

CONSORZIO BEALEROTTO MUSSI
DI MIGLIORAMENTO FONDARIO
associato al
CONSORZIO DI IRRIGAZIONE DI II° GRADO DEL PESIO

FONDO SVILUPPO E COESIONE 2014-2020

Piano Operativo Infrastrutture

Asse tematico D: Messa in sicurezza del patrimonio infrastrutturale esistente

Linea d'azione: Interventi di manutenzione straordinaria e messa in sicurezza dighe

Delibera CIPE n. 54/2016 – Addendum Delibera CIPE n. 12/2018

INTERVENTI PER LA SICUREZZA FUNZIONALE DELLA DIGA DI PIANFEI

CUP: B83E18000190001

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 Negrone, 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



STECI s.r.l.
SOCIETA' DI INGEGNERIA
 13100 VERCELLI - C.so Libertà, 162
 Tel. +39(0161)215335 - Fax +39(0161)259070
 email : info@stecisrl.it / pec : steci@pec.stecisrl.it

(Dott. Ing. Domenico CASTELLI)

SERIE:

STUDI GEOLOGICI E GEOGNOSTICI

DATA

NOVEMBRE 2020

ELABORATO:

AGGIORNAMENTO

FEBBRAIO 2021

RELAZIONE GEOLOGICA

ELABORATO N°

SG 2.1

ATTIVITÀ SPECIALISTICHE:
 IL GEOLOGO:

(Dott. Geol. Valerio Ricciardi)

PROGETTO ESECUTIVO

ARCH. 10462E

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
 DELLA FASE PROGETTUALE:

(Dott. Ing. Massimo DEL GAUDIO)

MODIFICHE

Aggiornamento

CONTROLLO

Firma

OPERATORE

MF/DC

CONTROLLO

DC

APPROVAZIONE

DC

INVASO DI PIANFEI – CUNEO



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

**SCARICO DI SUPERFICIE
RELAZIONE GEOLOGICA GIUGNO 2019**

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>SCARICO DI SUPERFICIE – INDAGINI 2017</u>	11
5. <u>SCARICO DI SUPERFICIE – INDAGINI GEOFISICHE 2018-2019</u>	13
6. <u>SCARICO DI SUPERFICIE–PROVE PENETROMETRICHE 2019</u>	18
7. <u>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</u>	23

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 dello Scarico di superficie, 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.

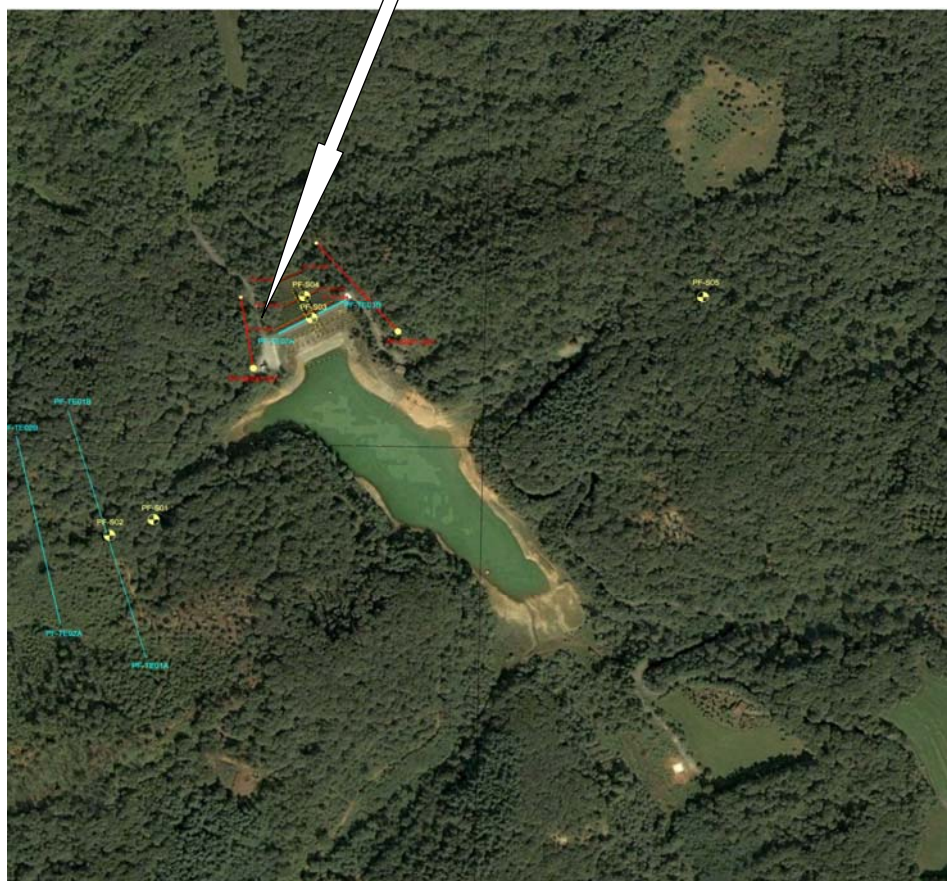
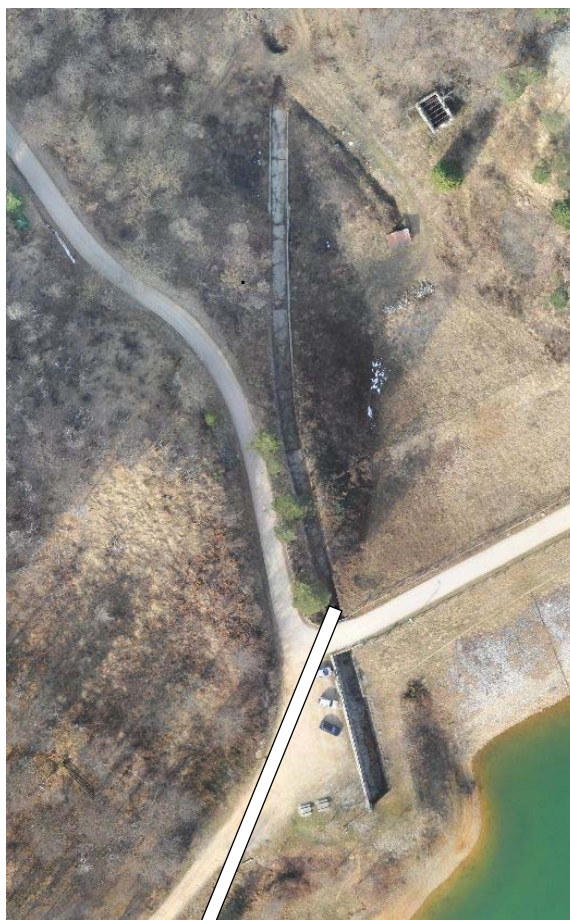
Tali aspetti sono stati esaurientemente indagati con una serie di prospezioni geognostiche i cui risultati vengono sintetizzati nella presente relazione, in quanto pertinenti all'intervento progettuale proposto in questa fase. Tale intervento comprende la realizzazione di varie opere, tra cui una nuova 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 già 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 Scarico di fondo, il cui andamento si sviluppa planimetricamente a poca distanza da quello del canale di Scarico di superficie.

Più recentemente (Nov.2018) sono state eseguite prospezioni sismiche a rifrazione in onda P, finalizzate a determinare le caratteristiche litologiche della formazione parallelamente all'asse dello scarico di superficie. Nel Marzo 2019, oltre ad una prospezione sismica integrativa, sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche per valutare le caratteristiche geotecniche dei materiali di copertura che si sviluppano al di sopra del basamento metamorfico ed interessati dalla realizzazione dell'opera (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.

Canale fugatore posizionato in spalla sinistra dell'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. Nel corso della campagna di indagini, oltre a n.5 sondaggi geognostici nell'area di invaso e nel corpo diga, sono state svolte prospezioni geofisiche di cui una (PF-SR 02-G01) ubicata in prossimità dell'area di interesse progettuale, di cui nel seguito si descrive il dettaglio.

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. 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 del Canale sfioratore.

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

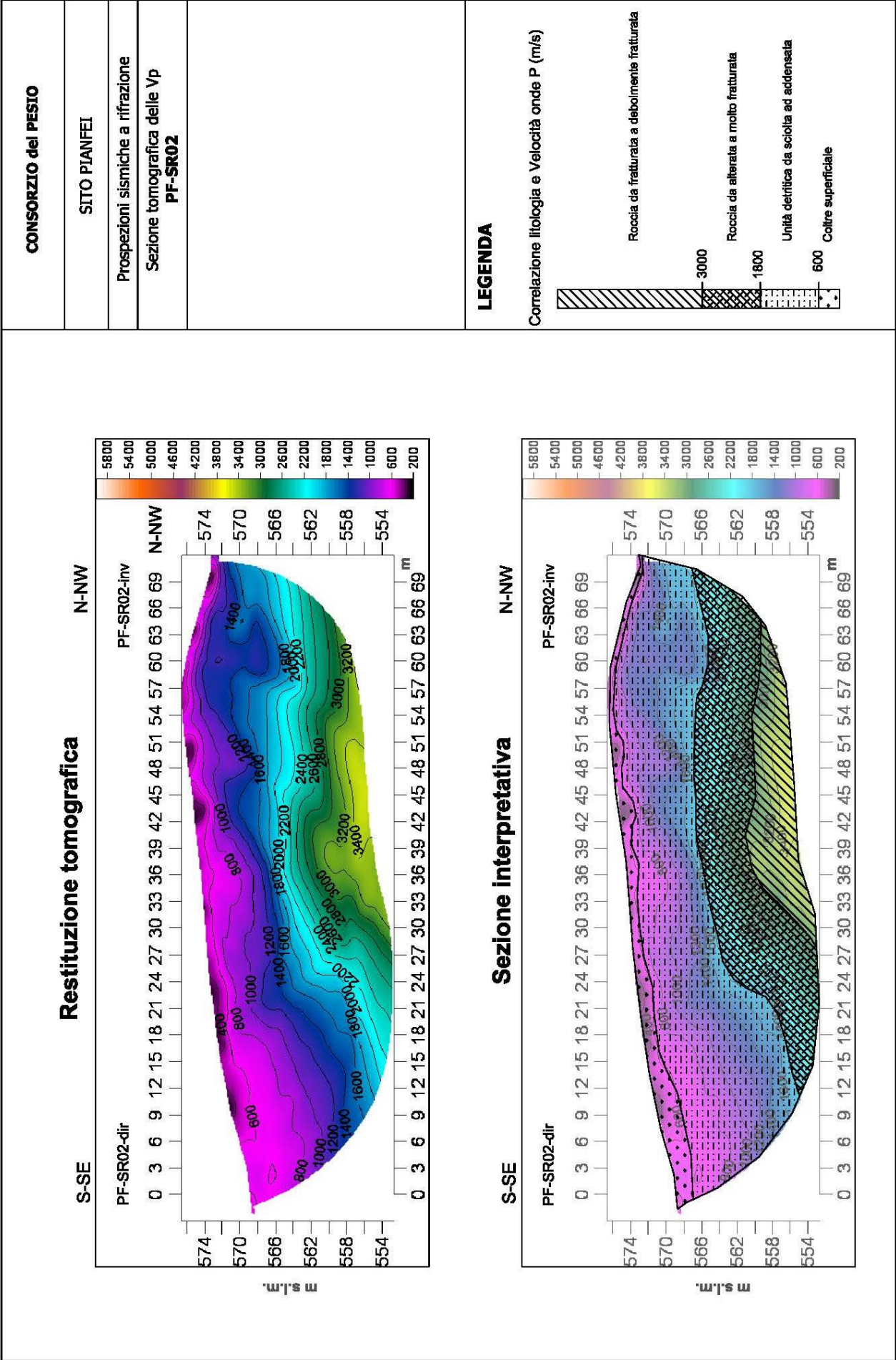
Analizzando i dati della sezione sismica notiamo, sotto lo strato di copertura e prima di raggiungere i livelli più compatti della roccia (che abbiamo identificato con $V_p > 3.000$ m/s), uno strato a velocità intermedia che caratterizza un materiale a comportamento litoide, ma fratturato o in parte 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**

E' possibile inoltre 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.



