

PROGETTO DI LOTTIZZAZIONE "PIETRAGRANDE" COMPARTO AUS 2 LOCALITA' BOTTERIO

**OGGETTO
RICHIESTA**
Approvazione Opere di Urbanizzazione del
Piano di Lottizzazione

ESTREMI CATASTALI

DATI CATASTALI : Foglio n° 15 part. n° 28-81-269-270-274

COMMITTENTE

C.C.I.M.M. S.R.L.
con sede in Catanzaro Lido via Vico II del
Commercio n. 6
mail- ufficio.ccli@gmail.com

EDISL COSTRUZIONI S.R.L.
con sede in Catanzaro Lido via Lungomare n. 319
mail-edi.si.costruzioniisrl@pec.it

ELABORATO

**RELAZIONE GEOLOGICA E SULLE
INDAGINI - ART. 13 L.R. 64**

NOTE

2/02/1974 n°64-L.R 7/98-direttive a questa
n. 380/2001; Regolamento Regionale n. 15
del 2016

NTC 2018 del 17 gennaio 2018.

Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP.

PROGETTISTA

Architetto Laurendi Vincenzo

STUDIO PROFESSIONALE
VIALE CASSIODORO N°75
88060 DAVOLI CZ

DIRETTORE DEI LAVORI

Architetto Laurendi Vincenzo

STUDIO PROFESSIONALE
VIALE CASSIODORO N°75
88060 DAVOLI CZ

COMMITTENTI

C.C.I.M.M. S.R.L.
con sede in Catanzaro Lido via Vico II del
Commercio n. 6
mail- ufficio.ccli@gmail.com

EDISL COSTRUZIONI S.R.L.
con sede in Catanzaro Lido via Lungomare n. 319
mail-edi.si.costruzioniisrl@pec.it

IMPRESA

COMUNE DI MONTAURO

LOCALITA'

LOCALITA' : "BOTTERIO"

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> PROGETTO URBANISTICO | <input type="checkbox"/> PROGETTO PRELIMINARE |
| <input type="checkbox"/> PROGETTO STRUTTURE | <input type="checkbox"/> PROGETTO DEFINITIVO |
| <input type="checkbox"/> PROGETTO IMPIANTI | <input checked="" type="checkbox"/> PROGETTO ESECUTIVO |

TAV.25

SCALA

1 :

DATA

APPROVAZIONI UFFICI COMPETENTI

**PROGETTO DI LOTTIZZAZIONE "PIETRAGRANDE" COMPARTO
AUS 2 LOCALITA' BOTTERIO**

OGGETTO RICHIESTA

**RICHIESTA NULLA OSTA AI SENSI
DELL'ARTICOLO 13**

ESTREMI CATASTALI

DATI CATASTALI : Foglio n° 15 part. n° 28-81-269-270-274

**ELABORATO
RELAZIONE GEOLOGICA**

**COMUNE DI
MONTAURO**

LOCALITA'

LOCALITA' : "BOTTERIO"

PROGETTO URBANISTICO

PROGETTO PRELIMINARE

PROGETTO STRUTTURE

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO IMPIANTI

PROGETTO ESECUTIVO

**TAV.
GEO 01**

SCALA

1 :2.000

DATA

APPROVAZIONI UFFICI COMPETENTI

GEOLOGO

Dr. Andrea Leuzzi

COMMITTENTI

C.C.IMM. S.R.L.
con sede in Catanzaro Lido
via Vico II del Commercio n. 6

EDISI. COSTRUZIONI S.R.L.
con sede in Catanzaro Lido
via Lungomare n. 319

1. PREMESSA

Le Società:

✚ C.C.IMM. S.R.L. con sede in Catanzaro Lido via Vico II del
Commercio n. 6.

✚ EDI.SI. COSTRUZIONI S.R.L. con sede in Catanzaro Lido via
Lungomare n. 319 mail-edi.si.

Devono procedere alla realizzazione di un progetto per un piano di lottizzazione nel comune di Montauro in località Botterio.

Lo strumento urbanistico vigente nel Montausto (CZ) è il PSC(piano strutturale comunale) adottato dal Comune di Montauro con delibera della G.C n° 1 del 14/12/2021 n°29 del Reg

Su tale strumento il Genio Civile di Catanzaro, ai sensi dell'art. 13 della legge n° 64 2/2/74, ha espresso il proprio parere favorevole .

L'area interessata dalla lottizzazione, rispetto allo strumento urbanistico approvato e vigente e rispetto al parere espresso dal Genio Civile di Catanzaro, è classificata come area moderatamente idonea.

In Relazione allo strumento Del PsdGDAM-RisAl-Cal/L, l'area oggetto di studio è interessata solo parzialmente alla fascia P2 (rischio lieve) per rischio alluvione.

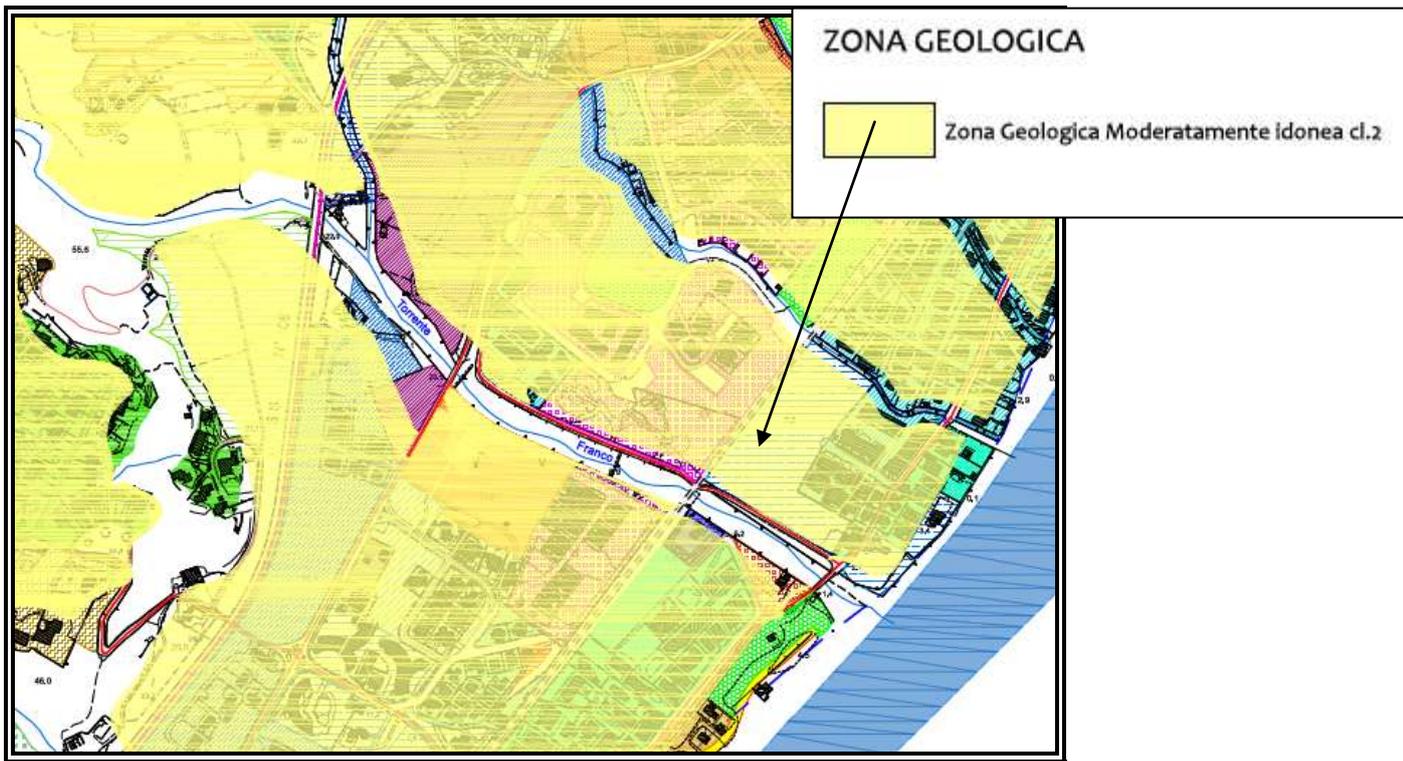


Figura 1

Lo studio viene redatto in conformità ed in ottemperanza alla normativa vigente con particolare riferimento alla seguente normativa :

- ✓ 02/02/1974 n°64
- ✓ L.R 7/98 e direttive a questa
- ✓ D.P.R. n. 380/2001;
- ✓ Regolamento Regionale n. 15 del 2016
- ✓ NTC 2018 del 17 gennaio 2018.
- ✓ Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"»

Lo studio sarà esteso a tutta la zona di possibile influenza dell'area interessata e comprende il rilevamento delle discontinuità dei terreni con la determinazione della distribuzione spaziale, la tendenza evolutiva dei lineamenti geomorfologici, i caratteri stratigrafici, strutturali e grado di alterazione, fessurazione e degradabilità delle rocce, acque superficiali e sotterranee, caratteristiche fisico- meccaniche dei terreni oggetto di intervento.

Nel corso di tale studio, è stata effettuata un'accurata campagna geognostica effettuata sia dalla Geomin che dal Dr. Geologo Andrea Leuzzi, così articolata:

- N°1 **Sondaggi sismici** a rifrazione a doppio tiro
- N°1 **sondaggi sismici masw**
- N°1 **Sondaggi penetrometrici** con penetrometro dinamico leggero tipo Penni 030.
- N°2 **Carotaggio continuo** eseguito dalla Geomin, con sede in Serra San Bruno.

La campagna geognostica così realizzata, da tutte le garanzie necessarie per portare a conoscenza di tutte le caratteristiche geologiche-tecniche dei terreni interessati.

Nella relazione sulle indagini saranno allegati i risultati e l'elaborazioni dei sondaggi e prove, nonché i diagrammi delle prove medesime con gli elementi stratigrafici.

In appendice sono allegati:

Coreografia	Scala 1:5.000(equid. m.5)
Carta Geologica	Scala 1:25.000(equid. m.25)
Carta geomorfologica	Scala 1:2.000 (equid. m.5)
carta dell'ubicazione di sondaggi	Scala 1:2.000
Mappa catastale	Scala 1:2.000
Piano di Lottizzazione	Scala 1:500
Sezioni geologiche stato di fatto-post opera	Scala 1:500/1000
Carta idrologica	Scala 1:2.000
Carta clivometrica	Scala 1:2.000
Carta della pericolosità geologica Fattibilità delle azioni di piano	Scala 1:2.000
Carta zonazione e pericolosità sismica	Scala 1:2.000

Tabella 1

2. UBICAZIONE DEL TERRITORIO STUDIATO

L'area oggetto del presente studio, (figura 1) interessata da un progetto di lottizzazione di iniziativa privata (art. Legge n°765 del 06/08/1967) è ubicata in località Botterio nel Comune di Montauro in Provincia di Catanzaro.

Essa è riportata su supporto cartografico (rilievi aereofotogrammetrici in scala 1:5.000 con equidistanza di 2 metri) curata dal comune dalla Regione Calabria.

3.FISIOGRAFIA GENERALE DELL'AREA

Da un punto di vista fisiografico, l'elemento saliente dell'area oggetto di studio è caratterizzata da una piana alluvionale circondata dai rilievi pliocenici a Nord e a Sud, mentre ad Ovest sono presenti i rilievi collinari delle zone montane dove affiora il basamento cristallino del Paleozoico.



foto 1



Figura 2

E' stato inoltre effettuato uno studio sulle acclività, indispensabile per il presente studio. I

dati delle acclività in percentuali, della lottizzazione sono riportati nella tab.1.

Classi di acclività		Valori	Pend. del terreno
I		0-10%	100%
II		10-25%	0%
III		25-45%	0%
			Totale 100 %

Tabella 2

Le varie classi su esposte, sono state identificate tenendo in debito conto, dell'effetto che hanno le

pendenze sui fenomeni geomorfici, nei quali avremo:

0-10%	In questo intervallo non è più garantito il drenaggio superficiale dell'acqua che tende totalmente ad infiltrarsi nel terreno.
10-25%	Le condizioni di drenaggio superficiale sono dettate dalla permeabilità del suolo e dal suo tenore di saturazione
25-45%	La componente orizzontale del drenaggio, una volta saturati gli strati pedonizzati, prevale su quella verticale. Comparsa di forme di erosione superficiale dovute al ruscellamento superficiale. Intervallo in cui le forme di erosione superficiale sono più marcate a causa del forte ruscellamento. Non presente significativamente.

Tabella 3



Figura 3

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nell'area di studio sono presenti formazioni che appartengono ai cicli sedimentari che si sono succeduti nel Pleistocene come potenti serie costituite in prevalenza da successioni da depositi alluvionali, costituiti in prevalenza da sabbie e ghiaie poggianti sul substrato igneo metamorfico del paleozoico.

La grande diffusione di questi litotipi é collegata in prevalenza allo smantellamento della catena appenninica, le cui fasi principali di sollevamento orogenetico sono avvenute, appunto, durante il Neogene ed il Quaternario. Le serie stratigrafiche che ne derivano dipendono dalla posizione geografica dei relativi bacini di sedimentazione (distanza dalla costa, posizione nei confronti della foce dei grandi fiumi e delle altre numerose variabili che regolano la formazione dei sedimenti). Dal punto di vista geologico, nell'area in questione affiora una sola formazione (Carta Geologica della Calabria, foglio 242 III S.O Soverato scala 1:25.000) Figura 3

Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente

Si tratta di depositi alluvionali d'origine continentale, la natura del sedimento è variabile da argilla siltosa a sabbie siltose da medie a grossolane. Nella piana alluvionale in oggetto, la distribuzione di questi litotipi è al quanto variabile. In tutta la zona in questione, a parte i primi metri di materiale sabbioso, ritroviamo una sabbia medio grossolana altamente costipata.

5 GEOMORFOLOGIA

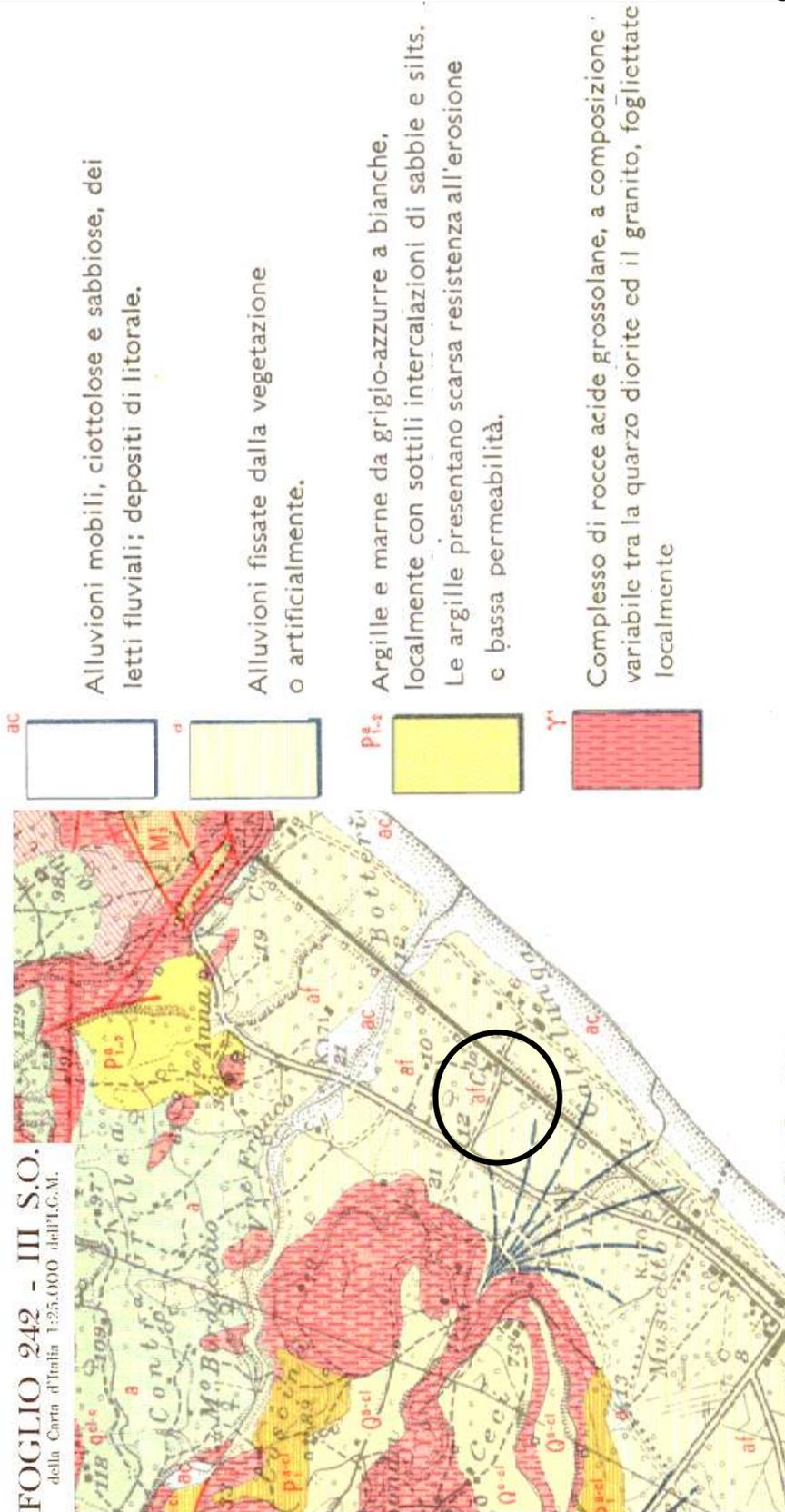
La morfologia di queste aree è tipica delle aree pianeggianti adiacenti le linee di costa, caratterizzata da un paesaggio variabile sia sotto l'aspetto geologico che morfologico.

L'area dove si realizzerà l'intervento è un fondovalle alluvionale creato dall'attività del Torrente Franco, unitamente all'attività marina, i quali congiuntamente hanno prodotto dei sedimenti variabili sia sotto l'aspetto geologico sia sotto l'aspetto geotecnico.

Tutta l'area rappresenta un ampio apparato conoidale, originato in concomitanza di un paleosalto di pendenza dei vari corsi d'acqua, all'uscita della zona collinare-montuosa.

6.ASSETTO GEOSTATICO

Per quanto visto in precedenza, l'area oggetto di lottizzazione, non è imperversata da nessuna struttura tettonica tipo faglia, pertanto non esiste nessuna discontinuità, ovvero eventuali onde sismiche non subiranno nessun fenomeno di rifrazione o amplificazione, giacché è garantita la continuità fra le formazioni, ed inoltre sono inattive. Inoltre, non si sono riscontrate strutture geologiche tali da poter compromettere instabilità sismico-geostatica dell'area.



CARTA GEOLOGICO STRUTTURALE

Figura 4

7 ANALISI DEL RISCHIO DI ESONDAZIONE

Attualmente nella normativa per la prevenzione dal rischio di esondazione siamo nella fase di transizione tra il vecchio PAI del 2001 ed il nuovo Pai(PSdGDAM-RisAl-Cal/L).

Nelle indicazioni date benché valgono le norme di salvaguardia, il vigente è il Pai 2001, fino alla definitiva approvazione dopo le osservazioni del PSdGDAM-RisAl-Cal/L. Delibera N.1 Seduta del 19 febbraio 2025 Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

In questa sede presenteremo entrambe le perimetrazioni

7.1 Inquadramento PAI(PSdGDAM-RisAl-Cal/L)

L'autorità di Bacino del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale ha approvato il 24/10/2024 e pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 14.11.2024. medesimo piano:

Progetto di Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale per l'Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni - Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L) e delle correlate Misure di Salvaguardia" -

Il PSdGDAM-Ris Al-Cal/L individua le aree a pericolosità e rischio idraulico secondo i criteri già utilizzati per la predisposizione delle mappe del PGRA, in termini di classificazione della pericolosità e rischio di alluvione. L'art. 3 del D.lgs. 49/2010 riportale seguenti definizioni:

- **pericolosità da alluvione:** la probabilità di accadimento di un evento alluvionale in un intervallo temporale prefissato e in una certa area;

- **rischio di alluvione:** la combinazione della probabilità di accadimento di un evento alluvionale e delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali derivanti da tale evento.

La classificazione della pericolosità idraulica prevede l'attribuzione di tre livelli in funzione dei T di ritorno degli eventi di riferimento. Ciò comporta la coincidenza tra scenari di pericolosità e scenari di evento. Tale modalità è conforme a quanto indicato nell'art 6 del D.lgs 49/2010 per le mappe di pericolosità di alluvioni del PGRA. I valori dei T utilizzati sono gli stessi di quelli individuati nella precedente versione del PAI 2001 per questioni di uniformità e confronto. Inoltre tali valori sono anche conformi alle disposizioni del succitato art. 6 del D.lgs. 49/2010. I valori sono:

Classe	Tempo di ritorno	Simbolo	Obbiettivi	Pericolosità
P3	T50 anni;		Garantire condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena con tempo di ritorno fino a 50 anni	Altissima
P2	T200 anni;		Garantire le condizioni di sicurezza idraulica, mantenendo o aumentando le condizioni d'invaso delle piene con tempo di ritorno di 200 anni	Alta
P1	T500 anni.		Garantire le condizioni di sicurezza idraulica, mantenendo o aumentando le condizioni d'invaso delle piene con tempo di ritorno di 500 anni	Medio bassa

Tabella 4

In figura 5 viene riportata uno stralcio della carta di pericolosità, da qui si evince che un piccolo lembo ricade in area P2 quella limitrofa al Torrente Franco.

