

CONSORZIO BEALEROTTO MUSSI
DI MIGLIORAMENTO FONDARIO
associato al
Consorzio di irrigazione di II° grado del Pesio

PIANO STRAORDINARIO DI INTERVENTI NEL SETTORE IDRICO
 Legge n 205/2017 art. 1 comma 523

CODICE INTERVENTO: 526/4

CUP: D82B17000680001

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELL'APPROVVIGIONAMENTO ED AMMODERNAMENTO
 DEL SISTEMA D'IRRIGAZIONE DELLE AREE IRRIGUE SOTTESE ALL'INVASO PIANFEI,
 VOLTI AL RISPARMIO DELLE RISORSE IDRICHE, NEI COMUNI DI PIANFEI E CHIUSA PESIO

L'UFFICIO TECNICO CONSORTILE:



CONSORZIO DEL PESIO
 Consorzio di irrigazione di II° grado
 12084 MONDOVI - Via G. B. Cottolengo, 13
 Tel. +39(0174)42724 - email: info@consorziodelpesio.it
 pec: posta@pec.consorziodelpesio.it

CONSORZIO IRRIGUO COMPENSORIO VALLI ELLERO,
CORSAGLIA, CASOTTO
 Consorzio di irrigazione di II° grado

12084 MONDOVI - Via G. B. Cottolengo, 13
 Tel. +39(0174)42724 - email: el.cor.ca@tiscali.it / pec: elcorca@pec.it



ASSOCIAZIONE IRRIGAZIONE EST SESIA
 28100 NOVARA - Via Negrini, 7
 Tel. +39(0321)675211 - Fax +39(0321)398458
 email: estsesia.pec@legalmail.it



CONSORZIO DI BONIFICA DELLA
BARAGGIA BIELLESE E VERCELLESE
 13100 VERCELLI - Via Fratelli Bandiera, 16
 Tel. +39(0161)283811 - Fax +39(0161)257425
 email: segreteria@consorziobaraggia.it



(Dott. Ing. Domenico CASTELLI)

DIGA DI PIANFEI
 (Arch. SND N. 906/229)

DATA

MAGGIO 2019

SERIE:

RELAZIONI SPECIALISTICHE

AGGIORNAMENTO

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA

ELABORATO N°

S.G. 2.1

ATTIVITÀ SPECIALISTICHE:

PROGETTO ESECUTIVO

ARCH. 10459E

**IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
 DELLA FASE PROGETTUALE:**

(Dott. Ing. Massimo DEL GAUDIO)

MODIFICHE

Aggiornamento

REV. 01

21/02/2020

CONTROLLO

Firma

OPERATORE

MF

CONTROLLO

GV

APPROVAZIONE

DC

CONSORZIO BEALEROTTO MUSSI
Consorzio di irrigazione di II° Grado del Pesio

INVASO DI PIANFEI – CUNEO



**ADEGUAMENTO DELL'APPROVVIGIONAMENTO IRRIGUO, DEGLI ORGANI DI SCARICO E
DEI SISTEMI DI MONITORAGGIO DELLO SBARRAMENTO ESISTENTE
PROGETTO ESECUTIVO**

**SCARICO DI FONDO
RELAZIONE GEOLOGICA GIUGNO 2019**

Dott. Valerio Ricciardi
Dott. Fabio Melchiorri

INDICE

	<i>pag.</i>
1. <u>INTRODUZIONE</u>	2
2. <u>ASSETTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'AREA</u>	4
3. <u>DIGA ED INVASO DI PIANFEI – INDAGINI GEOGNOSTICHE 2012</u>	8
4. <u>TRACCIATO DELLO SCARICO DI FONDO – INDAGINI 2017</u>	25
5. <u>TRACCIATO DELLO SCARICO DI FONDO – INDAGINI GEOFISICHE 2018-2019</u>	27
6. <u>TRACCIATO DELLO SCARICO DI FONDO – PROVE PENETROMETRICHE 2019</u>	35
7. <u>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</u>	41

ALLEGATI

- ❖ A01 - STRATIGRAFIE SONDAGGI 2017
- ❖ A02 - ALL. DA RELAZIONE INDAGINI 2018-19

1. INTRODUZIONE

La presente Relazione Geologica è relativa ai previsti interventi progettuali sul sito dell'invaso artificiale di Pianfei (CN), in particolare alla realizzazione Scarico di Fondo, e comprende tutte le informazioni e le risultanze derivanti dagli studi ed indagini condotti in sito, sia in una prima campagna del 2012 sia recentemente (Giugno 2017-Novembre 2018-Marzo 2019).

Nel corso dell'intervento progettuale del 2012, il piano di riqualificazione dell'opera esistente prevedeva l'analisi di una serie di elementi riguardanti lo sbarramento e l'area d'invaso, nonché delle possibili interferenze idrauliche di quest'ultimo con i bacini contigui.

In particolare, mediante specifiche indagini, si prevedeva di verificare la tenuta idraulica dello sbarramento e delle sue caratteristiche in termini geotecnici, con particolare attenzione alle condizioni dell'unghia di valle, nell'ottica di un possibile innalzamento del livello d'invaso.

Si prevedeva inoltre di verificare l'assenza di possibilità dell'acqua invasata di filtrare verso i bacini contigui, separati da un limitato spessore laterale in alcuni punti dell'invaso.

Tali aspetti sono stati esaurientemente indagati con una serie di prospezioni geognostiche i cui risultati vengono sintetizzati nella presente relazione, in quanto pertinenti all'intervento progettuale proposto in questa fase. Tale intervento comprende la realizzazione di varie opere, tra cui una nuova opera di presa per lo scarico di fondo e per adduzione irrigua, un tracciato di scavo con la tecnica del microtunneling per l'inserimento delle condotte relative ed un'opera di dissipazione e sbocco a valle.

Ad integrazione dei dati di indagine disponibili sono stati recentemente realizzati (Società SONDECO - Giugno 2017- Allegato 1) due sondaggi a 25m di profondità dal piano campagna, collocati sul tracciato del previsto scavo con tecnica del microtunneling tra la nuova opera di presa dello scarico di fondo (e di adduzione irrigua) ed il sito dell'opera di dissipazione e rilascio in alveo.

Infine, nel Novembre 2018 e Marzo 2019, sono stati eseguiti da POLO GEOLOGICO s.r.l. prospezioni sismiche a rifrazione in onde P ed S, finalizzate a determinare le caratteristiche litologiche della formazione lungo l'asse dello scavo del tracciato dello scarico di fondo e della zona di imbocco, nonché alcune prove penetrometriche dinamiche sull'area (Allegato 2).

La relazione comprende quindi, oltre all'inquadramento geomorfologico e geostrutturale dell'area, realizzati con rilevamento geologico di dettaglio, la descrizione e le risultanze delle varie indagini realizzate (in prima fase e recentemente), nonché i commenti conclusivi relativi.

Sbarramento ed invaso di Pianfei (Cn)



2. ASSETTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'AREA

Nel corso delle campagne di indagini svolte sono state eseguiti rilevamenti geomorfologici e geologico-strutturali dell'area di invaso e delle aree di competenza dello scarico di fondo, che hanno consentito di identificare le litologie affioranti nel bacino, indirizzando alcune delle indagini successivamente eseguite, per l'acquisizione di specifiche informazioni.

L'invaso di Pianfei è ubicato nel settore di testata del bacino idrografico del Rio Bealerotto Mussi (Foto 1), affluente secondario sinistro del torrente Pogliola. Nell'ambito dello specchio lacustre si rileva la presenza di n. 6 affluenti del rio principale, di cui n. 3 in destra e n. 3 in sinistra.

Per comodità di descrizione, data l'assenza dei toponimi di tali incisioni, gli affluenti del Rio verranno numerati nel testo, a partire dal corpo diga, nel seguente modo: *affluente ndx*, che rappresenta l'incisione *n* situata in destra (*dx*), contata a partire dallo sbarramento verso la coda dell'invaso.



Foto 1 – Panoramica del Lago di Pianfei ripreso dallo sbarramento

Sotto l'aspetto geomorfologico, il lago presenta una forma allungata in direzione NW-SE, con quota di invaso media pari a 563 m s.l.m., e risulta essere bordato da rilievi collinari a morfologia dolce con quote massime comprese tra i 611 m s.l.m. in sinistra e di 600 m s.l.m. circa, in destra (Poggio Pelato).

Nell'area di bacino non si riconoscono particolari forme erosive o dissesti che possano compromettere la stabilità delle sponde.

Il rilevamento svolto ha consentito di riconoscere nell'area di interesse litologie ascrivibili ad unità riferibili essenzialmente alla Zona dei Calcescisti, di età cretacea, ed a depositi quaternari,

suddivisibili nella sequenza di seguito elencata:

- Calcescisti: filladi e micascisti filladici con intercalazioni di calcescisti
- Calcescisti e micascisti fortemente alterati
- Serpentiniti in affioramenti lentiformi, di ampiezza massima di qualche centinaio di metri e spessore massimo di 60 - 70 m.

Al di sopra di tale basamento è diffusa una copertura eluvio-colluviale.

Si può affermare che le litologie attribuibili alla Zona dei Calcescisti (Foto 2) rappresentino, nell'ambito dell'esistente invaso, l'Unità maggiormente diffusa, estendendosi nella quasi totalità dell'intorno del lago, sia in destra, sia in sinistra idrografica.

I calcescisti sani sono mascherati quasi completamente da depositi calcescistosi alterati (Foto 3); vista la considerevole estensione areale, il notevole spessore e date le peculiari caratteristiche litologico-tecniche, generalmente fortemente scadenti, tale fascia di alterazione è stata considerata come un vero e proprio orizzonte.

In corrispondenza della zona di sbarramento sono evidenti gli affioramenti delle Serpentiniti (Foto 4), di tipico colore verdastro, i cui limiti litologici assumono un andamento lentiforme nell'ambito dell'Unità dei Calcescisti.



Foto 2 – Affioramento dei calcescisti sani in corrispondenza dell'affluente 3sx del Rio.



Foto 3 – Affioramento dei calcescisti alterati sul taglio stradale della circonvallazione, in corrispondenza dell'affluente 1dx del Rio.



Foto 4 – Affioramento di serpentiniti intensamente tettonizzate, localizzate in spalla sinistra dello sbarramento.

Dal punto di vista strutturale, sono presenti discontinuità tettoniche orientate principalmente NW-SE, come del resto l'asta principale del Rio Bealerotto Mussi, e discontinuità coniugate,

orientate NE-SW, pressoché coincidenti con le direzioni dei citati affluenti del Rio. Le serpentiniti affioranti presso lo sbarramento appaiono fortemente tettonizzate ed attraversate da numerosi piani di fratturazione, ad orientamento casuale.

Analizzando l'intero bacino lacustre emerge quindi la situazione litologica di seguito schematizzata:

a) Zona dello sbarramento

Affioramento di ammassi costituiti da serpentiniti (Foto 4), fortemente tettonizzate, sia in destra che in sinistra idrografica, mascherate da deboli spessori della coltre detritica e di degradazione.

b) Zona di bacino - destra idrografica

In destra idrografica, procedendo dalla zona di imposta della diga esistente verso sud, si continua ad osservare l'affioramento di ammassi litoidi riferibili a serpentini della Zona dei Calcescisti, con immersione della scistosità verso SE, che permangono sul versante occidentale di Poggio Pelato fino all'affluente 1dx. Da questo tratto in poi, in affioramento si osservano solamente litologie attribuibili ai Calcescisti alterati, di colore rossastro e brunastro (Foto 3) e caratterizzati da notevoli spessori. Solamente in prossimità dell'affluente 2dx si osservano alcune testate di strato attribuibili ai Calcescisti sani.

c) Zona di bacino – sinistra idrografica

In sinistra idrografica permangono in affioramento spessori notevoli dei Calcescisti alterati, che si estendono ampiamente nell'ambito degli affluenti 1sx e 2sx; la situazione cambia rapidamente in corrispondenza del rilievo di quota 611, delimitato dagli affluenti 2sx e 3sx, zona in cui affiorano i Calcescisti sani (Foto 2), la cui scistosità immerge generalmente verso SW. Gli affioramenti litoidi si incontrano fino all'apice meridionale del bacino, fino a raggiungere la riva sinistra del Rio Bealerotto Mussi.

3. DIGA ED INVASO DI PIANFEI - INDAGINI GEOGNOSTICHE 2012

Come già indicato, nell'ambito del progetto di riqualificazione dell'invaso di Pianfei, si realizzavano nel 2012 (Società POLO GEOLOGICO s.r.l.) una serie di interventi di rilievo, indagine e studio sull'intera area. Alcuni dei temi di verifica risultano comunque di interesse per l'attuale proposta di intervento e vengono quindi descritti a seguire in dettaglio.

SONDAGGI GEOGNOSTICI E PROVE IN FORO 2012

Nel corso della campagna di indagini 2012 sono stati eseguiti sull'area n.5 sondaggi geognostici, con relative prove in foro, per verificare la natura stratigrafica, il comportamento geomeccanico e le caratteristiche di impermeabilità delle formazioni interessate.

I primi due sondaggi hanno interessato il primo impluvio a partire dalla diga, in sinistra idrografica, e sono stati programmati per indagare sulla ventilata possibilità di dispersione dell'acqua invasata verso il bacino idrografico contiguo, attraverso uno spartiacque non molto esteso. I sondaggi sono stati realizzati sull'estensione dell'impluvio a due diverse quote, uno sul punto di massima altezza del versante ed un altro a mezza costa ed entrambi sono stati attrezzati a piezometro a tubo aperto, con chiusino carrabile di protezione.

Per il corpo dello sbarramento, indagato con particolare dettaglio, come vedremo, con varie metodologie di indagine, sono stati previsti e realizzati n.2 sondaggi, di cui uno in sommità, al centro tra i due piezometri esistenti, ed un altro sulla prima banca di valle, in corrispondenza della zona centrale della diga. Tali sondaggi erano previsti inizialmente solo per caratterizzare i materiali costituenti il rilevato in termini geotecnici; a seguito della constatazione di irreuperabilità dei preesistenti piezometri, sono stati necessariamente attrezzati a piezometro, con ghiaietto di filtraggio e tubazione microfessurata, proteggendoli in superficie con chiusino di tipo carrabile, dotato di lucchetto, al fine di ripristinare questi fondamentali elementi di monitoraggio della diga.

Un quinto sondaggio è stato realizzato, successivamente, in spalla destra, dopo aver constatato che, a causa di una particolare morfologia dell'impluvio, qui, più che in spalla sinistra, esisteva una possibilità di aggiramento dello sbarramento.

A seguire sono commentate le informazioni ottenute da ciascuno dei 5 sondaggi eseguiti sull'area, integrate da una scheda contenente una stratigrafia dettagliata, completa di informazioni generali quali denominazione, data di esecuzione, coordinate plano-altimetriche ed informazioni sulla perforazione, nonché una colonna litostratigrafica con descrizione di dettaglio, eventuale presenza di falda, percentuale di recupero, prelievo di campioni indisturbati con relativa quota di campionamento, prove SPT, uso di corona diamantata, e di carotiere doppio o singolo.

E' inoltre riportata, sotto la voce PZ, la geometria di esecuzione del piezometro, con indicazione del tratto cieco (in ocra) e del tratto fenestrato (in blu).

PIANFEI - UBICAZIONE SONDAGGI 2012



SONDAGGIO PF-S01

Il sondaggio PF-S01 è stato realizzato in sinistra idrografica, sull'allineamento di uno dei principali impluvi afferenti al lago di Pianfei, alla quota di m 568,4, per una profondità di 30m. La sequenza stratigrafica si presenta caratterizzata da alternanze di sabbie fini e limi sabbiosi, più marcatamente argillosi nella parte inferiore della sequenza; da 17m in poi si nota presenza diffusa di prodotti di alterazione dei calcescisti. La prova d'acqua eseguita in foro, Lefranc a carico variabile, mostra valori di permeabilità mediamente bassi (tra $1E-6$ e $7E-7$ m/s), ad attestare praticamente l'impossibilità di una filtrazione dal bacino di invaso attraverso questo versante, ancor più in ragione del modestissimo carico idraulico potenzialmente presente. E' infatti da notare che la varice sul cui prolungamento sono posti i sondaggi PF-S01 e PF-S02, anche in condizioni di massimo invaso presenterebbe per tutto il suo sviluppo spessori d'acqua inferiori ai 5 metri, ovvero meno di 0,5 bar di carico, assolutamente insufficienti ad una permeazione apprezzabile, esaurendosi tale carico nei primi metri di materiale incontrato.

Il sondaggio e' stato attrezzato a piezometro a tubo aperto.

Si riporta a seguire la stratigrafia di dettaglio del sondaggio.



Committente: DOTT. VALERIO RICCIARDI	Sondaggio: PF-S01
Riferimento: P.R. ATTIV. BONIF. ED IRRIG. DI CUI L.R. n.21/99	Data: 31.05.11 - 07.06.11
Coordinate: 4911095,211 N - 396695,025	Quota: 568,443m s.l.m.
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO CON CAROTIERE SEMPLICE	

SCALA 1:150

STRATIGRAFIA - PF-S01

Pagina 1/1

σ mm	R metri batt.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	APz	Campioni	Standard Penetration Test			RQD % 0 --- 100	prove in foro
						m	S.P.T.	N		
140	1		Terreno vegetale di colore marrone chiaro, con resti vegetali e ricco di inclusi litici di disfacimento delle rocce metamorfiche circostanti.							
	2		Sabbie con limo di colore arancio e con frequenti inclusi eterometrici ed eterogenei delle rocce metamorfiche circostanti.							
	3									
	4		Limi sabbiosi a tratti debolmente argillosi con colorazione giallo alternata a marroncino chiaro e con frequenti inclusi eterometrici ed eterogenei metamorfici.							
	5		Sabbie debolmente limose marroni con inclusi eterometrici (ø fino a 5cm) e di natura metamorfica, e con tracce di torba.							
	6									
	7		Limi con sabbie debolmente argillosi e con colorazione giallo-marroncino chiaro nella parte superficiale, passanti successivamente ad argillosi e con abbondanti inclusi millimetrici (fino a 2-3mm) di calcite molto alterata e di elementi metamorfici; verso i 6,60m il deposito presenta alterazioni rossicce, presumibilmente ferrifere, e struttura laminata							
	8									
	9		Sabbie limose di colorazione molto variabile dal marroncino chiaro al grigio e con alterazioni rossicce e presumibili accumuli di torba.							
115	10									
	11		Sabbie limose di colore variabile tra il marroncino, rossiccio ed arancio, con struttura fogliettata ed inclusi millimetrici eterogenei, alternate a sabbie debolmente limose di colorazione marrone chiaro e a presumibili depositi di torba (9,60÷10,20m).							
	12									
	13		Depositi di torba di colore marrone scuro (11,10÷11,80m, 12,20÷12,30m), con inclusi eterogenei millimetrici, alternati a depositi sabbiosi-limosi laminati e di colore rossiccio (11,00÷11,10m, 11,80÷12,20m, 12,30÷12,40m, 12,60÷12,80m) e con intercalato deposito sabbioso-limoso a struttura lamellare scistosa e colorazione giallo-marrone (12,40÷12,60).							
	14									
	15		Sabbie limose laminate sottilmente, con colorazione alternata a sfumature di giallo, rossiccio e marrone e con intercalato deposito di torba di colore marrone scuro (12,20÷12,50), oltre a frequenti inclusi eterogenei ed eterometrici con ø fino a 1 cm.							
	16									
	17		Sabbie limose gialle-marroni chiaro con diffuse alterazioni rossicce, presumibilmente dovute ai minerali metamorfici, che oltre i 17,20m diventano più nette e laminate, oltre ad arricchirsi di accumuli calcitici ed inclusi metamorfici eterometrici.							
	18									
	19		Sabbie con limo di colorazione marroncino chiaro e con laminazioni grigio-verdi-argentee-marroncino scuro-rossiccio.							
	20		Sabbie limose di colorazione giallo-marroncino chiaro e con struttura sottilmente laminata.							
	21									
	22		Alternanze di limi con sabbie, di colorazione gialla e laminati, con sabbie limose, di colorazione marrone e con frequenti inclusi eterometrici ed eterogenei, con altresì limi sabbiosi di colorazione giallo-marroncino intercalati da sottili laminazioni rossicce.							
	23									
	24		Limi con sabbie debolmente argillosi, molto laminati, di colorazione marroncino chiaro-rossiccio e con massicci accumuli e sfumature argentee, alternati a sabbie limose di colore marroncino chiaro e nei quali persistono gli accumuli argentei (presumibile mica), oltre ad elementi calcitici eterometrici.							
	25									
	26									
	27									
	28									
	29									
95	30									

SONDAGGIO PF-S02

Il sondaggio PF-S02 è stato realizzato in sinistra idrografica, come il precedente, sull'allineamento di uno dei principali impluvi afferenti al lago di Pianfei, ma sulla sommità del versante, a quota m 578,3, per una profondità di 38 m. La sequenza stratigrafica riproduce quanto osservato nel sondaggio PF-S01, eseguito a breve distanza ma a quota inferiore. Sono infatti visibili alternanze di limi sabbiosi e sabbie sottili con un incremento della matrice argillosa con la profondità. Anche in questo caso sono presenti varie inclusioni di materiale metamorfico a vari livelli di alterazione. A partire dai 30 metri di profondità si incontra la formazione dei calcescisti, che si presenta con alternanze di livelli litoidi e strati intensamente alterati. Le prove d'acqua eseguite a tre diverse quote presentano una permeabilità variabile tra $1E-6$ e $8E-7$ m/s, in linea con quanto riscontrato nel precedente sondaggio. Valgono quindi le considerazioni già fatte, in merito alla impossibilità di filtrazione dal bacino.

Il sondaggio è stato attrezzato a piezometro a tubo aperto.

A seguire la stratigrafia di dettaglio del sondaggio, con le informazioni sulla perforazione.



