AGENZIA DEL DEMANIO

Agenzia del Demanio Direzione Regionale Liguria Servizi Tecnici

PROTOCOLLO:	IL RICHIEDENTE:	IL PROGETTISTA:

REV	DATA	DIS	CONT	OGGETTO REVISIONE
0	25-08-2025	FREDDO	FORNASIERO	Prima emissione

MANDATARIO - COORDINAMENTO GENERALE PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

PROGETTO CMR MASSIMO ROJ ARCHITECTS

Progetto CMR Engineering Integrated Service S.r.l.
Via Franco Russoli, 6 20143 Milano, Italia
tel +39.02.584909.1 - fax +39.02.584909.20
pcmr@progettocmr.com - www.progettocmr.com

MANDANTE - PROGETTAZIONE STRUTTURALE E IMPIANTISTICA

A.T.Advanced Technologies S.r.l

A.T. Advanced Technologies S.r.l.
Via Matteo Boiardo,12 .00185 Roma, Italia
tel +39.06.70497989
info@atsrl.net - www.atsrl.eu

MANDANTE - PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA, LANDSCAPE, PAESAGGIO

dsb Landscape design

Arch. Dong Sub
Bertin Via Antonio Caccianino, 3 20131
Milano, Italia
tel +39.02.43418151
dongsub.bertin@dsb-la.it

MANDANTE - PRESTAZIONI GEOLOGICHE

TECNOSTUDIO Società di ingegneria

Tecnostudio S.r.l. - Società di ingegneria Via Rovigo, 99 35042 Este (PD), Italia
tel +39.0429603943
info@tecnostudio.pd.it - www.tecnostudio.pd.it

Progetto di Fattibilità Tecnico Economico (PFTE) per l'intervento di nuova costruzione delle sedi Provinciali dell'Agenzia delle Entrate e dei Carabinieri all'interno del Compendio della ex Caserma Crespi ad Imperia, da redigere per le finalità di cui all'art. 52 del DL 77/2021 da eseguirsi con metodi di modellazione e gestione informativa e con l'uso di materiali e tecniche a ridotto impatto ambientale, conformi al D.M Ambiente Tutela del Territorio e del Mare 11/10/2017. Scheda patrimoniale IMB0098. CIG: 9525942006 - CUP: G54D22003200001 - R.U.P. : Ing. Elena BARDONESCHI

RESP. DELL'INTEGRAZIONE TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE **Arch. Massimo ROJ** *Ordine degli Architetti della Provincia di Milano - A/5467*	*RESPONSABILE PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI* **Ing. Luca NOVEMBRI** *Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma - 24093*
RESPONSABILE PROGETTO ARCHITETTONICO **Arch. Massimo ROJ** *Ordine degli Architetti della Provincia di Milano - A/5467*	*RESPONSABILE PREVENZIONE INCENDI* **Ing. Alfio PUGLISI** *Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano - 18745*
RESPONSABILE PROGETTO STRUTTURALE **Ing. Gabriele NOVEMBRI** *Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma - 13489*	*RESPONSABILE COORDINAMENTO SICUREZZA* **Ing. Miriam SCIPIONE** *Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma - A32832*
RESPONSABILE PROGETTO IMPIANTI MECCANICI ED IDRICOSANITARI **Ing. Gabriele NOVEMBRI** *Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma - 13489*	*GEOLOGO* **Dott. Alessandro FREDDO** *Ordine dei Geologi della Regione Veneto n. 823*

PROGETTISTA: Dott. Alessandro FREDDO	*DISEGNATO:* TEC
OGGETTO: Fase 3: PFTE per le finalità art. 52 DL 77/2021	*CONTROLLATO:* LOC
TITOLO: RELAZIONE GEOLOGICA	*DATA:* 25-08-2025
	SCALA: -:-

CODICE BENE	ADM	COD.FABBRICATO	LIVELLO	TIPO DI FILE	DISCIPLINA	ALFANUMERICO
IMB0098	ADM	GEOLOGICA	XX	RT	Z	D00001

C Progetto CMR Engineering S.r.l. (L663/41 Art2575)

AGENZIA DEL DEMANIO

INDAGINE GEOGNOSTICA PER LA REALIZZAZIONE DELLA NUOVE SEDI PROVINCIALI DELL'AGENZIA DELLE ENTRATE E DEI CARABINIERI DI IMPERIA (IM) ALL'INTERNO DEL COMPENDIO DELLA EX CAREMA CRESPI IN VIA GIOVANNI STRATO

RELAZIONE GEOLOGICA
RELAZIONE SISMICA
CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

INDICE

1. INTRODUZIONE
2. ASSETTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO E IDROGRAFIA DI SUPERFICIE
3. LIMITAZIONI ALL'EDIFICAZIONE
4. INDAGINE GEOGNOSTICA
   - 4.1 Sondaggi a carotaggio continuo
   - 4.2 Prove SPT
   - 4.3 Prelievo dei campioni per indagini geotecniche
   - 4.4 Prove di permeabilità Lefranc a carico variabile
   - 4.5 Posa piezometro
   - 4.6 Posa tubo per prova Down-Hole
   - 4.7 Misura del livello dell'acqua entro il foro di prova
5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA
   - 5.1 Classificazione sismica e topografica
   - 5.2 Prospezione sismica ai microtremori HVSR
   - 5.3 Prospezione sismica a rifrazione MASW
   - 5.4 Prospezione simica diretta DOWN-HOLE
   - 5.5 Parametri sismici
   - 5.6 Potenziale di liquefazione
6. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO
7. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

TAVOLE TECNICHE

N° 1 FOGLIO PLANIMETRICO
N° 2 FOGLI STRATIGRAFICI
N° 12 FOTOGRAFIE DELLE CASSETTE CATALOGATRICI

ALLEGATO

CERTIFICATI DI LABORATORIO TERRE

1. INTRODUZIONE

Su incarico dell'Agenzia del Demanio, Direzione Regionale Liguria, nella presente relazione si riportano i risultati ottenuti dall'indagine geognostica eseguita in Comune di Imperia (IM) località Porto Maurizio, in via Giovanni Strato 2, in corrispondenza dei terreni sui quali è prevista la ristrutturazione previo demolizione della ex Caserma Pietro Crespi.



Vista aerea del sito (Google Earth)

Finalità dell'indagine è l'individuazione delle caratteristiche litostratigrafiche e meccaniche del sottosuolo, a tale scopo sono state eseguite:

- N° 2 sondaggi a carotaggio continuo;
- N° 4 prove di permeabilità Lefranc;
- N° 1 indagine sismica HVSR (microtremori);
- N° 1 prospezione sismica in foro down-hole;
- Analisi geotecniche di laboratorio.

La presente relazione è stata redatta in conformità a quanto previsto dalle “Norme tecniche per le costruzioni” D.M. 17/01/2018, pubblicato nella G.U. del 20/02/2018, n°.42.

2. ASSETTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO E IDROGRAFIA DI SUPERFICIE

L’area indagata ricade nel foglio 103 “Imperia” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000 e nel foglio 259 “Imperia” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000.
Il sito d’indagine rientra in una zona collinare terrazzata di forte urbanizzazione e antropizzazione del paesaggio e dei terreni.
Dall’analisi delle carte geologiche menzionate l’area d’indagine ricade nel tratto centrale delle Alpi Marittime corrispondente al settore esterno del tratto ligure della catena alpina.



Estratto dal Foglio 103 Imperia della Carta Geologica d’Italia 1:100.000

LEGENDA

Calcari marnosi Conglomerati Scisti argillosi

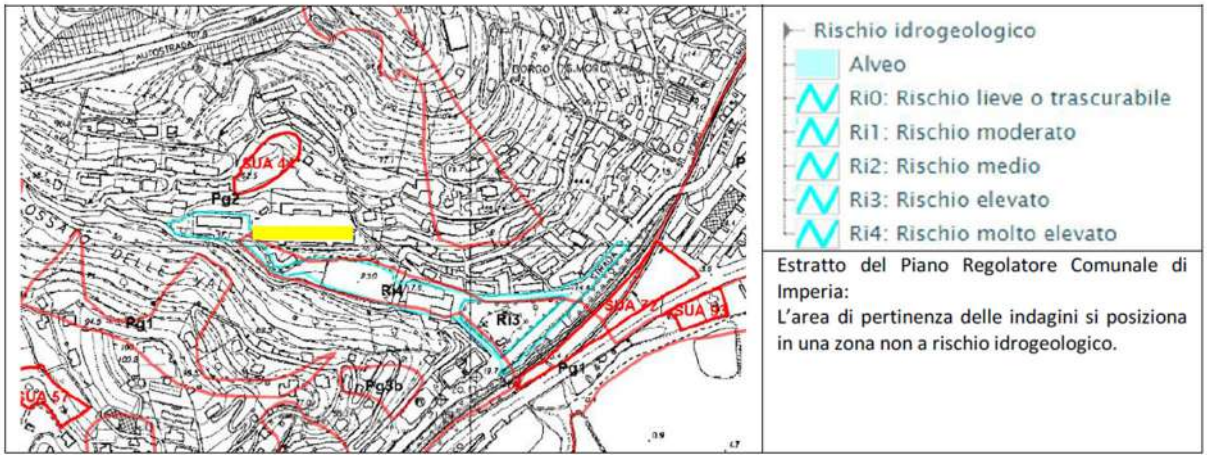
L’area indagata risulta interessata da litotipi riferibili al Flysh di Sanremo: le rocce affioranti sono costituite da una stratificazione arenaceo-argillitica-marnosa appartenete al Membro di San Lorenzo. La stratificazione risulta a franapoggio.
La roccia superficiale risulta fortemente alterata e localmente sono presenti coltri di alterazione di potenza metrica che risultano sede di movimenti franosi antichi non più riattivati.
Il settore è interessato da numerosi torrenti e rii che hanno modellato il territorio, direttamente a valle del sito scorre il Rio Baitè.

La falda risulta molto profonda, tuttavia, localmente, si registrano venute d’acqua superficiali. Si segnala una forte venuta d’acqua continua a valle dell’area, al di sotto del muro di sostegno del terrapieno della palazzina, nel settore di pertinenza dei Vigili del Fuoco. Analizzando le documentazioni storiche risulta che, con buona probabilità, nella zona è stata interrata una sorgente d’acqua.