4. SCARICO DI SUPERFICIE – INDAGINI 2017

Ad integrazione delle informazioni disponibili sono stati recentemente realizzati (Società SONDECO - Giugno 2017) due sondaggi a 25m di profondità dal piano campagna, collocati sull'asse del tracciato del canale in progetto. La documentazione relativa, comprendente stratigrafie ed immagini delle cassette di carotaggio, è allegata alla presente relazione.



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.

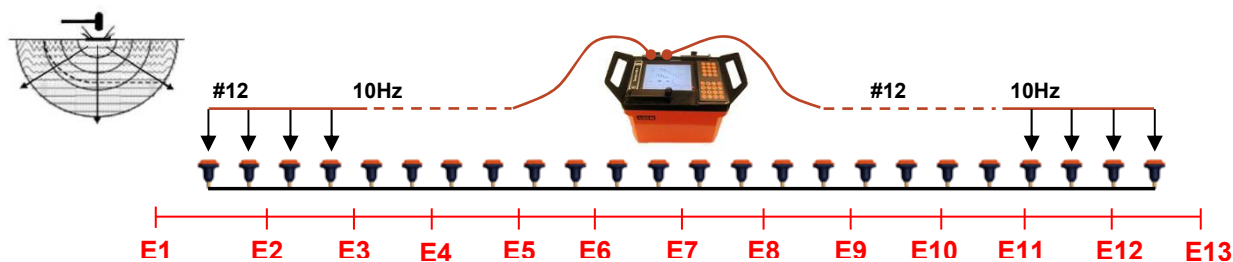
Il sondaggio S2-2017, ubicato sul ciglio di monte della strada comunale di accesso, a nord dello sbarramento ed a circa 35 metri dall'intersezione con il coronamento diga, è stato realizzato fino a 25,5 m dal piano campagna ed intercetta dai primi metri dei serpentinoscisti intensamente fratturati, con 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.

5 . SCARICO DI SUPERFICIE – 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



Come e' possibile osservare nell'ortofotomosaico, lo stendimento di tomografia sismica in asse galleria dello scarico di fondo si sviluppa parallelamente ed a poca distanza dall'attuale canale sfioratore in sinistra idrografica.

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:

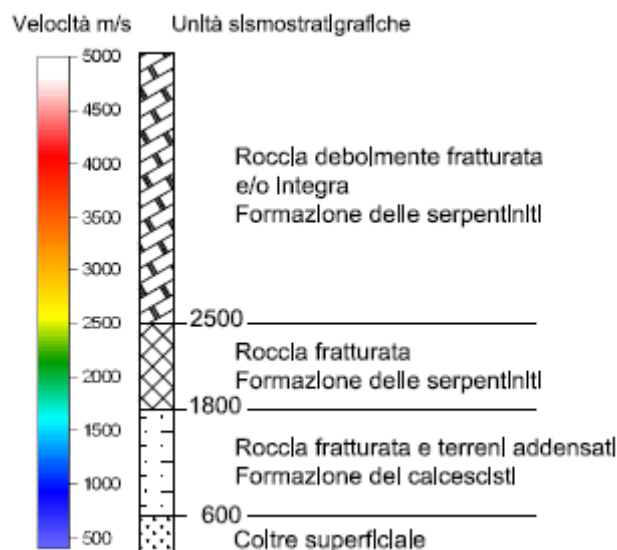
Come massa battente è stato utilizzato un martello da 6Kg con piastra in alluminio e quando possibile il fucile sismico mod." Isotta" cal. 8.
- Dispositivo di time break

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

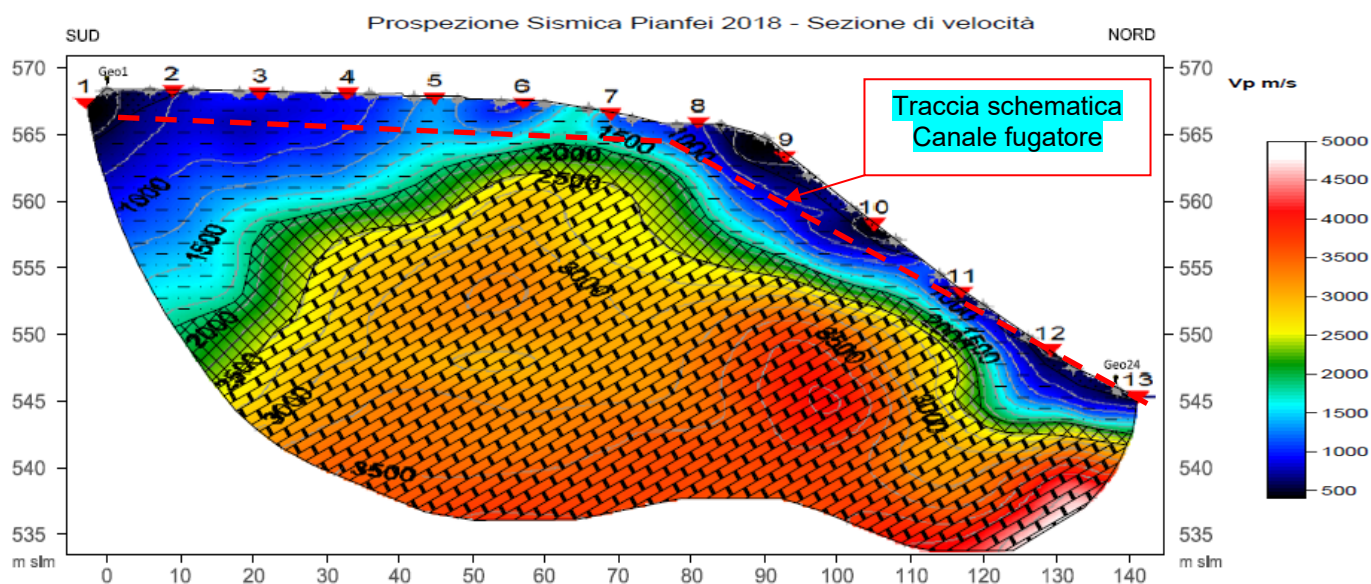
Clisi-ecclimetro BREITHAUPT: Necli 7028 ammortizzato a liquido
- Software di elaborazione:

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.

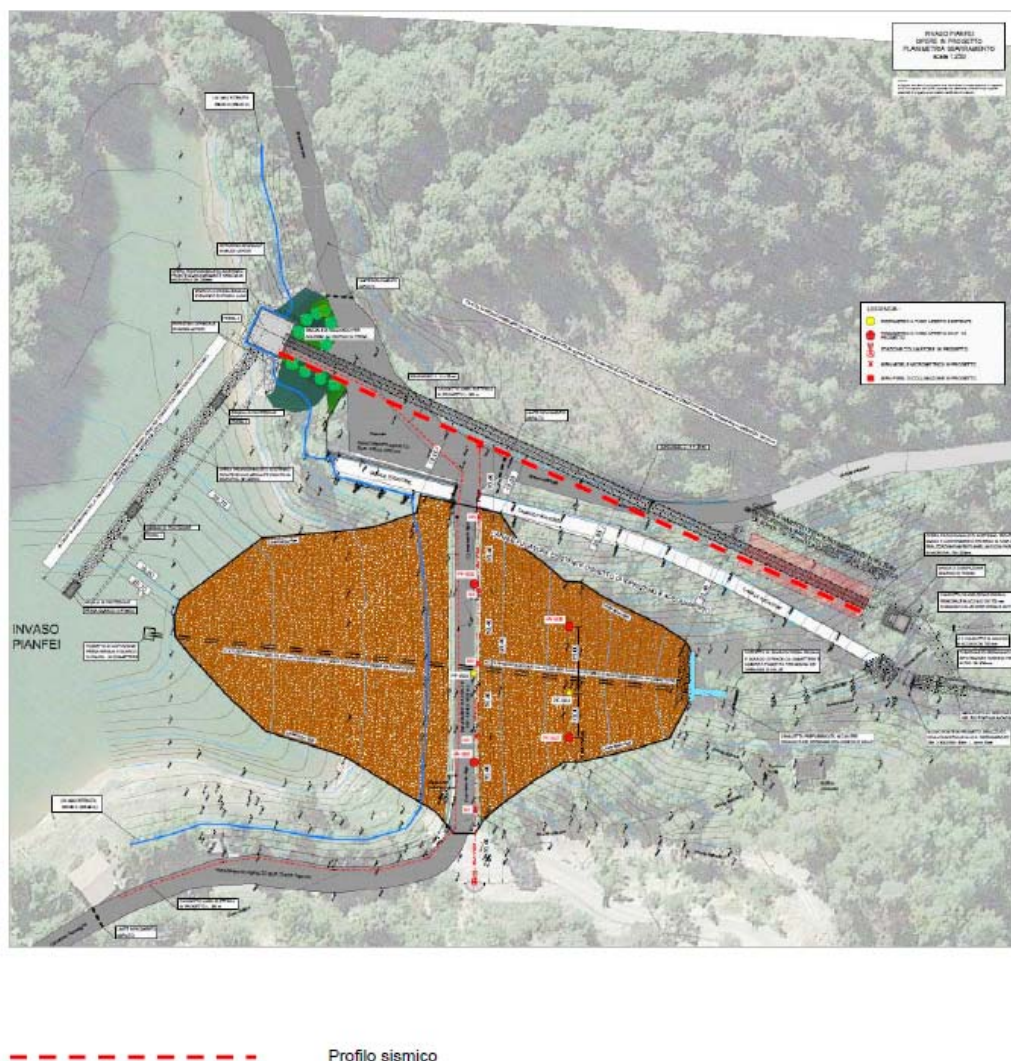


(Sulla sezione sismica e' indicata una livelletta schematica del Canale di scarico da realizzare).

Come e' possibile osservare, il risultato preminente dell'indagine e' costituito dal fatto che la quasi totalita' dello scavo per la realizzazione dell'opera impegna zone caratterizzate da fasce di velocita' delle onde P comprese tra i 500 ed i 1.500 m/s, attribuibili alla parte più alterata delle serpentiniti, a loro volta ricoperte da spessori variabili della coltre detritica.

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.

