



# COMUNE DI PATERNO CALABRO

Provincia di Cosenza

REGIONE



CALABRIA

Lavori di "Realizzazione impianto di depurazione a fanghi attivi in loc. Cimini della potenzialità di 1.000 a.e.. Adeguamento funzionale degli impianti di depurazione di loc. Pugliano (pot. 300 a.e.) e loc. Spadolette (pot. 300 a.e.). Realizzazione rete fognaria di parte del centro urbano e collettamento all'impianto di depurazione di Loc. Cimini" - I° **Stralcio funzionale**.



## PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

Studio geologico

Domicilio fiscale

Via Skanderberg snc

88817 S. Nicola dell'Alto (KR) - Crotone

Tel. 0984/393037

Email: [bastapaola2013@gmail.com](mailto:bastapaola2013@gmail.com)

PEC: [bastapaola@epap.sicurezza postale.it](mailto:bastapaola@epap.sicurezza postale.it)

Codice: **PD/PE**

Titolo:

10.03.

## RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Scala:

1:10000

Timbri:



Il Responsabile Unico del Procedimento: Geom. Maurizio Piccolo

Data:

Rev.	Data:	Descrizione revisione	Eseguito:	Controllato:	Approvato:
A					
B					
C					

## Sommario

1.	PREMESSA	2
2.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TOPOGRAFICO DELL'AREA	3
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	4
4.	DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE GENERALI DELL'AREA	5
5.	DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO – SCAVO PER IL PRELIEVO DEL CAMPIONE – PROVE DPSH.—SISMICHE TIPO RIFRAZIONE E MASW.	8
5.1.	Prove Penetrometriche	9
5.2.	Prove di laboratorio - risultati	15
5.1.	Modello Sismico- sezione sismiche tipo rifrazione	19
6.	RICOSTRUZIONE MODELLO GEOLOGICO – SEZIONE GEOLOGICA SU SEZIONE P7 STATO FUTURO	21
7.	RICOSTRUZIONE MODELLO GEOLOGICO – ELABORAZIONI DATI – TABELLA SINTESI	22
8.	MODELLO GEOTECNICO TABELLA SINOTTICA RISULTATI ELABORAZIONI	23
9.	CONCLUSIONI	27

## 1. Premessa

Nell'ambito del "Progetto di adeguamento dell'impianto di depurazione in località Cimini" è stato redatto il seguente elaborato al fine di valutare la fattibilità dell'opera nel contesto geoambientale. La caratterizzazione sito specifica è stata sviluppata attraverso l'elaborazione dei dati ricavati tramite l'esecuzione di indagini in situ. Oltre che attraverso un accurato rilievo geologico, infatti, la modellazione geotecnica e sismica è stata fatta in base ai dati ottenuti da:

- 3 prove penetrometriche superpesanti
- 3 stendimenti sismici di cui uno di tipo masw e due di tipo rifrazione (sulla stessa traccia della rifrazione)
- 1 analisi di laboratorio geotecnico su un campione di terreno prelevato mediante escavatore

Il presente documento è stato redatto secondo i dettami contenuti nelle seguenti norme:

- Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 - NTC 2018.
- Leggi n. 64 del 2 febbraio 1974 e n. 1086 del 5 novembre 1971. DPR n. 380 del 6 giugno 2001. Legge Regionale n. 37 del 31 dicembre 2015 e succ. modif. e integr. Regolamento Regionale n. 15 del 29 novembre 2016

### *Illustrazione degli aspetti metodologici seguiti per la realizzazione dello studio e della documentazione cartografica*

Lo studio è stato articolato in una prima fase attraverso l'esecuzione di una serie di sopralluoghi tecnici, in cui sono state chiariti gli obiettivi da raggiungere per definire un modello geologico e geotecnico di dettaglio. Il programma delle indagini è stato organizzato in base alla strategia progettuale scelta e al contesto geologico-geomorfologico ed idrogeologico dell'area. Le attività sono state condotte in modo da quantificare le pericolosità geoambientali dell'area. La cartografia tematica è stata redatta in ambiente GIS, ogni carta è stata georiferita nel sistema di coordinate Gauss Boaga - WGS\_1984\_UTM\_Zona\_33N. Il sistema di riferimento utilizzato ha le seguenti caratteristiche: Proiezione: Transversa di Mercatore; False\_Easting: 2520000,000000 m ; False\_Northing: 0,000000 m Meridiano Centrale: 15,000000 °; Fattore di scala: 0,999600 m; Latitude di Origine : 0,000000 °; Unità lineare: Metro; Datum: WGS 1984.

## 2. Inquadramento geografico e topografico dell'area

L'area di intervento, situata nel comune di Paterno Calabro, è individuata dalle seguenti coordinate geografiche nel sistema di riferimento ED 50 Fuso 33 Nord -  $39,228790^{\circ}$  Nord e  $16,272116^{\circ}$  Est. La quota media dell'area di intervento è di 571 m s.l.m..

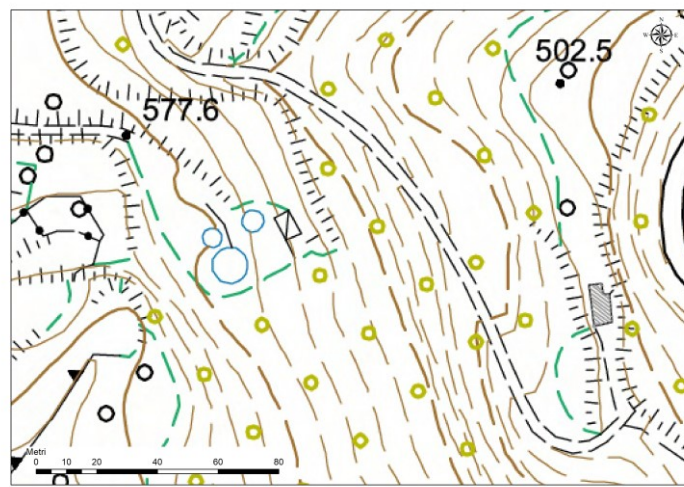
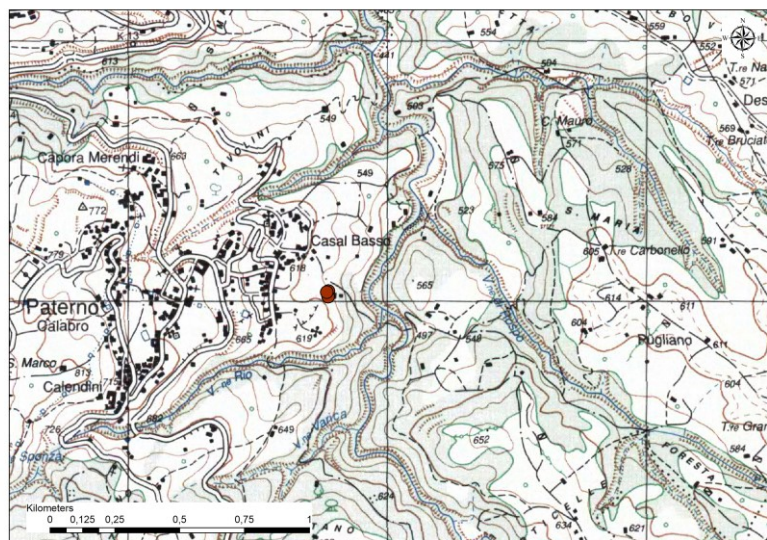


Figura 1. Inquadramento su IGM, Ortofoto e CTR..



### 3. Inquadramento geologico generale

#### *Descrizione delle caratteristiche geologiche generali dell'area*

L'area in studio è situata lungo il versante orientale della Sila Grande, nella fascia di transizione tra l'alto strutturale del massiccio silano e la depressione del Bacino di Piano Lago. Tale fascia è caratterizzata da una struttura a gradinata, ribassata verso ovest mediante una serie di faglie normali, orientate in direzione N-S, con rigetti complessivi di alcune centinaia di metri.

Nel territorio del Comune di Paterno affiorano tre diversi tipi di terreno, in cui si possono distinguere un substrato e i relativi materiali di copertura.

#### COMPLESSO IGNEO-METAMORFICO

Il substrato è ascrivibile a un complesso igneo-metamorfico, derivante da un blocco di origine continentale, paleozoico, che ha subito durante la messa in posto delle falde, intensi fenomeni di metamorfismo regionale di medio e alto grado; esso è costituito principalmente da gneiss e scisti biotitici, spesso associati a gneiss granitoidi o a segregazioni di rocce granitiche. Le complesse vicissitudini tettoniche subite da questi terreni, con conseguente intensa fratturazione degli stessi, hanno provocato l'instaurarsi di processi di degradazione, che principalmente ascrivibili a fenomeni crioclastici, termoclastici e di degradazione chimica, hanno portato alla formazione di una coltre eluviale di alterazione dello spessore superiore ai 20 mt in quasi tutto il territorio.

