Proponente:

"CALA CRAVIEU" Soc. Coop. a r.l.

Via Aurelia di ponente, 1/B - 17015 CELLE LIGURE (SV)

Oggetto:

INTERVENTI DI RIPRISTINO E RINFORZO DELLE OPERE DI DIFESA IN LOCALITA' "CALA CRAVIEU" A CELLE LIGURE (SV) DANNEGGIATE DALLA MAREGGIATA ECCEZIONALE DEL 29-30 OTTOBRE 2018

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

(a cura di Dott. Geol. Paolo Peirone)

Progettisti:



STUDIOGAGGERO

SAVONA Via Pia, 130R
Tel 019 829463 - Fax 019 8386702 - Cell 335/303133
Email ing.gaggero@libero.it

STUDIOELB Ingegneri Associati
Corso Torino 17/6 sc.A - 16129 Genova Tel. 010.5740568 - fax : 010.4211059
e-mail: inge@studioelb.it - PEC: studio@pec.studioelb.it - C.F. e P. I.V.A.: 01933110999

0	18.12.2019	PP	PP	Emissione
Revisione	Data	Redatto da:	Controllato da:	Descrizione

Data:	Scala:		
18.12.2019		B25	R04

Dott. Geol Paolo Peirone

PROVINCIA DI SAVONA

COMUNE DI CELLE LIGURE



Committente: CALA CRAVIEU Soc. Coop – Celle Ligure

REALIZZAZIONE DI NUOVO MURO FRANGIFLUTTI DEL PORTO "CALA CRAVIEU" DEL COMUNE DI CELLE LIGURE

RELAZIONI GEOLOGICA, DI PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

(ex D.M. 17/01/18 e succ; L 167/98)

Il presente documento si compone di:

Pagine n° 14

Allegati: n° 24

Committente: CALA CRAVIEU Soc. Coop. – Celle Ligure
REALIZZAZIONE DI NUOVO MURO FRANGIFLUTTI DEL PORTO "CALA CRAVIEU" DEL COMUNE DI CELLE LIGURE
Relazioni geologica, di parametrizzazione geotecnica e sulla modellazione sismica a supporto della progettazione definitiva
Data: Ottobre 2019

Firmato digitalmente da

PAOLO PEIRONE

O = Ordine Regionale Geologi Liguria

C = IT

Dott. Geol. Paolo Peirone – Via Barrili 4/1 – SAVONA
N° 170 O.R.G.d.L.
e-mail: paolopeirone@libero.it

INDICE

1. PREMESSA 3

2 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO, COMPRENSIVA DI CARATTERI GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI (§ 6.2.1 NTC 2018) 4

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE REALIZZATE E PROVE IN SITU 5

3.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO 5
3.2 PROVE SPT (STANDARD PENETRATION TEST) 6
3.3 VALUTAZIONE PER LA ROCCIA DELL'INDICE GSI 7

4. INDAGINE GEOFISICA 8

4.1 PROSPEZIONE "DOWN-HOLE" 8
4.2 RISULTATI DELLA PORVA "DOWN-HOLE" E CLASSIFICAZIONE SISMICA 9

5. CARATTERIZZAZIONE CON MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO (§6.2.2 NTC 2018) 10

6 SISMICITA' 10

6.1 ZONAZIONE SISMICA, CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (§3.2.2 NTC 2018) 10
6.2 AZIONE SISMICA (§3.2 NTC 2018) 11

7.PARAMETRI DI PROGETTO 13

8 CONCLUSIONI 14

1. PREMESSA

Lo scrivente professionista è stato incaricato dalla Committenza di redigere una relazione geologica e geotecnica a supporto del livello progettuale definitivo, relativamente alla realizzazione di un nuovo muro frangiflutti del porto "Cala Cravieu" nel Comune di Celle Ligure.

Il professionista scrivente ha ricevuto incarico di effettuare gli accertamenti geologici necessari alla definizione di tutte le informazioni geologiche geomorfologiche e geotecniche atte a supportare il progetto allo studio.
I contenuti del presente documento – che partono dall'analisi dello stato attuale dell'area allo studio - sono normati dal D.M. 17.01.18, in merito specificamente alle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni presenti all'interno del volume significativo del progetto allo studio.

A tal fine sono stati eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo rispettivamente di 19 m e 15 m profondità , il primo condizionato con tubo in abs per l'esecuzione di indagine geofisica. Durante le terebrazioni sono state condotte prove SPT.

E' stata quindi condotta apposita indagine geofisica con analisi dell'andamento delle onde s fino alla profondità di 19 m (per il calcolo delle Vseq) a mezzo di prova Down Hole entro il primo foro di sondaggio.

Nel seguito si verificherà la compatibilità del progetto con l'equilibrio geologico – idrogeologico locale ed in particolare con le caratteristiche geotecniche dei terreni di sedime.

Viene ora inoltre analizzato, alla luce della Normativa di Piano di Bacino del torrente Sanda (D.L. 180/1998 convertito in L.267/1998), l'inquadramento dell'area in argomento.

L'area oggetto di studio, come evidenziato dagli estratti cartografici del Piano di bacino stralcio del Torrente Sanda, si trova già all'interno del contesto marino e non viene caratterizzata per quanto concerne sia la suscettività al dissesto, che gli aspetti idraulici.

Di seguito sono esposte le risultanze di quanto direttamente esperito.

2 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO, COMPRENSIVA DI CARATTERI GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI (§ 6.2.1 NTC 2018)

L'area, sede dell'intervento in oggetto, è sita lungo il lato esterno del porticciolo a una distanza di circa 30 m dalla linea di costa, caratterizzata da una falesia in arretramento con creazione antistante a essa di una morfologia tipica a "beach-pocket", ai margini laterali di una minuta valletta o linea preferenziale di deflusso che risale rapidamente verso Località Bottini. Idrograficamente si trova in prossimità della linea spartiacque secondaria che separa il bacino del Rio Lorio (a W) da quello del Rio Santa Brigida (a E).
La falesia è in roccia conglomeratica. Il substrato litoide presente è noto in letteratura con l'appellativo di "Formazione di Molare" (AA:VV: Alpi Liguri – 1991; Carta Geologica d'Italia 1:100.000, Foglio Genova e CGR all.), appartenente ai depositi tardo e post-orogenici della serie del Bacino Terziario del Piemonte. Esso è perlopiù caratterizzato da conglomerati ed arenarie grossolane. La tipologia deposizionale testimonia il processo di trasgressione del bacino che ha avuto inizio nell'Oligocene Inferiore sviluppandosi da NE (rispetto alla geografia attuale) ove nei dintorni di Voltaggio è datata all'Oligocene inf., per poi estendersi in direzione NE-SO. Tale processo alternandosi a temporanei ritiri ha dato luogo, in corrispondenza delle insenature più profonde, alla formazione di un modesto apparato deltizio la cui estensione lambiva le zona di Celle-Varazze e i cui conglomerati di alimentazione si osservano lungo l'attuale costa.
Antistante la linea di costa il bed-rock si immerge rapidamente, ma si possono reperire anche parzialmente emersi, singoli blocchi lapidei da metrici a plurimetrici originatisi per fenomeni di crollo da arretramento di falesia
Il substrato roccioso presenta una permeabilità primaria medio-bassa assumendo valori più elevati in corrispondenza di locali zone di alterazione. La coltre in presenza di cospicua presenza di scheletro sabbioso può considerarsi mediamente permeabile.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE REALIZZATE E PROVE IN SITU

3.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Sono state eseguite due perforazioni a carotaggio continuo mediante sonda a rotazione CMV MK600DF denominate rispettivamente S1 e S2 e disposte come nella allegata planimetria.
Entrambe le terebrazioni sono state condotte rispettivamente a -19 m e -15 m di profondità da p.c..
Il foro S1 è stato condizionato con tubo in ABS per l'esecuzione di indagine geofisica in foro.
Negli allegati al presente testo sono presenti le foto delle cassette catalogatrici e i moduli stratigrafici completi con tutte le informazioni sull'andamento delle terebrazioni e delle prove in situ condotte durante le lavorazioni.

La successione stratigrafica ottenuta ed esaminabile direttamente dagli allegati moduli stratigrafici ha permesso di individuare sostanzialmente tre orizzonti principali sovrapposti dotati di differenti caratteristiche granulometriche e deposizionali :

- Orizzonte 1: Soletta in cls di copertura che nel caso di S1 è continua mentre nel caso di S2 è discontinua con "tetto" inframmezzato da riempimento granulare artificiale non costipato, e "fondo" sempre in cls di chiusura;
- Orizzonte 2: Depositi marini perlopiù incoerenti e da mediamente grossolani a grossolani, con matrice fine subordinata;
- Orizzonte 3: Substrato sedimentario conglomeratico.

Gli orizzonti stratigrafici presentano potenze piuttosto costanti, come evidente sia dalle stratigrafie che dalla sezione geotecnica. Vengono ora elencate le differenti profondità medie.

- Orizzonte 1: fino a -4 m da p.c.

- Orizzonte 2: fino a -9/11 m da p.c.

- Orizzonte 3: semi-infinito

3.2 Prove SPT (Standard Penetration Test)

In avanzamento d'indagine sono state realizzate globalmente 6 prove SPT, a varie profondità, sia nella porzione sciolta dell'orizzonte 1 che nei depositi di spiaggia dell'orizzonte 2.
Tale prova, effettuata negli orizzonti a scheletro granulare prevalente permette una rapida definizione, considerati alcuni parametri correlati quali la tensione litostatica efficace verticale, la densità relativa e non ultimo il grado di efficienza dell'apparato SPT usato (nel nostro caso di tipo Pilcon-Nenzi), della resistenza al taglio in condizioni di pressioni efficaci.
La prova SPT consiste nell'infissione di un campionatore (Raymond) per 45 cm a partire da una determinata profondità del foro mediante infissione operata in tre successivi intervalli di 15 cm cadauno con urti di un maglio battente di peso standard.
Mediante la sommatoria (NSPT) del numero di colpi complessivamente necessari all'infissione degli ultimi 30 cm si può risalire, secondo la letteratura geotecnica, empiricamente, a definire la densità relativa (Dr) e alla definizione della resistenza al taglio in termini di pressioni efficaci (angolo di attrito φ').

I valori NSPT di tutte le prove sono evidenti nelle stratigrafie dei sondaggi allegate.

