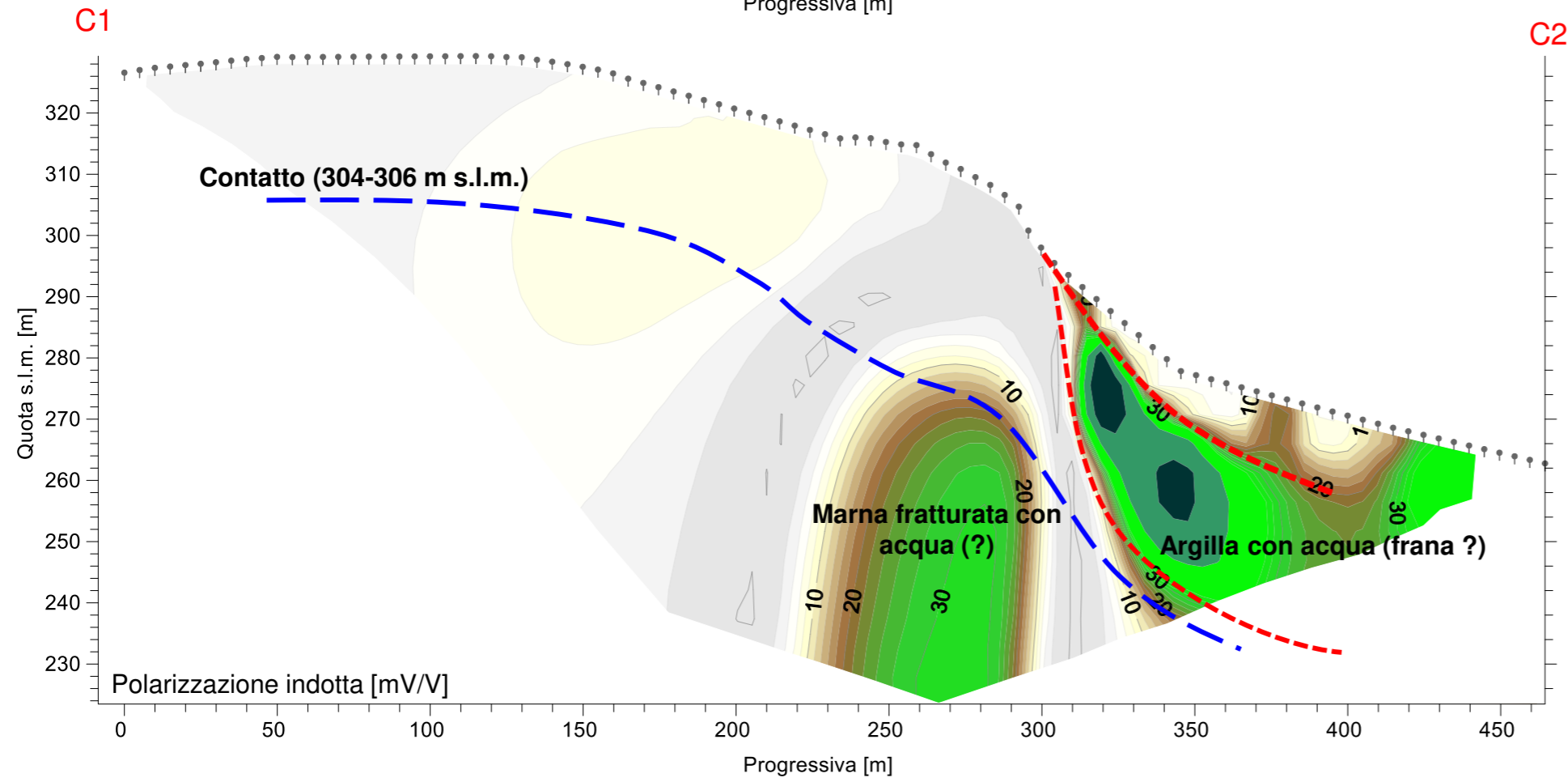
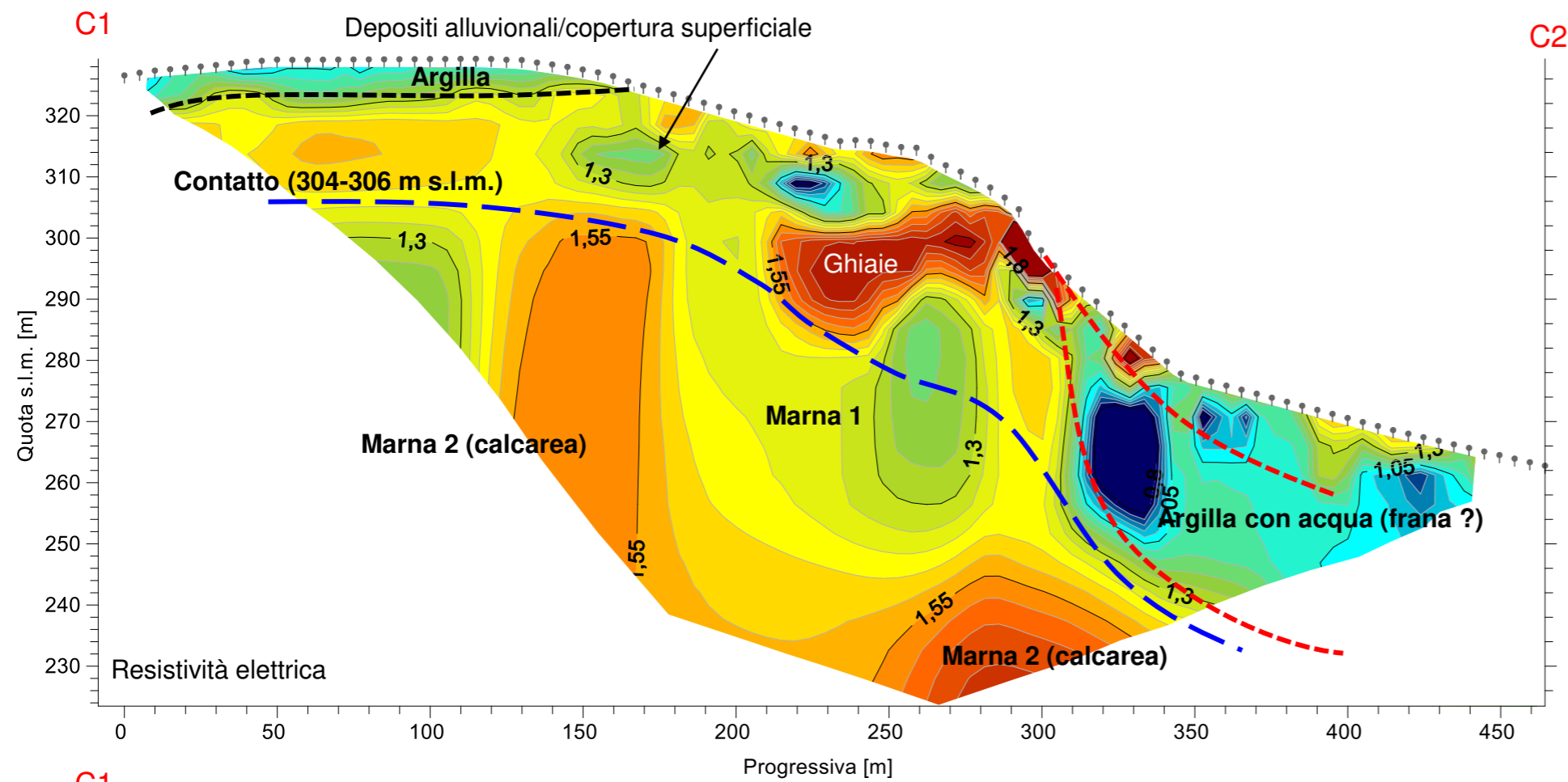
Sistema di Costamezzana
 Limi, limi sabbiosi e sabbie limose grigio-azzurri, giallo ocracei all'alterazione; sono frequenti i livelli ricchi in frustoli vegetali ed in sostanza organica: depositi di piana alluvionale deltizia. Ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie, spesso cementate, grigio-verdastre, ocracee all'alterazione: depositi di riempimento di canale distributore e, localmente, di conoide alluvionale distale o delta conoide. [PLEISTOCENE INF.]
- VLU₃**

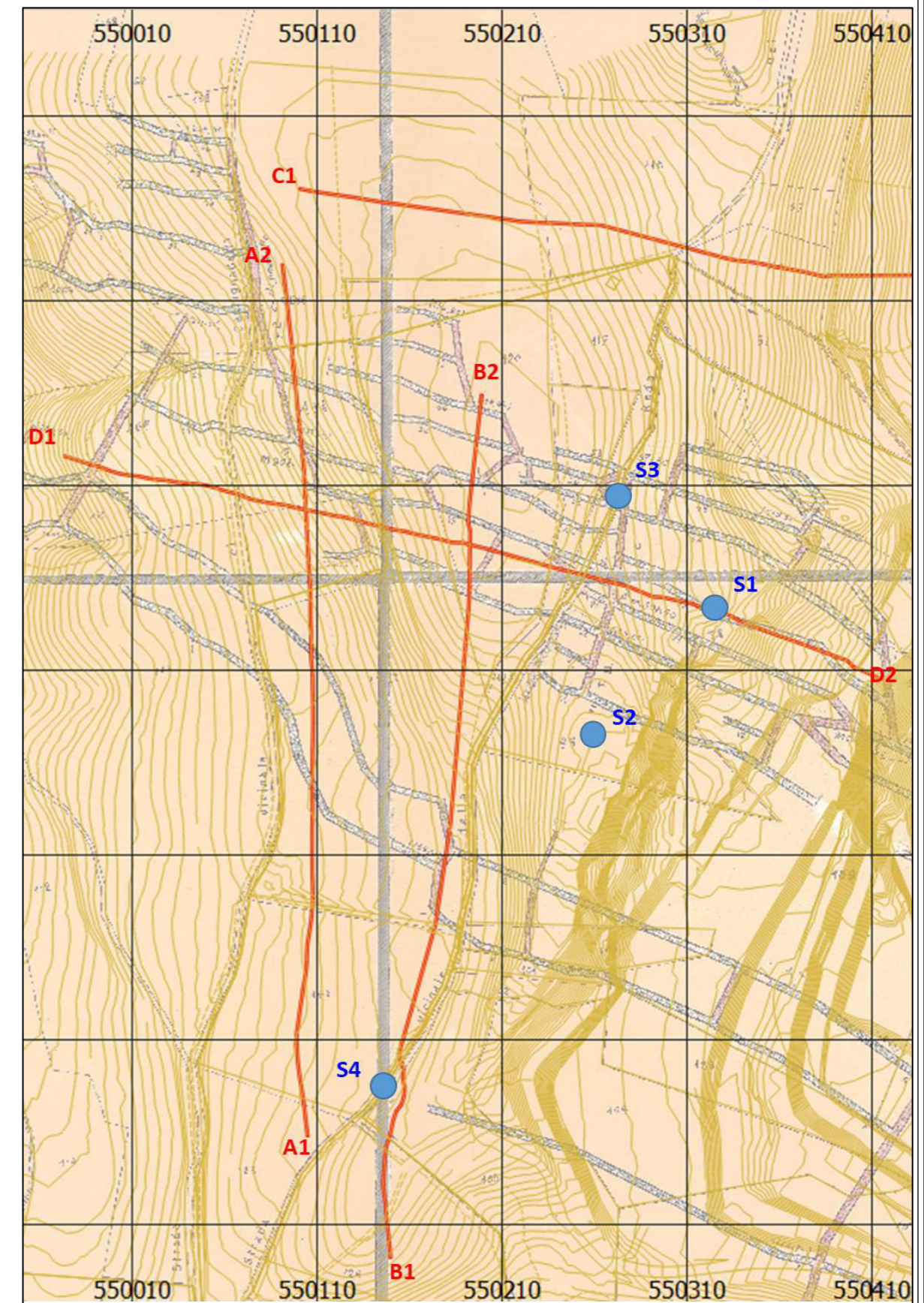
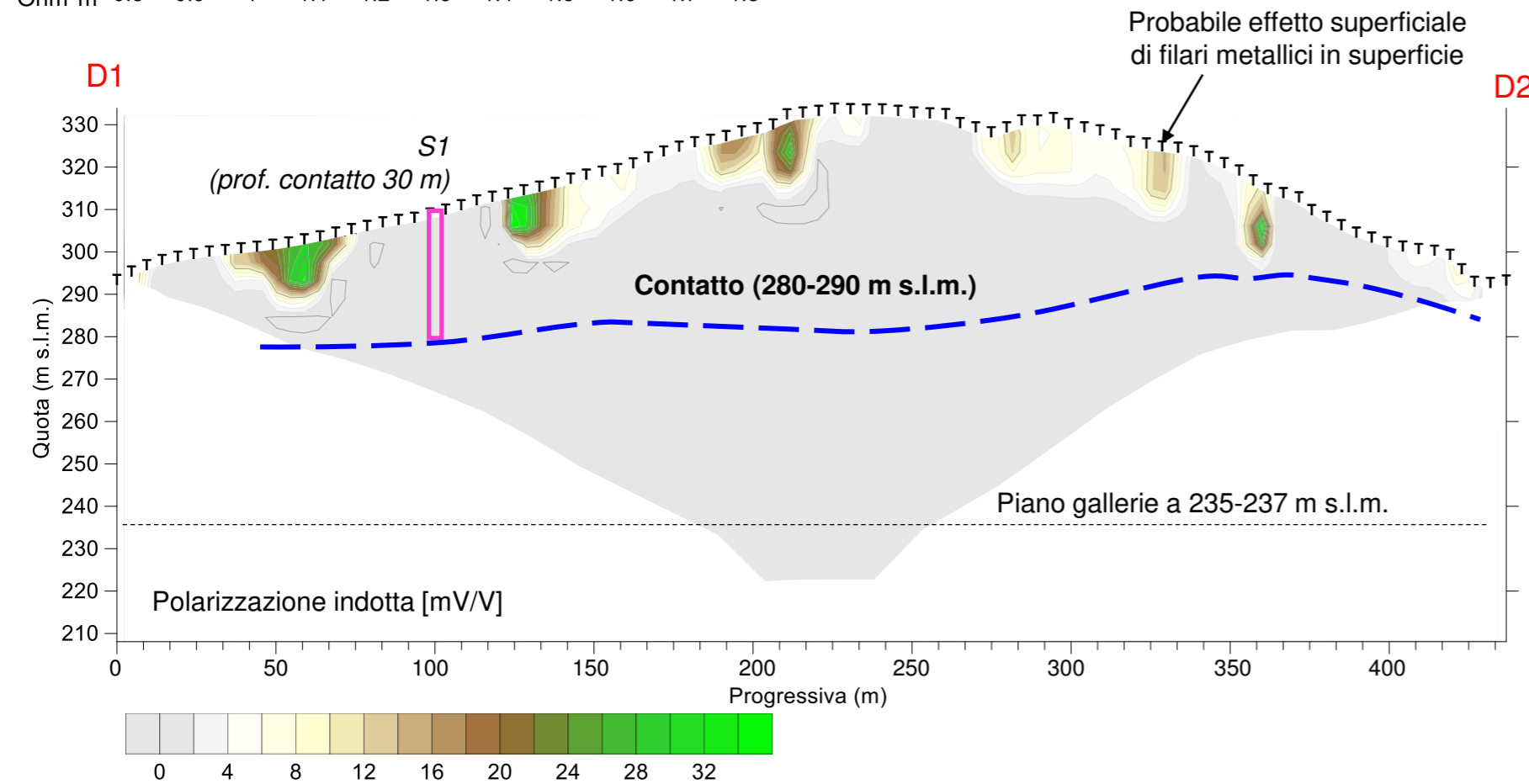
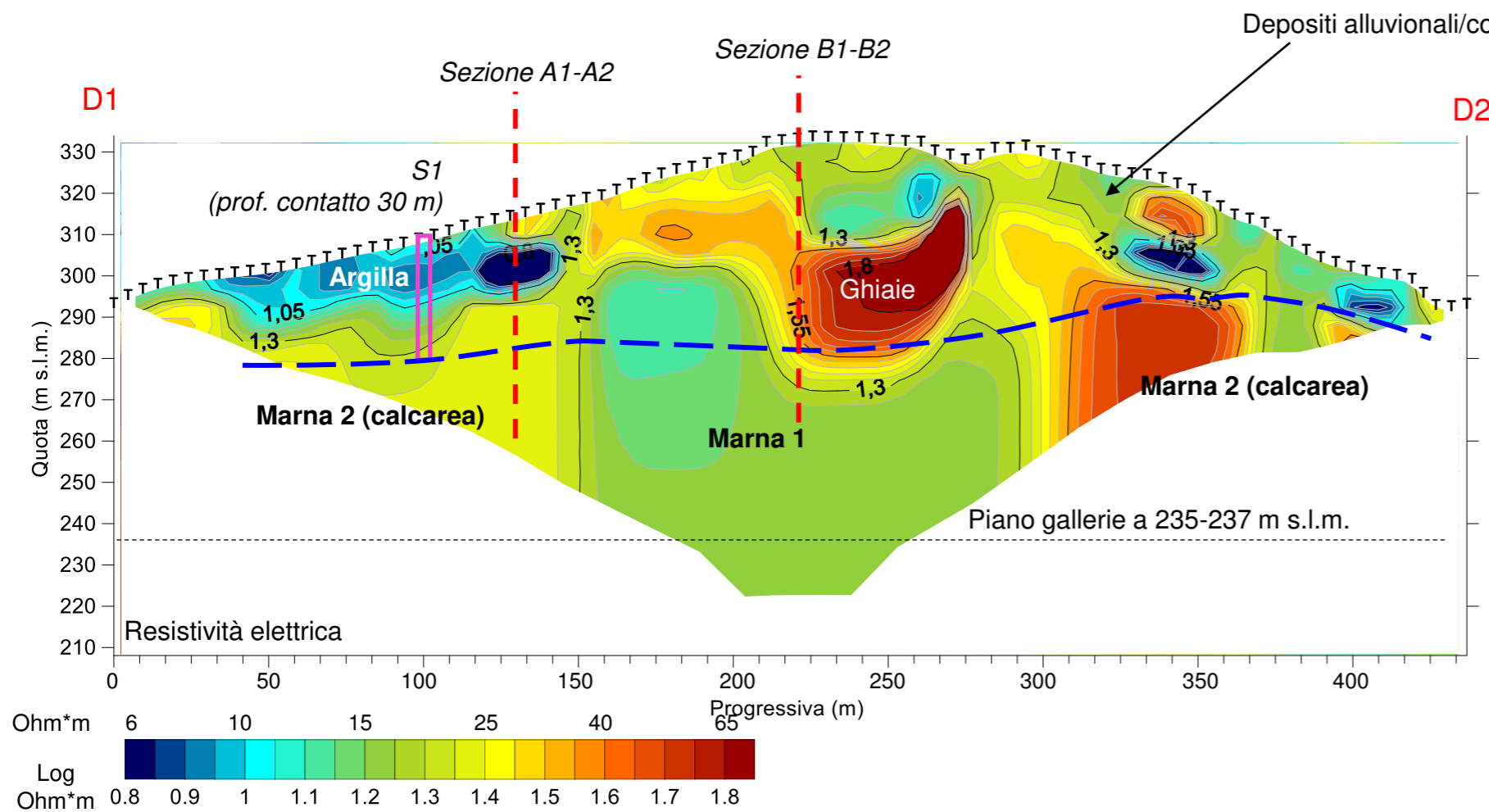
FORMAZIONE DI VAL LURETTA
 Formazione arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa

Membro di Genepreto
 Alternanze di calcari e calcari marnosi grigio-biancastri e di marne e marne calcaree grigio chiare, talora nocciola, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Sono presenti locali intercalazioni di arenarie medie e grossolane grigio-scure, in strati medie e di argille marnose rosso vinate. Spessore parziale del membro valutabile in 250-300 [m] circa. [LUTEZIANO]