#### COMPLESSO CONGLOMERATICO

I materiali di copertura sono rappresentati principalmente da un complesso conglomeratico, depositatosi in età pliocenica nelle depressioni tettoniche in formazione e costituito da clasti eterometrici metamorfici, alterati e disgregati, immersi in una matrice sabbioso-limosa di colore bruno-rossastra. Tale complesso, in parte di origine marina e in parte continentale, è sovrapposto in discordanza stratigrafica al complesso metamorfico e presenta spessori variabili da 0 mt a 50 mt.

#### PRODOTTI DETRITICO-ALLUVIONALI

Nei pressi del centro abitato e nelle zone limitrofe, al di sopra dei complessi sopra descritti si rinvencono spessori variabili di materiali di dilavamento, originatisi in seguito all'accumulo di prodotti di copertura superficiali, asportati per fenomeni erosivi o di trasporto delle acque dei torrenti. Tali materiali, costituiti da clasti di origine metamorfica, eterometrici, poco arrotondati o spigolosi, con tessitura caotica e immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa, formano una coltre superficiale, incoerente, che in alcune zone raggiunge lo spessore di 7-8 mt. Nell'area oggetto del presente studio affiorano i prodotti detritico-alluvionali con uno spessore di 5-6 metri, poggianti, in discordanza sul basamento metamorfico, completamente alterato.

#### CALCARI E CALCARENITI (MIOCENE MEDIO - SUPERIORE)

Sono disposti in continuità stratigrafica sui sottostanti conglomerati poligenici. Si presentano da biancastri a rosati a bruno rossastri, grigi sulla superficie di alterazione. Si tratta di calcari massiccio grossolanamente stratificati, spesso abbondantemente fossiliferi. Verso la base si ha spesso un calcare conglomeratico con piccoli ciottoli, generalmente ben arrotondati, di rocce ignee e metamorfiche.

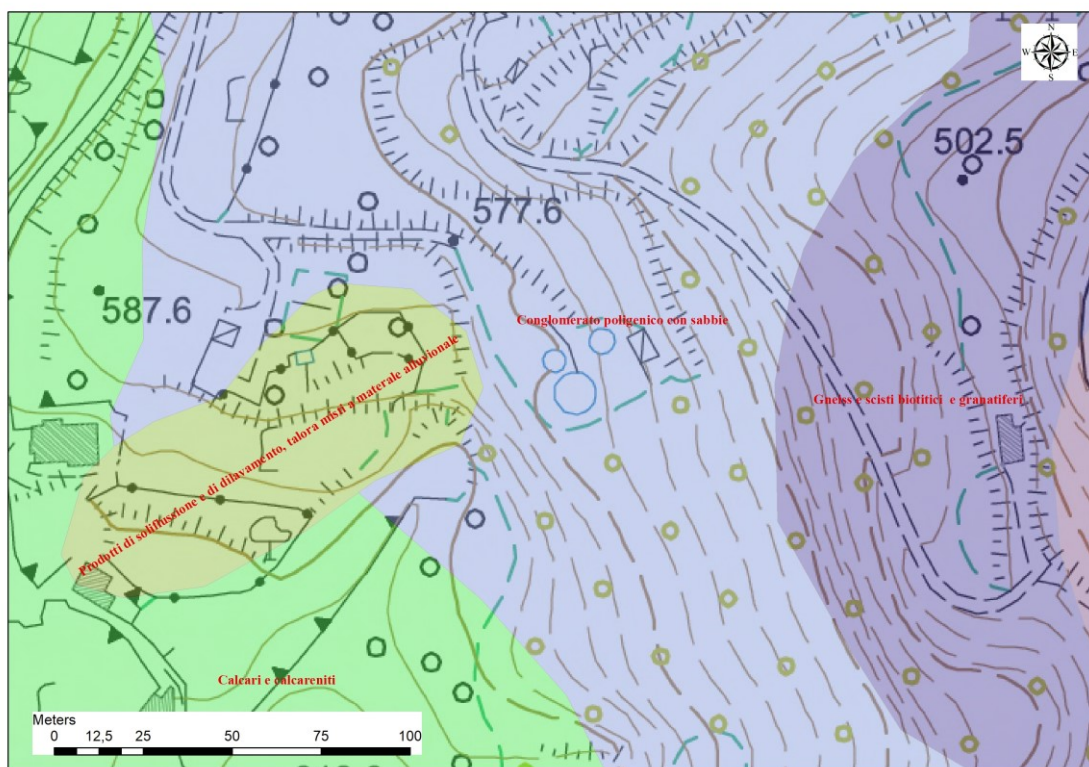


Figura 2. Stralcio carta geologica 236 I NO.

#### 4. Descrizione delle caratteristiche morfologiche generali dell'area

La morfologia dell'area nella quale è compreso il territorio del Comune di Paterno Calabro è caratterizzata a est dalla presenza di zone con pendenze più o meno accentuate, contrapposte a ovest ad una zona subpianeggiante. Ciò è dovuto sia alla differente litologia delle due zone, che ai processi geologici che hanno portato alla loro formazione. La parte orientale si è, infatti, originata in seguito a intensi fenomeni tettonici, i quali hanno provocato il sollevamento e la conseguente fratturazione di rocce originariamente integre. Ciò ha nel contempo permesso l'instaurarsi di fenomeni di alterazione fisica e chimica che hanno originato la conformazione morfologica degli attuali versanti, abbassando nel complesso le originarie elevate pendenze.

L'origine della zona orientale è invece ascrivibile a processi di sedimentazione, che hanno provocato il riempimento di un originario bacino di origine tettonica. Il suo successivo sollevamento ha portato alla formazione di una superficie pianeggiante, bordata da torrenti originatisi in seguito all'abbassamento del livello di base.

I processi di modellamento dei versanti, attivi in tale contesto geologico-geomorfologico, sono riconducibili principalmente a manifestazioni erosive areali o lineari, nonché a fenomeni di movimenti superficiali del regolite (soil creep), evolvendo, in determinate condizioni morfologiche, naturali o antropiche, e/o idrogeologiche in veri e propri movimenti franosi.

L'area oggetto degli interventi in progetto si trova ad una quota altimetrica pari a 570 m slm e presenta pendenze intorno al 20%. È delimitata a sud dal vallone della Fiumara che si immette, poco dopo, nel Torrente Iassa che delimita invece l'area a Est.

L'esame delle foto aeree ha escluso la presenza di elementi morfologici riferibili a processi gravitativi in atto; sono state evidenziate, durante il rilevamento di campagna, delle piccole scarpate di origine antropica, con altezza decimetrica. Non sono stati rilevati segni di movimenti gravitativi superficiali e/o profondi, quali inclinazioni dei tronchi degli alberi o fessurazioni nel terreno. Le strutture presenti nelle zone limitrofe non mostrano, inoltre, segni di cedimenti o lesioni imputabili a problemi di natura geologica.