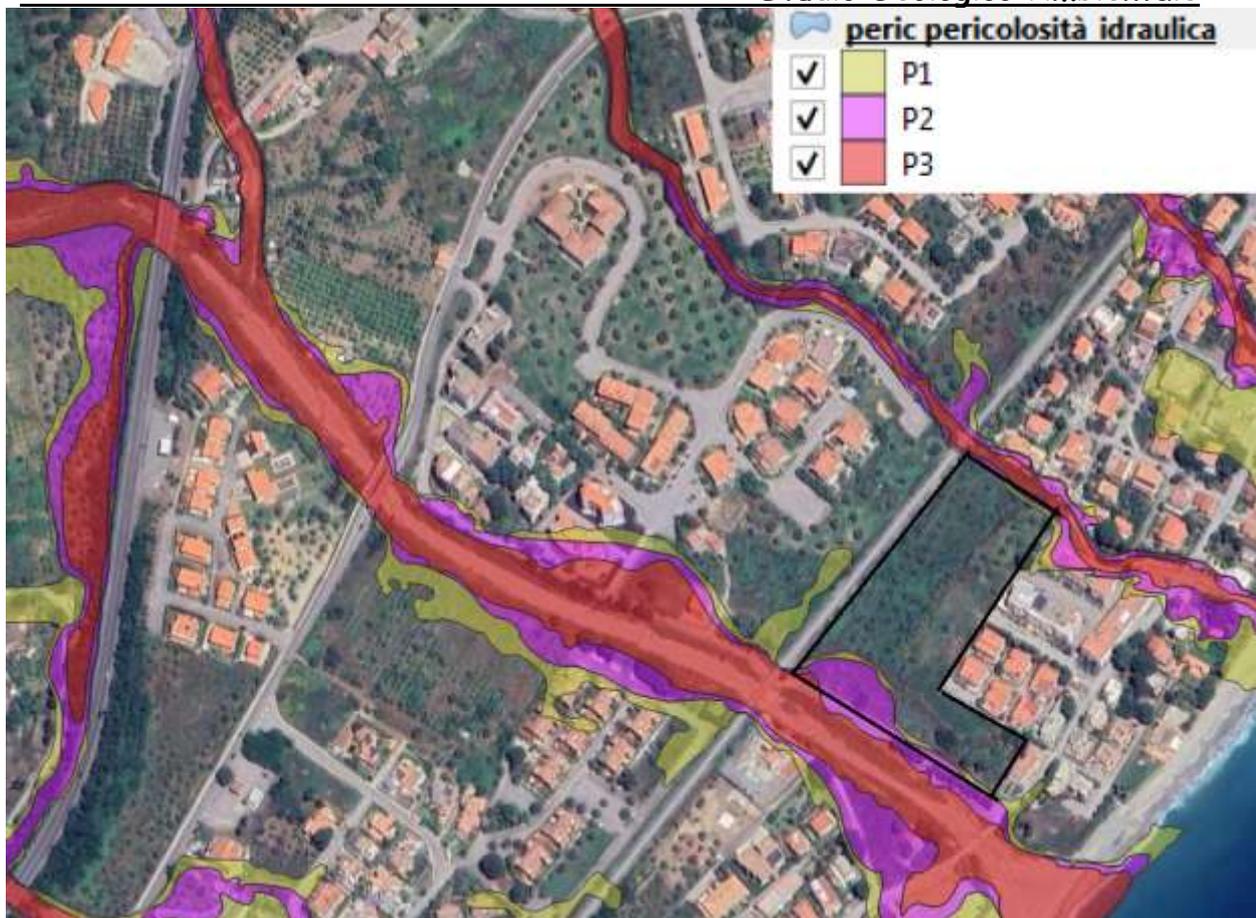


Figura 5
6.2 PAI 2001

Da questa perimetrazione Pai si evince che l'area è fuori da qualsiasi rischio idraulico



Figura 6

8. INQUADRAMENTO CLIMATICO

Nella tabella 4 vengono rappresentati rispettivamente, le precipitazioni medie mensili con un periodo di osservazione che va dal 1922 al 1980, ed i valori medi mensili del numero di giorni di pioggia consecutivi, per la stazione pluviometrica di Soverato Marina (dati presi dal sito dell'Arpacal).

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
124.0	88.1	85.5	54.0	28.3	12.7	11.4	15.4	55.8	125.3	133.7	144.3	878.4
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
12	9	8	7	4	2	1	2	4	7	9	11	77

Tabella 5

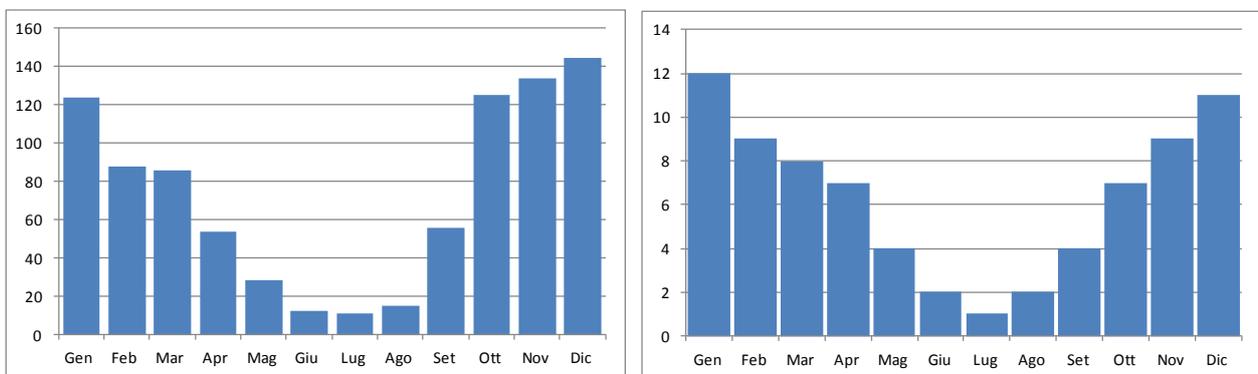


Figura 7

Da questi dati si osserva che nei periodi estivi gli afflussi sono quasi limitati pertanto, l'alveo è in secca, mentre nei periodi invernali gli afflussi sono molto forti, e spesso concentrati in archi di tempo molto limitati.

9. ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

Sulle caratteristiche idrogeologiche di quest'area non si hanno studi in tal senso. In pratica sono noti solo i dati pluviometrici, mentre mancano i dati relativi ai deflussi superficiali, alla infiltrazione, alla evapotraspirazione, ecc.

In queste condizioni é praticamente impossibile tentare un bilancio idrico e valutare la quantità di acqua che penetra nel sottosuolo e quella che va ad immagazzinarsi nelle falde.

9.1 Acque superficiali

I sistema idrografico dell'area, viene evidenziato nella figura 1 a seguire in cui si evidenziano solo le aste di ordine superiore(Torrente Franco), il resto è stato stravolto dalle opere di urbanizzazione.

Nella carta idrogeologica appositamente allestita, vengono riportati gli aspetti più caratteristici dell'idrogeologia dell'area.

Il reticolo idrografico dell'intera area, è stato fortemente influenzato dalle tettonica, infatti tutte le aste fluviali si sono impostate su un sistema di fratture, giacchè rappresentano delle zone di debolezza.

9.2 Acque sotterranee

Per meglio caratterizzare l'area in questione é stata condotta una campagna piezometrica, è stata riscontrata una falda di tipo libera intorno a 5.00 m dal pdc, essa ha come base impermeabile il complesso igneo metamorfico del paleozoico.

10. INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

10.1 premessa

La normativa che regola in materia di sondaggi geognostici è stata già citata.

Nel corso di tale studio, è stata effettuata un'accurata campagna geognostica effettuata sia dalla Geomin che dal Dr. Geologo Andrea Leuzzi, così articolata:

- N°1 Sondaggi sismici a rifrazione a doppio tiro
- N°1 sondaggi sismici masw
- N°1 Sondaggi penetrometrici con penetrometro dinamico leggero tipo Penni O30.
- N°2 Carotaggio continuo eseguito dalla Geomin, con sede in Serra San Bruno.

La stratigrafia riscontrata non permette il prelievo di campioni indisturbati i quali avrebbero degli alti livelli di deformazione se campionati, tutto ciò è in contrasto con i punti delle NTC 18, pertanto le uniche prove plausibili sono le prove in situ.

Tuttavia a varie profondità sono state effettuate delle SPT in foro, molto utili per capire lo stato di addensamento sia per la caratterizzazione geomeccanica e altresì per la verifica a liquefazione.

La campagna geognostica così realizzata, da tutte le garanzie necessarie per portare a conoscenza di tutte le caratteristiche geologiche-tecniche dei terreni interessati.

Pertanto non rimangono dei dubbi irrisolti dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati, le stratigrafie riscontrate in sede di carotaggi e la seguente.

10.2 STRATIGRAFIE

Sondaggio N° 1 Carotaggio continuo

- 1) Un primo livello da 0.00 a 0.80 metri, Suolo agrario di natura limo sabbioso con presenza di cumuli di materiale di riporto.
- 2) Un secondo livello da 0.80 a 5.00(mediamente) metri costituito da livelli sabbiosi eterogenei; Fino ad un metro costituito da sabbie limose di colore grigio marrone, fino a 3.00 metri comparsa dei primi ciottoli arrotondati in matrice sabbiosa; fino alla profondità di 4.20 metri aumenta la frazione grossolana, di ciottoli arrotondati, con presenza di piccoli trovanti.
- 3) Un Terzo livello da 5.00 a 10.00 metri dallo spessore indefinito costituito da Ghiaie sabbiose ciottolose, con presenza di trovanti di natura granitica e metamorfica, immersi in una matrice sabbioso limosa.

Sondaggio N° 2 Carotaggio continuo

- 1) Un primo livello da 0.00 a 0.8 metri, Suolo agrario di natura limo sabbioso con presenza di cumuli di materiale di riporto.
- 2) Un secondo livello da 0.8 a 4.20 metri costituito da livelli sabbiosi eterogenei; Fino ad un metro costituito da sabbie limose di colore grigio marrone, fino a 3.00 metri comparsa dei primi ciottoli arrotondati in matrice sabbiosa; fino alla profondità di 4.20 metri aumenta la frazione grossolana, di ciottoli arrotondati, con presenza di piccoli trovanti.

- 3) Un Terzo livello da 4.20 a 10.00 metri dallo spessore indefinito costituito da Ghiaie sabbiose ciottolose, con presenta di trovanti di natura granitica e metamorfica, immersi in una matrice sabbioso limosa.

10.3 MODELLO GEOLOGICO

Nel modello geologico vengono riassunti e riportati tutte le informazione inerenti al cosiddetto volume significativo, ossia vengono definite ampiezze e profondità significative ai fini progettuali modello che come in figura 8 rappresenta una sintesi grafica, di fatto rappresenta successione stratigrafica, il medesimo inoltre sarà la base di partenza per la ricostruzione del modello geotecnico.

Nel nostro caso le informazioni raccolte relative al volume significativo sono state in ordine il rilievo di campagna, la consultazione della cartografia geologica locale, la prova penetrometrica, l'indagine sismica masw ed i carotaggi.

Nel modello geologico è stato inserita la presenza dei graniti, sulla base delle informazioni raccolte da diverse perforazioni effettuate allo scopo di realizzare pozzi.

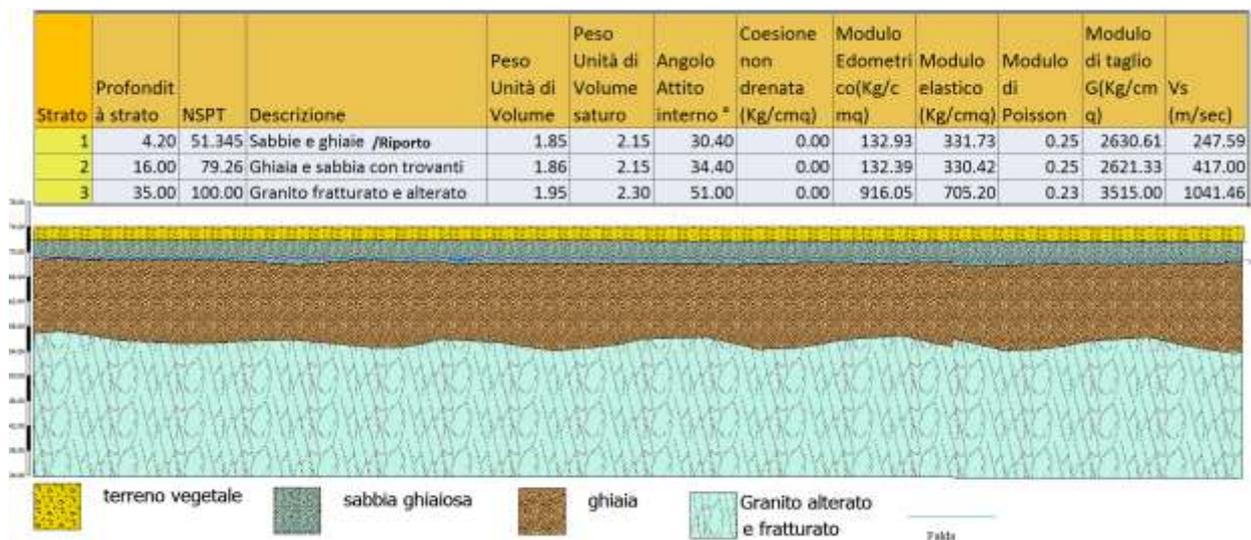


Figura 8

11. VALUTAZIONE GEOLOGICO-TECNICO DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO

Per quanto visto negli elaborati di progetto, verranno edificati n° 13 edifici, le condizioni generali del sito sono buone, non ci sono peculiarità da affrontare, si tratta di un litotipo sabbioso con ottime caratteristiche di resistenza al taglio. tutto ciò risulta evidente dalla carta della pericolosità geologica e Fattibilità delle azioni di piano, da cui si evince che l'intera lottizzazione ricade in classe 1 con pericolosità bassa.

12. VALUTAZIONE DELLA POSSIBILITÀ DI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

12.1 premessa

La possibilità che possano accadere fenomeni di "liquefazione" è legata alla presenza di sedimenti sabbiosi saturi di acqua, in cui le accelerazioni sismiche provocano una notevole ed improvvisa riduzione della resistenza al taglio, fino a far assumere al sedimento una condizione di fluidità non dissimile da quella di un liquido viscoso per il sorgere, in concomitanza con la propagazione delle onde sismiche di pressioni interstiziali indotte. Tali fenomeni, avvengono allorquando le pressioni neutre (dell'acqua) eguaglia le pressioni di confinamento (pressione litostatica in situ), ovvero allorquando gli sforzi efficaci che si esercitano attraverso il mutuo contatto fra le particelle solide divengono nulli. Tale perdita di resistenza è tanto maggiore quanto più la sabbia è sciolta, e si ha come risultato finale un assestamento del terreno che può portare, in alcuni casi, (nel caso di depositi orizzontali), a fenomeni di subsidenza del terreno, con effetti dannosi sui fabbricati.

Le NTC 2018 del 17 gennaio 2018 alla sezione 7.11.3.4.2, si occupa espressamente di questo aspetto;

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove (N valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

12.2 Analisi con metodi empirici

La stessa verifica è stata condotta usando sia le Vs Normalizzate, Sia i valori medi delle SPT riscontrate, ed usando i diagrammi sotto riportati.

Sondaggio	S1	S2
Vs(m/sec)	380	436

Nspt30	35+39=74
--------	----------

Tabella 6

Le Velocità Vs si riferiscono ai profili di terreno sotto falda, mentre le penetrometrie si riferiscono alle prove penetrometriche eseguite.

Queste sono delle analisi semplificate di tipo Storico empirico, basate sul comportamento osservato durante gli eventi sismici. la verifica si riferisce agli strati oltre i due metri dal pdc, dove appunto è presente la falda.

$$CSR = \frac{\tau_{max}}{\sigma'_{vs}} = 0.65 \frac{\sigma_{vm}}{R \sigma'_{vs}} r_d$$

σ_{vm} = accelerazione orizzontale di picco (in superficie)

σ'_{vs} = tensione totale litostatica

σ_{vs} = tensione efficace litostatica

r_d = fattore di riduzione della tensione tangenziale alla profondità z (effetto della deformabilità)

0.65 -> irregolarità azioni sismiche

=0.35

(Seed e Idriss 1971):

Analisi semplificate di tipo STORICO-EMPIRICO
(basate sul comportamento osservato durante eventi sismici)

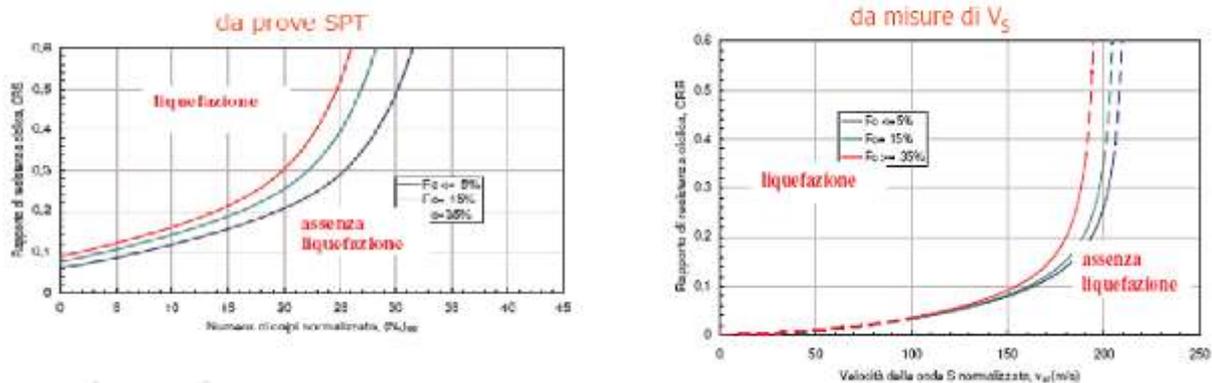


Figura 9

Nel grafico(fig.9) relativo alle SPT ci si accorge che a prescindere dal CRS, per valori di Nspt>35 non si ha liquefazione, e nel grafico delle Vs, a prescindere del CRR per valori delle Vs>220 m/sec non si ha liquefazione.

12.3 Analisi quantitativa

Allo scopo di dare dei coefficienti numerici di sicurezza, analizziamo tale risposta in funzione dei stati limite assegnati considerando per ognuno di esso i

sismogrammi di progetto ed i relativi parametri in termini di M che è la Magnitudo ed R è la distanza epicentrale, questi parametri vanno inseriti nella formula (Iwan et al... 1990) la quale ci indica che se si verifica la condizione che $V \geq 1$ il terreno è potenzialmente liquefacibile;

Tabella 7

	SLO	SLD	SLV	SLC
M	5.68	5.52	5.61	5.64
R(km)	31.6	26.5	11.5	9.05
V	1.483E-06	3.16E-06	1.15E-04	3.21E-04

$$V = \frac{10^{1.5M}}{2.28N_1^{11.5} \cdot 10^{-10} R^{4.3}} \geq 1$$

$$N_1 = N_{spt} \left(\frac{100}{\sigma_v} \right)$$

dove N_1 è il valore delle N_{spt} medio normalizzato rispetto alla pressione litostatica e riferito ad una efficienza del 60%.

In tabella infine sono riportati le risultanze di questa verifica

Da tutte queste verifiche riportate si evidenzia che il terreno non è soggetto a rischio di liquefazione

13 SISMICITÀ GENERALE DELLA CALABRIA

13.1 premessa

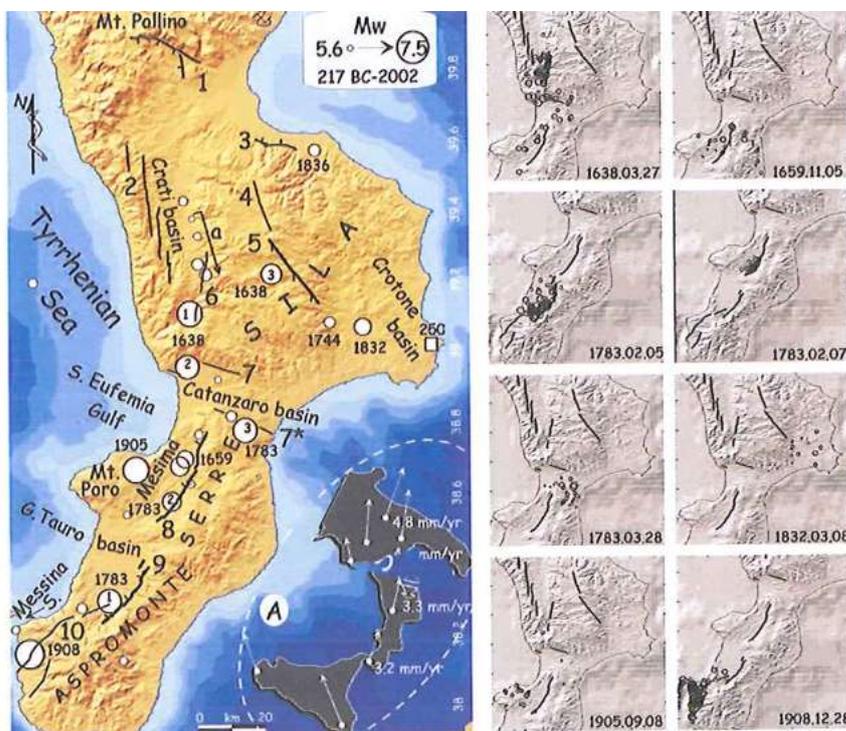
Il territorio calabrese, è stato interessato ad un intensa attività sismica, testimoniata dai livelli energetici che si sono manifestati in occasione degli eventi sismici riscontrati.

La distribuzione degli epicentri strumentali di questi eventi evidenzia, l'esistenza di particolari strutture tettoniche, come la valle del Crati, la stretta di

Catanzaro, ed il sistema Serre Aspromonte. (Moretti e Guerra 1977, Monaco e Tortorici 2000, Tansi e altri 2006).

I terremoti che hanno avuto interazione con l'area in oggetto di studio, dall'anno 1000 in poi si possono osservare nel Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>.

Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.



Distribuzione dei terremoti con $M_w > 5.5$ modificata da WORKING GROUP CPTI (2004) e delle principali strutture sismogenetiche note. In grassetto quelle certe, ovvero quelle per le quali siano state effettuate analisi paleosismologiche. La freccia (a) indica la sequenza sismica occorsa nel XVIII-XIX secolo da nord verso sud nella valle del Crati. I numeri 1-2-3 all'interno degli epicentri del 1638 e 1783 indicano le scosse del 27-28 Marzo e 9 Giugno 1638 e 5-7 Febbraio e 28 Marzo 1783. Il simbolo quadrato nel Crotonese indica il terremoto dedotto da analisi archeosismologiche da GALLI et alii (2006a) e ivi datato intorno alla metà del III secolo d.C. -- (A) sono visualizzate le velocità GPS calcolate da D'AGOSTINO & SELVAGGI (2004). La differenza tra le velocità della Puglia e della Calabria centro-meridionale evidenziano un'estensione intermedia di $\sim 1,5$ mm/anno, di cui $\sim 2/3$ potrebbero essere accomodati dal sistema di faglie silane e del Pollino.

Distribuzione degli effetti maggiori dell'8-9 grado MCS per i diversi terremoti della Calabria e principali faglie con attività quaternaria (mod. da GALLI & BOSI, 2002).

Figura 10

Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.