Committente: DOTT. VALERIO RICCIARDI	Sondaggio: PF-S02
Riferimento: P.R. ATTIV. BONIF. ED IRRIG. DI CUI L.R. n. 21/99	Data: 08.06.2011 - 15.06.2011
Coordinate: 4911080,278 N - 396925,910 E	Quota: 578,370m s.l.m.
Perforazione: CARORAGGIO CONTINUO CON CAROTIERE SEMPLICE E DOPPIO	

SCALA 1:125

STRATIGRAFIA - PF-S02

Pagina 1/2

g mm	R V	metri batt	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	APZ	Campioni	Standard Penetration Test			RQD % 0 --- 100	prove in foro
							m	S.P.T.	N		
140		1		Terreno vegetale superficiale limo-sabbioso, di colorazione marrone-rossiccio con resti vegetali ed elementi litici di disfacimento delle rocce circostanti, passante a colorazione marrone dopo 0,40m.							
		2		Limo sabbioso di colore marroncino chiaro-giallastro, con presenza di resti vegetali e di qualche elemento litico eterometrico di disfacimento delle rocce circostanti, passante verso 1,40m a sabbie limose giallastre con alterazioni biancastre di presumibili minerali calcitici.		1) She < 3,00 3,30					
		3		Alternanze di limi sabbiosi e sabbie limose, molto laminati e a bande sinuose sottili, con colorazione variabile dal rossastro al giallo e marrone e con presenza di elementi litici eterometrici ed eterogenei, ma di prevalente natura metamorfica e con lamelle argenteo micacee.							
		4		Alternanze di sabbie limose di colore molto variabile che va dal marroncino- ruggine e con accumuli calcitici biancastri, al marrone-giallastro e struttura laminata, fino a passare a limi sabbiosi di colorazione marrone chiaro; oltre i 4,70m le alternanze di cui sopra conservano una colorazione marrone chiara con aggiunta di accumuli calcitici biancastri, alterati e friabili.		SPT-1 < 6,50 6,95	6,5	10-17-21	38		
		5		Sabbie limose di colore marrone, con accumuli calcitici biancastri, alternate a depositi laminati di torba, passanti, oltre i 5,60m, a sabbie limose di colore marrone-giallastro alternate a limi sabbiosi. Tutta la sequenza si presenta estremamente laminata con colorazione delle lamine che va dalle sfumature di giallo e marrone, fino al ruggine-arancio, spesso intercalate da laminazioni argenteo micacee; inoltre sono presenti frequentemente inclusi metamorfici eterometrici.							
		6		Alternanze di: limi sabbiosi debolmente argillosi, laminati e di colore marrone, con sabbie limose di colore marrone-giallastro e con lamine argenteo micacee (10,00÷12,00m); limi sabbiosi argillosi e sabbie limose di colorazione marrone molto laminati e con frequenti livelli rossastri (12,00÷14,00m), passanti a limi sabbiosi debolmente argillosi di colorazione marrone ricchi di accumuli puntiformi di calcite biancastra molto alterata.							
		7		Sabbie debolmente limose di colore marrone chiaro con livelli grigi, gialli e rossastri e con frequenti inclusi eterometrici ed eterogenei (calcite, quarzo di rocce metamorfiche).							
		8		Sabbie debolmente limose di colore marrone chiaro e rossastro, ricca in elementi litici eterogenei ed eterometrici, passanti a sabbie cineritiche di media consistenza e colorazione grigio scuro (19,00÷19,60) intercalata da livelli giallastri ed ancora ricca di inclusi litici; passanti, altresì, a sabbie gialle più consistenti e più povere degli inclusi di cui sopra.							
		9		Sabbie a struttura laminata di colore marrone scuro, poco addensate e fittamente alternate a livelli neri e biancastri di presumibili minerali micacei.							
		10		Sabbie debolmente limose poco addensate e con colorazione alternata di grigio e laminazioni giallo-biancastre.							
		11		Limi sabbiosi debolmente argillosi rossastri-marroni ricchi di minerali micacei in livelli ed accumuli.							
		12		Fitte alternanze di sabbie limose e limi sabbiosi debolmente argillosi, in lamine e livelli con colorazione variabile nelle sfumature di rossastro, giallo, grigio e bianco, ma con prevalenza del primo, ed altresì ricche di minerali alterati di mica, di quarzo e di calcite.							
115		13									
		14									
		15									
		16									
		17									
		18									
		19									
		20									
		21									
		22									
		23									
		24									
		25									

Committente: DOTT. VALERIO RICCIARDI	Sondaggio: PF-S02
Riferimento: P.R. ATTIV. BONIF. ED IRRIG. DI CUI L.R. n. 21/99	Data: 08.06.2011 - 15.06.2011
Coordinate: 4911080,278 N - 396925,910 E	Quota: 578,370m s.l.m.
Perforazione: CARORAGGIO CONTINUO CON CAROTIERE SEMPLICE E DOPPIO	

SCALA 1:125

STRATIGRAFIA - PF-S02

Pagina 2/2

Ø mm	R v	metri batt.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	AlPz	Campioni	Standard Penetration Test		RQD %	prove in foro
							m	S.P.T.	N	0 --- 100
26				Fitte alternanze di sabbie limose e limi sabbiosi debolmente argillosi, in lamine e livelli con colorazione variabile nelle sfumature di rossastro, giallo, grigio e bianco, ma con prevalenza del primo, ed altresì ricche di minerali alterati di mica, di quarzo e di calcite.						
27				Sabbie debolmente limose e molto laminate, e con colorazione alternata che va dal grigio chiaro-biancastro al giallo.						
28										
29										
30				Limi sabbiosi con colorazione grigio scuro-nero, ricchi in elementi litici eterogenei (quarziti, calcescisti) ed eterometrici (Ø fino a 4-5cm).						Letranc CV
31				Calcescisti molto fratturati, spesso carsificati e con venature di quarzo e calcite, in abbondante matrice sabbiosa grigio scura, di probabile origine meccanica.						
32										
33										Letranc CV
34										
35										Letranc CV
36										
37										
38				Limi sabbiosi di colore marrone scuro, spesso laminati e con accumuli biancastri di calcite alterata, ed altresì ricchi in elementi litici metamorfici eterometrici.						

METODO DI PERFORAZIONE: rotazione con carotiere semplice da m. 0,00 a m. 30,00, da m. 37,10 a m. 8,00
 rotazione con doppio carotiere da m. 30,00 a m. 37,10
CORONA DIAMANTATA: da m. 30,00 a m. 37,10

SONDAGGIO PF-S03

Il sondaggio PF-S03 è stato realizzato sul coronamento della diga, lato valle, alla quota di m 567,8, per una profondità di 25 m. La finalità del sondaggio era solo di caratterizzazione dei materiali della diga, tuttavia è stato successivamente attrezzato a piezometro, in sostituzione di quelli già presenti, avendoli verificati come non funzionanti. Il sondaggio si è spinto fino alla roccia di fondazione (22,8m), come già detto costituita da serpentiniti fratturate ma scarsamente alterate. I materiali del rilevato diga risultano decisamente poco omogenei, essendo costituiti da strati argilloso-limoso-sabbiosi con diffusa presenza di clasti eterometrici del materiale di fondazione e la variabilità di colorazione testimonia la presenza anche di materiale proveniente dalla fascia sommitale di alterazione della formazione serpentino-scistosa. Sul sondaggio sono state eseguite prove STP e sono stati prelevati due campioni da sottoporre a granulometria, limiti e prove di taglio diretto per la determinazione dei parametri geotecnici. Le prove d'acqua Lefranc eseguite nel foro mostrano permeabilità comprese tra $1E-7$ e $9E-8$ m/s, quindi piuttosto basse, peraltro confermate dalla lenta risalita di livello dell'acqua nel foro a seguito dello spurgo per la pulizia iniziale del piezometro.



Committente: DOTT. VALERIO RICCIARDI	Sondaggio: PF-S03
Riferimento: P.R. ATTIV. BONIF. ED IRRIG. DI CUI L.R. n.21/99	Data: 19.07.2011
Coordinate: 4911288,893 N - 397105,048 E	Quota: 567,825m s.l.m.
Perforazione: ROTAZIONE CON CAROTIERE SEMPLICE E DOPPIO	

SCALA 1 :125

STRATIGRAFIA - PF-S03

Pagina 1/1

m	R v	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	APz	Campioni	Standard Penetration Test			RQD % 0 --- 100	prove in foro
						m	S.P.T.	N		
127	1		Terreno limo sabbioso di riporto con resti vegetali e clasti eterometrici (ø 2-3cm) di natura metamorfica (serpentiniti, scisti).							Letranc CV
	2		Sabbia limosa marrone chiara con alterazioni giallo-rossicce di minerali metamorfici, tendente a limo argilloso con sabbia (verso 3,00m) a struttura laminata con colorazione dal giallo-rossiccio al giallo ocra-arancio fino a marrone-biancastro, e con clasti centimetrici (ø 1-2cm) di minerali metamorfici ed alterazioni nerastre, biancastre e giallastre.		1) She < 1,50 1,90	1,9	3-7-7	14		Letranc CV
	3									
	4				2) She < 4,10 4,50	4,5	4-4-4	8		
	5		Successione di depositi argillosi-limosi-sabbiosi con struttura laminata variopinta spesso millimetrica, e con clasti eterometrici di serpentiniti e scisti. Nel dettaglio, questa successione è così composta:							
	6		Argilla limosa grigia con alterazioni arancioni e clasti centimetrici (ø 1-2cm) metamorfici, tendente alle seguenti colorazioni:							
	7		rossastro arancio (verso i 5,70m) con alterazioni biancastre e clasti centimetrici, marrone-giallognolo-grigiastra (verso 6,50m),							
	8		giallo ocra (verso 7,30m) con clasti eterometrici (ø fino 2-3cm) di serpentiniti alterate, ed infine a marrone scuro (7,70÷8,10m) ricco in clasti di serpentiniti alterate;							
	9		Alternanze di argille limose e limi argillosi spesso con sabbia, strutturati in livelli variopinti e con clasti eterometrici di serpentiniti alterate e scisti abbondanti a tratti, con le seguenti colorazioni:							
	10		marroni-giallognole (fino a 8,30m), arancio-marroni con alterazioni rossastre-giallastre-nerastre (fino a 9,10m), marrone scuro e giallastri (10,20÷10,50m), marrone-rossastri (fino a 11,10m),			9,5	5-7-9	16		Letranc CV
	11		marrone chiaro e scuro-giallastro (fino a 12,00m),							
	12		rossastro-arancio-grigio (fino a 12,80m), marrone-grigio scuro (fino a 13,20m), marrone chiaro e scuro con alterazioni giallo-grigie(fino a 13,80m),							
	13		rossastro-arancio-marrone scuro con passaggi giallognoli e marroni, oltre ad alterazioni nerastre (fino a 14,50m),							
	14		alternanze di colorazioni marrone-rossastro-giallo (fino a 17,20m),							
	15		marrone scuro e con alterazioni di minerali metamorfici (fino a 22,80m).							
	16									
	17									
	18									
	19									Letranc CV
	20									
	21									
	22									
	23		Serpentiniti molto alterate trasformate in limo argilloso (cappellaccio alterato della formazione di serpentiniti-circa 20-30cm di spessore) passanti a serpentiniti con colorazione verde chiaro e scuro-nerastro-biancastro e con struttura scistosa laminata, meccanicamente frammentate e con fratture riempite di calcite.							Letranc CV
101	24									
	25									Letranc CV

SONDAGGIO PF-S04

Il sondaggio PF-S04 è stato realizzato all'interno del rilevato diga, al centro della banca di valle, alla quota di m 557,9, per una profondità di 15m. Anche questo sondaggio, previsto per una analisi del materiale del rilevato, è stato poi trasformato in piezometro, per sostituire il preesistente, non più funzionante. Il sondaggio si è spinto fino alla roccia di fondazione, costituita da serpentiniti marcatamente fratturate, tanto da subire disgregamento meccanico in perforazione, ed in parte alterate. A partire da 10,5 metri e per circa un metro di spessore (in una zona dove era prevista, secondo la sezione di progetto, una fascia drenante con sabbia e poi ghiaia), si incontra uno strato di frantumato a spigoli vivi che risulta di pezzatura un po' più uniforme del resto e che riteniamo possa essere stato posato come dreno. I materiali del rilevato diga risultano anche in questo caso poco omogenei, essendo costituiti da strati argilloso-limoso-sabbiosi con diffusa presenza di clasti eterometrici del materiale di fondazione. Sul sondaggio sono state eseguite prove STP ed è stato prelevato un campione da sottoporre a granulometria, limiti e prove di taglio diretto per la determinazione dei parametri geotecnici. Le prove d'acqua Lefranc eseguite nel foro mostrano permeabilità del tutto in linea con quelle riscontrate nel precedente sondaggio.



Committente: DOTT. VALERIO RICCIARDI	Sondaggio: PF-S04
Riferimento: P.R. ATTIV. BONIF. ED IRRIG. DI CUI L.R. n.21/99	Data: 18.07.2011
Coordinate: 4911309,646 N - 397098,962 E	Quota: 557,897m s.l.m.
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO CON CAROTIERE SEMPLICE E DOPPIO	

SCALA 1:100

STRATIGRAFIA - PF-S04

Pagina 1/1

m	R mm	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	APz	Campioni	Standard Penetration Test		RQD % 0 --- 100	prove in furo
						m	S.P.T.	N	
127	1		Terreno limo sabbioso di riporto con resti vegetali e clasti eterometrici di natura metamorfica (serpentiniti, scisti.)						
	2		Terreno di riporto sabbioso-limoso con colorazione marrone (fino a 1,10m) passante a limoso-debolmente sabbioso con colorazione variabile a tratti dal marrone-rossiccio al marrone chiaro, con resti vegetali, elementi litici metamorfici eterometrici e con alterazioni di minerali metamorfici.		1) She < 200 240	2,4	5-7-7	14	
	3		Argilla limosa con colorazione variabile dal marrone scuro al marrone chiaro-marrone rossiccio, ricca in clasti metamorfici (prevalentemente serpentiniti) eterometrici (ø fino a 6-7cm) e con marcate alterazioni di minerali metamorfici.						
	4								
	5								
	6					5,5	5-7-9	16	
	7								
	8								
	9								
	10								
	11		Serpentiniti molto alterate trasformate in limo sabbioso debolmente argilloso (cappellaccio alterato della formazione di serpentiniti) ricco in clasti di serpentiniti con ø fino a 5-6cm.						
	12		Serpentiniti verdastre, scistose e con alterazioni giallo-marroni, ridotte meccanicamente in clasti eterometrici.						
	13								
	14								
101	15								

METODO DI PERFORAZIONE: rotazione con carotiere semplice da m. 0,00 a m. 11,00
rotazione con doppio carotiere (T6) da m. 11,00 a m. 15,00

CORONA DIAMANTATA: da m. 11,00 a m. 15,00

SONDAGGIO PF-S05

Il sondaggio PF-S05 è stato eseguito nella destra idrografica dell'invaso alla quota di m 580,2, per una profondità di 30m, per motivi analoghi a quelli che hanno consigliato l'esecuzione in destra dei sondaggi PF-S01 e PF-S02, ovvero per verificare che non vi fosse il rischio di filtrazione verso l'esterno nelle condizioni di massimo invaso.

E' stata infatti verificata la presenza, sul limite del maggiore impluvio in destra dell'invaso, di una vallecchia molto incisa, che sbocca a valle dello sbarramento. Il setto che separa le due incisioni (e che di fatto argina l'aggiramento dello sbarramento) risulta essere di spessore ridotto, meno di 20 metri, e si è quindi deciso di investigarne le caratteristiche litologiche con un sondaggio ed una serie di prove d'acqua a varie quote. Era infatti necessario verificare che non fossero presenti, a quote critiche per la tenuta, strati di roccia molto fratturati che mettessero in comunicazione l'invaso con questo by-pass naturale della diga. La sequenza stratigrafica mostra per tutta la lunghezza del foro alternanze di materiali limosi e di sabbie sottili in matrice limoso argillosa, con diffusa presenza di materiale molto alterato. Si tratta in pratica di materiali a bassa permeabilità, come verificato dalle prove Lefranc eseguite nel foro: i valori, pur variabili in base alla granulometria ed al tenore di alterazione, sono sempre compresi tra i 2E-6 ed i 9E-8 m/s. Stanti tali caratteristiche e dato il modesto carico idraulico a cui detti sedimenti sono sottoposti, possiamo certamente escludere la possibilità di filtrazione verso valle dell'acqua invasata.



Committente: DOTT. VALERIO RICCIARDI	Sondaggio: PF-S05
Riferimento: LAGO PIANFEI (MONDOVI'-CN)	Data: 25-26.07.2011
Coordinate: 4911308,726 N - 397452,032 E	Quota: 580,168m s.l.m.
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO CON CAROTIERE SEMPLICE	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - PF-S05

Pagina 1/2

m	R batt.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	APz	Campioni	Standard Penetration Test			RQD % 0 --- 100	prove in foro
						m	S.P.T.	N		
127	1		Terreno vegetale limo-sabbioso di colorazione marrone e con resti vegetali							
	2		Limo sabbioso debolmente argilloso marrone, tendente al marrone chiaro molto alterato (oltre 1,50m)							Letranc CV
	3		Limi sabbiosi debolmente argillosi con colorazione ruggine-rossiccio e con alterazioni marroni-verdastre, tendente al rossiccio-nerastro verso 2,80m, con arricchimento di elementi litici carbonatici e con alterazioni nerastre.							
	4		Sabbia debolmente limosa con colorazione marrone scuro-nerastra con alterazioni bianco-grigiastre e clasti calcitici millimetrici, tendente a colorazione oca-giallo con alterazioni da biancastre a grigie, altresì tendente al giallo-marrone chiaro ricca in lamine di alterazione biancastre micacee (probabile sericite) e grigiastre e nerastre (probabile torba) e con clasti millimetrici metamorfici (verso i 7,50m), passante infine a sabbia debolmente limosa marrone chiaro-giallo scuro (verso 8,40m) e meno ricca in alterazioni biancastre.							Letranc CV
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									
	10									Letranc CV
	11		Successione di sabbie debolmente limose, sabbie limose e limi sabbiosi, laminati e variopinti e con marcate alterazioni dovute a minerali metamorfici. Nel dettaglio, la successione è così composta:							
	12		- Sabbia debolmente limosa con le seguenti colorazioni: variopinta (rossastro-giallo-marrone-nerastro-biancastro-grigio) ed estremamente laminata con frequenti clasti metamorfici centimetrici (ø 1-2cm); giallo scuro con alterazioni biancastre meno diffuse verso 11,40m e successivamente più marcate, insieme alle alterazioni nerastre (13,60÷15,90m), altresì ricca, a tratti, in clasti centimetrici eterogenei; con laminazioni giallo-marroni (15,90÷16,30m) e giallo-marrone-grigio-nerastre (16,30÷20,00m); con laminazioni marrone-giallastre con marcate alterazioni nerastre e biancastre ed elementi litici centimetrici.							
	13									
	14									
	15									
	16									Letranc CV
	17									
	18									
	19									
	20									

Committente: DOTT. VALERIO RICCIARDI	Sondaggio: PF-S05
Riferimento: LAGO PIANFEI (MONDOVI'-CN)	Data: 25-26.07.2011
Coordinate: 4911308,726 N - 397452,032 E	Quota: 580,168m s.l.m.
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO CON CAROTIERE SEMPLICE	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - PF-S05

Pagina 2/2

σ mm	R V	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	APZ	Campioni	Standard Penetration Test			RQD % 0 --- 100	prove in foro
						m	SPT	N		
21			Successione di sabbie debolmente limose, sabbie limose e limi sabbiosi, laminati e variopinti e con marcate alterazioni dovute a minerali metamorfici. Nel dettaglio, la successione è così composta: - Sabbia debolmente limosa con le seguenti colorazioni: variopinta (rossastro-giallo-marrone-nerastro-biancastro-grigio) ed estremamente laminata con frequenti clasti metamorfici centimetrici (ø 1-2cm); giallo scuro con alterazioni biancastre meno diffuse verso 11,40m e successivamente più marcate, insieme alle alterazioni nerastre (13,60÷15,90m), altresì ricca, a tratti, in clasti centimetrici eterogenei; con laminazioni giallo-marroni (15,90÷16,30m) e giallo-marrone-grigio-nerastre (16,30÷20,00m); con laminazioni marrone-giallastre con marcate alterazioni nerastre e biancastre ed elementi litici centimetrici.							
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
101										

Lefranc CV

PROSPEZIONI GEOFISICHE 2012

Nel corso della campagna di indagini 2012 sono state eseguite indagini geofisiche di vario tipo: stendimenti di sismica a rifrazione in spalla destra e sinistra, indagini sismiche in foro, stendimenti di geoelettrica in modalità tomografica ed una completa tomografia sismica 3d dello sbarramento, caratterizzato, in termini di densità, secondo una serie di piani orizzontali e verticali. I risultati di tali indagini sono brevemente richiamati nel paragrafo conclusivo, mentre a seguire vengono dettagliati gli elementi relativi allo stendimento di sismica a rifrazione in modalità tomografica PF-SR02, eseguito lungo la spalla in sinistra idrografica, poiché significativo ed attinente al tracciato di microtunneling del nuovo scarico di fondo di proposta realizzazione.

Obiettivo delle indagini era la determinazione dello spessore di copertura sulla roccia presente ai lati della stretta di sbarramento e di eventuali fasce più allentate/alterate soprastanti, definendone le caratteristiche meccaniche in termini di velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali.

I risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati sono visualizzati mediante sezioni sismostratigrafiche interpretate che riportano, in funzione della distanza dall'energizzazione diretta, la profondità dei rifrattori e la velocità dei sismostrati intercettati.

La tavola allegata a seguire, relativa allo stendimento PF-SR02, comprende:

- la restituzione tomografica normalizzata (in alto) con l'indicazione del profilo superficiale e le fasce di velocità differenziate cromaticamente e con l'indicazione del valore numerico in m/s;
- una sezione interpretativa (in basso) che determina, con aree campite sovrapposte, la correlazione tra la risposta alle onde longitudinali ed il litotipo interpretato corrispondente;
- una legenda che mette a confronto la scala cromatica verticale delle velocità delle onde "P" con i simboli di campitura assegnati ai vari litotipi.