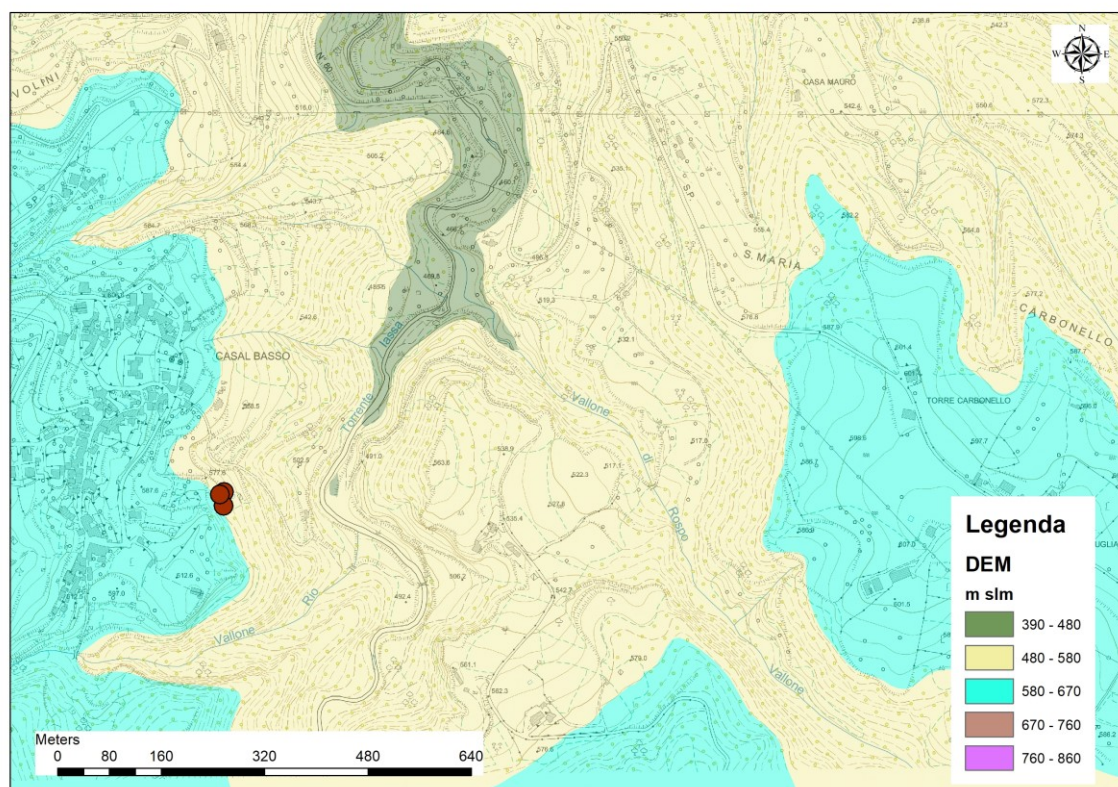


Figura 3. Fasce altimetriche



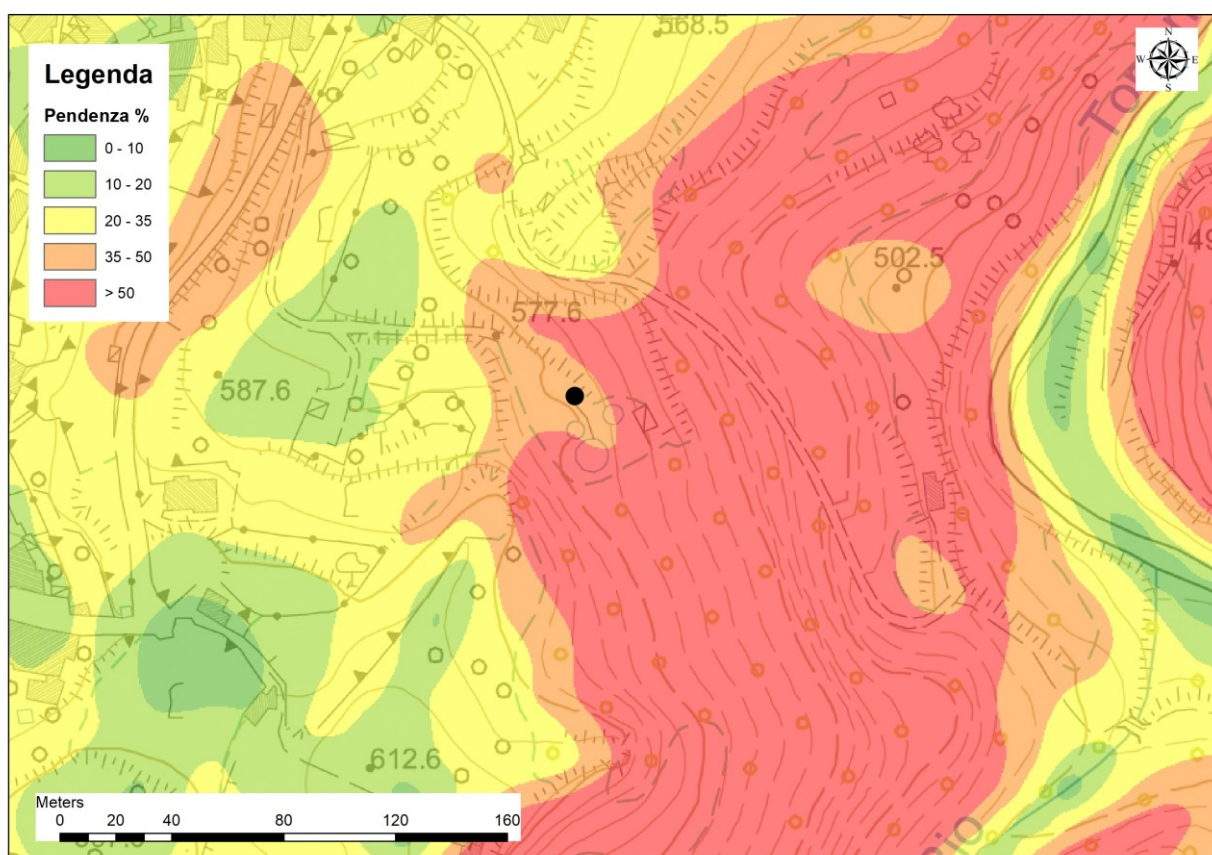
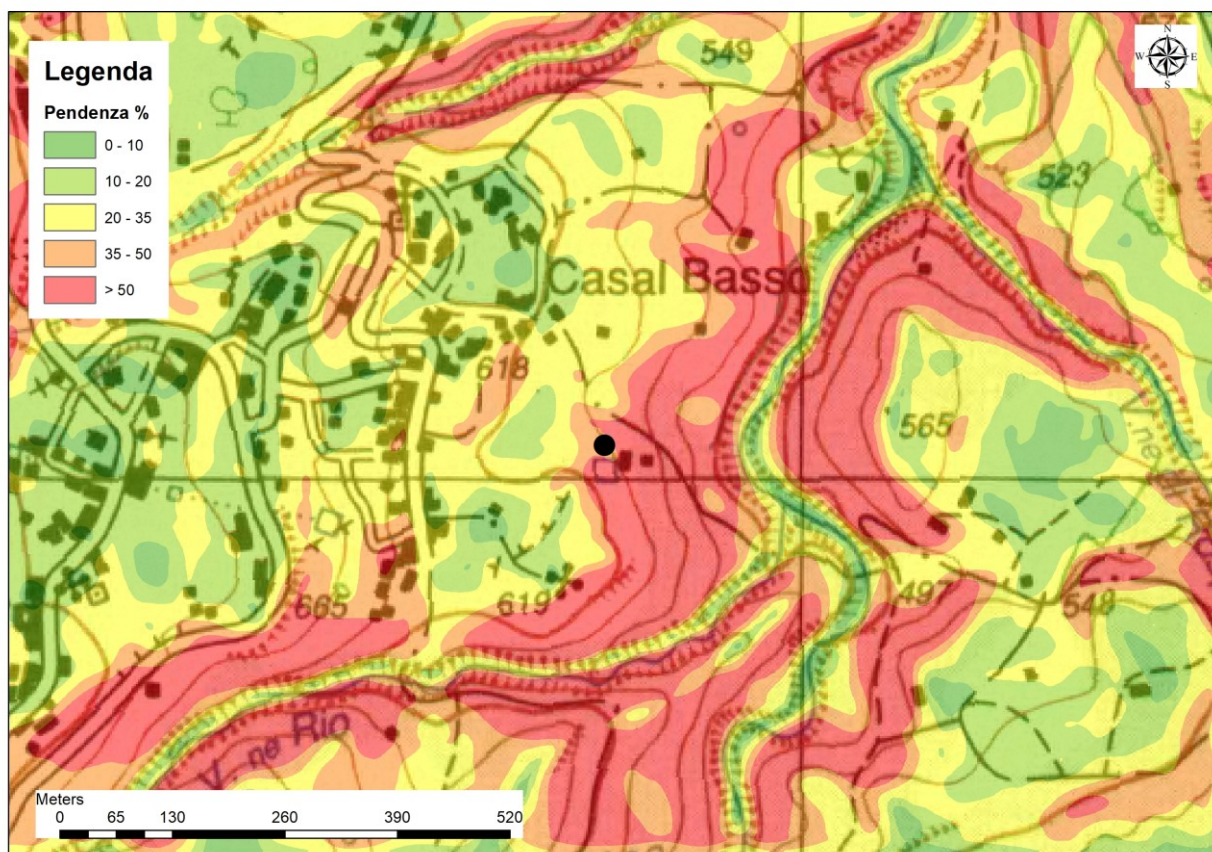


Figura 3. Carta delle pendenze – in nero area intervento.



Vincoli Pai

Per l'area di progetto nel Pai Calabria non sono riportati vincoli geomorfologici e idraulici.

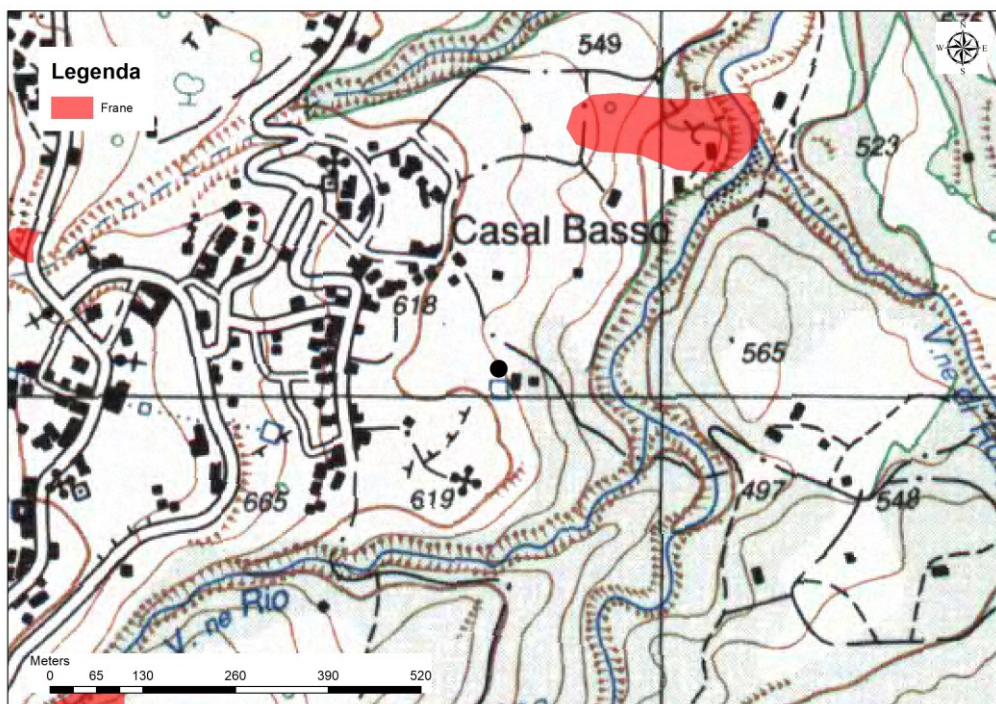


Figura 4. Stralcio Carta Pai Rischio Geomorfologico su IGM – in nero area di intervento, in rosso aree in frana PAI CALABRIA .