Storia sismica di Montauro
[38.747, 16.512]



Numero di eventi: 8

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
8	1659	11	05	22	15	Calabria centrale	118	10	6.50
6	1783	02	05	12		Calabria	357	11	6.91
6	1783	02	07	13	10	Calabria	192	10-11	6.59
8-9	1783	03	28	18	55	Calabria	323	11	6.94
7-8	1905	09	08	01	43	Calabria	827	10-11	7.06
4-5	1907	10	23	20	28	Calabria meridionale	270	9	5.93
6	1908	12	28	04	20	Calabria meridionale	786	11	7.24
7	1947	05	11	06	32	Calabria centrale	254	9	5.71

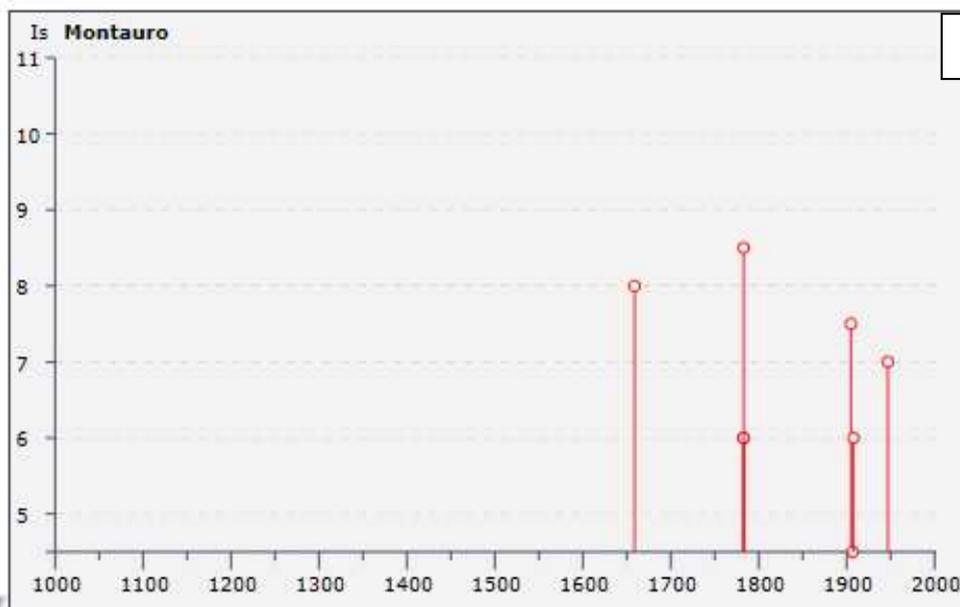


Figura 4

Figura 11

INGV - DBMI04
<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>

Is	NF	4	5	6	7	8	9	10	11	epicentro
(MCS)	≤3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	

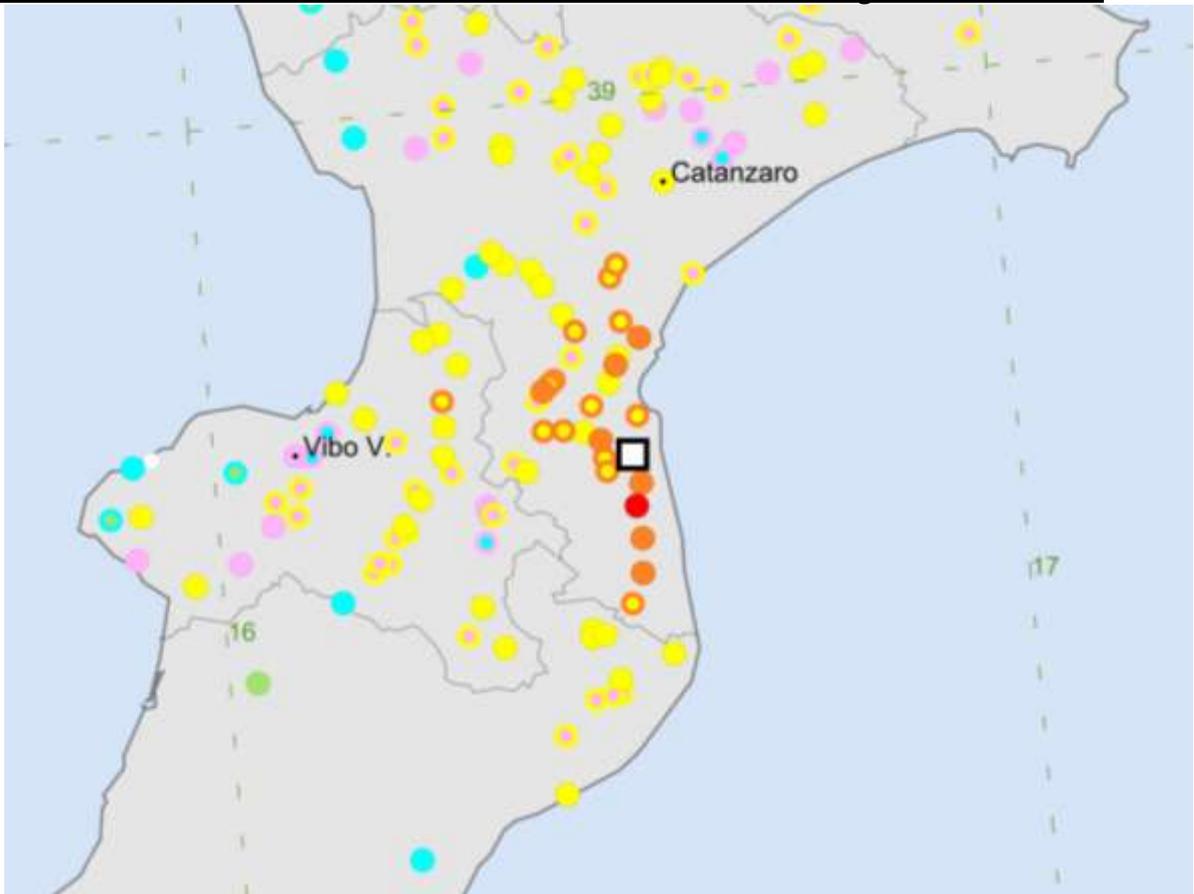


Figura 12

13.2 CARATTERIZZAZIONE GENERALE SISMICA DELL'AREA

L'elevata sismicità della regione calabrese è tristemente nota, soprattutto per gli effetti catastrofici di alcuni terremoti verificatisi anche in tempi molto recenti.

L'area in questione è stata inserita nella zona sismogenetica 70, come illustrato nella figura 10a (I. Guerra, A. Gervasi, A. Moretti UNICAL). Da esso si evince che questa zona non è molto soggetta ad attività sismica, più in dettaglio viene riportata la carta neotettonica della Calabria (fig 14) e la carta della sismicità della Calabria (figura 14).

A scala nazionale la sismicità del territorio italiano è descritta dalla "Carta della Pericolosità sismica in Italia" (fig.14) relativa al periodo 1981-2002 (range di 20 anni in cui si sono verificati circa 45.000 terremoti di cui 33 con magnitudo $m > 5$).

Tenendo conto di ciò hanno definito la "pericolosità sismica" dell'intero territorio Italiano. Tale classificazione ha come obiettivo finale la redazione della "zonazione sismogenetica ZS9" che divide l'Italia in 36 diverse "zone sismogenetiche", numerate da 901 a 936. Queste zone si intendono quelle aree definibili "omogenee" in termini geologico-strutturali e cinematici. Ciascuna di esse è identificata da una propria sismicità sulla base dell'attività storica e dell'intensità, nonché la gravità dei medesimi eventi.

Nell'ambito della suddetta zonazione la Calabria risulta suddivisa in due zone sismogenetiche (z.s.): la 929 (settore tirrenico) e la 930 (settore ionico). Il

territorio di Montauro, rientra quindi nella z.s.930, alla quale corrisponde una magnitudo $m > 6$. In (fig.14) si riporta uno stralcio di tale carta .

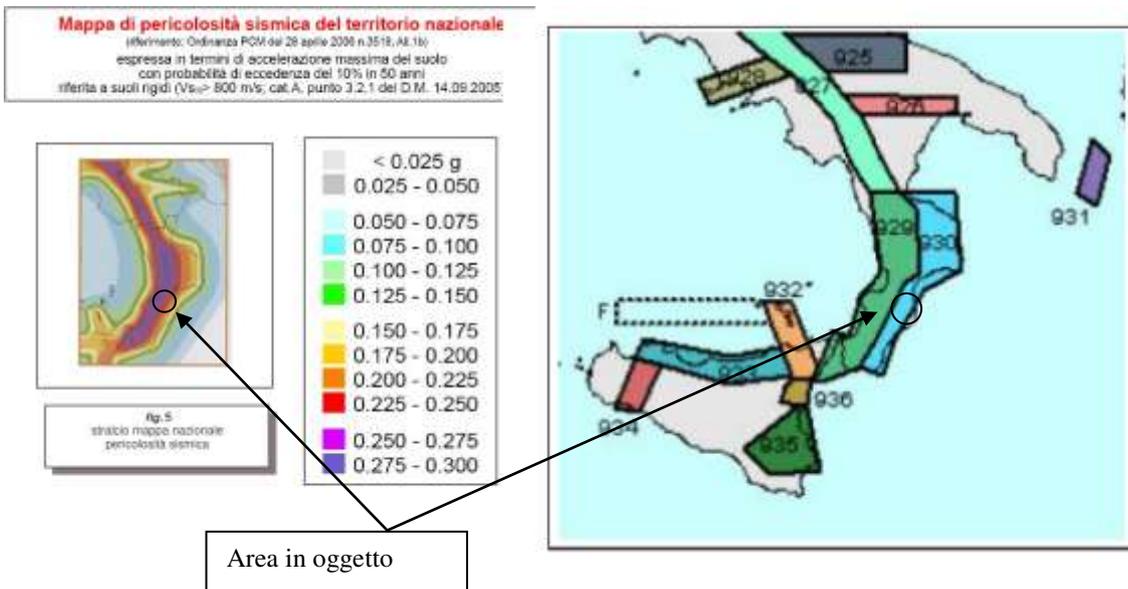
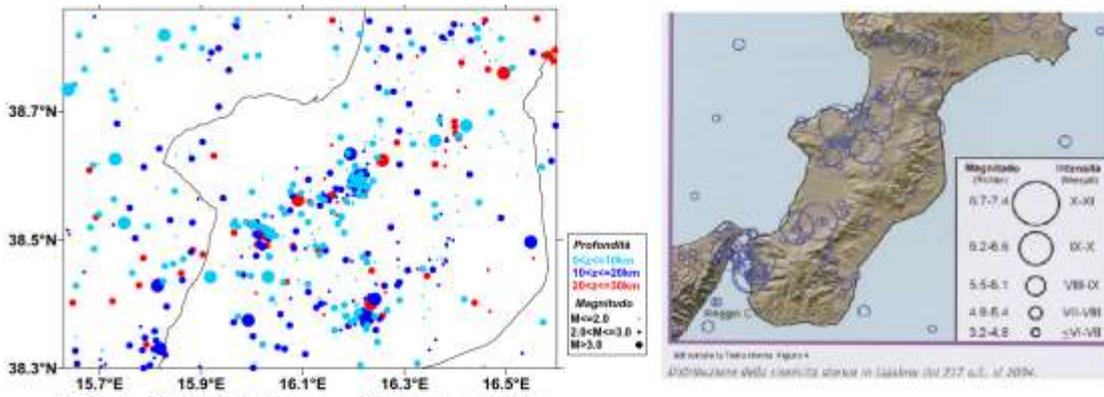
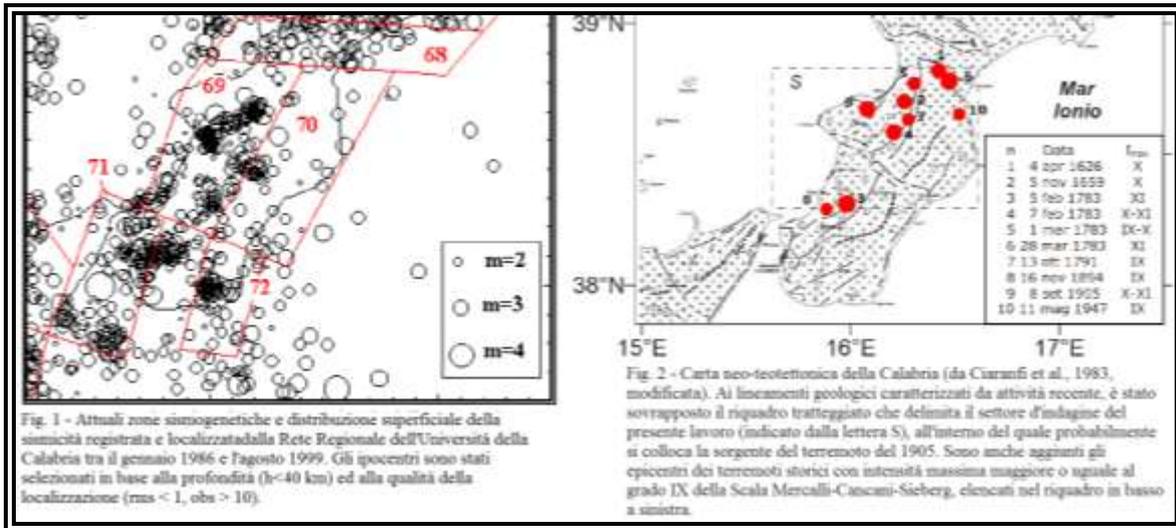


Figura 13

13.3 CONDIZIONI SISMICHE DEL SITO

Il sito di intervento è ubicato nel Comune di Montauro, ed è individuato dalle seguenti coordinate geografiche nel sistema di riferimento ED 50:

latitudine: 38.739629°;

longitudine: 16.553651°;

Di seguito si riporta la sintesi dei risultati ottenuti, attraverso i parametri di pericolosità sismica del sito, per gli stati limite di interesse:

	P _{VR} [%]	T _R [anni]	ag/g [-]	F _o [-]	T _c * [sec]
SLO	81	30	0.056	2.352	0.280
SLD	63	50	0.073	2.332	0.308
SLV	10	475	0.209	2.419	0.374
SLC	5	975	0.279	2.435	0.394

Tabella 8

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende, quindi, dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa.

Il valore dell'accelerazione massima a_{max} può essere ricavato dalla relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = ST \cdot Ss \cdot a_g$$

dove Ss e Cc sono coefficienti di amplificazione stratigrafica (vedi Tab.1) e ST il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab.2).

Studio Geologico Ambientale

Classe	Cc	Cc	Ss	Ss
A	1.00	1.00	1.00	1.00
B	$1,10(Tc^*)^{-0,20}$	1,33	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 F_{0a_{bedrock}} \leq 1.20$	1,23
C	$1,05(Tc^*)^{-0,33}$	1,44	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 F_{0a_{bedrock}} \leq 1.50$	1,45
D	$1,25(Tc^*)^{-0,50}$	2,01	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 F_{0a_{bedrock}} \leq 1.80$	1,77
E	$1,15(Tc^*)^{-0,40}$	1,68	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F_{0a_{bedrock}} \leq 1.60$	1,54

Tabella 9

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S _t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1.00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.	Sommità del pendio	1.20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1.20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1.40

Tabella 10

13.4. Classificazione del terreno di fondazione come da Ordinanza 3274 come modificato dal OPCM 3431 DEL 03/05/05.

Tale classificazione si effettua considerando due variabili:

✚ il profilo stratigrafico del terreno di fondazione attraverso la caratterizzazione operata tenendo conto dei valori medi delle V_{seq} che in pratica è la velocità delle onde sismiche da taglio .

✚ la classificazione topografica assegnando la classe di competenza

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S _t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	pianura	1.00

Suolo	Descrizione geotecnica	Normativa		Prove
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	Vs m/sec	Vseq m/sec	SPT
		360- 800	361.78 360.04	23

Tabella 11

Studio Geologico Ambientale

Masw 1										
n.	Profondità	Spessore	Vs	Vp	Densità	Coefficiente	G0	Ed	M0	Ey
	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[kg/mc]	Poisson	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	4.75	4.75	267.9	437.48	1800	0.2	129.19	344.5	172.25	310.05
2	10.7	5.95	349.51	570.75	1800	0.2	219.89	586.37	293.18	527.73
3	17.68	6.98	396.36	647.26	1800	0.2	282.79	754.1	377.05	678.69
4	25.58	7.89	397.46	649.05	1800	0.2	284.35	758.27	379.13	682.44
5	34.37	8.79	398.82	651.27	1800	0.2	286.3	763.47	381.74	687.13
6	40	5.63	858.38	1401.73	1800	0.2	1326.26	3536.7	1768.35	3183.03
Masw 2										
n.	Profondità	Spessore	Vs	Vp	Densità	Coefficiente	G0	Ed	M0	Ey
	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[kg/mc]	Poisson	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	3	3	210.46	343.67	1800	0.2	79.72	212.6	106.3	191.34
2	9	6	335.92	548.55	1800	0.2	203.11	541.63	270.81	487.46
3	15.93	6.93	347.31	567.16	1800	0.2	217.13	579.01	289.5	521.11
4	22.09	6.17	452.11	738.3	1800	0.2	367.93	981.14	490.57	883.03
5	30.89	8.8	459.13	749.75	1800	0.2	379.44	1011.83	505.92	910.65
6	40	9.11	889.13	1451.94	1800	0.2	1422.99	3794.63	1897.32	3415.17
Media										
n.	Profondità	Spessore	Vs	Vp	Densità	Coefficiente	G0	Ed	M0	Ey
	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[kg/mc]	Poisson	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	3.875	3.875	239.18	390.575	1800	0.2	104.455	278.55	139.275	250.695
2	9.85	5.975	342.715	559.65	1800	0.2	211.5	564	281.995	507.595
3	16.805	6.955	371.835	607.21	1800	0.2	249.96	666.555	333.275	599.9
4	23.835	7.03	424.785	693.675	1800	0.2	326.14	869.705	434.85	782.735
5	32.63	8.795	428.975	700.51	1800	0.2	332.87	887.65	443.83	798.89
6	40	7.37	873.755	1426.84	1800	0.2	1374.63	3665.67	1832.84	3299.1

Tabella 12

14. UTILIZZAZIONE DEI SUOLI E DISCUSSIONI

Nella carta della pericolosità geologica e fattibilità delle azioni di piano, l'intera lottizzazione viene attribuita ad una sola classe.

Tale classe è a pericolosità bassa senza limitazioni da un punto di vista geologico, non ci sono prescrizioni geologiche né limitazioni di nessuno tipo.

14. CONCLUSIONI

L'area interessata dalla lottizzazione, oggetto del presente studio, é interessata allo stato attuale da una situazione di equilibrio stabile ed esente da penalità geomorfologiche incidenti.

La verifica della possibilità di fenomeni di liquefazione nei terreni della lottizzazione ha dimostrato che non esiste tale pericolo, anche in presenza di sismi violenti.

Le prove sismiche hanno evidenziato la presenza di 6 strati a diversa velocità di propagazione sismica, dove le proprietà sismiche, e di conseguenza geotecniche, migliorano progressivamente con la profondità.

Le rilevazioni geomorfologiche ed i risultati di tutte le prove in situ, sono concordanti fra di loro.

La coltre superficiale di suolo pedonizzato, avendo delle caratteristiche di resistenza al taglio scadenti, deve essere rimossa.

Dall'elaborato relativo alla raccolta e di regimentazione delle acque piovane, si evince che è idoneo a garantire un suo perfetto funzionamento in relazione alle caratteristiche morfologiche del sito.

Inoltre quanto progettato è fattibile e non ci sono condizioni geologiche che possono compromettere la stabilità degli edifi ci pertanto si da parere positivo.

Badolato Maggio 2025

Geologo
Dott. Andrea Leuzzi

CARTE TEMATICHE

- | | |
|--|-------------------------------|
| ➤ Carta geomorfologica | Scala 1:5.000
(equid. m.2) |
| ➤ Sezioni geologiche stato di fatto/futuro | Scala 1:1.000 |
| ➤ Carta idrologica e del sistema di drenaggio | Scala 1:2.000 |
| ➤ Carta Clivometrica | Scala 1: 2.000 |
| ➤ Carta Zonazione e pericolosità sismica | Scala 1: 2.000 |
| ➤ Carta della pericolosità geologica Fattibilità delle azioni di piano | Scala 1: 2.000 |

Carta Geomorfologica
Scala 1:2.000

- Alluvioni mobili ciotolose e sabbiose dei letti fluviali
- depositi sabbiosi di battigia
- Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente,
- corsi d'acqua principali