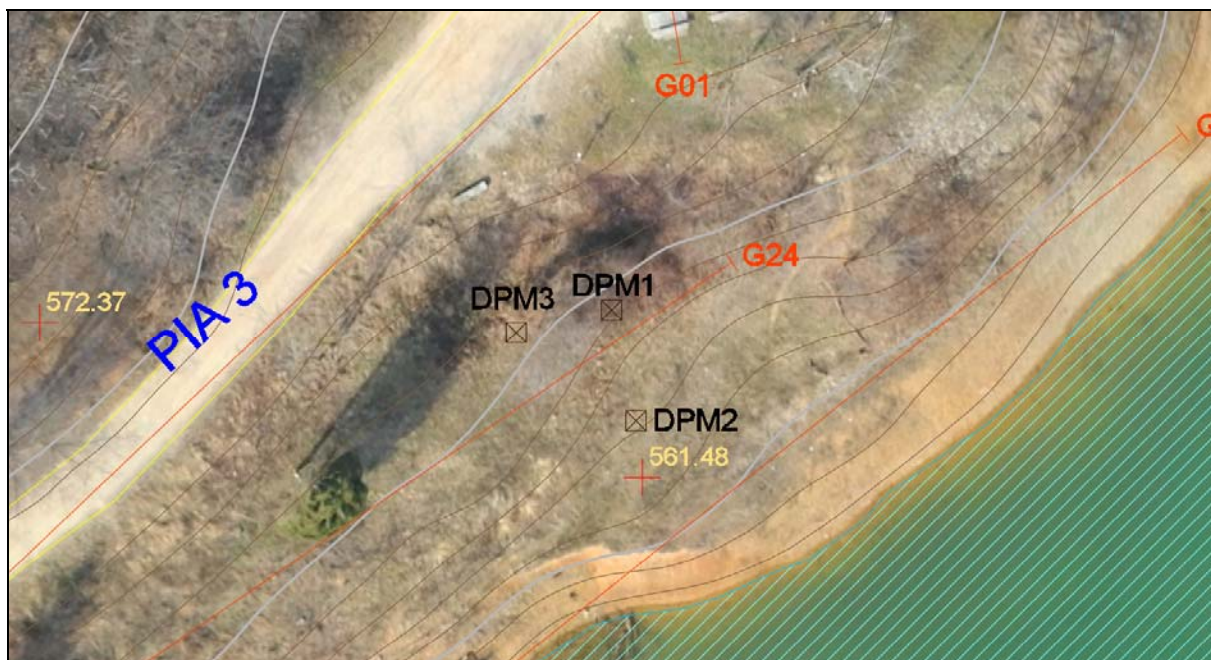


Come e' possibile osservare sulle immagini riportate a seguire, il risultato preminente dell'indagine e' costituito dal fatto che la quasi totalita' dello scavo della galleria di scarico di fondo impegna una zona caratterizzata da velocita' delle onde P maggiori dei 2500 m/s. Queste velocita' sono state 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.

Le linee sismiche ortogonali non vengono descritte in quanto non interessano il tracciato del canale.

6. SCARICO DI SUPERFICIE – 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 -> Y (PESO DI VOLUME) (Terreni coesivi)

$Y_{sat}[t/m^3]$ = peso di volume saturo $Y_d[t/m^3]$ = 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	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd
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	1,59	45	2,13	1,81	70	2,19	1,92	95	2,24	1,99

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

Nspt	Ysat	W%	e	Nspt	Ysat	W%	e	Nspt	Ysat	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/cm²)	Nspt	E'(kg/cm²)	Nspt	E'(kg/cm²)	Nspt	E'(kg/cm²)
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

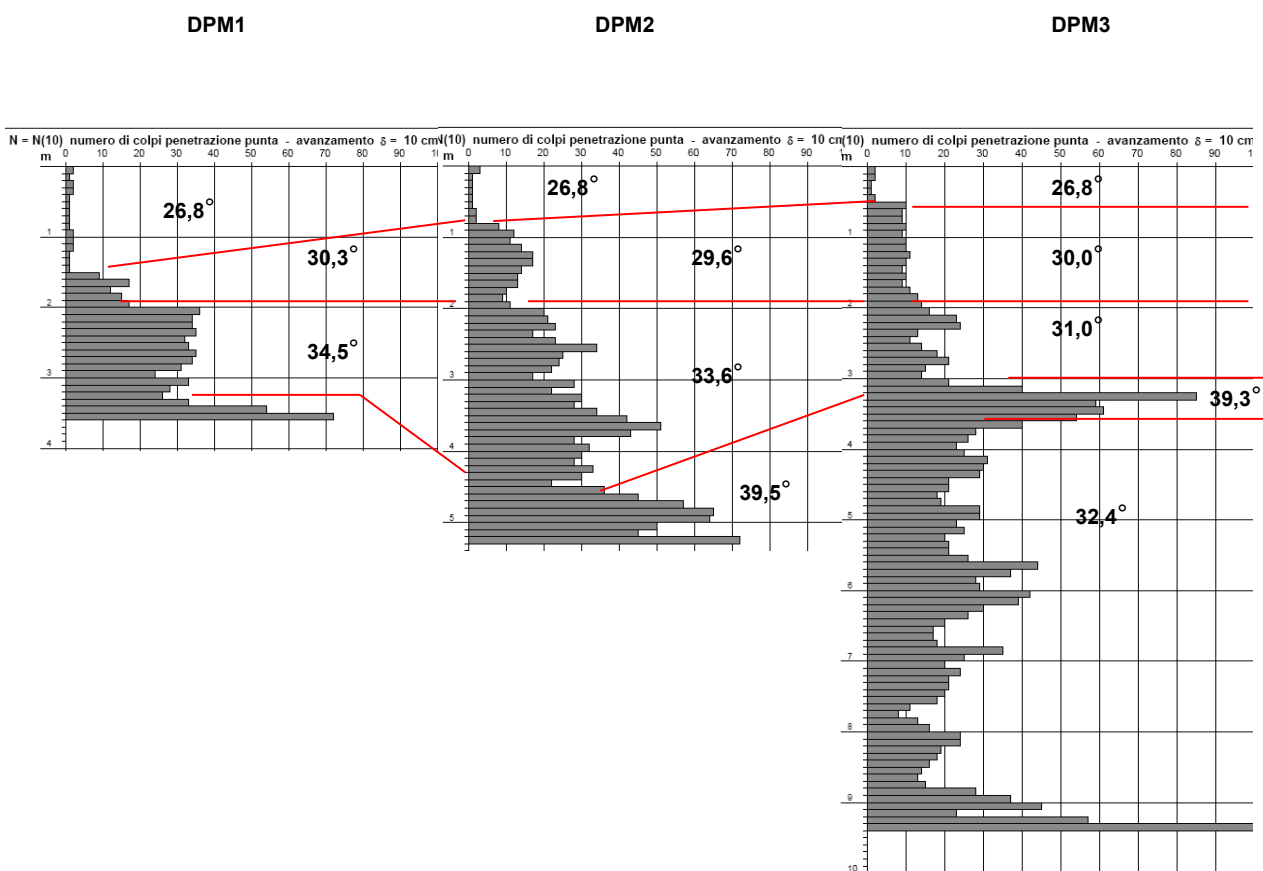
SABBIE S.C. (sovra consolidate)

Nspt	E'(kg/cm²)	Nspt	E'(kg/cm²)	Nspt	E'(kg/cm²)	Nspt	E'(kg/cm²)
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'ambito della progettazione del nuovo Canale dello scarico di superficie si sono prese in esame tutte le risultanze delle indagini in più fasi svolte sull'area di Pianfei, specificatamente pertinenti alle aree di realizzazione della nuova opera.

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

- I sondaggi 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 per la realizzazione del canale impegnerà in massima parte la zona serpentinoso più alterata ricoperta da spessori variabili della coltre detritica e degradazione.

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

Roma, 18/06/2019



(dott. Valerio Ricciardi)



(dott. Fabio Melchiorri)

ALLEGATO 01 - Stratigrafie sondaggi 2017

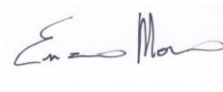


CONSORZIO IRRIGUO DI MIGLIORAMENTO FONDIARIO “BEALEROTTO MUSSI”

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.

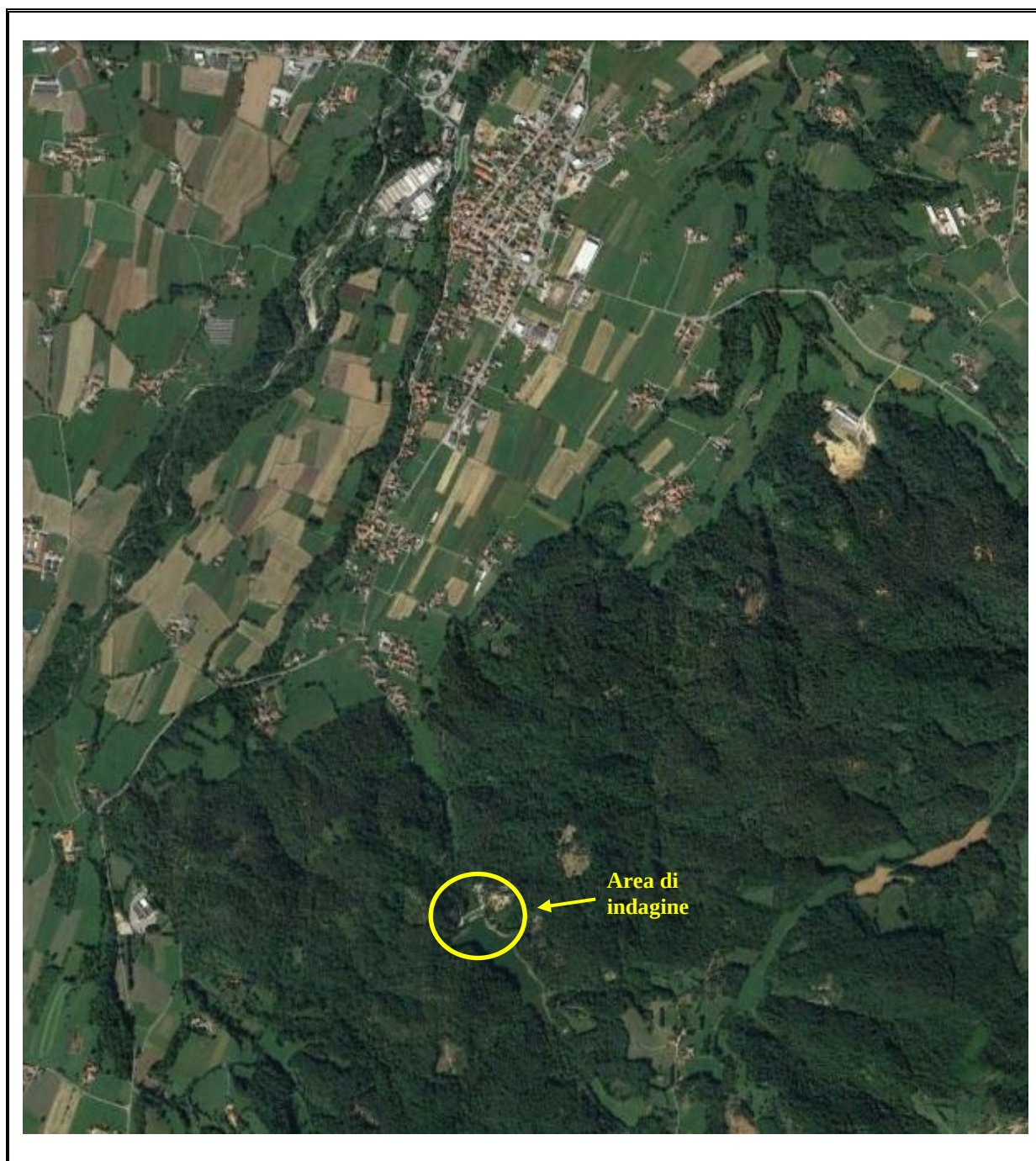


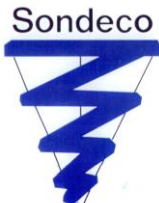
Fig. 1: Inquadramento area di indagine.