**Vincoli Pai - Rischio idraulico** Per quanto riguarda il rischio idraulico il PAI non indica alcun vincolo per l'area di intervento.

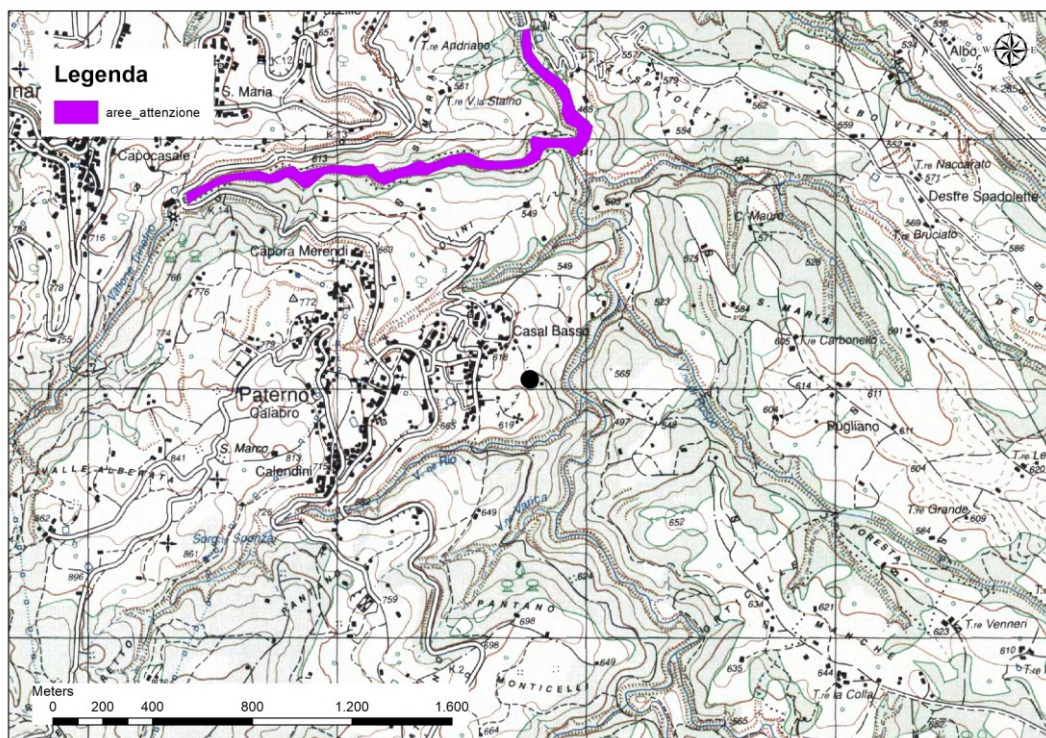


Figura 4. Stralcio Carta Pai Rischio idraulico su IGM – in nero area di intervento, in magenta rischio idraulico PAI CALABRIA .



## 5. Definizione del modello geotecnico – scavo per il prelievo del campione – prove dphs .—sismiche tipo rifrazione e masw.

Per la caratterizzazione geotecnica e stratigrafica dell'area sono stati reperiti ed eseguite le seguenti prove:

- 1) Scavo per il prelievo di un campione per analisi geotecniche di laboratorio
- 2) Indagini sismiche di tipo Masw e rifrazione
- 3) Indagini penetrometriche

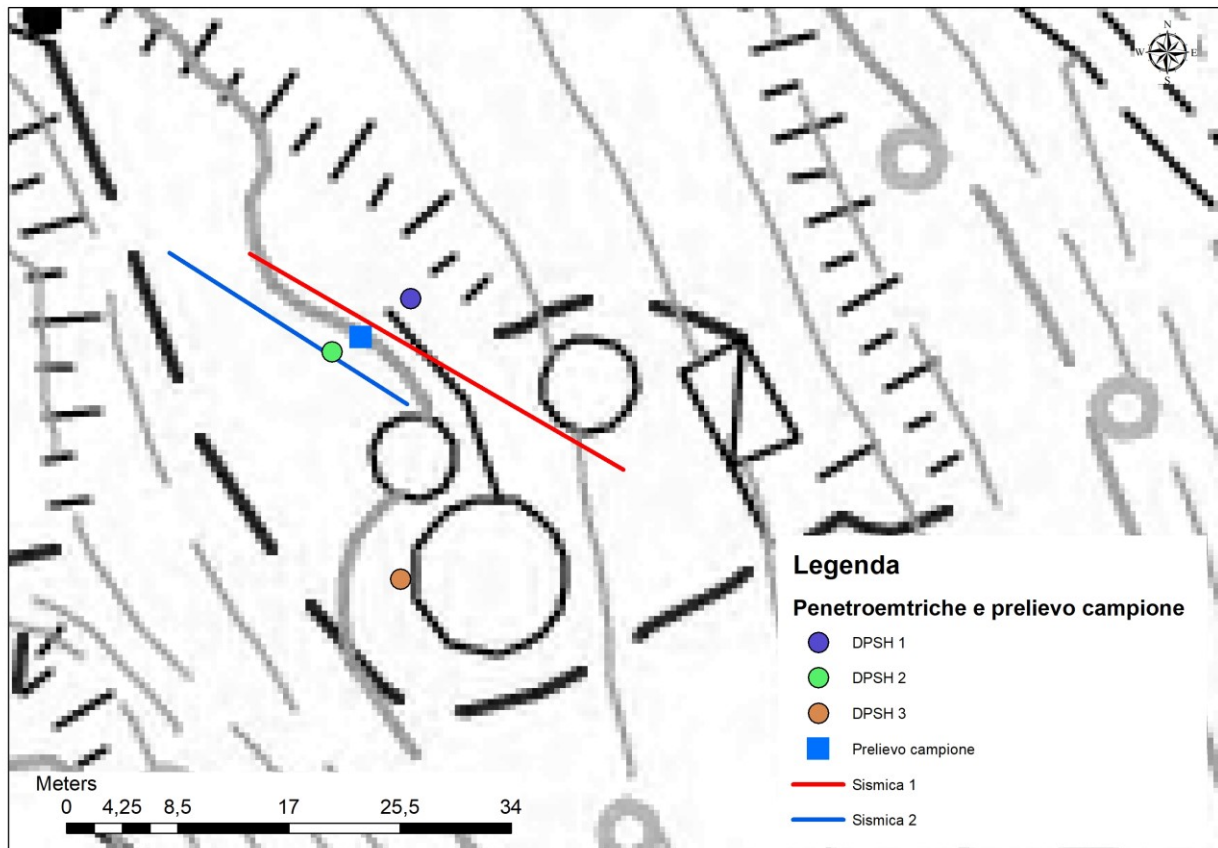


Figura 5 – Ubicazione prove geognostiche su C.T.R.

## 5.1. Prove Penetrometriche

### PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

#### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-100 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63,5	Kg
Altezza di caduta libera	0,75	m
Peso sistema di battuta	0,63	Kg
Diametro punta conica	51,00	mm
Area di base punta	20,43	cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6,31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40	m
Avanzamento punta	0,20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Coeff. Correlazione	1,489	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90°	

Figura 6 – Caratteristiche strumentali penetrometro.

Prove DPSH

#### PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI  
 Prova eseguita in data 09/03/2018  
 Profondità prova 4,00 mt  
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	6	0,855	53,88	63,04	2,69	3,15
0,40	5	0,851	44,70	52,54	2,23	2,63
0,60	3	0,847	24,50	28,93	1,23	1,45
0,80	2	0,843	16,27	19,29	0,81	0,96
1,00	3	0,840	24,29	28,93	1,21	1,45
1,20	2	0,836	16,13	19,29	0,81	0,96
1,40	3	0,833	24,10	28,93	1,20	1,45
1,60	2	0,830	14,78	17,82	0,74	0,89
1,80	2	0,826	14,73	17,82	0,74	0,89
2,00	2	0,823	14,67	17,82	0,73	0,89
2,20	2	0,820	14,62	17,82	0,73	0,89
2,40	2	0,817	14,56	17,82	0,73	0,89
2,60	2	0,814	13,49	16,56	0,67	0,83
2,80	4	0,811	26,88	33,13	1,34	1,66
3,00	5	0,809	33,49	41,41	1,67	2,07
3,20	4	0,806	26,70	33,13	1,34	1,66
3,40	4	0,803	26,61	33,13	1,33	1,66
3,60	6	0,801	37,17	46,41	1,86	2,32
3,80	6	0,798	37,06	46,41	1,85	2,32
4,00	100	0,596	461,05	773,55	23,05	38,68

Figura 7 – Andamento del numero di colpi con la profondità.