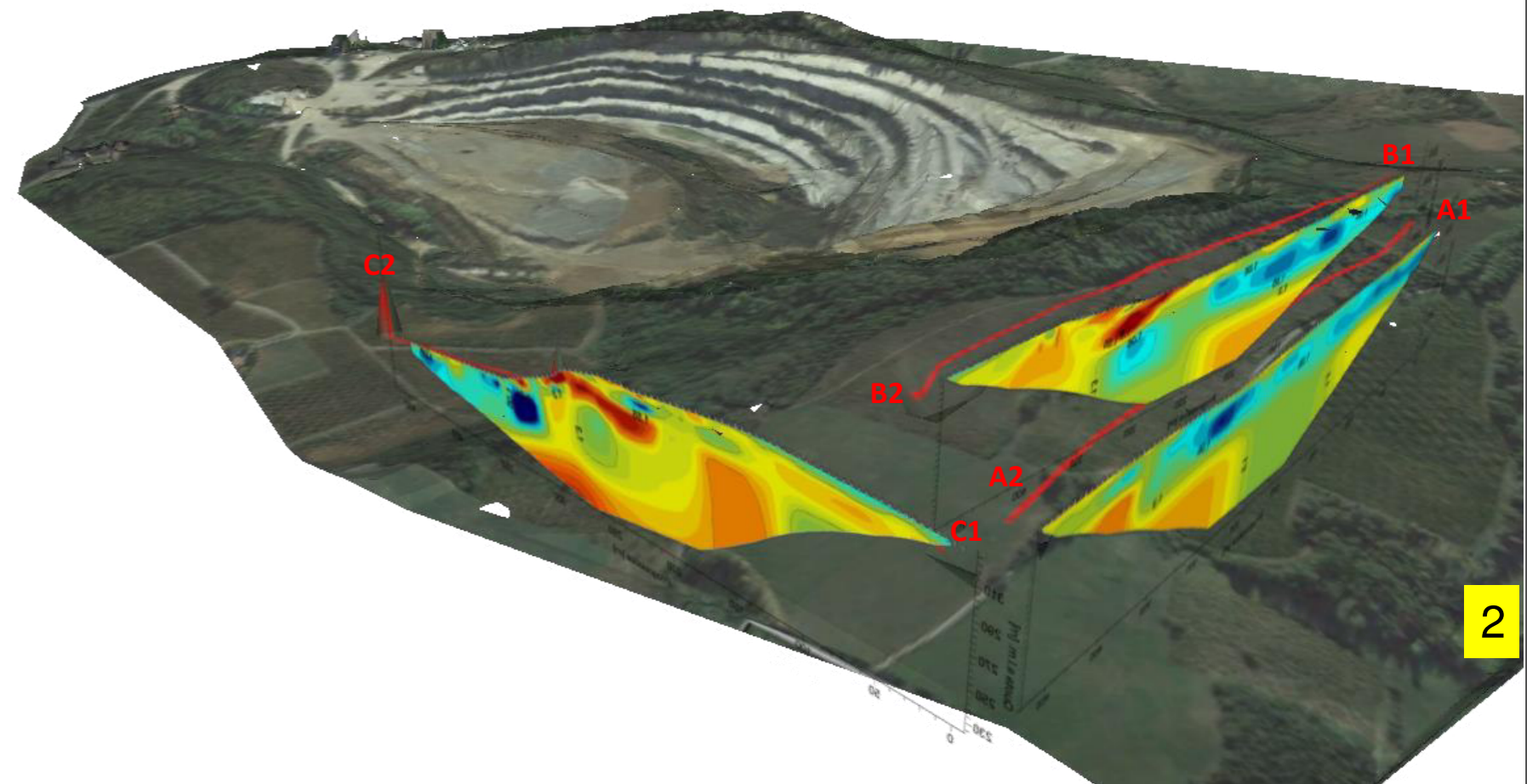
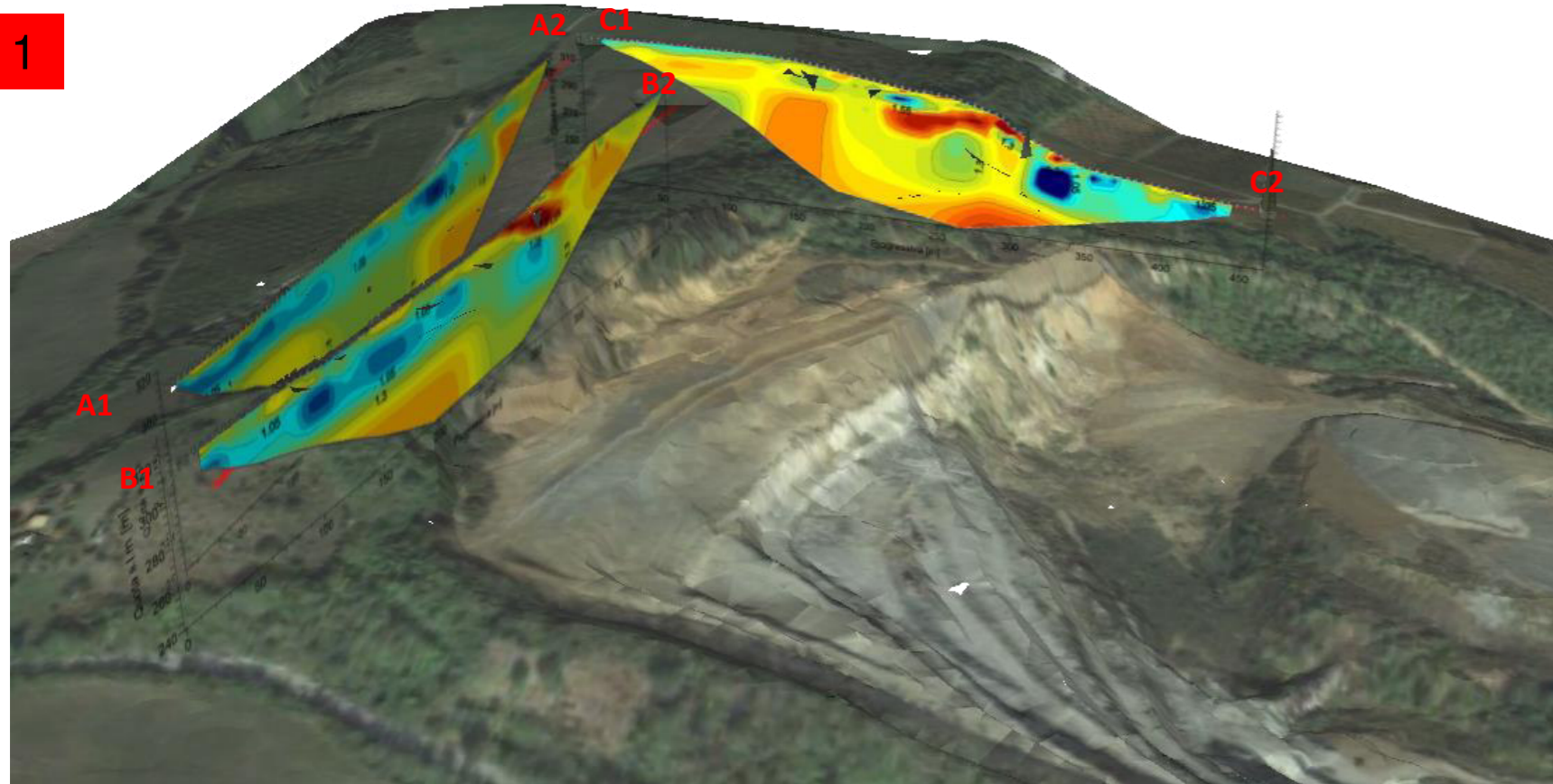








1



Settore centrale
Sezione A



Settore centrale
della sezione B



Settore Centrale
della sezione C



Settore di indagine sezioni
A e B



Settore centrale sezione B

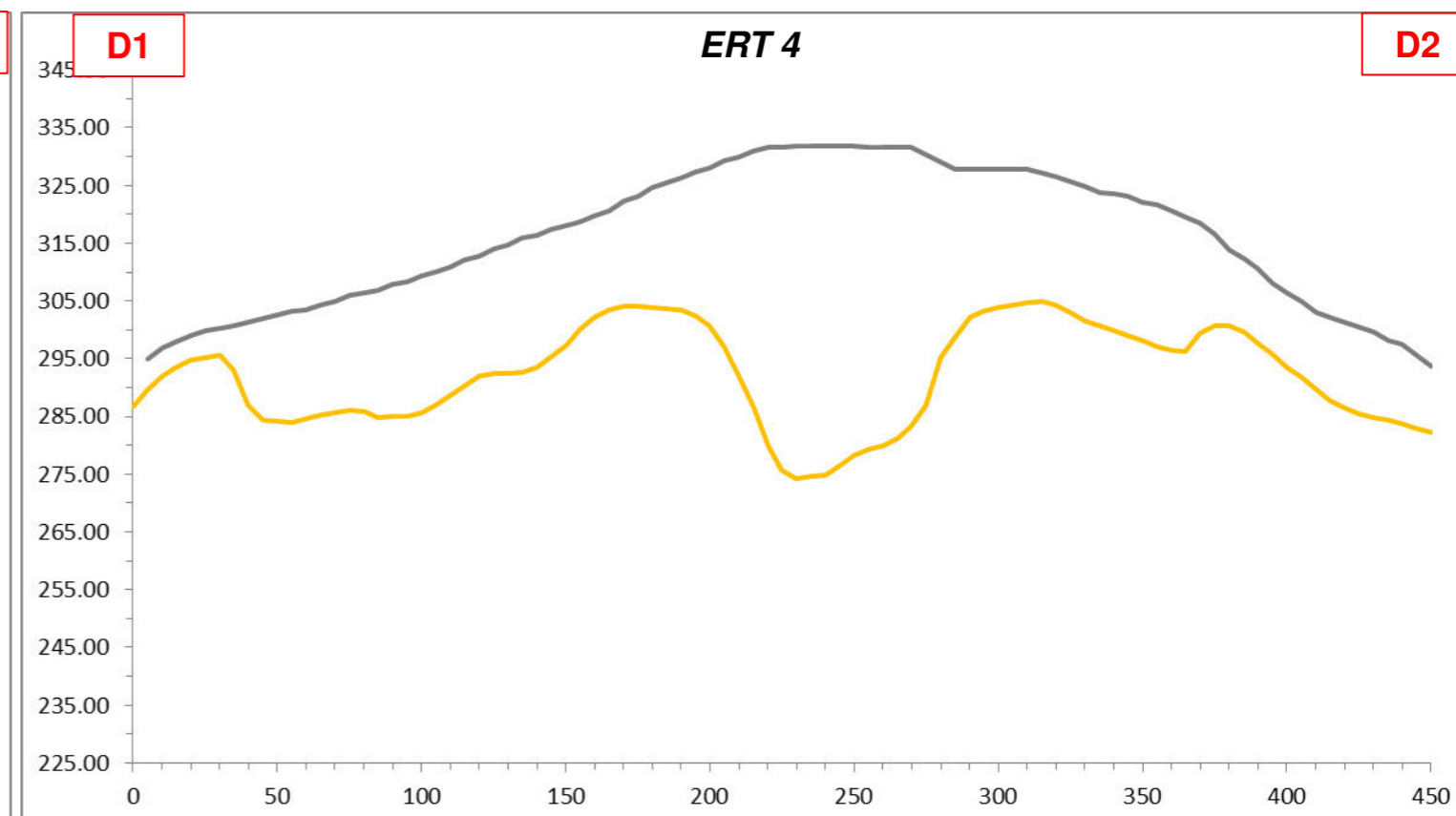
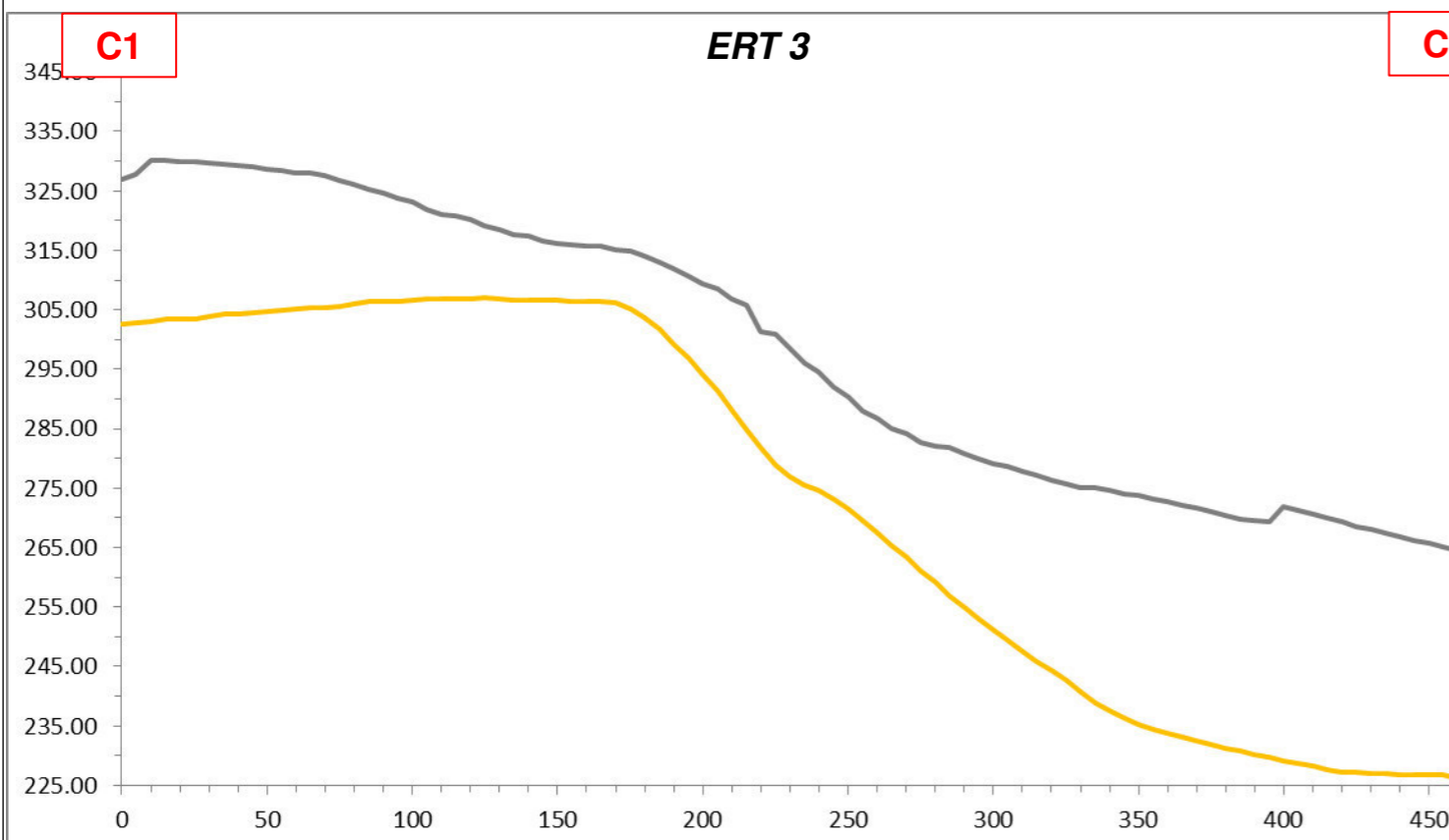
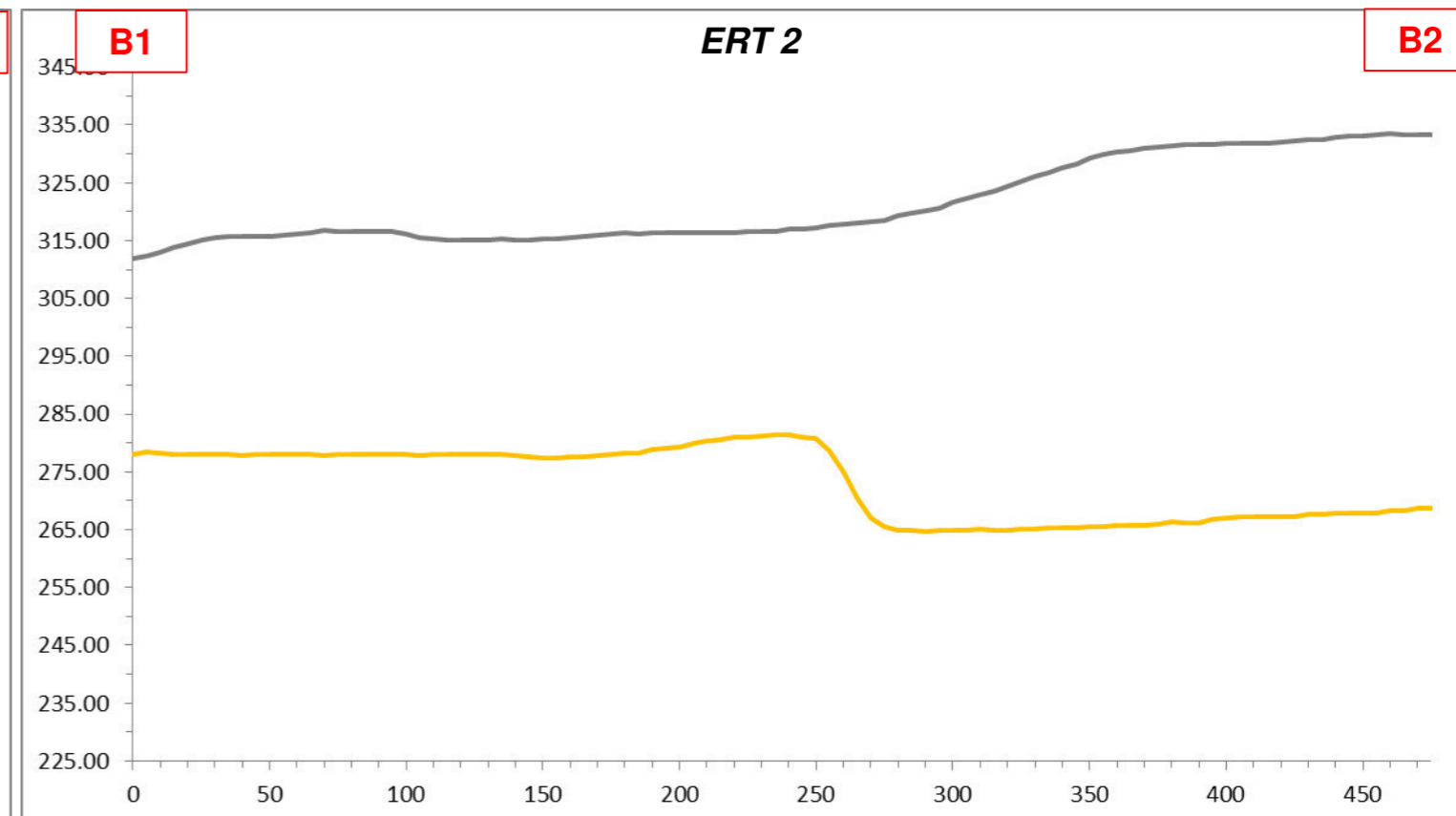
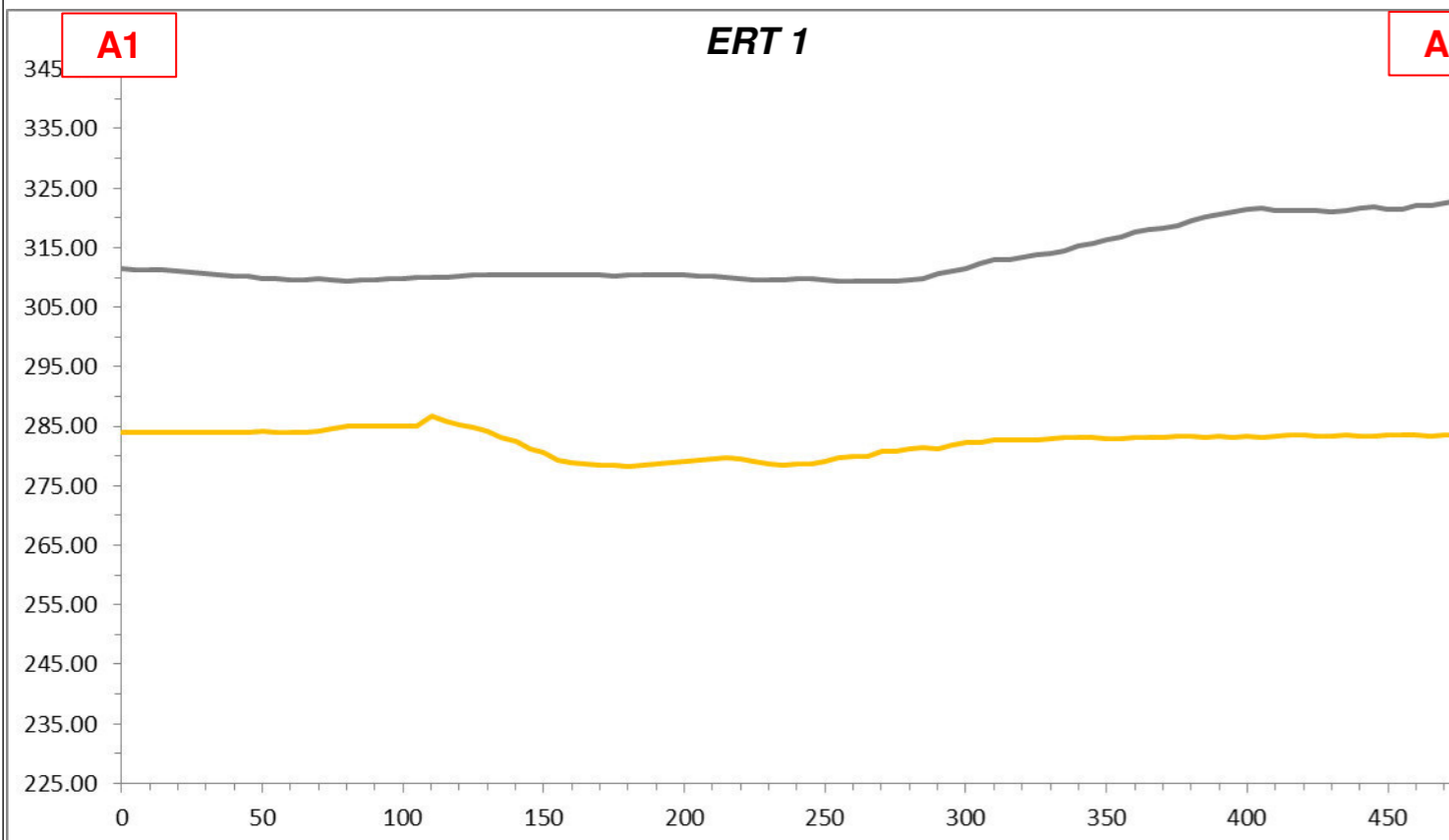