Nei nostri due sondaggi, per quanto riguarda gli orizzonti a scheletro granulare prevalente, sono stati ottenuti i seguenti valori medi NSPT :

Orizzonte 2: NSPT medio= 18

Facendo riferimento a quanto indicato da vari autori quali Bowles e Viggiani, (cfr. riferimenti bibliografici) e considerando una correzione litostatica secondo Liao e Whitman (1986), si possono individuare per i due orizzonti granulari più superficiali una densità relativa calcolata secondo Gibbs & Holtz (1957), e il valore di angolo di resistenza al taglio φ' calcolato secondo De Mello e Malcev (1964). Si propongono a seguire anche i valori del Modulo edometrico secondo la parametrizzazione di Farrent (1963).

	ANGOLO ATTRITO EFFICACE	DENSITA' RELATIVA	MODLULO EDOMETRICO
ORIZZONTE "2"	φ': 31	Dr = 80%	M = 2.5 MPa

3.3 Valutazione per la roccia dell'Indice GSI

Relativamente al substrato sedimentario presente in affioramenti in modo diffuso nell'intorno dell'area di progetto, in considerazione della difficile caratterizzazione dal punto di vista geomeccanico proprio del substrato conglomeratico, volendo inoltre individuare i parametri da usare in alternativa a quelli del criterio Mohr-Coulomb, propedeutici all'analisi di stabilità del pendio, gli affioramenti sono stati stimati secondo i criteri del GSI (Geological Strenght Index) (Hoek & Brown 1997 e succ.). Il sistema classificativo GSI è finalizzato ad ottenere, mediante valutazioni qualitative, la determinazione di tutti i parametri necessari a stimare la resistenza al taglio del materiale roccia secondo il noto criterio di Hoek & Brown in particolare con l'uso di abachi dedicati.
Tale criterio è così espresso :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b\sigma_3/\sigma_{ci} + s)^a$$

ove σ_1 e σ_3 sono le tensioni principali efficaci massima e minima, σ_{ci} = resistenza alla compressione monoassiale mentre gli altri parametri sono funzione, secondo equazioni semiempiriche, del detto indice GSI (m_b è a sua volta legato a m_i che è valore dipendente dalla natura petrologica della roccia – tabellato da Hoek).
Senza entrare nello specifico (rimandando alla bibliografia specialistica per un eventuale approfondimento), in questa sede si evidenzia soltanto come la definizione di questo indice (che è funzione del grado di fratturazione, laminazione ed alterazione e, quindi, anche della natura mineralogica e geostrutturale dell'ammasso) permetta allora di discendere alla determinazione della resistenza al taglio, in funzione delle specifiche condizioni tensionali al contorno, oltre che della rigidità/deformabilità dell'ammasso roccioso.
Hoek (1998 e succ.) mette in correlazione l'angolo di attrito · con GSI in funzione di curve corrispondenti a diversi valori del già citato valore m_i (che può assumere valori compresi tra 5 e 35). Nel nostro caso le curve di utilizzo possono essere quelle corrispondenti a valori di 20.
A tali curve corrispondono (per un valore di GSI pari a 50) angoli d'attrito non < 35°; l'altro valore di resistenza, secondo lo schema di Mohr-Coulomb è C = 2 MPa

4. INDAGINE GEOFISICA

Nel medesimo sito è stata eseguita una campagna di indagine geofisica con metodologia sismica "Down-Hole".
L'indagine sismica è stata effettuata in data 15.10.20169 ed è stata finalizzata ad individuare con la dovuta accuratezza la risposta sismica locale in ottemperanza al D.M.17.01.18 (parametro "Vsequivalente" e conseguente individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento).

4.1 Prospezione "Down-Hole"

Il metodo "Down-Hole" prevede il posizionamento di strumenti riceventi (idrofoni, geofono triassiale) all'interno di un foro di sondaggio preventivamente condizionato con idoneo rivestimento in PVC o ABS · = 80 mm dotato di chiusura di fondo e cementato, e la generazione di energia sismica in superficie in prossimità del boccaforo.
Scopo dell'indagine "Down Hole" è l'individuazione delle variazioni di velocità dei fronti d'onda elastici lungo la verticale di perforazione ed in un suo immediato intorno, al fine di ottenere informazioni supplementari sulle condizioni fisico – meccaniche dei terreni.
Nel caso specifico è stata focalizzata l'attenzione sulla propagazione sia delle onde di pressione "p" che di quelle di taglio "s" nella verticale di perforazione "S1", al fine di ricostruirne le relative colonne di velocità.
Per le onde "p" l'impulso elastico è stato generato attraverso la percussione di una massa battente accelerata (mazza con testa pesante 8.0 kg) su una piastra di contrasto circolare in ferro sistemata a terra ad una distanza nota (0.65 m) dal centro della perforazione.
Il segnale di trigger è comunicato al sismografo mediante appositi cablaggi elettrici, e consiste nel cortocircuito generato dal contatto della testa della mazza con la piastra di contrasto.
Le onde di pressione sono state ricevute mediante catena idrofonica prodotta da AMBROGEO con passo metrico e costituita da 12 sensori.
Per generare le onde "s" è stato invece utilizzato un apposito strumento di contrasto posto ad una distanza nota (1.0 m) dal boccaforo. Il "tempo zero" di generazione dell'impulso sismico viene sempre comunicato al sismografo attraverso il cortocircuito che avviene nell'istante in cui la testa di percussione urta la putrella di contrasto e nel quale, contestualmente, viene generata la sollecitazione di taglio che si trasmette al terreno per attrito radente attraverso la piastra di base dello strumento di contrasto.
Presso ogni quota di acquisizione sono state generate sollecitazioni di taglio polarizzate sullo stesso piano verticale ma caratterizzate da fasi opposte: ciò avviene energizzando un certo numero di volte con lo strumento di contrasto orientato secondo una certa direzione e ripetendo successivamente le operazioni ruotando lo strumento di contrasto stesso di 180°.
Le energizzazioni sono ricevute dai due geofoni orizzontali contenuti nel sensore tridimensionale disposto in foro ed in particolare, con qualità di risposta migliore, da quello orientato più favorevolmente rispetto al piano di polarizzazione.
Viene contestualmente analizzata la qualità dei segnali ricevuti dai geofoni orizzontali da ogni posizione, scegliendo infine quella che fornisce le onde di taglio più evidenti.
Le registrazioni delle energizzazioni in fasi contrapposte sono state sottoposte, in fase di post-processing, ad analisi in raffronto reciproco per verificarne la coerenza, quindi sommate (operazione di stacking) previa inversione di fase via software di una delle due in maniera da ottenere una concordanza di fase "artificiale". La procedura è finalizzata ad enfatizzare il primo arrivo dell'onda di taglio attenuando al contempo la componente in onde "p" (non polarizzata, e che quindi virtualmente si annulla sommando energizzazioni successive con fasi opposte) ed il

background noise (componenti random, che statisticamente tendono ad essere annullate dai processi di sommatoria incrementale).
Per ogni quota di ancoraggio del sensore tridimensionale in foro, quindi, sono stati generati tre impulsi: onde "p", onde "sx", onde "sy".
Il metodo "Down Hole" consente di evidenziare fenomeni di inversione di velocità lungo la verticale che non potrebbero essere individuati attraverso le classiche metodologie sismiche a rifrazione dalla superficie.

4.2 Risultati della porva "Down-Hole" e Classificazione Sismica

I risultati sono stati riportati su grafici allegati alla presente relazione
Tp=Tempi onde P (s)
Ts=Tempi onde S (s)
Vp Velocità onde P (m/s) metriche
Vs Velocità onde S (m/s) metriche
Vp Velocità onde P (m/s) medie
Vs Velocità onde S (m/s) medie
Vp/Vs

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,Vs,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$Vs_{eq} = \frac{H}{\sum_{1}^{n} \frac{hi}{Vsi}}$$

con:
h i spessore dell'i-esimo strato;
V S,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N numero di strati;
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

E' quindi possibile calcolare il valore del parametro Vseq riferito al piano fondo orizzonte 1; Esso vale:

Vseq = 650 m/s

la Categoria di sottosuolo di riferimento è quindi la B.

B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

5. CARATTERIZZAZIONE CON MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO (§6.2.2 NTC 2018)

I sondaggi geognostici a carotaggio continuo, corredati con le prove in situ fornito gli elementi stratigrafici presenti fino al volume significativo nell'area di progetto che vengono qui riportati in alcuni parametri principali:

	DESCRIZIONE	PESO VOLUME	ANGOLO ATTRITO	COESIONE
ORIZZONTE "1"	Orizzonte di riporti artificiali e coltre eluvio-colluviale poco addensata			
ORIZZONTE "2"	Orizzonte sciolto ad alto addensamento passante al top destrutturato della roccia	2.0 T/m^3	3°	Cu = 1 Kg/cm^2 c' = 0.2 Kg/cm^2
ORIZZONTE "3"	Substrato sedimentario in discrete condizioni geomeccaniche (III Classe Bieniawski)	2,5 T/m^3	35°	C = 2 Kg/cm^2

6 SISMICITA'

6.1 Zonazione sismica, Categoria di sottosuolo e Condizioni topografiche (§3.2.2 NTC 2018)

Il quadro sismotettonico locale ai sensi del D.G.R.216/2017 ("OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria") individuano per il territorio comunale un basso grado di rischio sismico. In particolare, come si evince dalla citata deliberazione, il Comune di Celle Ligure è inserito in zona sismica 4, con valore di pga (accelerazione di picco al suolo) pari a 0.05 g (ove g = accelerazione di gravità). Tale accelerazione è stimata con una con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.
La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$.(ove a numeratore del rapporto della formula di calcolo vi è il parametro H che è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s).
Per la definizione della categoria di sottosuolo si sono acquisite direttamente le velocità delle onde "s" come precedentemente descritto.
La categoria di suolo al piano di fondazione progettuale è di tipo "B":

Classe
B) *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Per quanto concerne le condizioni topografiche, la categoria corrispondente è T1.
Inoltre ai sensi della citata normativa nazionale, il sito oggetto di indagine e i terreni in esso presenti dovranno in generale essere esenti da rischi di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di terremoto […].

Per quanto riguarda la normativa europea (Eurocodice 8) la liquefazione può verificarsi in terreni di fondazione composti da strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa e falda al piano campagna.
A tale scopo la stratigrafia dell'area di progetto porta a escludere il rischio di fenomeni di liquefazione durante possibili eventi sismici.

6.2 Azione sismica (§3.2 NTC 2018)

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione. Quest'ultima viene definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa $\mathbf{a_g}$ in condizioni di campo libero;
- ordinate dello spettro di risposta;

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri sismici:

- $\mathbf{a_g}$ accelerazione orizzontale massima al sito;
- $\mathbf{F_0}$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $\mathbf{T_r}$ periodo di ritorno del sisma;
- **T*C** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Utilizzando il programma GEOSTRU PS vengono inseriti i seguenti dati:

- coordinate geografiche del sito in esame;
- classe d'uso dell'opera in progetto;
- categoria di sottosuolo;
- categoria topografica.