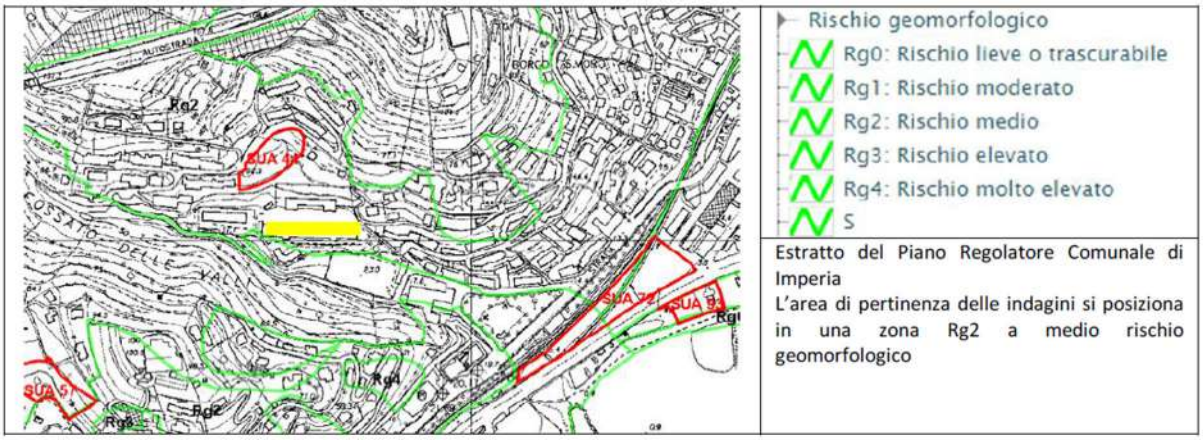
A seguito del sopralluogo effettuato si sono evidenziati fenomeni di instabilità del muro di sostegno del terrapieno presente a valle dell’edificio. Il muro risulta spanciato, specialmente nel settore orientale, e presenta lesioni nella muratura. Al di sopra del muro il terrapieno risulta in abbassamento.

Sono stati analizzati:
- il Piano Regolatore Comunale di Imperia
- il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Imperia

Dallo studio delle tavole allegate ai Piani soprariportati si deduce che:
- l’area a valle dell’edificio risulta a rischio idrogeologico molto elevato;
- il sito risulta ubicato in area a medio rischio geomorfologico.



Estratto del Piano Regolatore Comunale di Imperia:
L'area di pertinenza delle indagini si posiziona in una zona non a rischio idrogeologico.



Estratto del Piano Regolatore Comunale di Imperia
L'area di pertinenza delle indagini si posiziona in una zona Rg2 a medio rischio geomorfologico

3. LIMITAZIONI ALL'EDIFICAZIONE

Dall'analisi delle tavole di cui al punto 2 risulta che la condizione limitativa dell'edificabilità è il rischio geomorfologico. Il fenomeno è reso evidente dalla muratura spanciata e lesionata.

Per quanto sopra risulta necessario che:

- venga effettuata una verifica approfondita della muratura di valle dell'edificio con eventuale demolizione e ricostruzione oppure si deve valutare una opportuna palificazione.

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

L'ubicazione delle prove, come riportato nella planimetria allegata, è stata scelta in accordo con la committente e compatibilmente alle effettive possibilità di accesso ai punti d'indagine.

4.1 Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi sono stati eseguiti in conformità alle norme ANISIG e sotto il diretto controllo in cantiere di tecnici e responsabili della scrivente ditta.
I risultati, nel dettaglio, sono riportati nelle tavole tecniche allegate. Nel foglio stratigrafico la rappresentazione grafica del terreno è stata eseguita con le simbologie comunemente in uso e secondo le raccomandazioni dell'ANISIG e, su apposite colonne, tipo, numero di campioni prelevati e prove eseguite in foro.
Il terreno, prelevato senza soluzione di continuità, è stato accuratamente analizzato, catalogato, fotografato e riposto in apposite cassette catalogatrici per la sua conservazione.

4.2 Prove S.P.T.

Le prove S.P.T. sono state eseguite in avanzamento alla profondità richiesta dalla committente.
La prova S.P.T. consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso dal fondo di un foro di sondaggio.
La resistenza è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno. La prova consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63,5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore di dimensioni standardizzate.
Il numero di colpi (N_{SPT}) necessario per una penetrazione del campionatore pari a 300 mm, è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione.
La prova è stata eseguita nel rispetto degli standard ASTM (D.1586-67 riapprovati nel 1974).

4.3 Prelievo dei campioni per indagini geotecniche

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati campioni di terreno alla profondità concordata con la committente.
I campioni rimaneggiati sono stati prelevati direttamente con campionatore semplice e riposti immediatamente in sacchetti in polietilene sigillati ermeticamente e contrassegnati.
I campioni indisturbati sono stati prelevati dal sottosuolo con l'utilizzo di campionatore a pressione Osterberg e fustella metallica. Una volta prelevato, il campione è stato sigillato ermeticamente con paraffina e tappi di testa e di fondo, dopodiché è stato contrassegnato con indicazione di località del prelievo, numero di sondaggi e profondità.
I campioni prelevati sono stati consegnati al laboratorio terre della scrivente per l'esecuzione delle prove geotecniche richieste.

4.4 Prove di permeabilità Lefranc a carico variabile

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità Lefranc a carico variabile, al fine di determinare la permeabilità del terreno indagato. Per l'esecuzione della prova si crea una "tasca" non rivestita nel terreno che possa assorbire liberamente l'acqua. Viene riempito il foro d'acqua fino a piano campagna o alla testa tubo e se ne misura l'abbassamento ad intervalli temporali prefissati fino allo stabilizzarsi dell'abbassamento.
I dati ottenuti vengono dunque diagrammati e da questo si ricava la permeabilità del terreno. Nelle tavole tecniche allegate è riportato il diagramma delle prove eseguite.

4.5 Posa piezometro

Il foro di sondaggio S2 è stato attrezzato a piezometro a tubo aperto. Nella stratigrafia allegata alle tavole tecniche è indicato il diametro del tubo in PVC che costituisce il piezometro, l'estensione del tratto cementato, del tratto cieco e del tratto microfessurato oltre alla soluzione scelta per la protezione testa tubo.

4.6 Posa tubo per prova Down-Hole

Il foro di sondaggio S1 è stato attrezzato con tubo in PVC cieco del diametro di 2,5" per l'esecuzione della prova sismica in foro down-hole. Tutto il tubo risulta solidale al terreno mediante l'iniezione di boiacca cementizia nell'intercapedine.

4.7 Misura del livello dell'acqua entro il foro di prova

Al termine dell'esecuzione dei sondaggi si è proceduto a misurare la profondità dell'acqua dal piano campagna entro il foro di prova mediante freatimetro:

S1 3,00 m da p.c.

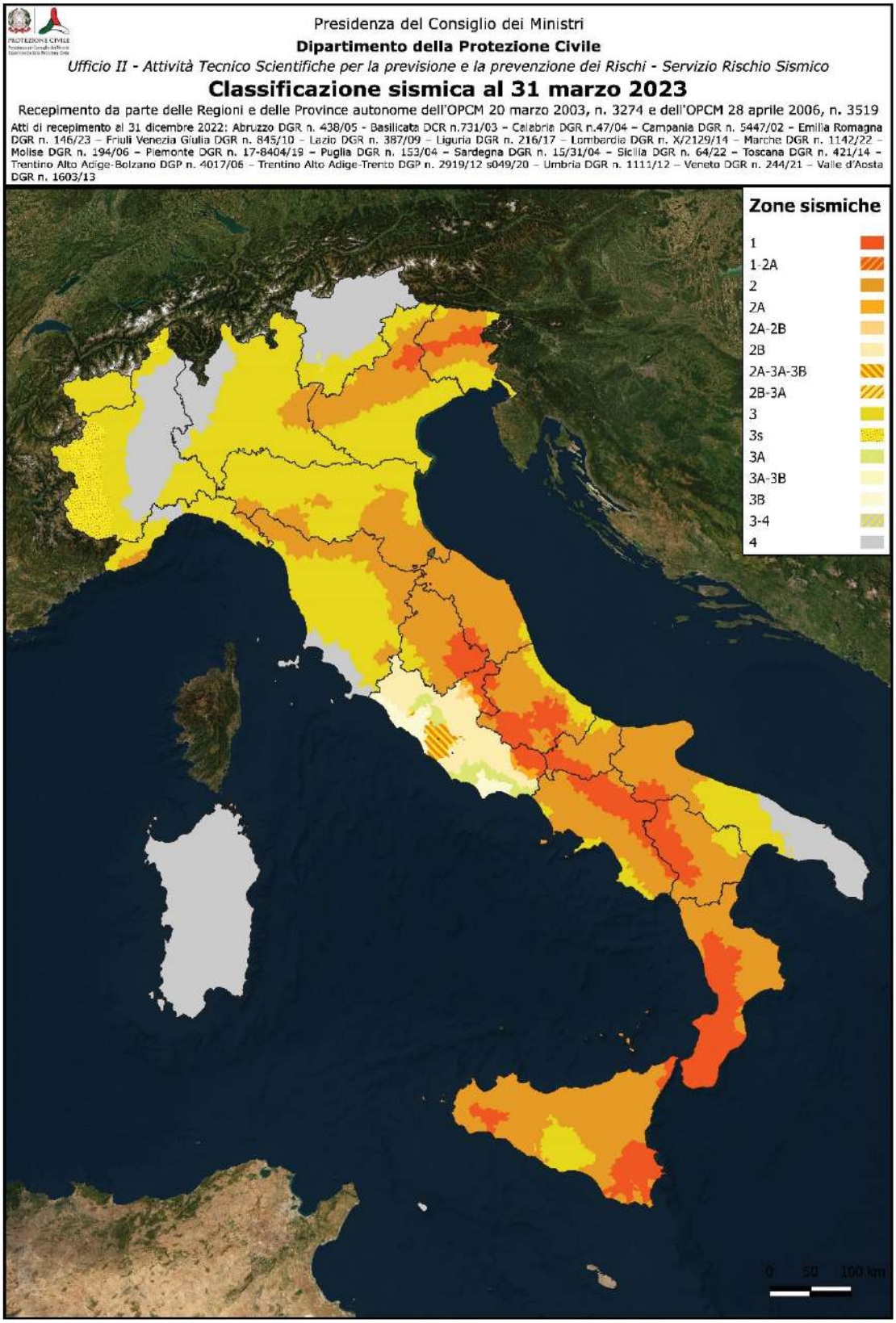
S2 2,60 m da p.c.

Il giorno 28/02/24 la profondità misurata all'interno del piezometro S2 è risultata a 1,53 m da testa tubo.

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

5.1 Classificazione sismica e topografica

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.



Attraverso l'OPCM 3274/03 vengono dettati i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380

del 2001 – “Testo Unico delle Norme per l’Edilizia”), hanno compilato l’elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale:

Zona 1 – È la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti.
Zona 2 – In questa zona possono verificarsi forti terremoti.
Zona 3 – In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari.
Zona 4 – È la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari.

Con riferimento alla classificazione sismica più aggiornata, il territorio comunale di Imperia viene classificato in **Zona 2A**.

In funzione delle condizioni topografiche del sito oggetto di intervento, le sollecitazioni sismiche possono subire delle amplificazioni dovute proprio alla topografia dell’area. Secondo le NTC18 vengono individuate le seguenti categorie:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Categoria topografica dell’area in oggetto: **T2**

5.2 Prospezione sismica ai microtremori HVSR

Tramite la tecnica HVSR si può valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Le ipotesi alla base della tecnica sono;

1. una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz);
2. assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze;
3. le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione.