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Coltre di alterazione superficiale	5	0.00-3,80	5	Gibbs & Holtz 1957	21,38

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Coltre di alterazione superficiale	5	0.00-3,80	5	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	23,66

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Coltre di alterazione superficiale	5	0.00-3,80	5	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) Coltre di alterazione superficiale	5	0.00-3,80	5	Meyerhof ed altri	1,54

Figura 8. Parametrizzazione geotecnica dei litotipi DPSH 1.

## PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI  
 Prova eseguita in data 09/03/2018  
 Profondità prova 4,80 mt  
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	7	0,855	62,86	73,55	3,14	3,68
0,40	12	0,851	107,27	126,09	5,36	6,30
0,60	14	0,797	107,60	135,01	5,38	6,75
0,80	14	0,793	107,11	135,01	5,36	6,75
1,00	5	0,840	40,49	48,22	2,02	2,41
1,20	5	0,836	40,32	48,22	2,02	2,41
1,40	7	0,833	56,22	67,50	2,81	3,38
1,60	11	0,830	81,31	98,02	4,07	4,90
1,80	6	0,826	44,18	53,47	2,21	2,67
2,00	8	0,823	58,68	71,29	2,93	3,56
2,20	8	0,820	58,46	71,29	2,92	3,56
2,40	23	0,717	146,98	204,95	7,35	10,25
2,60	19	0,764	120,26	157,35	6,01	7,87
2,80	17	0,761	107,20	140,79	5,36	7,04
3,00	15	0,759	94,25	124,23	4,71	6,21
3,20	13	0,756	81,39	107,66	4,07	5,38
3,40	14	0,753	87,35	115,94	4,37	5,80
3,60	15	0,751	87,13	116,03	4,36	5,80
3,80	14	0,748	81,05	108,30	4,05	5,41
4,00	12	0,796	73,89	92,83	3,69	4,64
4,20	16	0,744	92,05	123,77	4,60	6,19
4,40	21	0,691	112,32	162,45	5,62	8,12
4,60	26	0,689	130,05	188,68	6,50	9,43
4,80	100	0,587	426,06	725,69	21,30	36,28

Figura 9. Andamento del numero di colpi con la profondità DPSH 2.



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2****TERRENI INCOERENTI**

## Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Coltre di alterazione superficiale	10	0,00-2,20	10	Gibbs & Holtz 1957	36,98
Strato (2) Materiale litoide alterato e fratturato	25	2,20-4,60	25	Gibbs & Holtz 1957	49,57

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Coltre di alterazione superficiale	10	0,00-2,20	10	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	27,25
Strato (2) Materiale litoide alterato e fratturato	25	2,20-4,60	25	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	34,36

## Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Coltre di alterazione superficiale	10	0,00-2,20	10	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Materiale litoide alterato e fratturato	25	2,20-4,60	25	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) Coltre di alterazione superficiale	10	0,00-2,20	10	Meyerhof ed altri	1,73
Strato (2) Materiale litoide alterato e fratturato	25	2,20-4,60	25	Meyerhof ed altri	2,08

Figura 10. Parametrizzazione geotecnica dei litotipi DPSH 2.

## PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI  
 Prova eseguita in data 09/03/2018  
 Profondità prova 2,60 mt  
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	7	0,855	62,86	73,55	3,14	3,68
0,40	6	0,851	53,64	63,04	2,68	3,15
0,60	7	0,847	57,18	67,50	2,86	3,38
0,80	15	0,793	114,76	144,65	5,74	7,23
1,00	14	0,790	106,62	135,01	5,33	6,75
1,20	13	0,786	98,57	125,36	4,93	6,27
1,40	21	0,733	148,41	202,51	7,42	10,13
1,60	15	0,780	104,20	133,66	5,21	6,68
1,80	15	0,776	103,77	133,66	5,19	6,68
2,00	19	0,773	130,90	169,31	6,55	8,47
2,20	21	0,720	134,76	187,13	6,74	9,36
2,40	22	0,717	140,59	196,04	7,03	9,80
2,60	100	0,614	508,70	828,17	25,43	41,41

Figura 11. Andamento del numero di colpi con la profondità DPSH 3.



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3****TERRENI INCOERENT I****Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Coltre di alterazione superficiale	10	0,00-0,60	10	Gibbs & Holtz 1957	40,19
Strato (2) Materiale litoide alterato e fratturato	25	0,60-2,40	25	Gibbs & Holtz 1957	56,31

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Coltre di alterazione superficiale	10	0,00-0,60	10	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	27,25
Strato (2) Materiale litoide alterato e fratturato	25	0,60-2,40	25	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	34,36

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Coltre di alterazione superficiale	10	0,00-0,60	10	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Materiale litoide alterato e fratturato	25	0,60-2,40	25	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) Coltre di alterazione superficiale	10	0,00-0,60	10	Meyerhof ed altri	1,73
Strato (2) Materiale litoide alterato e fratturato	25	0,60-2,40	25	Meyerhof ed altri	2,08

Figura 12. Parametrizzazione geotecnica dei litotipi

## 5.2. Prove di laboratorio - risultati

<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b>APERTURA CAMPIONE</b>	
Data arrivo campione:	05/04/2018	Data Apertura:	09/04/2018
Verbale Accettazione:	263	Certificato numero:	2733
		Pagine Certificato:	1 di 8
		Data Certificato:	16/04/2018
INDAGINE: Realizzazione impianto di depurazione a fanghi attivi in loc. Cimini - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE: Dott.ssa Geol. Paola Basta		<b>ORIGINALE</b>	
SONDAGGIO	1	Campione:	1
		PROFONDITA':	m 1.00 - 1.40
<b>NORMA DI RIFERIMENTO: UNI EN ISO 14688-1: Gennaio 2003 - UNI EN ISO 14688-2: Novembre 2004</b>			

Caratteristiche del campione		Contenitore		Stato del campione	
Diametro (mm):	84	<input checked="" type="checkbox"/>	Fustella	<input type="checkbox"/>	Disturbato o Rimaneggiato
Lunghezza dichiarata (mm):	400	<input type="checkbox"/>	PVC	<input type="checkbox"/>	Disturbo limitato
Lunghezza effettiva (mm):	400	<input type="checkbox"/>	Busta	<input checked="" type="checkbox"/>	Indisturbato
<b>Caratteristiche determinabili</b>					
Classe di qualità dichiarata: (Q1-Q5)	Q5	<b>Qualità del campione effettiva:</b>			
		Disturbato o Rimaneggiato		Disturbo limitato	Indisturbato
		Q1	Q2	Q3	Q4
Profilo stratigrafico					
Composizione granulometrica					■
Contenuto d'acqua naturale					■
Peso dell'unità di volume					■
Caratteristiche meccaniche					■
<b>Prove non eseguibili</b>					
<b>Parte Bassa</b> <i>Prelievo dei Provini – Prova Vane Test – Penetrometro Pocket</i> <b>Parte Alta</b>					
		<b>Pr</b>	<b>Pr</b>	<b>Pr</b>	<b>Pr</b>
3.6	7.2	10.8	14.4	18.0	21.6
		25.2	28.8	32.4	36.0
cm					cm
<b>Descrizione visiva del campione</b>					
Sabbia Limosa Ghiaiosa Argillosa poco addensata di colore bruno-nerastro.					
<b>Note</b>					

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b>MISURA DEL PESO DELL'UNITÀ DI VOLUME</b>	
Data arrivo campione:	05/04/2018	Data esecuzione prova:	09/04/2018
Verbale Accettazione:	263	Certificato numero:	2733
		Pagine Certificato:	3 di 8
		Data Certificato:	16/04/2018
INDAGINE: Realizzazione impianto di depurazione a fanghi attivi in loc. Cimini - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE: Dott.ssa Geol. Paola Basta			
SONDAGGIO	1	Campione:	1
		PROFONDITA':	m 1.00 - 1.40

ORIGINALE

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 2 : Febbraio 2005**

METODO UTILIZZATO	Metodo con misurazioni lineari
-------------------	--------------------------------

DATI SPERIMENTALI
-------------------

	1ª misurazione	2ª misurazione
Massa del campione utilizzato	146.2 g	146.1 g
	1ª misurazione	2ª misurazione
Volume del campione	72 cm³	72 cm³
	1ª misurazione	2ª misurazione
Peso dell'Unità di Volume	19.913 (kN/m³)	19.899 (kN/m³)
Media delle misurazioni γ	19.906	(kN/m³)