Le velocità misurate sono state raggruppate in 4 intervalli, caratteristici di diverse condizioni litologiche:

Intervallo di velocità (m/s)	Descrizione litologica
< 600 m/s	Coltre superficiale
600÷1800 m/s	Coltre detritica / roccia fortemente alterata
1800÷3000 m/s	Roccia fratturata e/o alterata
> 3000 m/s	Roccia da poco fratturata a compatta

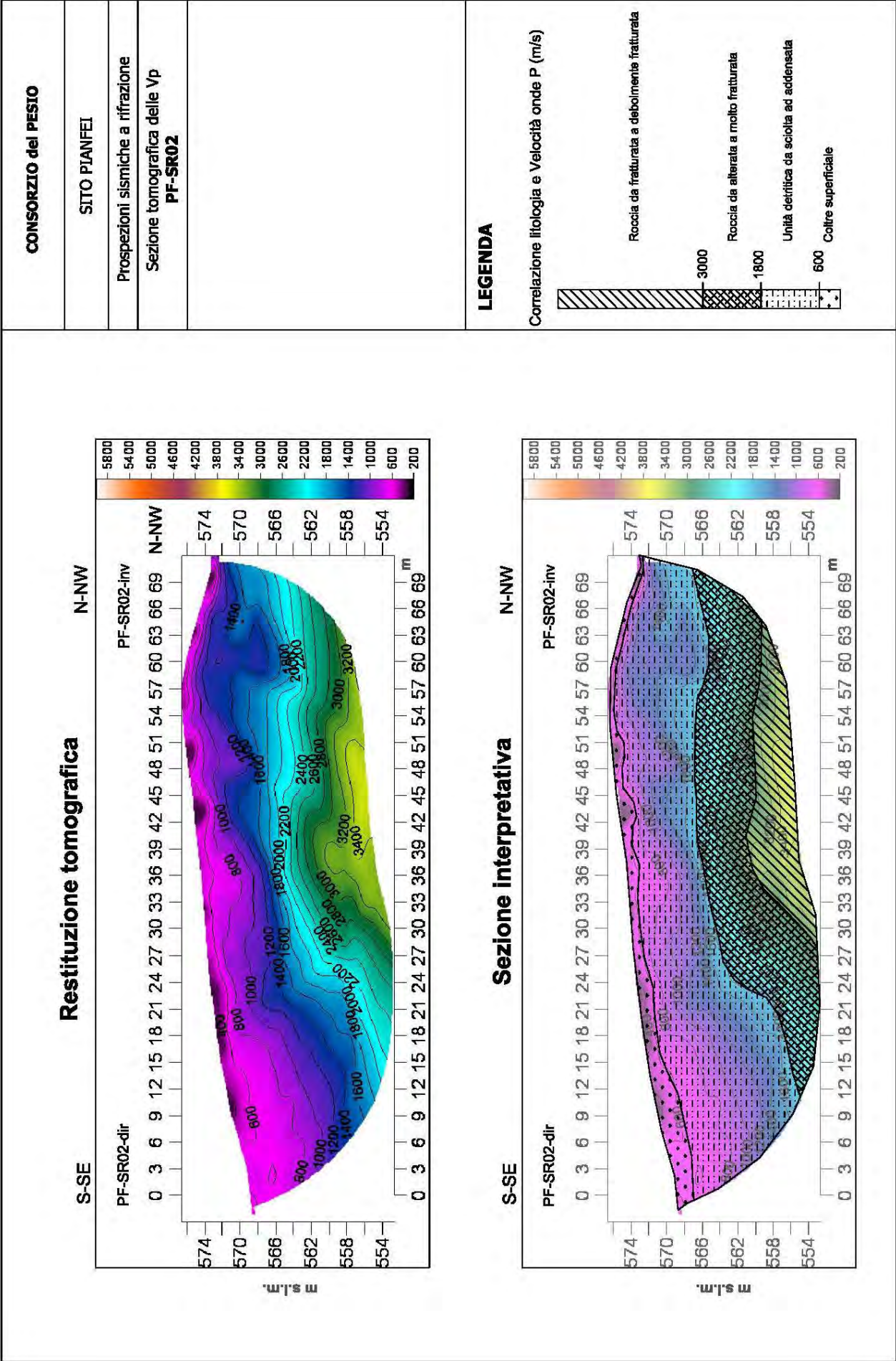
Analizzando i dati della sezione sismica notiamo, sotto lo strato di copertura e prima di raggiungere i livelli più compatti della roccia (che abbiamo identificato con $V_p > 3.000$ m/s), uno strato a velocità intermedia che caratterizza un materiale a comportamento litoide, ma fratturato o in parte alterato. Si tratta dello spessore superiore della formazione, che si sviluppa tuttavia con andamento piuttosto regolare ed uniforme, senza zone con variazioni negative di velocità che facciano pensare a livelli maggiormente fratturati, quindi caratterizzabili da una maggiore permeabilità in grande.

Esaminando congiuntamente le due sezioni possiamo verificare come lo sbarramento sia impostato nelle due aree dove risulta minima la fascia di copertura e dove la roccia con migliori caratteristiche meccaniche è più vicina alla superficie. Appare invece evidente un aumento dello spessore dei terreni a comportamento granulare in corrispondenza dell'estremità meridionale di entrambe le linee (a nord dello sbarramento) dove raggiunge un valore massimo di circa 15 metri.



Tomografia sismica Pianfei - **PF-SR 02**

In merito al tracciato dello scarico di fondo, il cui scavo è posizionato alla quota assoluta 547 m s.l.m., pur essendo la sezione sismostratigrafica PF-SR02 (che si sviluppa parallelamente a pochi metri di distanza dall'asse) estesa in profondità fino a 554 m s.l.m., è comunque possibile vedere come le caratteristiche geomeccaniche della roccia interessata migliorino regolarmente procedendo in profondità: già da 558 m, infatti, le V_p registrate risultano in larga parte superiori ai 3.000 m/sec, testimoniando buone caratteristiche della roccia, probabilmente ulteriormente incrementabili scendendo alla quota di scavo prevista.



4. TRACCIATO DELLO SCARICO DI FONDO – INDAGINI 2017

Ad integrazione delle informazioni disponibili sono stati realizzati (Società SONDECO - Giugno 2017) due sondaggi a 25m di profondità dal piano campagna, collocati sull'asse del tracciato del previsto scavo con la tecnica del microtunneling tra la nuova opera di presa dello scarico di fondo (e di adduzione irrigua) ed il sito dell'opera di dissipazione e rilascio in alveo. La documentazione relativa, comprendente stratigrafie ed immagini delle cassette di carotaggio, è riportata in allegato.



Il sondaggio S1-2017, realizzato sul margine nord-ovest del piazzale presente in sinistra idrografica in prossimità dello sbarramento, è stato portato alla profondità di 25,1 m dal piano campagna ed impegna la "Zona dei calcescisti", di età cretacea ed a vario grado di fratturazione ed alterazione, fino ad oltre 16 m di profondità. Si tratta della parte meno consistente e più argillificata della formazione, che si presenta con carattere più schiettamente litoide solo negli affioramenti più a sud lungo l'invaso. A seguire vengono intercettate le serpentiniti, roccia di fondazione della diga, che si presentano con caratteristiche geomeccaniche decisamente superiori, pur essendo a tratti affette da fratturazione piuttosto intensa, poiché le fratture risultano molto serrate e con poco materiale alterato di riempimento (a tratti del tutto assente). Dalle prove d'acqua eseguite in questa formazione è stato possibile vedere come nelle normali condizioni di carico litostatico risultino praticamente impermeabili.

Il sondaggio S2-2017, ubicato sul ciglio di monte della strada comunale di accesso, a nord dello sbarramento ed a circa 35 metri dall'intersezione con il coronamento diga, è stato realizzato fino a 25,5 m dal piano campagna ed intercetta dai primi metri dei serpentinosisti intensamente fratturati, con famiglie di fratture intersecanti che ne determinano un alto livello

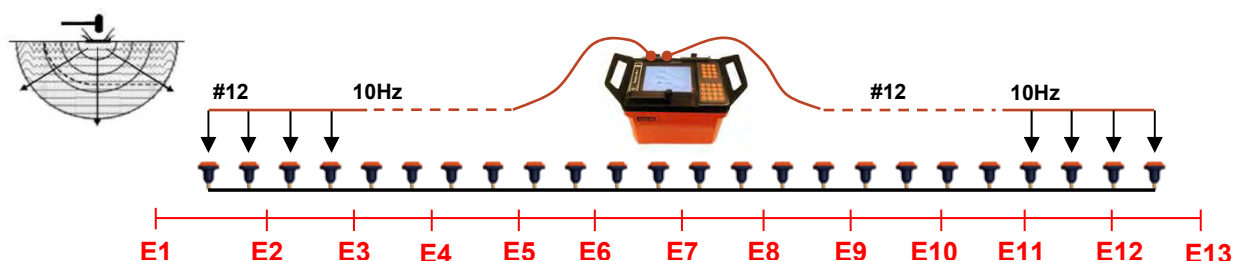
di frantumazione; in concomitanza con la presenza di materiale di alterazione, cio' conferisce alla roccia un livello di consistenza molto modesto. Intorno ai 17 metri dal piano campagna sono intercettate la serpentiniti, con qualità geomeccaniche decisamente superiori, come già indicato per il sondaggio S1. Nell'ultimo metro di sondaggio è presente una zona milonitizzata per la quale sarebbe utile stabilire lo spessore effettivo, approfondendo la perforazione.

Rapportando le quote stratigrafiche alle quote assolute dell'area si rileva come la quota assoluta prevista dell'asse dello scavo in microtunneling (547 m s.l.m.) porti la perforazione ad impegnare per gran parte della lunghezza la formazione serpentinitica, ovvero quella con le caratteristiche geomeccaniche migliori, tuttavia è da considerare che, come già detto, presentandosi con limiti litologici lentiformi, è probabile che nella zona più prossima all'opera di presa dello scarico di fondo risultino inglobate nei calcescisti alterati, già presenti nel sondaggio S1, alla quota di scavo prevista.

5 . TRACCIATO DELLO SCARICO DI FONDO – INDAGINI GEOFISICHE 2018-2019

A supporto dello studio geologico e geotecnico per il progetto dello scavo in microtunnelling in sponda sinistra della diga di Pianfei per la realizzazione del nuovo scarico di fondo e della nuova condotta irrigua principale, è stata eseguita nel 2018-19 un'ulteriore prospezione sismica a rifrazione in onde P (*ed onde S per la PIA3*), finalizzata a determinare le caratteristiche litologiche della formazione lungo l'asse dello scavo, con ulteriori approfondimenti sull'area di imbocco di monte.

Di seguito si riporta lo schema esecutivo ed il quadro sinottico delle prospezioni sismiche eseguite.



Profilo	Lunghezza (m)	Geofoni (n.)	Passo geofoni (m)	Sorgente sismica	Punti di Energizzazione (n.)
PIAMicro_P	138	24	6	Massa battente	13
PIA1_P	115	24	5	Fucile sismico	13
PIA2_P	92	24	4	Fucile sismico	13
PIA3_P	69	24	3	Massa battente	13
PIA3_S	69	24	3	Massa battente	7

Ubicazione degli stendimenti di tomografia sismica



L'attrezzatura per l'esecuzione delle indagini realizzate era composta da :

- Sismografo digitale "ABEM Instrument AB" modello Terraloc MK8, a 24 canali, dotato di:
 - visualizzazione delle tracce su display 8,4" TFT LCD attivo;
 - registrazione ad incremento di segnale (stacking);
 - funzione di monitoring dei disturbi;
 - dispositivi di filtraggio selettivo;
 - ritardo di acquisizione preselezionabile;
 - zoom delle tracce video;
 - computer interno Low power AMD LX800 500 MHz/1 GB RAM Windows XP) con software di acquisizione SeisTW;
 - interfaccia USB 2.0 per lo scaricamento dei dati;
 - Convertitore A/D 21Bits;
 - Intervallo minimo di campionamento 25µs;
 - Numero massimo di campioni 16392;
- N. 24 Geofoni verticali e orizzontali

Geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 10 Hz. Convertono in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno.
- Cavi sismici

Pr gli stendimenti sono stati utilizzati dei cavi sismici multipolari schermati ed armati in Kevlar
- Sorgente sismica:

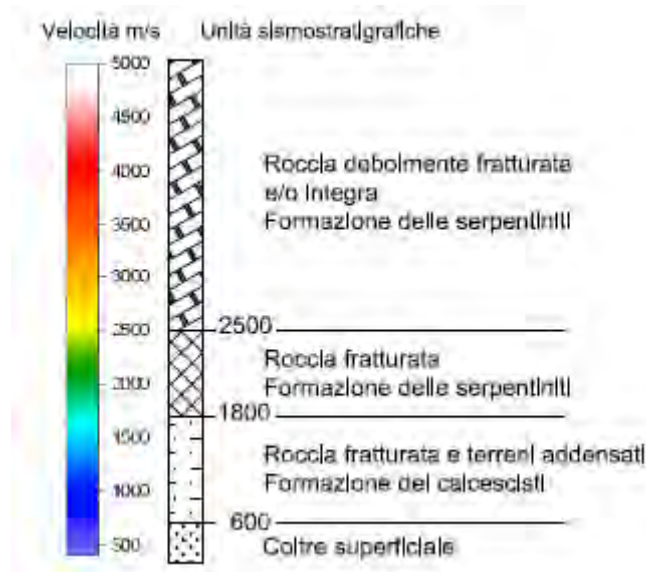
Come massa battente è stato utilizzato un martello da 6Kg con piastra in alluminio e quando possibile il fucile sismico mod." Isotta" cal. 8.
- Dispositivo di time break

Questa funzione è assolta da un circuito a chiusura di contatto.
- Strumento ottico per il rilievo altimetrico dello stendimento sismico:

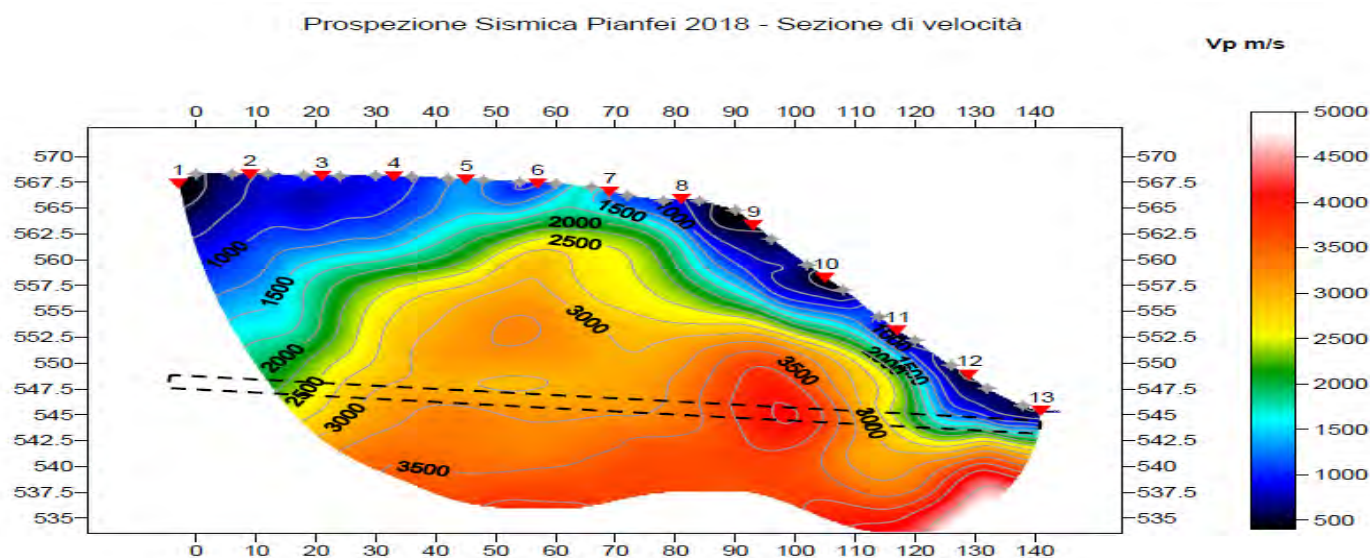
Clisi-ecclimetro BREITHAUPT: Necli 7028 ammortizzato a liquido
- Software di elaborazione:

Per l'elaborazione delle sezioni sismiche in modalità tomografica è stato utilizzato il software Rayfract 3.13

Gli elaborati dell'indagine sismica sono costituiti da profili rappresentativi di un modello bidimensionale del sottosuolo in termini di velocità delle onde P ed S. I diversi valori sono differenziati da variazione di colore e demarcati da linee isocinetiche. La correlazione con i sondaggi, eseguiti in prossimità dell'area nelle campagne geognostiche del 2011 e del 2017, ha permesso di attribuire ai diversi intervalli di velocità unità litologiche ben precise, fissando il passaggio sismostratigrafico alla serpentinite fratturata intorno ai 1800 m/s. Nel sondaggio S1 del 2017 tale formazione è intercettata ad una profondità di 18 metri, corrispondenti ad una quota di circa 550 m s.l.m.



Il profilo sismico elaborato restituisce un modello bidimensionale della velocità delle onde P nel sottosuolo: i diversi valori sono differenziati da variazione di colore e demarcati da linee isocinetiche.



(Sulla sezione sismica e' indicato il tracciato in quota dello scavo da realizzare).

Linea sismica PIA-Microtunnelling

La linea sismica ha una lunghezza di 138 metri. Attraversa il piazzale, con inizio in corrispondenza dell'imbocco dello scavo in microtunnelling e prosegue lungo la strada di Pianfei, costeggiando il lato monte per poi attraversarla e scendere lungo la scarpata, terminando quindi in corrispondenza dello sbocco a valle del tunnel.

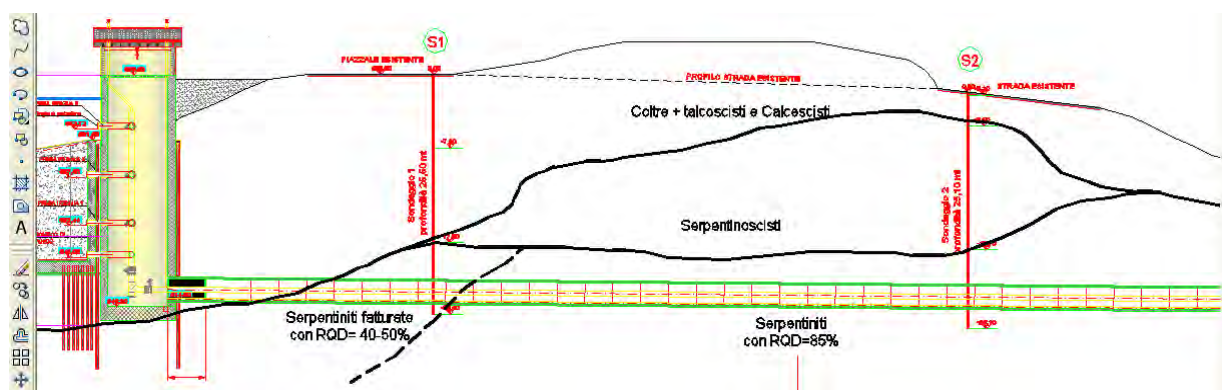


Come e' possibile osservare sulle immagini riportate a seguire, il risultato preminente dell'indagine e' costituito dal fatto che la quasi totalita' dello scavo impegna una zona caratterizzata da velocita' delle onde P maggiori dei 2500 m/s. Queste velocita' sono state correlate con la formazione piu' consistente presente sull'area, ovvero le Serpentiniti con basso grado di fratturazione che rappresentano la roccia di fondazione della diga. La prospezione sismica, elaborata in modalita' tomografica, ha anche evidenziato come la formazione presenti una buona omogeneita' in termini geomeccanici e come nel tratto dell'attraversamento non risultino presenti disturbi strutturali. Nei primi metri della sezione alla quota di scavo (zona di imbocco) saranno attraversati terreni di copertura caratterizzati da bassi valori di velocita' delle onde P e terreni con velocita' intermedie comprese tra i 600 e i

2500, che individuano la formazione dei Calcescisti, di età cretacea e le Serpentiniti a vario grado di fratturazione ed alterazione; questi materiali presentano caratteristiche molto modeste dal punto di vista geomeccanico, ma sono limitati ad una fascia ristretta.

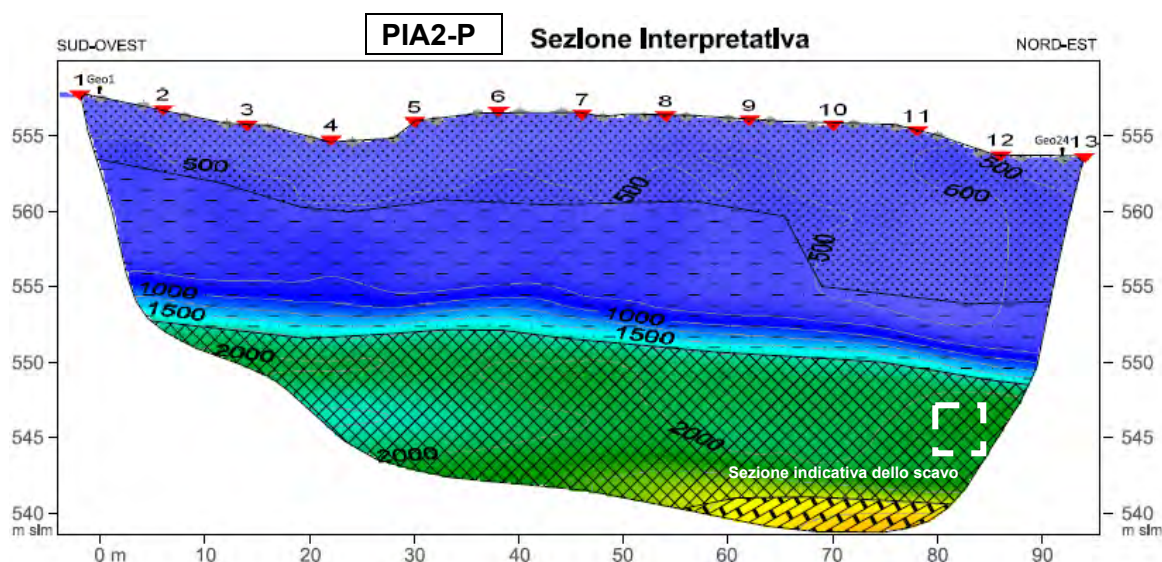
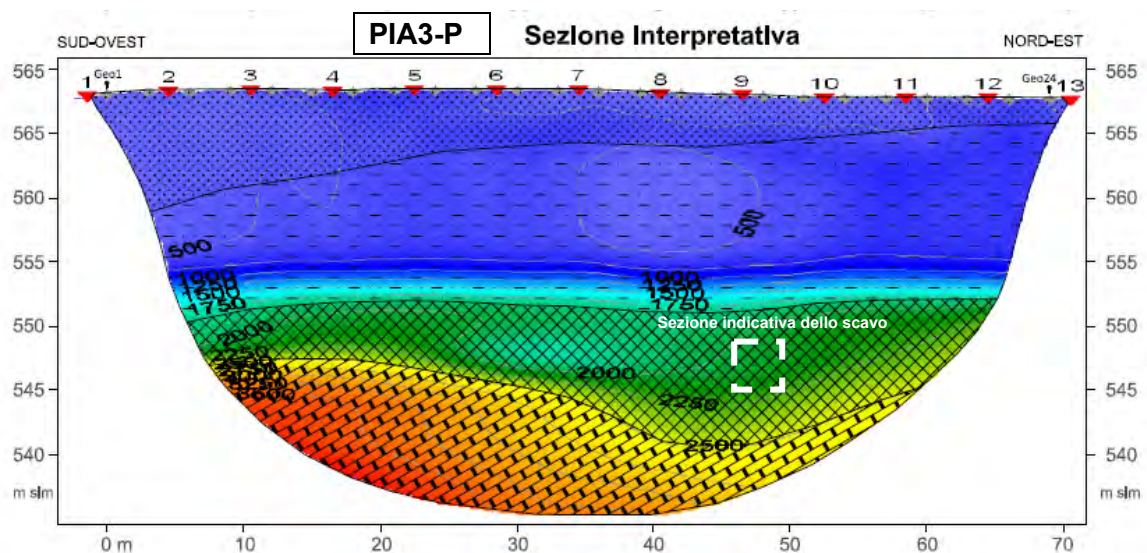
Le uniche criticità in termini di consistenza dei materiali attraversati saranno da attendersi nella zona limitrofa alla sezione di sbocco (probabilmente negli ultimi 20 metri), essendo caratterizzata da velocità delle onde P piuttosto basse, relative presumibilmente a materiali molto alterati e/o milonitizzati, quali serpentinoscisti intensamente fratturati, con famiglie di fratture intersecanti che ne determinano un alto livello di frantumazione; la concomitante presenza di materiale di alterazione conferisce alla roccia un livello di consistenza generale molto modesto.