Si ottengono quindi i coefficienti sismici relativi alle opere in progetto per i diversi stati limite (**SLO** (operatività); **SLD** (danno); **SLV** (vita); **SLC** (collasso)):
Ss (amplificazione stratigrafica); St (amplificazione stratigrafica); **Cc** (categoria di sottosuolo); **Kh** e **Kv** (orizzontali e verticali).
A seguire vengono forniti i parametri ed i coefficienti sismici propri dell'area di intervento.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame.
latitudine: 44,338288
longitudine: 8,544075
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17134	Lat: 44,3310	Lon: 8,5274	Distanza: 1550,693
Sito 2	ID: 17135	Lat: 44,3339	Lon: 8,5971	Distanza: 4245,147
Sito 3	ID: 16913	Lat: 44,3839	Lon: 8,5931	Distanza: 6392,182
Sito 4	ID: 16912	Lat: 44,3810	Lon: 8,5233	Distanza: 5023,252

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]

ag:	0,019 g	
Fo:	2,579	
Tc*:	0,158	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,024 g	
Fo:	2,548	
Tc*:	0,186	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,053 g	
Fo:	2,630	
Tc*:	0,303	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,064 g	
Fo:	2,742	
Tc*:	0,325	[s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,590
St:	1,000
Kh:	0,005
Kv:	0,002
Amax:	0,222
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,200
Cc:	1,540
St:	1,000
Kh:	0,006
Kv:	0,003
Amax:	0,286
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,200
Cc:	1,400
St:	1,000
Kh:	0,013
Kv:	0,006
Amax:	0,623
Beta:	0,200

SLC:

Ss:	1,200
Cc:	1,380
St:	1,000
Kh:	0,015
Kv:	0,008
Amax:	0,759
Beta:	0,200

7.PARAMETRI DI PROGETTO

Lo schema geotecnico è il seguente:

- *piano di campagna orizzontale alla quota: 0.00 m del riferimento locale*
- *terreno di fondazione: orizzonte 2 o orizzonte 3*
- *volume significativo: non > 20 m da p.c.*

Valori medi (Vm)

Viene qui riportata la Tabella sintetica dei parametri geotecnici desunti dall'indagine geognostica precedentemente realizzata

	DESCRIZIONE	PESO VOLUME	ANGOLO ATTRITO	COESIONE
ORIZZONTE "1"	Orizzonte di riporti artificiali e coltre eluvio-colluviale poco addensata			
ORIZZONTE "2"	Orizzonte sciolto ad alto addensamento passante al top destrutturato della roccia	2.0 T/m^3	31°	Cu = 1 Kg/cm^2 c' = 0.2 Kg/cm^2
ORIZZONTE "3"	Substrato sedimentario in discrete condizioni geomeccaniche (III Classe Bieniawski)	2,5 T/m^3	35°	C = 2 Kg/cm^2

I Valori caratteristici degli orizzonti stratigrafici considerati sono riportati in tabella allegata alla presente relazione.

SCHEMA PARAMETRI GEOTECNICI LIVELLO 2					
	Unità	**Metodo**	**Valore MEDIO**	**Metodo**	**Valore CARATTERISTICO**
Angolo attrito (ϕ')	**gradi**	**misure in sito**	31	**statistica della varianza nota COV 10%**	29,5
Coesione non drenata (Cu)	**Mpa**	**misure in sito**		**statistica della varianza**	0
	Kg/cmq		1	**nota COV 30%**	0,85
Coesione efficace (c')	**Mpa**	**misure in sito**		**statistica della varianza**	0
	Kg/cmq		0,2	**nota COV 30%**	0,17
Peso di Volume (γ)	**KN/mc**	**Valori di archivio**		**statistica della varianza**	
	t/mc		2	**nota COV 5%**	1,95
SCHEMA PARAMETRI GEOMECCANICI -LAPIDEO- Livello 3					
	Unità	**Metodo**	**Valore MEDIO**	**Metodo**	**Valore CARATTERISTICO**
Angolo attrito (ϕ)	**gradi**	**misure in sito**	35	**statistica della varianza nota COV 10%**	33,3
Coesione (C)	**Mpa**	**misure in sito**		**statistica della varianza**	0
	Kg/cmq		2	**nota COV 10%**	1,9
Peso di Volume (γ)	**KN/mc**	**Valori di archivio**		**statistica della varianza**	0
	t/mc		2,5	**nota COV 5%**	2,4375

8 CONCLUSIONI

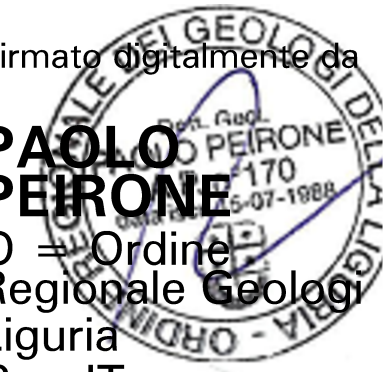
A conclusione del presente incarico, in base alle caratteristiche geologiche e geotecniche dell'area in esame, il professionista scrivente è in grado di formulare le seguenti considerazioni:

- il sito esaminato appare in condizioni di stabilità e compatibile con la realizzazione del progetto sulla base degli accertamenti effettuati;
- le opere in progetto sono ammissibili rispetto alle norme e alle previsioni del Piano di Bacino;
- il presente studio è propedeutico per le successive e necessarie relazioni d'opera redatte da tecnici abilitati.

A disposizione per eventuali ulteriori precisazioni, verifiche, valutazioni, ecc.