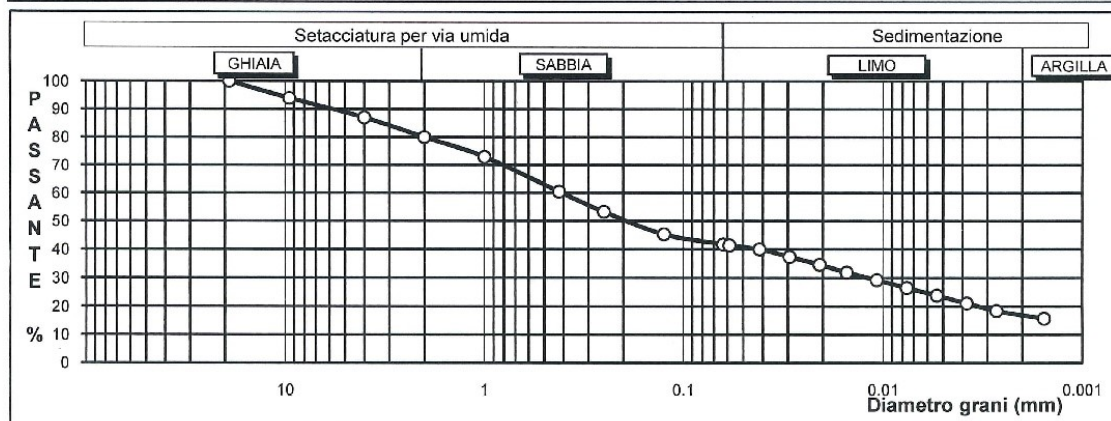
Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia



<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<b>ANALISI GRANULOMETRICA mediante          setacci e/o crivelli e per sedimentazione</b>	
Data arrivo campione:	05/04/2018	Data esecuzione prova:	
Verbale Accettazione:	263	Certificato numero:	
		Pagine Certificato:	
		Data Certificato:	
INDAGINE: Realizzazione impianto di depurazione a fanghi attivi in loc. Cimini - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE: Dott.ssa Geol. Paola Basta			
SONDAGGIO 1 Campione: 1 PROFONDITA': m 1.00 - 1.40			



#### DATI SEDIMENTAZIONE

Tempo $\Delta t$ (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Tempo $\Delta t$ (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Massa del campione utilizzata:
0.5	1.014	0.082835	42.7	60	1.008	0.007596	26.5	26 g
1	1.0135	0.058595	41.4	120	1.007	0.005375	23.8	Qualità del campione
2	1.013	0.041449	40.0	240	1.006	0.003804	21.1	Q1
4	1.012	0.029331	37.3	480	1.005	0.002692	18.4	Q2
8	1.011	0.020756	34.6	1440	1.004	0.001555	15.7	Q3
15	1.01	0.015169	31.9					Q4
30	1.009	0.010734	29.2					Q5

#### DATI SETACCIATURA

Diametro (mm)	Massa tratt. gr.	Trattenuto %	Passante %	Diametro (mm)	Massa tratt. gr.	Trattenuto %	Passante %	Massa del campione utilizzata:
0	0	0	100.0	1	112	27.0	73.0	415 g
0	0	0.0	100.0	0.420	164	39.5	60.5	Qualità del campione
0	0	0.0	100.0	0.250	194	46.7	53.3	Q1
19	0	0.0	100.0	0.125	227	54.7	45.3	Q2
9.5	25	6.0	94.0	0.063	242	58.3	41.7	Q3
4	54	13.0	87.0					Q4
2	83	20.0	80.0					Q5

#### NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 4 : Febbraio 2005

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :	Sabbia Limosa Ghiaiosa Argillosa	cigrsiSa
Percentuali classi granulometriche:	Ghiaia 20.0% Sabbia 38.3% Limo 24.7% Argilla 17.0%	

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

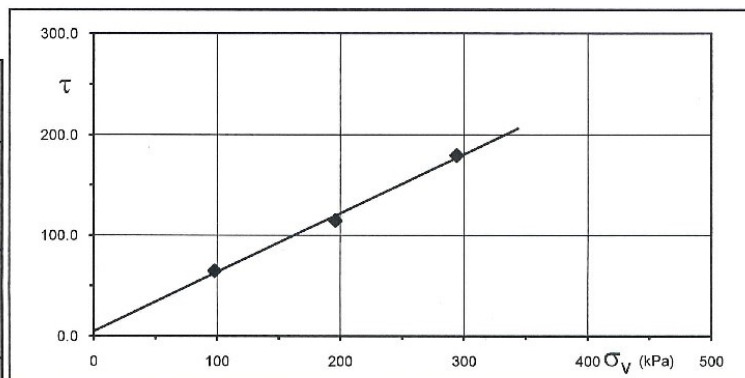


Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

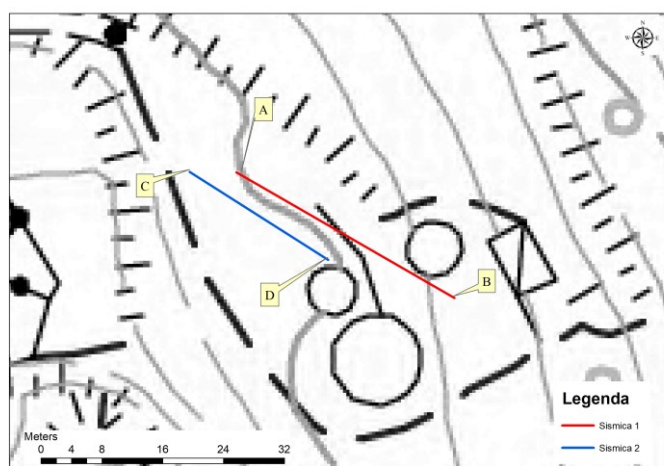
**S1 C1 da m. 1.00 – 1.40**  
**Prova di taglio diretto – Valori di Picco**

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	64.60	114.75	179.85
Spost. Oriz. a rottura (mm)	6.79	6.93	6.64

Norma <b>UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 :</b> <b>Febbraio 2005</b>
<b>DIAGRAMMA</b> <u>Tensione - Pressione verticale</u>
Coesione (kPa) : <b>4.481</b>
Angolo d'attrito (°) : <b>30.44</b>