Strumentazione di
acquisizione

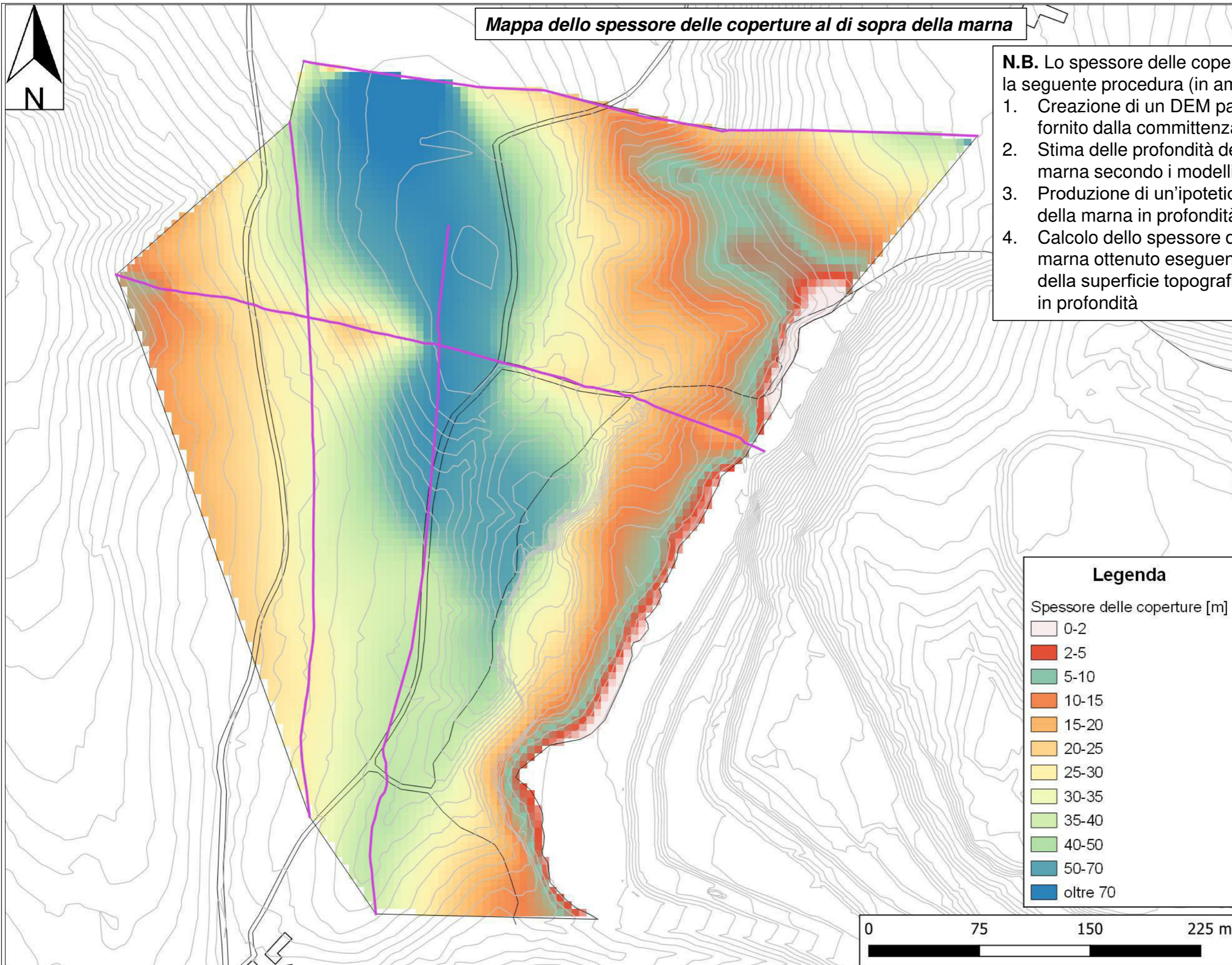


Grafici di confronto tra superficie topografica e contatto materiale sterile con marna

— Superficie topografica — Contatto materiale sterile - marna



Mappa dello spessore delle coperture al di sopra della marna



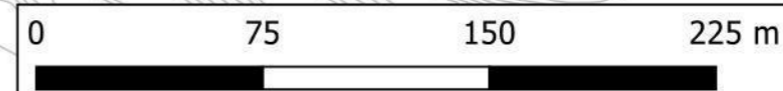
N.B. Lo spessore delle coperture è stato ottenuto secondo la seguente procedura (in ambiente GIS):

1. Creazione di un DEM partendo dal rilievo topografico fornito dalla committenza
2. Stima delle profondità del contatto tra le coperture e la marna secondo i modelli ERT (vedi tavola 11)
3. Produzione di un'ipotetica superficie dell'andamento della marna in profondità
4. Calcolo dello spessore delle coperture al di sopra della marna ottenuto eseguendo la differenza tra il DEM della superficie topografica e l'andamento della marna in profondità

Legenda

Spessore delle coperture [m]

- 0-2
- 2-5
- 5-10
- 10-15
- 15-20
- 20-25
- 25-30
- 30-35
- 35-40
- 40-50
- 50-70
- oltre 70



Appendice A

Cenni sulla metodologia geoelettrica multi-elettrodo

Cenni teorici sulle indagini geoelettriche multi-elettrodo

Il metodo di indagine geoelettrica multi-elettrodo consiste nel ricostruire la distribuzione della resistività elettrica reale del sottosuolo mediante immissione di corrente elettrica e misura della differenza di potenziale in una serie di elettrodi posizionati sul terreno o in foro. La resistività elettrica è strettamente correlata alle caratteristiche chimiche e fisiche del mezzo attraversato e, per tale motivo, il metodo geoelettrico fornisce una sezione del sottosuolo molto realistica e affidabile, consentendo la costruzione di un modello elettrico bidimensionale o tridimensionale del sottosuolo.

Il metodo può essere utilizzato per numerose applicazioni, tra cui:

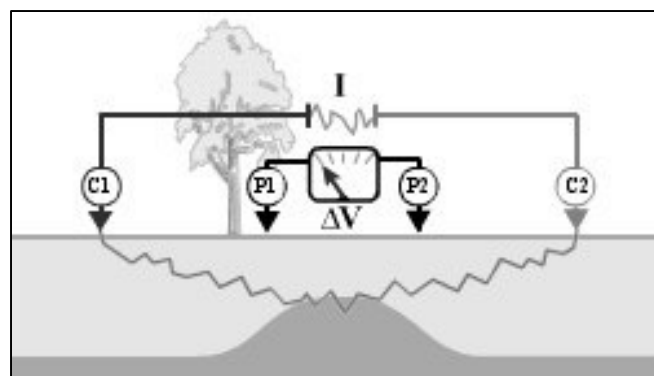
- individuazione e caratterizzazione di discariche e perdite di percolato;
- valutazione e redazione di modelli geologici;
- localizzazione di cavità;
- caratterizzazioni e ricerche archeologiche;
- ricerca di acqua sotterranea.

Il principio fisico su cui si basano le misure di resistività elettrica è la legge di Ohm, che governa il flusso di corrente in un mezzo:

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

dove ΔV è la differenza di potenziale [V], I la corrente [A] e R la resistenza elettrica [Ohm].

Nella pratica ciò che viene misurato è la differenza di potenziale tra due punti della superficie (P1 e P2) in seguito all'immissione di corrente nei due punti C1 e C2 (schema in Figura 1).



Gli strumenti di misura utilizzati in ambito geofisico per la misura della resistenza elettrica sono detti georesistivimetri. Poiché le misure di campo sono condotte su mezzi non ideali (e quindi eterogenei) e la resistenza varia in uno spazio tridimensionale, dalla corrente immessa I e dalla differenza di potenziale ΔV si calcola il valore di **resistività apparente** [Ohm·m] moltiplicando la resistenza misurata per un fattore geometrico k [m] che dipende dalla disposizione elettrodica adottata:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I}$$

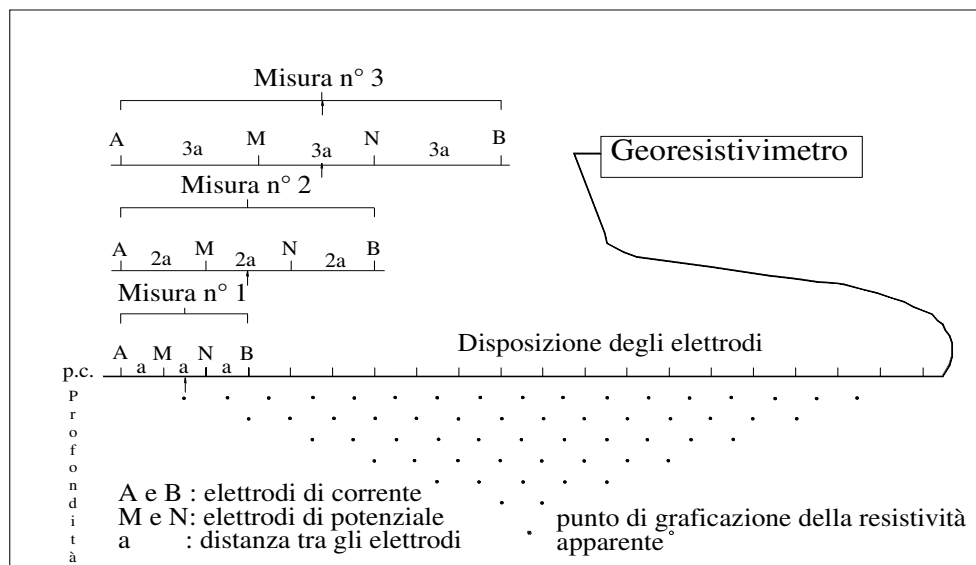
Tale resistività apparente è un valore che corrisponde alla resistività che un semispazio omogeneo fornirebbe nella stessa configurazione elettrodica.

L'esecuzione di misure di resistività elettrica ottenute traslando lateralmente il quadripolo consente di ottenere informazioni relative a variazioni laterali di resistività. Se, invece, si aumenta la spaziatura tra gli elettrodi di corrente e di tensione, aumenta la profondità di indagine e si ottengono informazioni maggiori sulle variazioni verticali. La strumentazione tipica delle tecniche di tomografia elettrica permette di effettuare le due operazioni in modo automatico, e di associare ad ogni linea di misura, una distribuzione bidimensionale di resistività apparente, detta *pseudosezione*.

La misura viene eseguita disponendo lungo una linea una serie di elettrodi ad interasse regolare collegati al georesistivometro mediante cavi multipolari: il numero e la spaziatura tra gli elettrodi vengono stabiliti in relazione al grado di dettaglio ed alla profondità d'indagine richieste.

Le configurazioni elettrodiche (array) più utilizzate (che differiscono per potere risolutivo, profondità di investigazione, copertura orizzontale e stabilità del segnale) sono:

- **Wenner:** presenta un'alta risoluzione verticale e quindi una capacità elevata nel discriminare strutture o stratificazioni orizzontali, una buona profondità di investigazione, scarsa copertura orizzontale e una buona stabilità del segnale, essendo questa inversamente proporzionale a k (schema esemplificativo in Figura 2).
- **Schlumberger:** presenta un'alta risoluzione orizzontale e quindi una capacità elevata nel discriminare strutture o stratificazioni verticali, una buona profondità di investigazione (pari al Wenner, scarsa copertura orizzontale e una buona stabilità del segnale);
- **Dipolo-Dipolo:** presenta un'alta risoluzione orizzontale e quindi una capacità elevata nel discriminare strutture verticali (variazioni laterali di resistività, cavità ecc.), profondità di investigazione e ampiezza del segnale misurato minori rispetto al Wenner, ma con una maggiore copertura orizzontale;
- **Polo-Dipolo:** presenta un'alta risoluzione orizzontale e quindi una capacità elevata nel discriminare strutture verticali, profondità di investigazione circa doppia rispetto alla configurazione Wenner ma ampiezza del segnale misurato minore, buona copertura orizzontale;
- **Wenner-Schlumberger:** rappresenta una soluzione ibrida ed è quello più utilizzato in geofisica ambientale poiché costituisce il giusto compromesso tra le differenti caratteristiche sopra descritte.



Per ottenere, a partire dai valori di resistività apparente, la distribuzione delle resistività reali nel sottosuolo, è necessario risolvere un “problema inverso”. In molte applicazioni geofisiche, la soluzione del problema inverso consente di determinare i valori di quantità non misurabili direttamente, parametri incogniti, a partire da quantità misurabili, i dati sperimentali, attraverso l’assunzione di un modello, cioè di una legge fisica che li correla. Tale modello è una rappresentazione matematica ed ideale di una porzione di sottosuolo; il modello è caratterizzato dai “parametri del modello” che sono le quantità fisiche che si vuole stimare dai dati misurati.

Nel caso della tomografia elettrica, si vuole stimare la distribuzione della resistività elettrica nel sottosuolo a partire da misure effettuate in superficie.

I software utilizzati per l’inversione (RES2DINV, ERTLab, ecc) implementano un modello a celle (o blocchi), i cui parametri sono i valori di resistività delle singole celle in cui il sottosuolo è stato suddiviso; la soluzione agli elementi finiti o alle differenze finite fornisce i valori di resistività elettrica reale.

Dal modello geofisico, con opportune tarature e/o in base alle conoscenze geologiche del sottosuolo, si elabora un modello geo-litologico. Utilizzando l’array elettrodo Wenner-Schlumberger la profondità di indagine raggiunta è mediamente pari a 1/6 della lunghezza dello stendimento: pertanto uno stendimento costituito da 48 elettrodi con interasse 3 m con si ottiene una sezione lunga 141 m ed una profondità di indagine pari a circa 23 m.

Nella tabella della pagina seguente si riportano i valori di resistività elettrica di alcuni terreni e materiali che vengono utilizzati come valori indicativi di taratura nell’interpretazione delle tomografie.

Materiale	Resistività [Ohm·m]
Acqua dolce	10-10 ²
Acqua salata	0.2
Arenarie	2·10 ² -5·10 ³
Argille	1-50
Benzina	107
Calcarei	3·10 ² -10 ⁴
Cloruro di Potassio	0.708
Cloruro di sodio	0.843
Depositi alluvionali	50·10 ³
Dolomie	5·10 ² -10 ⁵
Ferro	9.074·10 ⁻⁸
Ghiaia e sabbia secca	10 ³ -10 ⁴
Ghiaia e sabbia sature d'acqua dolce	50-5·10 ²
Ghiaia e sabbia sature d'acqua salata	2-5
Gneiss e graniti sani	10 ³ -10 ⁴
Gneiss e graniti alterati	10 ² -10 ³
Marne	50-5·10 ²
Piroclastici	50-6·10 ²
Rocce ignee	10 ² -10 ⁴
Suolo di copertura	10-2·10 ²
Tufi	1.5·10 ² - 9·10 ²

Tabella 1: Valori caratteristici di resistività elettrica [Ulriksen (1982), Telford (1990), Reynolds (1997)]

Oltre alla resistività elettrica, i comuni georesistivimetri consentono anche la misura contemporanea del valore di polarizzazione indotta: si tratta di un fenomeno elettrico che si manifesta all'interno di mezzi materiali sia nel dominio del tempo, con tensioni di rilassamento all'interruzione di un flusso di corrente elettrica energizzante a gradino (in questo caso viene misurata come caricabilità), sia nel dominio della frequenza, con una precisa legge di dispersione della resistività elettrica al variare della frequenza di un flusso di corrente alternata energizzante.

Negli ultimi anni si è assistito ad un crescente utilizzo di tale parametro geofisico in campi differenti, quali la ricerca mineraria, l'idrogeologia, lo studio della distribuzione di sostanze contaminanti nel sottosuolo, l'esplorazione geotermica e la ricerca di idrocarburi. In questi casi, gli effetti di polarizzazione possono essere dovuti ad una varietà di motivi, fra i quali i più importanti sono: fenomeni di interfaccia, polarizzazione di membrana, variazioni di porosità, fenomeni di trasformazione indotti dall'interazione di fluidi chimicamente attivi con le rocce ospitanti e/o l'acqua di falda.

L'inversione tomografica dei dati ottenuti in campagna restituisce un modello tomografico di caricabilità del terreno grazie al quale è possibile individuare eventuali zone di accumulo di percolato o di cospicue concentrazioni di minerali, idrocarburi, ecc.

I limiti di applicabilità del metodo geoelettrico sono legati a:

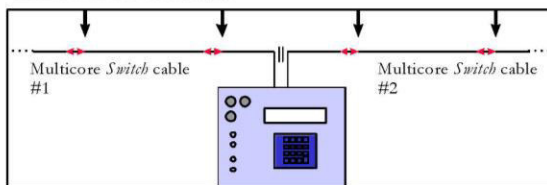
- condizioni di sito specifiche (ad esempio, presenza di pavimentazioni in cemento armato che non consentono una corretta distribuzione delle linee di corrente);
- presenza di sottoservizi interrati con andamento parallelo o sub-parallelo allo stendimento (in particolare cavi elettrici in tensione e tubazioni metalliche in genere);
- scarso contrasto di resistività elettrica tra il target dell'indagine ed il terreno naturale all'interno del quale esso si trova.

Specifiche tecniche della strumentazione geoelettrica

SYSCAL Pro

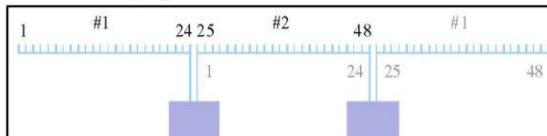
FIELD LAY-OUT OF A SYSCAL PRO SWITCH UNIT

The unit is located at the centre of the configuration. Standard take-out spacing of the multicore *Switch* cables are 5 and 10 meters. The cables are supplied on reels in several sections in regards to the number of take-outs and the spacing, so as to keep a suitable weight for each reel. Sequences of measurement using standard electrode arrays (Dipole-Dipole,...) can be directly programmed from the SYSCAL Pro for a full in-the-field autonomy. Non standard configuration can also be uploaded to the unit by the ELECTRE II PC software.



SYSCAL Pro *Switch*-48 with two electrode strings

The roll-along capability can also be easily implemented thanks to the cable design (double ended) and to the internal or ELECTRE II programs.



Roll along of the SYSCAL Pro *Switch*-48

For 3D surveys, *Switch* Pro boxes can be added to the basic SYSCAL Pro unit (standard or *Switch* version). A *Switch* Pro box contains switching boards to drive 48, 72 or 96 electrodes, a 12V rechargeable battery and a LCD screen. The user has the opportunity to perform the numbering of the electrodes connected to the box for a full flexibility.

DATA MANAGING

Thanks to the data managing PROSYS software, one has the opportunity to visualize graphically the apparent resistivity section and process the data (filter, insert topography, add data files...).

Then, one can export the data to ?txt? file or to interpretation software:

WINSEV for 1D sounding interpretation.

RES2DINV – SENSINV2D - GEOSOFT or INTERPEX software for pseudo-section inversion to true resistivity (and IP) 2D section.

RES3DINV software, for inversion to true resistivity (and IP) 3D data.

TECHNICAL FEATURES

OUTPUT SPECIFICATIONS

- Automatic injection ranging (microprocessor controlled)
- Current: up to 2.5 A
- Voltage: up to 1000 V (1500 V with an external DC/DC converter)
- Power: up to 250 W (500 W with an external DC/DC converter)
- Possibility to use an external AC/DC 1200 W converter
- Pulse duration: 0.2, 0.25, 0.5, 1, 2, 4 or 8 s
- Current measurement precision: 0.2 % typical
- *Switch* version output voltage: up to 800 V

INPUT SPECIFICATIONS

- Measuring process: automatic ranging and calibration
- Input impedance: 100 M Ω
- Input voltage:
 - Max. channel 1: 15 V
 - Max. channel 2 to channel 10: 15 V
 - Protection up to 1000V
- 50 to 60 Hz power line rejection
- Voltage measurement:
 - Precision: 0.2 % typical
 - Resolution: 1 μ V
- Noise reduction: automatic stacking number in relation with a given standard deviation value
- SP compensation through automatic linear drift correction
- Induced Polarization (chargeability) measured over up to 20 automatic or user defined slices

GENERAL SPECIFICATIONS.

- Up to 4000 electrodes can be used
- Data flash memory: more than 21 000 readings
- Serial link RS-232 data download
- Power supply: two internal rechargeable 12V, 7.2 Ah batteries ; optional external 12V standard car battery can be connected to the transmitter part
- Weather proof
- Shock resistant fiber-glass case
- Operating temperature: -20 to +70 °C
- Dimensions (SYSCAL Pro *Switch*-48): 31 x 23 x 36 cm
- Weight (SYSCAL Pro *Switch*-48): 13 kg
- Weight of a 24 take-outs (spaced 5 m) string on a reel: 23 kg



IRIS INSTRUMENTS - 1, avenue Buffon, B.P. 6007 - 45060 Orléans Cedex 2, France
 Phone: +33 (0)2 38 63 81 00 - Fax: +33 (0)2 38 63 81 82
 E-mail: sales@iris-instruments.com - Web site: www.iris-instruments.com



Comune di PONTE DELL'OLIO (PC)

CAVA DI ALBAROLA

ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE



RAPPORTO FINALE N B1/20



C.S.I. srl



Ordine n. 277943 – N-NS del 16/07/2020
DATA EMISSIONE AGOSTO 2020

PREMESSA

I lavori in oggetto sono stati commissionati da **Buzzi Unicem S.p.A.**, con **Lettera d'Ordine N. 277943 – N-NS del 16/07/2020**, e sono stati eseguiti nei mesi di Luglio/Agosto 2020.

L'esecuzione delle indagini ha comportato la perforazione di 1 sondaggio a carotaggio continuo, di lunghezza 56,00 m con andamento verticale.

ATTREZZATURE E TECNOLOGIE

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda idraulica PX800 con motorizzazione termica (cfr. scheda tecnica).

SONDA PERFORATRICE IDRAULICA		
Modello: PX 800		
Coppia max.	kgm	850
Velocità di rotazione	rpm	12+500
Spinta	kg	5000
Tiro	kg	6300
Velocità rapida risalita	m/min	40
Velocità rapida spinta	m/min	32
Tiro max. argano	kg	2500
Motore diesel Deutz	kw	BF04M1012C
Dimensioni		
Lunghezza	m	4.10
Larghezza	m	2.00
Altezza	m	5.70
Peso	kg	11000
Pompa a pistoni Triplex 200 per fanghi		
Portata max.	l/min	200
Pressione max. esercizio	bar	40



L'impianto idraulico delle attrezzature di perforazione ha consentito, variando coppia e giri secondo necessità, di adattare alla perforazione a rotazione con utensili di taglio diamantati di diversa tipologia e diametro.

La perforazione è stata eseguita con sistema wire-line, con utilizzo di doppi carotieri e corone diamantate impregnate, nel calibro internazionale HQ 96 mm.