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

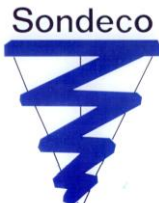
**Allegato
stratigrafico**

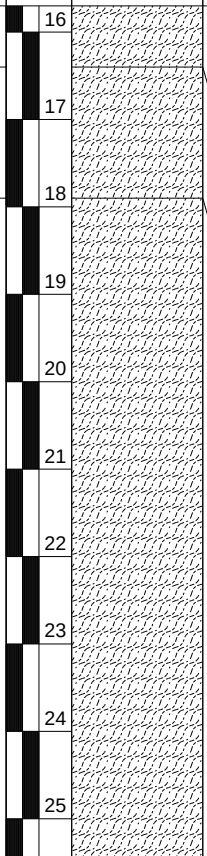
Certificato n° 657 del 06/06/2017

	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							
	2.70	2		Argilla, argilla limosa ed argilla sabbiosa, debolmente stratificata, ossidata ed alterata; colore rosso bruno con screziature nerastre.									
3.60		3											
	1.40	4		Talcoscisti, estremamente alterati ed argillificati, friabili; colore azzurro verdognolo.									
5.00		5											
5.40	0.40	6		Relitto di pietre verdi, fratturate e debolmente alterate; colore verde.					0				
	2.40	7		Talcoscisto, estremamente alterato ed argillificato; colore grigio azzurro verdognolo con passate bruno nerastre.		100		90					
7.80		8				127							
	4.20	9		Calcescisti, estremamente alterati ed argillificati; colore bruno chiaro.									
		10											
		11											
12.00		12				101							
	2.00	13		Calcescisti, intensamente alterati ed ossidati, fratturati; colore bruno rossiccio.		101			15				
		14											
14.00		15				101		50	0				
15.70	1.70			Calcescisti, estremamente alterati ed argillificati, poco o nulla competenti; colore bruno chiaro verdastro.		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).

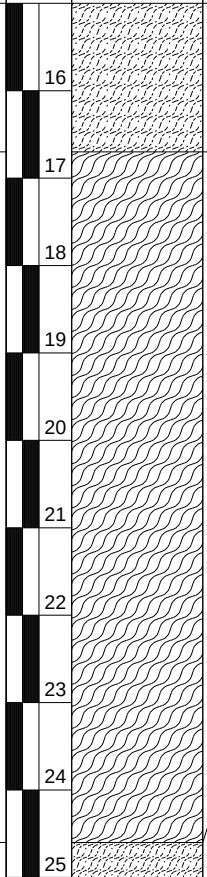
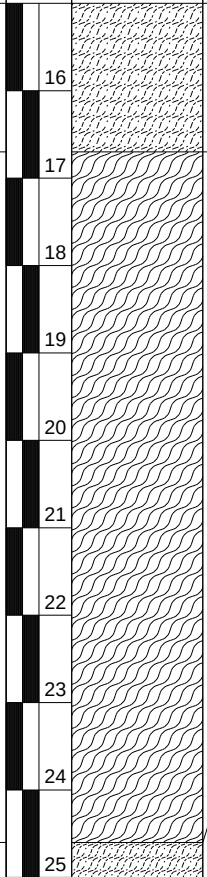
Certificato n° 657 del 06/06/2017

	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.			127						
	1.30	3				100							
3.50				Serpentinoscisti, intensamente fogliati ed intensamente fratturati, con fratture variamente orientate ed inclinate, fino a subverticali; colore verdognolo.		101							
		4				101							
		5				101							
		6				101			0				
		7				101							
		8				101		90					
		9				101							
		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		90	75				
	7.90	18				101							
		19				101							
		20				101							
		21				101			85				
		22				101							
		23				101							
24.60		24		Serpentinoscisti, intensamente fogliati ed argillificati, friabili (possibile presenza di una fascia milonitizzata); colore verdognolo.		101							
25.10	0.50	25				101			0				

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

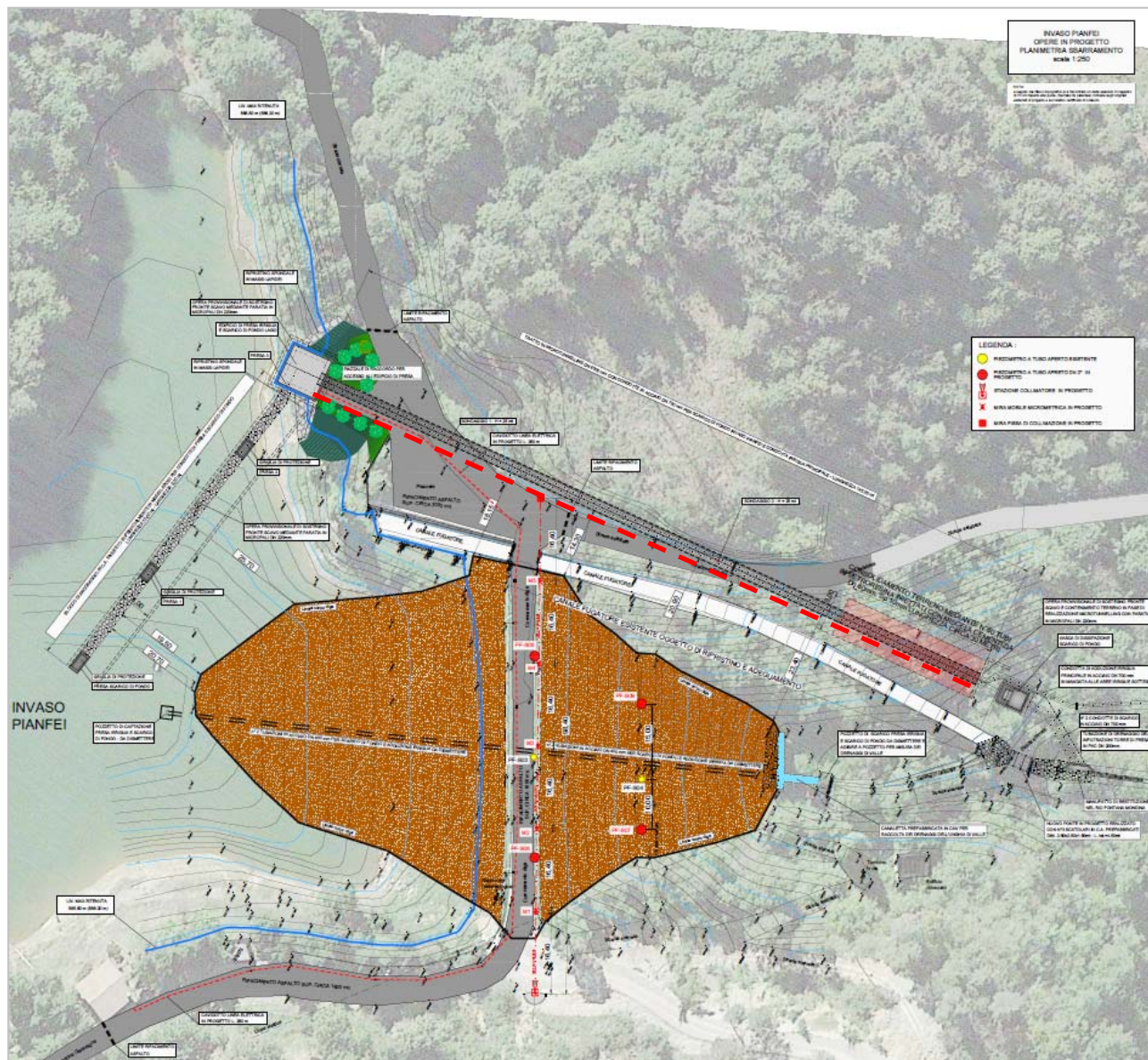
Foto 11: Sondaggio S2 - cassa 5 - da 19.80 m a 25.10 m.