Nella prima fase in campagna si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.
In fase di elaborazione si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali pari almeno a 20 secondi. Queste finestre vengono poi filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.
Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura. Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia e lo spettro nella direzione verticale Z. Si ricava quindi il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

Sono state eseguite N° 2 prove in totale ubicate nei pressi dei sondaggi eseguiti.

HVSR1

MISURAZIONI

Dati generali:

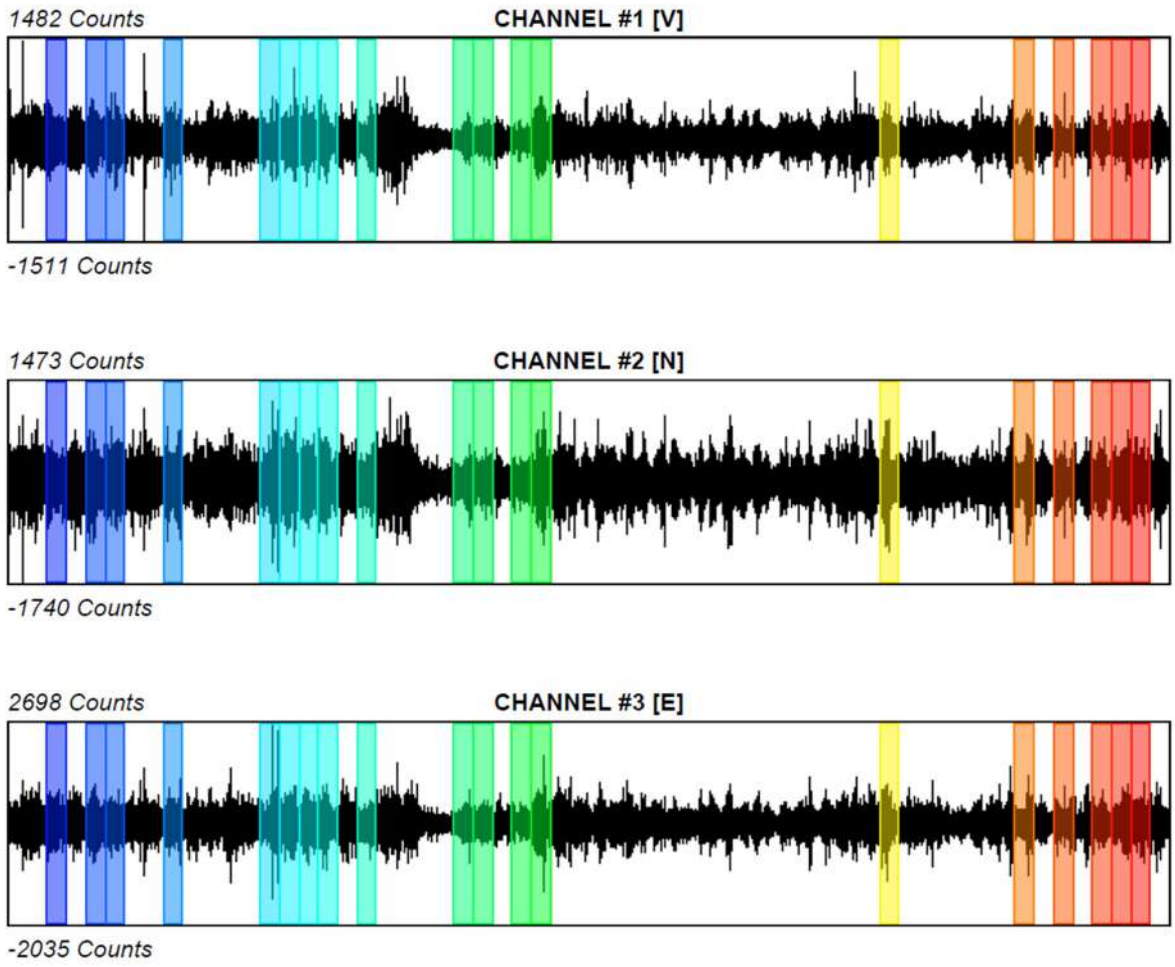
Cantiere:	Imperia (IM) caserma Crespi
Data:	28/02/2024
Zona:	43.887389° N 8.024034° E
Orientamento:	Asse Y verso Nord magnetico
Condizioni climatiche:	Sereno – vento assente

Tracce in input:

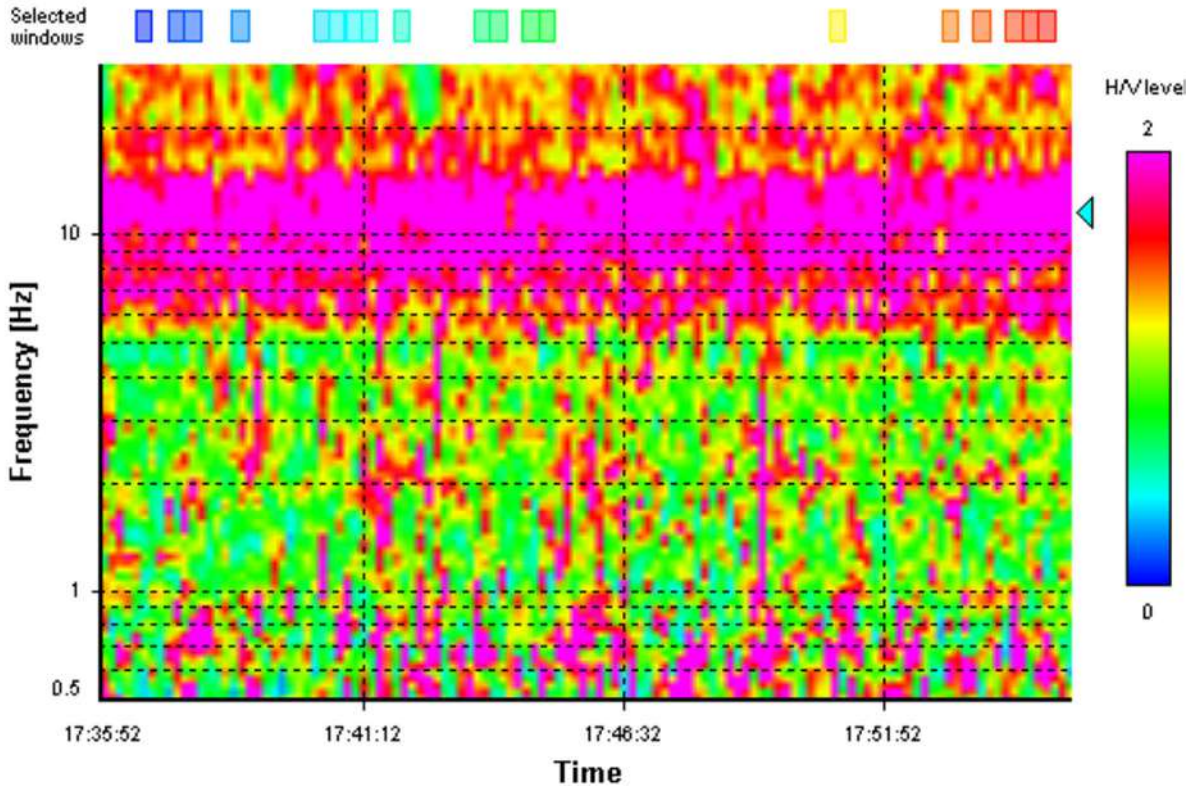
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	20 min
Frequenza di campionamento:	300 Hz
Numero campioni:	360000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

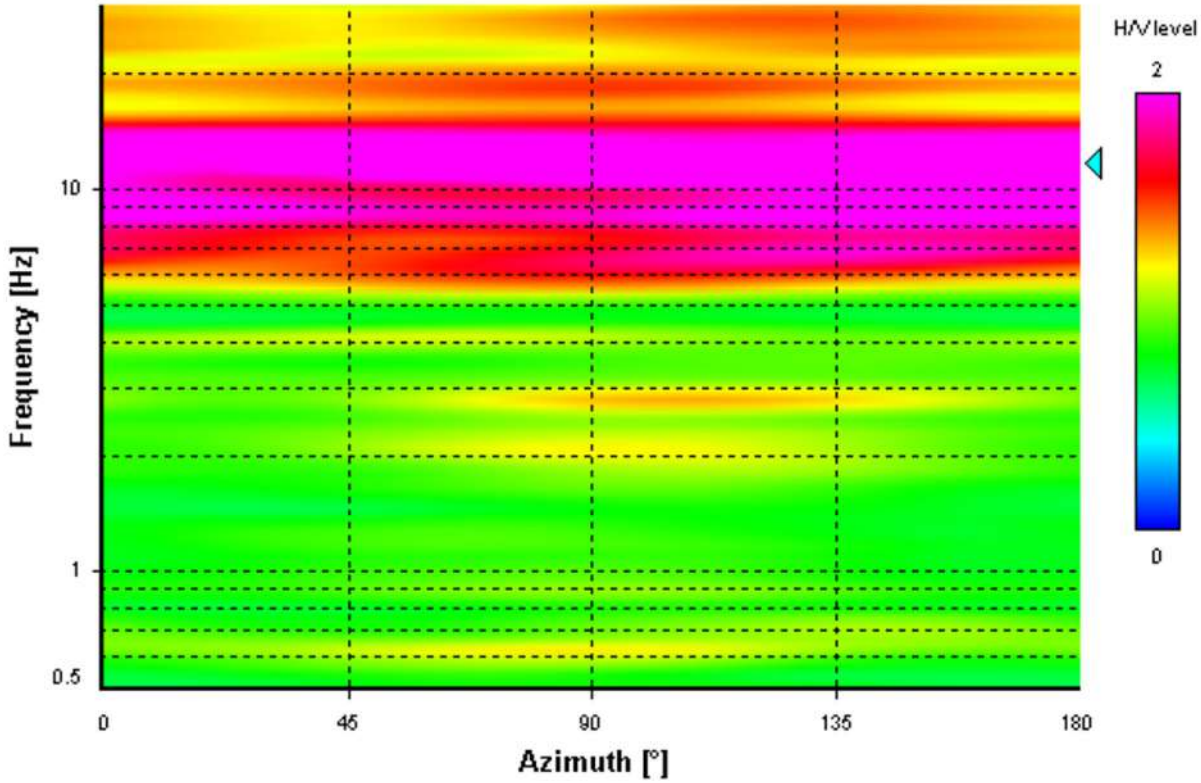
Grafici tracce:



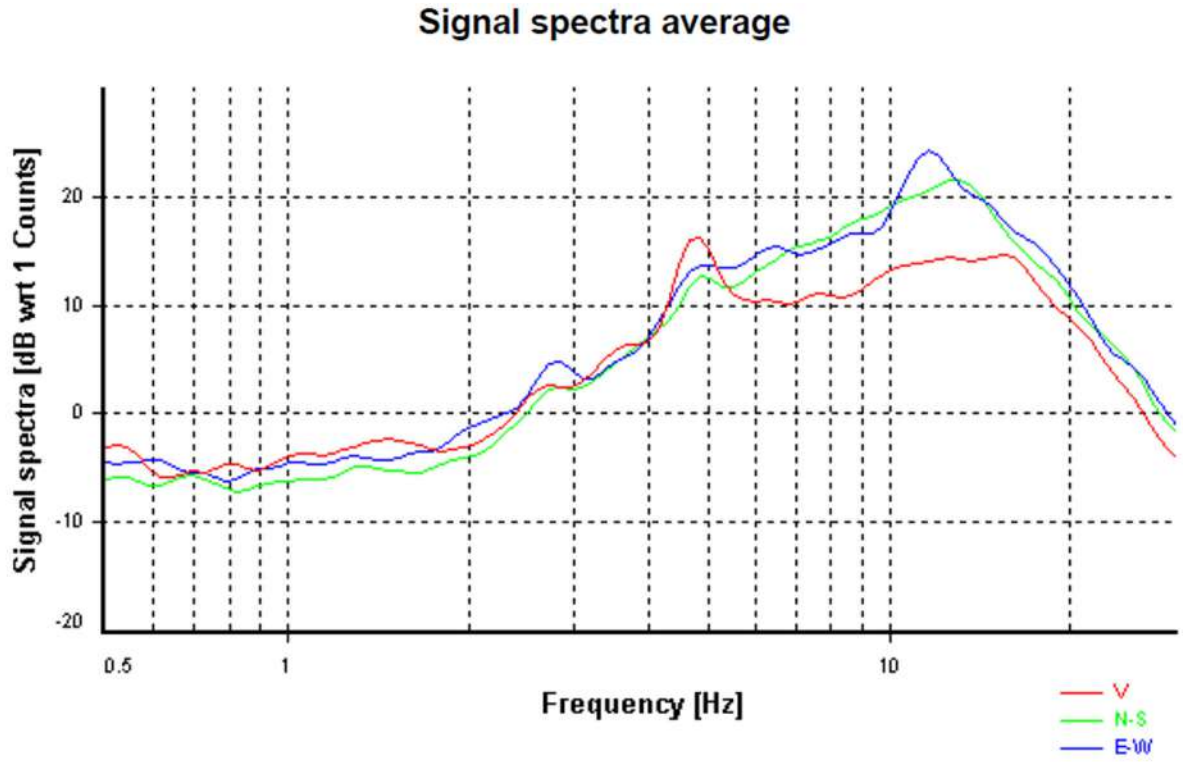
Grafici degli spettri:



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni con rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Rapporto spettrale H/V

Frequenza del picco del rapporto H/V: 11,546 Hz ± 0,442 Hz

Verifiche SESAME:

HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	19 valid windows (length > 0.86 s) out of 19	OK
$n_c(f_0) > 200$	4403.51 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 33	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	5.50447 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	16.1326 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.87 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.44203 < 0.57941	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.11854 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Di seguito si hanno i vari parametri precedentemente usati nelle verifiche:

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c=L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza del picco H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Analisi dei risultati

Frequenza fondamentale di sito f_0: 11,54 Hz

Dall'analisi delle curve H/V si evidenziano le seguenti conclusioni:

È stato riscontrato un picco significativo nella curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico: 0,5-20 Hz.

Il sottosuolo tende ad avere una ben determinata frequenza propria di oscillazione (frequenza fondamentale di sito **fo**) pari a 11,54 Hz. Pertanto, la struttura sovrastante subirà amplificazioni di oscillazione se la propria frequenza di oscillazione sarà dello stesso ordine di grandezza della frequenza fondamentale di sito f_0.

Il progettista calcolatore dovrà confrontare la frequenza fondamentale di sito e la frequenza propria di oscillazione della struttura al fine di valutare effetti di risonanza tra terreno e struttura, possibilmente da evitare vista la loro pericolosità.

HVSR2

MISURAZIONI

Dati generali:

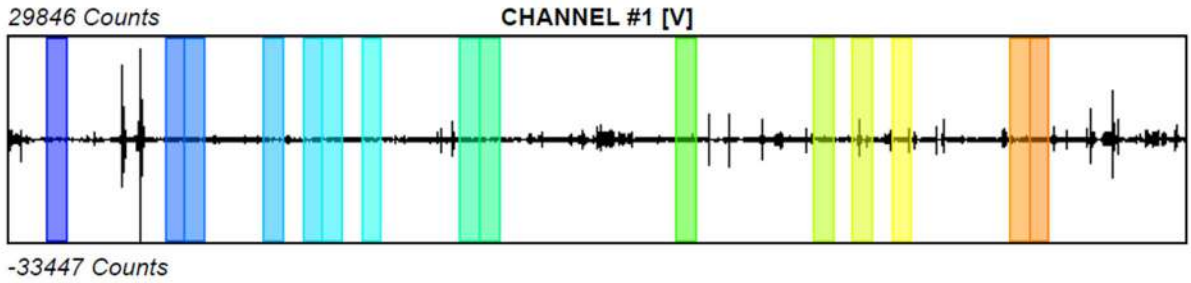
Cantiere:	Imperia (IM) caserma Crespi
Data:	28/02/2024
Zona:	43.886993° N 8.025082° E
Orientamento:	Asse Y verso Nord magnetico
Condizioni climatiche:	Sereno – vento assente

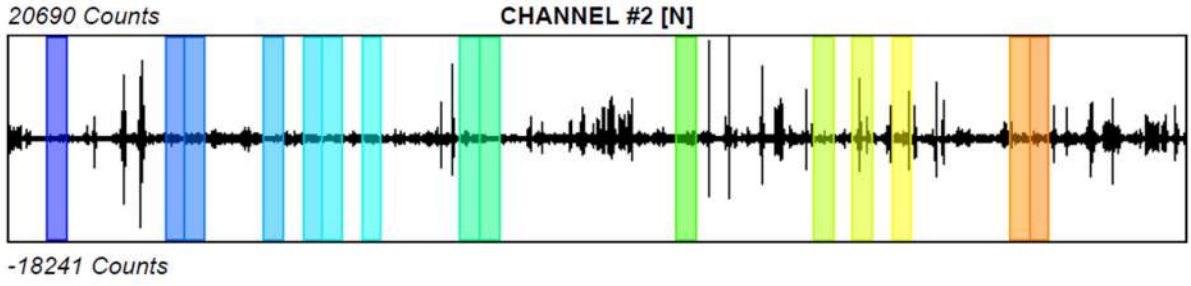
Tracce in input:

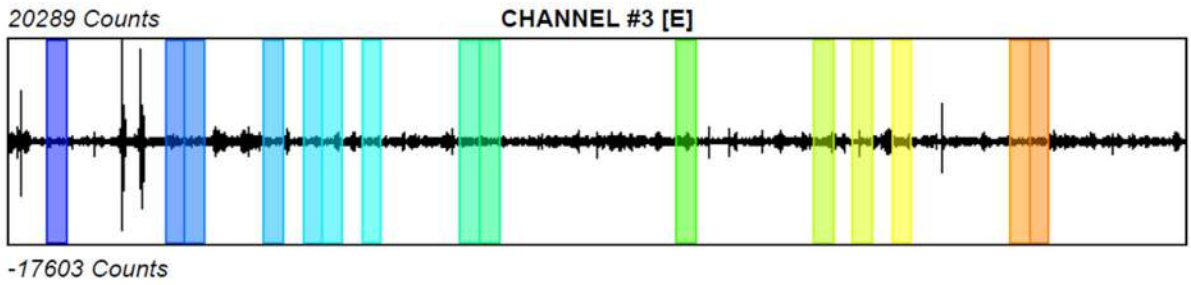
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	20 min
Frequenza di campionamento:	300 Hz
Numero campioni:	360000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

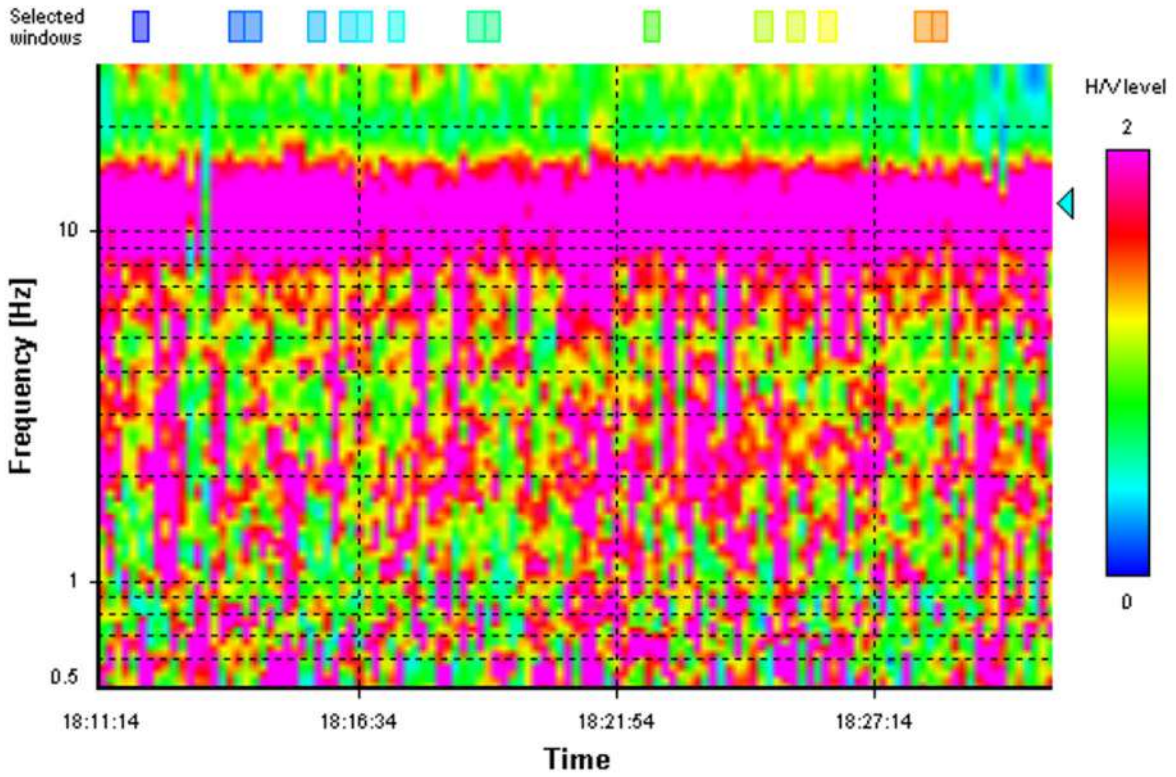
Grafici tracce:



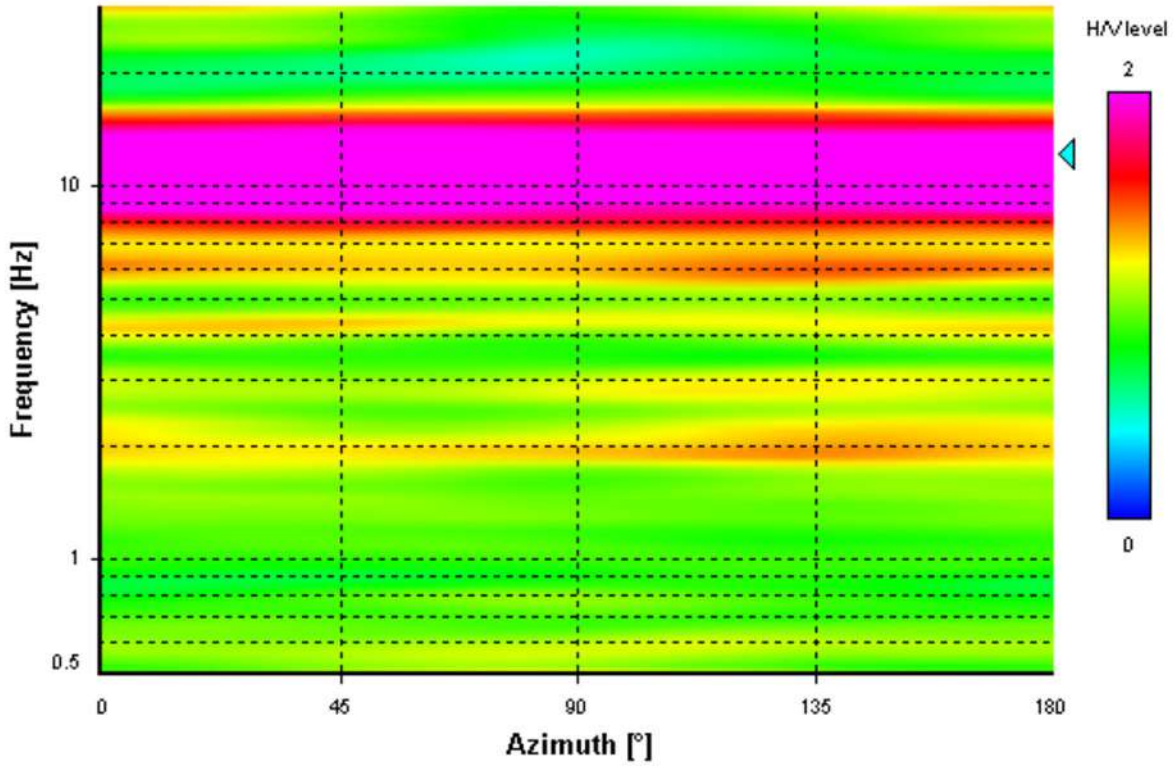




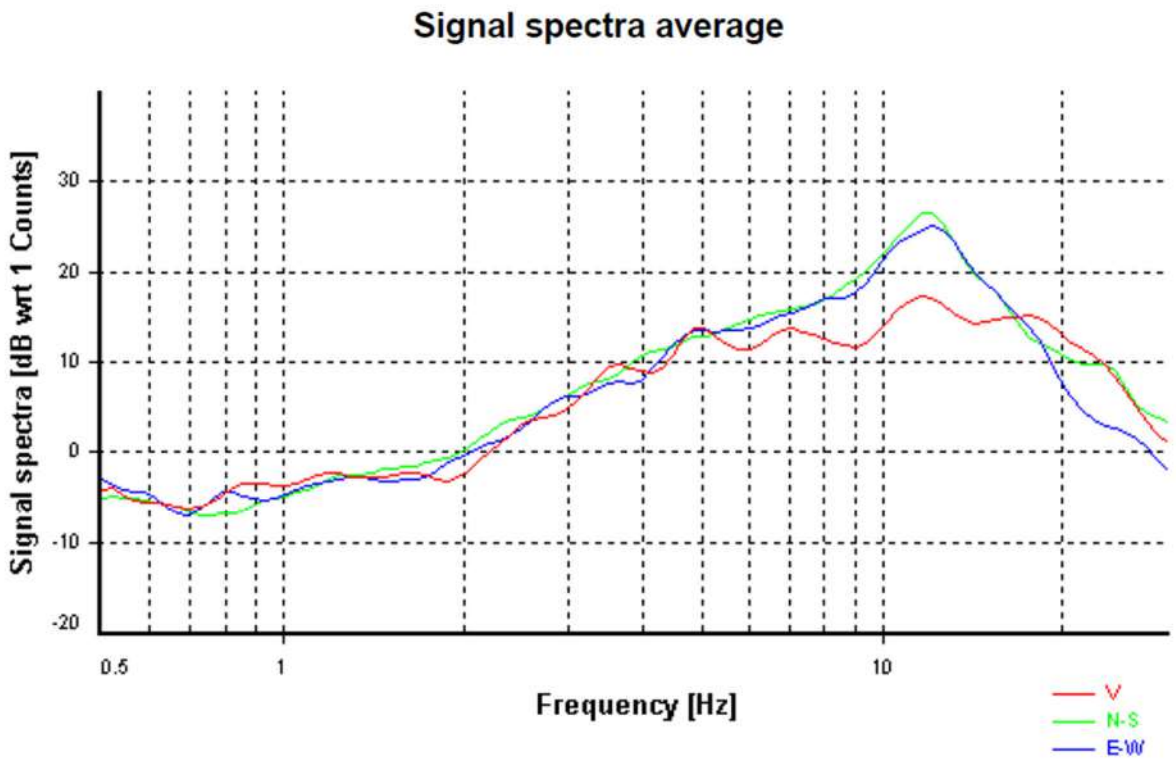
Grafici degli spettri:



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni con rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Rapporto spettrale H/V

Frequenza del picco del rapporto H/V: 11,838 Hz ± 0,762 Hz

Verifiche SESAME:

HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	15 valid windows (length > 0.83 s) out of 15	OK
$n_c(f_0) > 200$	3623.25 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 33	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	7.35264 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	16.1326 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.91 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.76214 >= 0.60387	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.12344 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Di seguito si hanno i vari parametri precedentemente usati nelle verifiche:

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c=L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza del picco H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Analisi dei risultati

Frequenza fondamentale di sito f_0: 11,84 Hz

Dall'analisi delle curve H/V si evidenziano le seguenti conclusioni:

È stato riscontrato un picco significativo nella curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico: 0,5-20 Hz.

Il sottosuolo tende ad avere una ben determinata frequenza propria di oscillazione (frequenza fondamentale di sito **fo**) pari a 11,84 Hz. Pertanto, la struttura sovrastante subirà amplificazioni di oscillazione se la propria frequenza di oscillazione sarà dello stesso ordine di grandezza della frequenza fondamentale di sito f_0.

Il progettista calcolatore dovrà confrontare la frequenza fondamentale di sito e la frequenza propria di oscillazione della struttura al fine di valutare effetti di risonanza tra terreno e struttura, possibilmente da evitare vista la loro pericolosità.

5.3 Prospezione sismica diretta DOWN-HOLE

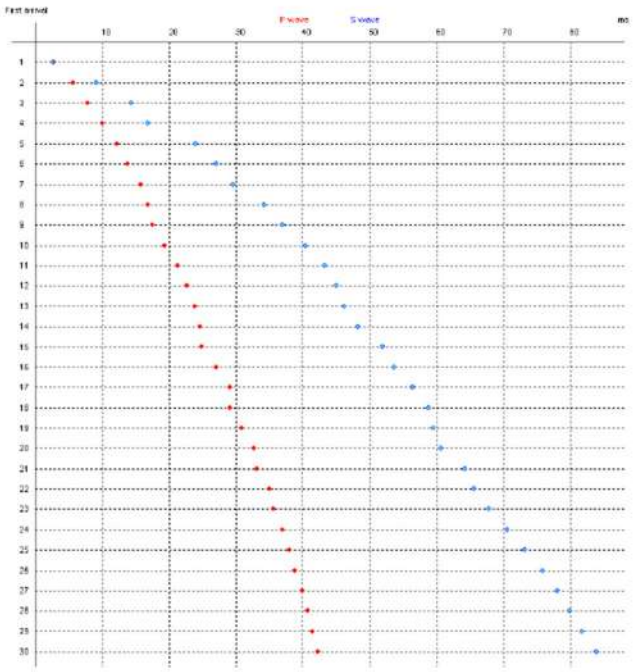
Il tubo PVC inserito all'interno del Sondaggio S1 è stato utilizzato come guida per l'esecuzione della prospezione sismica in foro down-hole mediante la quale sono state registrate, al variare della profondità, le velocità di propagazione nel terreno delle onde sismiche. Si è installata in superficie una sorgente ad impulsi verticali e orizzontali e nel foro si è misurato, spostando via via verso il basso il ricevitore, il tempo di arrivo delle varie fasi P o S:

Dati iniziali

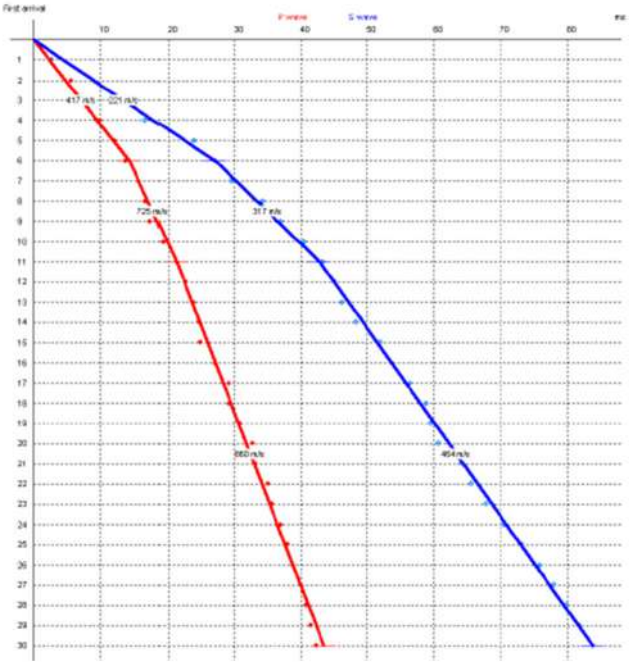
Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
2,5	30	1	1