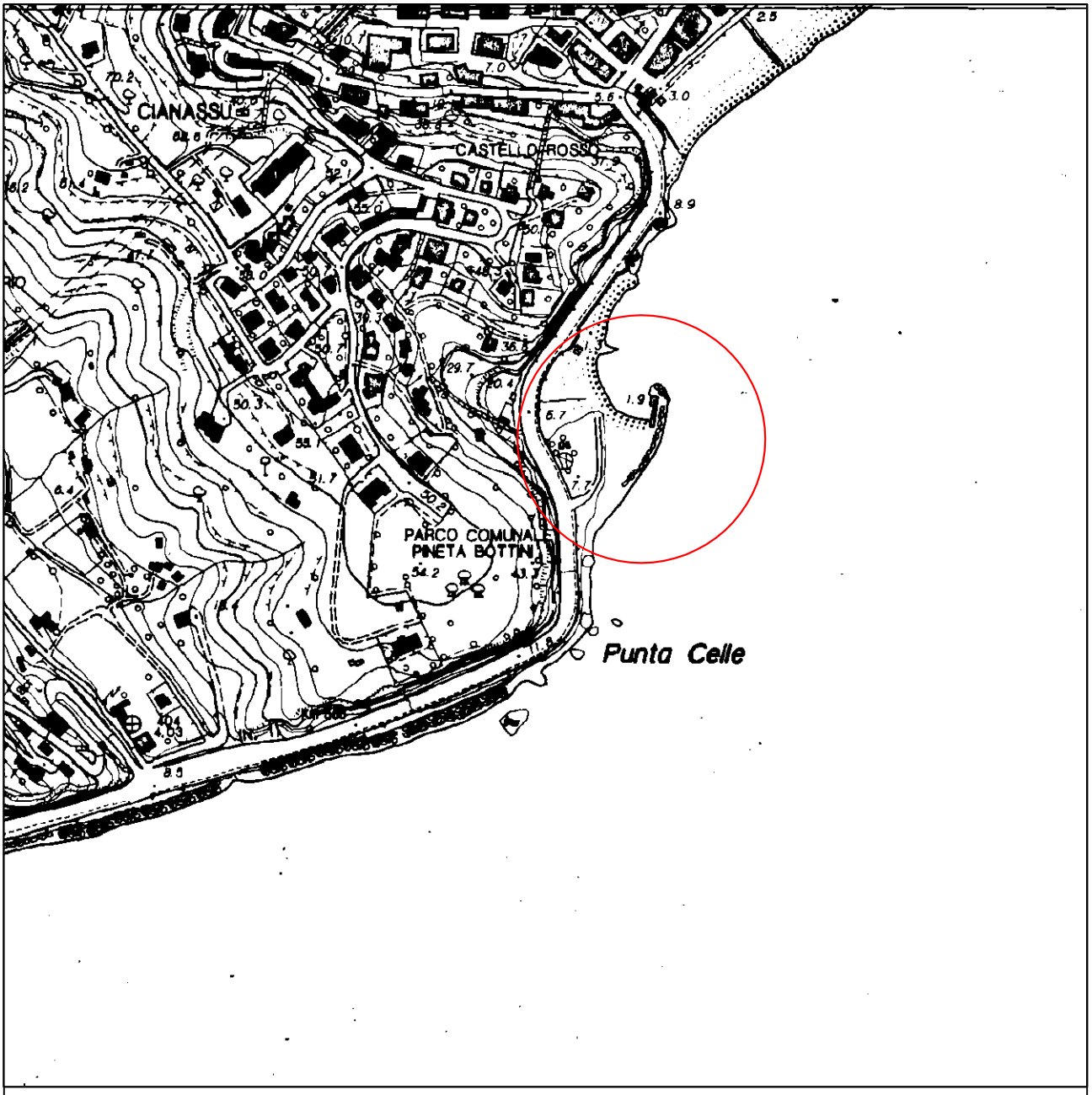
SAVONA, 28 Ottobre 2019

PAOLO PEIRONE - Geologo



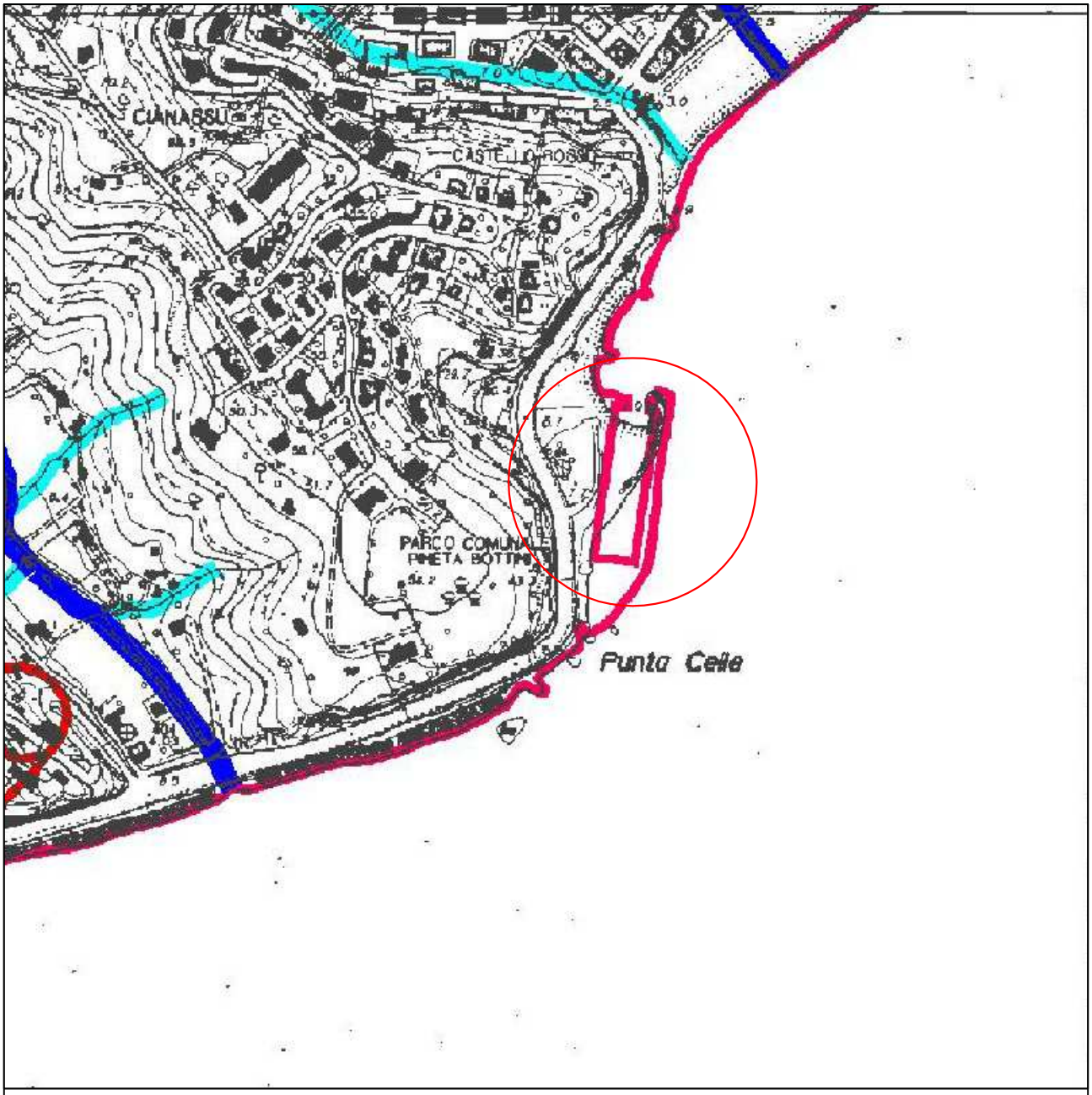
ALLEGATI:

- Corografia e cartografia di Piano di Bacino
- Ortofoto con indicazioni indagine geognostica effettuata e tracce di sezione
- Sezioni geotecnica tipo
- Stratigrafie dei sondaggi
- Foto delle cassette catalogatrici
- Elaborati della prospezioni geofisiche DH
- Tabella Rock-Lab



COROGRAFIA

scala 1:5.000

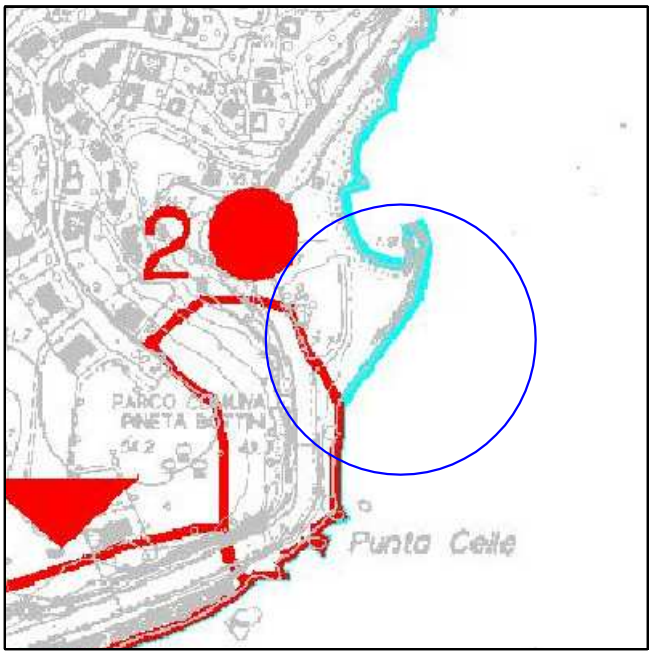


Corso d'acqua iscritto nell'elenco delle acque pubbliche
della Provincia di Savona
179 Rio Arma

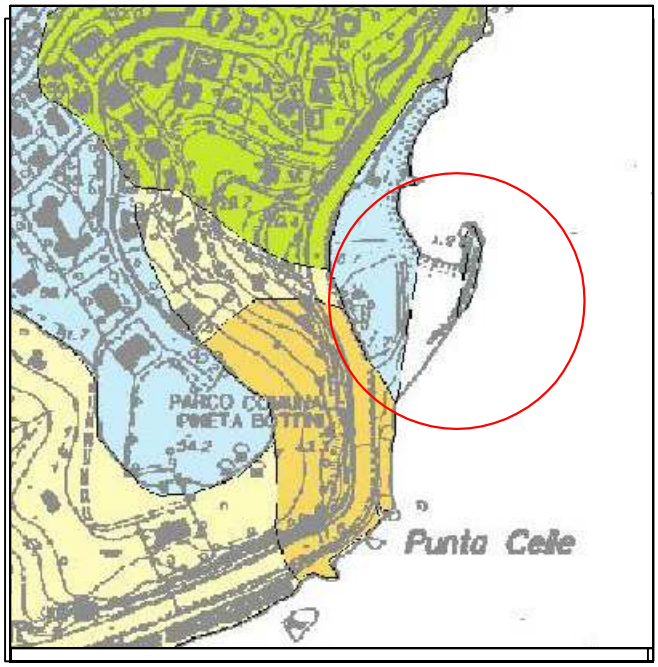
Piano di Bacino stralcio del Torrente Sanda (ex D.L. 180/98 convertito in L. 267/98)

Carta del reticolo idrografico

SCALA 1:5000



Aree interessate da progetti in itinere od in esecuzione



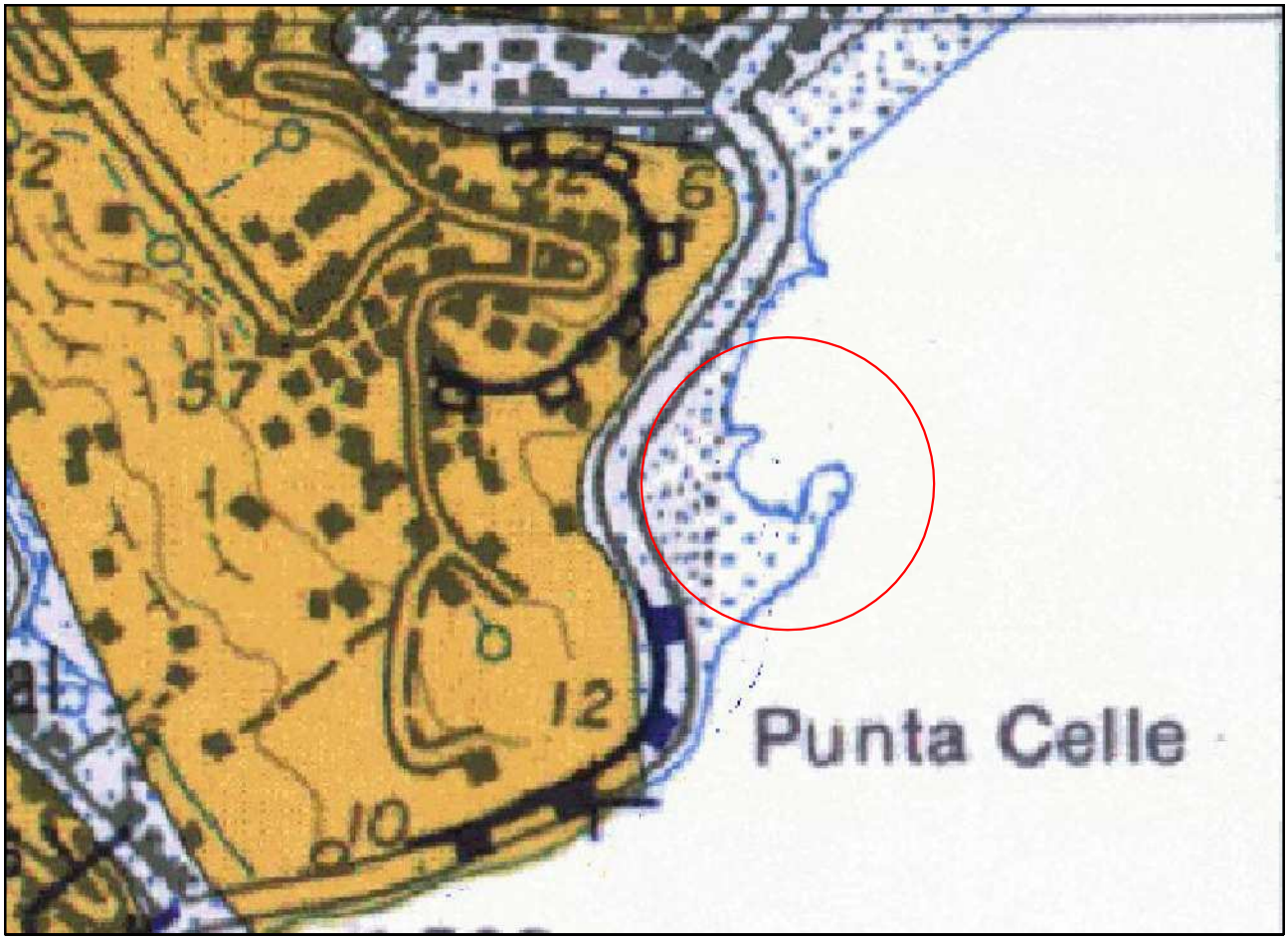
- Aree a suscettività molto bassa
- Aree a suscettività bassa
- Aree a suscettività media
- Aree a suscettività alta "a" e "b"
- Aree a suscettività molto alta

Piano di Bacino stralcio del Torrente Sanda (ex D.L. 180/98 convertito in L. 267/98)

Carta degli interventi

Carta della suscettività al dissesto

SCALA 1:5000



Litologia rappresentata: al Alluvioni (Olocene)
O Formazione di Molare (Oligocene Inf)

QUATERNARIO

COPERTURE SCIOLTE: coltri detritiche eluvio-colluviali.