PERFORAZIONI

Come detto, per la perforazione è stata utilizzata la tecnologia wire-line (a cavo).

E' importante evidenziare che questa tecnologia ha permesso di procedere con il foro sempre rivestito in avanzamento, evitando possibili franamenti delle pareti e migliorando la qualità di campionamento; le caratteristiche del sistema inoltre, grazie alla omogeneità di diametro tra aste di perforazione e carotiere, hanno permesso di ottenere un campionamento di ottima qualità, quasi costantemente con recupero del 100%, e di evitare deviazioni significative dell'asse del foro.

Per la stabilizzazione delle pareti del foro e per il miglioramento della qualità di campionamento si è utilizzato acqua e fango di perforazione polimerico.

Durante la perforazione le carote estratte sono state posizionate in cassette in PVC e opportunamente identificate e fotografate.

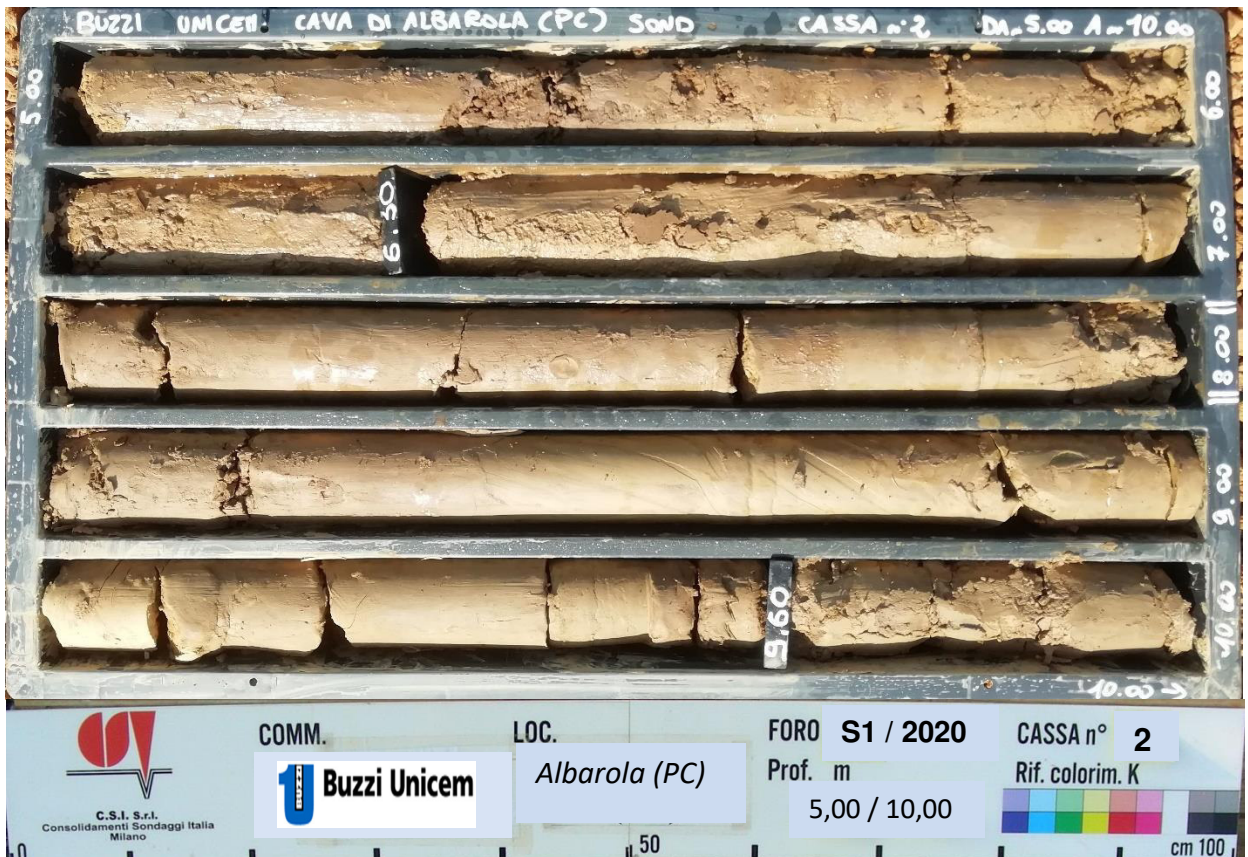
SONDAGGIO S1

Descrizione del sondaggio:

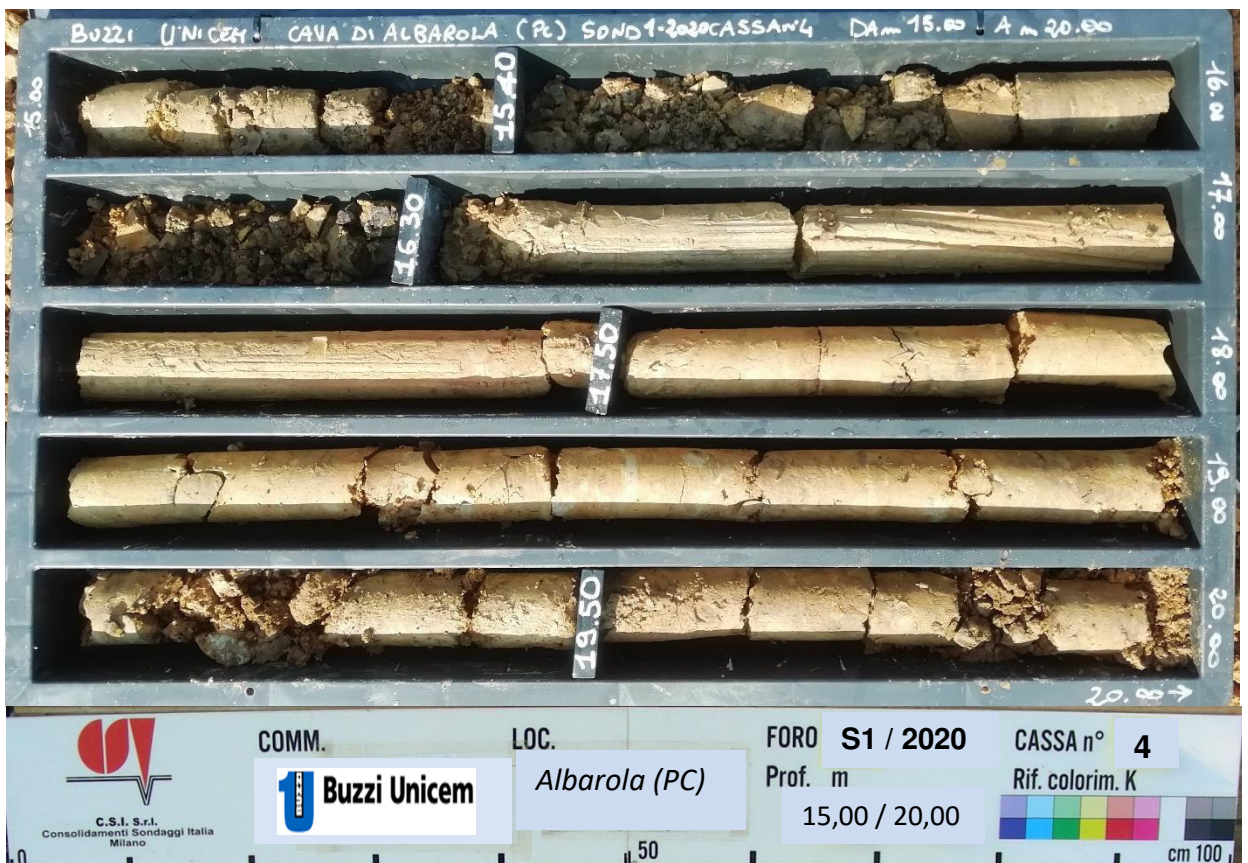
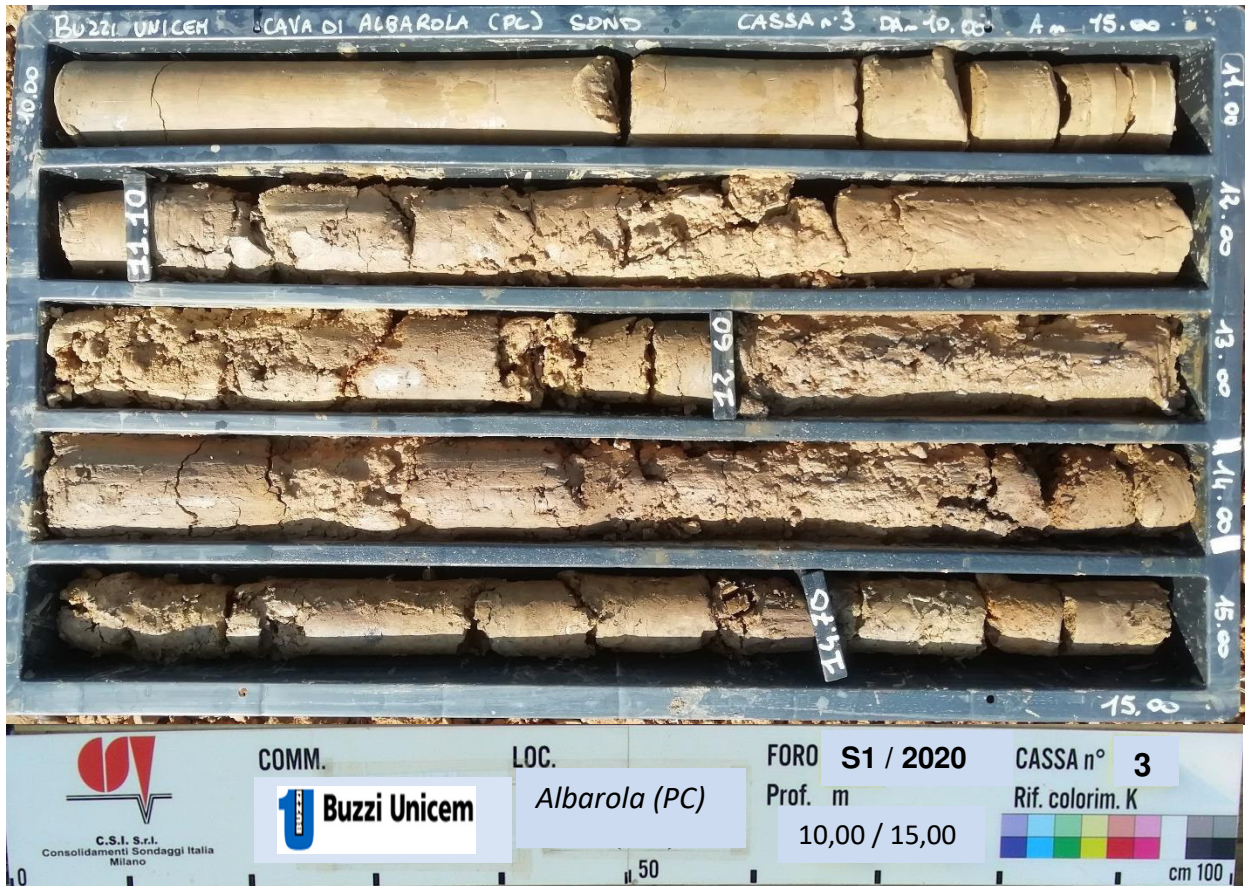
- da 0,00 a 30,20 m la perforazione ha attraversato inizialmente la formazione di copertura, costituita da argilla sabbioso limosa marrone rossastra, generalmente compatta, a tratti con inclusi frammenti lapidei calcarei.
- da 30,20 a 32,00 m si è attraversato il livello conglomeratico, di spessore piuttosto limitato (1,80 m).
- da 32,00 a 42,20 m si è di nuovo attraversato un livello argilloso sabbioso di colore beige – grigio chiaro, con inclusi frammenti lapidei.
- da 42,20 a 56,00 m a 42,20 m si è incontrato il contatto con il calcare. La perforazione è proseguita nella formazione calcarea fino a 56 metri. Il calcare si presenta molto fratturato con tracce di ossidazione, intercalato a lenti arenacee o livelli argillosi beige giallastri. Il sondaggio è terminato a 56 metri da P.C.

BUZZI UNICEM					
CAVA ALBAROLA 2020			sonda	PX800	Quant.
LAVORI ESEGUITI			sond.	S1	ESEGUIT
ART.	DESCRIZIONE	PROF.	56,00		E
1.1	Trasporti e installazione del cantiere.	F	1,00		1,00
1.2	Vasche stoccaggio o linea approvvigion. Acqua	F	1,00		1,00
2	Installazione sonda e spostamento attrezzatura nell'ambito del medesimo cantiere	n	1,00		1,00
	Perforazione verticale a c.c. diametro 101 mm per profondità comprese tra				-
3	0.00 e 25.00 al ml	m	25,00		25,00
4	da 25.00 a 60.00 al ml	m	31,00		31,00
5	Maggior prezzo per uso di corona diamantata	m	30,00		30,00
9	Compilazione e fornitura di cassette catalogatrici ml 5 cad.	n	12,00		12,00

C.S.I. srl - Consolidamenti Sondaggi Italia - Via Messina 15/a 20154 MILANO - Partita IVA 13192410150

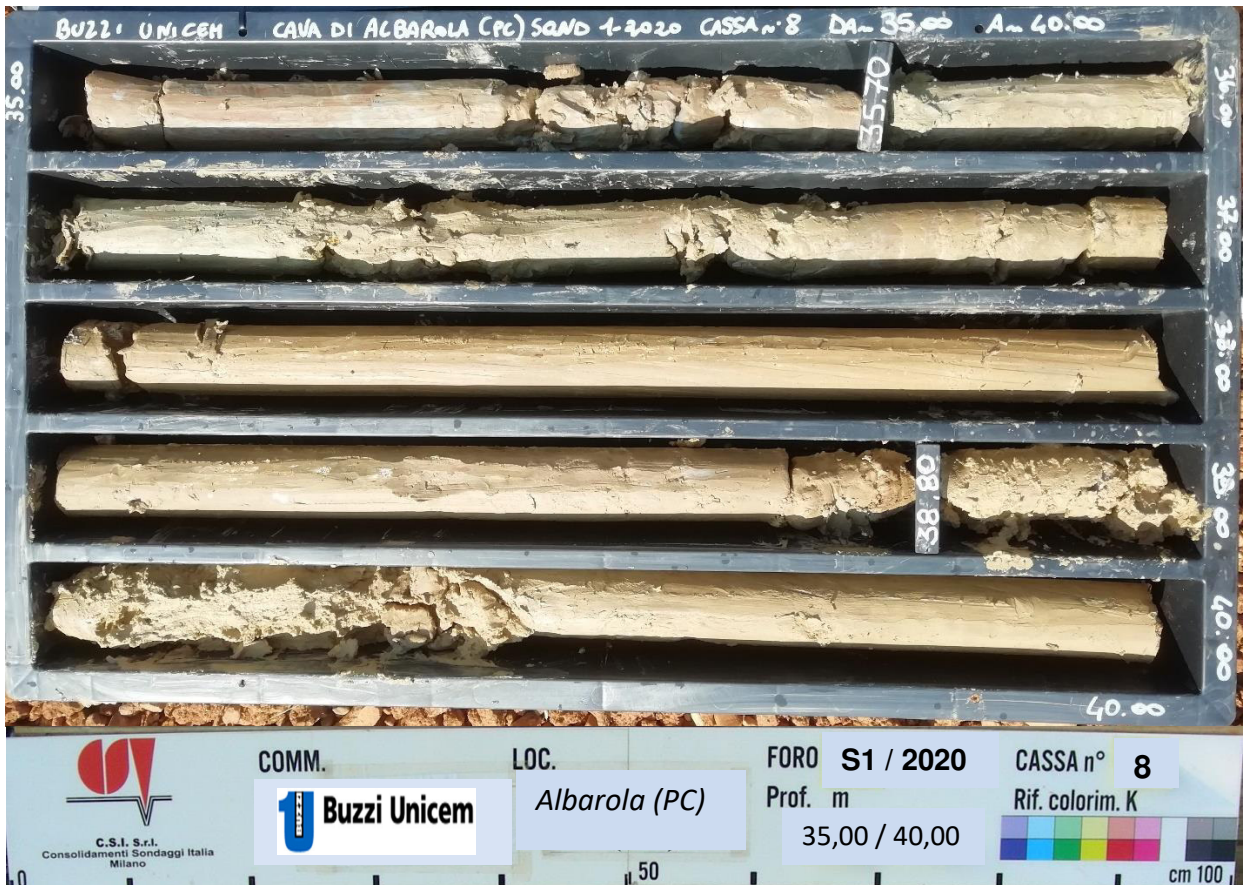


C.S.I. srl - Consolidamenti Sondaggi Italia - Via Messina 15/a 20154 MILANO - Partita IVA 13192410150





C.S.I. srl - Consolidamenti Sondaggi Italia - Via Messina 15/a 20154 MILANO - Partita IVA 13192410150



C.S.I. srl - Consolidamenti Sondaggi Italia - Via Messina 15/a 20154 MILANO - Partita IVA 13192410150



C.S.I. srl - Consolidamenti Sondaggi Italia - Via Messina 15/a 20154 MILANO - Partita IVA 13192410150





Via Pietrino Belli 65 - 10145 TORINO
Tel e fax 011/7495917

LABORATORIO GEOTECNICO

**Analisi granulometrica
per vagliatura
e sedimentazione (aerometria)**

Visto:
il responsabile del laboratorio
Dott. Geol. M. DI GIOIA

N. rif.: GR1916 data: 11/07/2006

Analista: Dott. Geol. L. BONIOLI

Committente: **BUZZI UNICEM S.p.A.**

Località: Vigolzone (PC)

Cantiere: Miniera di marna di Albarola

Sondaggio:

campione: **C1**

profondità (m): **1.0**

Note:

Quantità di terreno analizzato (g) **200**

Peso specifico dei granuli (g/cm³) **2.68**

apertura maglie	peso inerte trattenuto	parziali trattenuti	totale trattenuti	totale passante	tempo	lettura aerometro	Hr	corr. temp.	diametro dei granuli	passante parziale	somma
mm	g	%	%	%	min	R	cm		mm	%	%
76.200	0.00	0.00	0.00						0.0750		69.17
50.800	0.00	0.00	0.00		0.5	250	9.65	-0.41	0.0554	93.28	64.52
38.100	0.00	0.00	0.00		1	230	10.08	-0.41	0.0400	85.31	59.00
25.400	0.00	0.00	0.00		2	212	10.47	-0.41	0.0289	78.13	54.04
19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	4	197	10.80	-0.41	0.0207	72.14	49.90
12.700	2.82	1.41	1.41	98.59	8	182	11.12	-0.41	0.0149	66.16	45.76
9.520	4.33	2.17	3.58	96.43	15	169	11.41	-0.41	0.0110	60.98	42.18
4.760	12.08	6.04	9.62	90.39	30	159	11.62	-0.41	0.0078	56.99	39.42
2.000	10.00	5.00	14.62	85.39	60	151	11.80	-0.41	0.0056	53.80	37.21
0.420	7.65	3.83	18.44	81.56	120	142	11.99	-0.41	0.0040	50.21	34.73
0.177	4.42	2.21	20.65	79.35	240	137	12.10	-0.41	0.0028	48.22	33.35
0.075	20.37	10.19	30.84	69.17	480	132	12.21	-0.41	0.0020	46.22	31.97
fondo	138.33	69.17	100.00		1440	127	12.32	-0.41	0.0012	44.23	30.59

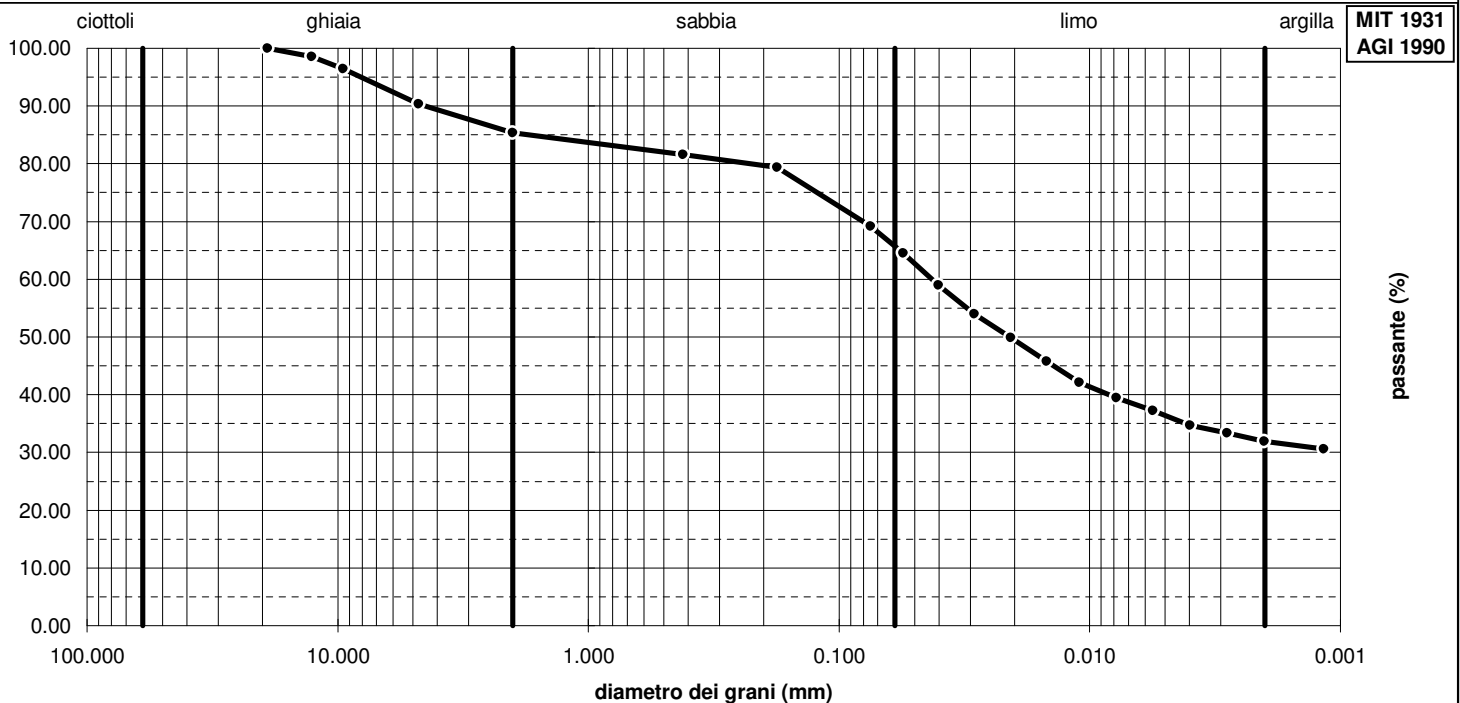
DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE TERRENO

limo sabbioso debolm. ghiaioso con argilla
classif. CNR-UNI10006: A7-6 classif. USCS: CH