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	



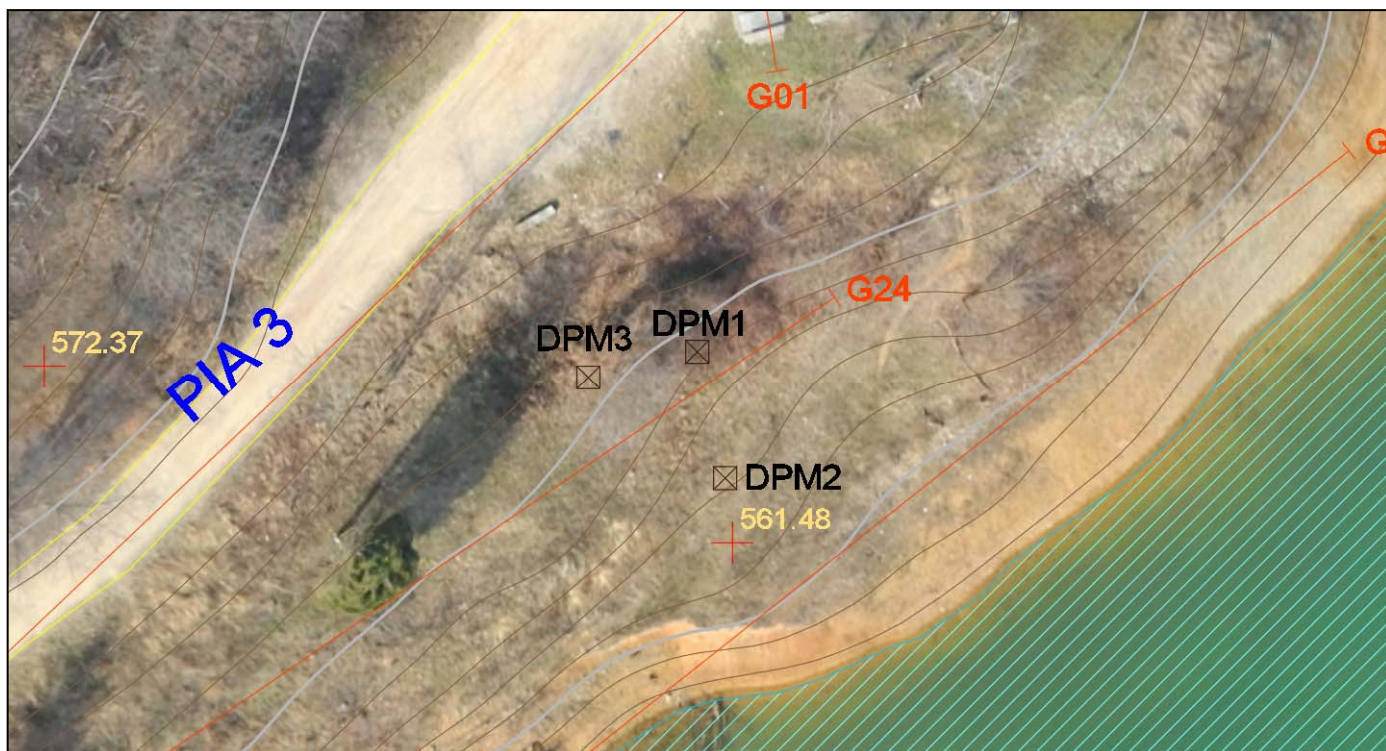
Profilo sismico eseguito nel 2018

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	



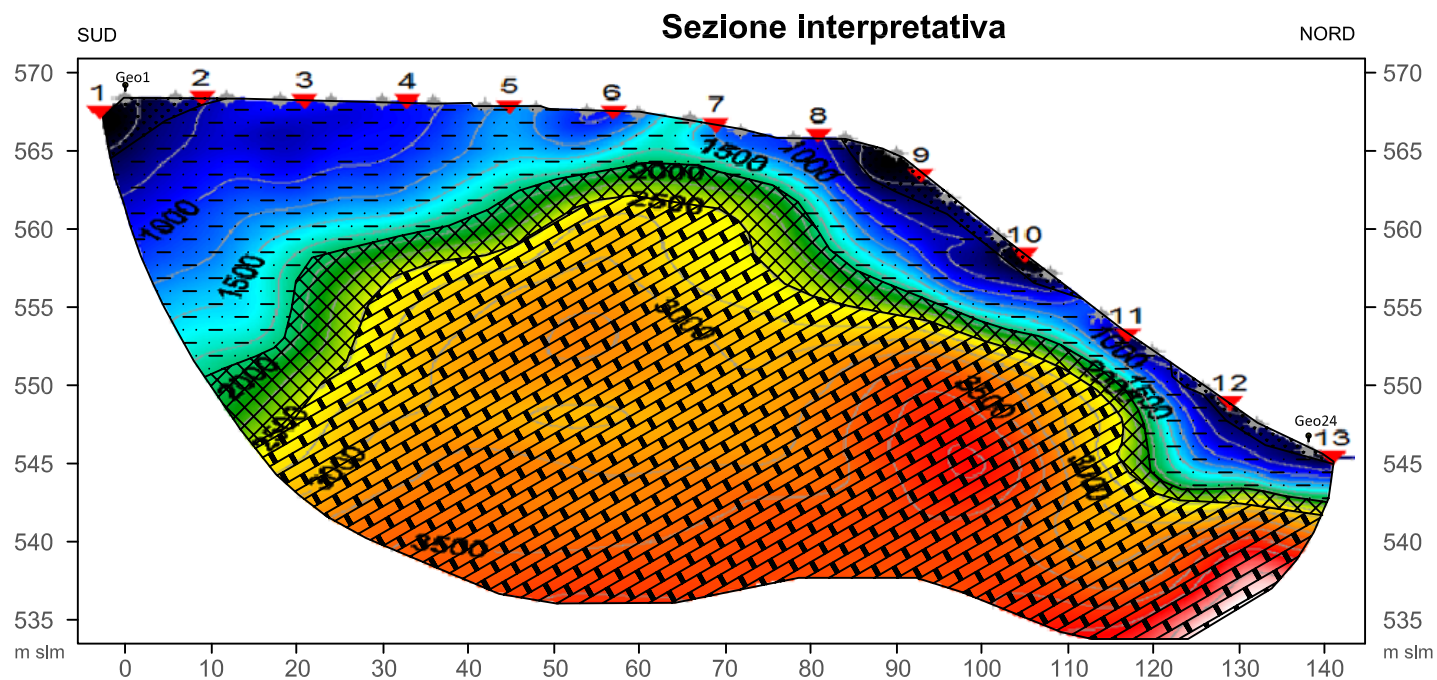
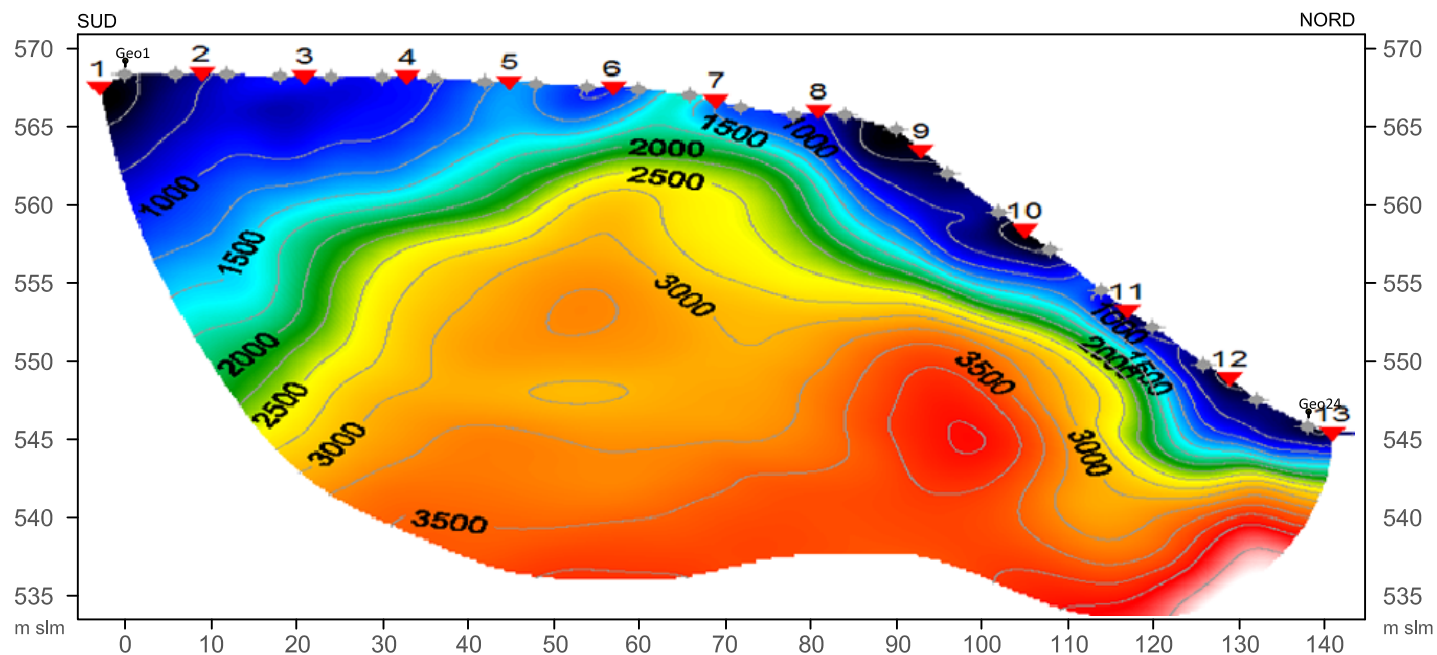
UBICAZIONE DEGLI STENDIMENTI SISMICI A RIFRAZIONE

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



**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

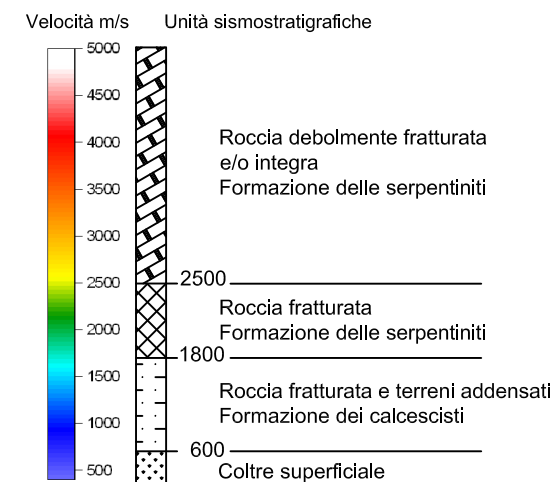
Impresa esecutrice
POLO GEOLOGICO srl



Località: PIANFEI (Cuneo)