### 5.1. Modello Sismico- sezione sismiche tipo rifrazione



Sezione sismica 1

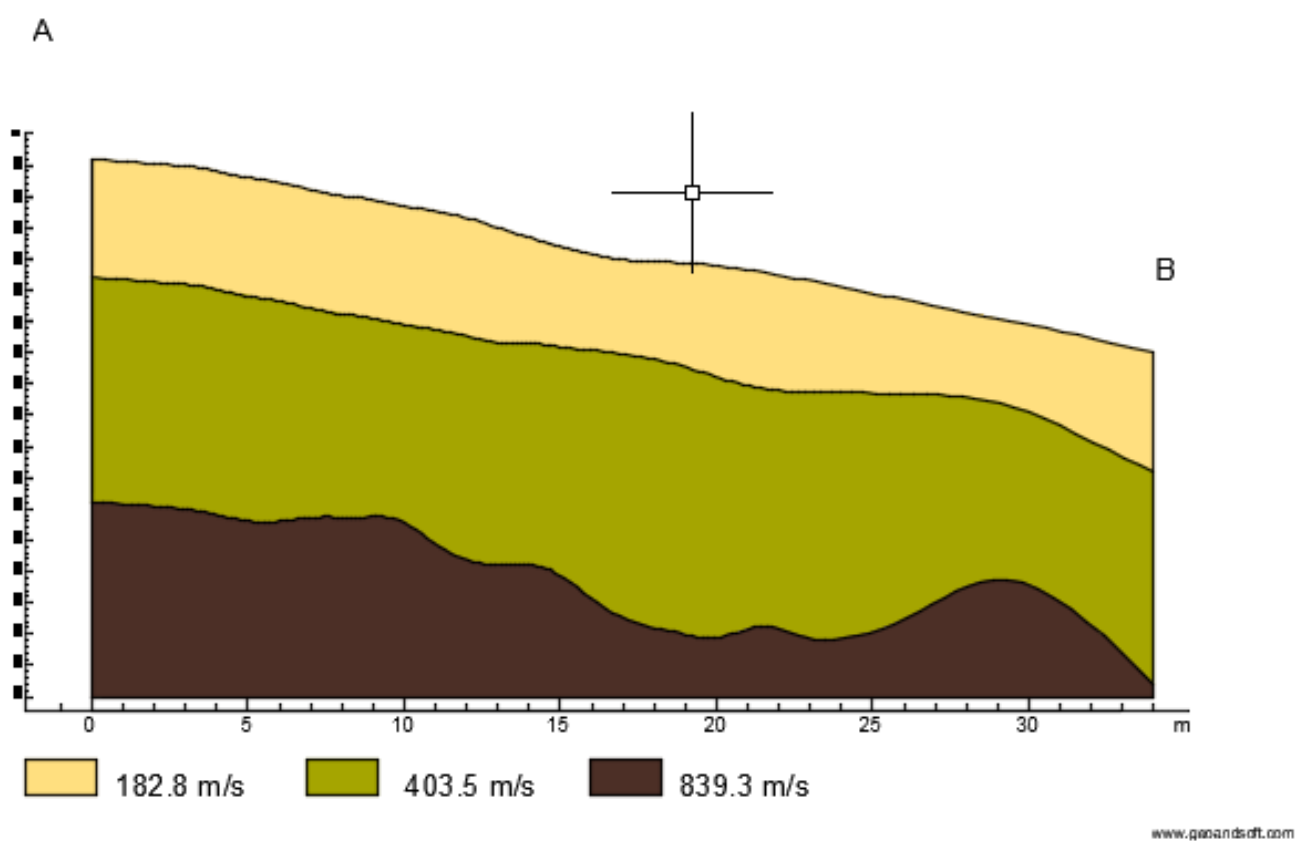


Figura 13. Sezione sismica tipo rifrazione SIS 1



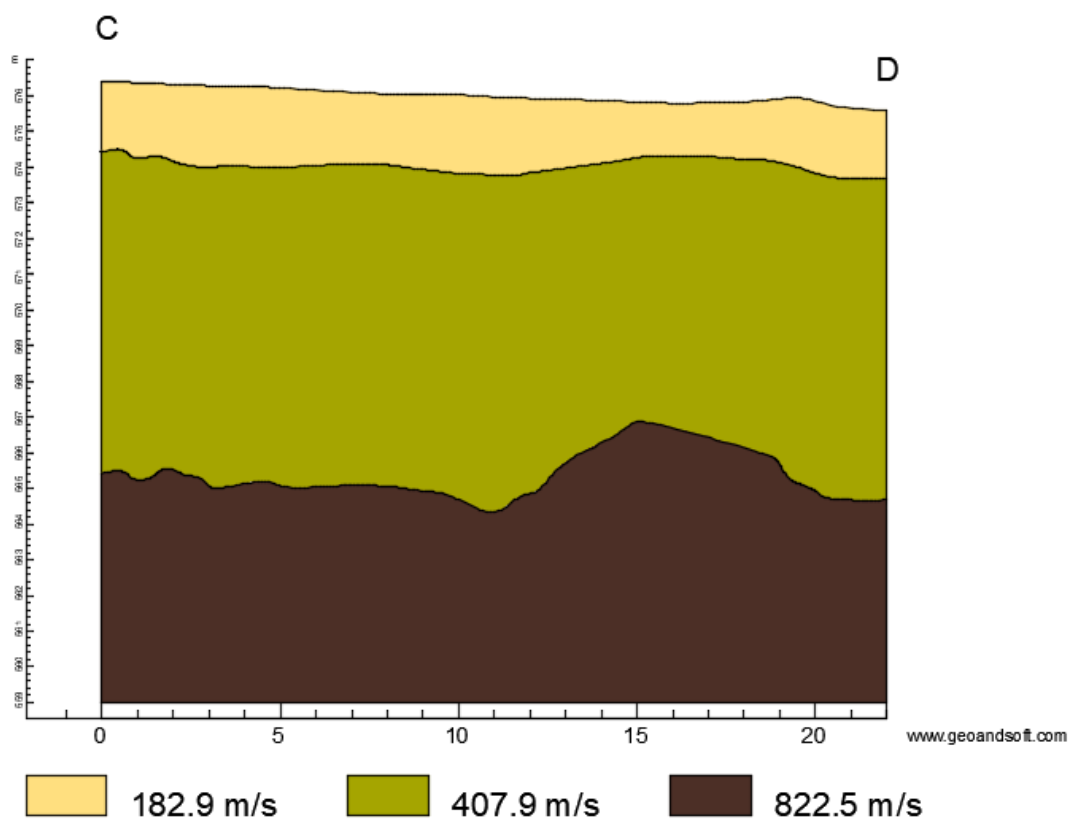
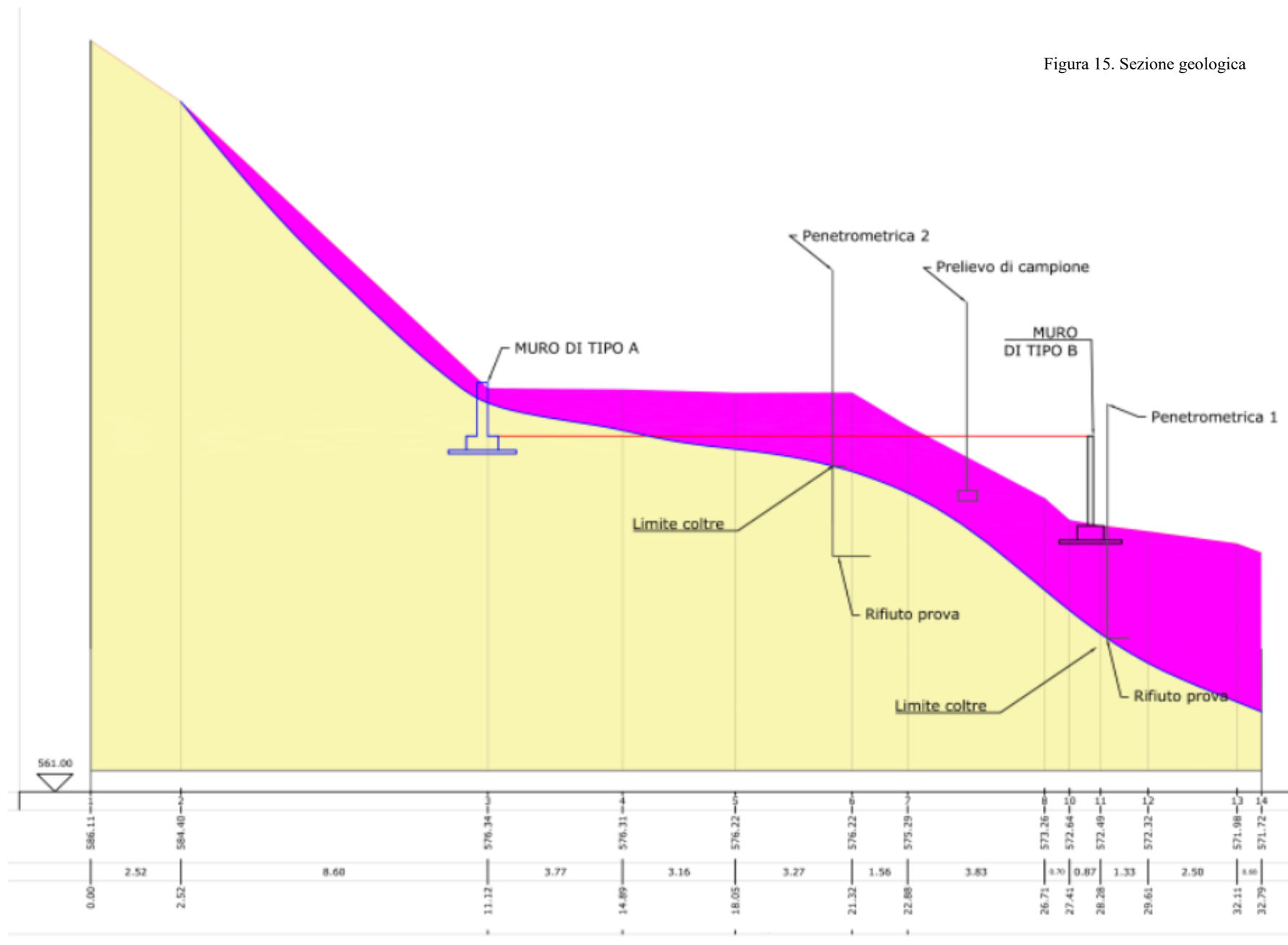


Figura 14. Sezione sismica tipo rifrazione SIS 2

## 6. Ricostruzione modello geologico – sezione geologica su sezione p7 stato futuro

Figura 15. Sezione geologica



## 7. Ricostruzione modello geologico – elaborazioni dati – tabella sintesi

Strato	Prova	Parametri			
Coltre di alterazione	prova penetrometrica	NSpt	Densità relativa (%)	Angolo di attrito (°)	Peso unità di Volume ( t/m3)
	1	5	21,38	23,66	1,54
	2	10	36,98	27,25	1,73
	3	10	40,19	27,25	1,73
	Valore medio	8,33	32,85	26,05	1,66
	valore massimo	10	40,19	27,25	1,73
	valore minimo	5	21,38	23,66	1,54
Strato	Prova	Parametri			
Materiale litoide fratturato	prova penetrometrica	NSpt	Densità relativa (%)	Angolo di attrito (°)	Peso unità di Volume ( t/m3)
	1				
	2	25	49,57	34,36	2,08
	3	25	56,31	34,36	2,08
	Valore medio	25	52,94	34,36	2,08
	valore massimo	25	56,31	34,36	2,08
	valore minimo				
	Prova	Parametri			
Coltre di alterazione	prova di laboratorio	Identificazione	Angolo di attrito (°)	Peso unità di Volume ( t/m3)	Coesione Kpa
		Sabbi limosa ghiaiosa ed argillosa	30,44	1,90	4,481



## 8. Modello geotecnico tabella sinottica risultati elaborazioni

Il modello geotecnico utilizzato per effettuare le verifiche delle opere di sostegno in progetto e delle vasche, dedotto dalle prove in situ e di laboratorio opportunamente elaborate, interessa sostanzialmente due stratigrafie:

- **Strato 1** - coltre di alterazione;
- **Strato 2** – substrato di materiale litoide fratturato.