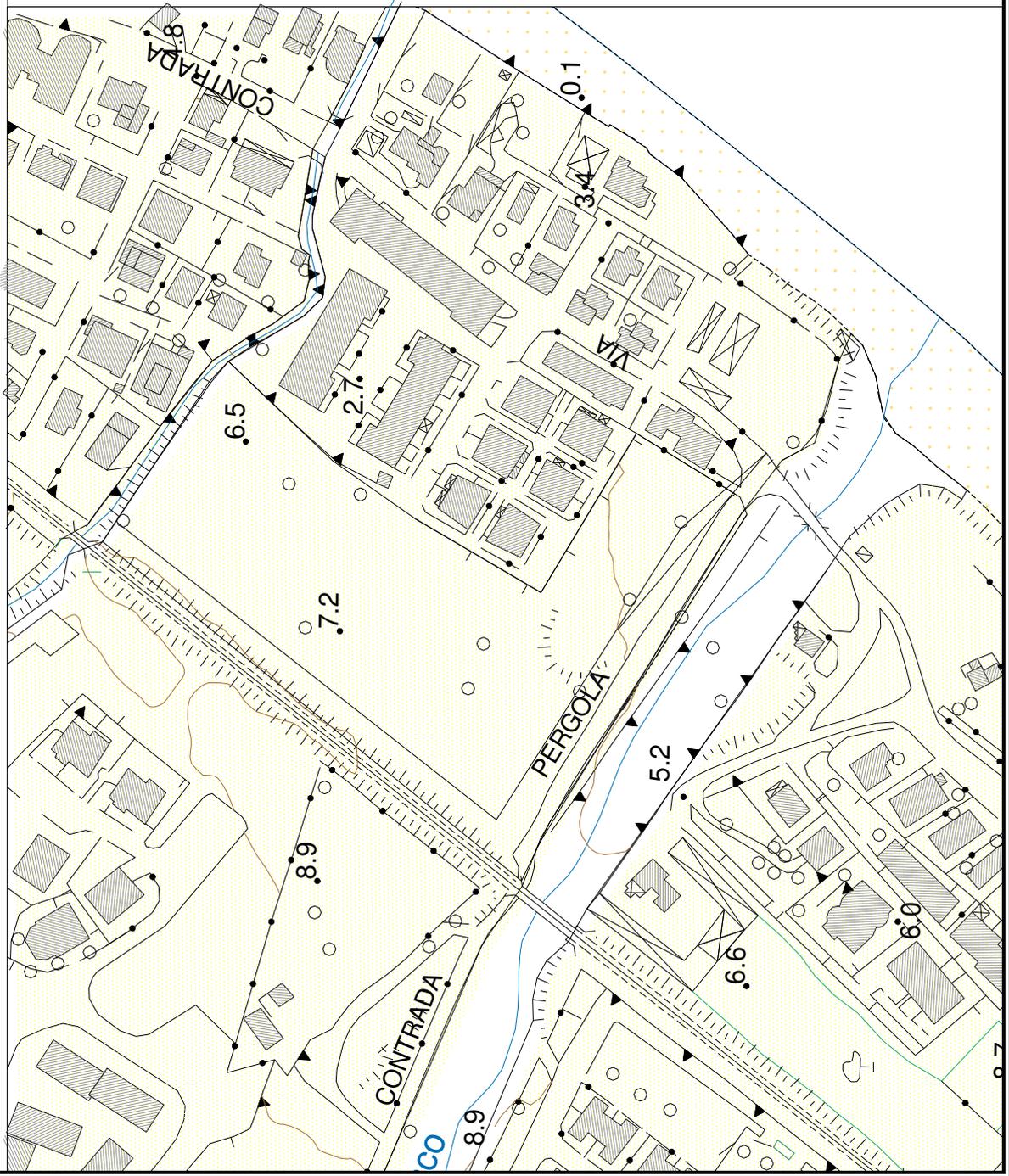


Figura 14 Carta geomorfologica

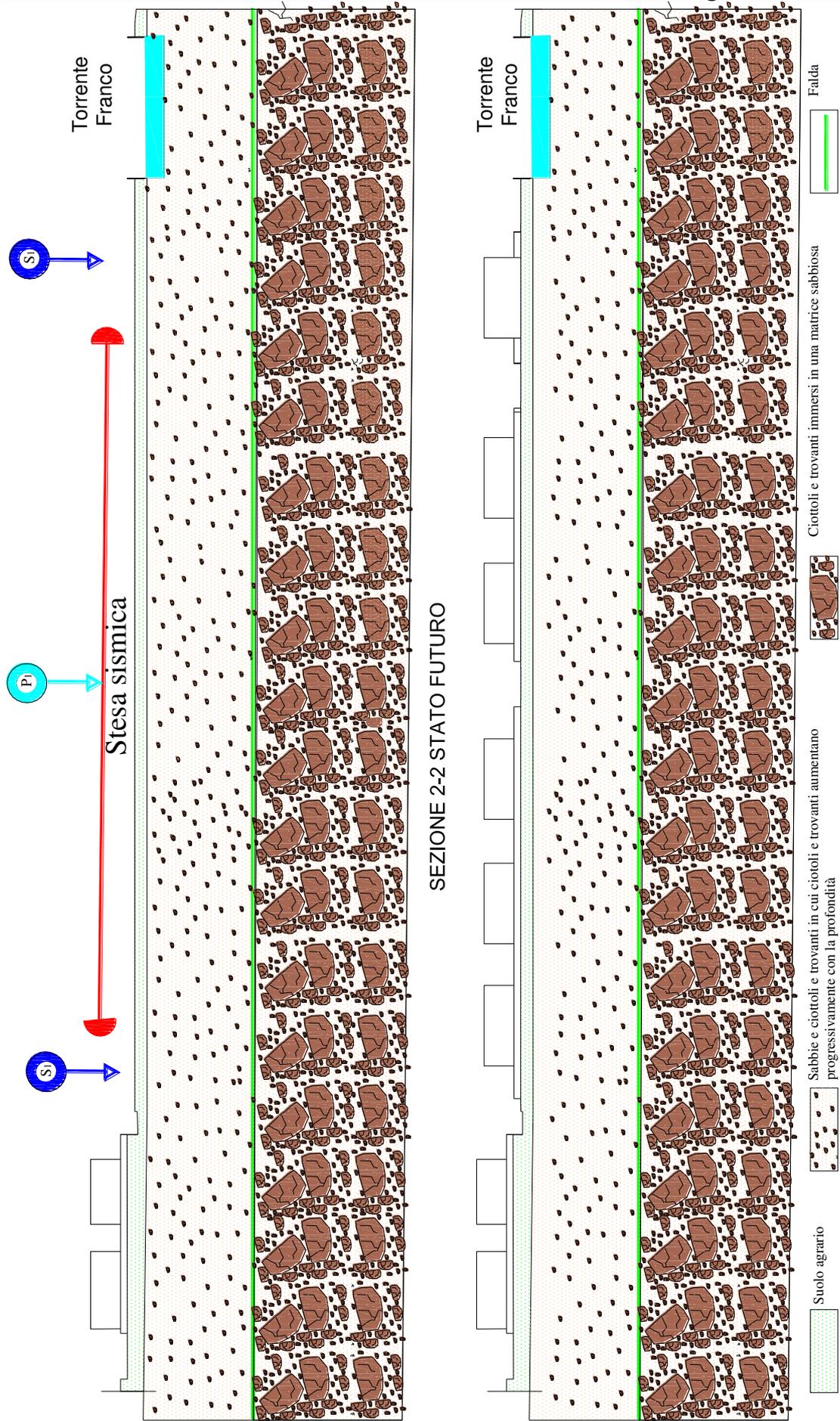
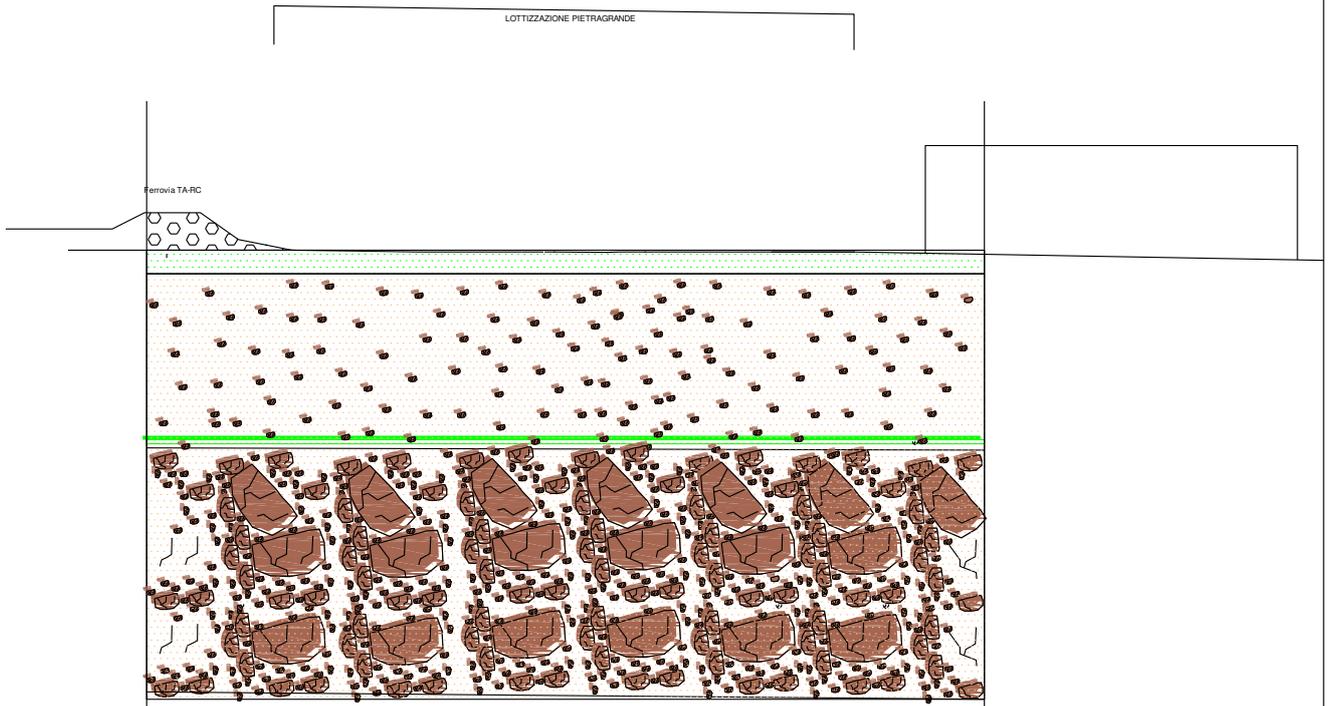


Figura 15 Sezione 2-2 stato attuale e futuro

SEZIONE 1-1 STATO DI FATTO



SEZIONE 1-1 DI PROGETTO

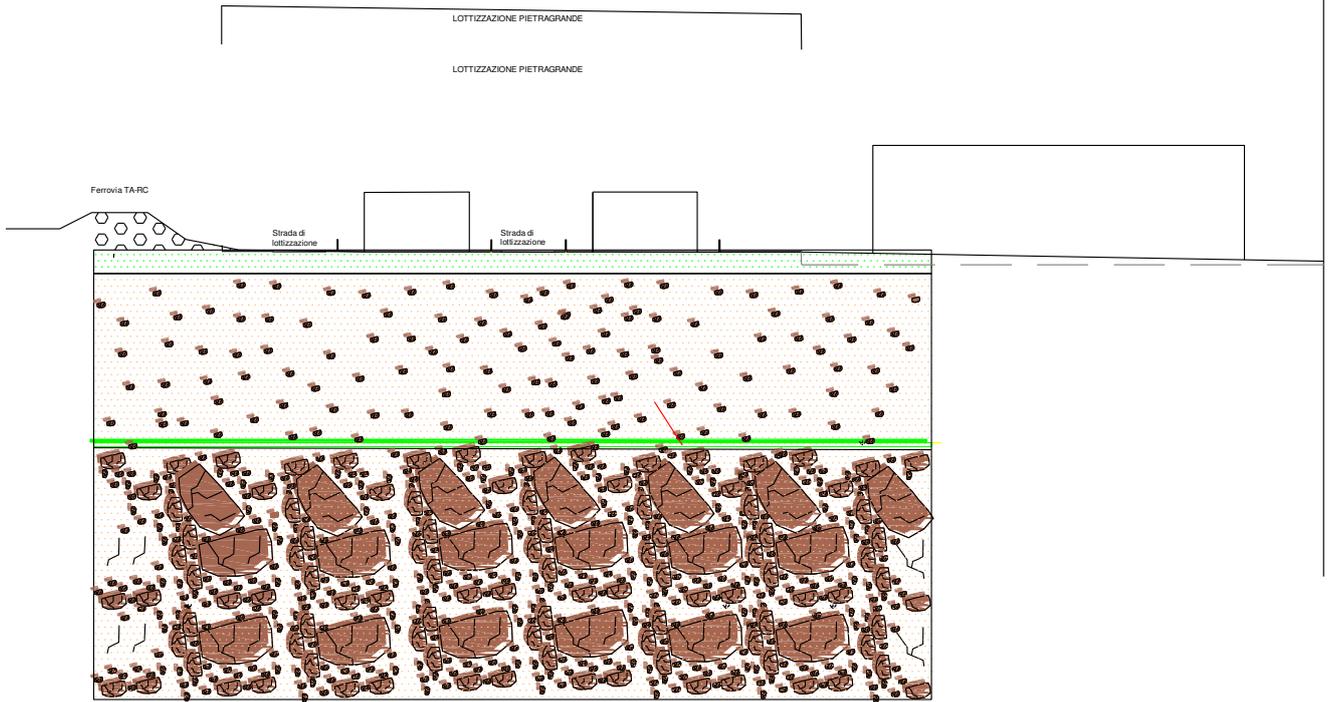
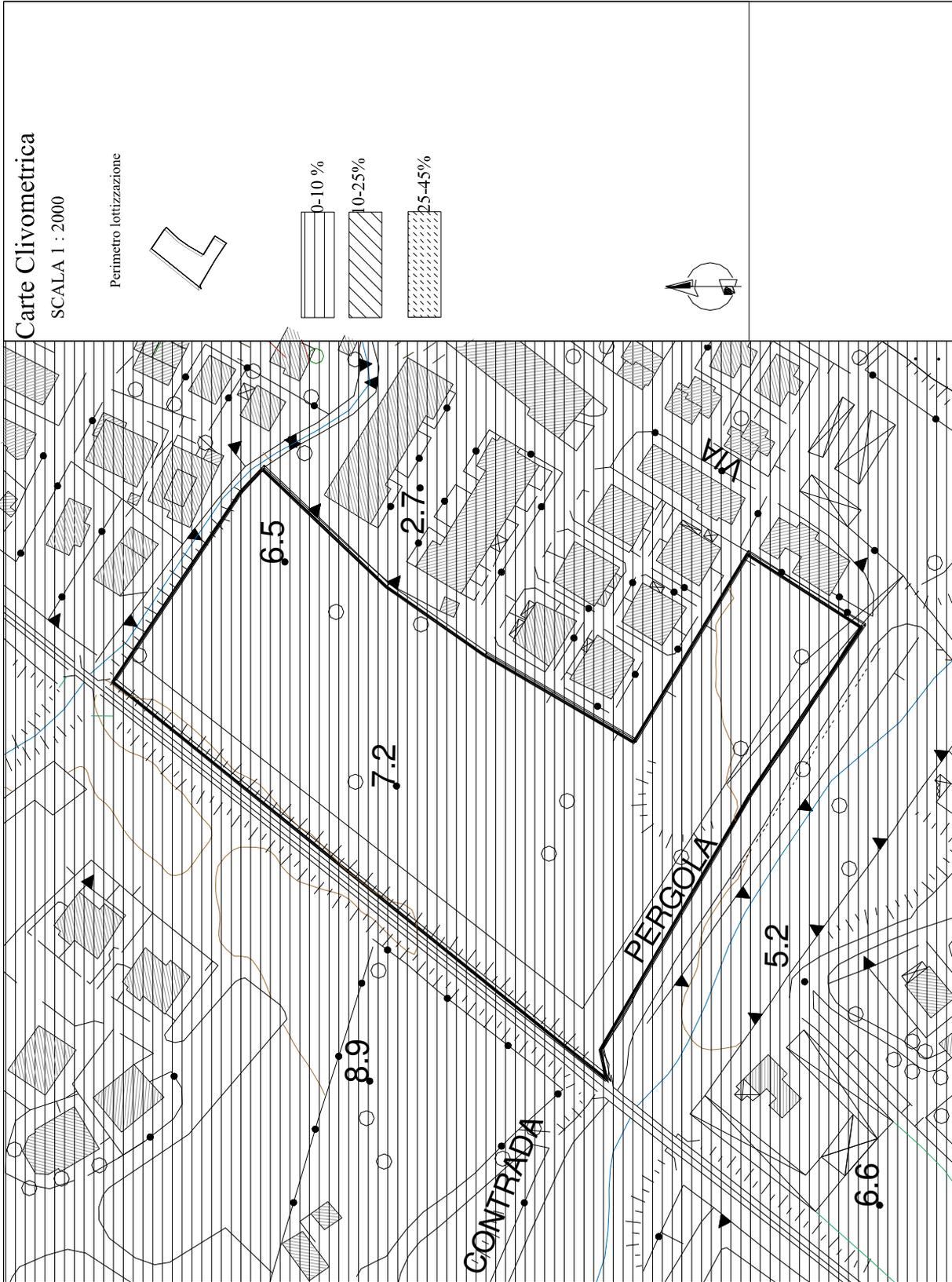
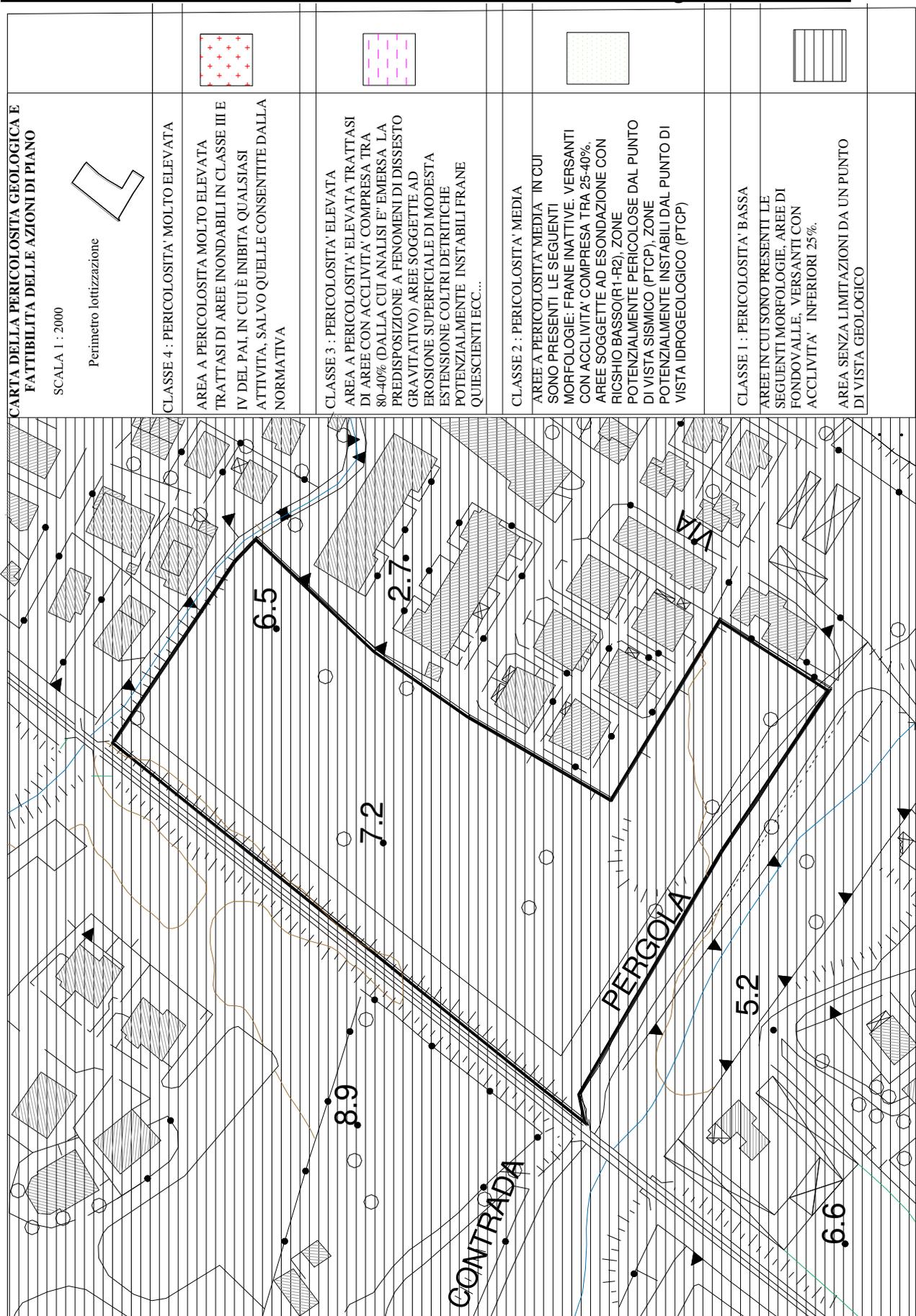


Figura 16 sezione 1-1 stato di fatto e futuro







CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA E FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO
 SCALA 1 : 2000
 Perimetro lottizzazione

CLASSE 4 : PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA	
CLASSE 3 : PERICOLOSITA' ELEVATA	
CLASSE 2 : PERICOLOSITA' MEDIA	
CLASSE 1 : PERICOLOSITA' BASSA	

AREA A PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA TRATTASI DI AREE INONDABILI IN CLASSE III E IV DEL PAI, IN CUI È INIBITA QUALSIASI ATTIVITA', SALVO QUELLE CONSENTITE DALLA NORMATIVA

AREA A PERICOLOSITA' ELEVATA TRATTASI DI AREE CON ACCLIVITA' COMPRESA TRA 80-40% (DALLA CUI ANALISI È EMERSA LA PREDISPOSIZIONE A FENOMENI DI DISSESTO GRAVITATIVO), AREE SOGGETTE AD EROSIONE SUPERFICIALE DI MODESTA ESTENSIONE COLTRI DETRITICHE POTENZIALMENTE INSTABILI FRANE QUIESCENTI ECC....

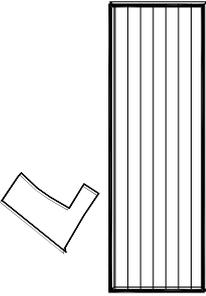
AREE A PERICOLOSITA' MEDIA IN CUI SONO PRESENTI LE SEGUENTI MORFOLOGIE: FRANE INATTIVE, VERSANTI CON ACCLIVITA' COMPRESA TRA 25-40%, AREE SOGGETTE AD ESONDAZIONE CON RICSHIO BASSO(R1-R2), ZONE POTENZIALMENTE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA SISMICO (PTCP), ZONE POTENZIALMENTE INSTABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO (PTCP)

AREE IN CUI SONO PRESENTI LE SEGUENTI MORFOLOGIE, AREE DI FONDOVALLE, VERSANTI CON ACCLIVITA' INFERIORI 25%.

AREA SENZA LIMITAZIONI DA UN PUNTO DI VISTA GEOLOGICO

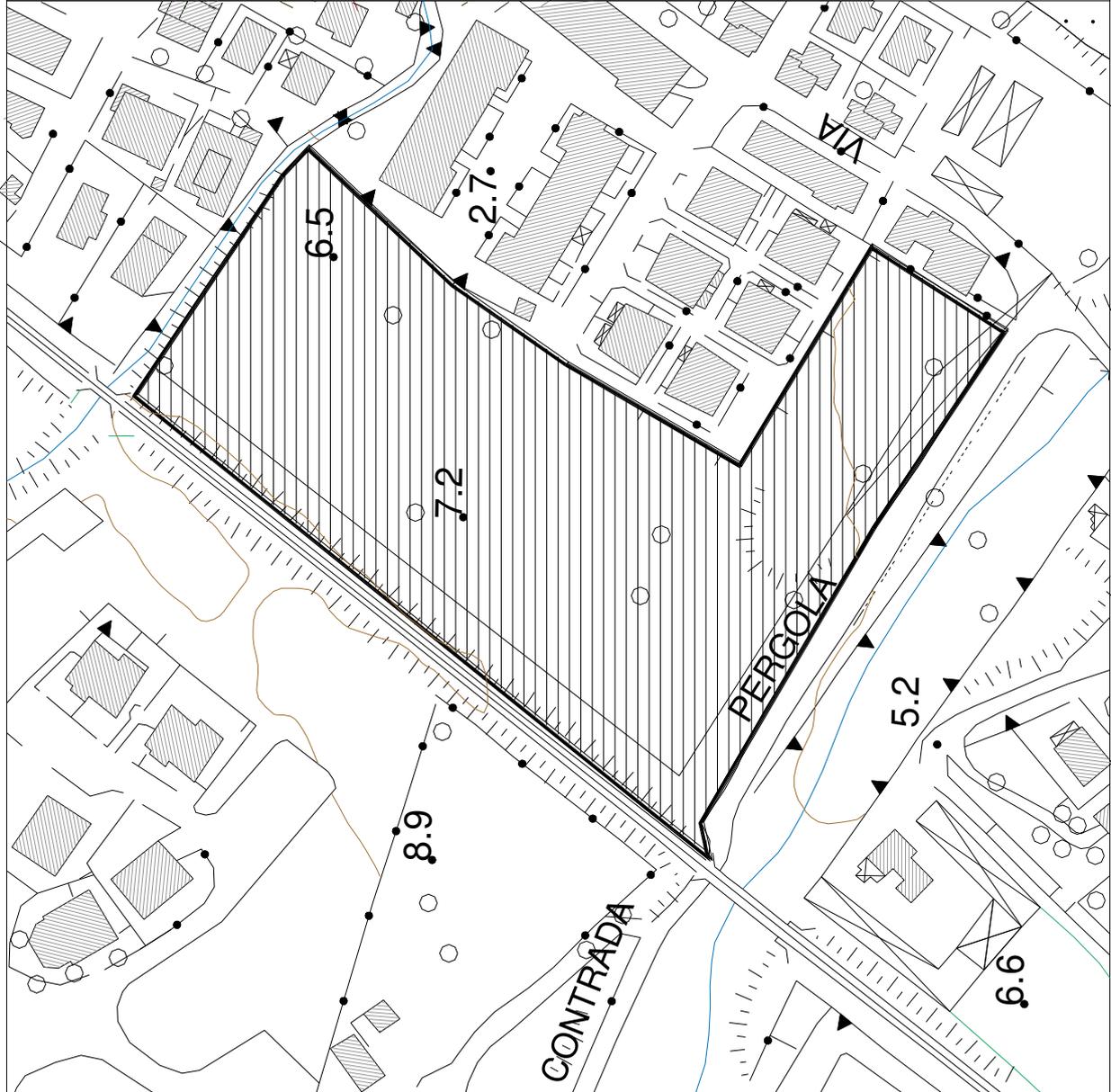
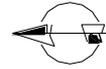
**CARTA ZONAZIONE E
PERICOLOSITÀ SISMICA**

SCALA 1 : 2000
Perimetro lottizzazione



Area Omogenea da punto di vista
sismico, di assoluta stabilità.
Sulla base del **D.M. 17.01.2018** il
profilo stratigrafico del terreno di
fondazione come **Profilo B** Depositi di
sabbie e ghiaie mediamente dense o argilla di
media consistenza con spessori variabili da
diverse decine fino a centinaia di metri
caratterizzati da valori

Categoria Topografica T1



PROGETTO DI LOTTIZZAZIONE "PIETRAGRANDE" COMPARTO AUS 2 LOCALITA' BOTTERIO

OGGETTO RICHIESTA

RICHIESTA NULLA OSTA AI SENSI
DELL'ARTICOLO 13

ESTREMI CATASTALI

DATI CATASTALI : Foglio n° 15 part. n° 28-81-269-270-274

ELABORATO RELAZIONE SULLE INDAGINI

COMUNE DI MONTAURO

LOCALITA'

LOCALITA': "BOTTERIO"

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> PROGETTO URBANISTICO | <input type="checkbox"/> PROGETTO PRELIMINARE |
| <input type="checkbox"/> PROGETTO STRUTTURE | <input type="checkbox"/> PROGETTO DEFINITIVO |
| <input type="checkbox"/> PROGETTO IMPIANTI | <input checked="" type="checkbox"/> PROGETTO ESECUTIVO |

TAV.
GEO 02

SCALA

1 :2.000

DATA

APPROVAZIONI UFFICI COMPETENTI

GEOLOGO

Dr. Andrea Leuzzi

COMMITTENTI

C.C.IMM. S.R.L.
con sede in Catanzaro Lido
via Vico II del Commercio n. 6

EDISI. COSTRUZIONI S.R.L.
con sede in Catanzaro Lido
via Lungomare n. 319

RELAZIONE SULLE INDAGINI

PREMESSA

Relativamente alla commessa dei signori proprietari del terreno, in ottemperanza alla seguente normativa:

- D.P.R. n. 380/2001;
- L.R. n. 35 del 19.10.2009 e s.m.i.
- Regolamento Regionale n. 15 del 2016
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018.
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"»

Il sottoscritto, ha programmato una campagna d'indagini geognostiche all'interno del comprensorio comunale di Montauro (CZ), nell'ambito del progetto:

PIANO DI LOTTIZZAZIONE IN LOCALITA BOTTERIO NEL COMUNE DI MONTAURO

Gli obiettivi delle indagini previste sono:

- 🚧 Definire l'assetto geologico strutturale del sottosuolo, distinguendo fra loro zone a comportamento omogeneo e identificando eventuali elementi geologici problematici per la realizzazione delle opere (es. faglie, diaclasi, zone cataclastiche);
- 🚧 definire i parametri caratteristici di resistenza e deformabilità (sia statici che dinamici) dei terreni, delle rocce e degli ammassi rocciosi, nonché le caratteristiche geomeccaniche delle principali famiglie di discontinuità;

- ✚ dettagliare le caratteristiche essenziali del modello di circolazione idrica nel sottosuolo, con particolare riguardo all'identificazione di eventuali falde presenti.
- ✚ analizzare le interferenze potenziali o reali tra le opere in progetto e i processi di dinamica geomorfologica già attivi o potenzialmente attivabili;

La campagna geognostica effettuata sia dalla Geomin che dal Dr. Geologo Andrea Leuzzi, così articolata:

- ✚ N°1 Sondaggi sismici per Indagine Masw
- ✚ N°1 Sondaggi sismici a rifrazione a doppio tiro
- ✚ N°1 prova penetrometrica
- ✚ N°2 Carotaggio a rotazione continuo

Le risultanze sono leggibili sugli allegati grafici riportati nelle pagine a seguire.