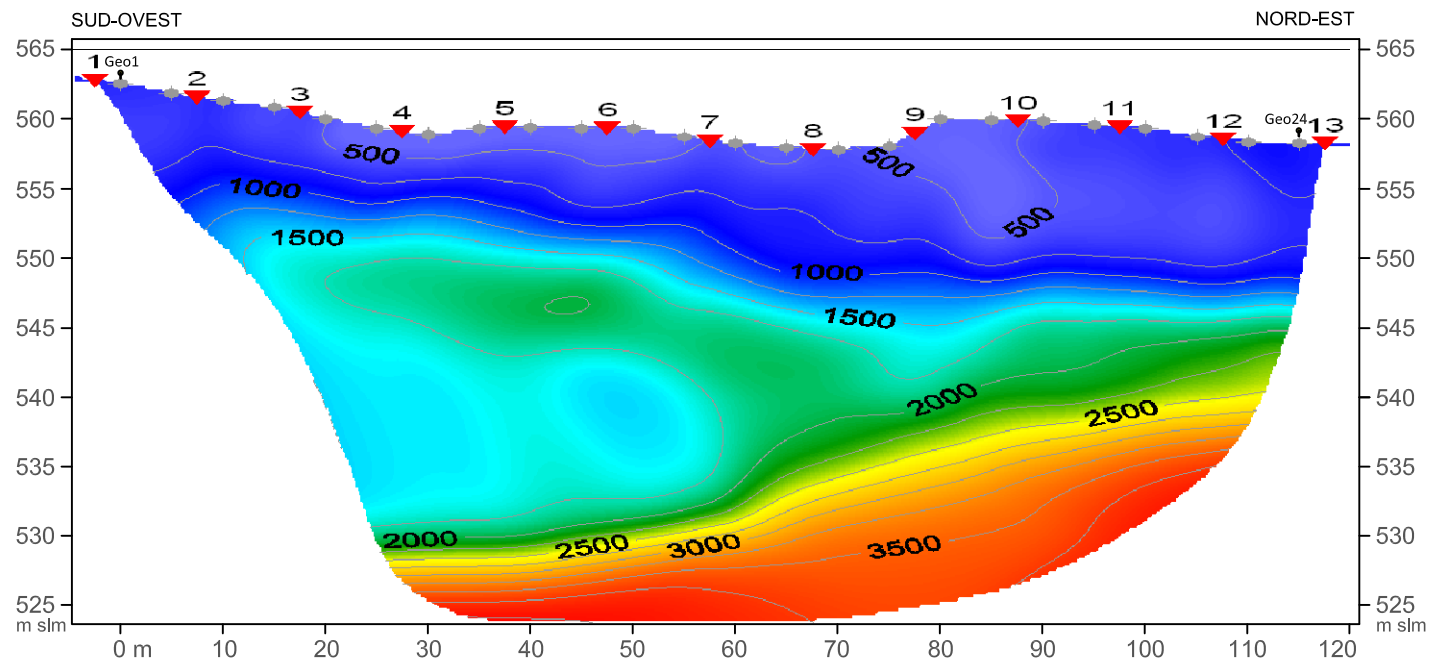
LEGENDA

1 Numero energizzazione Geofono

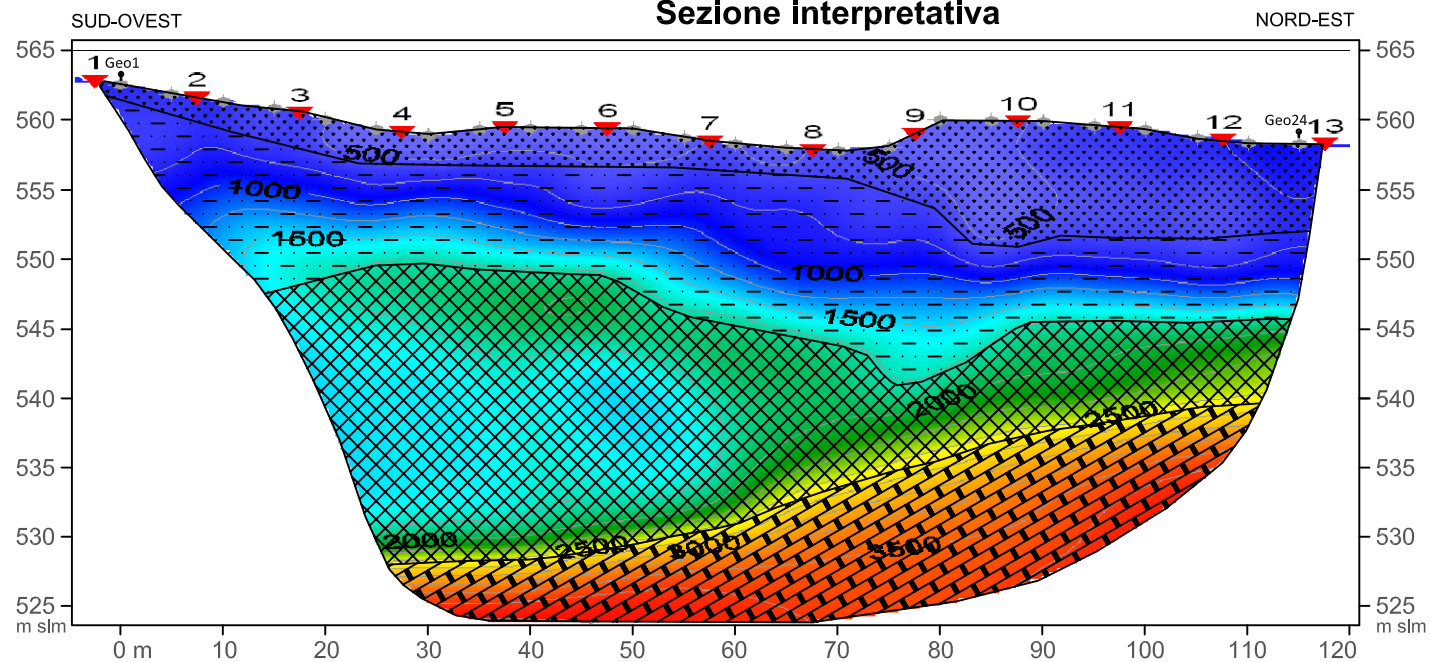


PROFILO PIA - 1

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

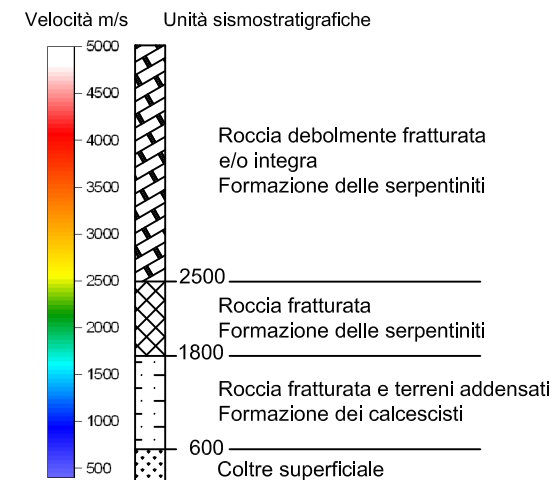
Impresa esecutrice
POLO GEOLOGICO srl



Località: PIANFEI (Cuneo)

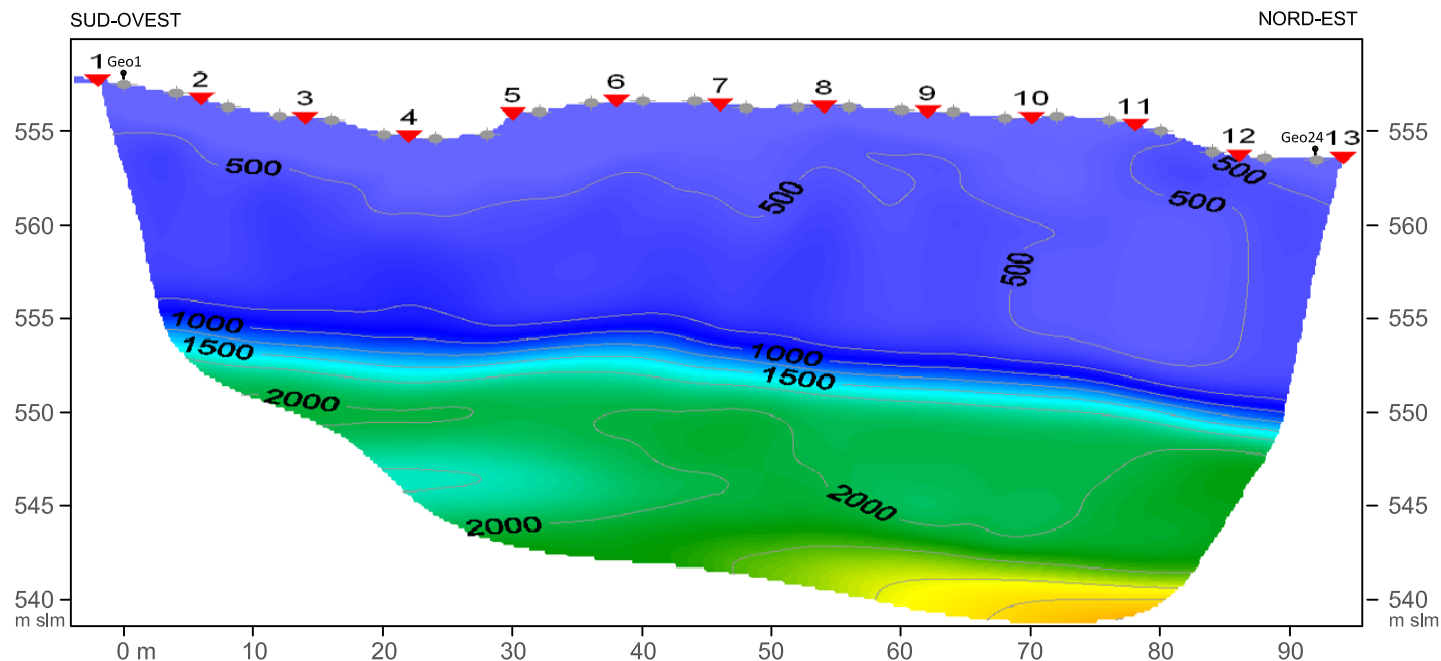
LEGENDA

1 Numero energizzazione Geo24 Geofono

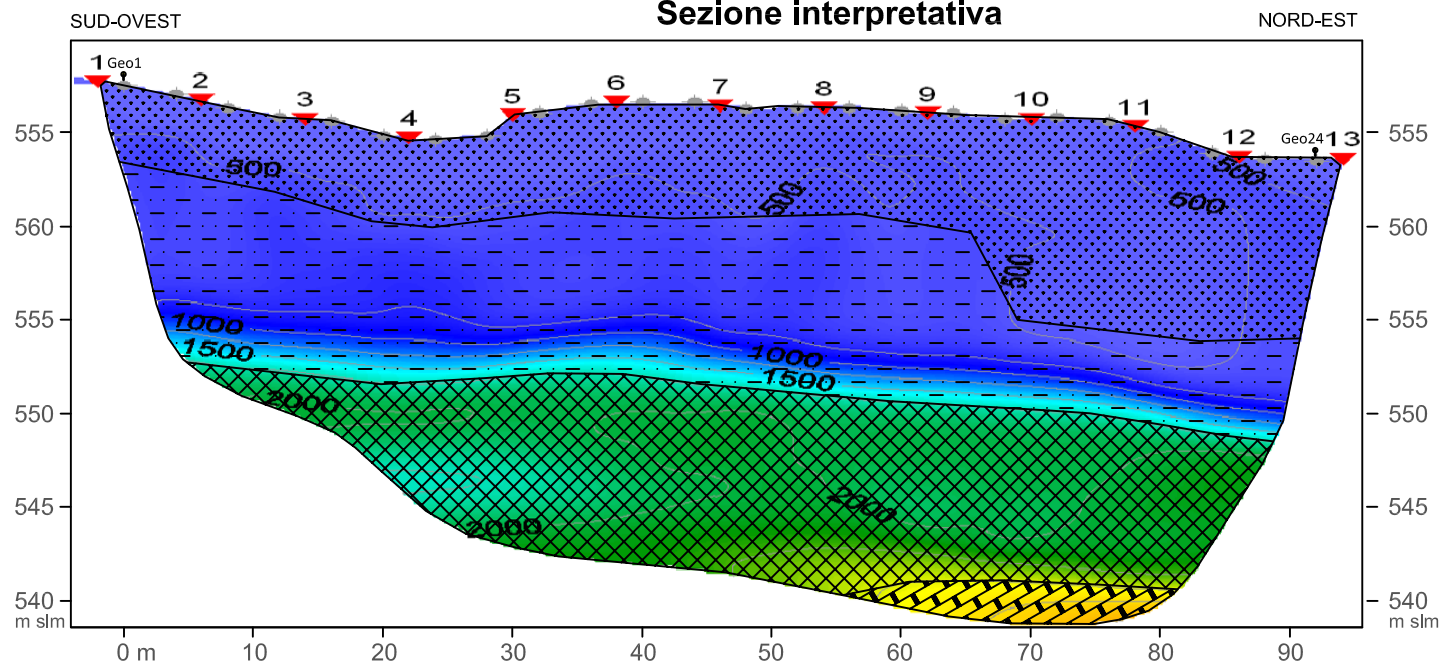


PROFILO PIA - 2

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



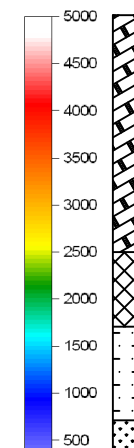
Località: PIANFEI (Cuneo)

LEGENDA

1 Numero energizzazione Geofono

Velocità m/s

Unità sismostratigrafiche



Roccia debolmente fratturata
e/o integra
Formazione delle serpentiniti

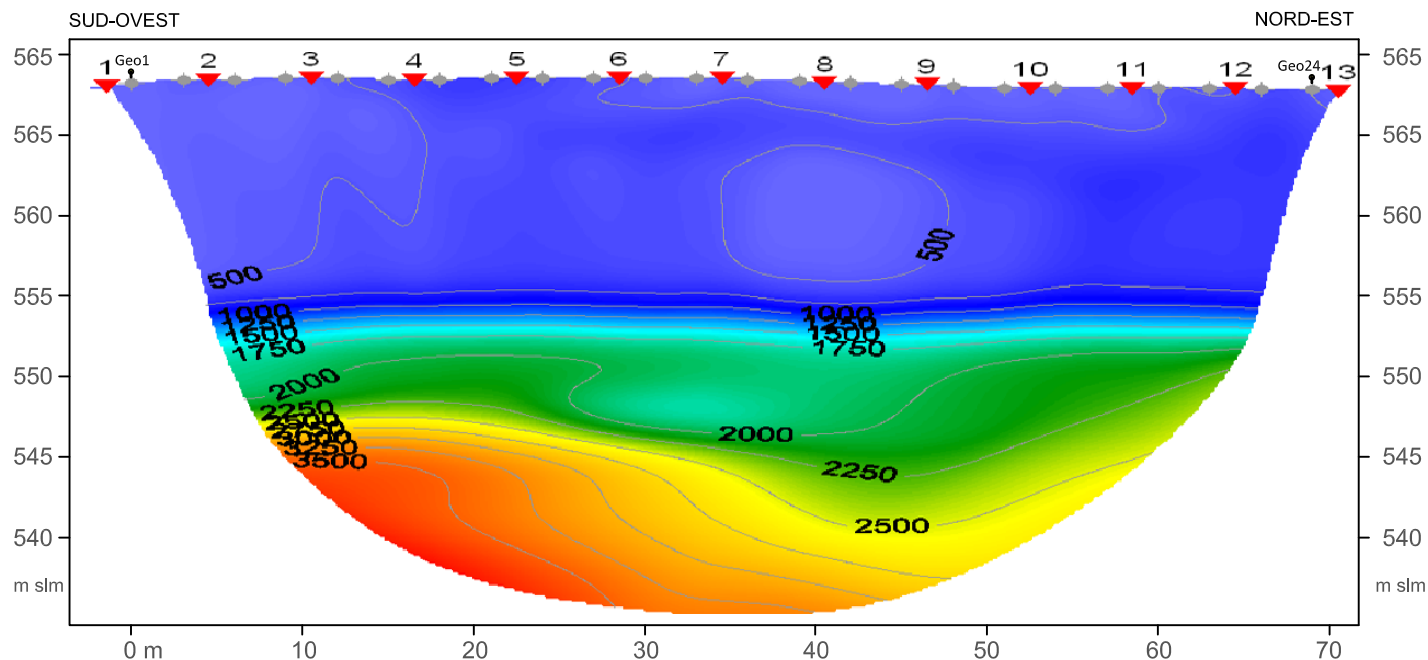
Roccia fratturata
Formazione delle serpentiniti