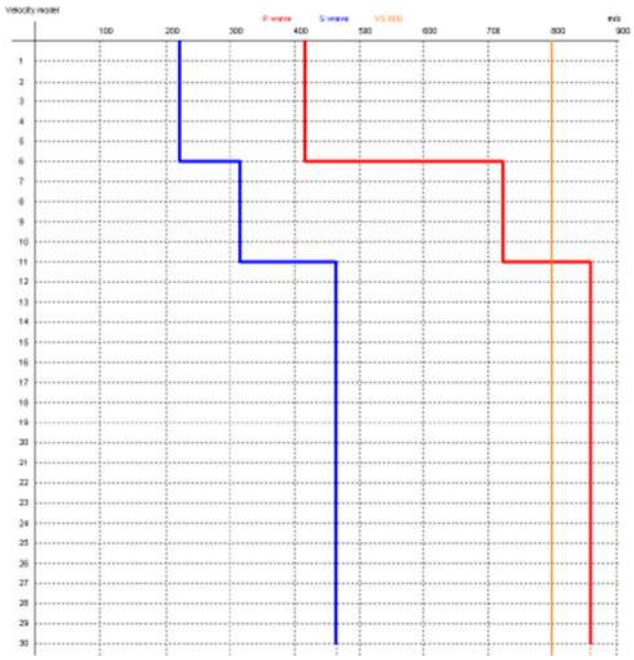
Dati misure down hole

Depth	P [ms]	S [ms]	Ps [ms]	Ss [ms]
1	7.6	7.4	2.8	2.7
2	9	14.6	5.6	9.1
3	10.2	18.8	7.8	14.4
4	11.8	19.8	10	16.8
5	13.6	26.8	12.2	24
6	15	29.2	13.8	27
7	16.8	31.4	15.8	29.6
8	17.6	35.8	16.8	34.2
9	18.2	38.4	17.5	37
10	20	41.6	19.4	40.4
11	21.8	44.4	21.3	43.3
12	23.2	46	22.7	45
13	24.2	47	23.8	46.2
14	25	49	24.6	48.2
15	25.2	52.6	24.9	51.9
16	27.4	54.2	27.1	53.6
17	29.4	57	29.1	56.4
18	29.4	59.4	29.1	58.8
19	31.2	60	30.9	59.5
20	33	61.2	32.7	60.7
21	33.4	64.8	33.2	64.3
22	35.2	66	35	65.6
23	35.8	68.2	35.6	67.8
24	37.2	71	37	70.6
25	38.2	73.6	38	73.2
26	39	76.2	38.8	75.9
27	40.2	78.4	40	78.1
28	41	80.2	40.8	79.9
29	41.6	82	41.4	81.7
30	42.4	84.2	42.3	83.9



Tramite il **metodo diretto** si è discretizzato il terreno indagato in sismostrati





	Profondità [m]	Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]
Strato 1	6	417	221
Strato 2	11	725	317
Strato 3	30	860	464

STIMA $V_{s,eq}$

Dal profilo sismo stratigrafico è possibile calcolare il parametro $V_{s,eq}$ attraverso la seguente espressione, quindi stimare la categoria del suolo di fondazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^{N} \frac{h(strato)}{v_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs(strato).

Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. In base alle determinazioni svolte si evince che la velocità media delle onde di taglio fino alla profondità di 30 m dal piano di fondazione o piano campagna risulta:

$V_{s,eq}$: 362,85 m/sec

pertanto la categoria del sottosuolo può essere classificata come segue:

Categoria B

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

5.4 Parametri Sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Classe d'uso: IV. (Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità)

Vita nominale: 100 [anni]

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
SLO	81	120	0,070	2,508	0,250
SLD	63	201	0,097	2,427	0,267
SLV	10	1898	0,257	2,485	0,318
SLC	5	2475	0,285	2,492	0,324

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,450	1,200	0,020	0,010	0,994	0,200
SLD	1,200	1,430	1,200	0,028	0,014	1,368	0,200
SLV	1,140	1,380	1,200	0,098	0,049	3,449	0,280
SLC	1,120	1,380	1,200	0,107	0,054	3,759	0,280

Tipo di elaborazione: Muri di sostegno

Classe d'uso: IV. (Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità)

Vita nominale: 100 [anni]

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
SLO	81	30	0,026	2,538	0,188
SLD	63	35	0,029	2,562	0,193
SLV	10	332	0,124	2,428	0,279
SLC	5	682	0,171	2,449	0,296

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,000	1,000	1,000	0,000	--	0,255	--
SLD	1,000	1,000	1,000	0,014	0,007	0,286	0,470
SLV	1,000	1,000	1,000	0,047	0,023	1,212	0,380
SLC	1,000	1,000	1,000	0,000	--	1,675	--

5.5 Potenziale di liquefazione

La liquefazione denota una diminuzione di resistenza al taglio e/o di rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

La verifica a liquefazione, secondo NTC2018, può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1) Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;

2) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;

3) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

4) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (Nl)>30 oppure qciN>180 dove (Nl) è il valore della resistenza determinata in prove

penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qciN è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

5) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità U_c<3.5 ed in Figura 7.11.1 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità U_c>3.5.

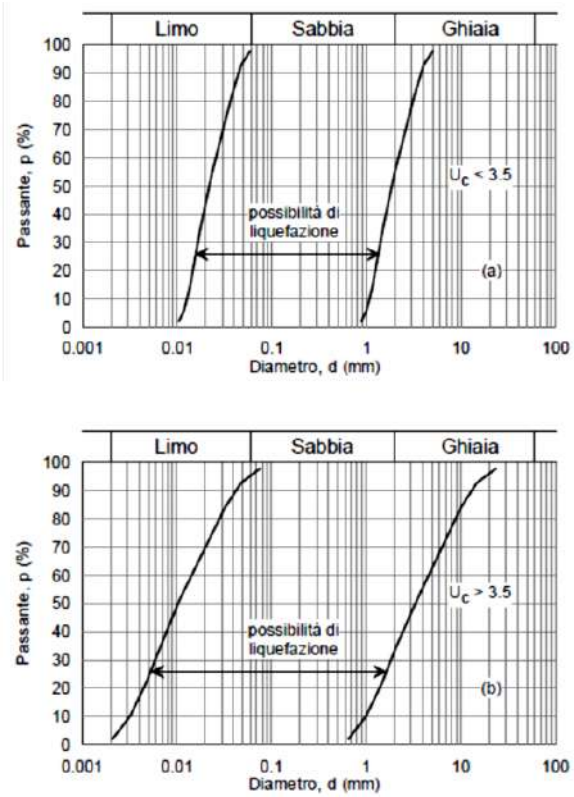


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici suscettibili di liquefazione

Nella seguente tabella viene inoltre indicata la probabilità che si verifichi liquefazione in funzione delle condizioni stratigrafiche e morfologiche riscontrabili sul territorio:

Categoria	***Morfologia***	***Liquefazione***
A	Letti di fiume, antichi e recenti, paludi, terreni di bonifica, zone interdunali	Probabile
B	Conoidi, argini naturali, dune, pianure di esondazione, spiagge	Possibile
C	Terrazzi, colline, montagne	Impossibile

In conformità a quanto previsto nelle NTC2018 cap. 7.11.3.4.2 per il verificarsi del punto “5” si omette la verifica alla liquefazione.

6. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

I campioni di terreno sottoposti ad analisi di laboratorio sono stati catalogati e su di essi, date le caratteristiche degli stessi e secondo le indicazioni della Committenza, sono state eseguite le prove richieste.
Le prove sono eseguite secondo le normative vigenti dal nostro laboratorio terre autorizzato per il Settore “A” dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto 0000011 del 13/02/2017 secondo l’art. 59 del DPR n. 380/2001 circolare 7618 STC 2010.

7. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

A seguito delle prove eseguite si possono ricavare indicazioni in merito ai parametri geotecnici da impiegare per il terreno indagato.

MODELLO GEOTECNICO da S1

Profondità [m]	Tipologia	Cu [kPa]	C' [kPa]	E_{edom} [MPa]	Φ [°]	Φ' [°]	E [MPa]	γ [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	$V_{S,eq}$ [m/s]	F_0 [Hz]	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	RQD
0,00 – 1,20	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso limosa	0	0	-	28	27	20	17	19					
1,20 – 3,80	Argilla con ghiaia	24	2,4	4	22	29	2	18	19					
3,80 – 6,70	Ghiaia e ciottoli in matrice argillosa	0	1,2	-	33	31	30	17	19					0
6,70 – 9,10	Argilla limosa con ghiaia	17	1,7	9	-	28	2	19	20					
9,10 – 10,00	Trovanti	0	0	-	38	-	150	25	25	362	11,5	B	T2	
10,00 – 11,00	Sabbia limosa argillosa	5	4	12	28	27	20	17	18					
11,00 - 13,00														0
13,00 - 15,00														30
15,00 - 17,00														0
17,00 - 20,00	Roccia	-	-	-	45	-	250	25	25					70
20,00 - 23,00														10
23,00 - 25,00														30
25,00 - 27,00														50
27,00 - 30,00														20

Profondità della falda	3	Misurata con freatimetro
ml da p.c.		

MODELLO GEOTECNICO da S2

Profondità [m]	Tipologia	Cu [kPa]	C' [kPa]	E_{edom} [MPa]	Φ [°]	Φ' [°]	E [MPa]	γ [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	$V_{S,eq}$ [m/s]	F_0 [Hz]	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	RQD
0,70 – 3,00	Argilla limosa con ghiaia	17	7	9	22	18	2	19	20	362	11,8	B	T2	0
3,00 – 7,40	Trovanti	0	0	-	35	35	150	25	26					
7,40 -8,80	Argilla limosa con ghiaia	17	7	9	22	18	2	19	20					
8,80 – 13,50	Ghiaia	0	3,2	-	33	30	30	17	18					
13,50 – 15,00	Roccia	-	-	-	45	-	250	25	25					0
15,00 - 22,00														30
22,00 - 30,00														40

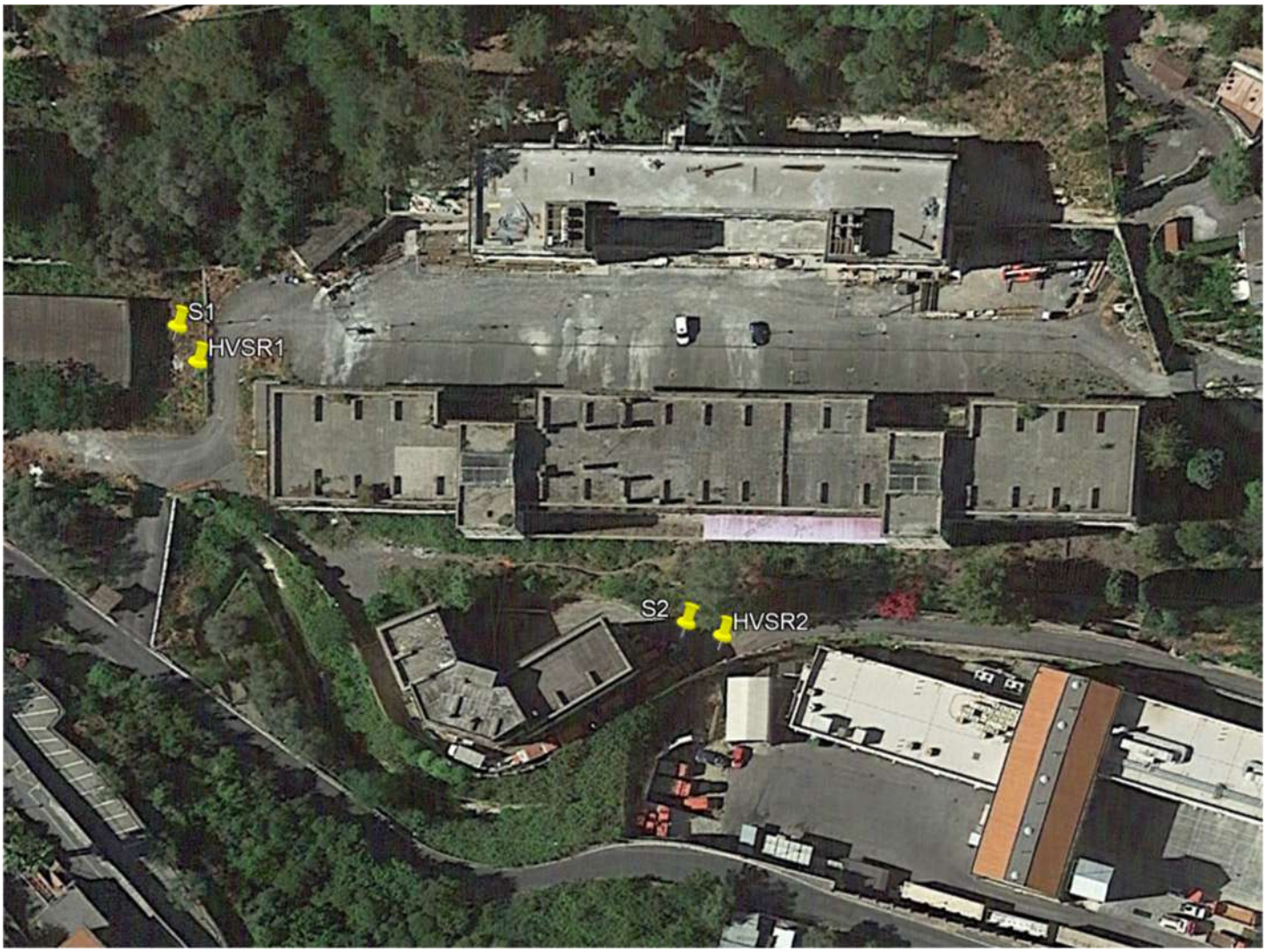
Profondità della falda	1,53	Misurata con freatimetro
ml da p.c.		