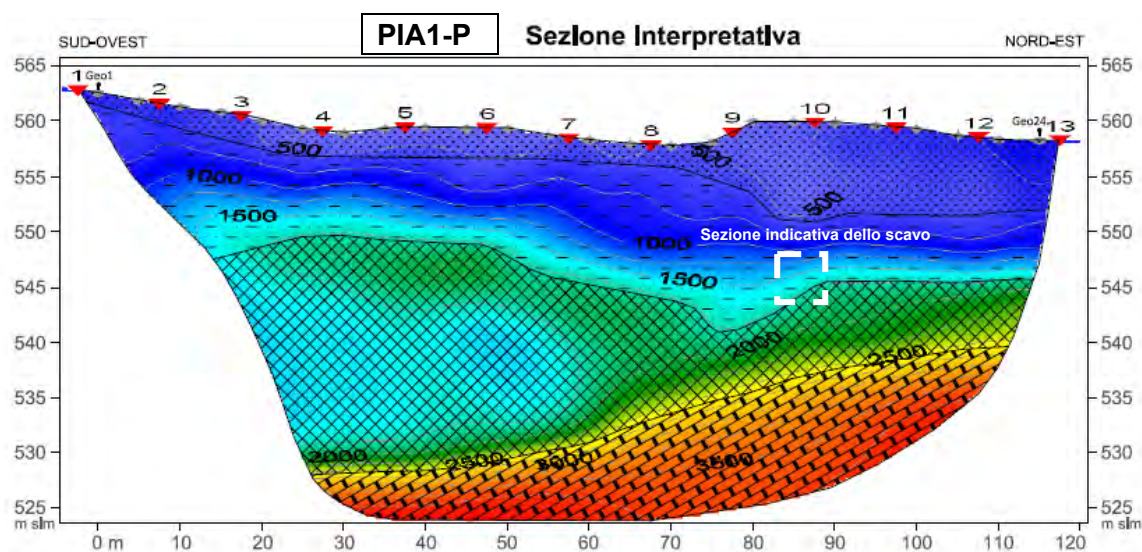
Nelle figure seguenti si evidenziano i contatti stratigrafici (orizzonti) ipotizzati tra i vari strati.



Linee sismiche PIA1P; PIA2P; PIA3P

Le tre linee sismiche sono state eseguite in orientamento pseudo-parallelo tra loro, trasversalmente all'asse dello scavo del microtunneling in corrispondenza dell'area di sbocco. La Pia3P è quella eseguita a quote più alte lungo lo strada, per una lunghezza massima di 69 metri. Discendendo la costa si ha la PIA2 ad una quota di circa 564 m s.l.m. e la PIA1 posta in prossimità del livello del lago, a quote comprese tra i 562 e 559 metri s.l.m. Quello che emerge dall'elaborazione è che il passaggio calcescisti-serpentiniti e' individuato ad una quota di circa 552 metri s.l.m. nelle linee PIA3 e PIA2, mentre in quella più in basso, ossia la PIA1P, il passaggio risulta più articolato e ubicato ad una quota media inferiore rispetto alle prime due, tanto che la sezione dello scavo risulta coinvolgere i calcescisti (a differenza delle prime due dove si sviluppa prevalentemente nelle serpentiniti fratturate).



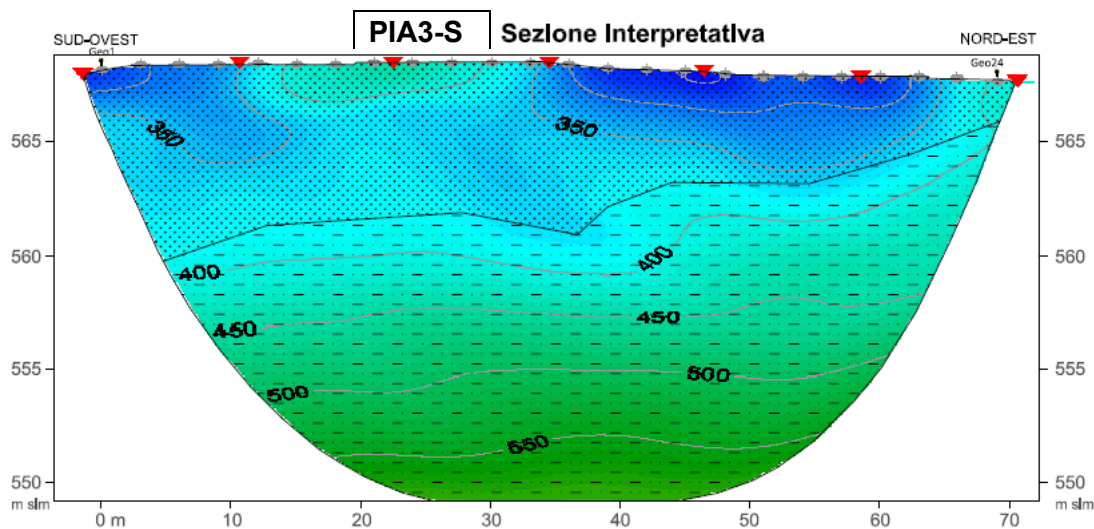


Linea sismica PIA3S

La linea sismica PIA3S è stata eseguita lungo lo stesso allineamento della linea PIA3P sostituendo i geofoni verticali con quelli orizzontali.

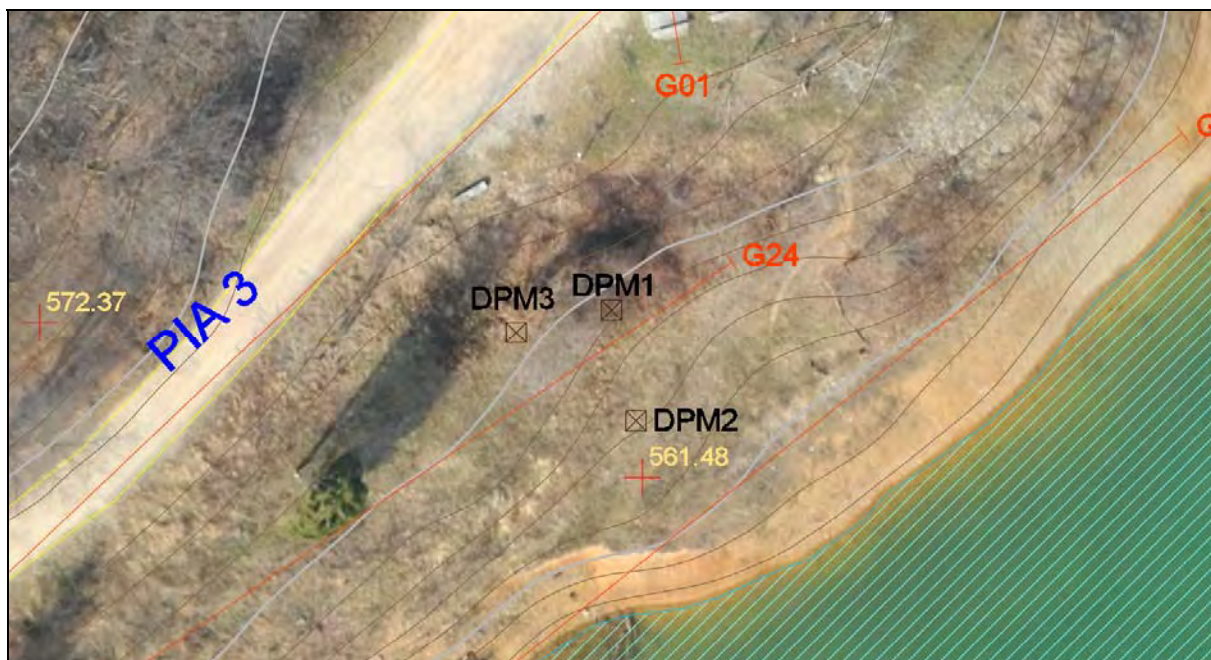
La linea sismica a rifrazione in onde S è stata invece eseguita con 24 geofoni orizzontali e 7 punti di energizzazione. Le onde trasversali sono state generate da un impatto orizzontale su di una trave resa solidale col terreno. L'operazione è stata ripetuta su entrambi i lati della trave per poter riconoscere sul sismogramma l'inversione di fase.

Dall'elaborazione dei dati raccolti risulta evidente che le onde S non hanno raggiunto il substrato profondo restando intrappolate all'interno dei terreni più allentati, mettendo maggiormente in evidenza il contatto tra la copertura ed i calcescisti.



6. TRACCIATO DELLO SCARICO DI FONDO – PROVE PENETROMETRICHE 2019

Per la definizione dei parametri geotecnici dei terreni di copertura in corrispondenza dell'area dell'opera di presa in progetto sono state realizzate tre prove penetrometriche la cui ubicazione esatta e' mostrata nella figura sottostante.



I dati delle prove, consistenti nel numero di colpi necessari per l'avanzamento di 10cm della punta del penetrometro nel terreno, correlati al parametro N_{spt} , hanno permesso, attraverso correlazioni su base sperimentale, di indicare i parametri geotecnici di resistenza, tra cui per i terreni a comportamento granulare (sabbia) e la $\tan \phi$ l'angolo di attrito (ϕ') coesione non drenata (c_u) per i terreni a comportamento coesivo (argilla-limo).

Le prove eseguite hanno raggiunto la profondità indicata rispetto al piano campagna nella tabella riportata a seguire.

Prova Penetrometrica	Profondità (m)
DPM1	3.6
DPM2	5.3
DPM3	9.4

Il piano campagna è costituito da una superficie irregolare corrispondente ad un versante immergente verso sud del ramo occidentale del lago di Pianfei. Pertanto le 3 prove eseguite hanno quote differenti i cui dislivelli relativi sono elencati nella tabella che segue rispetto la DPM1 presa come riferimento.

Prova Penetrometrica	Dislivello relativo (m)
DPM1	0.0
DPM2	-1.6
DPM3	+0.9

Criteri di correlazione dei dati

Questa tipologia d'indagine è un valido metodo di determinazione della resistenza dei terreni; essa consiste nell'infingere verticalmente una punta metallica conica di dimensioni standard posta all'estremità di un'asta di acciaio prolungabile con l'aggiunta di successive aste. L'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante di 0,20 m un maglio di peso pari a 30,0 Kg.

Il parametro che viene misurato in campagna è la resistenza alla penetrazione, definita come il numero di colpi necessario ad infingere la punta conica per un tratto di lunghezza determinata. Nella procedura di riferimento da noi seguita, ISSMFE (1988), tale lunghezza risulta essere di 0,1 metri.

Le caratteristiche tecniche del penetrometro utilizzato (Deep Drill DL30 azionato da un motore Brigg Stratton) sono riportate nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE PENETROMETRO UTILIZZATO	
<i>peso massa battente</i>	<i>M = 30,00 Kg</i>
<i>altezza di caduta libera</i>	<i>H = 0,20 m</i>
<i>peso sistema battuta</i>	<i>Ms = 13,60 K</i>
<i>peso sistema battuta</i>	<i>D = 35,70 mm</i>
<i>area base punta conica</i>	<i>A = 10 cm²</i>
<i>angolo apertura punta</i>	<i>α = 60°</i>
<i>lunghezza delle aste</i>	<i>La = 1,0 m</i>
<i>peso aste per metro</i>	<i>Ma = 2,40 Kg/m</i>
<i>avanzamento punta</i>	<i>δ = 0,10 m</i>
<i>energia cinetica</i>	<i>Ec = MH = 6,00 Kg m</i>
<i>energia specifica</i>	<i>Es = MH/Ah = 6,00 Kg/cm²</i>
<i>coeff. teorico di energia</i>	<i>βt = Es/EsPT = 0,766</i>

EsPT rappresenta il valore di energia specifica relativa a ciascun colpo in una prova SPT ed è pari a 7,83 Kg/cm².

I dati rilevati in sito sono il numero di colpi (NDP) per ogni 0,1 m di avanzamento della punta penetrometrica. Questi sono stati riportati su di una tabella e visualizzati tramite un grafico insieme al valore della resistenza dinamica alla penetrazione (Rpd) espressa in Kg/cm² che viene ottenuta dalla formula seguente.

$$Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

Il numero di colpi di questa prova (NDP) si correla al corrispondente valore NSPT della prova Standard SPT attraverso la relazione $NSPT = 0,766 \text{ NDP}$ di seguito illustrata.

I dati della prova penetrometrica si possono convertire in valori di NSPT, utilizzando il rapporto tra l'energia specifica (E_s) relativa a ciascun colpo in una prova DPM e l'energia specifica relativa a ciascun colpo in una prova SPT (E_{SPT}) è legato al numero di colpi dalla seguente relazione:

$$E_s/E_{SPT} = N_{SPT}/N_{DP}$$

essendo

$$\beta_t = E_s/E_{SPT} = 0,766$$

si può ottenere il valore di N_{SPT} :

$$N_{SPT} = \beta_t N_{DP} = 0,766 N_{DP}$$

Dal valore di NSPT, utilizzando le correlazioni note in letteratura, si può risalire ad alcuni parametri geotecnici relativi alle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni; tra questi si citano l'angolo di attrito (ϕ'), il modulo edometrico (E), la coesione non drenata (C_u), la densità relativa ($D_r\%$), peso specifico naturale secco e saturo.

Nspt -> ϕ' (ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE) [Terreni granulari]

- PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974) -

Nspt	ϕ' (°)	Nspt	ϕ' (°)	Nspt	ϕ' (°)	Nspt	ϕ' (°)
5	28,0	30	36,0	55	41,8	80	44,5
10	30,0	35	37,3	60	42,5	85	44,8
15	31,5	40	38,5	65	43,3	90	45,0
20	33,0	45	39,8	70	44,0	95	45,0
25	34,5	50	41,0	75	44,3	100	45,0

Nspt -> C_u (COESIONE NON DRENATA) [Terreni coesivi]

- TERZAGHI & PECK (1948-1967) -

Nspt	C_u (kg/cm²)	Nspt	C_u (kg/cm²)	Nspt	C_u (kg/cm²)	Nspt	C_u (kg/cm²)
2	0.13	12	0.75	22	1.38	32	2.00
4	0.25	14	0.88	24	1.50	34	2.13
6	0.38	16	1.00	26	1.63	36	2.25
8	0.50	18	1.13	28	1.75	38	2.38
10	0.63	20	1.25	30	1.88	40	2.50

Nspt = 0 ÷ 2	terreno MOLTO MOLLE	$C_u = 0.000 \div 0.125 \text{ kg/cm}^2$
Nspt = 2 ÷ 4	terreno MOLLE	$C_u = 0.125 \div 0.250 \text{ kg/cm}^2$
Nspt = 4 ÷ 8	terreno MODERATA CONSISTENZA	$C_u = 0.250 \div 0.500 \text{ kg/cm}^2$
Nspt = 8 ÷ 15	terreno CONSISTENTE	$C_u = 0.500 \div 1.000 \text{ kg/cm}^2$
Nspt = 15 ÷ 30	terreno MOLTO CONSIST.	$C_u = 1.000 \div 2.000 \text{ kg/cm}^2$
Nspt > 30	terreno ESTREMAM. CONSIST.	$C_u > 2.000 \text{ kg/cm}^2$

Nspt → γ (PESO DI VOLUME) (Terreni coesivi)

$\gamma_{sat}[t/m^3]$ = peso di volume saturo $\gamma_d[t/m^3]$ = peso di volume secco W = umidità % e = indice vuoti

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [$e_{max} = 1$ $e_{min} = 1/3$ $G = 2.65$]

Nspt	γ_{sat}	γ_d	Nspt	γ_{sat}	γ_d	Nspt	γ_{sat}	γ_d	Nspt	γ_{sat}	γ_d
0	1,83	1,33	25	2,02	1,64	50	2,15	1,85	75	2,20	1,93
5	1,88	1,41	30	2,05	1,69	55	2,16	1,87	80	2,21	1,95
10	1,93	1,50	35	2,08	1,73	60	2,17	1,88	85	2,23	1,97
15	1,96	1,54	40	2,10	1,77	65	2,18	1,90	90	2,24	1,99
20	1,99	1,58	45	2,13	1,81	70	2,19	1,92	95	2,24	1,99

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [ρ specifico $G = 2.70$]

Nspt	γ_{sat}	W%	e	Nspt	γ_{sat}	W%	e	Nspt	γ_{sat}	W%	e
0	1,60	68	1,833	10	1,90	33	0,892	20	2,02	25	0,667
2	1,75	47	1,267	12	1,92	31	0,842	22	2,04	23	0,628
4	1,80	42	1,125	14	1,95	29	0,795	24	2,07	22	0,591
6	1,85	37	1,000	16	1,97	28	0,750	26	2,09	21	0,556
8	1,87	35	0,945	18	2,00	26	0,708	28	2,10	20	0,545

N.B.: Correlazioni scarsamente affidabili soprattutto per terreni coesivi !

Nspt → E' (MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO) (Terreni granulari)

- D'APPOLONIA e altri (1970) -

SABBIE e GHIAIE N.C. (normalmente consolidate)

Nspt	E' (kg/cm ²)	Nspt	E' (kg/cm ²)	Nspt	E' (kg/cm ²)	Nspt	E' (kg/cm ²)
5	229,8	30	422,6	55	615,3	80	808,1
10	268,4	35	461,1	60	653,9	85	846,6
15	306,9	40	499,7	65	692,4	90	885,2
20	345,5	45	538,2	70	731,0	95	923,7
25	384,0	50	576,8	75	769,5	100	962,3

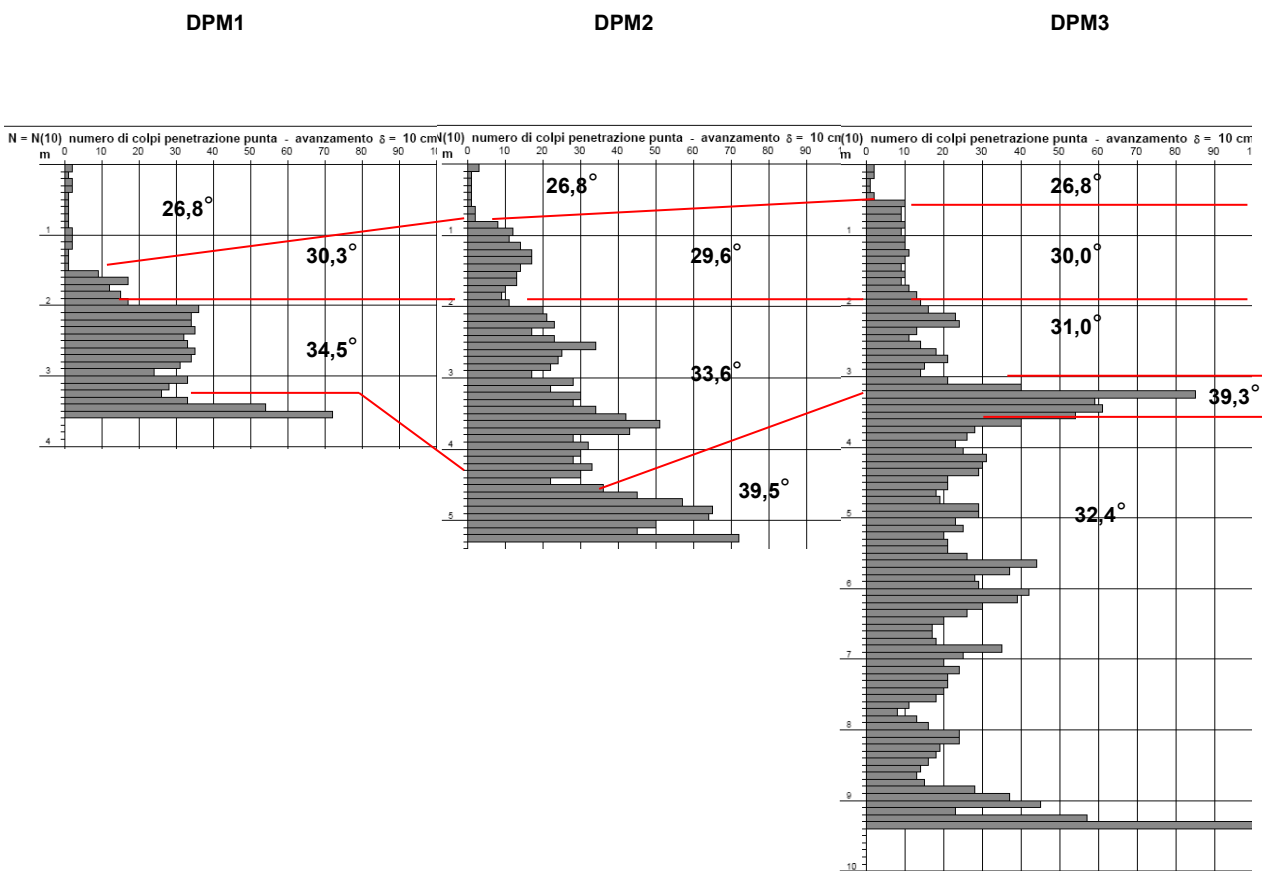
SABBIE S.C. (sovra consolidate)

Nspt	E' (kg/cm ²)	Nspt	E' (kg/cm ²)	Nspt	E' (kg/cm ²)	Nspt	E' (kg/cm ²)
5	428,5	30	694,5	55	960,5	80	1226,5
10	481,7	35	747,7	60	1013,7	85	1279,7
15	534,9	40	800,9	65	1066,9	90	1332,9
20	588,1	45	854,1	70	1120,1	95	1386,1
25	641,3	50	907,3	75	1173,3	100	1439,3

Le prove hanno attraversato i terreni di copertura rappresentati da limi sabbiosi debolmente argillosi, con valori dell'angolo di attrito compresi tra i 30° ed i 34°. Tra i 3 ed i 5 metri di profondità è stato intercettato uno strato molto resistente che si è riusciti a superare soltanto nella prova DMP3, dove sono stati raggiunti i 9,4 metri di profondità. I terreni interessati dalle prove, afferenti alla formazione dei calcescisti alterati, hanno mostrato un comportamento che definiremmo di tipo granulare, con una coesione risultata scarsissima per tutta la profondità: a -10 metri era possibile ruotare a mano la colonna di aste penetrometriche.