### Criterio di rottura di HOEK-BROWN (ammassi rocciosi).

Riportiamo di seguito le relazioni esistenti tra GSI, mb, s, D,  $\sigma_{ci}$  ed a. Tali relazioni vengono legate ai parametri del criterio di rottura di Mohor-Coulomb tramite le seguenti espressioni:

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

$$m_b = m_i \exp(GSI - 100 / 28 - 14D)$$

$$s = \exp(GSI - 100 / 9 - 3D)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left( e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$

$$E_m (GPa) = \left( 1 - \frac{D}{2} \right) \sqrt[10]{\frac{\sigma_{ci}}{100} \cdot 10^{((GSI-10)/40)}}$$

$$\phi' = \sin^{-1} \left[ \frac{6am_b (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}} \right]$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci} \left[ (1+2a)s + (1-a)m_b \sigma_{3n}' \right] (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt[10]{1 + \left( 6am_b (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1} \right) / ((1+a)(2+a))}}$$

dove per i tunnel abbiamo

$$\frac{\sigma_{3max}'}{\sigma_{cm}} = 0.47 \left( \frac{\sigma_{cm}'}{\gamma H} \right)^{-0.94} \quad \text{H: profondità del tunnel}$$

for slopes

$$\frac{\sigma_{3max}'}{\sigma_{cm}} = 0.72 \left( \frac{\sigma_{cm}'}{\gamma H} \right)^{-0.91} \quad \text{H: altezza del pendio}$$

$\gamma$  è il peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso

Riportiamo di seguito i parametri che definiscono il criterio di rottura di Hoek-Brown:

*Dati Hoek-Brown:*

- $\sigma_c$ : Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;  
 $m_i$ : Coefficiente materiale roccia intatta ( $4 \div 40$ );  
GSI: Qualità ammasso roccioso ( $5 \div 100$ );  
D: Fattore di disturbo ammasso roccioso ( $0 \div 1$ );  
 $\sigma_n$ : Tensione verticale alla quale si vogliono conoscere i parametri istantanei di Mohr-Coulomb.

Riportiamo di seguito i risultati dei parametri di Mohr-Coulomb.

- c: Coesione dell'ammasso roccioso;  
 $\varphi$ : Angolo di attrito dell'ammasso roccioso;  
 $\sigma_t$ : Resistenza a trazione roccia intatta;  
a: Parametro ammasso roccioso;  
s: Parametro ammasso roccioso;  
mb: Parametro ammasso roccioso.

Riportiamo di seguito i parametri necessari per la caratterizzazione della roccia **GSI**, **mb**, **s**, **D**,  $\sigma_{ci}$  ed **a**. Tali quantità vengono legate ai parametri del criterio di rottura di Mohor-Coulomb tramite espressioni note in letteratura.

Poiché non si dispone di prove di laboratorio per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale, vista la difficoltà operativa di prelevare dei campioni di roccia intatta, si utilizzano i valori di letteratura più cautelativi ed a vantaggio della sicurezza.

descrizione strato profondo	resistenza a compressione monoassiale		
	$\sigma_c$ [Mpa]	$\sigma_c$ (min –max) [Mpa]	$\sigma_c$ [kg/cmq]
Calcareniti	18	2÷30	180

descrizione strato profondo	Coefficiente materiale roccia intatta	
	$m_i$ [media]	$m_i$ [scarto]
Calcere spiritico	10	± 5

descrizione strato profondo	Fattore di disturbo	
	descrizione	D
Calcareniti	Taglio di scarpate per opere di ingegneria civile (strade, imposte di dighe, etc.).	0.7

descrizione strato profondo	Geological Strenght Index GSI	
	descrizione	GSI
Calcareniti	<b>Struttura della roccia:</b> FRATTURATA Ammasso roccioso non disturbato. <b>Condizioni delle discontinuità</b> MEDIOCRI. giunti lisci, superficie moderatamente alterata	50

Si prendono in considerazione come dati ed a vantaggio di sicurezza i valori relativi alla calcarenite alterata ed in particolare si fa riferimento ai valori cautelativi come di seguito.

Parametri ammasso roccioso (Hoek-Brown)	
$\sigma_{ci}$ : resistenza compressione monoassiale. [kg/cmq]	180,00
GSI : qualità ammasso roccioso.	50,00
$m_i$ : coefficiente materiale roccia intatta.	10,00
D : fattore di disturbo ammasso roccioso.	0,70
$\sigma_n$ : tensione verticale. [kg/cmq]	5,0000
Tipo problema da analizzare	criterio pendio
$\gamma$ : peso di volume ammasso roccioso [kg/mc]	2200,00
H : altezza pendio o profondità tunnel [m]	50,00

Dall'elaborazione di tali quantità in input, scaturiscono i valori medi di coesione efficace e di attrito interno da utilizzare per caratterizzare il substrato roccioso in questione.

Coesione media ammasso roccioso = 2,1851 kg/cmq  
 Angolo Attrito medio ammasso roccioso = 36,2946 [°]

Con i seguenti ulteriori valori di risultati derivante dalla modellazione adottata.

Risultati Hoek-Brown (ammasso roccioso)	
Parametro ammasso roccioso $m_b$ = 0,6410	
Parametro ammasso roccioso $s$ = 0,0007	
Parametro ammasso roccioso $a$ = 0,5057	
Parametro ammasso roccioso $\sigma_c$ = 4,6100 kg/cmq	
Parametro ammasso roccioso $\sigma_t$ = -0,2001 kg/cmq	
Parametro ammasso roccioso $\sigma_{cm}$ = 18,9789 kg/cmq	
Coesione media ammasso roccioso = 2,1851 kg/cmq	
Angolo Attrito medio ammasso roccioso = 36,2946 [°]	
Coesione istantanea ammasso roccioso = 2,0091 kg/cmq	
Angolo Attrito istantaneo ammasso roccioso = 39,48 [°]	



Alla luce delle campagne di indagine condotte e delle conseguenti caratterizzazioni geologiche, geotecniche e stratigrafiche derivanti, per il terreno in studio viene assunto il seguente modello geotecnico globale che indica per ciascuno degli strati omogenei individuati le principali caratteristiche fisiche e geotecniche.

Da tutto quanto sopra riportato si estrapolano le caratteristiche degli strati, ottenuti come valori cautelativi, caratterizzati con criterio di rottura proprio dei terreni e degli ammassi rocciosi. In particolare

- per il litotipo\_1 vengono utilizzati i risultati della prova di laboratorio I.P.G. snc su prelievo indisturbato (S1C1) per i parametri di resistenza (prova di taglio) e per l'analisi per il peso dell'unità di volume;
- per il litotipo\_2 visti i valori poco cautelativi ottenuti del criterio di rottura di HOEK-BROWN per gli ammassi rocciosi, si è ritenuto utilizzare ed assumere per il modello geotecnico quali valori di angolo di attrito e peso di volume naturale quelli ottenuti dalle prove penetrometriche mentre per la coesione un valore ottenuto da back-analysis su geometrie di stabilità di versanti.

Di seguito il modello geotecnico utilizzato per il dimensionamento statico-sismico delle opere **strutturali del progetto in questione** ovvero la vasche ed i muri di contenimento in c.a. e per le verifiche di stabilità di versante.

nome	c' [kg/cmq]	$\phi_p'$ [°]	$\gamma_{nat}$ [kg/mc]
<b>Litotipo_1</b>	0,046	30,44	1.990
<b>Litotipo_2</b>	0,500	34,36	2.080

## **9. Conclusioni**

L'analisi degli elementi geomorfologici, geolitologici, idrogeologici, strutturali e geotecnici discussi in precedenza ha consentito di acquisire un quadro sufficientemente chiaro del grado di equilibrio geostatico posseduto dall'area interessata dal progetto. Dall'esame delle caratteristiche dei terreni e dall'analisi dell'assetto litologico, risulta evidente la presenza di una formazione sabbiosa e limosa addensata.

Viste le caratteristiche geologiche dell'area è necessario prevedere i seguenti accorgimenti:

- ✓ avvalersi durante le eventuali fasi di scavo della presenza di un geologo in modo da adottare soluzioni adeguate attraverso un processo decisionale continuamente orientato (metodo osservazionale);
- ✓ prevedere la realizzazione di un sistema di drenaggio e canalizzazione per un'adeguata regimazione delle acque superficiali in modo che le acque presenti sulle superfici impermeabilizzate possano defluire e decantare in un punto di recapito a valle distante dalle opere in progetto.