Temperatura di prova °C 26.0

Correzione menisco 0.3

Correzione dispersivo -1.5





Via Pietrino Belli 65 - 10145 TORINO
Tel e fax 011/7495917

LABORATORIO GEOTECNICO

**Analisi granulometrica
per vagliatura
e sedimentazione (aerometria)**

Visto:
il responsabile del laboratorio
Dott. Geol. M. DI GIOIA

N. rif.: GR1917 data: 11/07/2006

Analista: Dott. Geol. L. BONIOLI

Committente: **BUZZI UNICEM S.p.A.**

Località: Vigolzone (PC)

Cantiere: Miniera di marna di Albarola

Sondaggio: campione: C2 profondità (m): 0.5

Note:

Quantità di terreno analizzato (g) **200** Peso specifico dei granuli (g/cm³) **2.68**

apertura maglie	peso inerte trattenuto	parziali trattenuti	totale trattenuti	totale passante	tempo	lettura aerometro	Hr	corr. temp.	diametro dei granuli	passante parziale	somma
mm	g	%	%	%	min	R	cm		mm	%	%
76.200	0.00	0.00	0.00						0.0750		54.61
50.800	0.00	0.00	0.00		0.5	248	9.69	-0.29	0.0552	92.96	50.77
38.100	0.00	0.00	0.00		1	226	10.17	-0.29	0.0400	84.19	45.98
25.400	0.00	0.00	0.00		2	204	10.65	-0.29	0.0289	75.41	41.18
19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	4	186	11.04	-0.29	0.0208	68.24	37.26
12.700	3.17	1.59	1.59	98.42	8	168	11.43	-0.29	0.0150	61.06	33.34
9.520	19.60	9.80	11.39	88.62	15	155	11.71	-0.29	0.0111	55.87	30.51
4.760	17.07	8.54	19.92	80.08	30	139	12.06	-0.29	0.0079	49.49	27.03
2.000	15.52	7.76	27.68	72.32	60	125	12.36	-0.29	0.0057	43.91	23.98
0.420	11.58	5.79	33.47	66.53	120	112	12.64	-0.29	0.0041	38.72	21.15
0.177	7.72	3.86	37.33	62.67	240	101	12.89	-0.29	0.0029	34.24	18.70
0.075	16.12	8.06	45.39	54.61	480	90	13.12	-0.29	0.0021	30.03	16.40
fondo	109.22	54.61	100.00		1440	78	13.38	-0.29	0.0012	25.16	13.74

DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE TERRENO

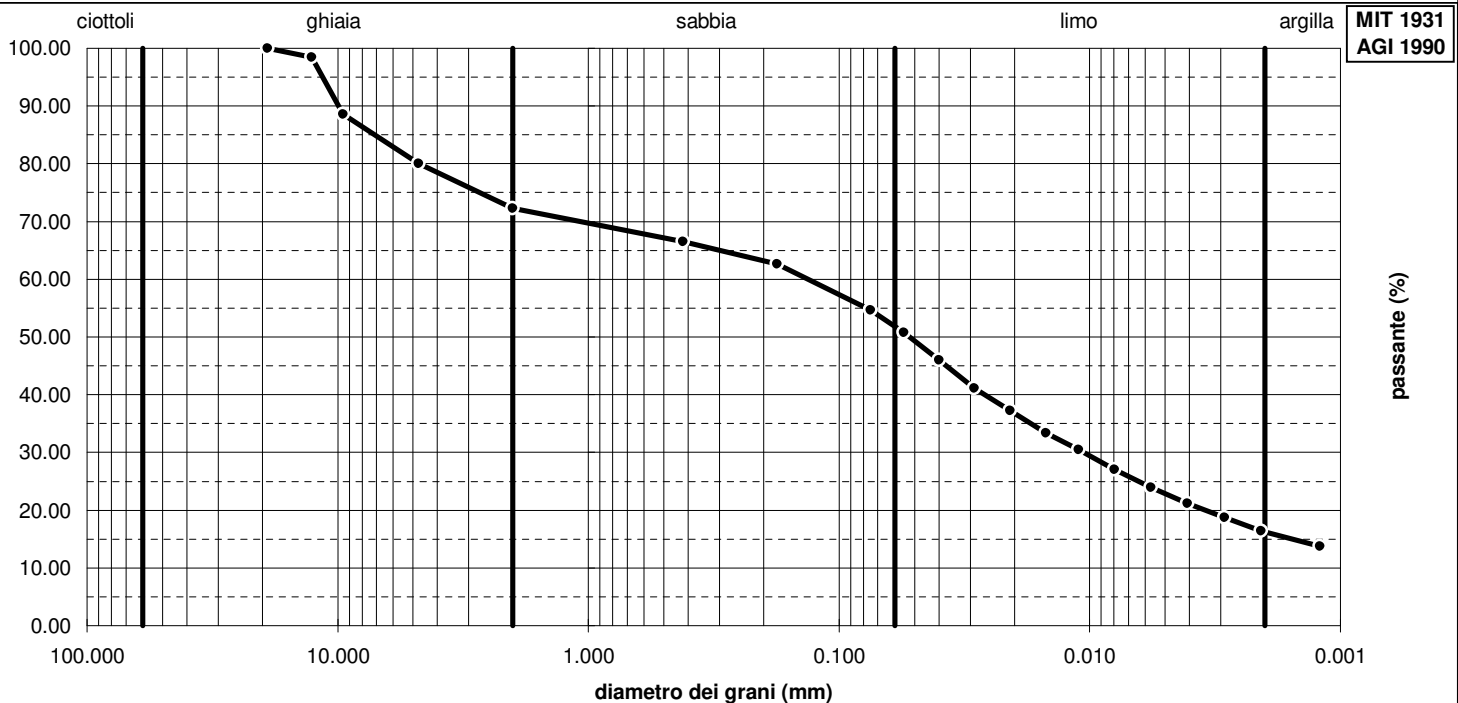
limo sabbioso-argilloso con ghiaia

classif. CNR-UNI10006: A6 classif. USCS: CL

Temperatura di prova °C 26.5

Correzione menisco 0.3

Correzione dispersivo -1.5





Via Pietrino Belli 65 - 10145 TORINO
Tel e fax 011/7495917

LABORATORIO GEOTECNICO

CARATTERISTICHE DI PLASTICITA'

Limite liquido
Limite plastico

Visto:

il responsabile del laboratorio
Dott. Geol. M. DI GIOIA

N. rif.: A974

data: 11/07/2006

Analista: Dott. Geol. L. BONIOLI

Committente: **BUZZI UNICEM S.p.A.**

Località prelievo: Vigolzone (PC)

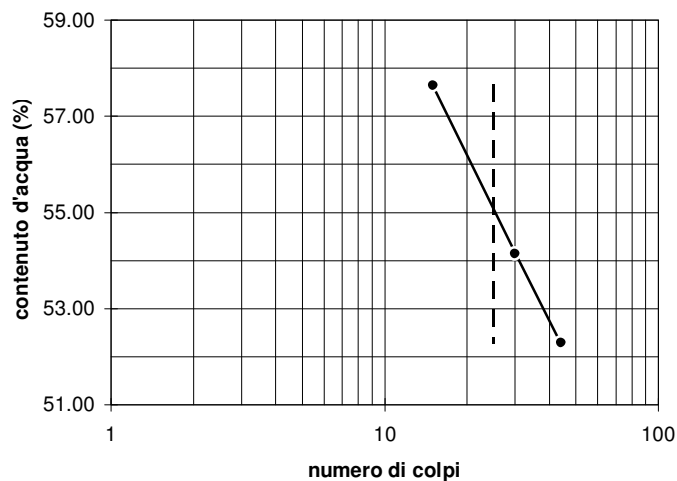
Cantiere: Miniera di marna di Albarola

Sondaggio: *campione n°:* **C1**

profondità (m): **1.0**

Limite Liquido

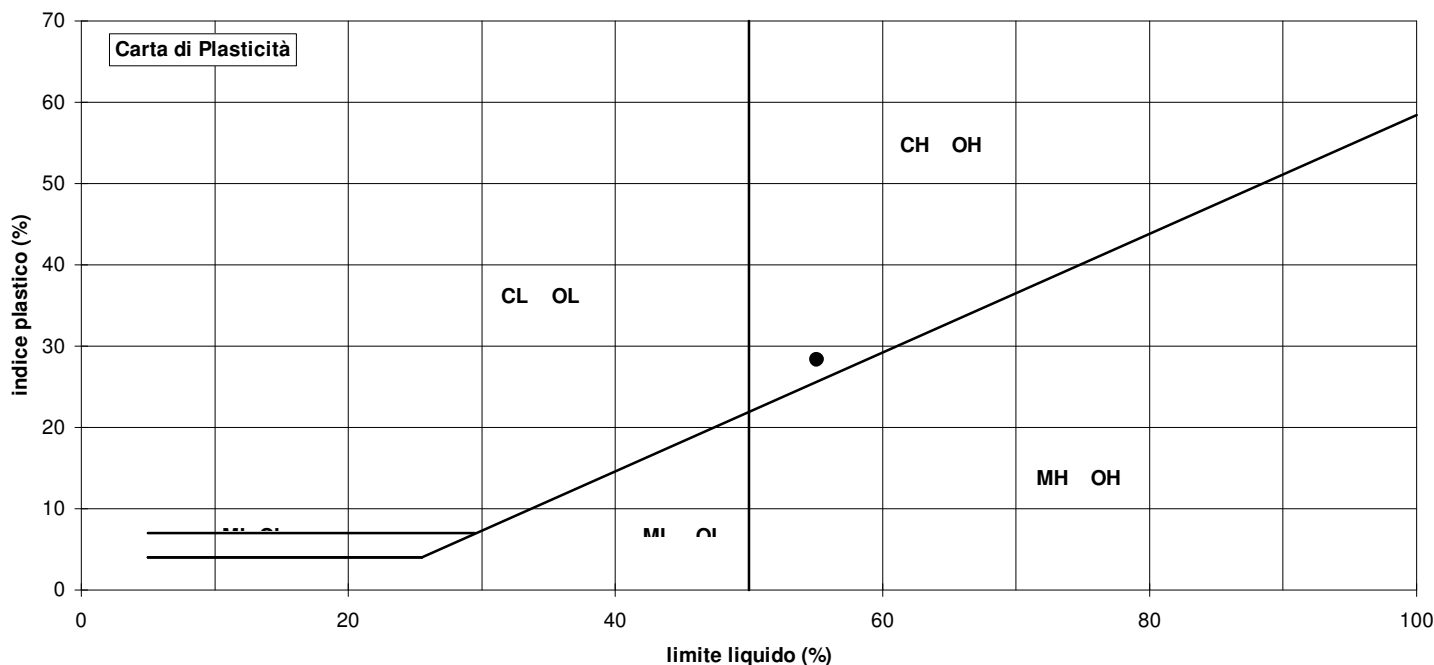
	M	D	Q
Numero tara			
Numero dei colpi	15	30	44
P. umido + tara (g)	19.12	18.78	18.17
P. secco + tara (g)	16.97	16.95	16.34
Peso tara (g)	13.24	13.57	12.84
Peso umido (g)	5.88	5.21	5.33
Peso secco (g)	3.73	3.38	3.50
Contenuto acqua (%)	57.64	54.14	52.29



Limite Plastico

	F	L
Numero tara		
P. umido + tara (g)	15.07	15.62
P. secco + tara (g)	14.63	15.24
Peso tara (g)	12.97	13.83
Peso umido (g)	2.10	1.79
Peso secco (g)	1.66	1.41
Contenuto acqua (%)	26.51	26.95

Limite Liquido %	LL	55.1
Limite Plastico %	LP	26.7
Indice Plastico %	IP	28.4





Via Pietrino Belli 65 - 10145 TORINO
Tel e fax 011/7495917

LABORATORIO GEOTECNICO

CARATTERISTICHE DI PLASTICITA'

Limite liquido
Limite plastico

Visto:
il responsabile del laboratorio
Dott. Geol. M. DI GIOIA

N. rif.: A975 data: 11/07/2006

Analista: Dott. Geol. L. BONIOLI

Committente: **BUZZI UNICEM S.p.A.**

Località prelievo: Vigolzone (PC)

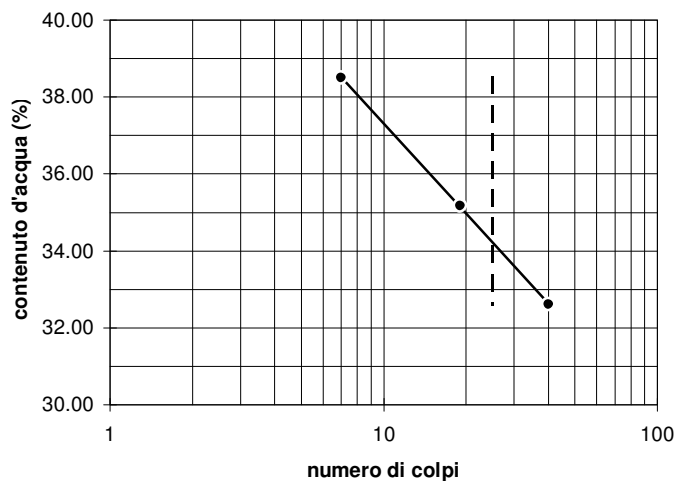
Cantiere: Miniera di marna di Albarola

Sondaggio: campione n°: **C2**

profondità (m): **0.5**

Limite Liquido

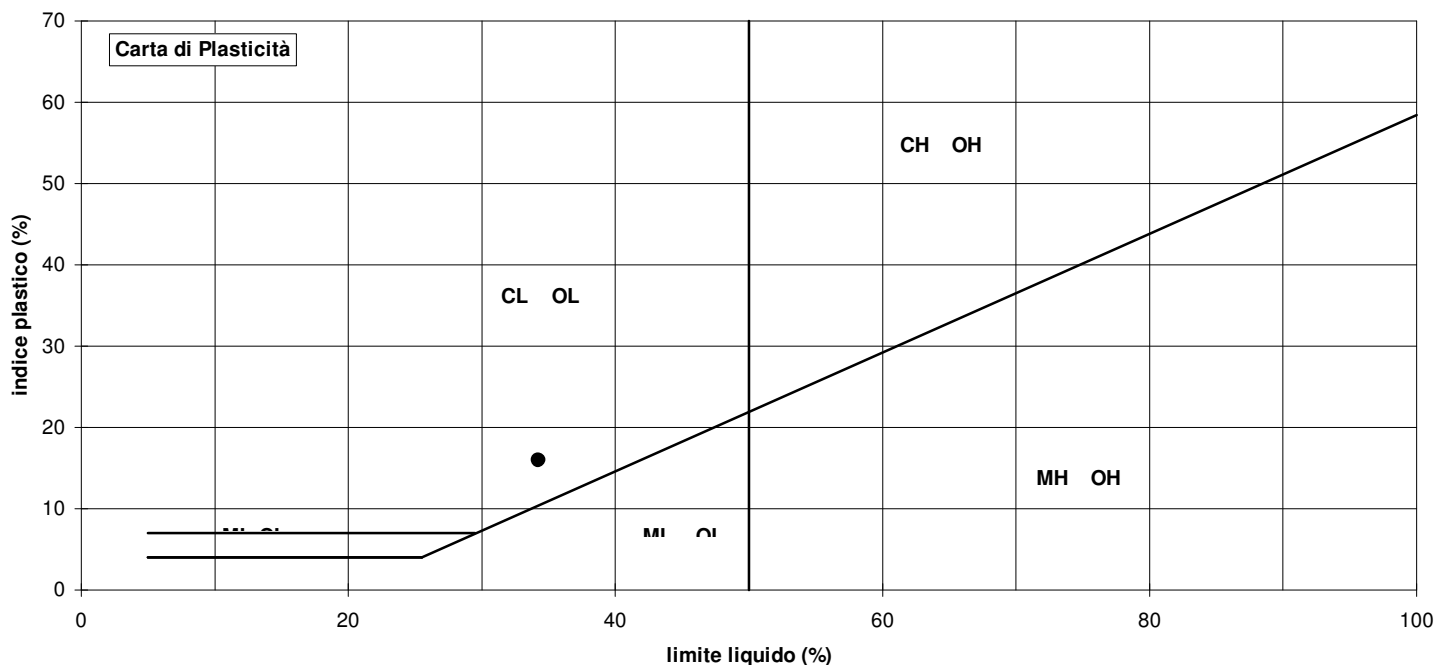
	U	S	E
Numero tara			
Numero dei colpi	7	19	40
P. umido + tara (g)	19.77	19.63	18.95
P. secco + tara (g)	17.81	17.91	17.60
Peso tara (g)	12.72	13.02	13.46
Peso umido (g)	7.05	6.61	5.49
Peso secco (g)	5.09	4.89	4.14
Contenuto acqua (%)	38.51	35.17	32.61



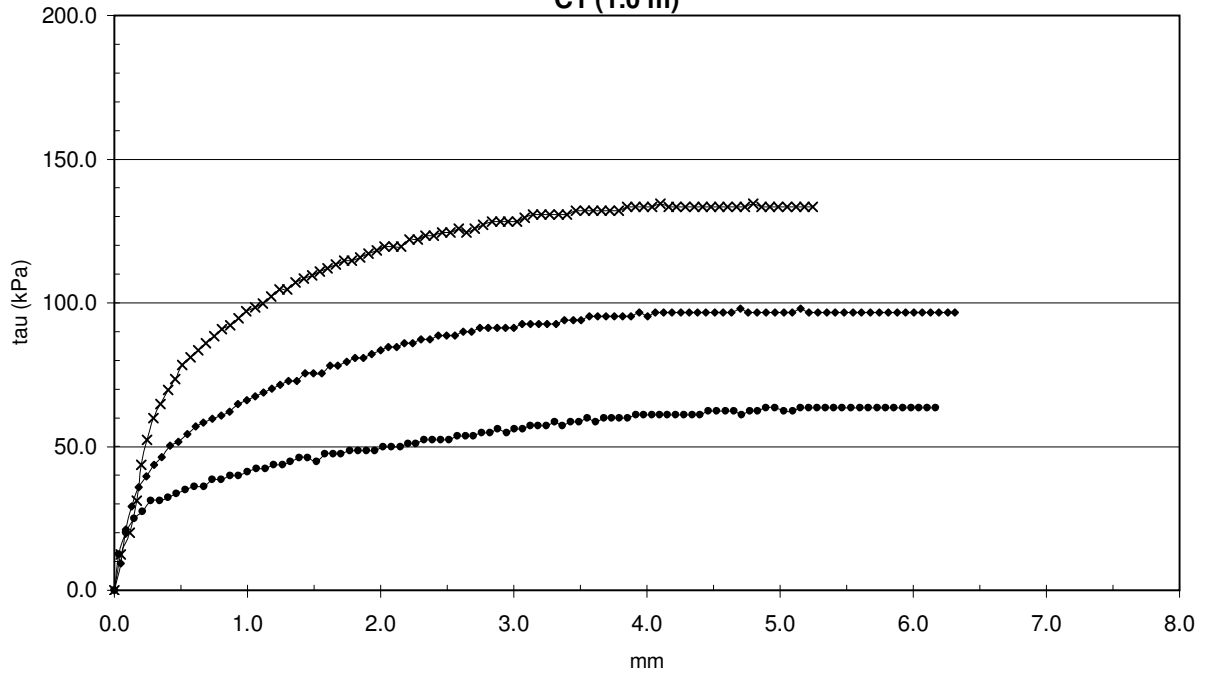
Limite Plastico

	A	N
Numero tara		
P. umido + tara (g)	15.09	15.06
P. secco + tara (g)	14.83	14.73
Peso tara (g)	13.40	12.92
Peso umido (g)	1.69	2.14
Peso secco (g)	1.43	1.81
Contenuto acqua (%)	18.18	18.23