al

ALLUVIONI: depositi fluviali attuali e recenti; depositi di spiaggia.
Olocene

O

FORMAZIONE DI MOLARE: depositi prevalentemente continentali o salmastri; conglomerati poligenici più o meno cementati, con ciottoli di dimensioni variabili, in bancate potenti, localmente alternati a livelli arenacei e marnosi; marne ed arenarie grigio azzurre, marne grigio giallastre generalmente potenti, intercalate a bancate arenacee e conglomeratiche; intercalazioni di lenti di lignite.
Oligocene inferiore

Carta Geologica Regionale con elementi di Geomorfologia (CGR) - tav. 229.1 - Varazze
scala 1:5000



ORTOFOTO CON INDICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA CONDOTTA
non in scala



ORTOFOTO CON INDICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA CONDOTTA
non in scala



ORTOFOTO DI STATO ATTUALE CON UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA E INDICAZIONE TRACCE DI SEZIONE
non in scala



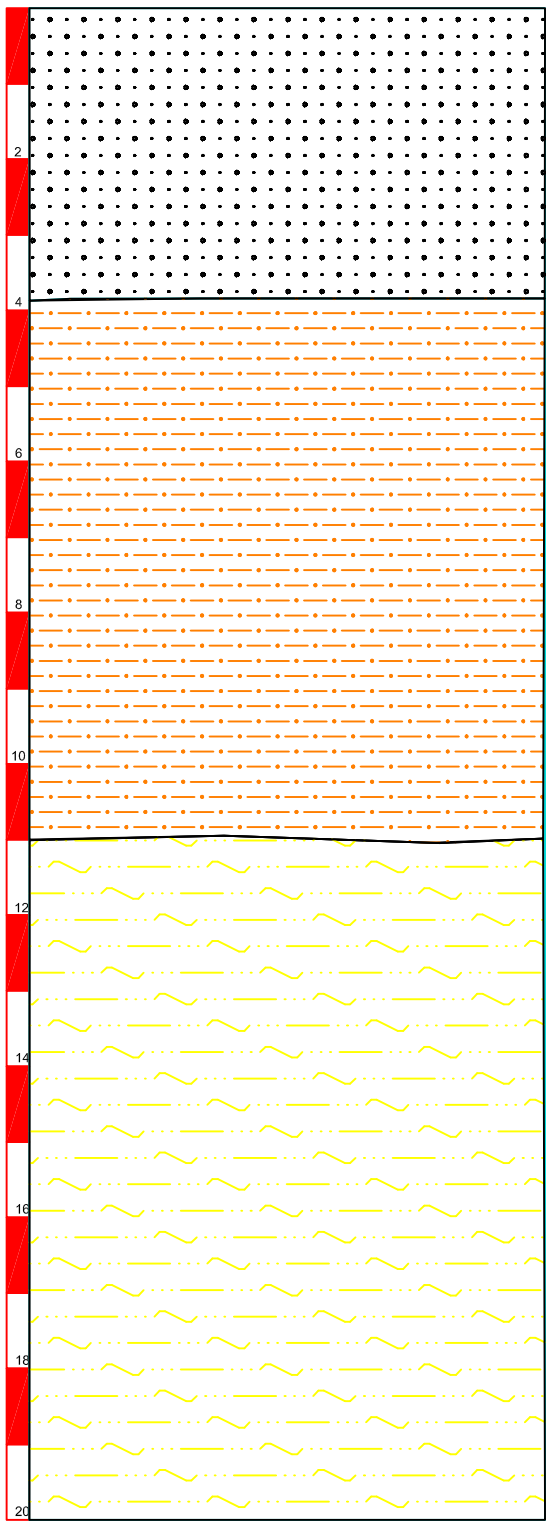
ORTOFOTO DI STATO ATTUALE CON UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA E INDICAZIONE TRACCE DI SEZIONE

non in scala

Livello 1: Soletta in cls e terreni di riporto

Livello 2: Orizzonte sciolto ad alto addensamento passante al top
destrutturato del bed -rock (*γ = 2,0 T/m³ cu = 1 kg/cmq c' = 0,2 kg/cmq phi' = 31°)*

Livello 3 : Substrato sedimentario in discrete condizioni geomeccaniche
(III Classe Bieniawski) (γ = 2,5 T/m³ C= 2,00 kg/cmq phi = 35° - sigci : 35 MPa gsi: 50 mi: 20 D= 0) li

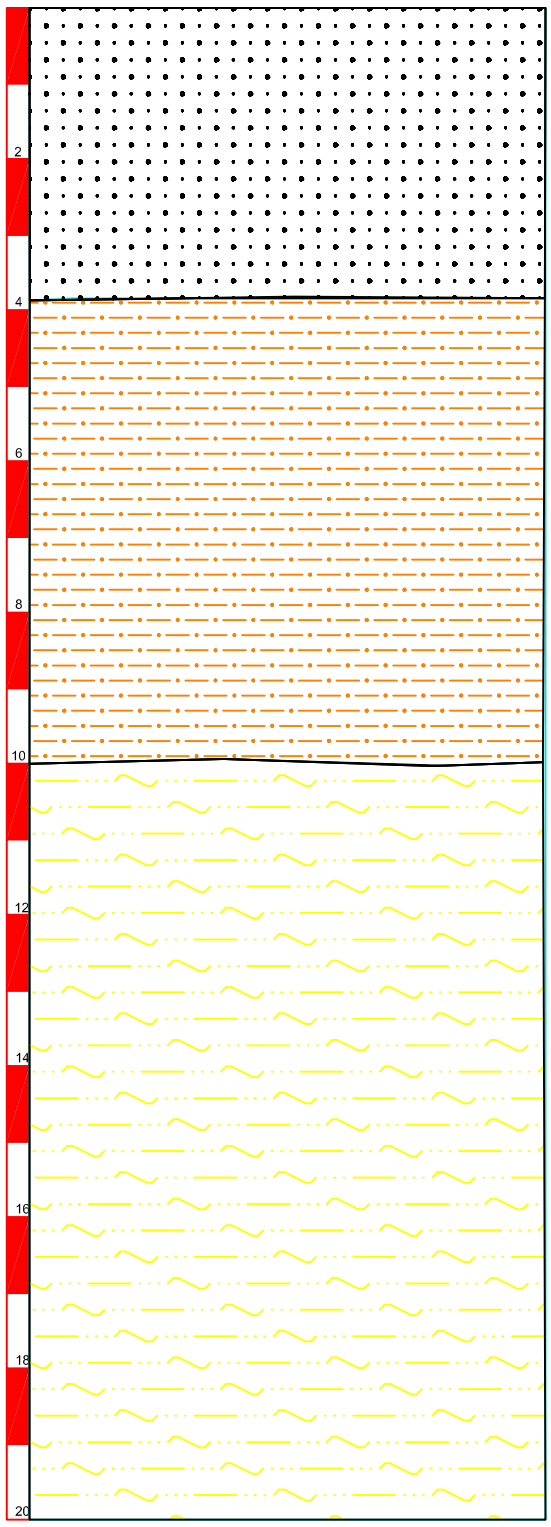


SEZIONE GEOTECNICA 1
TIPO DI STATO ATTUALE
Scala 1:200

Livello 1: Soletta in cls e terreni di riporto

Livello 2: Orizzonte sciolto ad alto addensamento passante al top
destrutturato del bed -rock (*γ = 2,0 T/m³ cu = 1 kg/cmq c' = 0,2 kg/cmq phi' = 31°)*

Livello 3 : Substrato sedimentario in discrete condizioni geomeccaniche
(III Classe Bieniawski) (γ = 2,5 T/m³ C= 2,00 kg/cmq phi = 35° - sigci : 35 MPa gsi: 50 mi: 20 D= 0) li

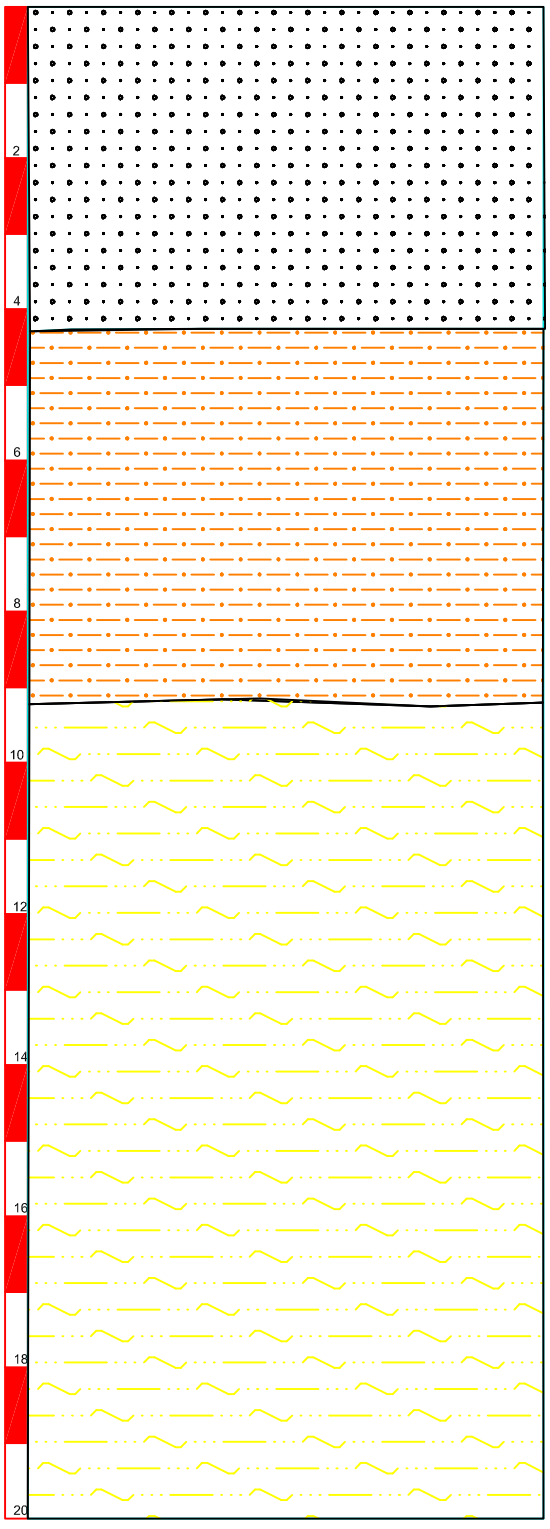


SEZIONE GEOTECNICA 2
TIPO DI STATO ATTUALE
Scala 1:200

Livello 1: Soletta in cls e terreni di riporto

Livello 2: Orizzonte sciolto ad alto addensamento passante al top
destrutturato del bed -rock (*γ = 2,0 T/m³ cu = 1 kg/cmq c' = 0,2 kg/cmq phi' = 31°)*