Roccia fratturata e terreni addensati
Formazione dei calcescisti

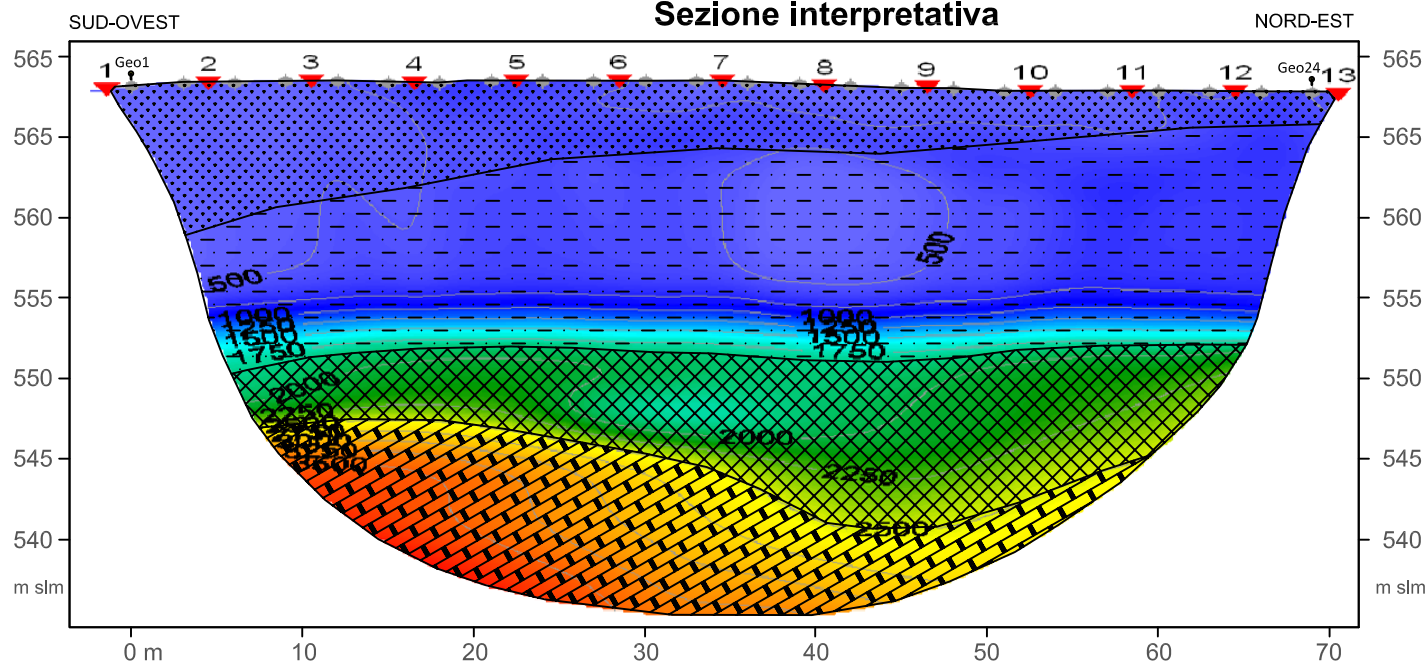
Coltre superficiale

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

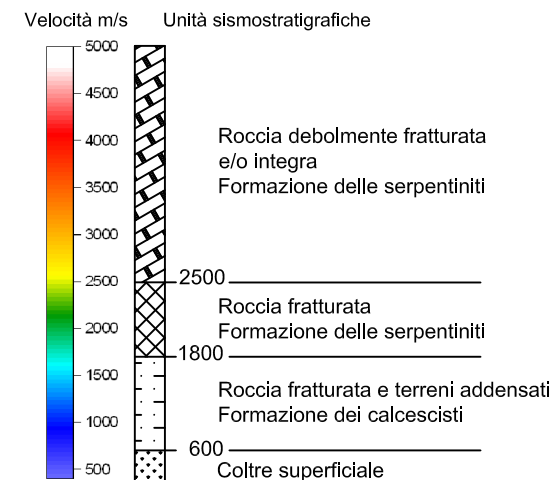
Impresa esecutrice
POLO GEOLOGICO srl



Località: PIANFEI (Cuneo)

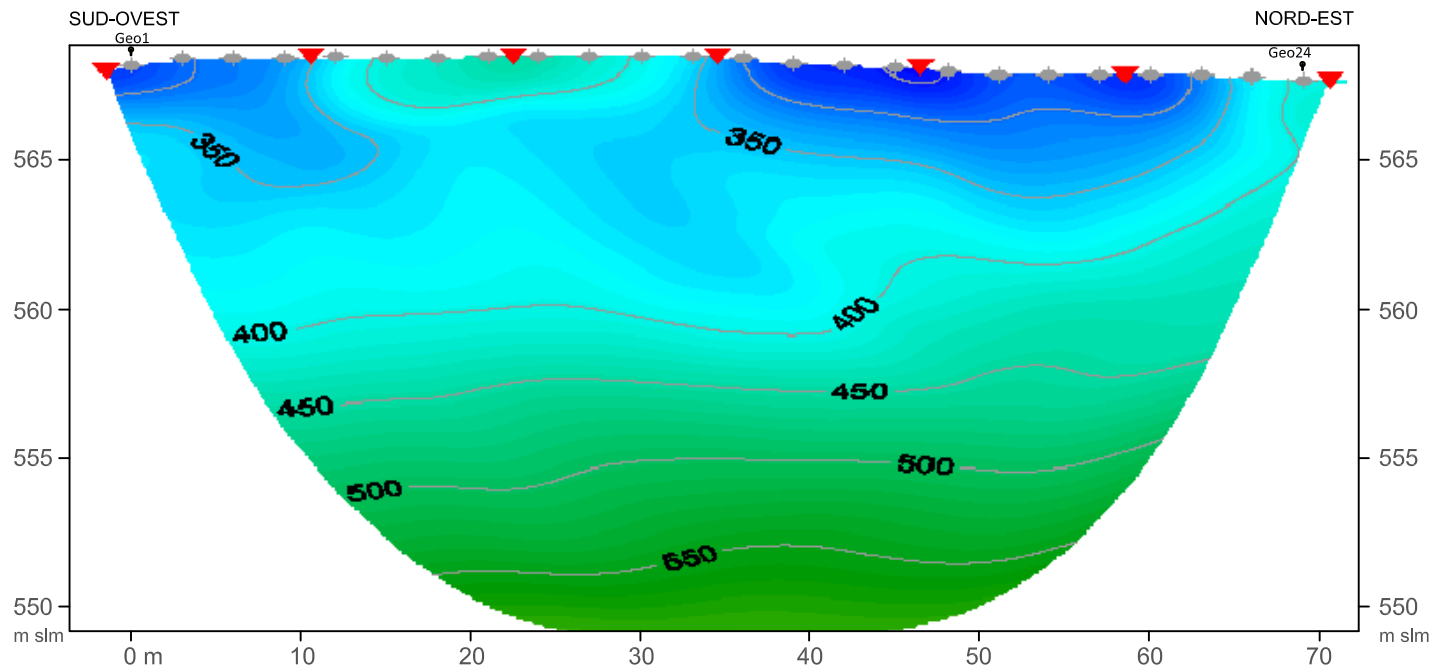
LEGENDA

1 Numero energizzazione Geocono

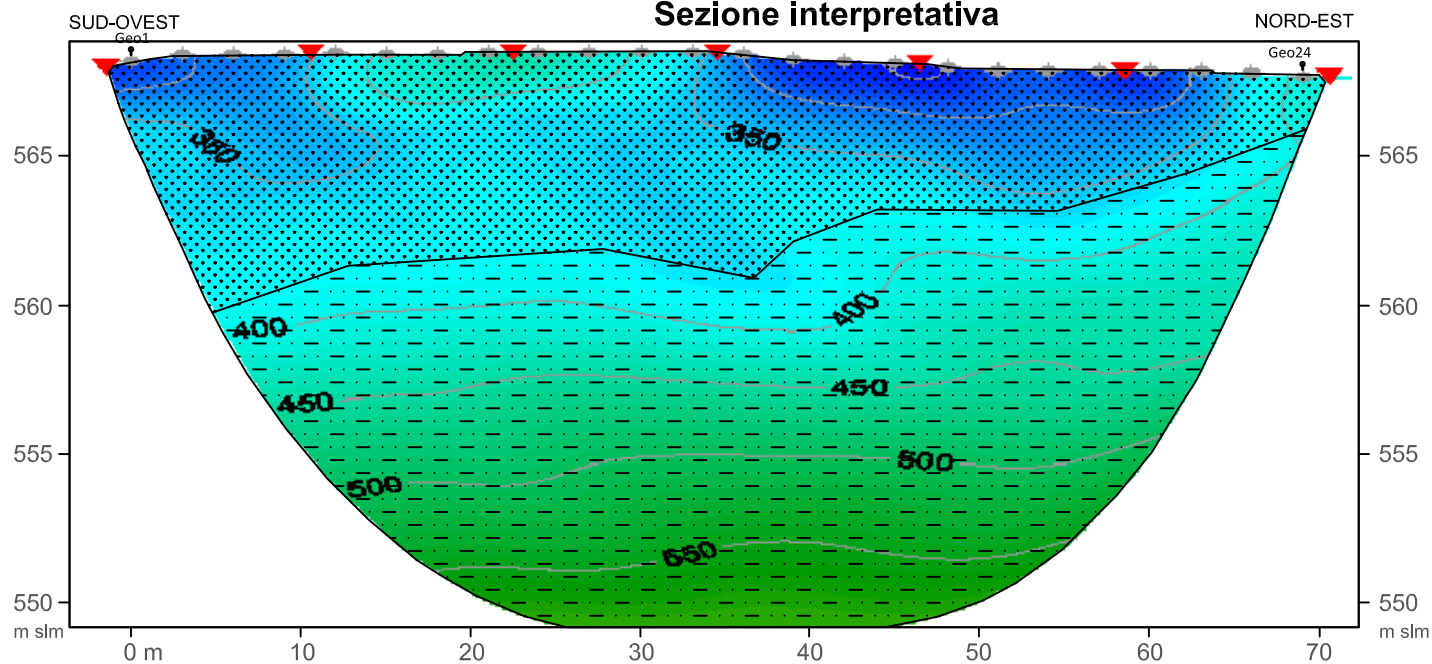


PROFILO PIA - 3 S

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

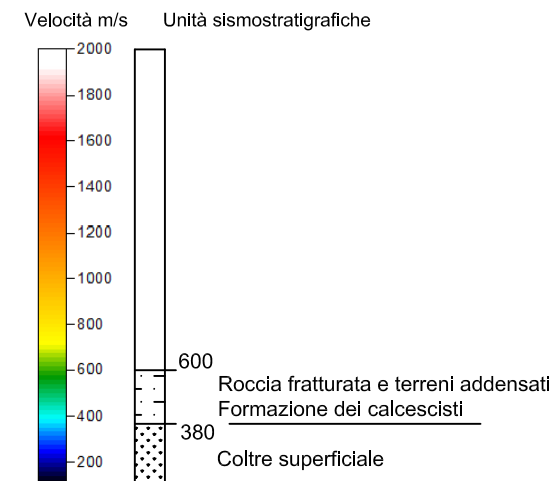
Impresa esecutrice
POLO GEOLOGICO srl



Località: PIANFEI (Cuneo)