Le prove penetrometriche DPM1 e DPM2 hanno avuto risultati simili, con un terreno scarsamente resistente all'avanzamento della punta fino a circa 0,8-1,5 m, e poi con resistenza gradualmente in aumento come è visibile dai grafici colpi/profondità.

Come già detto, solo per la prova DPM3 e' stato possibile superare il livello di maggiore consistenza, presente intorno a 4-5 metri e raggiungere i 9,4 metri dal piano campagna.



7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nell'ottica di realizzare gli interventi progettuali previsti, si sono prese in esame tutte le risultanze delle indagini in piu' fasi svolte sull'area di Pianfei, con particolare attenzione alle aree di realizzazione delle nuove opere.

I rilievi e le indagini svolte hanno consentito di valutare che le serpentiniti presenti, che costituiscono la roccia di fondazione della diga, rappresentano la formazione più consistente dell'area. La morfologia lentiforme di tale litotipo rende maggiormente difficoltosa l'interpretazione del suo sviluppo in profondità e nei suoi rapporti con gli altri complessi, si sottolinea quindi che i passaggi litostratigrafici non corrispondono a comportamenti geomeccanici della roccia ugualmente distribuiti, poiché un diverso livello di fratturazione e foliazione, anche locale, o il passaggio da fratture con riempimento a fratture molto serrate, anche in caso di fratturazione molto pronunciata, si riflettono in variazioni del valore di propagazione delle onde P abbastanza consistenti, anche all'interno della stessa formazione.

Riportiamo a seguire una sintesi dei risultati acquisiti dalle varie tipologie di indagine, in relazione alle finalità che ne hanno indirizzato la scelta.

- Le condizioni dei versanti di imposta dello sbarramento, investigate con sismica a rifrazione in modalità tomografica, sono risultate esenti da motivi stratigrafici o disturbi strutturali che possano farne in alcun caso temere l'eventualità di una filtrazione di aggiramento, pertanto anche in questo caso la tenuta idraulica è assicurata. L'indagine ha inoltre evidenziato che la zona d'imposta risulta ottimale, oltre che per gli evidenti motivi di stretta morfologica, anche per le condizioni geomeccaniche profonde della roccia presente.
- Gli specifici sondaggi integrativi della campagna 2017 (S1/2017 e S2/2017), correlati ai risultati delle indagini sismiche tomografica 2018-2019, hanno fornito informazioni di dettaglio circa il comportamento in posto degli strati in termini geomeccanici, come di seguito descritto:
 - o Nel sondaggio **S1/2017** la perforazione ha campionato fino alla profondità di circa 16 metri calcescisti e talcoscisti con un RQD pari a 0, eseguita con un carotiere semplice in widia. I terreni attraversati hanno comportamento scarsamente litoide. A profondità maggiori si incontrano, per un piccolo spessore serpentinoscisti e poi, da m 17,90 in poi, si hanno serpentiniti fratturate con RQD pari al 40-50%. Questa zona è stata caratterizzata dalla sismica con Vp comprese tra i 1800 ed i 2500 m/s. Il limite dei 2500 m/s è un valore medio indicativo di un graduale passaggio, nella stessa formazione, ad una roccia che

presenta condizioni di fratturazione meno pronunciate e quindi una maggiore qualità in termini geomeccanici.

- o Nel sondaggio **S2/2017** si incontrano i serpentinoscisti fino ad una profondità di 11 metri, carotati con carotiere doppio e con corona in widia, caratterizzati da valori di RQD pari a 0, e serpentinoscisti con RQD pari al 30% fino a 16.70 metri. A profondità maggiori si hanno serpentiniti compatte (carotate con carotiere doppio e con corona diamantata). Questi terreni sono caratterizzati da RQD con valori variabili tra il 75 e 85%. La sismica caratterizza questi terreni con Vp superiori ai 2500 m/s.

In definitiva i serpentinoscisti presentano valori di velocità crescenti procedendo in approfondimento, facendo pensare ad un minore grado di fratturazione o alla presenza di fratture più serrate dal maggiore carico litostatico o alla presenza di processi di ricristallizzazione.

- Le prove penetrometriche della campagna 2019 hanno attraversato i terreni di copertura rappresentati da limi sabbiosi debolmente argillosi, con valori dell'angolo di attrito compresi tra i 30° ed i 34°. Tra i 3 ed i 5 metri di profondità è stato intercettato uno strato molto resistente che si è riusciti a superare soltanto nella prova DMP3, dove sono stati raggiunti i 9,4 metri di profondità. I terreni interessati dalle prove, afferenti alla formazione dei calcescisti alterati, hanno mostrato un comportamento di tipo granulare, con una coesione risultata scarsissima per tutta la profondità. Le prove penetrometriche DPM1 e DPM2 hanno avuto risultati simili, con un terreno scarsamente resistente all'avanzamento della punta fino a circa 0,8-1,5 m, e poi con resistenza gradualmente in aumento come è visibile dai grafici colpi/profondità.
- Lo scavo in microtunneling per le condotte di adduzione impegnerà, alla quota prevista, in massima parte la zona serpentinosca più consistente geomeccanicamente e decisamente la meno alterata della formazione, tranne forse che nella parte più a sud della traccia di scavo.

Sulla base di quanto esposto nella presente relazione in merito alle proposte progettuali in oggetto, si ritiene di poter quindi affermare che non esista nessun elemento ostativo in ambito geologico-tecnico alla realizzazione delle opere.

Roma, 15/06/2019



(dott. Valerio Ricciardi)



(dott. Fabio Melchiorri)

ALLEGATO 01 - Stratigrafie sondaggi 2017

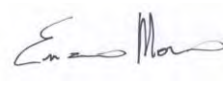


CONSORZIO IRRIGUO DI MIGLIORAMENTO FONDIARIO “BEALEROTTO MUSSI”

CANTIERE: LAGO ARTIFICIALE DI PIANFEI
PIANFEI (CN)

INDAGINE GEOGNOSTICA

Note tecnico – esecutive

Rev.	Data	Redazione	Verifica	Approvazione	Descrizione
Ø	06/06/2017	dott. Stellato S. 	dott. geol. Mosso E. 	dott. geol. Chiesa G. 	Prima Emissione

Consorzio irriguo di miglioramento fondiario

“Bealerotto Mussi”

INDAGINE GEOGNOSTICA

Lago di Pianfei – Pianfei (CN)

Su incarico del “*Consorzio irriguo di miglioramento fondiario Bealerotto Mussi*” è stata eseguita, nelle giornate dal 24 al 31 maggio 2017, una indagine geognostica costituita da n° 2 sondaggi, ubicata in sponda sinistra nei pressi del rilevato artificiale di sbarramento del lago (Fig. 1 e 2), nel territorio comunale di Pianfei (CN); tale indagine aveva lo scopo di rilevare nel dettaglio l’assetto litostratigrafico locale, finalizzata alla valutazione di fattibilità ed alla progettazione del nuovo scarico di fondo dell’invaso.

SONDAGGI

I sondaggi sono stati eseguiti a rotazione con carotaggio continuo utilizzando una sonda idraulica tipo CMV “MK 600 D” montata su carro cingolato; per tutta la lunghezza si sono utilizzati carotieri semplici aventi Ø 127 e 101 mm e carotieri doppi tipo T6 Ø 101 mm muniti di corona in widia e diamantata. Per stabilizzare in corso d’opera le pareti del foro sono stati impiegati rivestimenti metallici provvisori Ø 127 mm.

Il sondaggio S1, ubicato sul margine di monte del piazzale parcheggio posto in sinistra orografica dello sbarramento è stato spinto fino alla profondità di m 25.50 dal piano campagna; le risultanze sono riportate nella stratigrafia allegata.

Il sondaggio S2, ubicato sul ciglio di monte dalla strada comunale di accesso, a circa 35 m dall’intersezione con la strada che percorre il coronamento del rilevato, è stato spinto fino alla profondità di m 25.10 dal piano campagna; le risultanze e le quote di esecuzione sono riportate nella stratigrafia allegata.

L’impiego pressoché continuo di carotieri doppi da roccia con iniezione di acqua forzata non ha consentito il rilievo di un eventuale presenza di falda nei litotipi incontrati; si fa presente che nel

Certificato n° 657 del 06/06/2017

corso della perforazione di S1 non è stata rilevata presenza di acqua in foro fino alla profondità di m 11.50. (profondità limite della perforazione eseguita a secco).

I testimoni del carotaggio sono stati riposti in n° 10 cassette catalogatrici, opportunamente classificate e ricoverate in cantiere, a disposizione della Committenza.

RIEPILOGO SONDAGGI

Le coordinate approssimate e la profondità di perforazione dei sondaggi sono riepilogati nella **Tabella 1** seguente:

Sondaggio n°	Coordinate del punto di indagine (GPS – gradi decimali)	Metodologia di perforazione	Profondità (m)	N° prove SPT	Campioni prelevati	Tipo di strumentazione
S1	44.347150 7.708450	Carotaggio continuo	25.50	-	-	-
S2	44.347700 7.708400	Carotaggio continuo	25.10	-	-	-

Tabella 1

Si trasmette in allegato la documentazione tecnica relativa all'indagine eseguita.

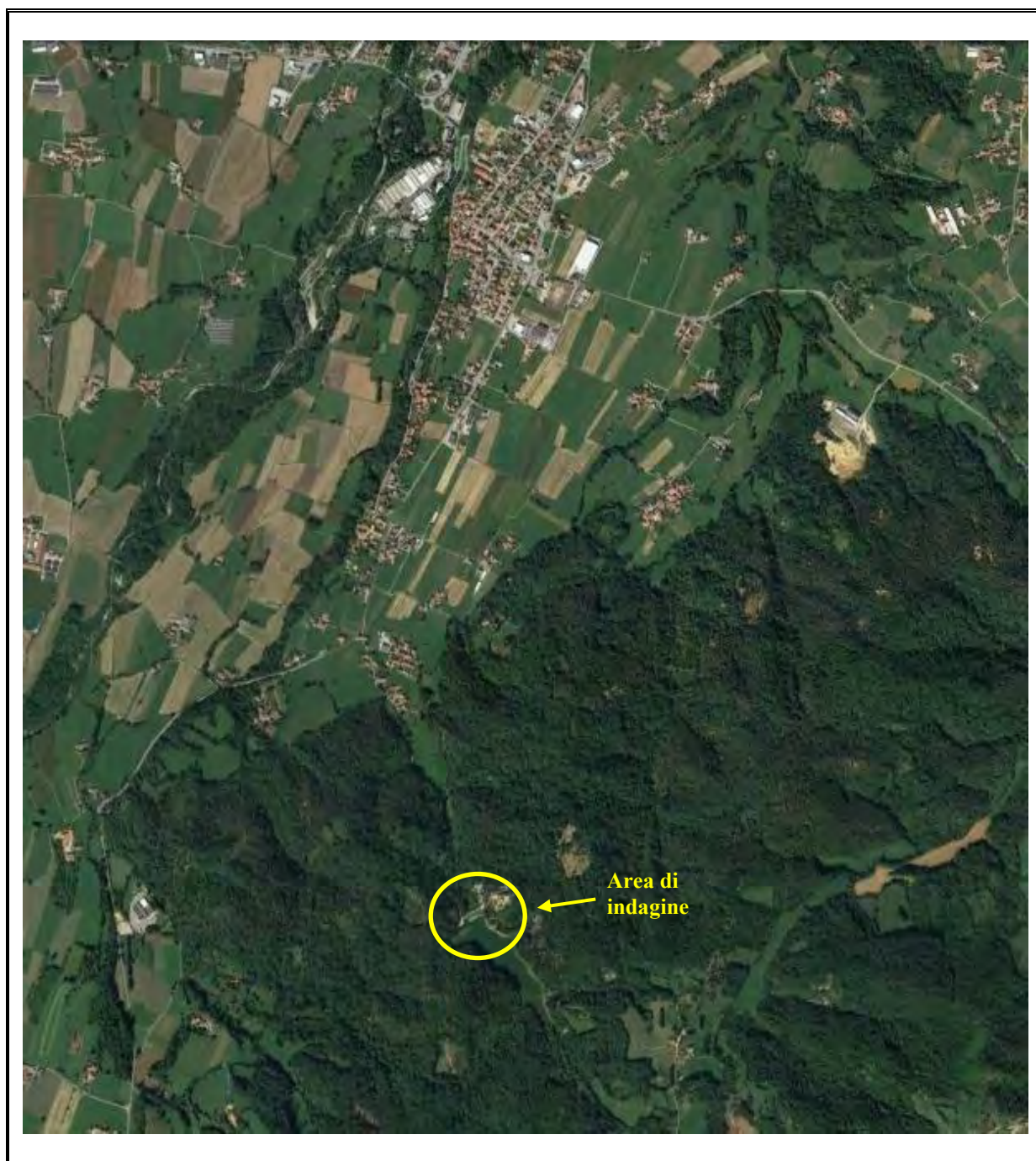


Fig. 1: Inquadramento area di indagine.



Fig. 2: Ubicazione delle indagini eseguite (in rosso).

**Allegato
stratigrafico**

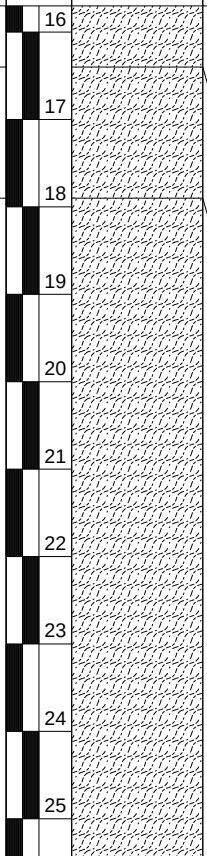
Certificato n° 657 del 06/06/2017

	Committente	Consorzio Irriguo Bealerotto Mussi	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Lago Artificiale di Pianfei	S1	1/2
	Località	Pianfei (CN)	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	24/05/17	Data Fine	26/05/17

Profondità'	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.15	0.15			Terreno di riporto ghiaioso sabbioso (fondo stradale).									
0.90	0.75	1		Terreno limoso argilloso sabbioso parzialmente rimaneggiato; colore rossiccio con screziature brunastre.		127							
		2		Argilla, argilla limosa ed argilla sabbiosa, debolmente stratificata, ossidata ed alterata; colore rosso bruno con screziature nerastre.									
	2.70	3											
3.60		4		Talcoscisti, estremamente alterati ed argillificati, friabili; colore azzurro verdognolo.									
	1.40	5											
5.00	0.40	6		Relitto di pietre verdi, fratturate e debolmente alterate; colore verde.					0				
5.40		7		Talcoscisto, estremamente alterato ed argillificato; colore grigio azzurro verdognolo con passate bruno nerastre.		100		90					
	2.40	8					127						
7.80		9		Calcescisti, estremamente alterati ed argillificati; colore bruno chiaro.									
		10											
	4.20	11											
		12				101							
12.00		13		Calcescisti, intensamente alterati ed ossidati, fratturati; colore bruno rossiccio.		101			15				
	2.00	14											
14.00		15		Calcescisti, estremamente alterati ed argillificati, poco o nulla competenti; colore bruno chiaro verdastro.		101		50	0				
	1.70												
15.70						100		90					

Certificato n° 657 del 06/06/2017

	Committente	Consorzio Irriguo Bealerotto Mussi	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Lago Artificiale di Pianfei	S1	2/2
	Località	Pianfei (CN)	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	24/05/17	Data Fine	26/05/17

Profondità	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
15.70	0.70	16		Serpentinoscisti, intensamente alterati e parzialmente argillificati, fratturati, con patine di alterazione e riempimenti lungo le fratture; colore verde azzurrognolo.		101	127		25				
16.40	1.50	17		Serpentinoscisti, estremamente alterati ed argillificati, poco competenti; colore azzurro verdognolo con domini centimetrici bruno nerastri.		100		0					
17.90		18		Serpentiniti e serpentinoscisti, con accentuata fragilità secondo i piani di scistosità, fratturati, con fratture inclinate di circa 60° rispetto all'orizzontale, con patine di ossidazione. Sulle superfici di fratturazione sono riconoscibili lineazioni di scorrimento. Colore verde smeraldo.		101		85					
	7.60	19				101							
		20				101		25					
		21				101		40					
		22				101							
		23				101							
		24				101							
		25				101							
25.50													

Perforazione eseguita utilizzando:

- carotiere semplice diam. 127 mm da m 0.00 a m 1.50 (cod. 127);
- carotiere semplice diam. 101 mm da m 1.50 a m 11.50, da m 15.00 a m 15.70 e da m 16.50 a m 18.00 (cod. 100);
- carotiere doppio tipo T6 diam. 101 mm munito di corona in widia da m 11.50 a m 15.00, da m 15.70 a m 16.50 e da m 18.00 a m 25.50 (cod. 101).

Certificato n° 657 del 06/06/2017

	Committente	Consorzio Irriguo Bealerotto Mussi		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Lago Artificiale di Pianfei		S2	1/2
	Località	Pianfei (CN)		Quota (p.c.)	
	Data Inizio	29/05/17	Data Fine		

Profondità	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.20	0.20			Terreno di riporto sabbioso ghiaioso ciottoloso.									
	2.00	1		Serpentiniti e serpentinoscisti, fratturati e debolmente alterati; colore verde.		100							
		2				101							
2.20				Serpentinoscisti, friabili e parzialmente alterati ed argillificati; colore verdognolo.		100	127						
	1.30	3				100							
3.50		4		Serpentinoscisti, intensamente fogliati ed intensamente fratturati, con fratture variamente orientate ed inclinate, fino a subverticali; colore verdognolo.		101							
		5				101							
		6				101			0				
		7				101							
		8				101		90					
		9				101							
	13.20	10				101							
		11				101							
		12				101			30				
		13				101							
		14				101			20				
		15				101							

Certificato n° 657 del 06/06/2017

	Committente	Consorzio Irriguo Bealerotto Mussi		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Lago Artificiale di Pianfei		S2	2/2
	Località	Pianfei (CN)		Quota (p.c.)	
	Data Inizio	29/05/17	Data Fine	31/05/17	

Profondità	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
16.70	13.20	16		Serpentinoscisti, intensamente fogliati ed intensamente fratturati, con fratture variamente orientate ed inclinate, fino a subverticali; colore verdognolo.		101			20				
		17		Serpentiniti, fratturate, con fratture inclinate di circa 20-30° rispetto alla verticale. Le fratture si presentano sia aperte con patine e sottili riempimenti argillosi, sia a tratti chiuse e ricementate. Presenza di domini di potenza da centimetrica a decimetrici di serpentinoscisti intensamente fogliati e debolmente argillificati. Colore verde smeraldo.		101			75				
	7.90	18				101							
		19				101							
		20				101							
		21				101			85				
		22				101							
		23				101							
		24				101							
24.60		25		Serpentinoscisti, intensamente fogliati ed argillificati, friabili (possibile presenza di una fascia milonitizzata); colore verdognolo.		101			0				
25.10	0.50												

Perforazione eseguita utilizzando:

- carotiere semplice diam. 101 mm da m 0.00 a m 1.50 e da m 2.20 a m 3.50 (cod. 100);
- carotiere doppio tipo T6 diam. 101 mm munito di corona in widia da m 1.50 a m 2.20 e da m 3.50 a m 18.00 (cod. 101);
- carotiere doppio tipo T6 diam. 101 mm munito di corona diamantata da m 18.00 a m 25.10 (cod. 101).

**Allegato
fotografico**

Certificato n° 657 del 06/06/2017

Foto 1: Sondaggio S1 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



Foto 2: Sondaggio S1 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.

Certificato n° 657 del 06/06/2017

Foto 3: Sondaggio S1 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.70 m.



Foto 4: Sondaggio S1 - cassa 4 - da 15.70 m a 21.00 m.

Certificato n° 657 del 06/06/2017

Foto 5: Sondaggio S1 - cassa 5 - da 21.00 m a 25.50 m.



Foto 6: Posizionamento sondaggio S1.

Certificato n° 657 del 06/06/2017

Foto 7: Sondaggio S2 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



Foto 8: Sondaggio S2 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.

Certificato n° 657 del 06/06/2017

Foto 9: Sondaggio S2 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



Foto 10: Sondaggio S2 - cassa 4 - da 15.00 m a 19.80 m.