Livello 3 : Substrato sedimentario in discrete condizioni geomeccaniche
(III Classe Bieniawski) (γ = 2,5 T/m³ C= 2,00 kg/cmq phi = 35° - sigci : 35 MPa gsi: 50 mi: 20 D= 0) li



SEZIONE GEOTECNICA 3
TIPO DI STATO ATTUALE
Scala 1:200

Geol. Paolo Peirone

Studio Geotecnico

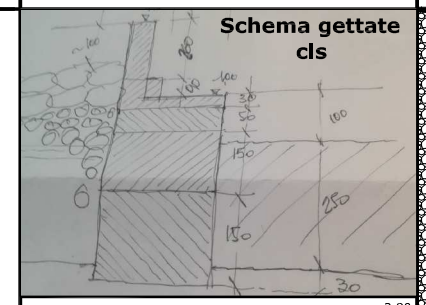
TERRENI SCIOLTI

Committenza	Cantiere	Sondaggio a carotaggio continuo diam 101 mm	Sondaggio:	Data inizio lavori	Data fine lavori	Profondità raggiunta
Cala Cravieu - Celle Ligure	Nuovo muro frangiflutti		S1	26/09/2019	28/09/2019	19.00 m dal p.c.
Complesso geologico: Dep. di spiaggia e F. di Molare	Strumentazione in foro Tubo per prova Down Hole - 3"	Località immagazz. cassette: Cantiere	Sonda CMV MK 420	Quota imbocco foro vedi planimetria	Scala descrizione 1:100	Compilatore Dr. Paolo Peirone

RECUPERO PERCENTUALE DI CAROTAGGIO	Prof. (m)	CLASSIFICAZIONE DEL MATERIALE ESTRATTO	MATRICE: Colore (Umido / Secco)	MATRICE: Umidità (m.u. / u. / p.u.)	MATRICE: Prof. (m)	MATRICE: Consistenza (a. / m. / b. / mb.)	SCHELETRO: Natura petrografica dei clasti	SCHELETRO: Arroton.	SCHELETRO: Sfericità	SCHELETRO: Prof. (m)	SCHELETRO: Alterazione	Test S.P.T. (prof. / n. colpi)	Prelievo camp. / Test	Livello di falda	Rivestimento	Carotiere	Note	Schema strumentazione in foro	Simbologia
25% 50% 75%	0				0					0									
	1				1					1									
	2	Soletta di clacestruzzo			2					2									
	3				3					3									
	4	3.80 m			4				3.80	4									
	5	Depositi marini sciolti costituiti da da ghiaia media, non alterata, talora a spigoli vivi, passante a ghiaia debolmente sabbiosa o sabbiosa in scarsa matrice limoso-argillosa. Clasti eterometrici a spigoli vivi. Blocco conglomeratico da -7.90 m a - 8.80 m A seguire sabbia eterogranulare con poca ghiaia in matrice limo-argillosa	Da grigio scuro a grigio chiaro		5	X				5									
	6		Grigio scuro		6	X	Eterogenea	Sub-angolari	Media	6		P.C. 5.50 5.95	7/15/15 R: 30 cm						
	7			X	7					7									
	8		Grigio chiaro		8	X				8		P.C. 7.00 7.45	8/15/rif R: 20 cm						
	9		Grigio scuro		9					9									
	10				10	X				10									
	11				11					11									

127 mm

Semplice 101 mm



3.80

7.90 Blocco lapideo conglomeratico 8.80

Geol. Paolo Peirone

Studio Geotecnico

Cala Cravieu - Celle Ligure	Cantiere Nuovo muro frangiflutti	Sondaggio a carotaggio continuo diam 101 mm	Sondaggio: S1	Data inizio lavori 26/09/2019	Data fine lavori 28/09/2019	Profondità raggiunta 19.00 m dal p.c.
Complesso geologico: Dep. di spiaggia e F. di Molare	Strumentazione in foro Tubo per prova Down Hole - 3"	Località immagazz. cassette: Cantiere	Sonda CMV MK 420	Quota imbocco foro vedi planimetria	Scala descrizione 1:100	Compilatore Dr. Paolo Peirone

SUBSTRATO ROCCIOSO

RECUPERO PERCENTUALE DI CAROTAGGIO	Prof. (m)	RECUPERO PERCENTUALE MODIFICATO (R.Q.D.)	DIMENSIONI SPEZZONI (cm)	Quote manovre (m)	Litologia e genesi	Natura sup.	Tipo disc.	Prof. (m)	Incl. sup. deb. (gradi)	Scabrezza superfici (JRC)	Prelievo campioni	Riempimenti	Test	Livello di falda	Rivestimento	Carotiere	Informazione di carattere litologico strutturale	Schema di strumentazione in foro Down-Hole	Prof. (m)	Simbologia
25% 50% 75%	11	25% 50% 75%	<5 5–10 >10	11.00				11											11.00	
	12		5 3		Conglomerati poligenici eterometrici	d.	FR	12	sub vert sub orizz.	8 – 10 12 – 16						T6 101 mm norm e scomp + cd	Analisi roccia secondo criteri GSI **Hoek-Brown Classification** intact uniaxial comp. strength (sigci) = 35 MPa GSI = 50 mi = 20 Disturbance factor (D) = 0 intact modulus (Ei) = 12250 MPa modulus ratio (MR) = 350 **Hoek-Brown Criterion** mb = 3.354 s = 0.0039 a = 0.506 **Mohr-Coulomb Fit** cohesion = 2.149 MPa friction angle = 36.50 deg **Rock Mass Parameters** tensile strength = -0.040 MPa uniaxial compressive strength = 2.108 MPa global strength = 8.526 MPa deformation modulus = 3763.03 MPa		12	
	13		2 1 3					13	sub orizz.	10 – 12 12 – 14									13	
	14		1 1 2					14	sub orizz.	12 – 14									14	
	15		6 5 7					15	sub orizz.	12 – 14									15	
	16							16											16	
	17							17											17	
	18		5 4 1					18	sub orizz	10 – 12									18	
	19		1 5					19	sub orizz	14 – 16									19	
																	FINE SONDAGGIO			

Geol. Paolo Peirone

Studio Geotecnico

TERRENI SCIOLTI

Committenza	Cantiere	Sondaggio a carotaggio	Sondaggio:	Data inizio lavori	Data fine lavori	Profondità raggiunta
Cala Cravieu - Celle Ligure	Nuovo muro frangiflutti	continuo diam 101 mm	S2	28/09/2019	30/09/2019	15.00 m dal p.c.
Complesso geologico: Dep. di spiaggia e F. di Molare	Strumentazione in foro	Località immagazz. cassette: Cantiere	Sonda CMV MK 420	Quota imbocco foro vedi planimetria	Scala descrizione 1:100	Compilatore Dr. Paolo Peirone

RECUPERO PERCENTUALE DI CAROTAGGIO	Prof. (m)	CLASSIFICAZIONE DEL MATERIALE ESTRATTO	MATRICE: Colore (Umido / Secco)	MATRICE: Umidità (m.u. / u. / p.u.)	MATRICE: Prof. (m)	MATRICE: Consistenza (a. / m. / b. / mb.)	SCHELETRO: Natura petrografica dei clasti	SCHELETRO: Arroton.	SCHELETRO: Sfericità	SCHELETRO: Prof. (m)	SCHELETRO: Alterazione	Test S.P.T. (prof. / n. colpi)	Prelievo camp. / Test	Livello di falda	Rivestimento	Carotiere	Note	Schema strumentazione in foro	Simbologia
25% 50% 75%	0				0					0									
	1	Riporti atificiali costituiti da soletta di cls, successivo materiale granulare e soletta in cls di sottofondo			1					1	N	P.C. 1.00 1.45	2/5/12 R: 30 cm				soletta in cls da 0.0 m fino a - 0.7 m da p.c.; successivo riempimento in materiale granulare poco addensato fino a - 4.0 m da p.c.; soletta di chiusura da - 4.0 m fino a -4.3 m da p.c.		
	2				2					2	X								
	3				3					3		P.C. 3.00 3.45	1/3/12 R: 35 cm						
	4	4.30 m			4					4							4.30		
	5	Depositi marini sciolti costituiti da da ghiaia media, non alterata, talora a spigoli vivi, passante a ghiaia debolmente sabbiosa o sabbiosa in scarsa matrice limoso-argillosa. Clasti eterometrici a spigoli vivi	Grigio scuro		5	X				5									
	6		Grigio chiaro	X	6	X	Eterogenea	Sub-angolari	Media	6									
	7		Grigio scuro		7	X				7		P.C. 6.50 6.95	2/7/12 R: 35 cm						
	8				8					8		P.C. 8.00 8.45	3/5/11 R: 30 cm						
	9	9.10 m			9					9							9.10		
	10																		

127 mm

Semplice 101 mm

Geol. Paolo Peirone

Studio Geotecnico

Cala Cravieu - Celle Ligure	Cantiere Nuovo muro frangiflutti	Sondaggio a carotaggio continuo diam 101 mm	Sondaggio: S2	Data inizio lavori 28/09/2019	Data fine lavori 30/09/2019	Profondità raggiunta 15.00 m dal p.c.
Complesso geologico: Dep. di spiaggia e F. di Molare	Strumentazione in foro	Località immagazz. cassette: Cantiere	Sonda CMV MK 420	Quota imbocco foro vedi planimetria	Scala descrizione 1:100	Compilatore Dr. Paolo Peirone

SUBSTRATO ROCCIOSO

RECUPERO PERCENTUALE DI CAROTAGGIO	Prof. (m)	RECUPERO PERCENTUALE MODIFICATO (R.Q.D.)	DIMENSIONI SPEZZONI (cm)	Quote manovre (m)	Litologia e genesi	Natura sup.	Tipo disc.	Prof. (m)	Incl. sup. deb. (gradi)	Scabrezza superfici (JRC)	Prelievo campioni	Riempimenti	Test	Livello di falda	Rivestimento	Carotiere	Informazione di carattere litologico strutturale	Schema di strumentazione in foro	Prof. (m)	Simbologia
25% 50% 75%	9.10	25% 50% 75%	<5 5–10 >10	11.00				11											9.10	
	10		3 4 3					12	sub vert sub orizz.	8 – 10 12 – 16									10	
	11							13											11	
	12		3 2 17		Conglomerati poligenici eterometrici	d.	FR	14	sub orizz.	10 – 12 12 – 14						T6 101 mm norm e scomp + cd	Analisi roccia secondo criteri GSI **Hoek-Brown Classification** intact uniaxial comp. strength (sigci) = 35 MPa GSI = 50 mi = 20 Disturbance factor (D) = 0 intact modulus (Ei) = 12250 MPa modulus ratio (MR) = 350 **Hoek-Brown Criterion** mb = 3.354 s = 0.0039 a = 0.506 **Mohr-Coulomb Fit** cohesion = 2.149 MPa friction angle = 36.50 deg **Rock Mass Parameters** tensile strength = -0.040 MPa uniaxial compressive strength = 2.108 MPa global strength = 8.526 MPa deformation modulus = 3763.03 MPa		12	
	13							15											13	
	14							16											14	
	15							17											15	
																	FINE SONDAGGIO			