LEGENDA

1 Numero energizzazione Geofono



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

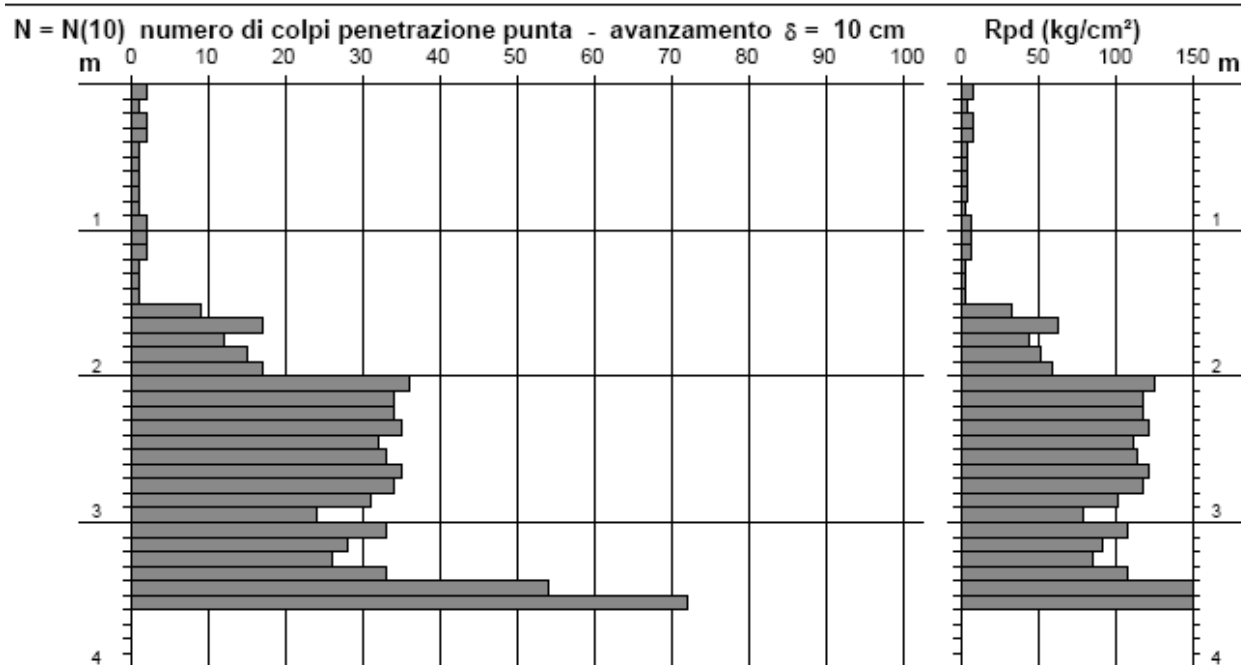
M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

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

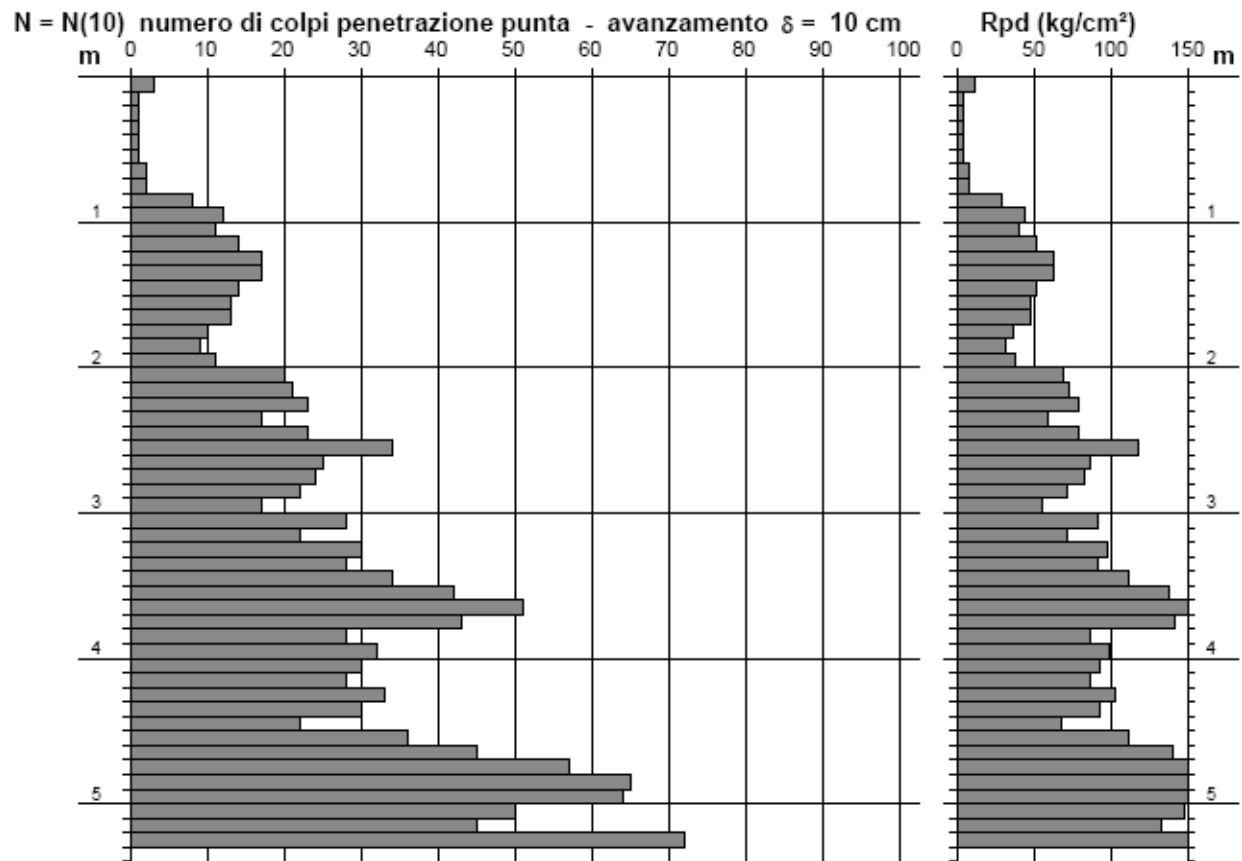
n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 - 1.50		1	3.8	26.4	199	1.84	1.34	---	---	---	---
2	1.50 - 2.00		11	36.5	30.3	276	1.94	1.51	---	---	---	---
3	2.00 - 3.40		25	57.5	34.5	384	2.02	1.64	---	---	---	---
4	3.40 - 3.60		48	83.0	40.5	561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

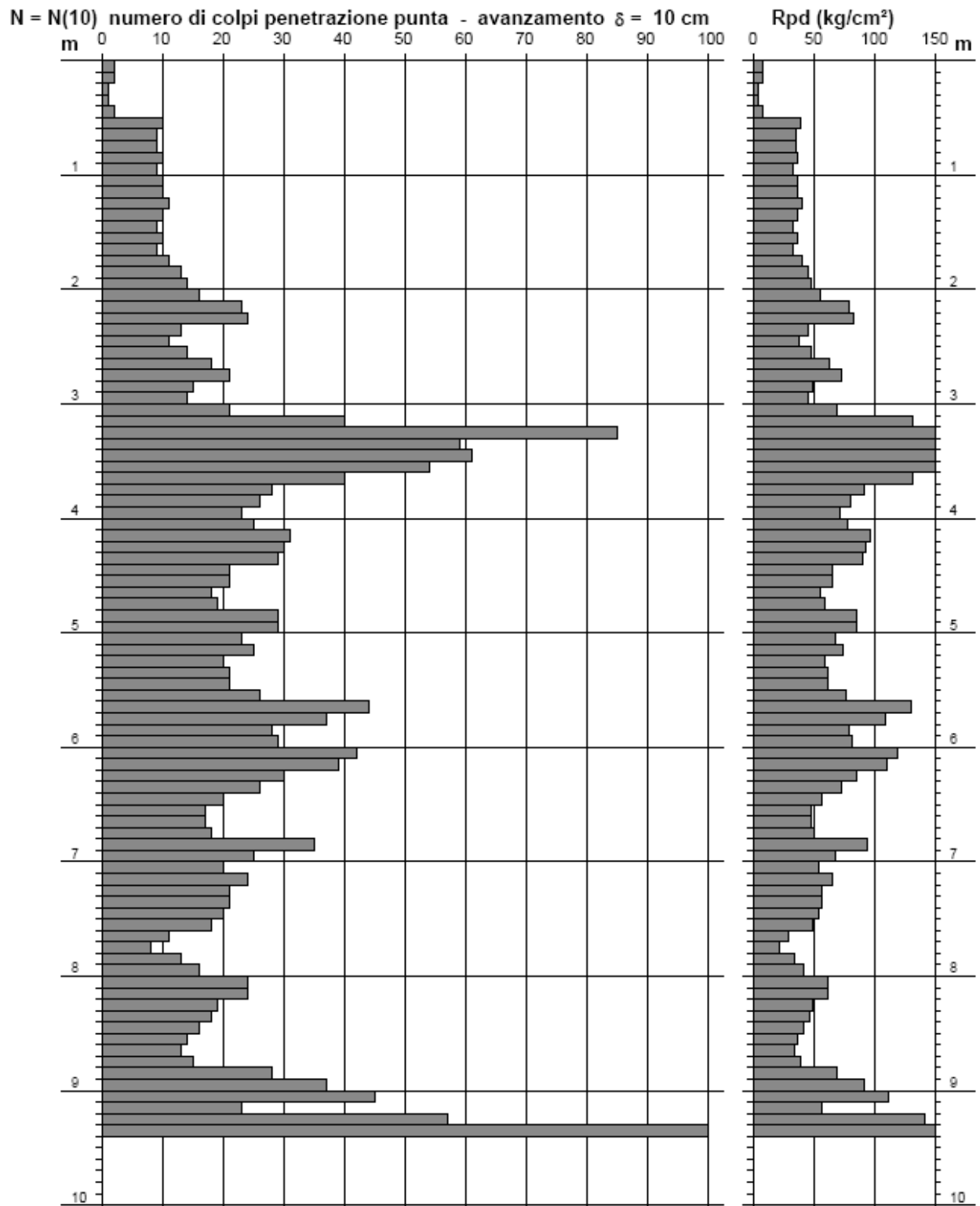
n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 - 0.80		2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	----	----	----	----
2	0.80 - 2.00		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	----	----	----	----
3	2.00 - 4.60		22	53.0	33.6	361	2.00	1.61	----	----	----	----
4	4.60 - 5.30		44	79.0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