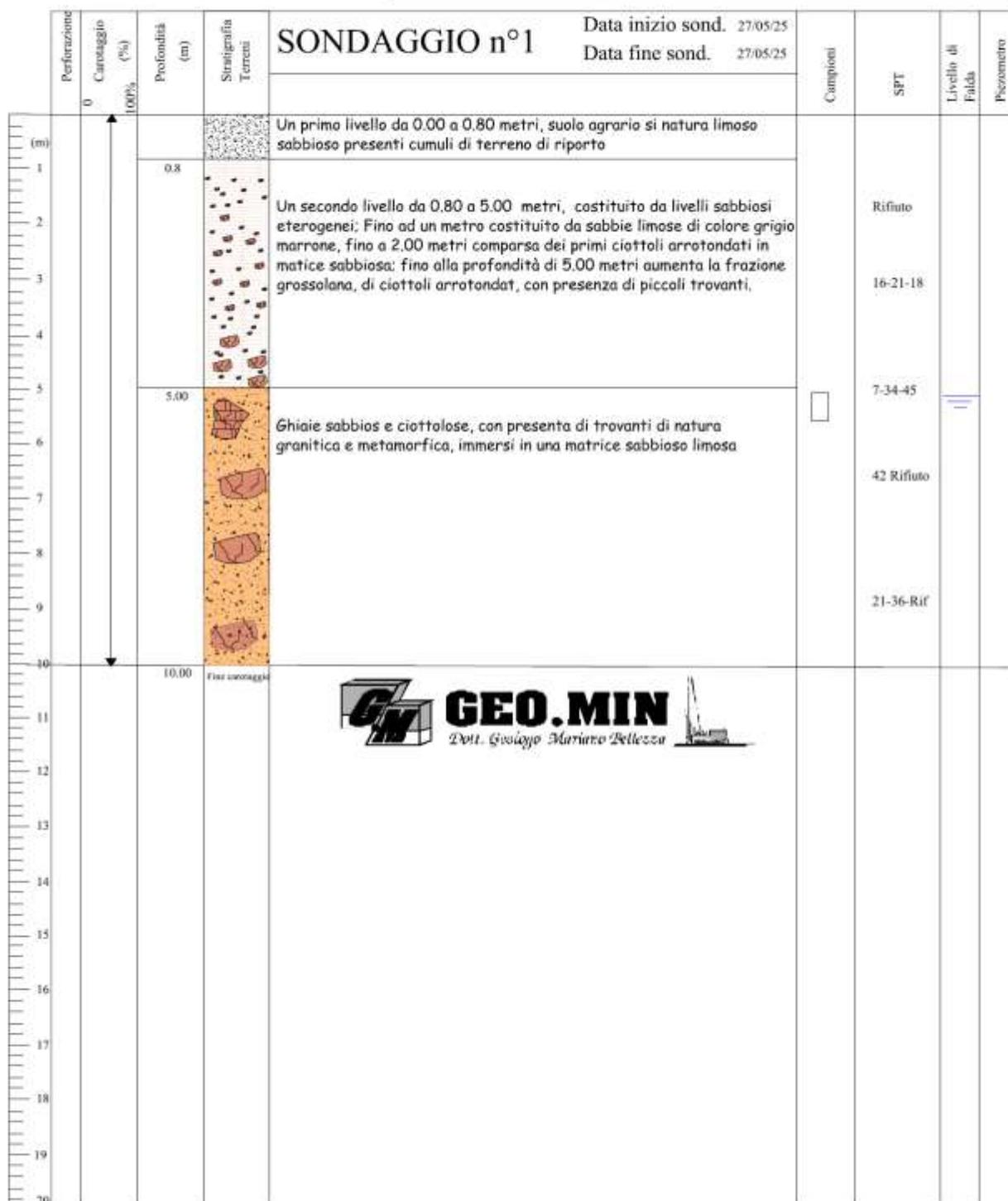
SONDAGGI A ROTAZIONE

I sondaggi, eseguiti con attrezzatura a rotazione e carotaggio continuo (diametro del carotiere di 101 mm) con sonda cingolata tipo "FRASTE Multidrill ML" da 15 Q.li , sono stati effettuati all'interno dell'area da lottizzare, e sono stati spinti fino alla profondità massima di metri 10.00 dal piano campagna nonche' ubicati, per quanto possibile, in posizione tale da ottenere il maggior numero di informazioni possibile.

COMMITTENTE :

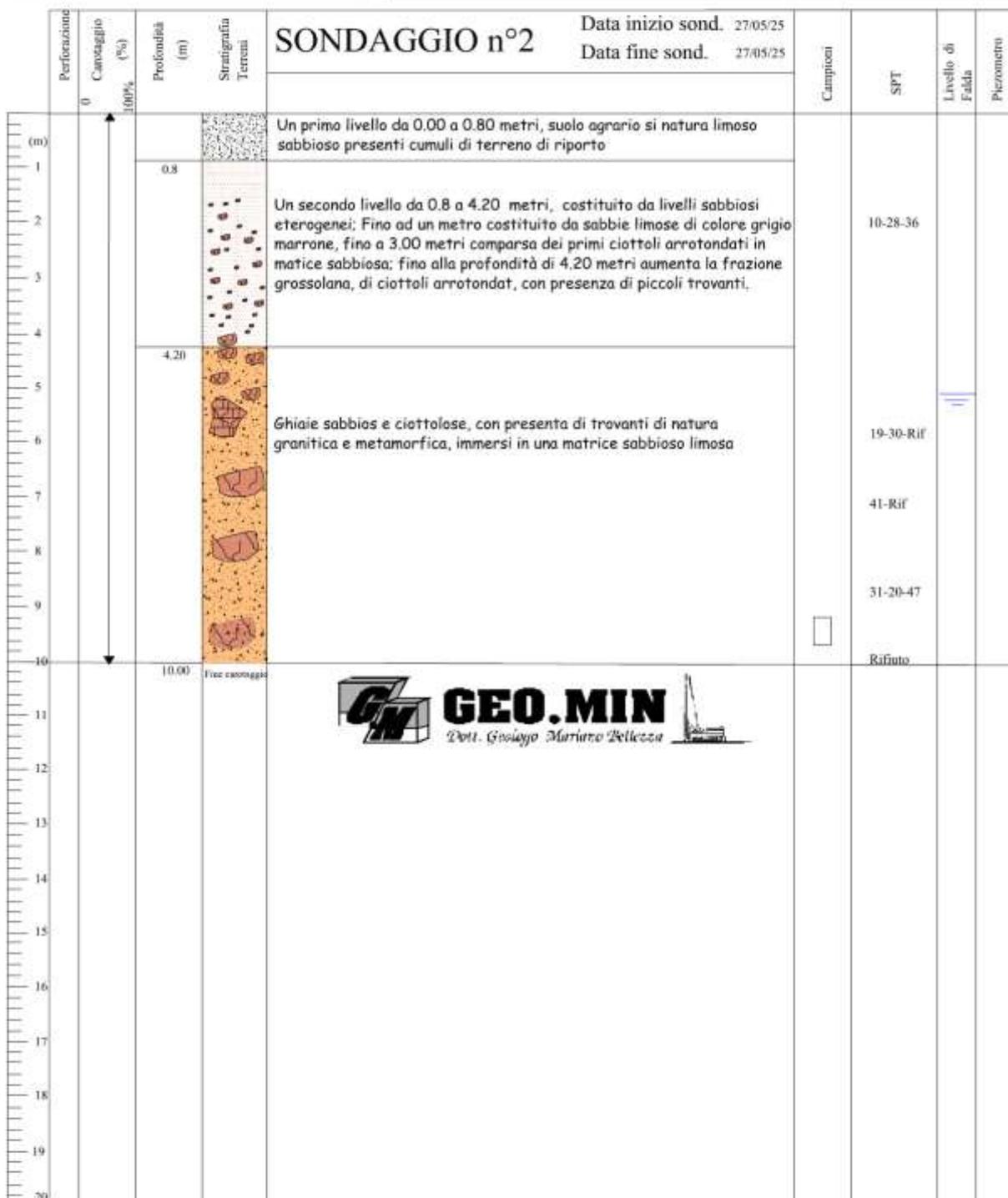
Dr. Geologo Andrea Leuzzi

INDAGINE

 PROGETTO DI LOTTIZZAZIONE "PIETRAGRANDE" COMPARTO
 AUS 2 LOCALITA' BOTTERIO


PERFORAZIONE A ROTAZIONE :	CAMPIONI INDISTURBATI :	PIEZOMETRI :	PROVE IN SITO :
CS(101) - Carotiere semplice (Ø)	S - shelly (a pressione)	TA - Tubo aperto ;	Prova penetrometrica :
CD(101) - Carotiere doppio (Ø)	M - Mazier (a rotazione);	PC - Casagrande;	4, 6, 8, - Numero dei colpi nei tratti di 30 cm ;
W - Corona al widia	A, B,... - Campioni rimaneggiati;	- Filtro ;	(5.10) - Profondità di inizio prova ;
D - Corona diamantata	- Termine sondaggio.	- Tappo ;	R5 - Rifiuto a 5 cm
R (113) - Rivestimento (Ø)		- Livello falda	○ - Prova pressiometrica.

COMMITTENTE :
 Dr. Geologo Andrea Leuzzi

 INDAGINE
 PROGETTO DI LOTTIZZAZIONE "PIETRAGRANDE" COMPARTO
 AUS 2 LOCALITA' BOTTERIO


PERFORAZIONE A ROTAZIONE :	CAMPIONI INDISTURBATI :	PIEZOMETRI :	PROVE IN SITO :
CS(101) - Carotiere semplice (Ø)	S - shelby (a pressione)	TA - Tubo aperto ;	Prova penetrometrica :
CD(101) - Carotiere doppio (Ø)	M - Mazier (a rotazione);	PC - Casagrande;	4, 6,8, - Numero dei colpi nei tratti di 30 cm ;
W - Corona al widia	A, B,... - Campioni rimaneggiati;	- Filtro ;	(5.10) - Profondità di inizio prova ;
D - Corona diamantata	- Termine sondaggio.	- Tappo ;	R5 - Rifuto a 5 cm
R (113) - Rivestimento (Ø)		- Livello falda	⊙ - Prova pressiometrica.

INDAGINI MASW

Ai fini della valutazione di una zonazione sismica dell'area nonché del calcolo del V_{s30} sono stati predisposti degli stendimenti sismici. La strumentazione utilizzata per l'acquisizione è un sismografo Doremi della Sara Elettronic Instrument SRL.

Per quel che concerne brevemente il funzionamento, le onde vengono generate da una massa battente (10 Kg) su piastra metallica, ed i tempi di percorso registrati da appositi geofoni verticali da 4.5 Hz. disposti in tal caso a distanza tra loro di circa 3.0 metri.

METODOLOGIA D'INDAGINE MASW PROVE E RISULTATI

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è

correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzata è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono state generate in un punto della superficie del suolo tramite una mazza battente parallelamente all'array) e misurate da uno stendimento lineare di sensori.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10HZ e 70-100HZ, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20° , sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche.

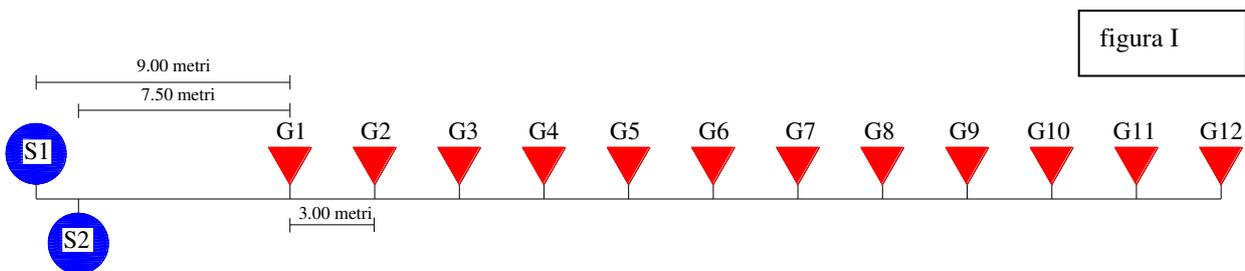
La metodologia utilizzata consiste in 4 fasi:

- ✚ calcolo della curva di dispersione sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento, energizzando alternativamente ai due estremi dello stendimento;
- ✚ calcolo della curva di dispersione apparente numerica
- ✚ calcolo della curva di dispersione effettiva numerica

✚ individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_{sv} , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_{sv} e di compressione V_p (o in alternativa il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'affidabilità del profilo di velocità V_s trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativo tra le due curve.

Avendo, per esempio, uno stendimento di 12 geofoni con spaziatura uguale a dx , si può effettuare una prima energizzazione a una distanza uguale a $dx/2$ dal primo (o dall'ultimo) geofono e una seconda a una distanza di dx dal primo (o dall'ultimo geofono). Sommando le tracce si otterrà una registrazione equivalente a uno stendimento di 24 geofoni con spaziatura uguale a $dx/2$.

La geometria dello stendimento è illustrata nella figura a seguire;



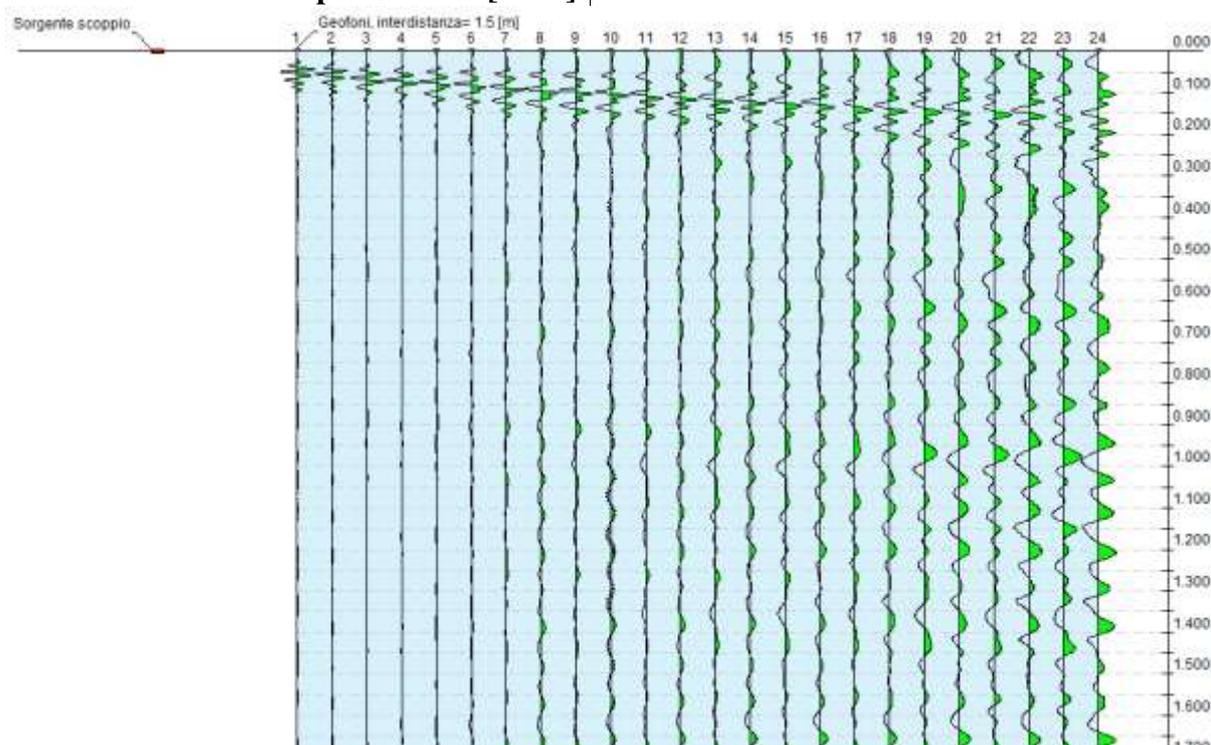
Dove gli S sono i punti di energizzazione, G i geofoni, e la distanza $S1-S2=dx/2$

nella tabella a seguire vengono elencate tutte le specifiche tecniche, mentre per le elaborazioni si rimanda agli allegati.

Indagine	$Dx(m)$	Canali	Durata sec	Frequenza (Hz)	Passo sec
Masw1	3	12	2	1000	0.001

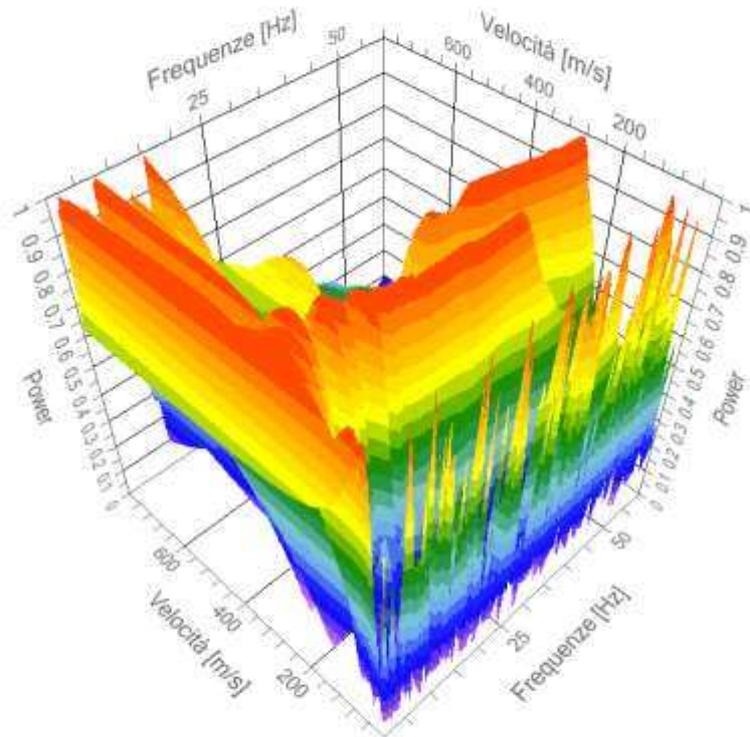
Tab I

	Tracce
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.00

**Analisi spettrale**

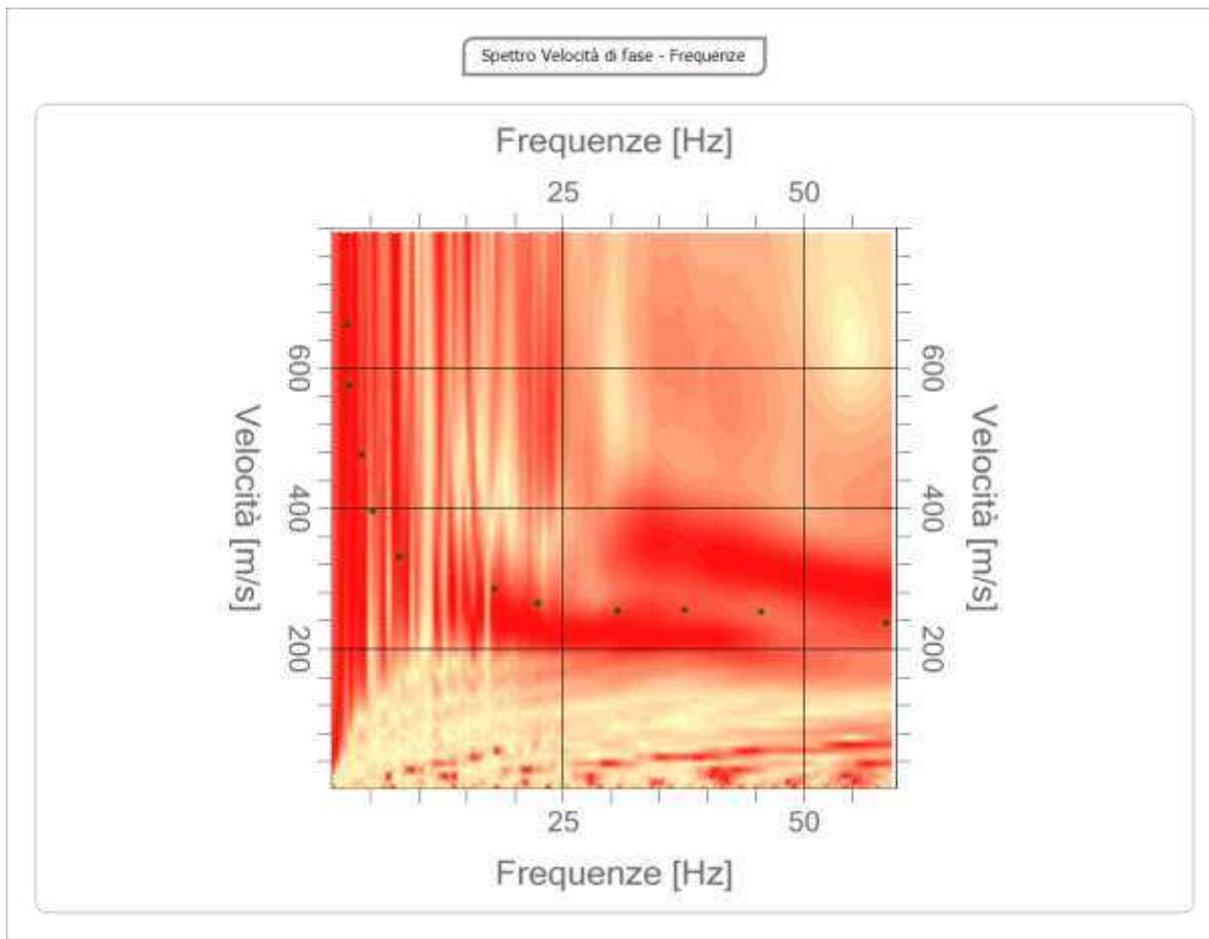
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

n.	Frequenza[Hz]	Velocità[m/sec]	Modo
1	4.1	476.5	0
2	2.6	661.1	0
3	2.8	574.5	0
4	5.2	396.4	0
5	8.0	331.1	0
6	17.9	285.3	0
7	22.4	265.7	0
8	30.7	254.3	0
9	37.6	255.9	0
10	45.5	252.6	0
11	58.5	236.3	0



Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		4.75	4.75	1800.0	0.2	No	437.5	267.9
2		10.70	5.95	1800.0	0.2	No	570.8	349.5
3		17.68	6.98	1800.0	0.2	No	647.3	396.4
4		25.58	7.89	1800.0	0.2	No	649.0	397.5
5		34.37	8.79	1800.0	0.2	No	651.3	398.8
6		oo	oo	1800.0	0.2	No	1401.7	858.4

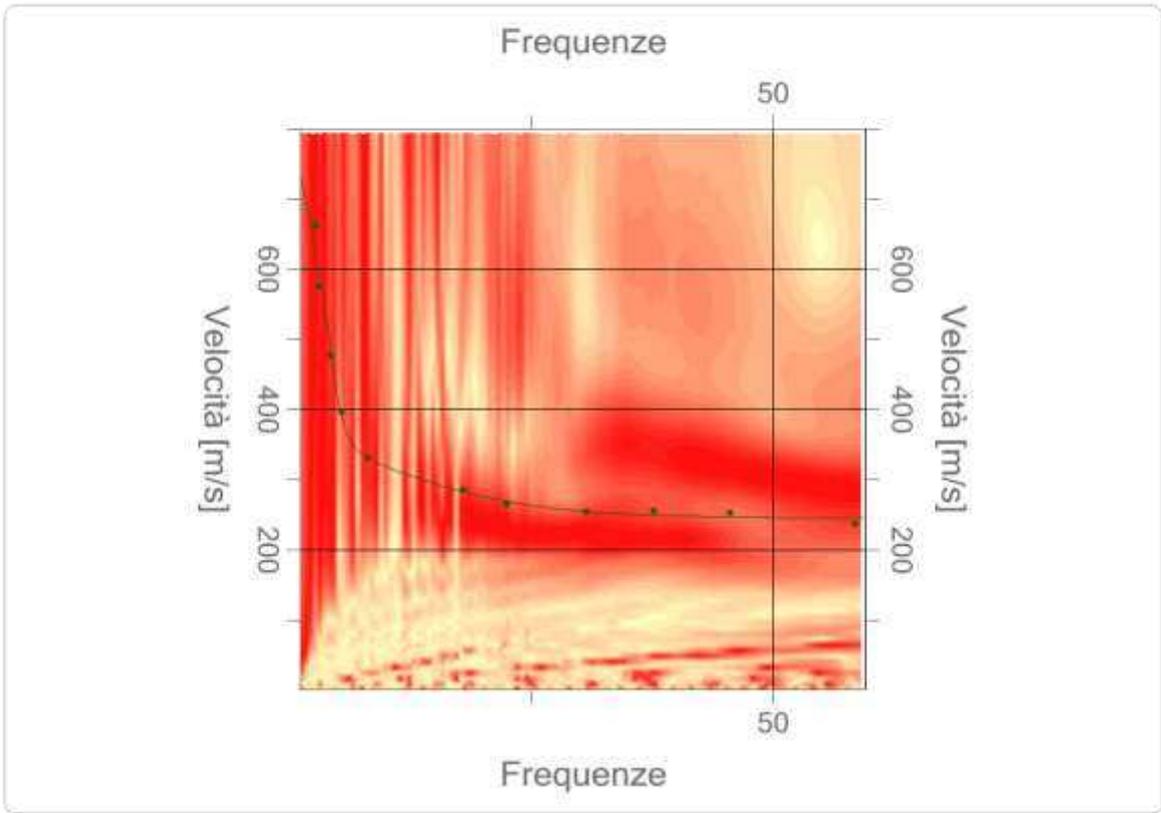
Percentuale di errore

0.156 %

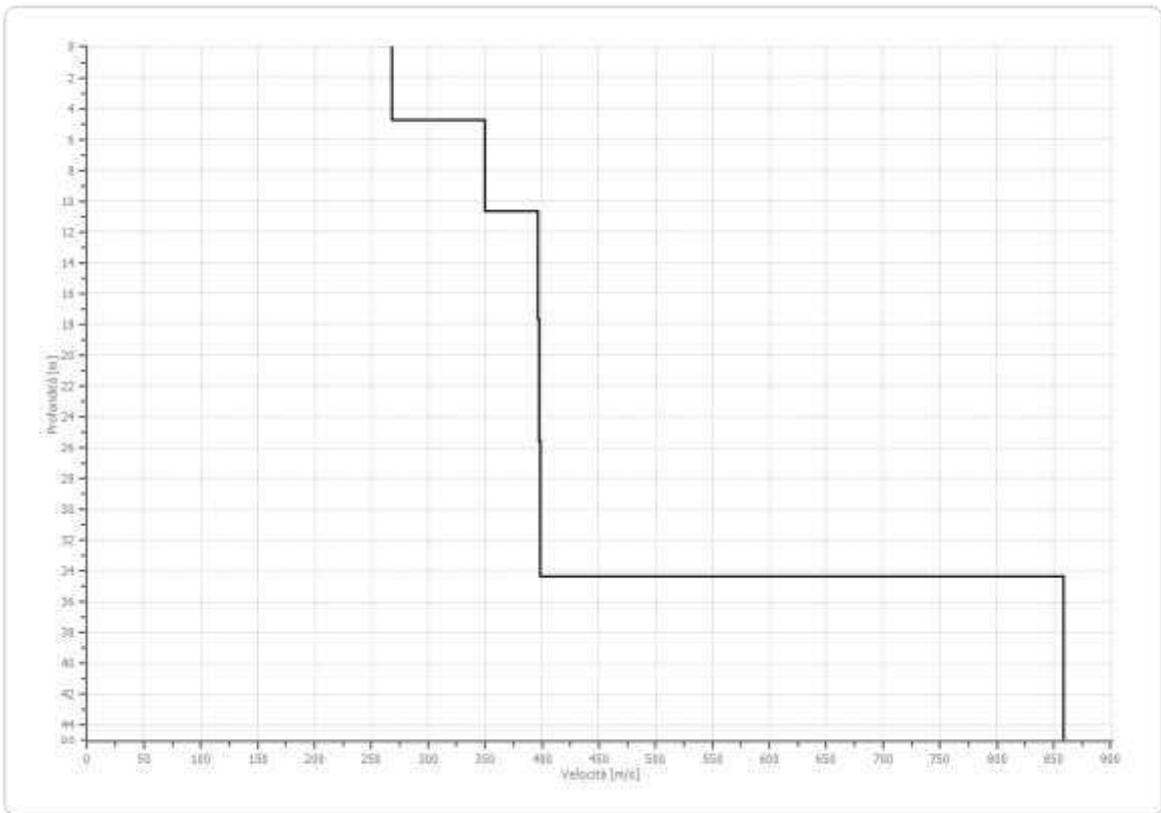
Fattore di disadattamento della soluzione

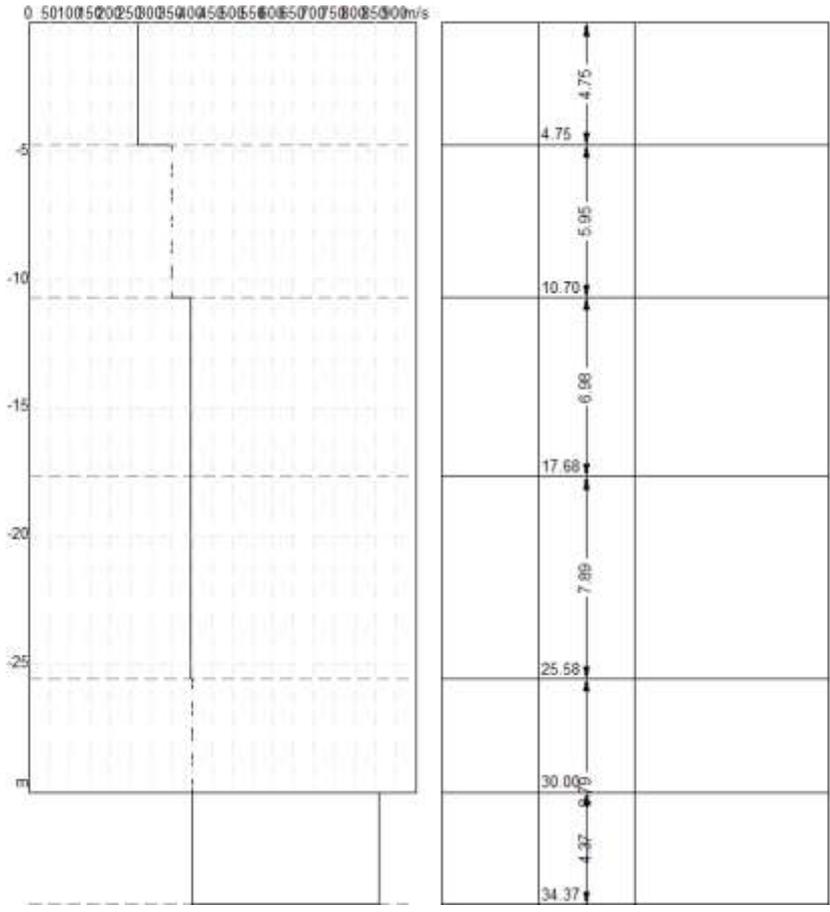
0.029

Inversione



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	360.04
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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

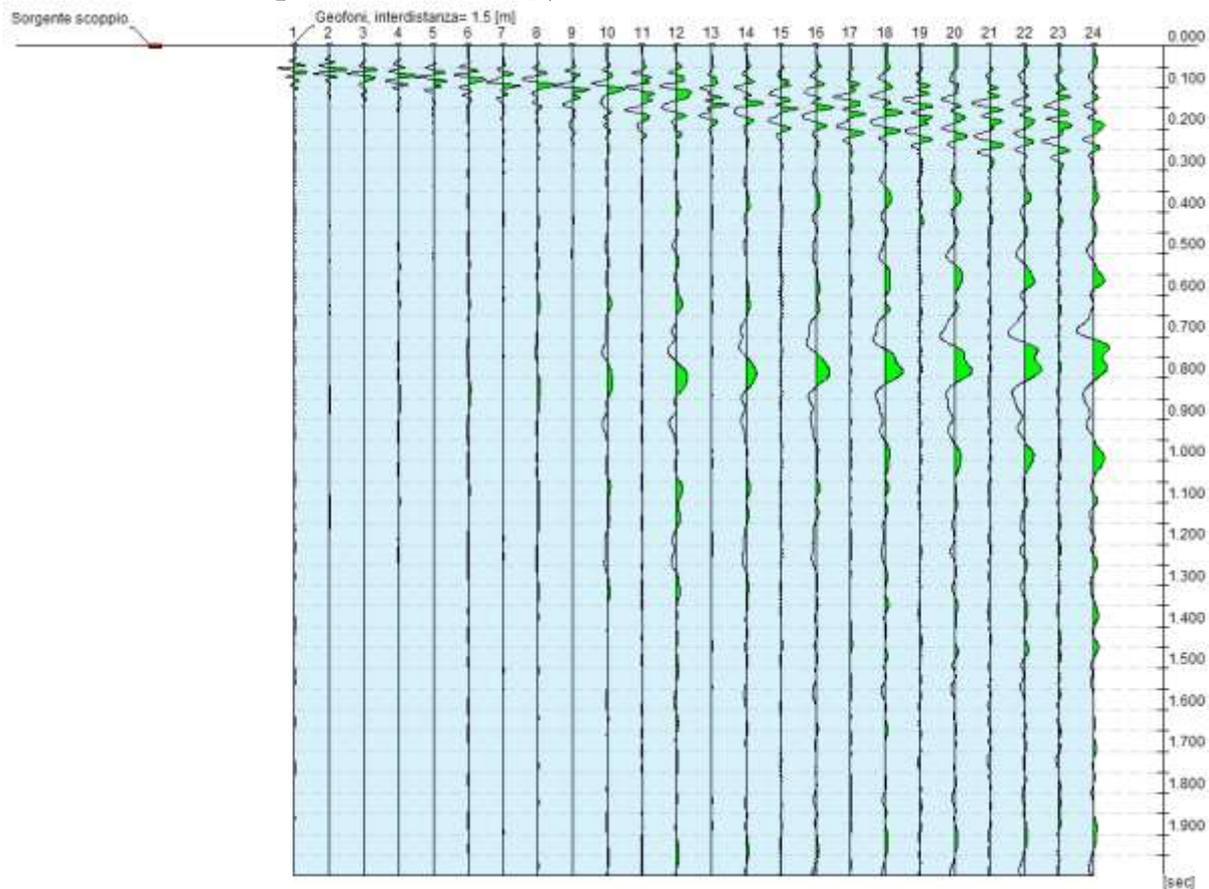
Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	4.75	4.75	267.90	437.48	1800.00	0.20	129.19	344.50	172.25	310.05
2	10.70	5.95	349.51	570.75	1800.00	0.20	219.89	586.37	293.18	527.73
3	17.68	6.98	396.36	647.26	1800.00	0.20	282.79	754.10	377.05	678.69
4	25.58	7.89	397.46	649.05	1800.00	0.20	284.35	758.27	379.13	682.44
5	34.37	8.79	398.82	651.27	1800.00	0.20	286.30	763.47	381.74	687.13
6	oo	oo	858.38	1401.73	1800.00	0.20	1326.26	3536.70	1768.35	3183.03

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young;

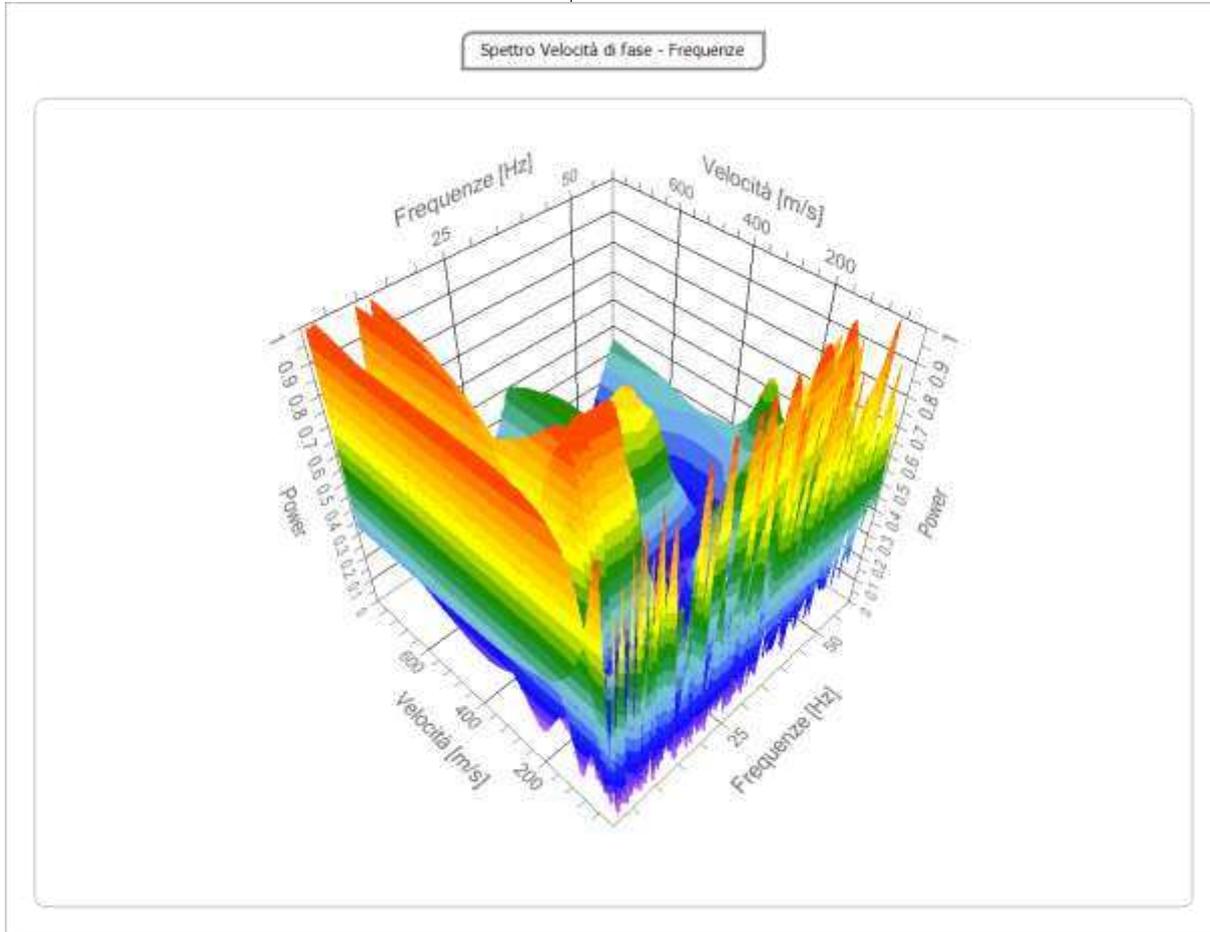
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.00



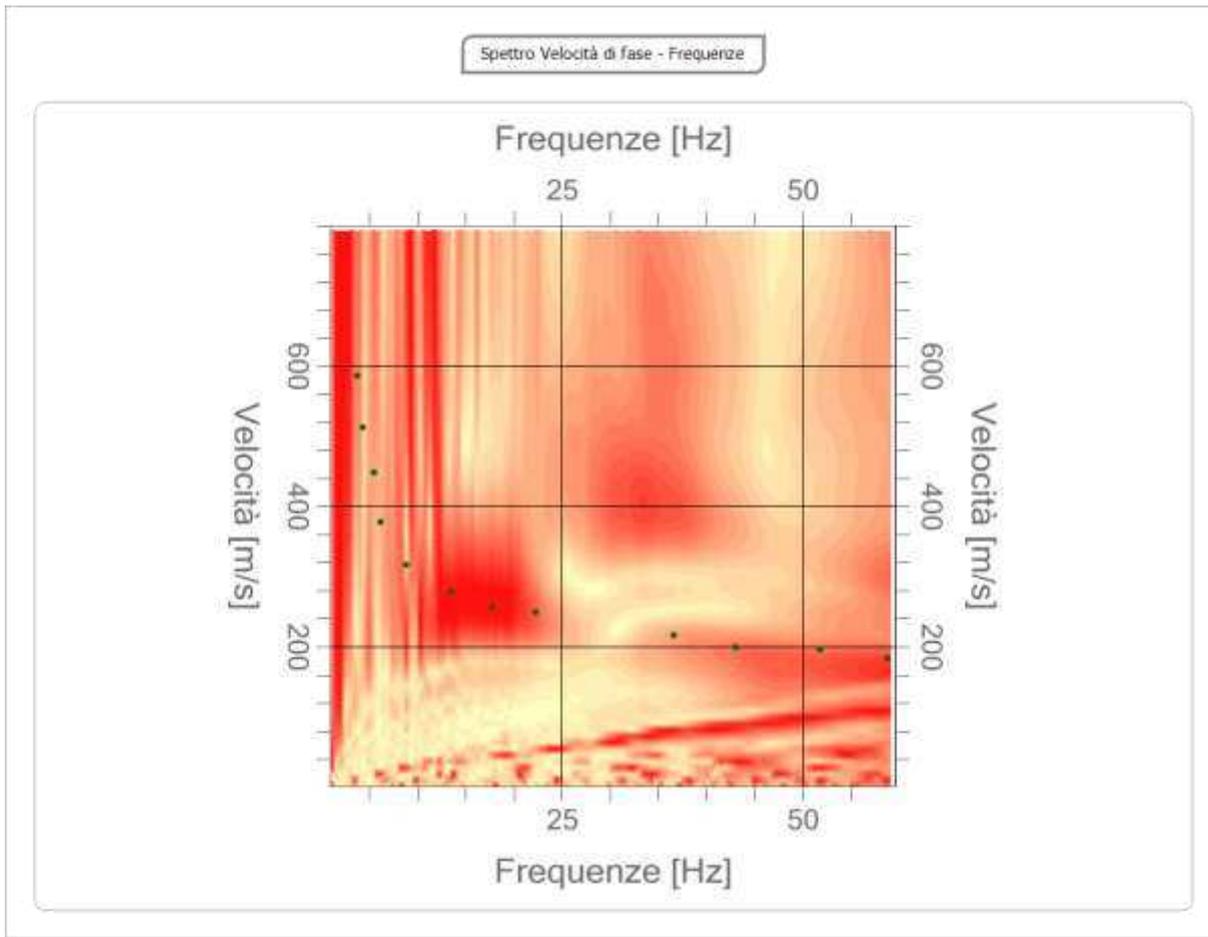
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1
Frequenza massima di elaborazione 60
Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1
Velocità massima di elaborazione 800
Intervallo velocità [m/sec] 1



Curva di dispersione

n.	Frequenza[Hz]	Velocità[m/sec]	Modo
1	3.8	586.0	0
2	5.4	448.7	0
3	4.4	512.4	0
4	6.2	378.4	0
5	8.8	316.4	0
6	13.5	278.8	0
7	17.8	257.5	0
8	22.3	249.4	0
9	36.7	216.7	0
10	43.0	198.7	0
11	51.8	195.4	0
12	58.8	184.0	0



Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1800.0	0.2	No	343.7	210.5
2		9.00	6.00	1800.0	0.2	No	548.5	335.9
3		15.93	6.93	1800.0	0.2	No	567.2	347.3
4		22.09	6.17	1800.0	0.2	No	738.3	452.1
5		30.89	8.80	1800.0	0.2	No	749.8	459.1
6		oo	oo	1800.0	0.2	No	1451.9	889.1

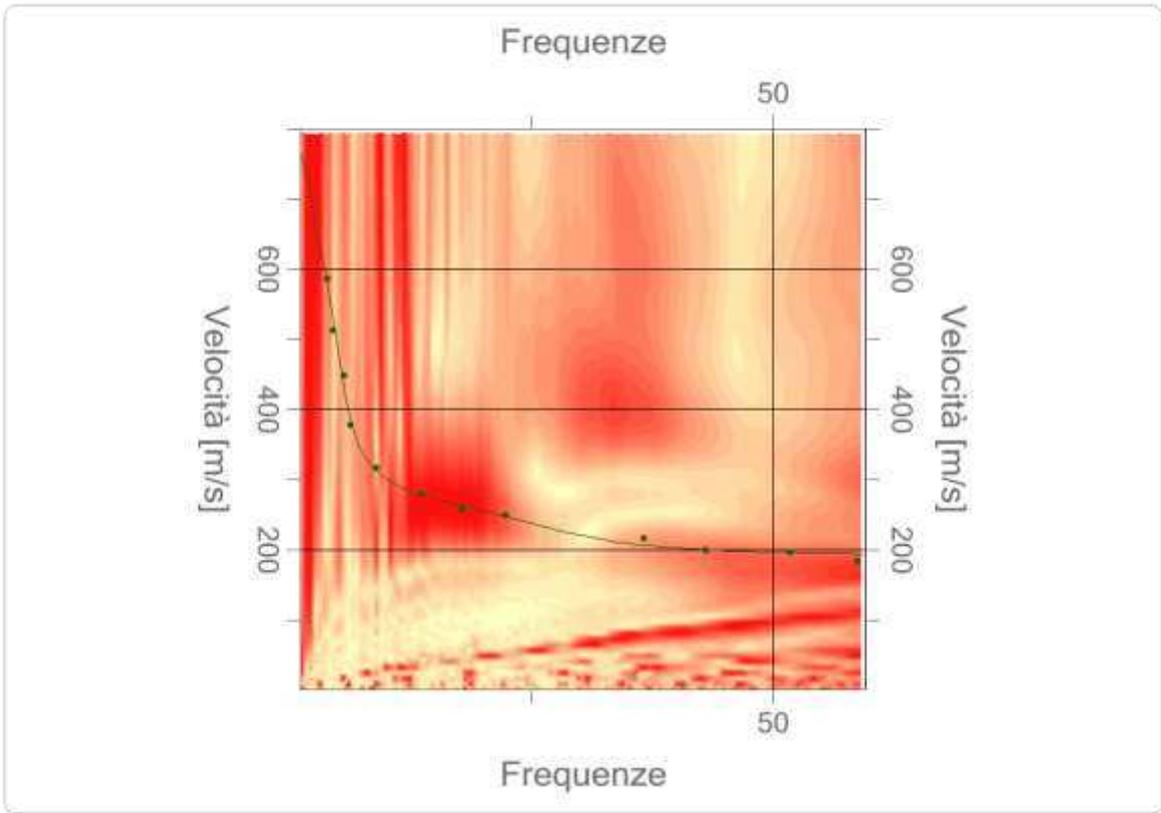
Percentuale di errore

0.060 %

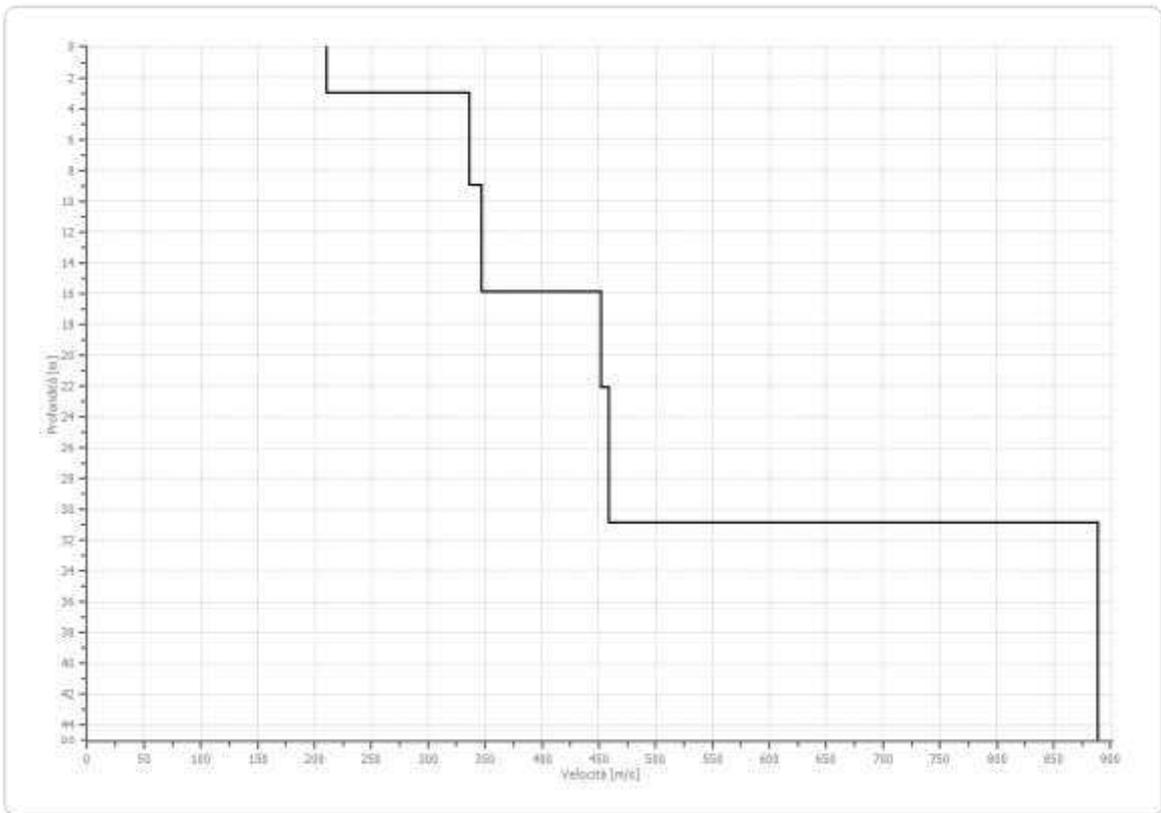
Fattore di disadattamento della soluzione

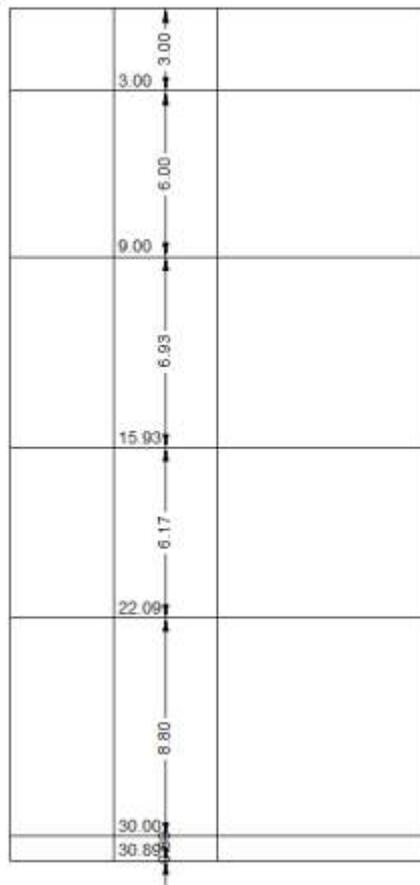
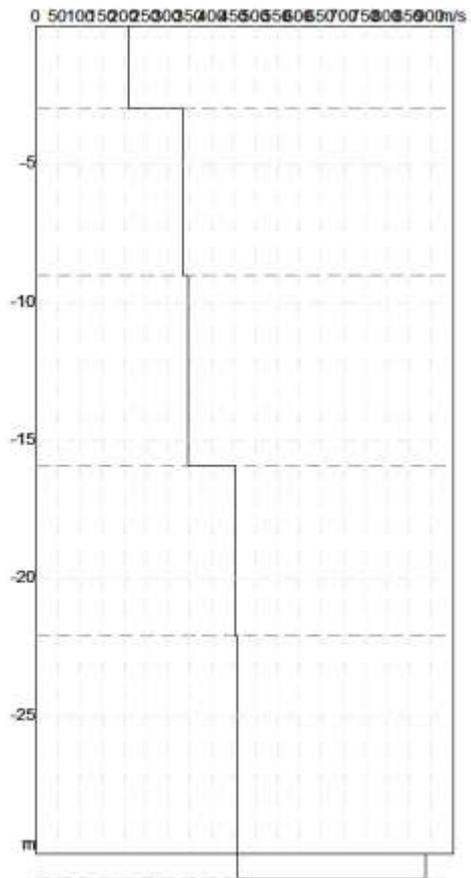
0.026

Inversione



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	361.78
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	3.00	3.00	210.46	343.67	1800.00	0.20	79.72	212.60	106.30	191.34
2	9.00	6.00	335.92	548.55	1800.00	0.20	203.11	541.63	270.81	487.46
3	15.93	6.93	347.31	567.16	1800.00	0.20	217.13	579.01	289.50	521.11
4	22.09	6.17	452.11	738.30	1800.00	0.20	367.93	981.14	490.57	883.03
5	30.89	8.80	459.13	749.75	1800.00	0.20	379.44	1011.83	505.92	910.65
6	oo	oo	889.13	1451.94	1800.00	0.20	1422.99	3794.63	1897.32	3415.17

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young;

SISMICA A RIFRAZIONE

METODOLOGIA D'INDAGINE PROVE E RISULTATI

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_l = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

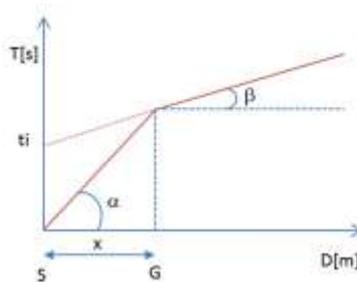
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

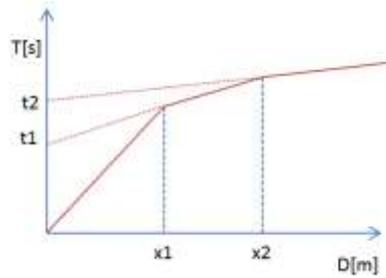
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati punti di ginocchio e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

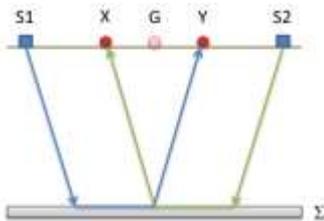


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

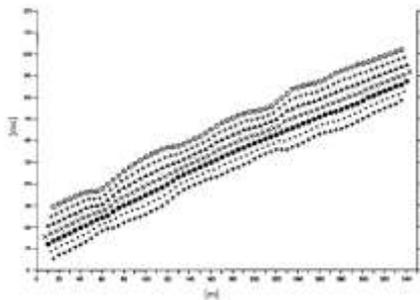
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò

permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori. Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare la funzione velocità secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$

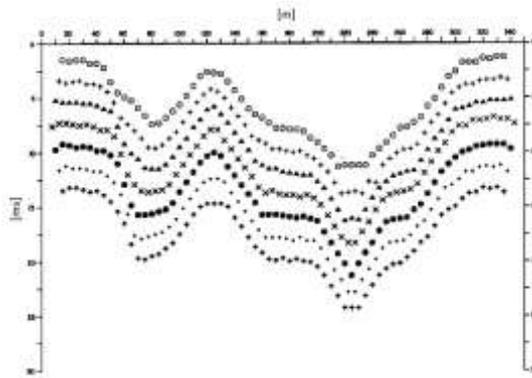


dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S_1 ad X e dalla sorgente S_2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S_1 ed S_2 , esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y , non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento. Il calcolo della funzione T_v viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l' XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della funzione tempo-profondità è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1X} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h .

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	3.0	0.0
2	6.0	0.0
3	9.0	0.0
4	12.0	0.0
5	15.0	0.0
6	18.0	0.0
7	21.0	0.0
8	24.0	0.0
9	27.0	0.0
10	30.0	0.0
11	33.0	0.0
12	36.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

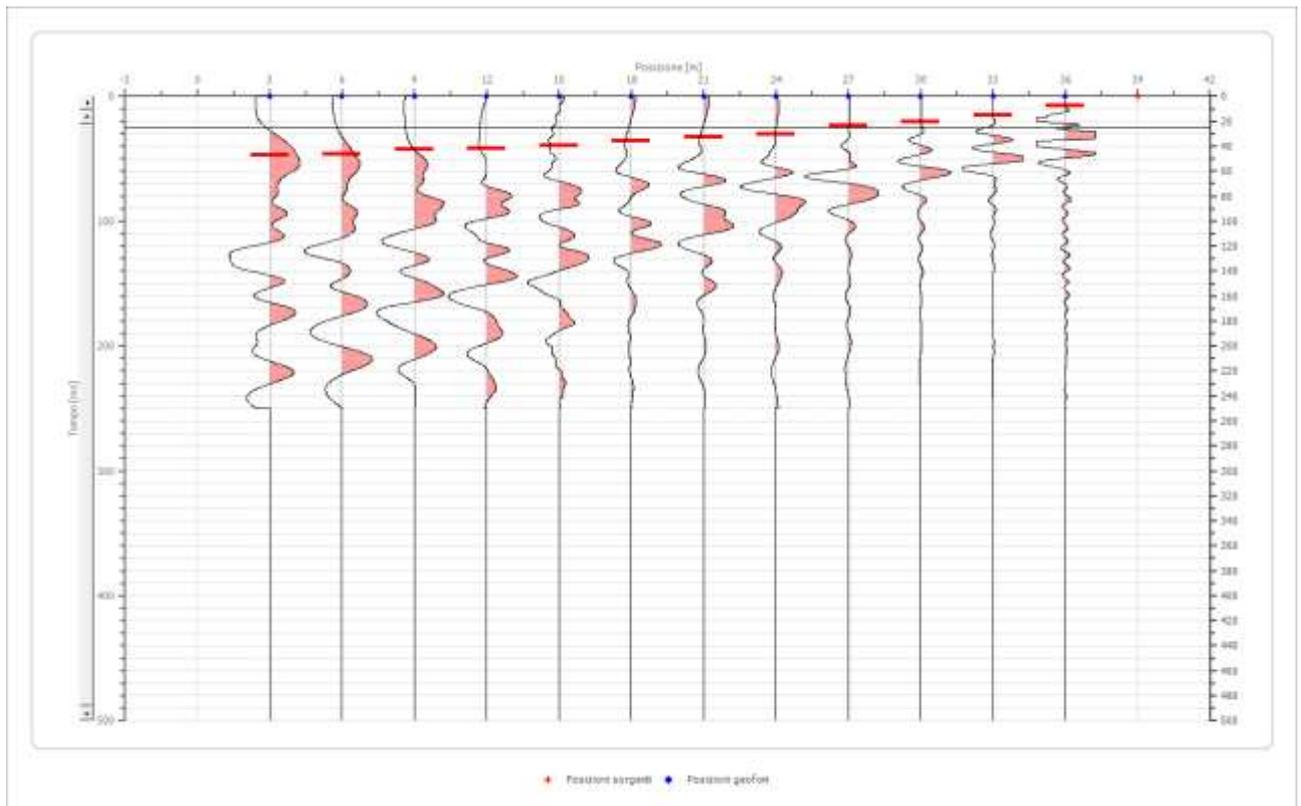
Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	6.8521
6.0	14.4654
9.0	22.0788
12.0	27.4082
15.0	34.2603
18.0	35.7830
21.0	38.8283
24.0	39.5896
27.0	42.6804
30.0	44.1577
33.0	46.4417
36.0	48.7257

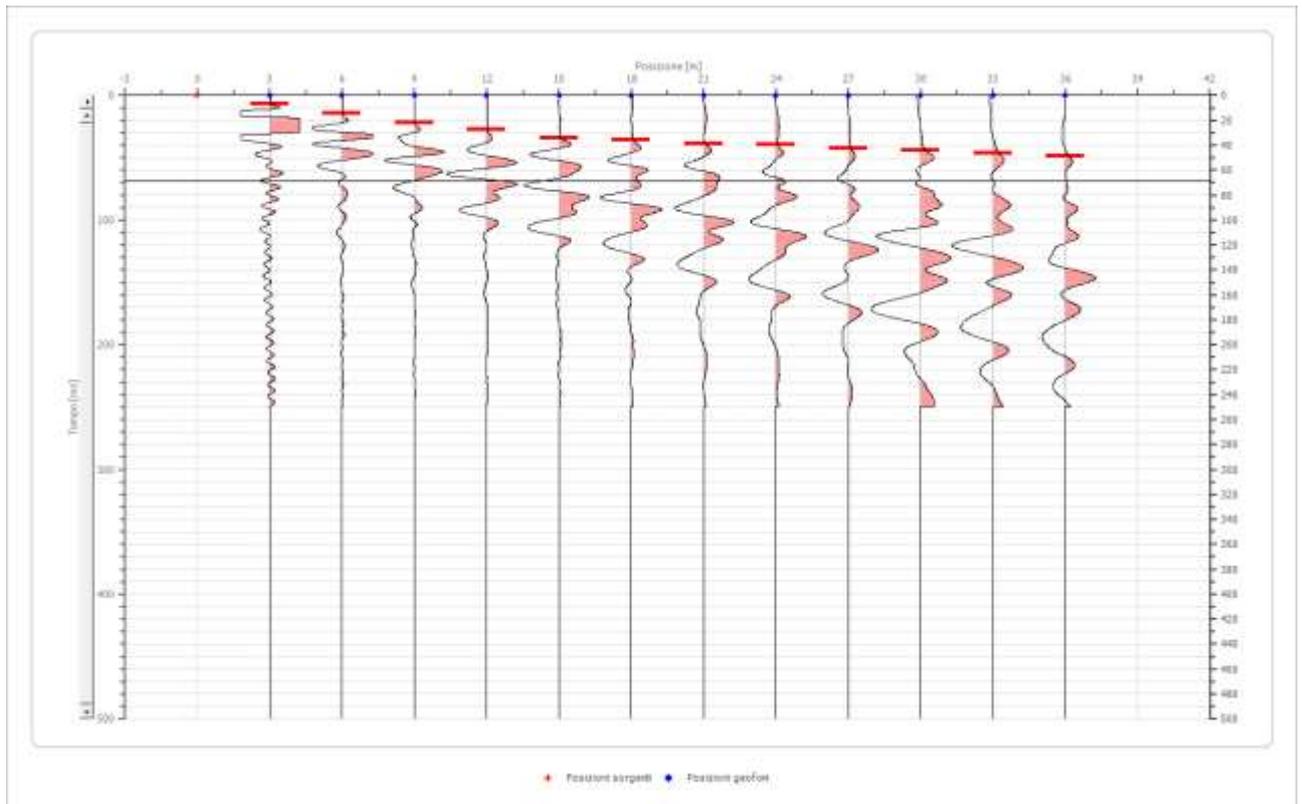
Battuta 2

Posizione sorgente X 39 [m]

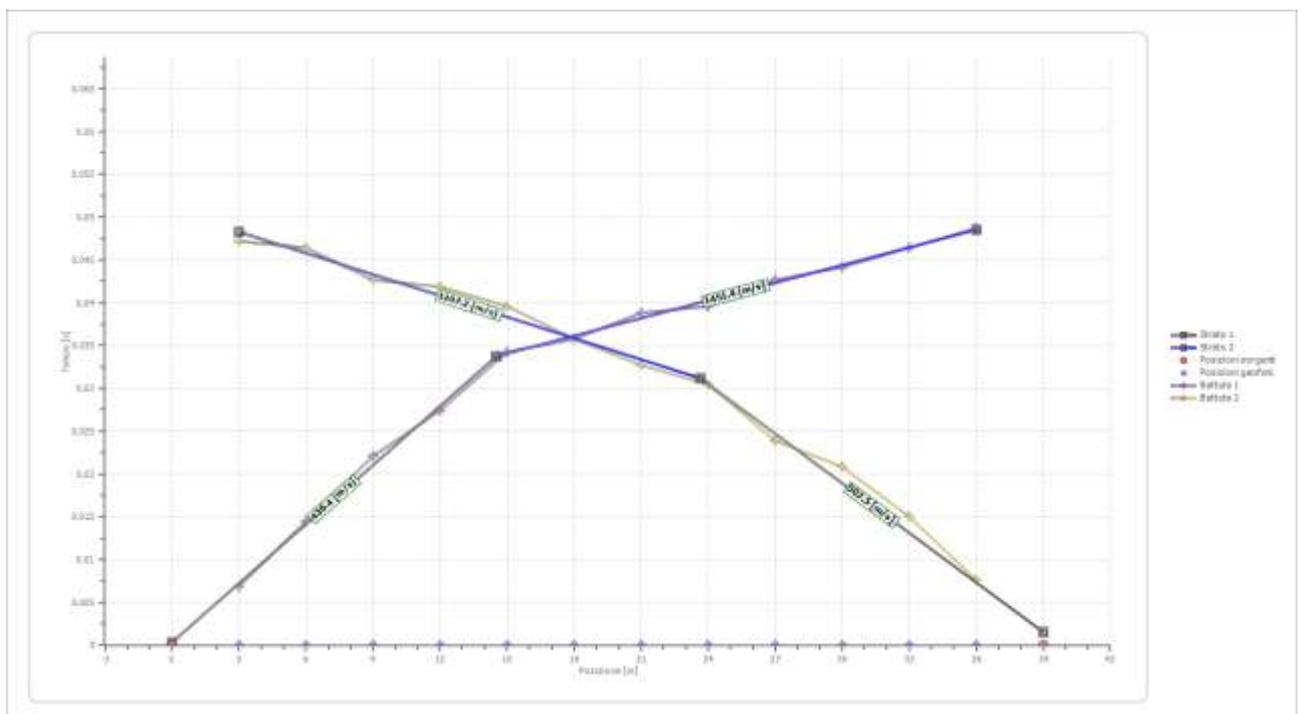
Posizione sorgente Z 0 [m]