S1 Cassetta 1



S1 Cassetta 2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
CASSETTE CATALOGATRICI DEI SONDAGGI



S1 Cassetta 3



S1 Cassetta 4

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
CASSETTE CATALOGATRICI DEI SONDAGGI



S2 Cassetta 1



S2 Cassetta 2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
CASSETTE CATALOGATRICI DEI SONDAGGI



S2 Cassetta 3

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
CASSETTE CATALOGATRICI DEI SONDAGGI

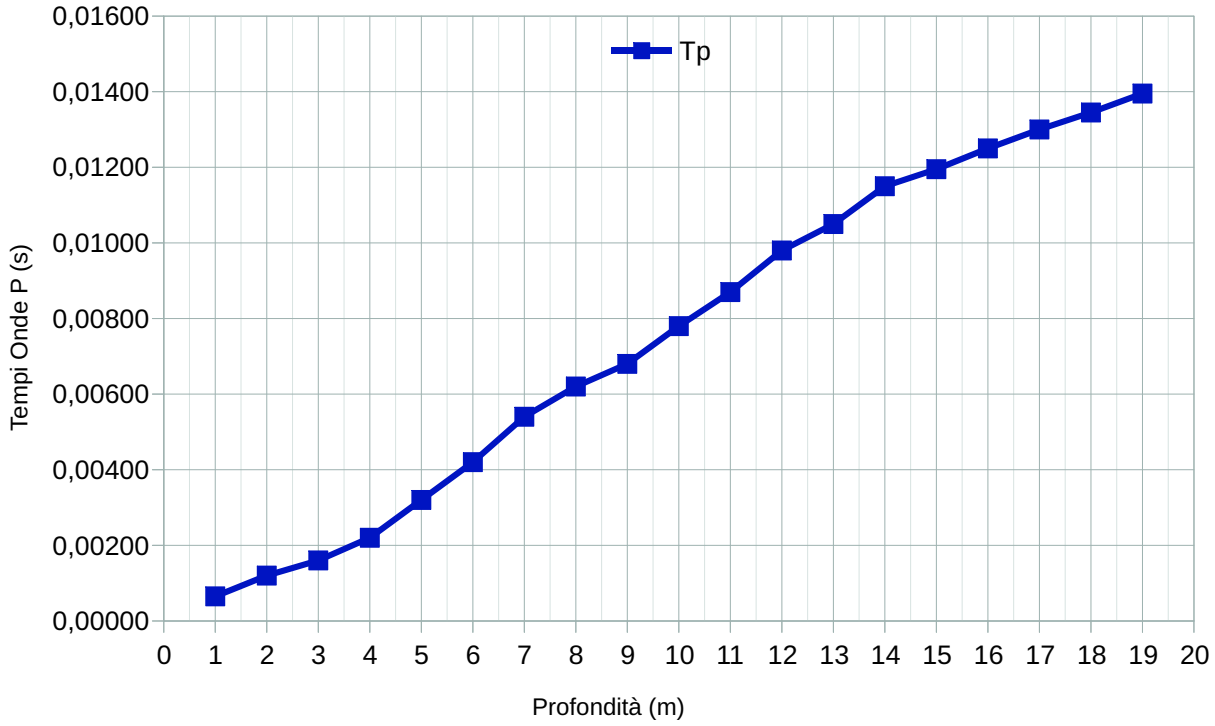
G. e A. srls
Geofisica e Ambiente srls
Casc. Mimia Inf. 56 sub 2 presso civ. 49
Tagliolo Monferrato (AL) P.I.- C.F.02588190062
geofisicaeambientesrls@gmail.com
lauraspalluto@geofisicaeambiente.con
tel 3482658650-649

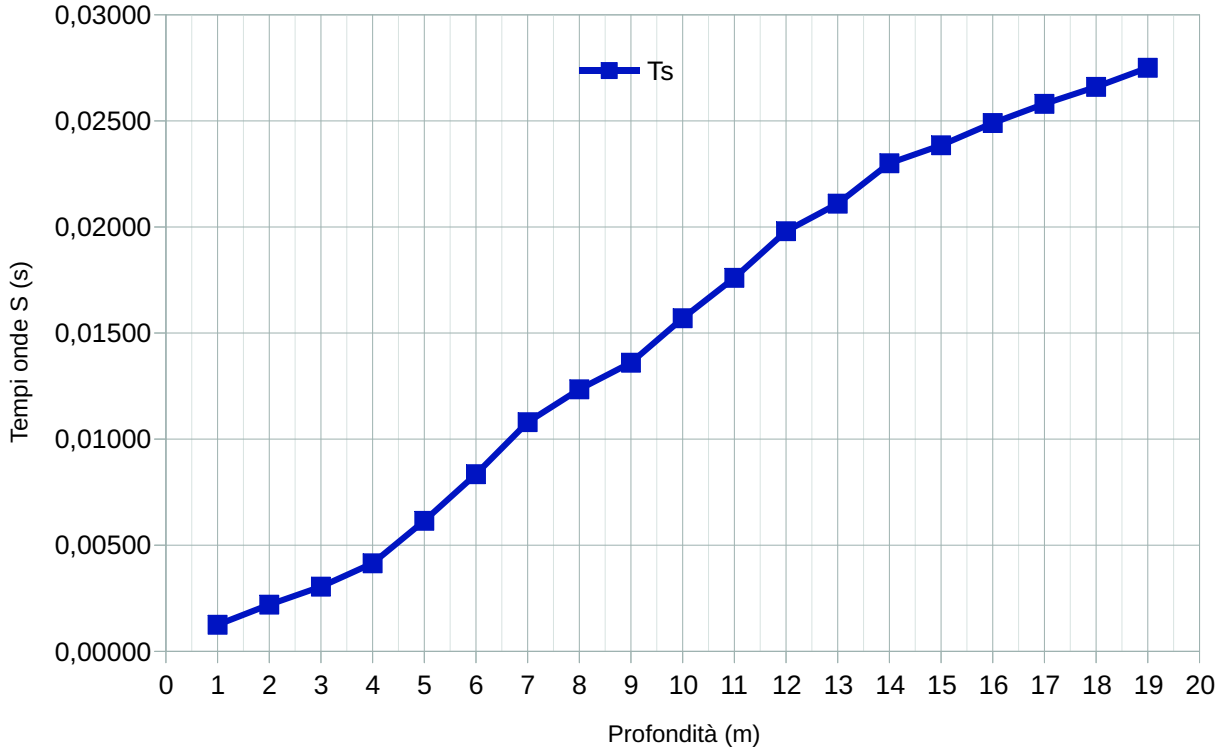
ALL.1

INDAGINE DOWN HOLE
PRESSO CALA CRAVIEU
COMUNE DI CELLE LIGURE

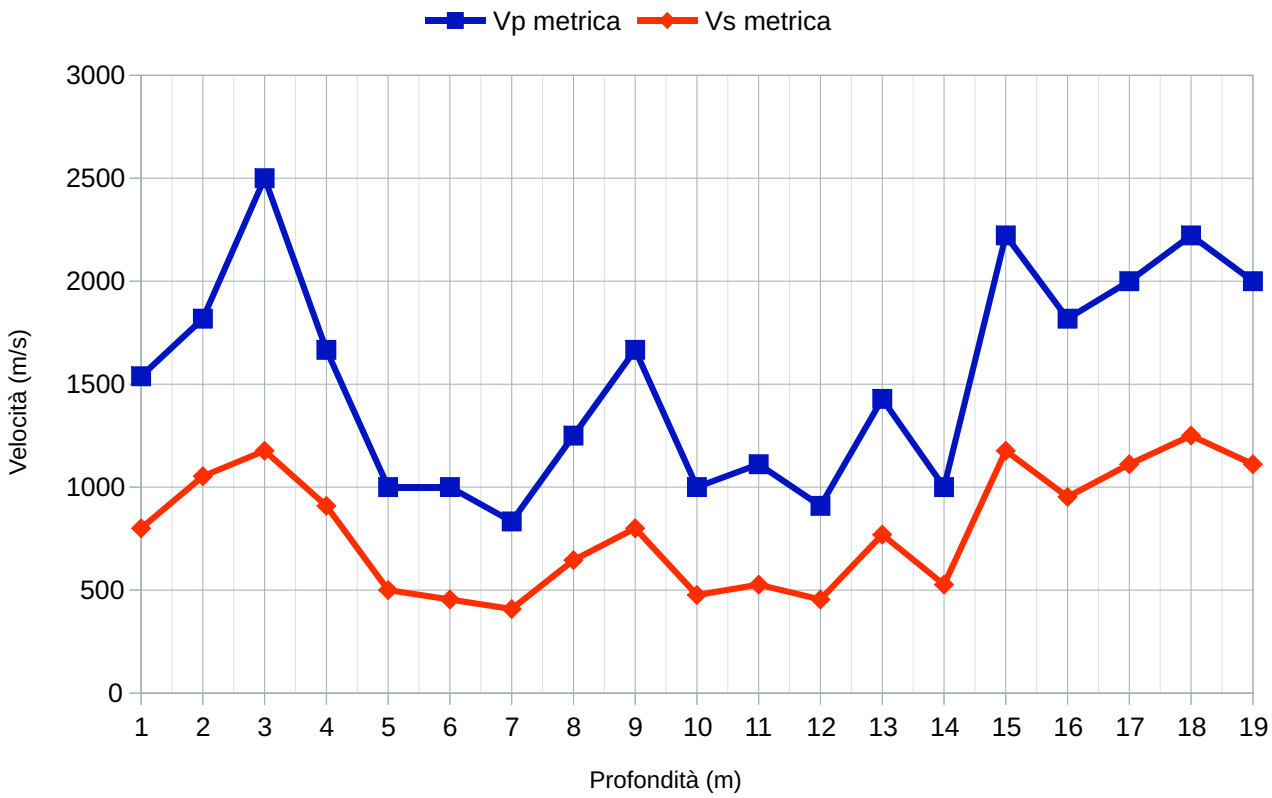
Profondità (m)	Tp	Ts	Vp metrica	Vs metrica	Vp/Vs	Vp media	Vs media
	tempi (s)	tempi (s)	(m/s)	(m/s)		(m/s)	(m/s)
1	0,00065	0,00125	1538	800	1,92	1538	800
2	0,00120	0,00220	1818	1053	1,73	1667	909
3	0,00160	0,00305	2500	1176	2,13	1875	984
4	0,00220	0,00415	1667	909	1,83	1818	964
5	0,00320	0,00615	1000	500	2,00	1563	813
6	0,00420	0,00835	1000	455	2,20	1429	719
7	0,00540	0,01080	833	408	2,04	1296	648
8	0,00620	0,01235	1250	645	1,94	1290	648
9	0,00680	0,01360	1667	800	2,08	1324	662
10	0,00780	0,01570	1000	476	2,10	1282	637
11	0,00870	0,01760	1111	526	2,11	1264	625
12	0,00980	0,01980	909	455	2,00	1224	606
13	0,01050	0,02110	1429	769	1,86	1238	616
14	0,01150	0,02300	1000	526	1,90	1217	609
15	0,01195	0,02385	2222	1176	1,89	1255	629
16	0,01250	0,02490	1818	952	1,91	1280	643
17	0,01300	0,02580	2000	1111	1,80	1308	659
18	0,01345	0,02660	2222	1250	1,78	1338	677
19	0,01395	0,02750	2000	1111	1,80	1362	691