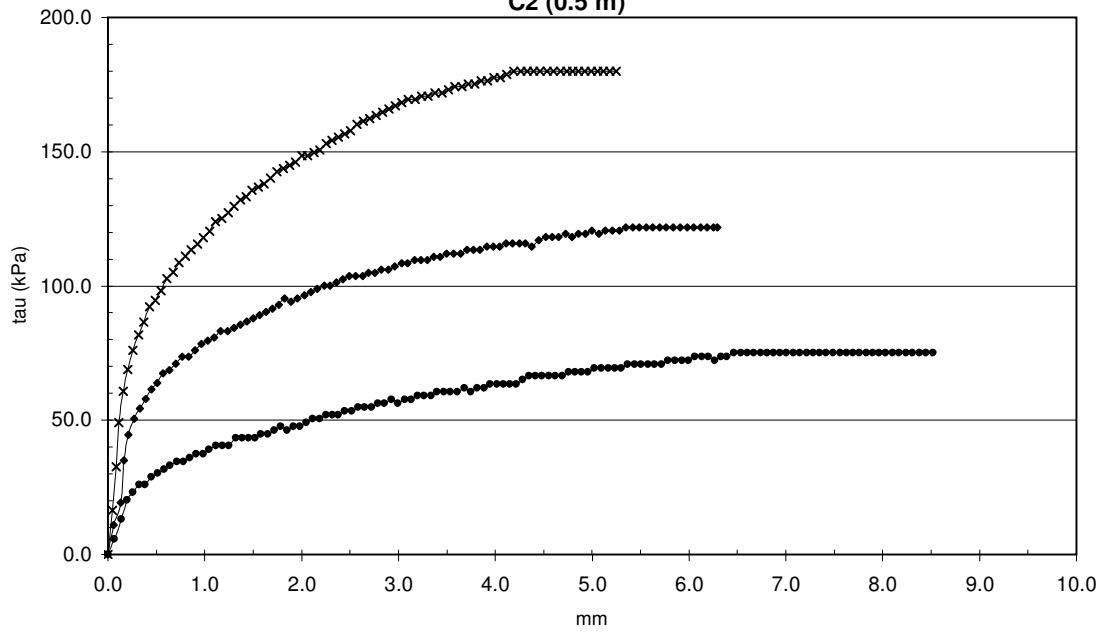
Limite Liquido % LL 34.2
Limite Plastico % LP 18.2
Indice Plastico % IP 16.0



Prova di taglio diretto - Diagramma tau - Sh
Determinazione dell'angolo di resistenza al taglio di picco
C1 (1.0 m)



Prova di taglio diretto - Diagramma tau - Sh
Determinazione dell'angolo di resistenza al taglio di picco
C2 (0.5 m)



GEOTER
Aug



Via Pietrino Belli 65 - 10145 TORINO
Tel e fax 011/7495917

LABORATORIO GEOTECNICO

Prova di taglio diretto
consolidata-drenata

Visto:
il responsabile del laboratorio
Dott. Geol. M. DI GIOIA

GEOTER
M. Di Gioia

N. rif.: T 401

data: 11/07/2006

Analista: Dott. Geol. L. Bonioli

Committente: **BUZZI UNICEM S.p.A.**

Località: Vigolzone (PC)

Cantiere: Miniera di marna di Albarola

Sondaggio: *campione: C1 profondità (m): 1.0*

CARATTERISTICHE FISICHE DEI PROVINI

provino n°	dimensioni iniziali		densità umida γ_i g/cm ³	densità secca γ_d g/cm ³	contenuto d'acqua W_n %
	diametro D mm	altezza H mm			
TD952	60.0	30.6	1.73	1.44	19.6
TD953	60.0	30.6	1.70	1.42	19.9
TD954	60.0	30.6	1.71	1.43	19.6

FASE DI CONSOLIDAZIONE

pressione di consolidaz. σ'_v kPa	tempo di consolidaz. dt ore	cedimento provino dH mm
100	24	0.89
200	24	1.57
300	24	2.06

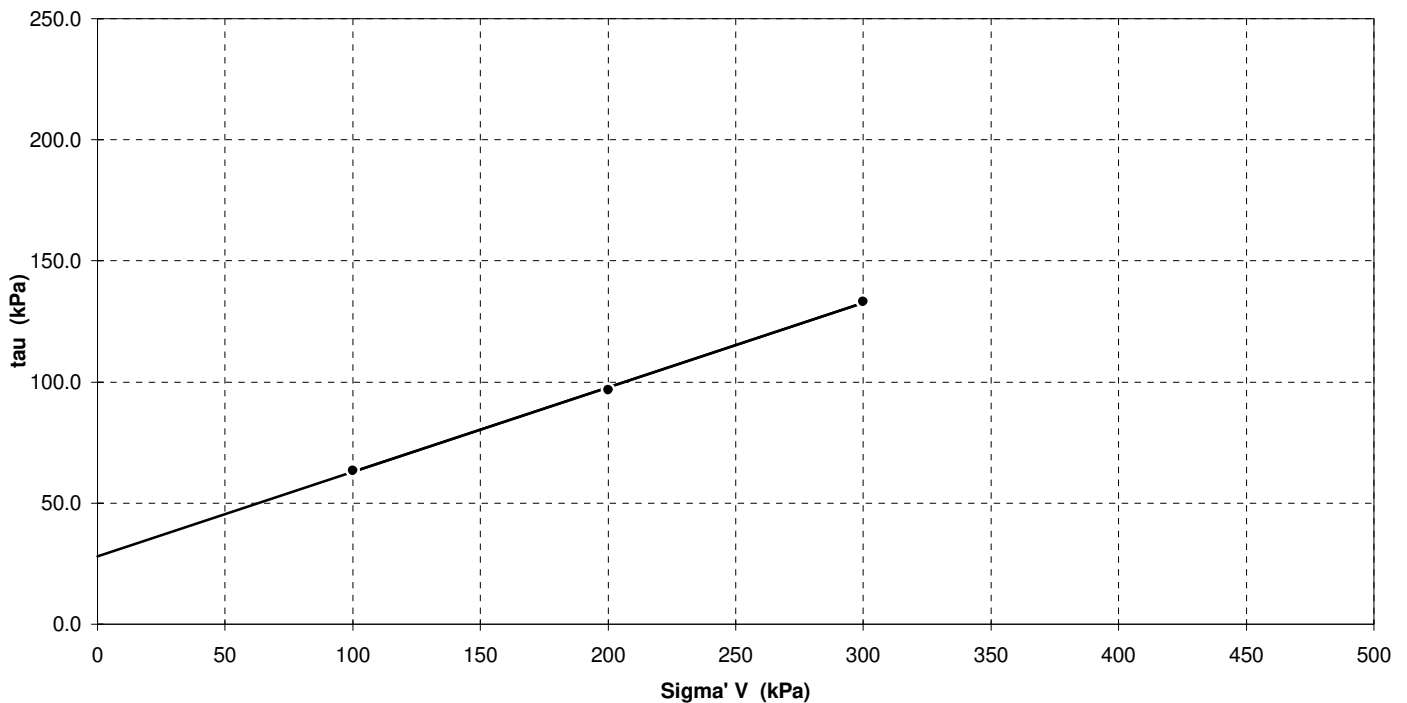
FASE DI ROTTURA

provino n°	valori di picco			prova di taglio residuo - valori di tau per ciascun ciclo di rottura					
	τ kPa	Sh mm	Sv mm	τ_1 kPa	τ_2 kPa	τ_3 kPa	τ_4 kPa	τ_5 kPa	τ_6 kPa
TD949	63.5	5.2							
TD950	96.6	5.2							
TD951	133.3	4.2							

velocità di prova: 0.01 mm/min

Angolo di resistenza al taglio ϕ' **19.2 °**
Coesione c' **28.0 kPa**
Angolo di resistenza al taglio residua ϕ'_r **°**

NOTE: prova eseguita su materiale frantumato, inumidito e ricostituito con caratteristiche di addensamento elevate, eliminando la frazione trattenuta al setaccio 4 mesh





Via Pietrino Belli 65 - 10145 TORINO
Tel e fax 011/7495917

LABORATORIO GEOTECNICO

Prova di taglio diretto
consolidata-drenata

Visto:
il responsabile del laboratorio
Dott. Geol. M. DI GIOIA

GEOTER
M. Di Gioia

N. rif.: T 402

data: 11/07/2006

Analista: Dott. Geol. L. Bonioli

Committente: **BUZZI UNICEM S.p.A.**

Località: Vigolzone (PC)

Cantiere: Miniera di marna di Albarola

Sondaggio: *campione: C2 profondità (m): 2.0*

CARATTERISTICHE FISICHE DEI PROVINI

provino n°	dimensioni iniziali		densità umida γ_i g/cm ³	densità secca γ_d g/cm ³	contenuto d'acqua W_n %
	diametro D mm	altezza H mm			
TD955	60.0	30.6	1.73	1.44	20.2
TD956	60.0	30.6	1.77	1.46	21.3
TD957	60.0	30.6	1.76	1.45	21.8

FASE DI CONSOLIDAZIONE

pressione di consolidaz. σ'_v kPa	tempo di consolidaz. dt ore	cedimento provino dH mm
100	24	0.90
200	24	1.64
300	24	2.11

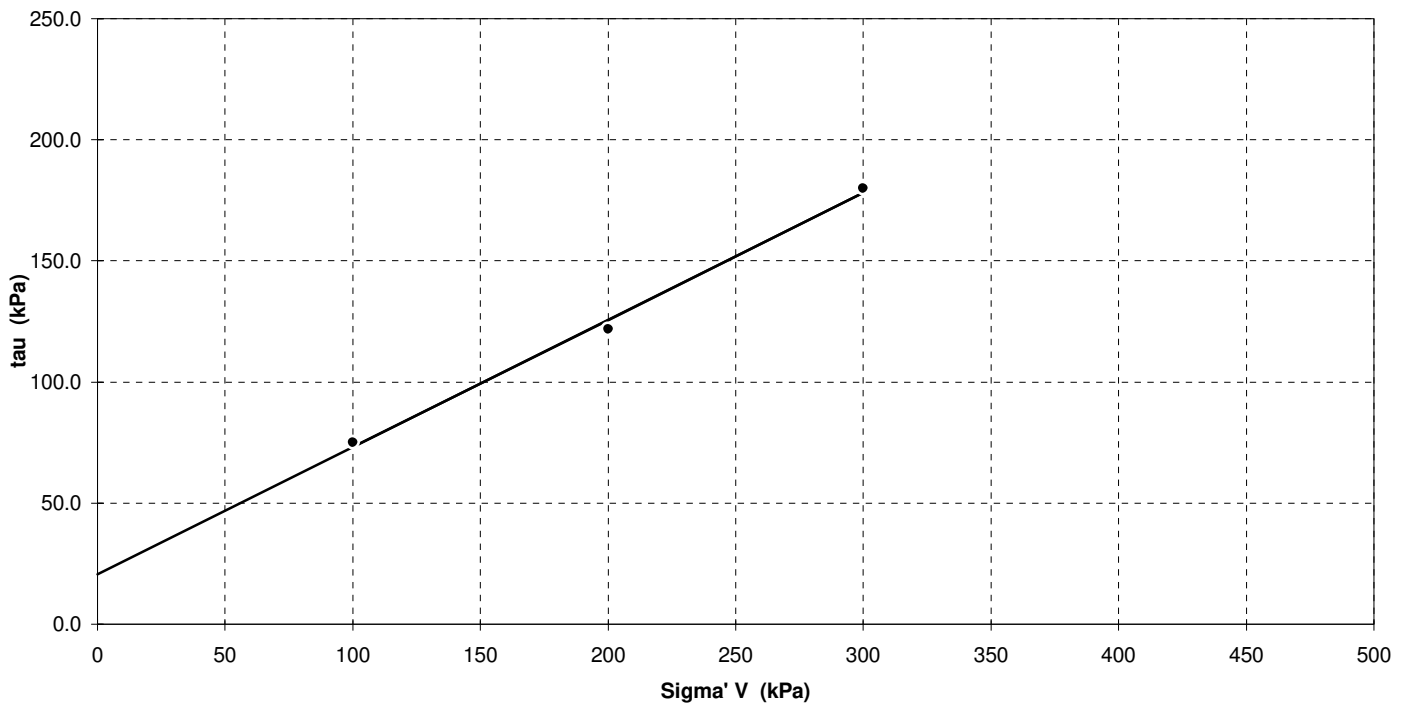
FASE DI ROTTURA

provino n°	valori di picco			prova di taglio residuo - valori di tau per ciascun ciclo di rottura					
	τ kPa	Sh mm	Sv mm	τ_1 kPa	τ_2 kPa	τ_3 kPa	τ_4 kPa	τ_5 kPa	τ_6 kPa
TD955	75.1	6.5							
TD956	121.8	5.4							
TD957	180.0	4.3							

velocità di prova: 0.01 mm/min

Angolo di resistenza al taglio ϕ' **27.7 °**
Coesione c' **20.7 kPa**
Angolo di resistenza al taglio residua ϕ'_r **°**

NOTE: prova eseguita su materiale frantumato, inumidito e ricostituito con caratteristiche di addensamento elevate, eliminando la frazione trattenuta al setaccio 4 mesh



REGIONE EMILIA ROMAGNA
 PROVINCIA DI PIACENZA
 COMUNE DI VIGOLZONE

INDAGINE GEOGNOSTICA CON PROVE PENETROMETRICHE
 PRESSO MINIERA DI ALBAROLA



RAPPORTO CERTIFICATIVO DELLE INDAGINI

CODICE ELABORATO

20001-29/ IG


COMMITTENTE



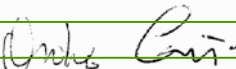
BUZZI UNICEM S.p.A.
 Via Luigi Buzzi, 6
 15033 Casale Monferrato (AL)

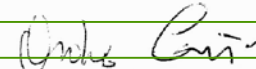


COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Srl


 Decreto di autorizzazione
 n. 4965 del 04/06/2010
 per esecuzione e certificazione di
 indagini geognostiche e prove in sito
 ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Accettazione n. 20001-29 del 20/10/2020


 Dr. A. Cantù


 Dr. A. Cantù



Dr. 
 Il Direttore del Laboratorio

NOVEMBRE 2020

Lo Sperimentatore

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

DATA EDIZIONE

REDATTO

CONTROLLATO

VALIDATO



REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PIACENZA
COMUNE DI VIGOLZONE

BUZZI UNICEM
ESECUZIONE DI INDAGINE GEOGNOSTICA CON PROVE PENETROMETRICHE
PRESSO MINIERA DI ALBAROLA

Rapporto certificativo delle indagini geognostiche

Novembre 2020

INDICE CERTIFICATI

20001-29/01 Prova penetrometrica dinamica P1	
20001-29/02 Prova penetrometrica dinamica P2	
20001-29/03 Prova penetrometrica dinamica P3	
20001-29/04 Prova penetrometrica dinamica P4	

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Committente: Buzzi Unicem S.p.A.

Commessa: 20001-29

Cantiere: Vigolzone (PC) –Miniera di Albarola

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Il giorno 28/10/2020 sono state realizzate complessivamente n° 4 prove penetrometriche dinamiche presso la Miniera di Albarola della Buzzi Unicem nel territorio del Comune di Vigolzone (PC). Per la corretta ubicazione delle indagini eseguite si rimanda alla corografia ed alle tavole allegate.

Le 4 prove penetrometriche dinamiche eseguite hanno permesso di indagare complessivamente 77,60 m di terreno.

Il penetrometro utilizzato, costruito dalla Pagani, è del tipo “super-pesante” (DPSH, “Dynamic Probing Superheavy”) tipo “EMILIA”, montato su di un carro semovente.



Particolare fotografico del penetrometro utilizzato

Nella tabella a seguire vengono presentate le principali caratteristiche:



Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 kg
Diametro punta conica	51 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,4 m
Avanzamento punta	0,2 m
Numero colpi per punta	N ₂₀
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

La prova penetrometrica dinamica (SCPT, “Standard Continuous Penetration Test”) consiste nell’infingere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all’estremità di un’asta di acciaio, prolungabile con l’aggiunta di aste successive. L’infissione avviene per battuta, facendo cadere da un’altezza costante (75 cm) un maglio di dato peso. Si contano i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita (20 cm).

L’attrezzatura è composta da un maglio con massa di 63.5 kg e da aste (lunghe ciascuna 100 cm e peso 6.3 kg/m), che collegano la testa di battuta alla punta di infissione, di forma conica, con diametro alla base pari a 51 mm e angolo di apertura pari a 90°.

La resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi (N_{dp}) per una data penetrazione.

I risultati relativi a ciascuna verticale indagata vengono presentati in un diagramma con i valori di N₂₀ (vale a dire il numero di colpi necessari per infingere la punta per ciascun tratto di 20 cm) sull’asse delle ascisse e la profondità espressa in [m] in ordinata. Quando il valore N₂₀ ≥ 100 colpi, si parla di rifiuto alla penetrazione e la prova viene interrotta.

In allegato vengono forniti i certificati delle prove penetrometriche.

A seguire, come da richiesta del Committente, si procede al calcolo dei parametri geotecnici in via speditiva, sia in termini di tensioni efficaci (terreni incoerenti) che di tensioni totali (terreni coesivi).



Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Nelle tabelle dei dati di campagna si restituisce la

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Nelle tabelle di calcolo automatico si restituisce la:

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del



numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Angolo di resistenza al taglio (angolo di attrito)

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.



- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di Poisson

- Classificazione A.G.I.



Velocità onde di taglio V_s (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .



- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young ($E\gamma$)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15 .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

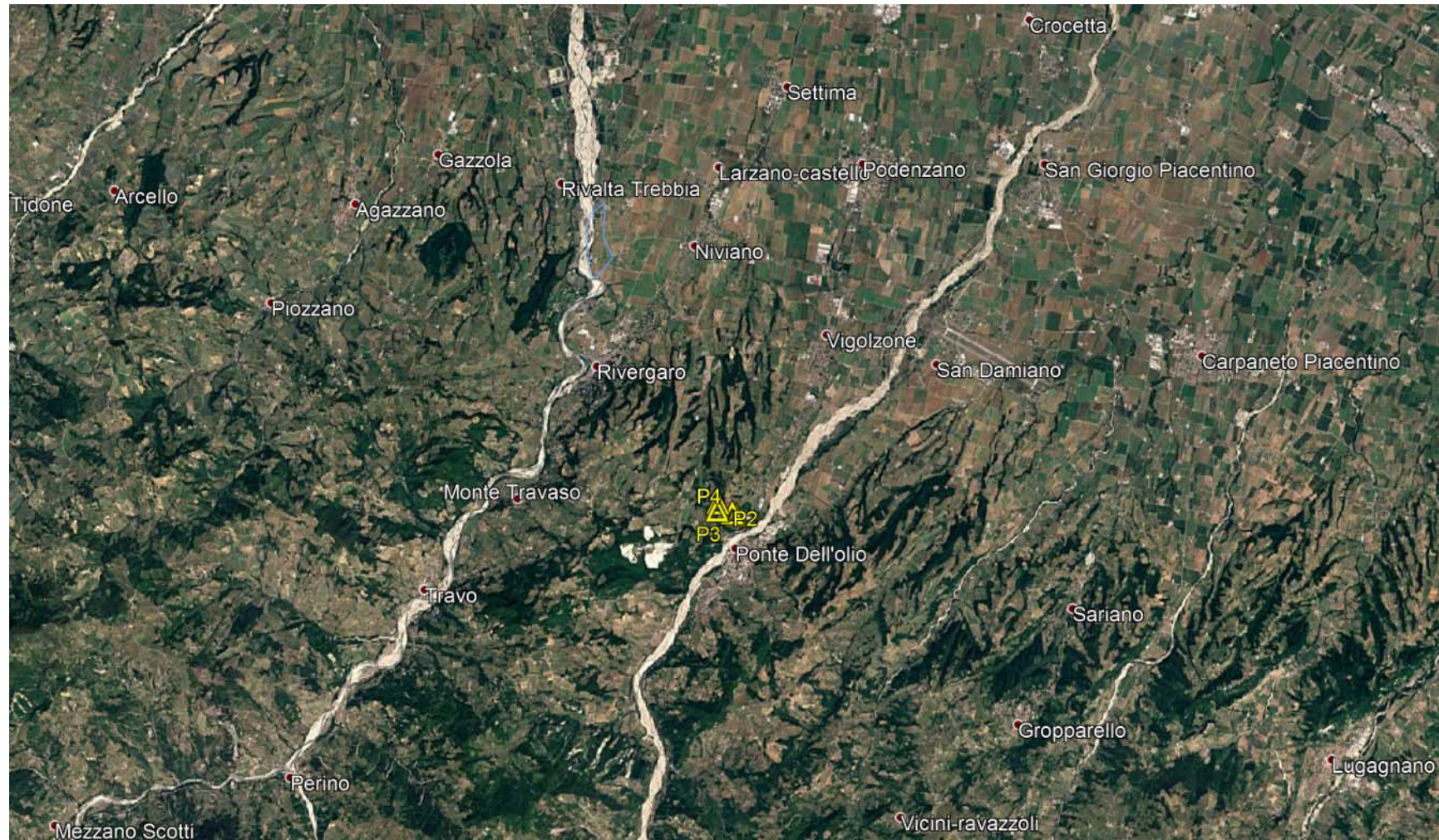
Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

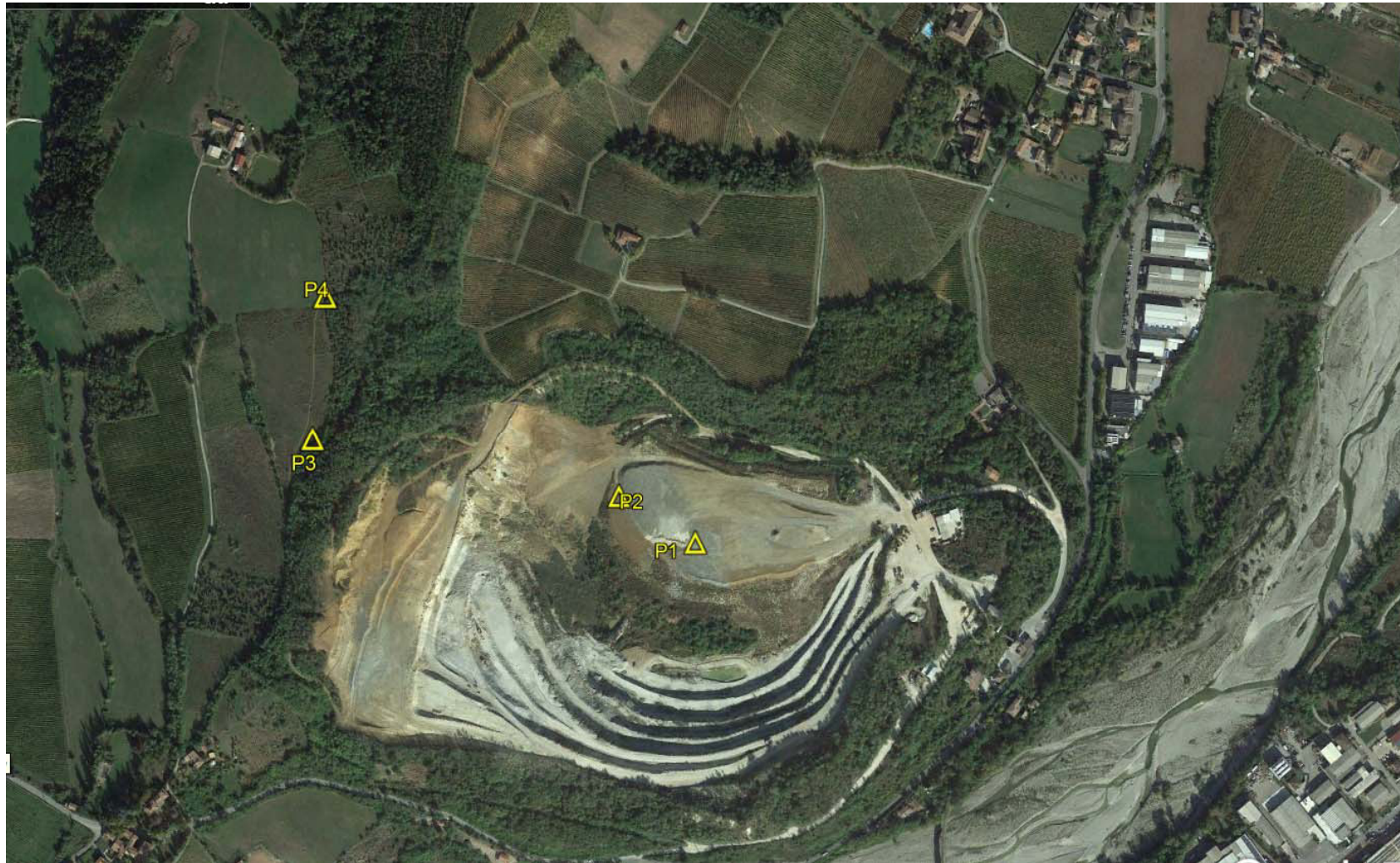
- Meyerhof ed altri.