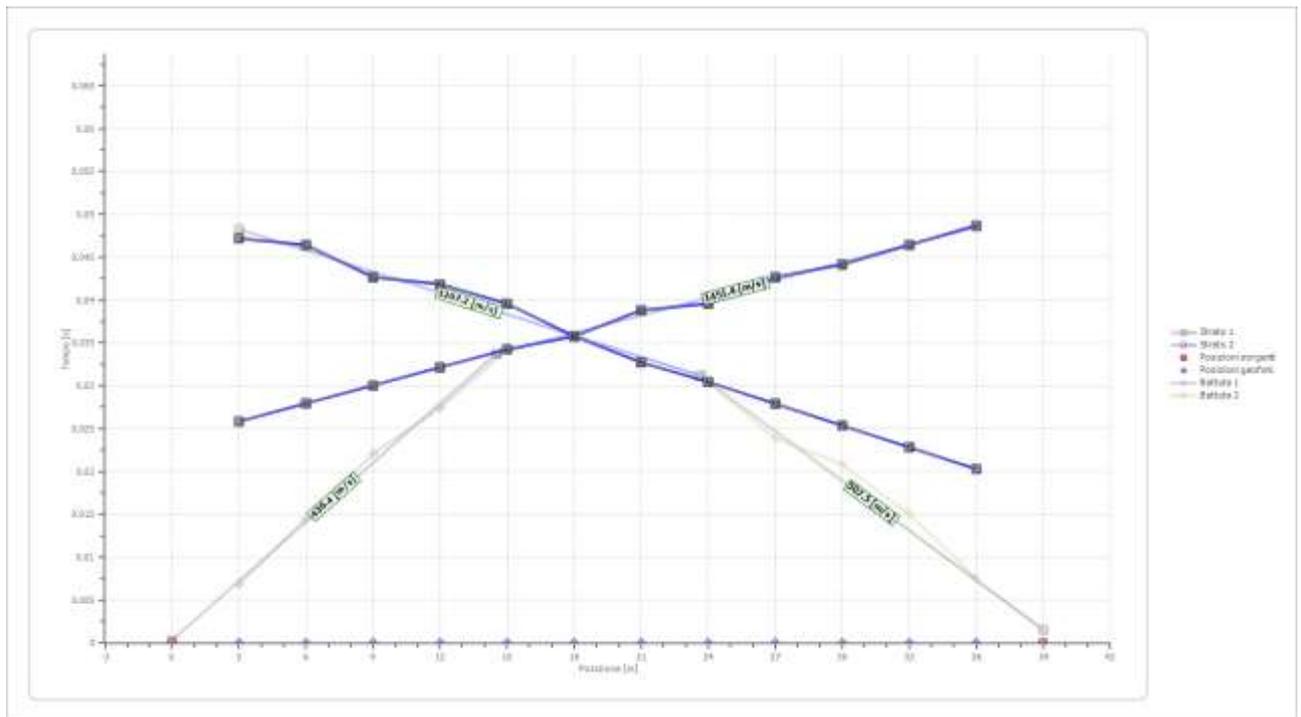
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	47.2030
6.0	46.4417
9.0	42.6804
12.0	41.8737
15.0	39.5896
18.0	35.7830
21.0	32.7376
24.0	30.4536
27.0	23.8855
30.0	20.8402
33.0	15.0335
36.0	7.6134



Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo reciproco

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 3.0 [m]	5.7	--
G= 6.0 [m]	6.0	--
G= 9.0 [m]	5.6	--
G= 12.0 [m]	5.9	--
G= 15.0 [m]	5.9	--
G= 18.0 [m]	5.3	--
G= 21.0 [m]	5.3	--
G= 24.0 [m]	4.9	--
G= 27.0 [m]	5.0	--
G= 30.0 [m]	4.8	--
G= 33.0 [m]	4.7	--
G= 36.0 [m]	4.6	--
Velocità [m/sec]	472.0	1301.5
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m³]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	471.98	1301.49
Vs [m/s]	226.73	625.22
G0 [MPa]	92.53	703.61
Ed [Mpa]	400.97	3048.98

M0 [MPa]	308.44	2345.37
Ey [Mpa]	249.84	1899.75



G0: Modulo di deformazione al taglio;
Ed: Modulo edometrico;
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;
Ey: Modulo di Young;

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Cantiere: Località:	
--	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PENNY 30

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	12 Kg
Diametro punta conica	35.68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.90 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0.783
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.76 m
Peso sistema di battuta	4.2 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	0.997
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... *scpt ecc.*)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8

Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

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

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

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

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

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

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa' / \sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_s	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di

laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove σ_{Nspt} è la deviazione standard di $Nspt$

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $Nspt,k$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di $Nspt$ distribuiti normalmente:

$$Nspt,k = Nspt,medio - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati $Nspt$ il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se $Nspt$ dello strato considerato risulta inferiore a $Nspt$ critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione $Nspt$ in presenza di falda

$$Nspt\ corretto = 15 + 0.5 \cdot (Nspt - 15)$$

$Nspt$ è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONAL RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per **sabbie** con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

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

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K_0)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

						ghiaiosa)		
[1] - Strato	38.883	3.45	38.883	445.09	311.06	459.52	471.62	269.42
[2] - Strato	78.763	5.45	46.8815	488.73	375.05	553.90	531.61	309.41
[3] - Strato	99.7	6.95	57.35	540.55	458.80	677.43	610.12	361.75
[4] - Strato	85.742	8.95	50.371	506.59	402.97	595.08	557.78	326.85

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	38.883	3.45	38.883	233.30	107.33	276.07	211.42
[2] - Strato	78.763	5.45	46.8815	281.29	123.76	332.86	247.09
[3] - Strato	99.7	6.95	57.35	344.10	145.26	407.18	293.78
[4] - Strato	85.742	8.95	50.371	302.23	130.93	357.63	262.65

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	38.883	3.45	38.883	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[2] - Strato	78.763	5.45	46.8815	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[3] - Strato	99.7	6.95	57.35	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[4] - Strato	85.742	8.95	50.371	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Strato	38.883	3.45	38.883	Terzaghi-Peck 1948	1.77
[2] - Strato	78.763	5.45	46.8815	Terzaghi-Peck 1948	1.83
[3] - Strato	99.7	6.95	57.35	Terzaghi-Peck 1948	1.89
[4] - Strato	85.742	8.95	50.371	Terzaghi-Peck 1948	1.86

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Strato	38.883	3.45	38.883	Terzaghi-Peck 1948	2.10
[2] - Strato	78.763	5.45	46.8815	Terzaghi-Peck 1948	2.14
[3] - Strato	99.7	6.95	57.35	Terzaghi-Peck 1948	2.18
[4] - Strato	85.742	8.95	50.371	Terzaghi-Peck 1948	2.15

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	38.883	3.45	38.883	(A.G.I.)	0.28
[2] - Strato	78.763	5.45	46.8815	(A.G.I.)	0.26
[3] - Strato	99.7	6.95	57.35	(A.G.I.)	0.24
[4] - Strato	85.742	8.95	50.371	(A.G.I.)	0.25

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	38.883	3.45	38.883	2029.03	1170.18
[2] - Strato	78.763	5.45	46.8815	2419.11	1311.87
[3] - Strato	99.7	6.95	57.35	2923.71	1483.80
[4] - Strato	85.742	8.95	50.371	2587.99	1370.70

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	38.883	3.45	38.883	Ohta & Goto (1978) Limi	143.17
[2] - Strato	78.763	5.45	46.8815	Ohta & Goto (1978)	177.56

				Limi	
[3] - Strato	99.7	6.95	57.35	Ohta & Goto (1978) Limi	196.01
[4] - Strato	85.742	8.95	50.371	Ohta & Goto (1978) Limi	201.08

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	38.883	3.45	38.883	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Strato	78.763	5.45	46.8815	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Strato	99.7	6.95	57.35	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - Strato	85.742	8.95	50.371	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{SigmaH}/P_0$

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato	38.883	3.45	38.883	Navfac 1971-1982	6.76
[2] - Strato	78.763	5.45	46.8815	Navfac 1971-1982	7.75
[3] - Strato	99.7	6.95	57.35	Navfac 1971-1982	9.38
[4] - Strato	85.742	8.95	50.371	Navfac 1971-1982	8.23

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	38.883	3.45	38.883	Robertson 1983	77.77
[2] - Strato	78.763	5.45	46.8815	Robertson 1983	93.76
[3] - Strato	99.7	6.95	57.35	Robertson 1983	114.70
[4] - Strato	85.742	8.95	50.371	Robertson 1983	100.74

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO
27/04/2024

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
2.15	10
2.30	28
2.45	36
5.35	19
5.50	30
5.65	50
7.15	41
7.30	50
7.45	50
8.65	31
8.80	20
8.95	47
10.15	50
10.30	50
10.45	50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	63.808	2.45	83.47	100	100	94.71
[2] - Strato	79.75999	5.65	61.01	100	100	78.21
[3] - Strato	99.7	7.45	58.27	100	100	87.17

[4] - Strato	66.799	8.95	45.88	84	85.78	73.08
[5] - Strato	99.7	10.45	50.91	93.51	96.53	87.17

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	63.808	2.45	63.808	45.23	38.23	45.87	34.46	42.54	42	>38	45.94	46.14	54.2	50.72
[2] - Strato	79.75999	5.65	47.38	40.54	33.54	41.27	31.42	42.29	42	35-38	41.66	41.21	49.17	45.78
[3] - Strato	99.7	7.45	57.35	43.39	36.39	44.06	30.7	42.69	42	>38	44.33	44.2	48.7	48.87
[4] - Strato	66.799	8.95	40.8995	38.69	31.69	39.45	29.67	41.59	39.76	35-38	39.77	39.27	44.34	43.6
[5] - Strato	99.7	10.45	57.35	43.39	36.39	44.06	29.85	42.69	41.09	>38	44.33	44.2	46.02	48.87

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	63.808	2.45	63.808	570.17	510.46	753.63	658.56	394.04
[2] - Strato	79.75999	5.65	47.38	491.32	379.04	559.78	535.35	311.90
[3] - Strato	99.7	7.45	57.35	540.55	458.80	677.43	610.12	361.75
[4] - Strato	66.799	8.95	40.8995	456.49	327.20	483.31	486.75	279.50
[5] - Strato	99.7	10.45	57.35	540.55	458.80	677.43	610.12	361.75

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	63.808	2.45	63.808	382.85	158.53	453.04	322.58
[2] - Strato	79.75999	5.65	47.38	284.28	124.78	336.40	249.31
[3] - Strato	99.7	7.45	57.35	344.10	145.26	407.18	293.78
[4] - Strato	66.799	8.95	40.8995	245.40	111.47	290.39	220.41
[5] - Strato	99.7	10.45	57.35	344.10	145.26	407.18	293.78

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	63.808	2.45	63.808	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[2] - Strato	79.75999	5.65	47.38	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[3] - Strato	99.7	7.45	57.35	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[4] - Strato	66.799	8.95	40.8995	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[5] - Strato	99.7	10.45	57.35	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Strato	63.808	2.45	63.808	Terzaghi-Peck 1948	1.92
[2] - Strato	79.75999	5.65	47.38	Terzaghi-Peck 1948	1.84
[3] - Strato	99.7	7.45	57.35	Terzaghi-Peck 1948	1.89
[4] - Strato	66.799	8.95	40.8995	Terzaghi-Peck 1948	1.79
[5] - Strato	99.7	10.45	57.35	Terzaghi-Peck 1948	1.89

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Strato	63.808	2.45	63.808	Terzaghi-Peck 1948	2.19
[2] - Strato	79.75999	5.65	47.38	Terzaghi-Peck 1948	2.14
[3] - Strato	99.7	7.45	57.35	Terzaghi-Peck 1948	2.18
[4] - Strato	66.799	8.95	40.8995	Terzaghi-Peck 1948	2.11
[5] - Strato	99.7	10.45	57.35	Terzaghi-Peck 1948	2.18

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	63.808	2.45	63.808	(A.G.I.)	0.22
[2] - Strato	79.75999	5.65	47.38	(A.G.I.)	0.26
[3] - Strato	99.7	7.45	57.35	(A.G.I.)	0.24
[4] - Strato	66.799	8.95	40.8995	(A.G.I.)	0.27
[5] - Strato	99.7	10.45	57.35	(A.G.I.)	0.24

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	63.808	2.45	63.808	3232.18	1583.76
[2] - Strato	79.75999	5.65	47.38	2443.28	1320.38
[3] - Strato	99.7	7.45	57.35	2923.71	1483.80
[4] - Strato	66.799	8.95	40.8995	2127.79	1206.90
[5] - Strato	99.7	10.45	57.35	2923.71	1483.80

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	63.808	2.45	63.808	Ohta & Goto (1978) Limi	146.01
[2] - Strato	79.75999	5.65	47.38	Ohta & Goto (1978) Limi	174.68
[3] - Strato	99.7	7.45	57.35	Ohta & Goto (1978) Limi	198.1
[4] - Strato	66.799	8.95	40.8995	Ohta & Goto (1978) Limi	195.13
[5] - Strato	99.7	10.45	57.35	Ohta & Goto (1978) Limi	213.7

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	63.808	2.45	63.808	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Strato	79.75999	5.65	47.38	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Strato	99.7	7.45	57.35	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - Strato	66.799	8.95	40.8995	Seed e Idriss (1971)	--
[5] - Strato	99.7	10.45	57.35	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato	63.808	2.45	63.808	Navfac 1971-1982	10.83
[2] - Strato	79.75999	5.65	47.38	Navfac 1971-1982	7.82
[3] - Strato	99.7	7.45	57.35	Navfac 1971-1982	9.38
[4] - Strato	66.799	8.95	40.8995	Navfac 1971-1982	7.00
[5] - Strato	99.7	10.45	57.35	Navfac 1971-1982	9.38

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato	63.808	2.45	63.808	Robertson 1983	127.62
[2] - Strato	79.75999	5.65	47.38	Robertson 1983	94.76
[3] - Strato	99.7	7.45	57.35	Robertson 1983	114.70

[4] - Strato	66.799	8.95	40.8995	Robertson 1983	81.80
[5] - Strato	99.7	10.45	57.35	Robertson 1983	114.70

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

PENNY 30
 29/05/2025
 5.00 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	2	0.857	6.95	8.11	0.35	0.41
0.20	5	0.855	17.32	20.27	0.87	1.01
0.30	8	0.853	27.65	32.43	1.38	1.62
0.40	8	0.851	27.59	32.43	1.38	1.62
0.50	12	0.849	41.30	48.65	2.06	2.43
0.60	8	0.847	27.47	32.43	1.37	1.62
0.70	9	0.845	30.84	36.49	1.54	1.82
0.80	5	0.843	17.09	20.27	0.85	1.01
0.90	10	0.842	34.12	40.54	1.71	2.03
1.00	12	0.840	38.76	46.15	1.94	2.31
1.10	14	0.788	42.43	53.85	2.12	2.69
1.20	15	0.786	45.36	57.69	2.27	2.88
1.30	14	0.785	42.25	53.85	2.11	2.69
1.40	13	0.783	39.14	50.00	1.96	2.50
1.50	15	0.781	45.07	57.69	2.25	2.88
1.60	15	0.780	44.97	57.69	2.25	2.88
1.70	12	0.828	38.21	46.15	1.91	2.31
1.80	14	0.776	41.80	53.85	2.09	2.69
1.90	17	0.775	50.66	65.38	2.53	3.27
2.00	17	0.773	48.09	62.20	2.40	3.11
2.10	17	0.772	47.99	62.20	2.40	3.11
2.20	35	0.670	85.81	128.05	4.29	6.40
2.30	14	0.769	39.37	51.22	1.97	2.56
2.40	14	0.767	39.29	51.22	1.96	2.56
2.50	17	0.766	47.62	62.20	2.38	3.11
2.60	17	0.764	47.53	62.20	2.38	3.11
2.70	18	0.763	50.23	65.85	2.51	3.29
2.80	22	0.711	57.26	80.49	2.86	4.02
2.90	14	0.760	38.93	51.22	1.95	2.56
3.00	15	0.759	39.70	52.33	1.98	2.62
3.10	15	0.757	39.63	52.33	1.98	2.62
3.20	14	0.756	36.92	48.84	1.85	2.44
3.30	14	0.755	36.86	48.84	1.84	2.44
3.40	16	0.753	42.05	55.81	2.10	2.79
3.50	32	0.652	72.80	111.63	3.64	5.58
3.60	32	0.651	72.66	111.63	3.63	5.58
3.70	25	0.700	61.01	87.21	3.05	4.36
3.80	20	0.748	52.21	69.77	2.61	3.49
3.90	25	0.697	60.80	87.21	3.04	4.36
4.00	28	0.696	64.96	93.33	3.25	4.67
4.10	28	0.695	64.85	93.33	3.24	4.67
4.20	35	0.644	75.10	116.67	3.75	5.83
4.30	35	0.643	74.97	116.67	3.75	5.83
4.40	36	0.641	76.97	120.00	3.85	6.00
4.50	39	0.590	76.74	130.00	3.84	6.50
4.60	45	0.589	88.39	150.00	4.42	7.50
4.70	41	0.588	80.38	136.67	4.02	6.83
4.80	42	0.587	82.19	140.00	4.11	7.00
4.90	42	0.586	82.05	140.00	4.10	7.00
5.00	45	0.585	84.02	143.62	4.20	7.18

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
------------------	------	--------------------------	------	-------------------	--	-----------------------------	---	------------------------------	------	-------------

						(t/m ³)				
0.8	7.86	31.85	Incoerente	0	1.59	1.89	0.06	0.78	6.15	terreno vegetale
4.1	18.18	65.82	Incoerente	0	1.86	1.94	0.43	0.78	14.23	sabbia ghiaiosa
5	40	132.62	Incoerente	0	2.15	2.05	0.84	0.78	31.32	ghiaia e sabbia

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	29.68	59.6	83.94	23.83
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	39.93	74.39	75.78	41.6
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	51.71	94.77	93.01	64.82

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	6.15	28.76	21.76	29.72	33.93	32.15	0	<30	24.6	28.84	34.62	26.09
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	14.23	31.07	24.07	31.98	31.11	35.21	38.41	30-32	29.61	31.27	40.53	31.87
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	31.32	35.95	28.95	36.77	30.96	39.95	41.27	32-35	36.67	36.4	45.88	40.03

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	6.15	---	49.20	---	---	---
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	14.23	269.26	113.84	168.61	286.73	146.15
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	31.32	399.47	250.56	370.28	414.90	231.60

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	6.15	---	40.10	43.67	65.43
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	14.23	85.38	56.69	101.03	101.47
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	31.32	187.92	91.80	222.37	177.69

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	6.15	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	14.23	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE

					ADDENSATO
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	31.32	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	6.15	Terzaghi-Peck 1948	1.43
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	14.23	Terzaghi-Peck 1948	1.53
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	31.32	Terzaghi-Peck 1948	1.71

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	6.15	Terzaghi-Peck 1948	1.89
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	14.23	Terzaghi-Peck 1948	1.95
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	31.32	Terzaghi-Peck 1948	2.06

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	6.15	(A.G.I.)	0.34
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	14.23	(A.G.I.)	0.33
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	31.32	(A.G.I.)	0.29

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	6.15	358.47	379.24
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	14.23	788.73	633.17
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	31.32	1655.72	1025.31

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	6.15	Ohta & Goto (1978) Limi	78.49
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	14.23	Ohta & Goto (1978) Limi	128.75
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	31.32	Ohta & Goto (1978) Limi	166.3

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	6.15	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	14.23	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	31.32	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

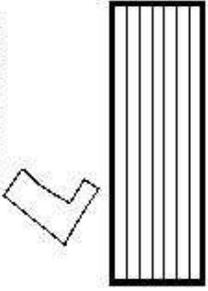
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	6.15	Navfac 1971-1982	1.25
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	14.23	Navfac 1971-1982	2.97
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	31.32	Navfac 1971-1982	5.79

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - terreno vegetale	6.15	0.80	6.15	Robertson 1983	12.30
[2] - sabbia ghiaiosa	14.23	4.10	14.23	Robertson 1983	28.46
[3] - ghiaia e sabbia	31.32	5.00	31.32	Robertson 1983	62.64

CARTA UBICAZIONE SONDAGGI

SCM A.1.300C
Perimetro lotizzazione



Carotaggi



Prove Penetrometriche



Stessa sismica

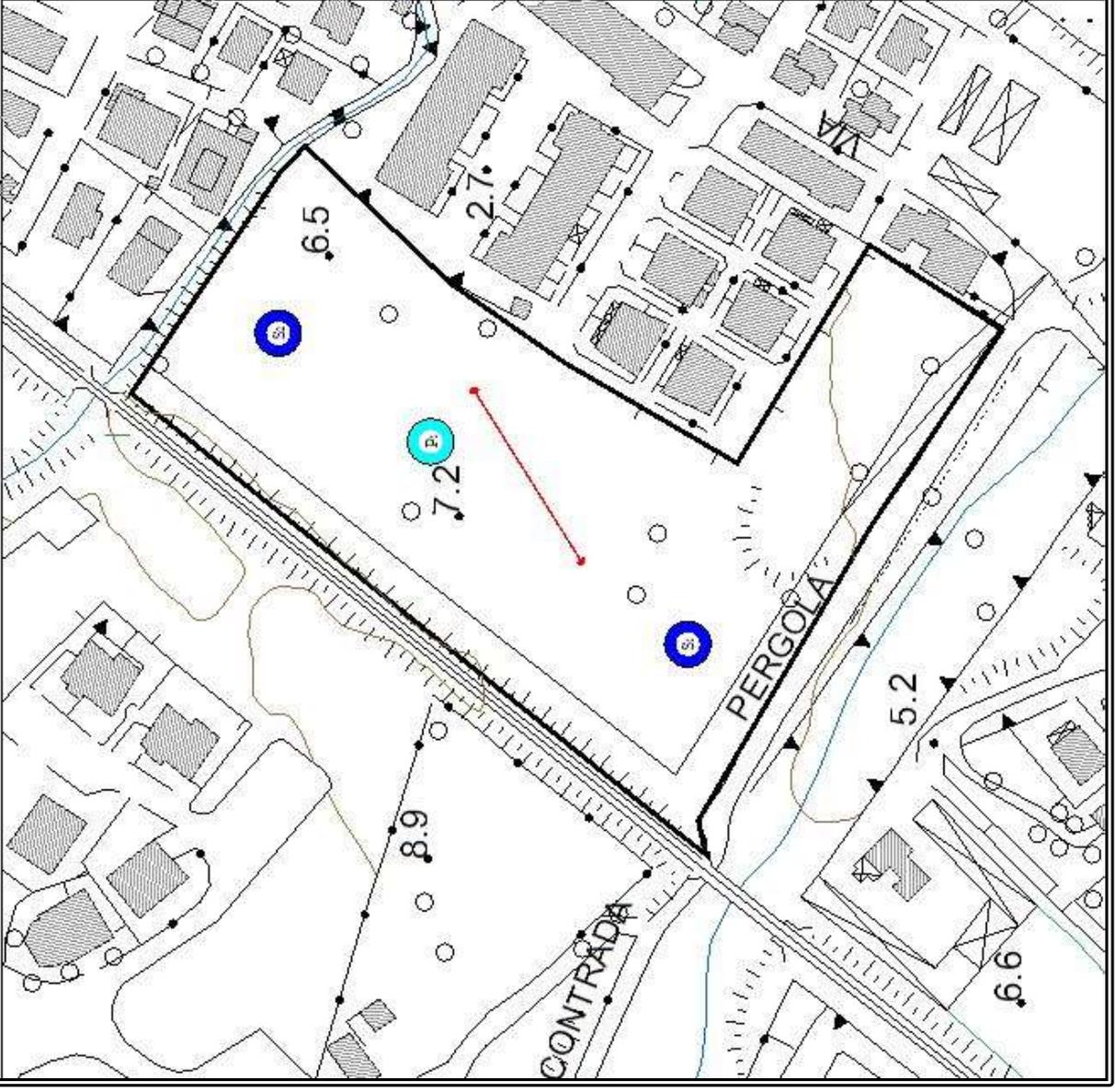




foto 1 sondaggio 1



foto 2 Sondaggio 2



foto 3 INDAGINE SISMICA