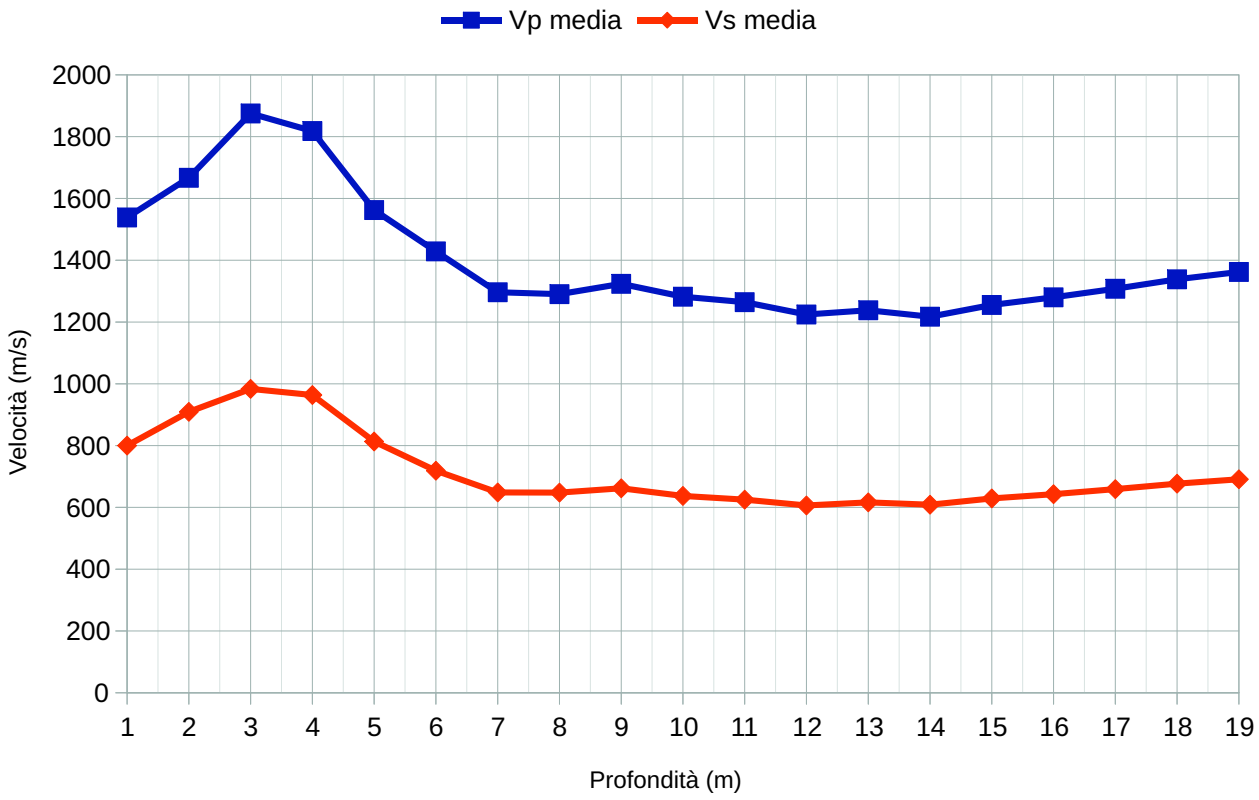
G. e A. srls
Geofisica e Ambiente srls
Casc. Mimia Inf. 56 sub 2 presso civ. 49
Tagliolo Monferrato (AL) P.I.- C.F.02588190062
geofisicaeambientesrls@gmail.com
lauraspalluto@geofisicaeambiente.con
tel 3482658650-649



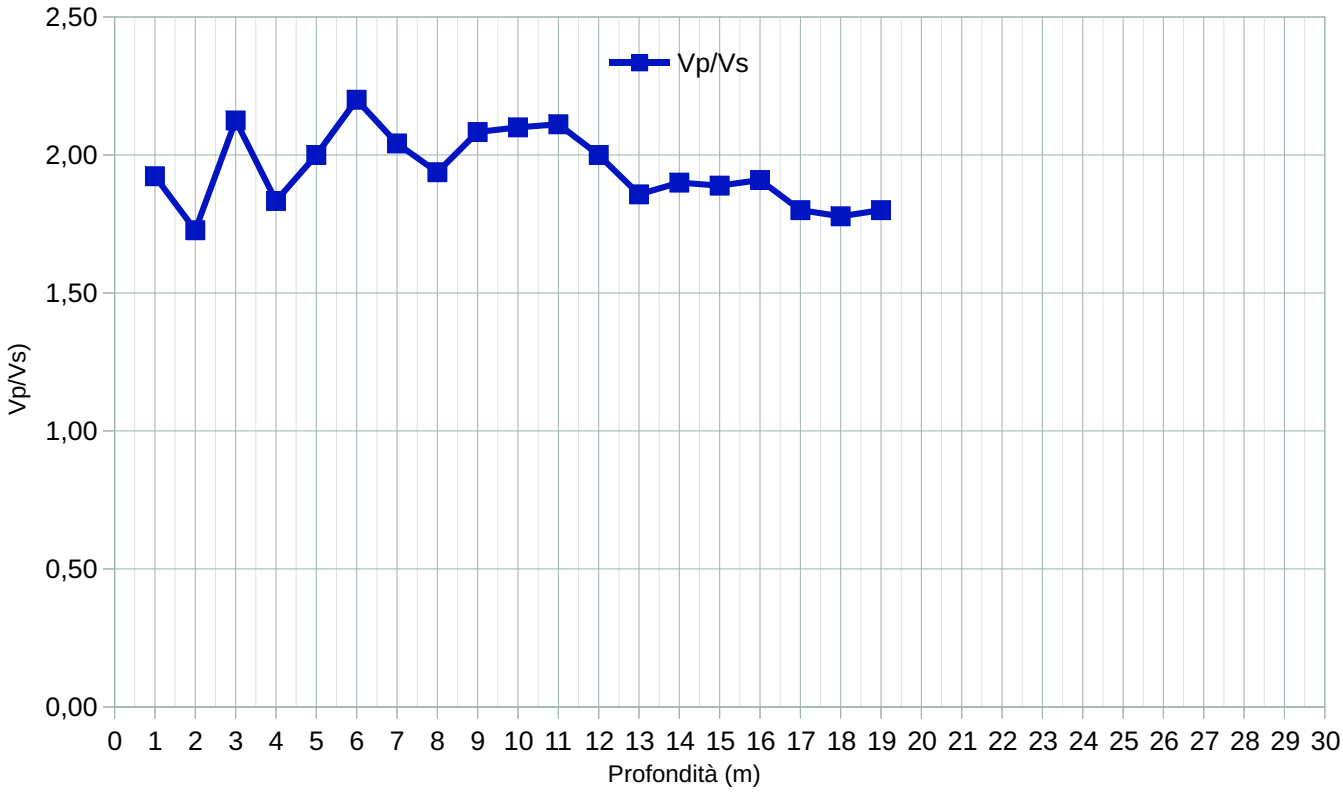


Casc. Mimia Inf. 56 sub 2 presso civ. 49
Tagliolo Monferrato (AL) P.I.- C.F.02588190062
geofisicaeambientesrls@gmail.com
lauraspalluto@geofisicaeambiente.con
tel 3482658650-649

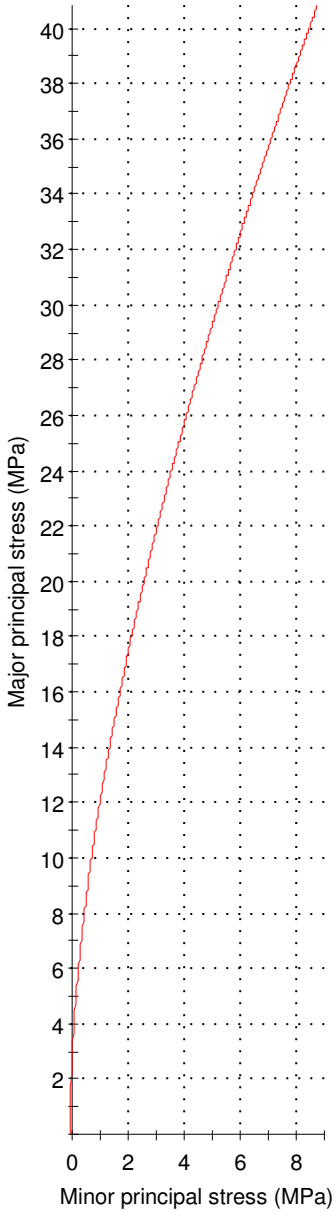




Casc. Mimia Inf. 56 sub 2 presso civ. 49
Tagliolo Monferrato (AL) P.I.- C.F.02588190062
geofisicaeambientesrls@gmail.com
lauraspalluto@geofisicaeambiente.con
tel 3482658650-649



Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (sigci) = 35 MPa
GSI = 50 mi = 20 Disturbance factor (D) = 0
intact modulus (Ei) = 12250 MPa
modulus ratio (MR) = 350

Hoek-Brown Criterion

mb = 3.354 s = 0.0039 a = 0.506

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.149 MPa friction angle = 36.50 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.040 MPa
uniaxial compressive strength = 2.108 MPa
global strength = 8.526 MPa
deformation modulus = 3763.03 MPa