Certificato n° 657 del 06/06/2017



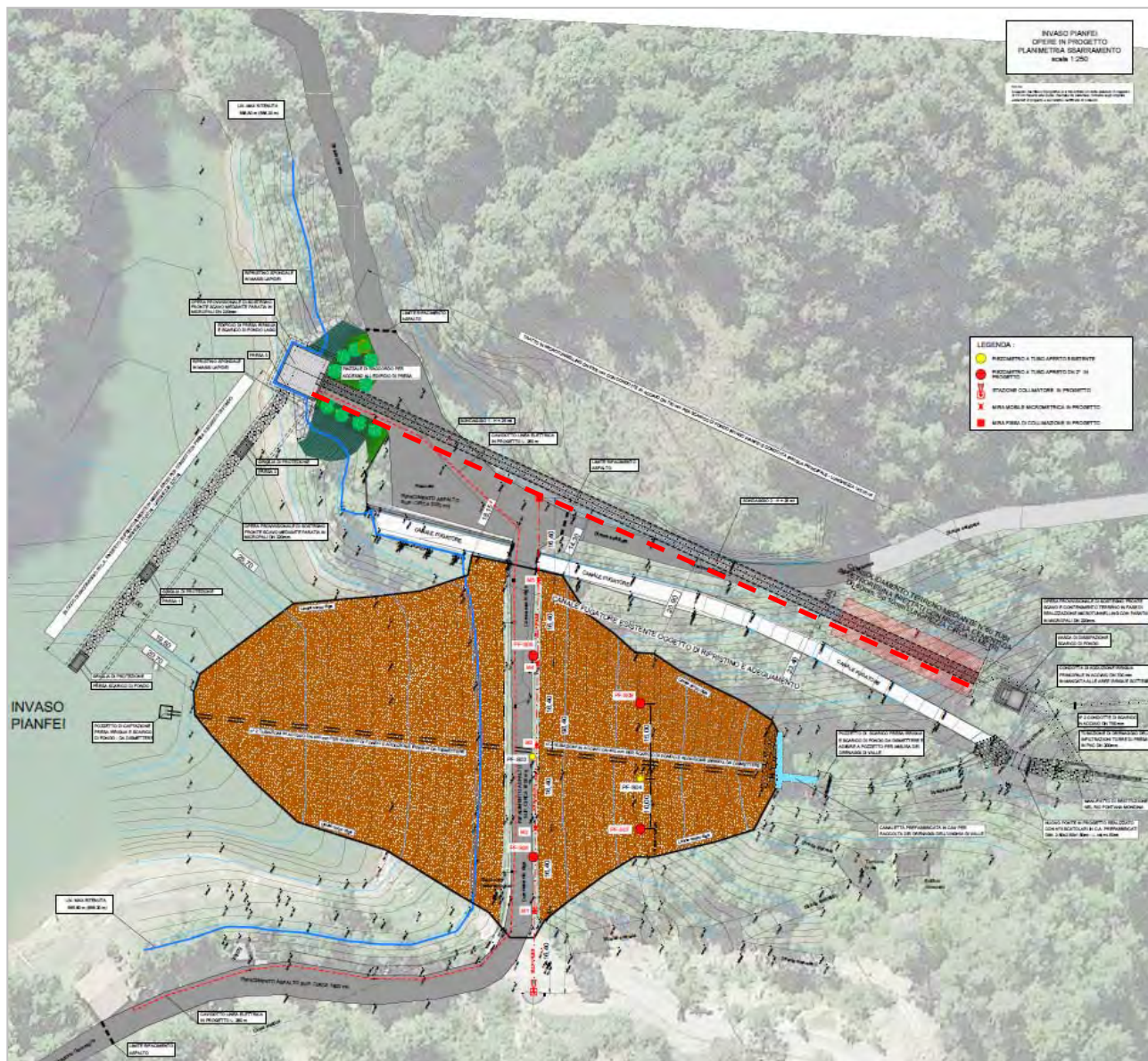
Foto 11: Sondaggio S2 - cassa 5 - da 19.80 m a 25.10 m.



Foto 12: Posizionamento sondaggio S2.

ALLEGATO 02 - Da Indagini 2018-2019

Committente:	CONSORZIO DI BONIFICA DEL PESIO	Ubicazione Indagini geognostiche
Progetto	INVASO DI PIANFEI - Interventi di adeguamento del sistema d'irrigazione delle aree irrigue Sottese all'invaso	
Località:	Pianfei (CN)	
Data:	Marzo 2019	



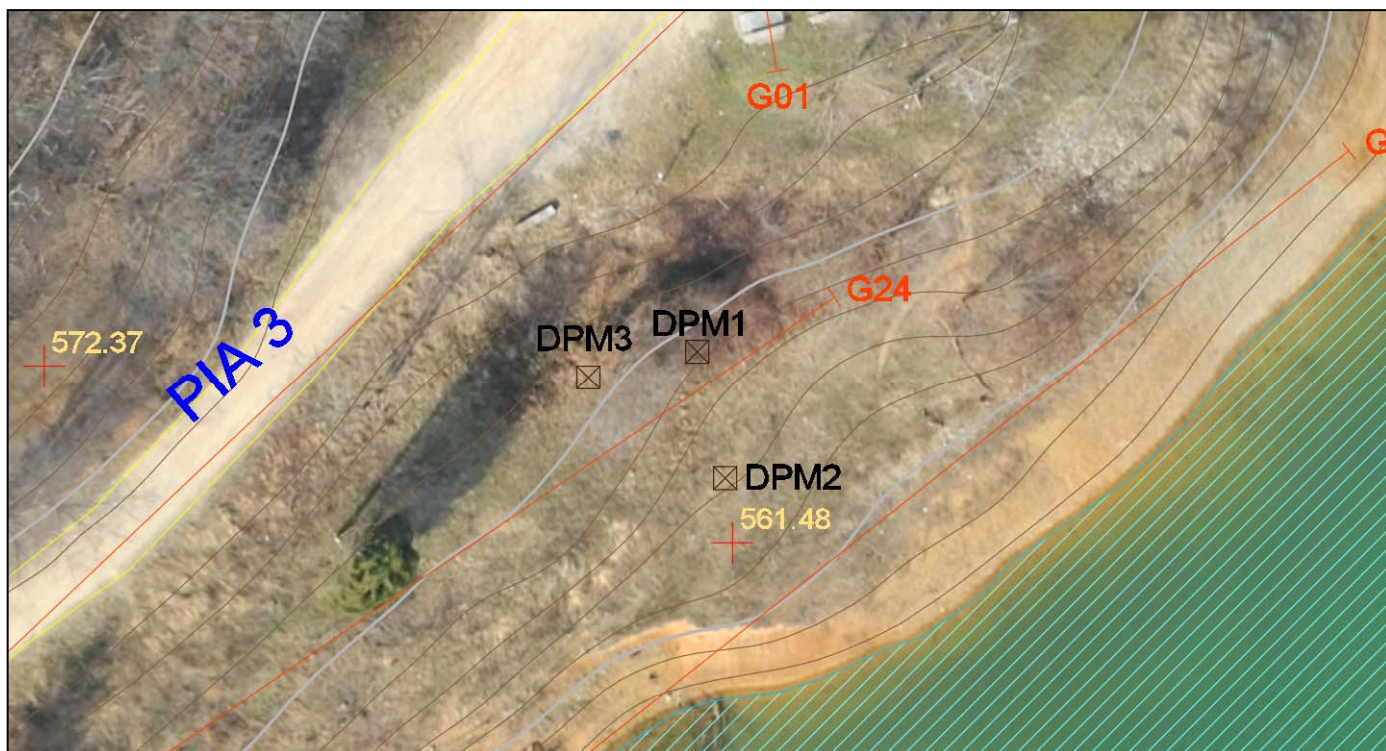
Profilo sismico eseguito nel 2018

Committente:	CONSORZIO DI BONIFICA DEL PESIO	Ubicazione Indagini geognostiche
Progetto	INVASO DI PIANFEI - Interventi di adeguamento del sistema d'irrigazione delle aree irrigue Sottese all'invaso	
Località:	Pianfei (CN)	
Data:	Marzo 2019	



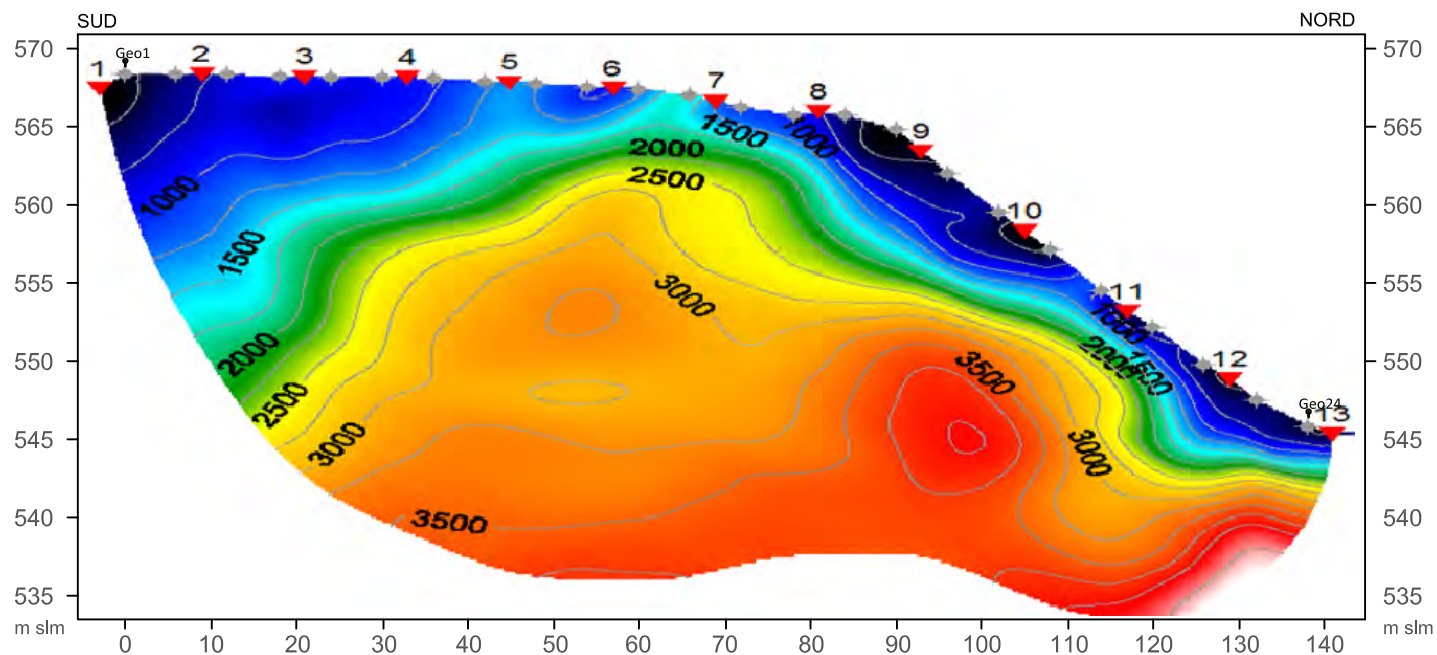
UBICAZIONE DEGLI STENDIMENTI SISMICI A RIFRAZIONE

Committente:	CONSORZIO DI BONIFICA DEL PESIO	Ubicazione Indagini geognostiche
Progetto	INVASO DI PIANFEI - Interventi di adeguamento del sistema d'irrigazione delle aree irrigue Sottese all'invaso	
Località:	Pianfei (CN)	
Data:	Marzo 2019	

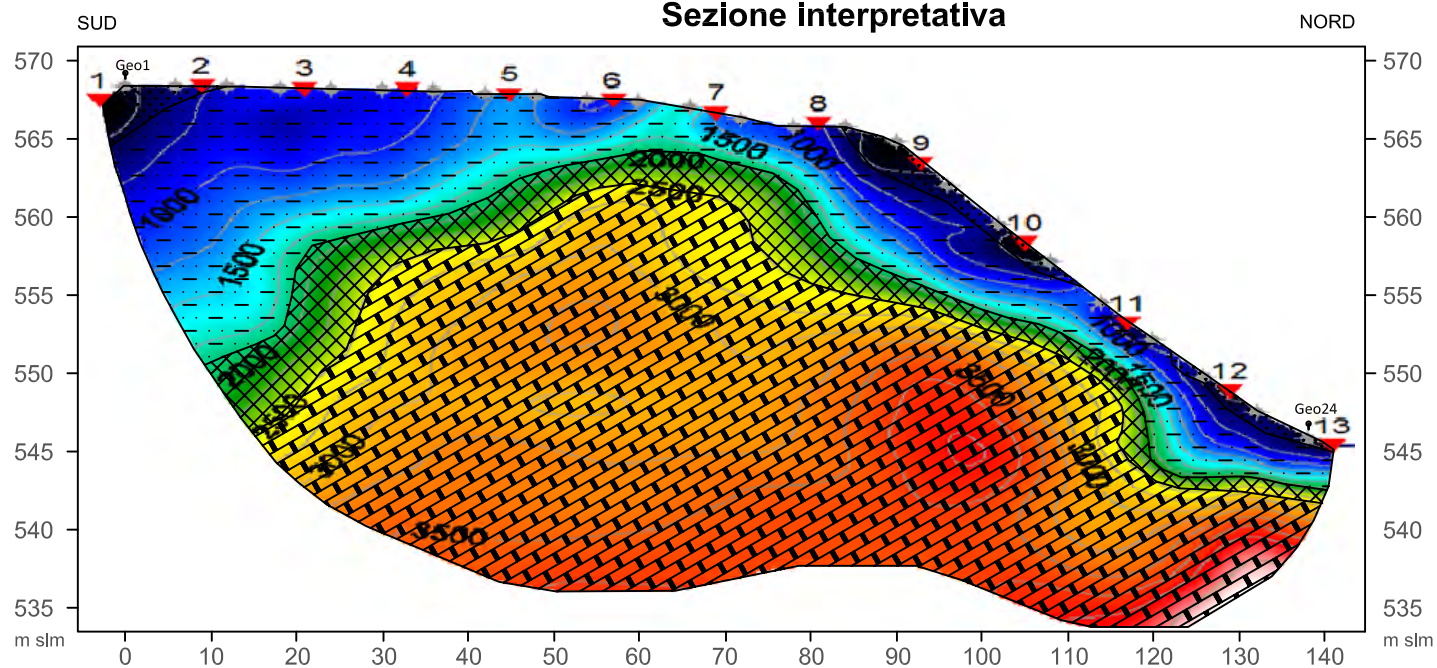


UBICAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

PROFILO PIA-Microtunneling Restituzione tomografica



Sezione interpretativa



CONSORZIO di BONIFICA del PESIO

INVASO DI PIANFEI
Interventi di adeguamento del sistema
d'irrigazione delle aree irrigue sottese all'invaso

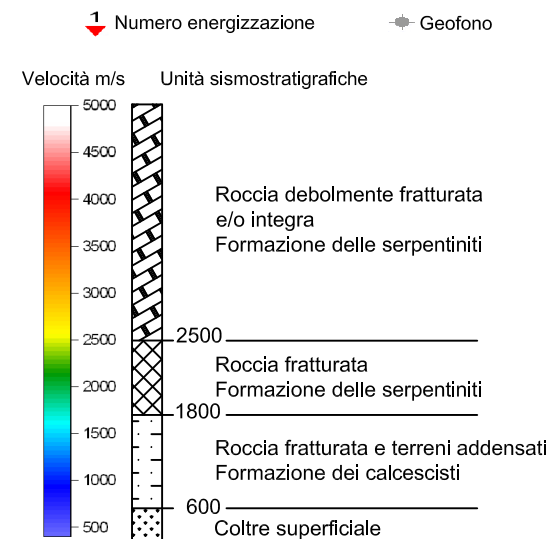
Prospezioni sismiche a rifrazione
Sezione tomografica delle Vp

Impresa esecutrice
POLO GEOLOGICO srl



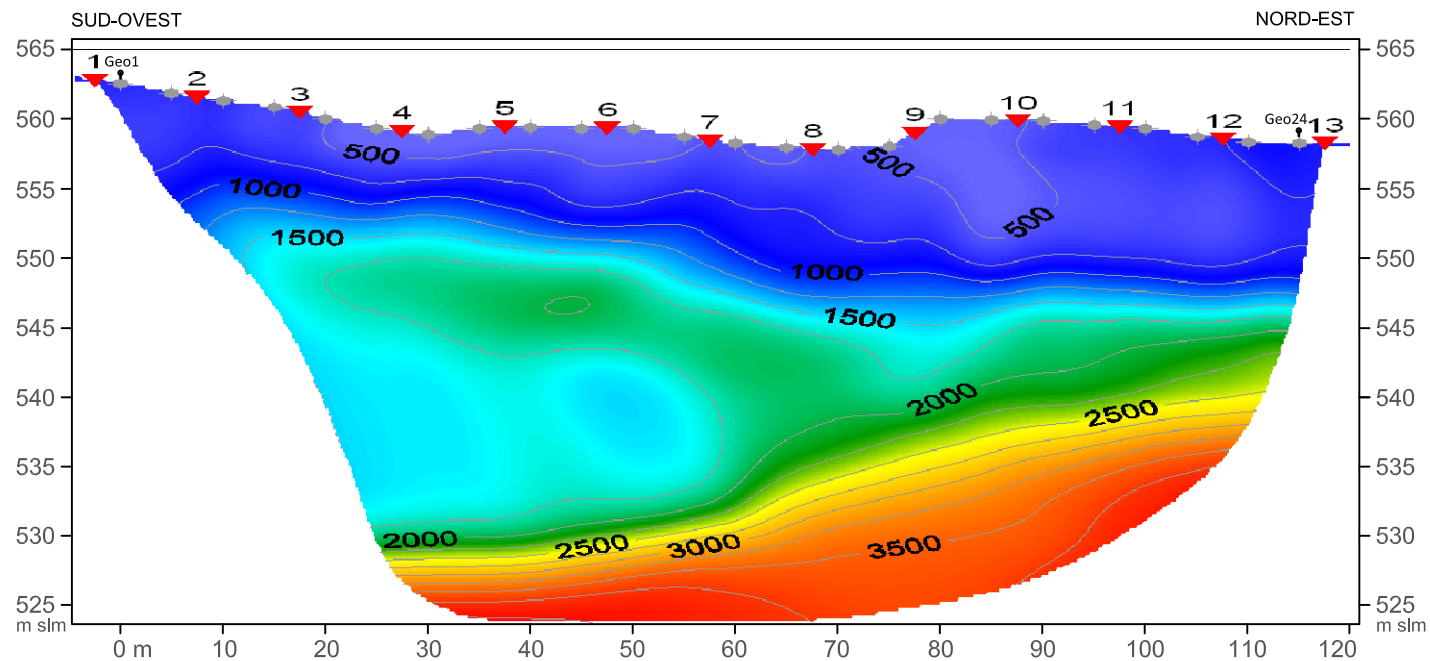
Località: PIANFEI (Cuneo)

LEGENDA

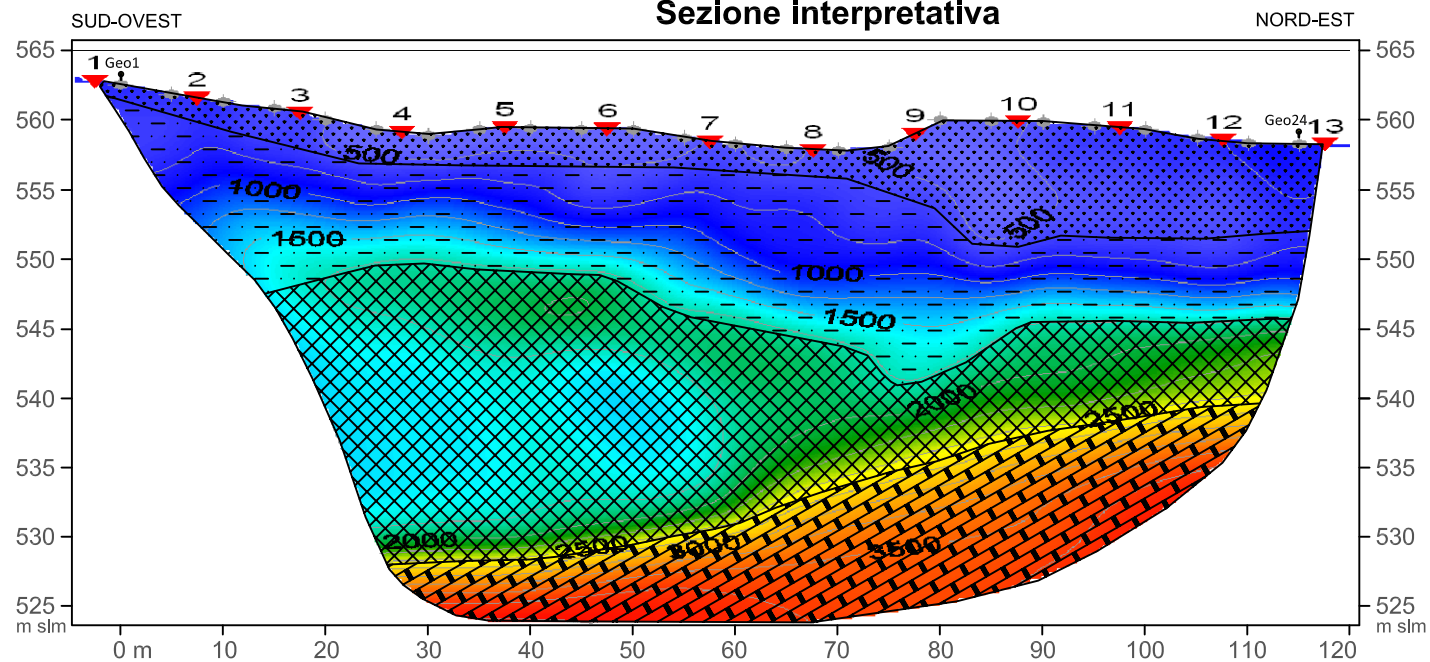


PROFILO PIA - 1

Restituzione tomografica



Sezione interpretativa



CONSORZIO di BONIFICA del PESIO

INVASO DI PIANFEI

Interventi di adeguamento del sistema
d'irrigazione delle aree irrigue sottese all'invaso

Prospezioni sismiche a rifrazione
Sezione tomografica delle Vp

Impresa esecutrice
POLO GEOLOGICO srl



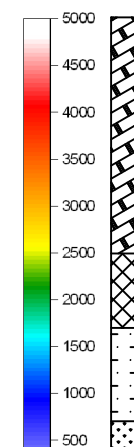
Località: PIANFEI (Cuneo)