Verifiche geotecniche

La relazione geotecnica è a tutti gli effetti un elaborato progettuale; essa fornisce valutazioni precise sull'opera o, meglio, sul sistema struttura-terreno; pertanto, come definito dal punto 6.2.2, non può più prescindere dall'opera vera e propria e non può fornire calcoli ed indicazioni esemplificativi.

Per quanto sopra la redazione di tale elaborato prevede una stretta interazione tra geotecnico e strutturista.

TAVOLE TECNICHE



Ubicazione planimetrica delle indagini

TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	Sondaggio: S1
Riferimento: IMPERIA (IM) - EX CASERMA CRESPI	Data: 15-22/01/2024
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

ø mm	Rv	Cass.	Campioni	prove in foro	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	A	Dh	metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
												1,20	Ghiaia e ciottoli eterogenei in matrice sabbioso limosa marrone scuro. (Terreni di riporto)
		1	1) Rim < 3,00 3,50	Lefranc CV	3,0	4-4-5	9					3,80	Argilla marrone chiaro con ghiaia, ciottoli e trovanti.
												6,70	Ghiaia, ciottoli e trovanti in matrice argillosa grigia.
		2	2) Rim < 6,00 6,50		6,0	11-16-33	49					7,50	Argilla limosa grigia con strie ocra, presenza di clasti di ghiaia.
			3) Ind < 7,50 8,00									8,00	Prelievo di campione indisturbato.
			4) Rim < 9,00 9,50		9,0	50/2cm	Rif					9,10	Argilla limosa grigia con strie ocra, presenza di clasti di ghiaia.
												10,00	Roccia di colore nero molto alterata con livelli argillosi grigio scuri.
		3	5) Rim < 12,00 12,50	Lefranc CV	12,0	50/7cm	Rif					11,00	Sabbia limoso argillosa grigio scura.
												13,50	Roccia molto fratturata con fratture beanti decimetriche con riempimento in argilla grigia.
			6) Rim < 15,00 15,50		15,0	50/1cm	Rif					15,00	Fillade nerastra fratturata.
		4	7) Rim < 18,00 18,50		18,0	50/2cm	Rif					17,20	Roccia fortemente fratturata.
													Filladi quarzifere fratturate, a tratti molto fratturate, con riempimenti argillosi.

TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	Sondaggio: S1
Riferimento: IMPERIA (IM) - EX CASERMA CRESPI	Data: 15-22/01/2024
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

ø mm	Rv	Cass.	Campioni	prove in foro	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	A	Dh	metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
101		5								21 22 23 24 25 26 27 28 29 30		30,00	Filladi quarzifere fratturate, a tratti molto fratturate, con riempimenti argillosi.
		6											

Terreno conservato in N° 5 cassette catalogatrici.
Foto delle cassette catalogatrici.
Utilizzo di carotiere doppio e corona diamante dalla profondità di 13,50 m.
Fornitura e posa di tubo cieco in PVC diametro 2,5' per prova down hole.
Fornitura e posa di pozzetto metallico.

TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	Sondaggio: S1
Riferimento: IMPERIA (IM) - EX CASERMA CRESPI	Data: 15-22/01/2024



Cassetta n° 1 - profondità da m 0.00 a m 5.00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5.00 a m 10.00

TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	Sondaggio: S1
Riferimento: IMPERIA (IM) - EX CASERMA CRESPI	Data: 15-22/01/2024



Cassetta n° 3 - profondità da m 10.00 a m 15.00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15.00 a m 20.00

TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	Sondaggio: S1
Riferimento: IMPERIA (IM) - EX CASERMA CRESPI	Data: 15-22/01/2024



Cassetta n° 3 - profondità da m 20.00 a m 25.00



Cassetta n° 4 - profondità da m 25.00 a m 30.00

TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	Sondaggio: S2
Riferimento: IMPERIA (IM) - EX CASERMA CRESPI	Data: 23-24/01/2024
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

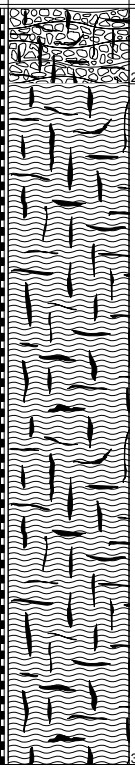
ø mm	Rv	Cass.	Campioni	prove in foro	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	A	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
												0,05	Conglomerato bituminoso.
												0,70	Sabbia fine biancastra con ciottoli spigolosi.
		1	1) Rim < 3,00 3,50	Lefranc CV	3,0	50/6cm	Rif			1 2 3		3,00	Argilla limosa marrone chiaro con ghiaia.
												3,60	Sabbia grossa marrone virante al grigio.
		2	2) Rim < 6,00 6,50		6,0	50/13cm	Rif			4 5 6 7		7,40	Fillade nerastra quarzifera.
										8		8,80	Argilla limosa marrone con ghiaia eterogenea.
										9		10,20	Roccia di colore nero molto alterata.
		3	3) Rim < 10,50 11,00	Lefranc CV	10,5	5-5-6	11			10 11 12 13		13,50	Ghiaia fine in matrice sabbiosa marrone virante al grigio.
					12,0	50/7cm	Rif						
		4	4) Rim < 15,00 15,50		15,0	50/2cm	Rif			14 15 16 17			Roccia fortemente fratturata e alterata.
					18,0	50/1cm	Rif			18 19 20			

TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	Sondaggio: S2
Riferimento: IMPERIA (IM) - EX CASERMA CRESPI	Data: 23-24/01/2024
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

ø mm	Rv	Cass.	Campioni	prove in foro	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	A	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
101		5								21		21,00	Roccia fortemente fratturata e alterata.
										22			Filladi quarzifere fratturate, a tratti molto fratturate, con riempimenti argillosi.
										23			
										24			
										25			
		6								26			
										27			
										28			
										29			
										30		30,00	

Terreno conservato in N° 5 cassette catalogatrici.
Foto delle cassette catalogatrici.
Utilizzo di carotiere doppio e corona diamante dalla profondità di 3,50 m.
Fornitura e posa di piezometro tubo aperto diametro 2".
Fornitura e posa di pozzetto in ghisa carrabile.

TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	Sondaggio: S2
Riferimento: IMPERIA (IM) - EX CASERMA CRESPI	Data: 23-24/01/2024



Cassetta n° 1 - profondità da m 0.00 a m 5.00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5.00 a m 10.00

TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	Sondaggio: S2
Riferimento: IMPERIA (IM) - EX CASERMA CRESPI	Data: 23-24/01/2024



Cassetta n° 3 - profondità da m 10.00 a m 15.00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15.00 a m 20.00

TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	Sondaggio: S1
Riferimento: IMPERIA (IM) - EX CASERMA CRESPI	Data: 23-24/01/2024



Cassetta n° 3 - profondità da m 20.00 a m 25.00



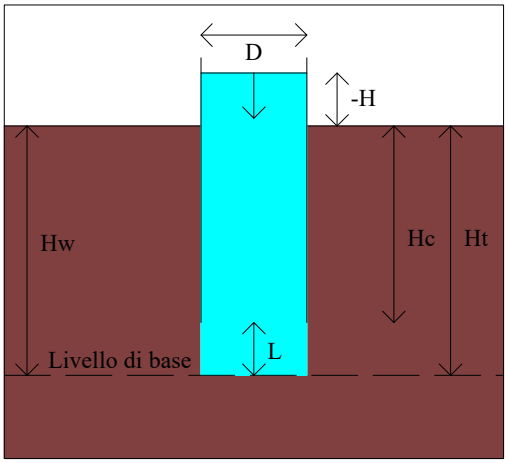
Cassetta n° 4 - profondità da m 25.00 a m 30.00

TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

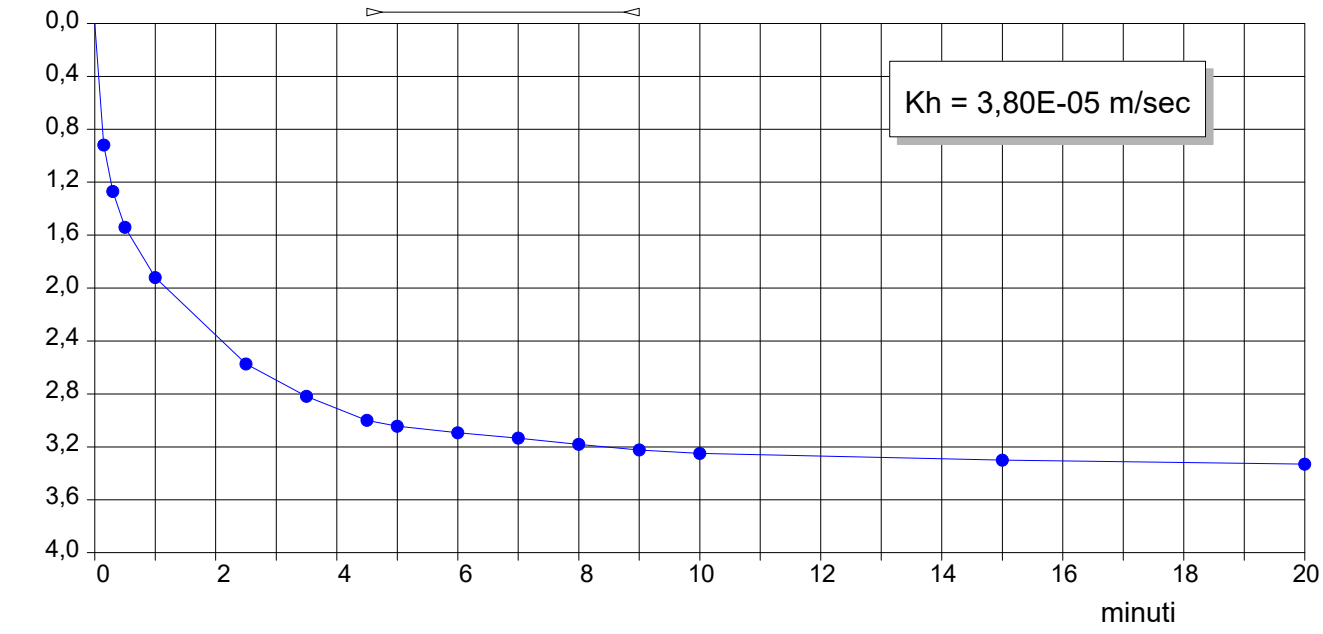
Committente:	AGENZIA DEL DEMANIO		
Riferimento:	EX CASERMA CRESPI	Prova:	1
Località:	IMPERIA (IM)	Data:	16/01/2024
Sondaggio:	S1	Orario prova:	8:30