Vigolzone (PC) – Miniera di Albarola
Corografia di inquadramento delle indagini



Vigolzone (PC) – Miniera di Albarola

Tav. 01 – Ubicazione sondaggi



CERTIFICATI

Penetrometro DPSH TG 63-200 PAGANI (Tipo superpesante ISSMFE)

Maglio di battuta: 63.5 kg; altezza di caduta: 0.75 m; punta conica: diam. base 51 mm, apertura 90°

Profondità [m]	Num. Colpi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Profondità [m]	Num. Colpi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Profondità [m]	Num. Colpi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)
0,20	1	8,98	8,20	4	18,57	16,20	6	18,49
0,40	1	8,94	8,40	6	27,81	16,40	6	18,45
0,60	3	24,50	8,60	5	21,99	16,60	6	17,76
0,80	2	16,27	8,80	4	17,56	16,80	7	20,68
1,00	2	16,20	9,00	3	13,15	17,00	6	17,69
1,20	2	16,13	9,20	3	13,13	17,20	9	26,47
1,40	1	8,03	9,40	2	8,74	17,40	17	46,36
1,60	2	14,78	9,60	2	8,31	17,60	10	28,28
1,80	1	7,36	9,80	3	12,45	17,80	9	25,39
2,00	1	7,34	10,00	3	12,43	18,00	11	30,96
2,20	1	7,31	10,20	3	12,41	18,20	9	25,27
2,40	1	7,28	10,40	5	20,66	18,40	7	19,60
2,60	3	20,23	10,60	6	23,64	18,60	12	32,40
2,80	3	20,16	10,80	4	15,74	18,80	9	24,23
3,00	1	6,70	11,00	3	11,79	19,00	9	24,17
3,20	7	46,73	11,20	5	19,62	19,20	9	24,10
3,40	8	53,23	11,40	4	15,67	19,40	10	26,69
3,60	5	30,98	11,60	3	11,23	19,60		
3,80	4	24,70	11,80	1	3,74	18,80		
4,00	3	18,47	12,00	1	3,73	20,00		
4,20	2	12,28	12,20	3	11,18			
4,40	2	12,24	12,40	4	14,89			
4,60	1	5,73	12,60	4	14,26			
4,80	1	5,71	12,80	3	10,68			
5,00	1	5,70	13,00	3	10,66			
5,20	2	11,36	13,20	7	24,84			
5,40	2	11,34	13,40	8	28,35			
5,60	2	10,65	13,60	9	30,58			
5,80	1	5,31	13,80	9	30,54			
6,00	2	10,60	14,00	10	33,88			
6,20	4	21,15	14,20	10	33,83			
6,40	4	21,10	14,40	5	16,89			
6,60	3	14,92	14,60	4	12,97			
6,80	2	9,93	14,80	4	12,95			
7,00	2	9,91	15,00	6	19,40			
7,20	3	14,83	15,20	3	9,68			
7,40	2	9,87	15,40	3	9,67			
7,60	2	9,34	15,60	4	12,39			
7,80	2	9,32	15,80	5	15,46			
8,00	2	9,30	16,00	6	18,52			

Note e osservazioni

Falda non rilevata





Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geostatiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA DPSH (UNI EN ISO 22476-2:2012)

Mod. 7.5.14 rev. 01

Committente: Buzzi Unicem S.p.A.

Località: Vigolzone (PC)

Cantiere: Miniera di Albarola

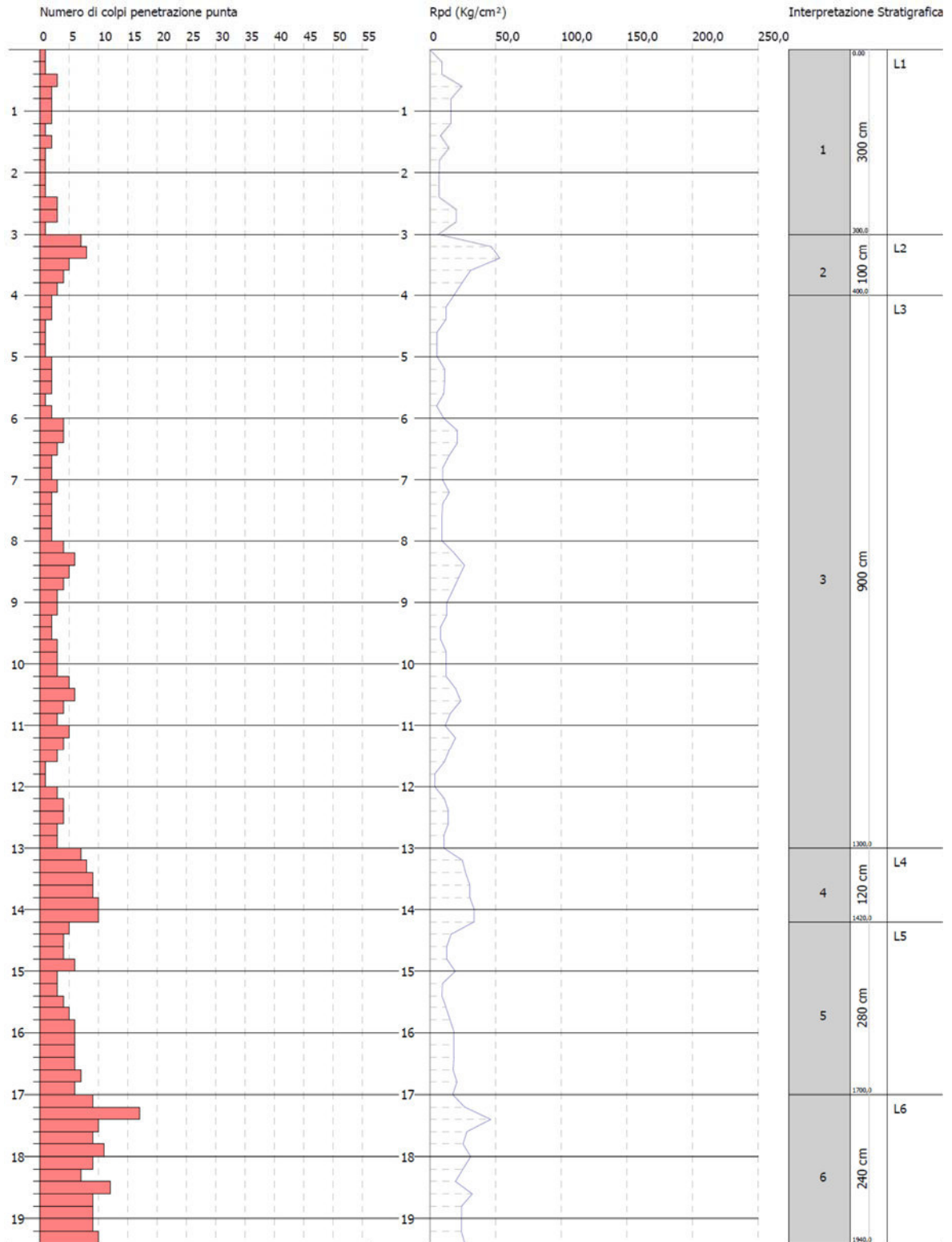
Coordinate: N 44.878160; E 9.641806

PROVA n.

P1

Eseguita il
28/10/2020

Accettazione n. 20001-29 - Certificato n. 20001-29/1 del 09/11/2020 - Commessa n. 20001-29



Lo Sperimentatore
Dott. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Giorgio Sola



Penetrometro DPSH TG 63-200 PAGANI (Tipo superpesante ISSMFE)

Maglio di battuta: 63.5 kg; altezza di caduta: 0.75 m; punta conica: diam. base 51 mm, apertura 90°

Profondità [m]	Num. Colpi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Profondità [m]	Num. Colpi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Profondità [m]	Num. Colpi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)
0,20	1	8,98	8,20	3	13,93	16,20	5	15,41
0,40	2	17,88	8,40	6	27,81	16,40	4	12,30
0,60	4	32,67	8,60	3	13,19	16,60	9	26,64
0,80	3	24,40	8,80	4	17,56	16,80	12	35,45
1,00	2	16,20	9,00	3	13,15	17,00	8	23,58
1,20	1	8,06	9,20	2	8,75	17,20	7	20,59
1,40	2	16,06	9,40	2	8,74	17,40	8	23,48
1,60	1	7,39	9,60	3	12,47	17,60	8	22,62
1,80	1	7,36	9,80	3	12,45	17,80	7	19,75
2,00	1	7,34	10,00	3	12,43	18,00	10	28,14
2,20	1	7,31	10,20	4	16,55	18,20	13	33,88
2,40	1	7,28	10,40	3	12,40	18,40	10	28,00
2,60	1	6,74	10,60	4	15,76	18,60	11	29,70
2,80	1	6,72	10,80	3	11,80	18,80	12	32,31
3,00	1	6,70	11,00	4	15,71	19,00	11	29,54
3,20	1	6,68	11,20	4	15,69	19,20	11	29,45
3,40	1	6,65	11,40	5	19,59	19,40	7	18,68
3,60	1	6,20	11,60	4	14,97	19,60		
3,80	1	6,18	11,80	4	14,95	18,80		
4,00	1	6,16	12,00	5	18,67	20,00		
4,20	1	6,14	12,20	2	7,46			
4,40	1	6,12	12,40	3	11,17			
4,60	1	5,73	12,60	4	14,26			
4,80	2	11,42	12,80	3	10,68			
5,00	2	11,39	13,00	4	14,22			
5,20	1	5,68	13,20	4	14,20			
5,40	2	11,34	13,40	3	10,63			
5,60	2	10,65	13,60	5	16,99			
5,80	4	21,25	13,80	17	53,72			
6,00	2	10,60	14,00	15	47,32			
6,20	3	15,86	14,20	31	83,19			
6,40	3	15,83	14,40	14	44,02			
6,60	2	9,95	14,60	9	29,19			
6,80	6	29,79	14,80	14	42,20			
7,00	2	9,91	15,00	11	35,56			
7,20	3	14,83	15,20	10	32,28			
7,40	3	14,80	15,40	9	29,00			
7,60	1	4,67	15,60	7	21,69			
7,80	1	4,66	15,80	6	18,56			
8,00	4	18,61	16,00	4	12,35			

Note e osservazioni

Falda non rilevata





Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA DPSH (UNI EN ISO 22476-2:2012)

Mod. 7.5.14 rev. 01

Committente: Buzzi Unicem S.p.A.

Località: Vigolzone (PC)

Cantiere: Miniera di Albarola

Coordinate: N 44.878699; E 9.640552

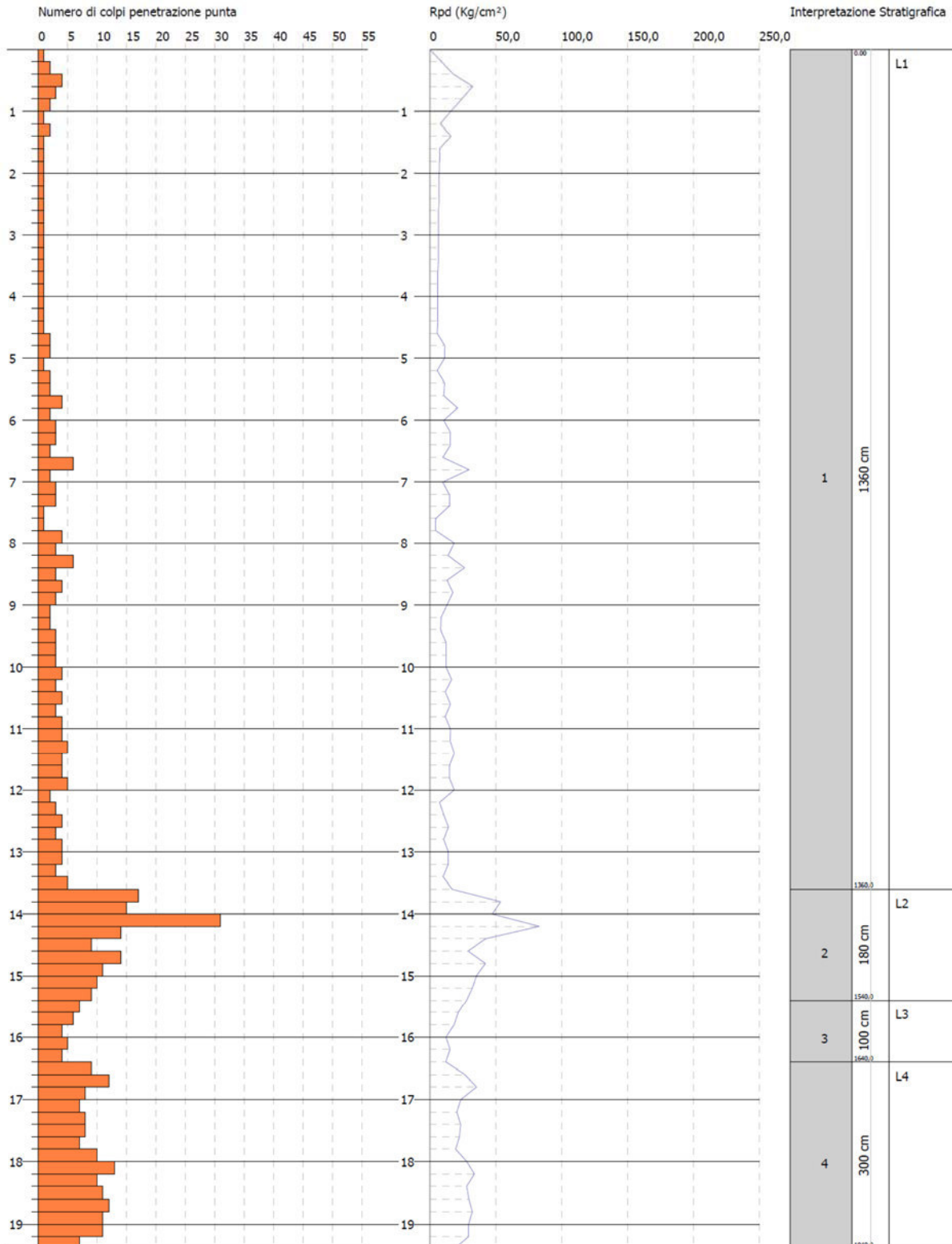
PROVA n.

P2

Eseguita il

28/10/2020

Accettazione n. 20001-29 - Certificato n. 20001-29/2 del 09/11/2020 - Commessa n. 20001-29



Lo Sperimentatore
Dott. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.14 rev. 01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA DPSH (UNI EN ISO 22476-2:2012)

Committente: Buzzi Unicem S.p.A.

Località: Vigolzone (PC)

Cantiere: Miniera di Albarola

Coordinate: N 44.879362; E 9.635863

Accettazione n. 20001-29 - Certificato n. 20001-29/3 del 09/11/2020 - Commessa n. 20001-29

PROVA n.

P3

Eseguita il

28/10/2020

Penetrometro DPSH TG 63-200 PAGANI (Tipo superpesante ISSMFE)

Maglia di battuta: 63.5 kg; altezza di caduta: 0.75 m; punta conica: diam. base 51 mm, apertura 90°

Profondità [m]	Num. Colpi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Profondità [m]	Num. Colpi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Profondità [m]	Num. Colpi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)
0,20	1	8,98	8,20	10	46,43	16,20	10	30,81
0,40	1	8,94	8,40	6	27,81	16,40	8	24,60
0,60	2	16,34	8,60	7	30,78	16,60	11	32,56
0,80	4	32,53	8,80	9	39,51	16,80	13	35,70
1,00	5	40,49	9,00	11	48,22	17,00	11	32,43
1,20	5	40,32	9,20	12	52,52	17,20	13	35,53
1,40	6	48,19	9,40	12	52,43	17,40	11	32,29
1,60	6	44,35	9,60	14	54,31	17,60	10	28,28
1,80	6	44,18	9,80	13	50,35	17,80	12	33,86
2,00	6	44,01	10,00	11	45,58	18,00	13	33,97
2,20	9	65,77	10,20	11	45,52	18,20	10	28,07
2,40	9	65,53	10,40	11	45,45	18,40	12	33,60
2,60	6	40,46	10,60	10	39,40	18,60	13	32,57
2,80	9	60,48	10,80	10	39,34	18,80	14	34,98
3,00	10	66,97	11,00	17	62,29	19,00	14	34,87
3,20	6	40,05	11,20	10	39,23	19,20	12	32,13
3,40	4	26,61	11,40	11	43,10	19,40	12	32,03
3,60	6	37,17	11,60	12	44,92	19,60		
3,80	6	37,06	11,80	9	33,64	18,80		
4,00	4	24,63	12,00	12	44,80	20,00		
4,20	5	30,70	12,20	15	52,12			
4,40	4	24,49	12,40	14	48,57			
4,60	4	22,91	12,60	11	39,20			
4,80	4	22,85	12,80	10	35,59			
5,00	4	22,79	13,00	10	35,54			
5,20	5	28,41	13,20	10	35,49			
5,40	4	22,67	13,40	16	52,82			
5,60	4	21,30	13,60	12	40,78			
5,80	4	21,25	13,80	9	30,54			
6,00	3	15,90	14,00	10	33,88			
6,20	5	26,44	14,20	16	50,40			
6,40	5	26,38	14,40	9	30,40			
6,60	6	29,85	14,60	16	48,31			
6,80	4	19,86	14,80	10	32,38			
7,00	6	29,73	15,00	13	39,11			
7,20	6	29,67	15,20	8	25,82			
7,40	7	34,54	15,40	14	41,97			
7,60	7	32,68	15,60	15	43,23			
7,80	9	41,94	15,80	9	27,83			
8,00	11	51,16	16,00	10	30,87			

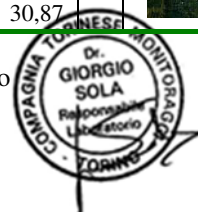
Note e osservazioni

Falda non rilevata



Lo Sperimentatore
Dott. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA DPSH (UNI EN ISO 22476-2:2012)

Mod. 7.5.14 rev. 01

Committente: Buzzi Unicem S.p.A.