LEGENDA

1 Numero energizzazione Geo24 Geofono

Velocità m/s

Unità sismostratigrafiche



Roccia debolmente fratturata
e/o integra
Formazione delle serpentiniti

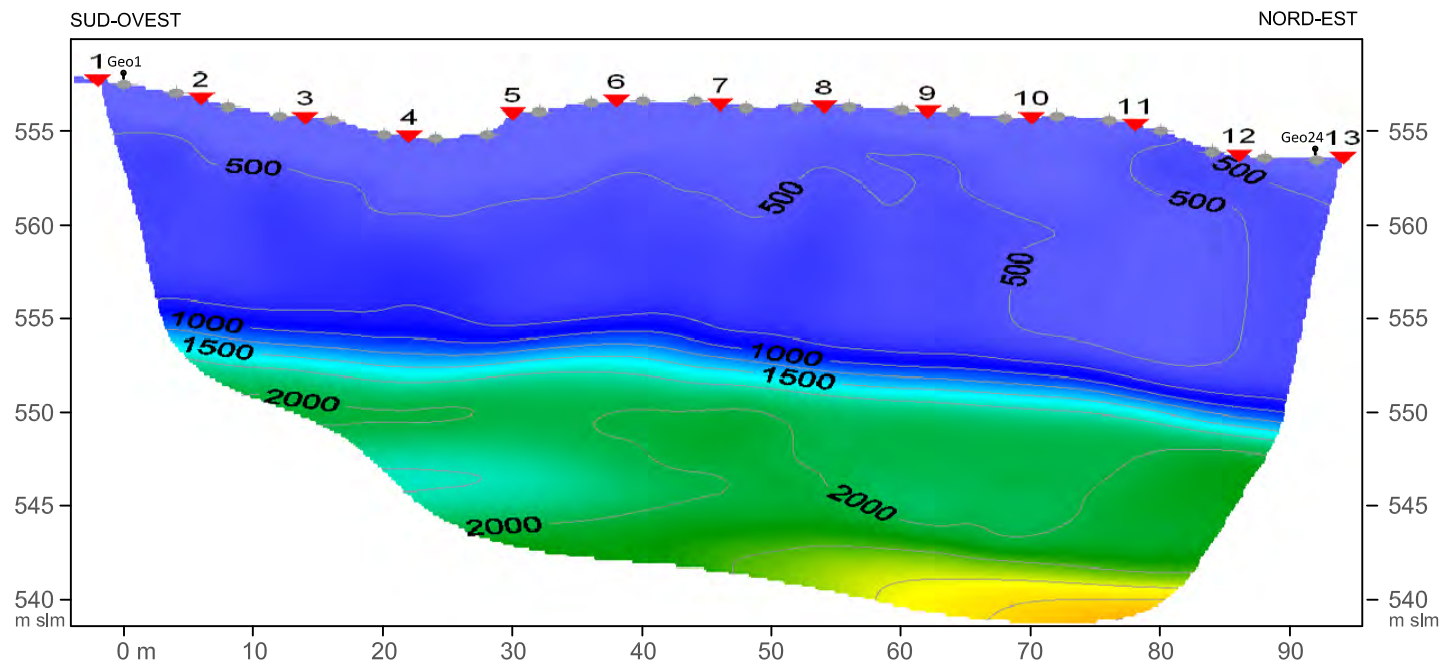
Roccia fratturata
Formazione delle serpentiniti

Roccia fratturata e terreni addensati
Formazione dei calcescisti

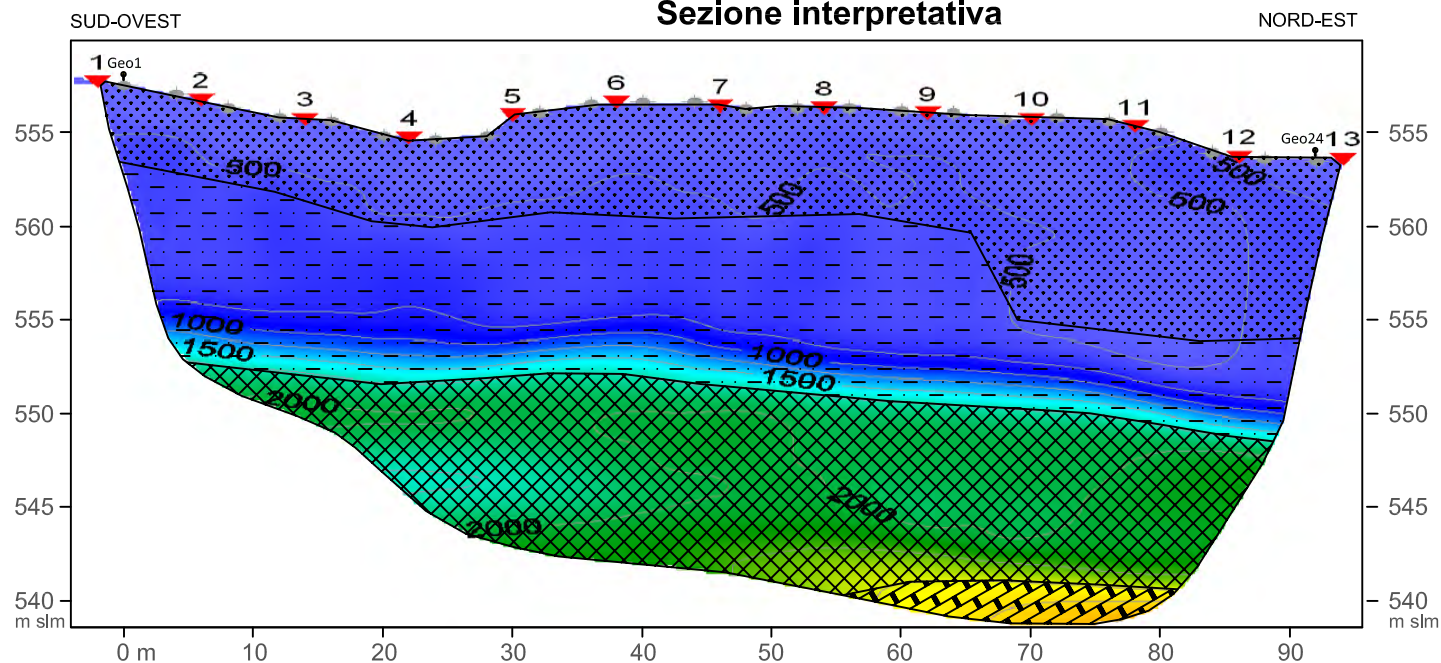
Coltre superficiale

PROFILO PIA - 2

Restituzione tomografica



Sezione interpretativa



CONSORZIO di BONIFICA del PESIO

INVASO DI PIANFEI

Interventi di adeguamento del sistema
d'irrigazione delle aree irrigue sottese all'invaso

Prospezioni sismiche a rifrazione
Sezione tomografica delle Vp

Impresa esecutrice
POLO GEOLOGICO srl



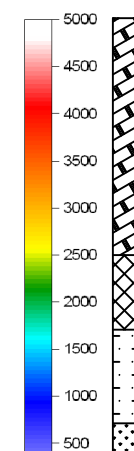
Località: PIANFEI (Cuneo)

LEGENDA

1 Numero energizzazione Geofono

Velocità m/s

Unità sismostratigrafiche



Roccia debolmente fratturata
e/o integra
Formazione delle serpentiniti

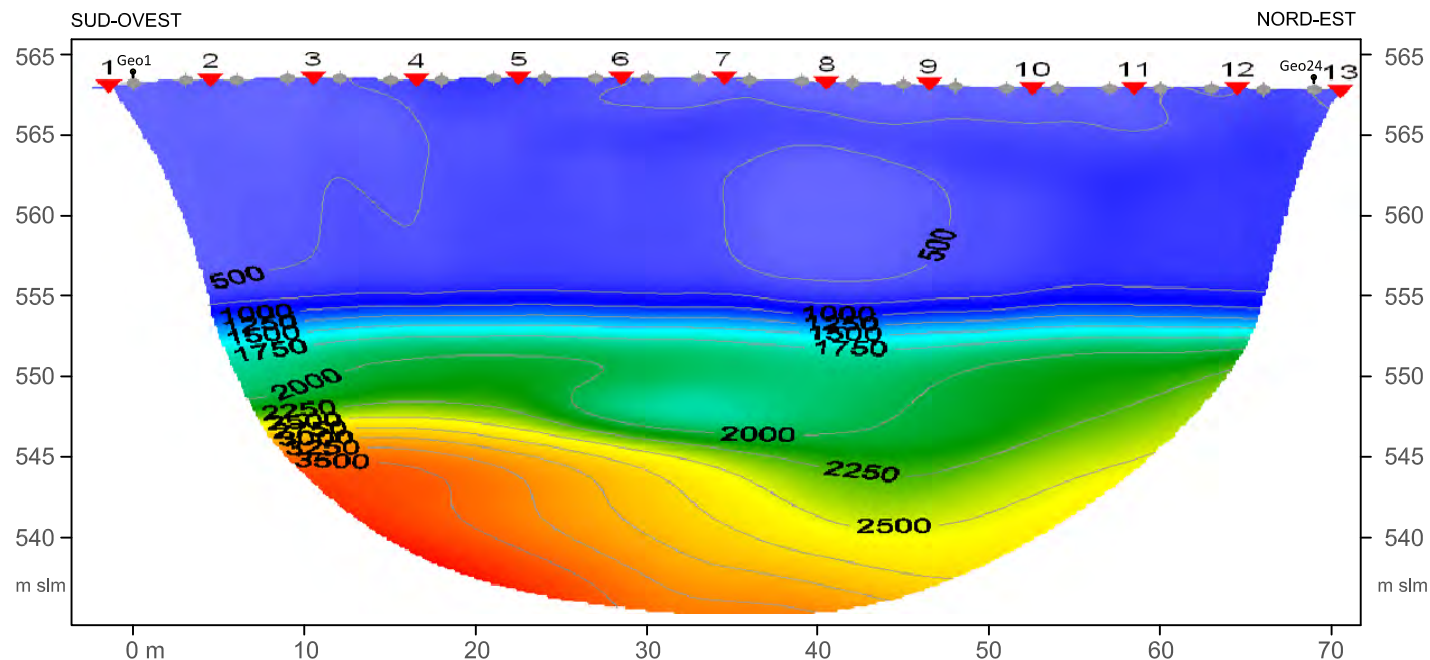
Roccia fratturata
Formazione delle serpentiniti

Roccia fratturata e terreni addensati
Formazione dei calcescisti

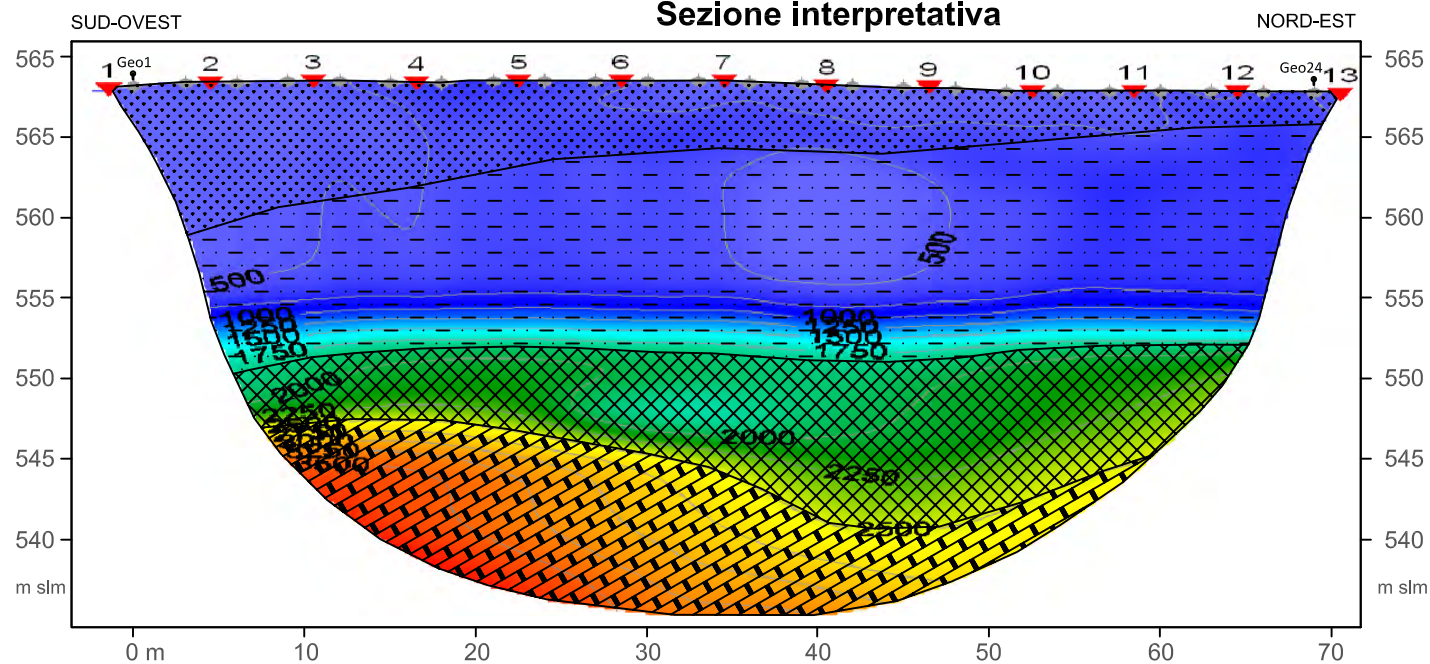
Coltre superficiale

PROFILO PIA - 3

Restituzione tomografica



Sezione interpretativa



CONSORZIO di BONIFICA del PESIO

INVASO DI PIANFEI
Interventi di adeguamento del sistema
d'irrigazione delle aree irrigue sottese all'invaso

Prospezioni sismiche a rifrazione
Sezione tomografica delle Vp

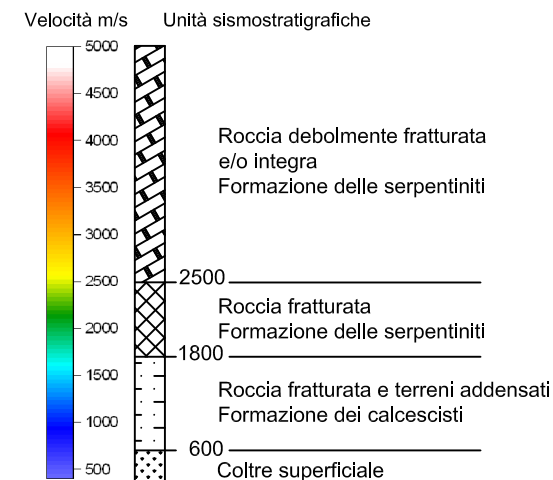
Impresa esecutrice
POLO GEOLOGICO srl



Località: PIANFEI (Cuneo)

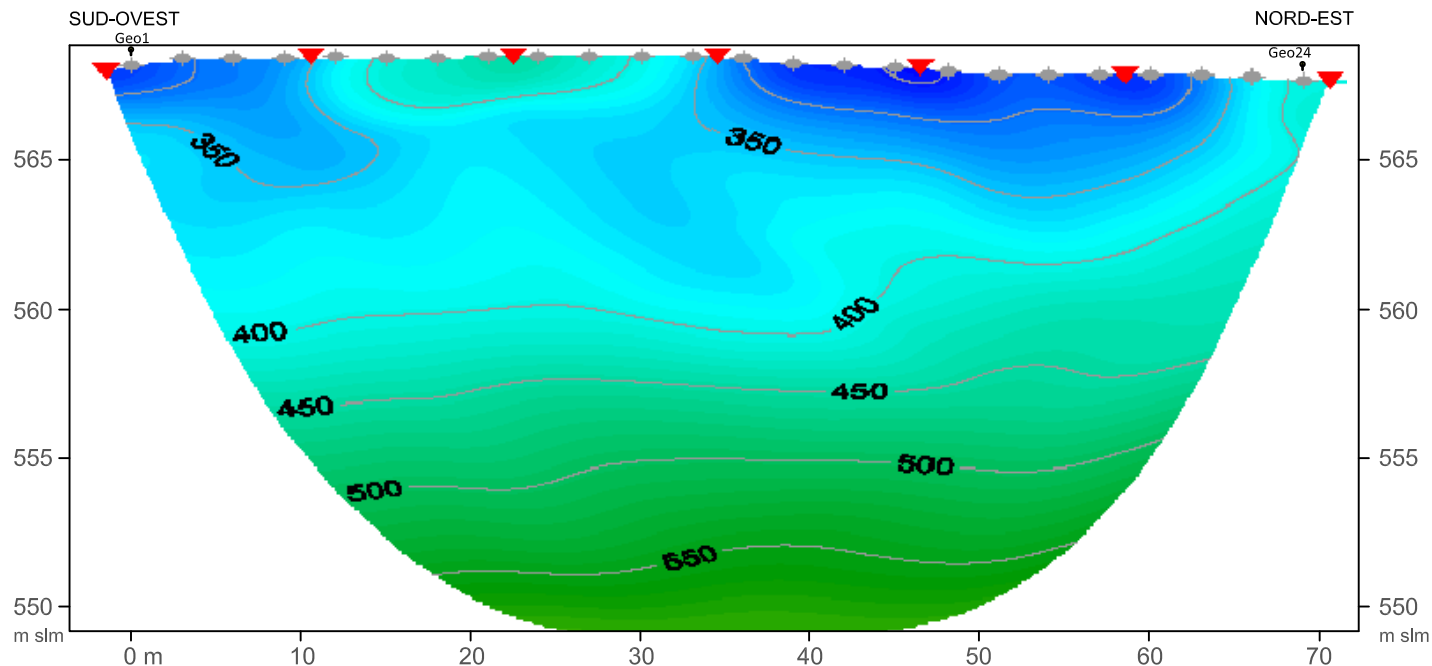
LEGENDA

1 Numero energizzazione Geofono

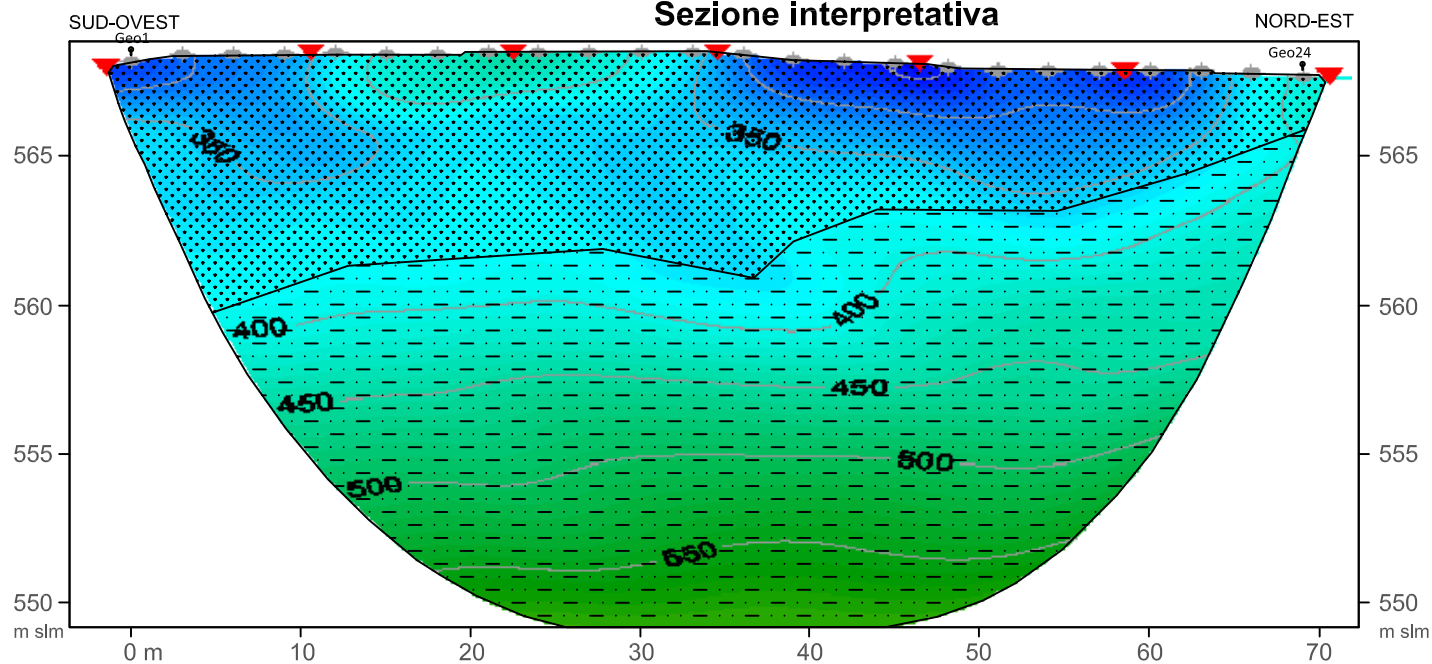


PROFILO PIA - 3 S

Restituzione tomografica



Sezione interpretativa



CONSORZIO di BONIFICA del PESIO

INVASO DI PIANFEI
Interventi di adeguamento del sistema
d'irrigazione delle aree irrigue sottese all'invaso

Prospezioni sismiche a rifrazione
Sezione tomografica delle Vs

Impresa esecutrice
POLO GEOLOGICO srl

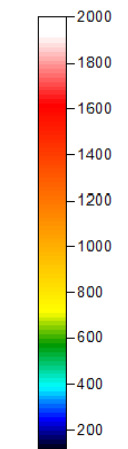


Località: PIANFEI (Cuneo)

LEGENDA

1 Numero energizzazione Geofono

Velocità m/s



Unità sismostratigrafiche



Roccia fratturata e terreni addensati
Formazione dei calcescisti
Coltre superficiale

Committente:	Consorzio di Bonifica del Pesio	 Prove Penetrometriche
Indagine	Invaso di Pianfei – Interventi di adeguamento del sistema di irrigazione delle aree irrigue sottese all'invaso	
Località:	Pianfei (CN)	
Data:	Marzo 2019	

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DM-30 (60°)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : **DM-30 (60°)**

PESO MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 13,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 2,93 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 6,00 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\rho_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ (teoricamente : Nspt = ρ_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

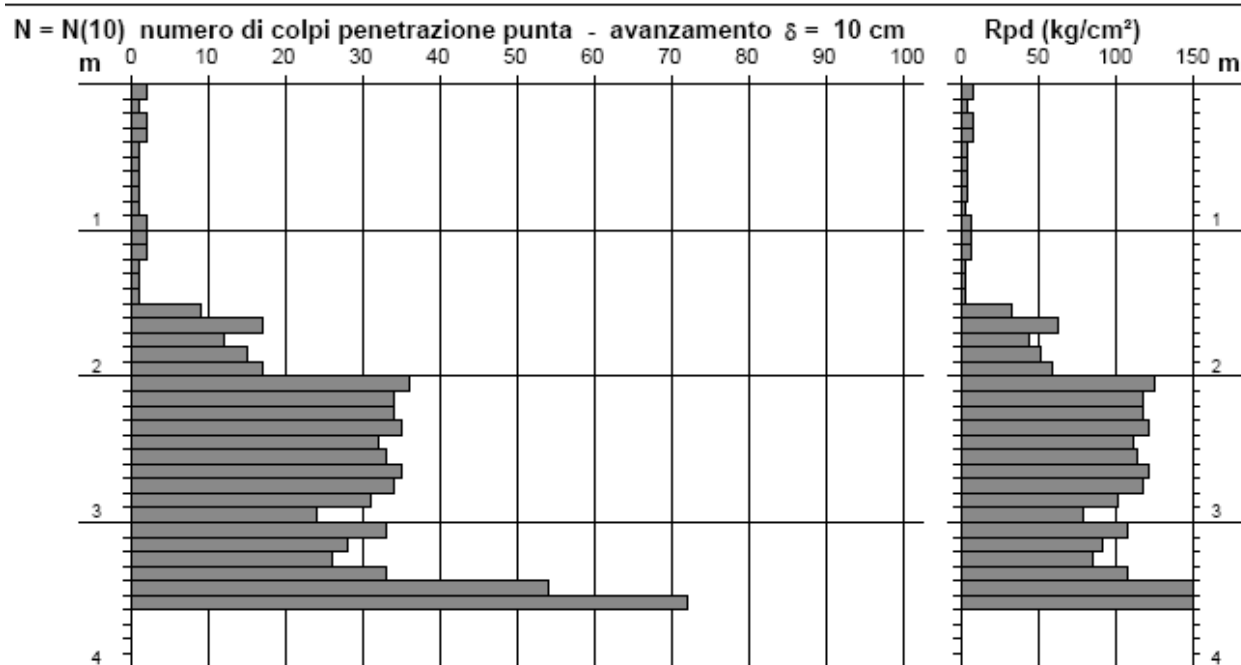
M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa $\approx$ 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

Committente:	Consorzio di Bonifica del Pesio	 Prove Penetrometriche
Indagine	Invaso di Pianfei – Interventi di adeguamento del sistema di irrigazione delle aree irrigue sottese all'invaso	
Località:	Pianfei (CN)	
Data:	Marzo 2019	

DPM 1



Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	2	7,8	1	1,80 - 1,90	15	52,1	3
0,10 - 0,20	1	3,9	1	1,90 - 2,00	17	59,1	3
0,20 - 0,30	2	7,8	1	2,00 - 2,10	36	125,1	3
0,30 - 0,40	2	7,8	1	2,10 - 2,20	34	118,2	3
0,40 - 0,50	1	3,9	1	2,20 - 2,30	34	118,2	3
0,50 - 0,60	1	3,9	1	2,30 - 2,40	35	121,6	3
0,60 - 0,70	1	3,9	1	2,40 - 2,50	32	111,2	3
0,70 - 0,80	1	3,9	1	2,50 - 2,60	33	114,7	3
0,80 - 0,90	1	3,7	2	2,60 - 2,70	35	121,6	3
0,90 - 1,00	2	7,4	2	2,70 - 2,80	34	118,2	3
1,00 - 1,10	2	7,4	2	2,80 - 2,90	31	102,0	4
1,10 - 1,20	2	7,4	2	2,90 - 3,00	24	78,9	4
1,20 - 1,30	1	3,7	2	3,00 - 3,10	33	108,6	4
1,30 - 1,40	1	3,7	2	3,10 - 3,20	28	92,1	4
1,40 - 1,50	1	3,7	2	3,20 - 3,30	26	85,5	4
1,50 - 1,60	9	33,2	2	3,30 - 3,40	33	108,6	4
1,60 - 1,70	17	62,6	2	3,40 - 3,50	54	177,6	4
1,70 - 1,80	12	44,2	2	3,50 - 3,60	72	236,8	4

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DPM 1

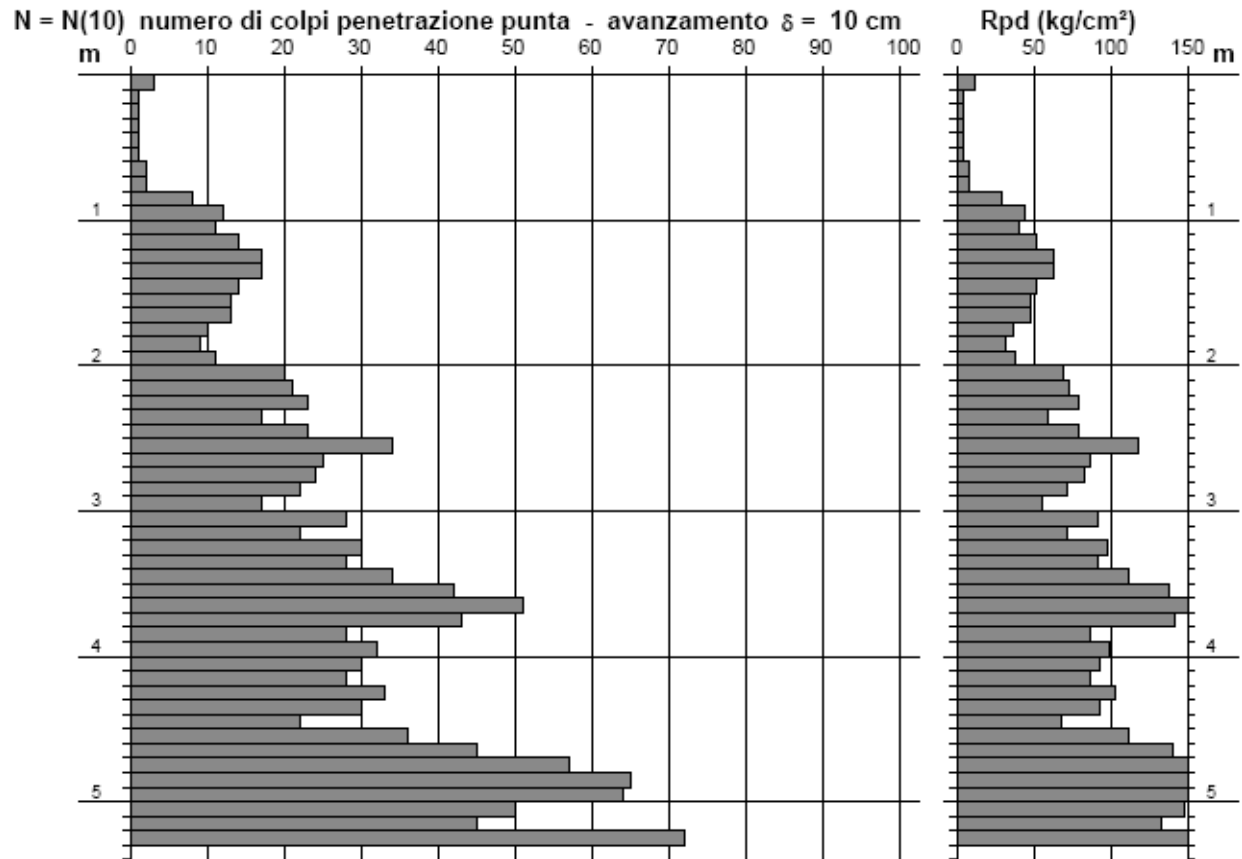
n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 - 1.50		1	3.8	26.4	199	1.84	1.34	---	---	---	---
2	1.50 - 2.00		11	36.5	30.3	276	1.94	1.51	---	---	---	---
3	2.00 - 3.40		25	57.5	34.5	384	2.02	1.64	---	---	---	---
4	3.40 - 3.60		48	83.0	40.5	561	2.14	1.83	---	---	---	---

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Committente:	Consorzio di Bonifica del Pesio	 Prove Penetrometriche
Indagine	Invaso di Pianfei – Interventi di adeguamento del sistema di irrigazione delle aree irrigue sottese all'invaso	
Località:	Pianfei (CN)	
Data:	Marzo 2019	

DPM 2



Committente:	Consorzio di Bonifica del Pesio	 Prove Penetrometriche
Indagine	Invaso di Pianfei – Interventi di adeguamento del sistema di irrigazione delle aree irrigue sottese all'invaso	
Località:	Pianfei (CN)	
Data:	Marzo 2019	

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	3	11,8	1	2,70 - 2,80	24	83,4	3
0,10 - 0,20	1	3,9	1	2,80 - 2,90	22	72,4	4
0,20 - 0,30	1	3,9	1	2,90 - 3,00	17	55,9	4
0,30 - 0,40	1	3,9	1	3,00 - 3,10	28	92,1	4
0,40 - 0,50	1	3,9	1	3,10 - 3,20	22	72,4	4
0,50 - 0,60	1	3,9	1	3,20 - 3,30	30	98,7	4
0,60 - 0,70	2	7,8	1	3,30 - 3,40	28	92,1	4
0,70 - 0,80	2	7,8	1	3,40 - 3,50	34	111,8	4
0,80 - 0,90	8	29,5	2	3,50 - 3,60	42	138,2	4
0,90 - 1,00	12	44,2	2	3,60 - 3,70	51	167,8	4
1,00 - 1,10	11	40,5	2	3,70 - 3,80	43	141,4	4
1,10 - 1,20	14	51,6	2	3,80 - 3,90	28	87,4	5
1,20 - 1,30	17	62,6	2	3,90 - 4,00	32	99,9	5
1,30 - 1,40	17	62,6	2	4,00 - 4,10	30	93,7	5
1,40 - 1,50	14	51,6	2	4,10 - 4,20	28	87,4	5
1,50 - 1,60	13	47,9	2	4,20 - 4,30	33	103,0	5
1,60 - 1,70	13	47,9	2	4,30 - 4,40	30	93,7	5
1,70 - 1,80	10	36,8	2	4,40 - 4,50	22	68,7	5
1,80 - 1,90	9	31,3	3	4,50 - 4,60	36	112,4	5
1,90 - 2,00	11	38,2	3	4,60 - 4,70	45	140,5	5
2,00 - 2,10	20	69,5	3	4,70 - 4,80	57	178,0	5
2,10 - 2,20	21	73,0	3	4,80 - 4,90	65	193,1	6
2,20 - 2,30	23	79,9	3	4,90 - 5,00	64	190,2	6
2,30 - 2,40	17	59,1	3	5,00 - 5,10	50	148,6	6
2,40 - 2,50	23	79,9	3	5,10 - 5,20	45	133,7	6
2,50 - 2,60	34	118,2	3	5,20 - 5,30	72	213,9	6
2,60 - 2,70	25	86,9	3				

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DPM 2

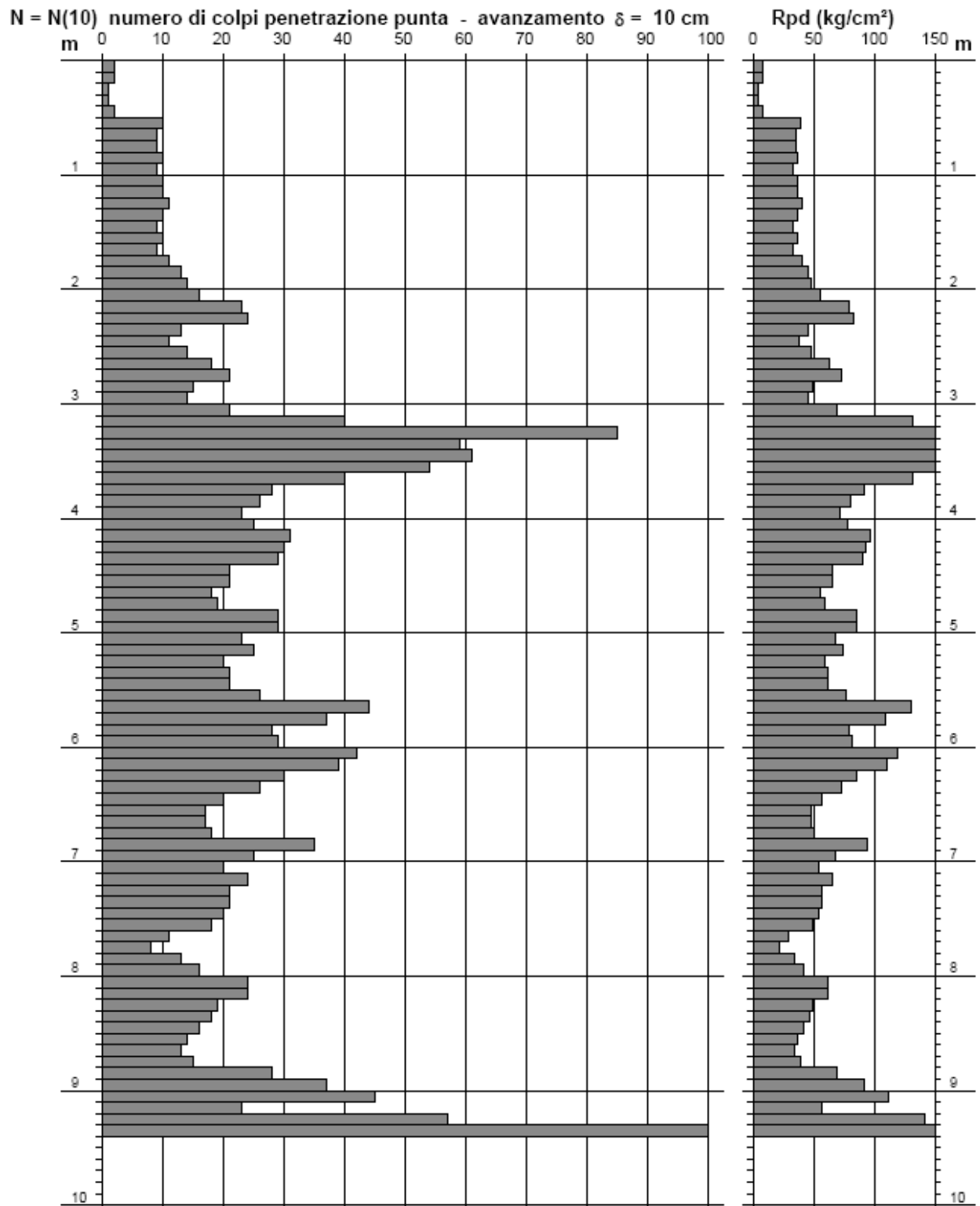
n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 - 0.80		2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	----	----	----	----
2	0.80 - 2.00		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	----	----	----	----
3	2.00 - 4.60		22	53.0	33.6	361	2.00	1.61	----	----	----	----
4	4.60 - 5.30		44	79.0	39.5	531	2.12	1.80	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Committente:	Consorzio di Bonifica del Pesio	 Prove Penetrometriche
Indagine	Invaso di Pianfei – Interventi di adeguamento del sistema di irrigazione delle aree irrigue sottese all'invaso	
Località:	Pianfei (CN)	
Data:	Marzo 2019	

DPM 3



Committente:	Consorzio di Bonifica del Pesio	 Prove Penetrometriche
Indagine	Invaso di Pianfei – Interventi di adeguamento del sistema di irrigazione delle aree irrigue sottese all'invaso	
Località:	Pianfei (CN)	
Data:	Marzo 2019	

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	2	7,8	1	4,70 - 4,80	19	59,3	5
0,10 - 0,20	2	7,8	1	4,80 - 4,90	29	86,2	6
0,20 - 0,30	1	3,9	1	4,90 - 5,00	29	86,2	6
0,30 - 0,40	1	3,9	1	5,00 - 5,10	23	68,3	6
0,40 - 0,50	2	7,8	1	5,10 - 5,20	25	74,3	6
0,50 - 0,60	10	39,2	1	5,20 - 5,30	20	59,4	6
0,60 - 0,70	9	35,3	1	5,30 - 5,40	21	62,4	6
0,70 - 0,80	9	35,3	1	5,40 - 5,50	21	62,4	6
0,80 - 0,90	10	36,8	2	5,50 - 5,60	26	77,3	6
0,90 - 1,00	9	33,2	2	5,60 - 5,70	44	130,7	6
1,00 - 1,10	10	36,8	2	5,70 - 5,80	37	109,9	6
1,10 - 1,20	10	36,8	2	5,80 - 5,90	28	79,4	7
1,20 - 1,30	11	40,5	2	5,90 - 6,00	29	82,2	7
1,30 - 1,40	10	36,8	2	6,00 - 6,10	42	119,0	7
1,40 - 1,50	9	33,2	2	6,10 - 6,20	39	110,5	7
1,50 - 1,60	10	36,8	2	6,20 - 6,30	30	85,0	7
1,60 - 1,70	9	33,2	2	6,30 - 6,40	26	73,7	7
1,70 - 1,80	11	40,5	2	6,40 - 6,50	20	56,7	7
1,80 - 1,90	13	45,2	3	6,50 - 6,60	17	48,2	7
1,90 - 2,00	14	48,7	3	6,60 - 6,70	17	48,2	7
2,00 - 2,10	16	55,6	3	6,70 - 6,80	18	51,0	7
2,10 - 2,20	23	79,9	3	6,80 - 6,90	35	94,8	8
2,20 - 2,30	24	83,4	3	6,90 - 7,00	25	67,7	8
2,30 - 2,40	13	45,2	3	7,00 - 7,10	20	54,2	8
2,40 - 2,50	11	38,2	3	7,10 - 7,20	24	65,0	8
2,50 - 2,60	14	48,7	3	7,20 - 7,30	21	56,9	8
2,60 - 2,70	18	62,6	3	7,30 - 7,40	21	56,9	8
2,70 - 2,80	21	73,0	3	7,40 - 7,50	20	54,2	8
2,80 - 2,90	15	49,3	4	7,50 - 7,60	18	48,8	8
2,90 - 3,00	14	46,1	4	7,60 - 7,70	11	29,8	8
3,00 - 3,10	21	69,1	4	7,70 - 7,80	8	21,7	8
3,10 - 3,20	40	131,6	4	7,80 - 7,90	13	33,7	9
3,20 - 3,30	85	279,6	4	7,90 - 8,00	16	41,5	9
3,30 - 3,40	59	194,1	4	8,00 - 8,10	24	62,3	9
3,40 - 3,50	61	200,7	4	8,10 - 8,20	24	62,3	9
3,50 - 3,60	54	177,6	4	8,20 - 8,30	19	49,3	9
3,60 - 3,70	40	131,6	4	8,30 - 8,40	18	46,7	9
3,70 - 3,80	28	92,1	4	8,40 - 8,50	16	41,5	9
3,80 - 3,90	26	81,2	5	8,50 - 8,60	14	36,3	9
3,90 - 4,00	23	71,8	5	8,60 - 8,70	13	33,7	9
4,00 - 4,10	25	78,1	5	8,70 - 8,80	15	38,9	9
4,10 - 4,20	31	96,8	5	8,80 - 8,90	28	69,7	10
4,20 - 4,30	30	93,7	5	8,90 - 9,00	37	92,1	10
4,30 - 4,40	29	90,5	5	9,00 - 9,10	45	112,0	10
4,40 - 4,50	21	65,6	5	9,10 - 9,20	23	57,3	10
4,50 - 4,60	21	65,6	5	9,20 - 9,30	57	141,9	10
4,60 - 4,70	18	56,2	5	9,30 - 9,40	100	249,0	10

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DPM 3

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 - 0.50		2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	---	---	---	---
2	0.50 - 3.10		10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	---	---	---	---
3	3.10 - 3.70		43	78.0	39.3	523	2.11	1.79	---	---	---	---
4	3.70 - 9.20		18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	---	---	---	---
5	9.20 - 9.40		60	88.8	42.5	654	2.17	1.88	---	---	---	---

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Committente:	CONSORZIO DI BONIFICA DEL PESIO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
Progetti:	INVASO DI PIANFEI - Interventi di adeguamento dell'approvvigionamento irriguo, degli organi di scarico e dei sistemi di monitoraggio dello sbarramento esistente	
Località:	Pianfei (CN)	
Data:	Marzo 2019	



Profilo sismico 2018 – Lato monte - Vista dell'estremità NW



Profilo sismico 2018 – Lato monte - Vista da NW verso SE



Profilo sismico 2018 – Centro – Vista da SE verso NW



Profilo sismico 2018 – Lato valle – Vista da SE verso NW



Profilo sismico 2018 – Lato valle – Vista dell'estremità SE



Vista lato valle

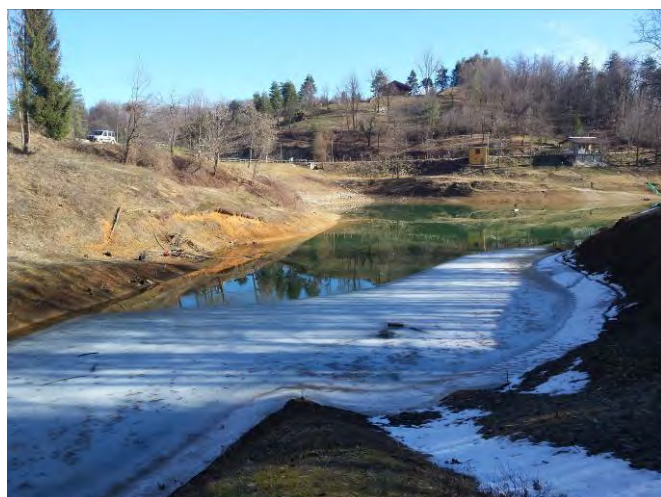
Committente:	CONSORZIO DI BONIFICA DEL PESIO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
Progetti:	INVASO DI PIANFEI - Interventi di adeguamento dell'approvvigionamento irriguo, degli organi di scarico e dei sistemi di monitoraggio dello sbarramento esistente	
Località:	Pianfei (CN)	
Data:	Marzo 2019	



Profilo sismico PIA1 – Vista da NE



Profilo sismico PIA1 – Vista da NE



Profilo sismico PIA1 – Vista da SO



Profilo sismico PIA2 – Vista da NE



Profilo sismico PIA3 – Vista da SO



Profilo sismico PIA3 S – Vista da NE

Committente:	Consorzio di Bonifica del Pesio	 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA Prove Penetrometriche
Indagine	Invaso di Pianfei – Interventi di adeguamento dell'approvvigionamento irriguo, degli organi di scarico e dei sistemi di monitoraggio dello sbarramento esistente	
Località:	Pianfei (CN)	
Data:	Marzo 2019	



Prove penetrometriche località diga di Pianfei – **DPM 01**



Prove penetrometriche località diga di Pianfei – **DPM 01**



Prove penetrometriche località diga di Pianfei – **DPM 02**



Prove penetrometriche località diga di Pianfei – **DPM 03**



Prove penetrometriche località diga di Pianfei – **DPM 03**