Località: Vigolzone (PC)

Cantiere: Miniera di Albarola

Coordinate: N 44.879362; E 9.635863

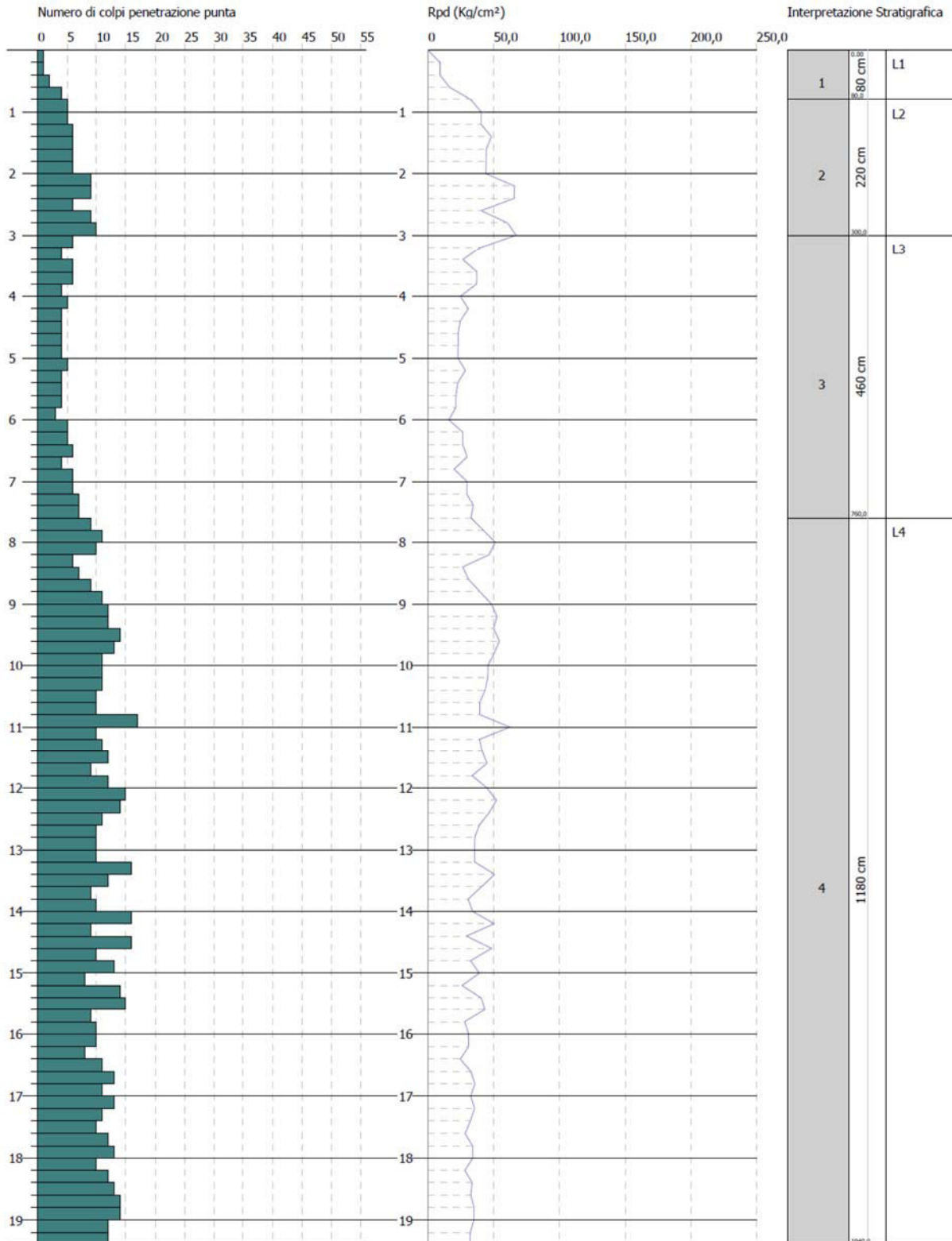
PROVA n.

P3

Eseguita il

28/10/2020

Accettazione n. 20001-29 - Certificato n. 20001-29/3 del 09/11/2020 - Commessa n. 20001-29



Lo Sperimentatore
Dott. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Giorgio Sola



Penetrometro DPSH TG 63-200 PAGANI (Tipo superpesante ISSMFE)

Maglia di battuta: 63.5 kg; altezza di caduta: 0.75 m; punta conica: diam. base 51 mm, apertura 90°

Profondità [m]	Num. Colpi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Profondità [m]	Num. Colpi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Profondità [m]	Num. Colpi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)
0,20	1	8,98	8,20	5	23,22	16,20	11	33,89
0,40	1	8,94	8,40	5	23,18	16,40	9	27,68
0,60	2	16,34	8,60	7	30,78	16,60	10	29,60
0,80	3	24,40	8,80	5	21,95	16,80	12	35,45
1,00	7	56,69	9,00	5	21,92	17,00	12	35,38
1,20	6	48,39	9,20	4	17,51	17,20	11	32,36
1,40	6	48,19	9,40	8	34,96	17,40	10	29,35
1,60	6	44,35	9,60	8	33,25	17,60	11	31,11
1,80	6	44,18	9,80	8	33,20	17,80	11	31,03
2,00	7	51,35	10,00	6	24,86	18,00	13	33,97
2,20	7	51,16	10,20	5	20,69	18,20	12	33,69
2,40	7	50,97	10,40	8	33,06	18,40	14	36,39
2,60	8	53,95	10,60	8	31,52	18,60	14	35,08
2,80	10	67,20	10,80	7	27,54	18,80	12	32,31
3,00	12	80,37	11,00	8	31,43	19,00	14	34,87
3,20	13	81,39	11,20	7	27,46	19,20	13	32,28
3,40	11	73,19	11,40	7	27,42	19,40	14	34,65
3,60	12	74,34	11,60	6	22,46	19,60		
3,80	12	74,11	11,80	7	26,17	18,80		
4,00	12	73,89	12,00	6	22,40	20,00		
4,20	11	67,54	12,20	6	22,37			
4,40	11	67,34	12,40	5	18,61			
4,60	10	57,27	12,60	7	24,95			
4,80	8	45,70	12,80	8	28,47			
5,00	9	51,27	13,00	8	28,43			
5,20	9	51,14	13,20	10	35,49			
5,40	8	45,34	13,40	12	42,52			
5,60	8	42,60	13,60	10	33,98			
5,80	7	37,18	13,80	10	33,93			
6,00	9	47,70	14,00	12	40,66			
6,20	8	42,30	14,20	14	44,10			
6,40	6	31,66	14,40	10	33,78			
6,60	7	34,82	14,60	11	35,68			
6,80	6	29,79	14,80	13	39,18			
7,00	5	24,77	15,00	12	38,80			
7,20	6	29,67	15,20	10	32,28			
7,40	5	24,67	15,40	12	38,67			
7,60	7	32,68	15,60	14	40,35			
7,80	6	27,96	15,80	13	37,40			
8,00	9	41,86	16,00	10	30,87			

Note e osservazioni

Falda non rilevata





Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA DPSH (UNI EN ISO 22476-2:2012)

Mod. 7.5.14 rev. 01

Committente: Buzzi Unicem S.p.A.

Località: Vigolzone (PC)

Cantiere: Miniera di Albarola

Coordinate: N 44.880928; E 9.636050

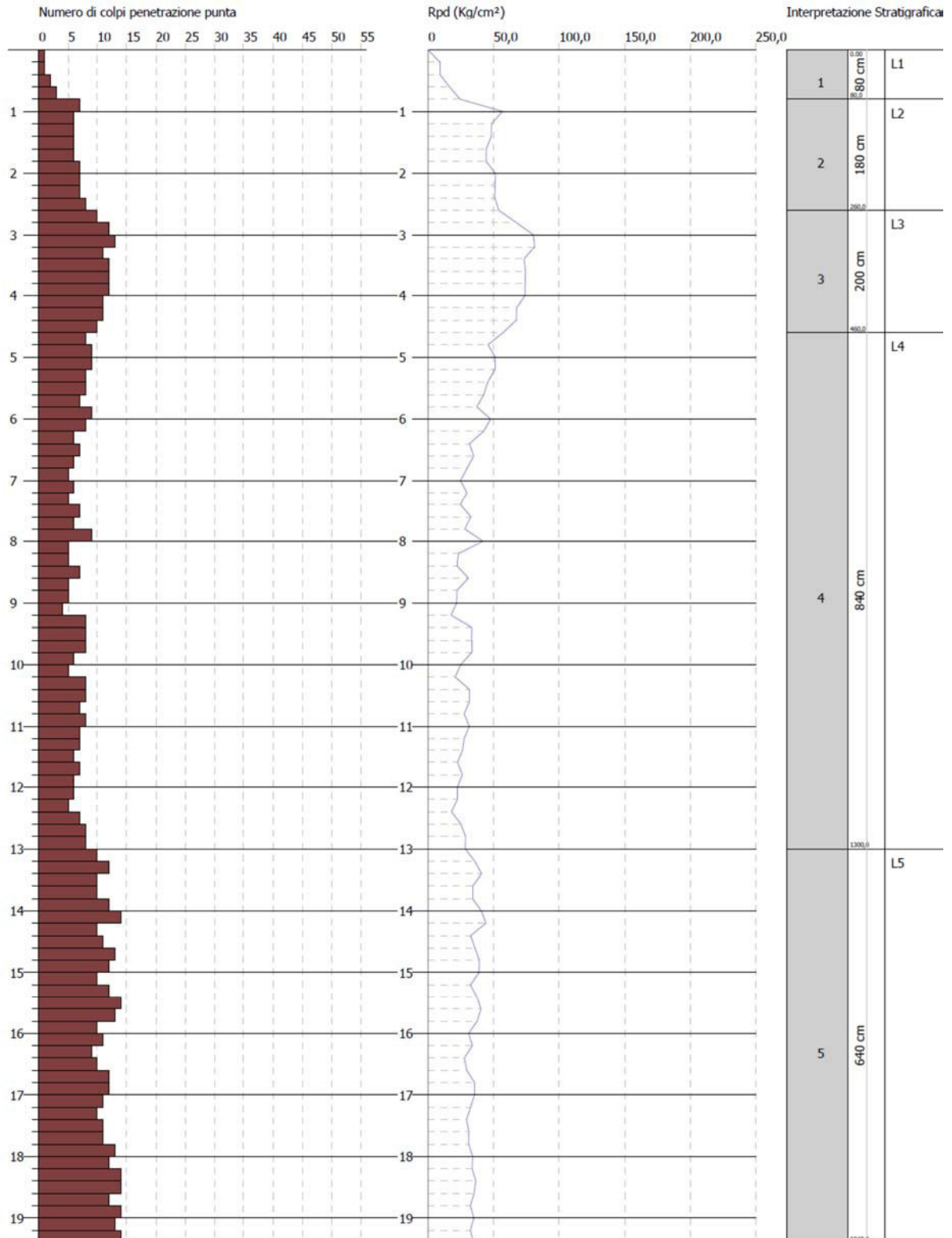
PROVA n.

P4

Eseguita il

28/10/2020

Accettazione n. 20001-29 - Certificato n. 20001-29/4 del 09/11/2020 - Commessa n. 20001-29



Lo Sperimentatore
Dott. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Giorgio Sola



CORRELAZIONI GEOTECNICHE

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3	1,67	15,26	Incoerente - coesivo	1,6	1,86	0,24	1,47	2,46	L1
4	5,4	43,41	Incoerente - coesivo	1,9	1,91	0,58	1,49	8,05	L2
13	2,87	16,87	Incoerente - coesivo	1,72	1,87	1,44	1,52	4,36	L3
14,2	8,83	41,65	Incoerente - coesivo	2,05	2,25	2,34	1,54	13,57	L4
17	5,07	22,05	Incoerente - coesivo	1,89	1,9	2,73	1,54	7,82	L5
19,4	10,08	40,32	Incoerente - coesivo	2,07	2,28	3,24	1,55	15,61	L6

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,46	0.00-3,00	Schmertmann 1975	0,24
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Schmertmann 1975	0,79
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Schmertmann 1975	0,42
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Schmertmann 1975	1,34
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Schmertmann 1975	0,77
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Schmertmann 1975	1,54

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,46	0.00-3,00	Robertson (1983)	4,92
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Robertson (1983)	16,10
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Robertson (1983)	8,72
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Robertson (1983)	27,14
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Robertson (1983)	15,64
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Robertson (1983)	31,22

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,46	0.00-3,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	26,88
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	83,90
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	46,26
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	140,20
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	81,55
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	161,00

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,46	0,00-3,00	Schultze	7,89
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Schultze	72,18
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Schultze	29,74
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Schultze	135,66
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Schultze	69,53
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Schultze	159,12

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) L1	2,46	0,00-3,00	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) L1	2,46	0,00-3,00	Meyerhof	1,60
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Meyerhof	1,90
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Meyerhof	1,72
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Meyerhof	2,05
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Meyerhof	1,89
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Meyerhof	2,07

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) L1	2,46	0,00-3,00	Meyerhof	1,86
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Meyerhof	1,91
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Meyerhof	1,87
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Meyerhof	2,25
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Meyerhof	1,90
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Meyerhof	2,28

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) L1	2,46	0.00-3,00	Meyerhof 1957	33,97
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Meyerhof 1957	52,77
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Meyerhof 1957	29,95
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Meyerhof 1957	44,36
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Meyerhof 1957	31,71
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Meyerhof 1957	41,79

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) L1	2,46	0.00-3,00	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	21,07
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	25,99
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	23,09
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	29,27
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	25,83
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	30,3

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,46	0.00-3,00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	19,68
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	64,40
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	34,88
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Schmertmann (1978) (Sabbie)	108,56
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	62,56
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Schmertmann (1978) (Sabbie)	124,88

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,46	0.00-3,00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	32,52
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	44,00
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	36,42
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	55,34
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43,53
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	59,53

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) L1	2,46	0,00-3,00	A.G.I. (1977)	SCIOLTO
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) L1	2,46	0,00-3,00	Meyerhof et al.	1,42
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Meyerhof et al.	1,66
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Meyerhof et al.	1,51
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Meyerhof et al.	1,84
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Meyerhof et al.	1,65
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Meyerhof et al.	1,90

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) L1	2,46	0,00-3,00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
Strato (1) L1	2,46	0,00-3,00	(A.G.I.)	0,35
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	(A.G.I.)	0,34
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	(A.G.I.)	0,33
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	(A.G.I.)	0,34
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,46	0.00-3,00	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	216,66
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	447,05
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	307,35
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	615,06
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	439,20
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	670,01

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) L1	2,46	0.00-3,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	86,44
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	124,98
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	133,39
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	177,76
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	165,93
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	192,65

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_h / \sigma_v$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	K_0
Strato (1) L1	2,46	0.00-3,00	Navfac 1971-1982	0,38
Strato (2) L2	8,05	3,00-4,00	Navfac 1971-1982	1,68
Strato (3) L3	4,36	4,00-13,00	Navfac 1971-1982	0,84
Strato (4) L4	13,57	13,00-14,20	Navfac 1971-1982	2,84
Strato (5) L5	7,82	14,20-17,00	Navfac 1971-1982	1,63
Strato (6) L6	15,61	17,00-19,40	Navfac 1971-1982	3,24

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
13,6	2,56	16,16	Incoerente - coesivo	1,69	1,87	1,15	1,51	3,87	L1
15,4	14,44	66,28	Incoerente - coesivo	2,11	2,15	2,49	1,54	22,24	L2
16,4	5,2	22,45	Incoerente - coesivo	1,9	1,91	2,77	1,54	8,02	L3
19,4	9,6	38,57	Incoerente - coesivo	2,06	2,27	3,18	1,55	14,85	L4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Schmertmann 1975	0,38
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Schmertmann 1975	2,20
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Schmertmann 1975	0,79
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Schmertmann 1975	1,46

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Robertson (1983)	7,74
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Robertson (1983)	44,48
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Robertson (1983)	16,04
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Robertson (1983)	29,70

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	41,26
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	228,63
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	83,59
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	153,25

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Schultze	24,11
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Schultze	235,36
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Schultze	71,83
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Schultze	150,38

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Meyerhof	1,69
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Meyerhof	2,11
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Meyerhof	1,90
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Meyerhof	2,06

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Meyerhof	1,87
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Meyerhof	2,15
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Meyerhof	1,91
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Meyerhof	2,27

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Meyerhof 1957	30,38
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Meyerhof 1957	55,46
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Meyerhof 1957	31,91
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Meyerhof 1957	41,1

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	22,62
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	33,26
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	25,97
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	29,92

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Schmertmann (1978) (Sabbie)	30,96
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Schmertmann (1978) (Sabbie)	177,92
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Schmertmann (1978) (Sabbie)	64,16
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Schmertmann (1978) (Sabbie)	118,80

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	35,41
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	73,15
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43,94
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	57,97

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	A.G.I. (1977)	SCIOLTO
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Meyerhof et al.	1,49
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Meyerhof et al.	2,03
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Meyerhof et al.	1,66
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Meyerhof et al.	1,88

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,99
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	(A.G.I.)	0,35
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	(A.G.I.)	0,31
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	285,76
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	831,78
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	446,03
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	649,88

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	125,16
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	196,03
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	167,27
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	190,38

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	K_0
Strato (1) L1	3,87	0.00-13,60	Navfac 1971-1982	0,72
Strato (2) L2	22,24	13,60-15,40	Navfac 1971-1982	4,43
Strato (3) L3	8,02	15,40-16,40	Navfac 1971-1982	1,67
Strato (4) L4	14,85	16,40-19,40	Navfac 1971-1982	3,09

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P3

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,8	2	19,72	Incoerente - coesivo	1,63	1,86	0,07	1,46	2,92	L1
3	7	62,01	Incoerente - coesivo	1,98	2,18	0,35	1,47	10,3	L2
7,6	4,91	34,88	Incoerente - coesivo	1,88	1,9	1,0	1,5	7,38	L3
19,4	11,42	54,81	Incoerente - coesivo	2,09	2,3	2,66	1,54	17,55	L4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Schmertmann 1975	0,28
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Schmertmann 1975	1,01
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Schmertmann 1975	0,72
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Schmertmann 1975	1,73

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Robertson (1983)	5,84
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Robertson (1983)	20,60
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Robertson (1983)	14,76
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Robertson (1983)	35,10

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,57
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	106,85
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	77,06
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	180,79

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Schultze	13,18
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Schultze	98,05
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Schultze	64,47
Strato (6) L6	17,55	7,60-19,40	Schultze	181,43

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Meyerhof	1,63
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Meyerhof	1,98
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Meyerhof	1,88
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Meyerhof	2,09

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Meyerhof	1,86
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Meyerhof	2,18
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Meyerhof	1,90
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Meyerhof	2,30

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Meyerhof 1957	41,02
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Meyerhof 1957	65,83
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Meyerhof 1957	43,78
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Meyerhof 1957	47,97

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	21,62
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	27,43
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	25,52
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	31,22

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Schmertmann (1978) (Sabbie)	23,36
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	82,40
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Schmertmann (1978) (Sabbie)	59,04
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Schmertmann (1978) (Sabbie)	140,40

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	33,46
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	48,62
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	42,62
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	63,51

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	A.G.I. (1977)	SCIOLTO
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Meyerhof et al.	1,45
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Meyerhof et al.	1,74
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Meyerhof et al.	1,64
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Meyerhof et al.	1,94

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	(A.G.I.)	0,35
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	240,58
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	519,70
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	423,93
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	719,72

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	69
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	115,92
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	133,38
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	185,58

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_h / \sigma_v$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	K0
Strato (1) L1	2,92	0,00-0,80	Navfac 1971-1982	0,49
Strato (2) L2	10,3	0,80-3,00	Navfac 1971-1982	2,17
Strato (3) L3	7,38	3,00-7,60	Navfac 1971-1982	1,53
Strato (4) L4	17,55	7,60-19,40	Navfac 1971-1982	3,61

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P4

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,8	1,75	17,31	Incoerente - coesivo	1,6	1,86	0,06	1,46	2,56	L1
2,6	6,67	60,39	Incoerente - coesivo	1,96	2,16	0,3	1,47	9,82	L2
4,6	11,4	90,22	Incoerente - coesivo	2,08	2,29	0,69	1,49	16,99	L3
13	6,83	40,75	Incoerente - coesivo	1,98	2,18	1,73	1,52	10,38	L4
19,4	11,75	50,28	Incoerente - coesivo	2,09	2,3	3,23	1,54	18,15	L5

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,56	0.00-0,80	Schmertmann 1975	0,25
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Schmertmann 1975	0,96
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Schmertmann 1975	1,68
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Schmertmann 1975	1,02
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Schmertmann 1975	1,79

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,56	0.00-0,80	Robertson (1983)	5,12
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Robertson (1983)	19,64
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Robertson (1983)	33,98
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Robertson (1983)	20,76
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Robertson (1983)	36,30

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,56	0.00-0,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	27,90
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	101,95
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	175,08
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	107,66
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	186,91

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,56	0.00-0,80	Schultze	9,04
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Schultze	92,53
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Schultze	174,99
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Schultze	98,97
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Schultze	188,33

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) L1	2,56	0.00-0,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) L1	2,56	0.00-0,80	Meyerhof	1,60
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Meyerhof	1,96
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Meyerhof	2,08
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Meyerhof	1,98
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Meyerhof	2,09

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) L1	2,56	0.00-0,80	Meyerhof	1,86
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Meyerhof	2,16
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Meyerhof	2,29
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Meyerhof	2,18
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Meyerhof	2,30

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) L1	2,56	0.00-0,80	Meyerhof 1957	38,44
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Meyerhof 1957	65,66
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Meyerhof 1957	73,45
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Meyerhof 1957	43,42
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Meyerhof 1957	45,14

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) L1	2,56	0,00-0,80	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	21,2
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	27,14
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	30,96
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	27,48
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	31,5

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,56	0,00-0,80	Schmertmann (1978) (Sabbie)	20,48
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Schmertmann (1978) (Sabbie)	78,56
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Schmertmann (1978) (Sabbie)	135,92
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Schmertmann (1978) (Sabbie)	83,04
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Schmertmann (1978) (Sabbie)	145,20

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,56	0,00-0,80	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	32,72
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	47,64
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	62,36
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	48,79
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	64,75

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) L1	2,56	0,00-0,80	A.G.I. (1977)	SCIOLTO
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) L1	2,56	0,00-0,80	Meyerhof et al.	1,43
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Meyerhof et al.	1,72
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Meyerhof et al.	1,93
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Meyerhof et al.	1,74
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Meyerhof et al.	1,96

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) L1	2,56	0,00-0,80	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,97

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
Strato (1) L1	2,56	0,00-0,80	(A.G.I.)	0,35
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	(A.G.I.)	0,32
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	(A.G.I.)	0,33
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) L1	2,56	0,00-0,80	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	222,00
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	504,77
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	705,60
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	522,16
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	734,66

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) L1	2,56	0,00-0,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	67,44
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	112,52
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	142,99
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	156,03
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	193,35

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	K0
Strato (1) L1	2,56	0,00-0,80	Navfac 1971-1982	0,41
Strato (2) L2	9,82	0,80-2,60	Navfac 1971-1982	2,06
Strato (3) L3	16,99	2,60-4,60	Navfac 1971-1982	3,50
Strato (4) L4	10,38	4,60-13,00	Navfac 1971-1982	2,18
Strato (5) L5	18,15	13,00-19,40	Navfac 1971-1982	3,72