Prova eseguita in abbassamento	
Livello di base dell'acqua [Hw] (m)	3,00
Livello dell'acqua dal p.c. [H] (m)	-0,70
Diametro del tratto di prova [D] (m)	0,127
Profondità del rivestimento [Hc] (m)	2,50
Profondità del foro [Ht] (m)	3,00
Spessore del tratto di prova [L] (m)	0,50
Coefficiente di forma	0,50



T min	H m	dH m	k m/sec	T min	H m	dH m	k m/sec
0,00	3,70	0,000					
0,15	2,78	0,920	8,04E-04				
0,30	2,43	1,270	3,79E-04				
0,50	2,16	1,541	2,49E-04				
1,00	1,78	1,920	1,63E-04				
2,50	1,13	2,574	1,29E-04				
3,50	0,88	2,818	1,03E-04				
4,50	0,70	3,000	9,76E-05				
5,00	0,66	3,044	5,44E-05				
6,00	0,61	3,094	3,35E-05				
7,00	0,57	3,134	2,88E-05				
8,00	0,52	3,181	3,69E-05				
9,00	0,48	3,224	3,62E-05				
10,00	0,45	3,250	2,40E-05				
15,00	0,40	3,300	9,95E-06				
20,00	0,37	3,330	6,58E-06				

DIAGRAMMA ABBASSAMENTO - TEMPO

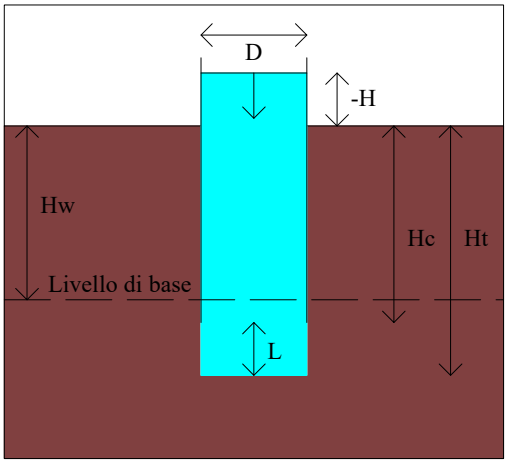


TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

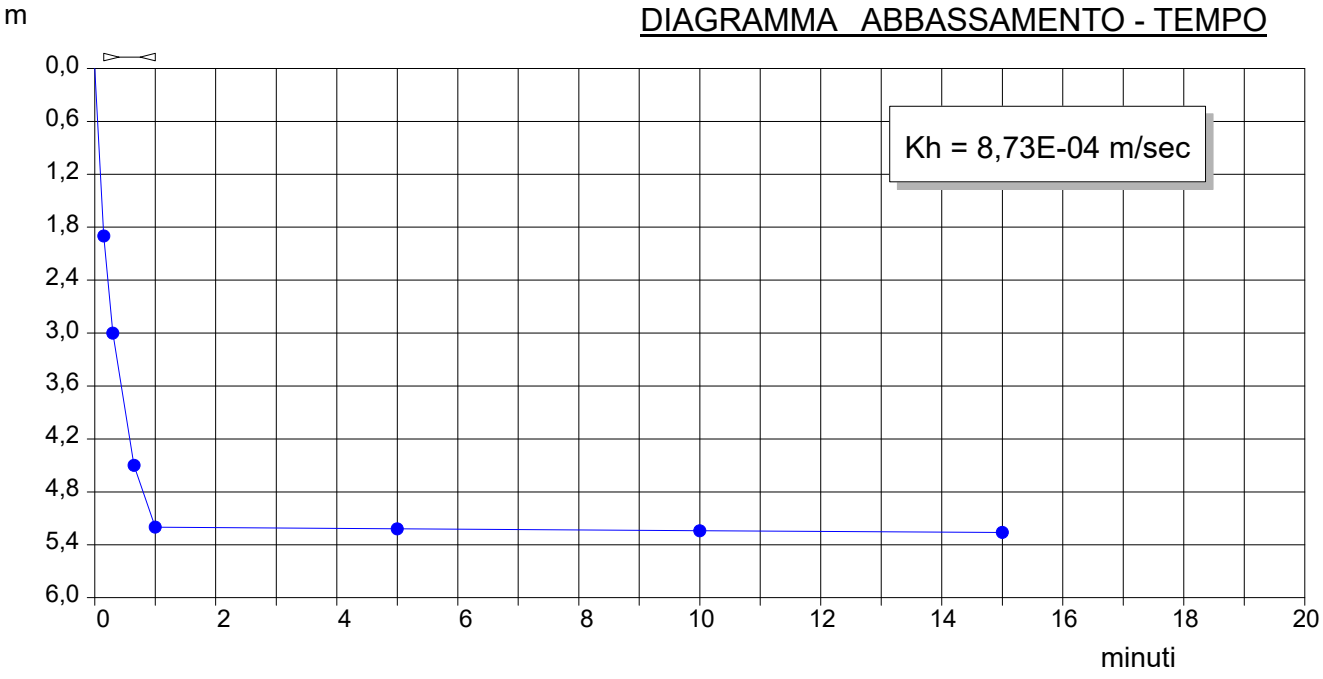
Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	
Riferimento: EX CASERMA CRESPI	Prova: 2
Località: IMPERIA (IM)	Data: 17/01/2024
Sondaggio: S1	Orario prova: 15:50

Prova eseguita in abbassamento	
Livello di base dell'acqua [Hw] (m)	5,20
Livello dell'acqua dal p.c. [H] (m)	-0,70
Diametro del tratto di prova [D] (m)	0,127
Profondità del rivestimento [Hc] (m)	11,50
Profondità del foro [Ht] (m)	12,00
Spessore del tratto di prova [L] (m)	0,50
Coefficiente di forma	0,50



T min	H m	dH m	k m/sec	T min	H m	dH m	k m/sec
0,00	5,90	0,000					
0,15	4,00	1,900	1,09E-03				
0,30	2,90	3,000	9,05E-04				
0,65	1,40	4,500	8,79E-04				
1,00	0,70	5,200	8,36E-04				
5,00	0,68	5,220	3,06E-06				
10,00	0,66	5,240	2,52E-06				
15,00	0,64	5,260	2,60E-06				

DIAGRAMMA ABBASSAMENTO - TEMPO

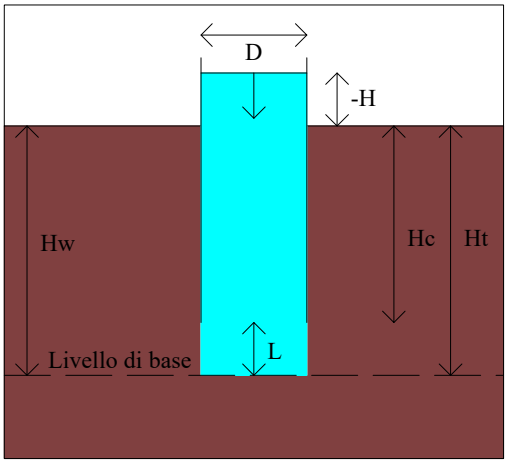


TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

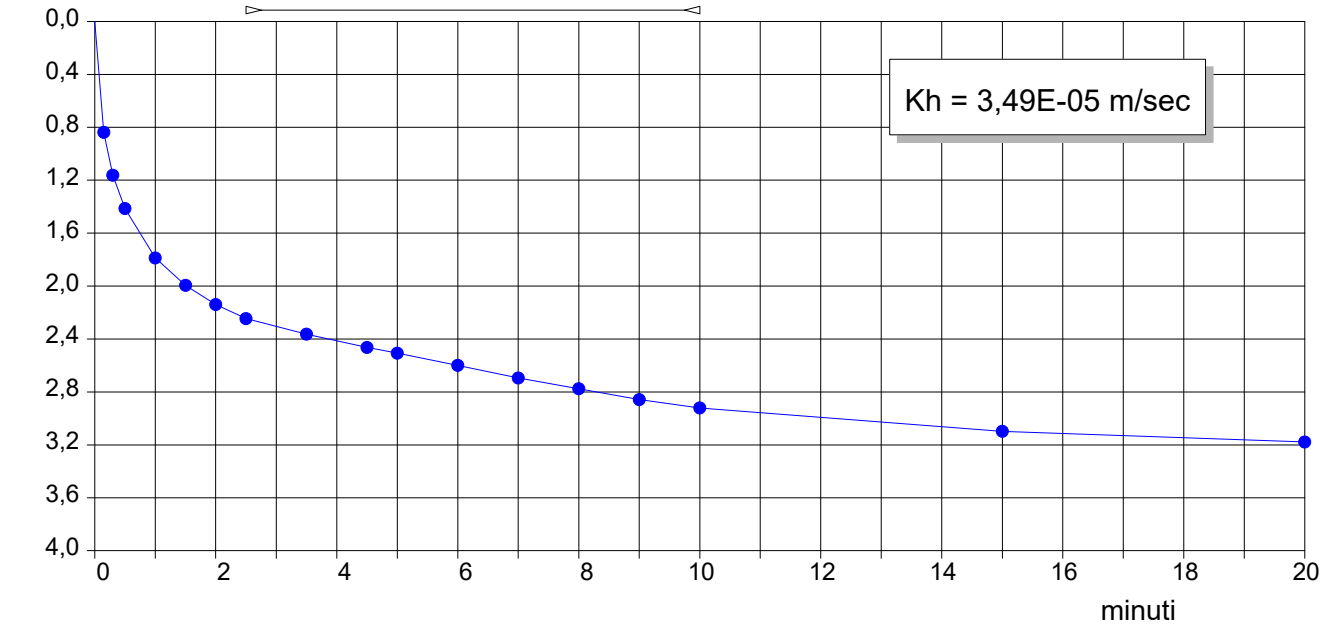
Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	
Riferimento: EX CASERMA CRESPI	Prova: 1
Località: IMPERIA (IM)	Data: 23/01/2024
Sondaggio: S2	Orario prova: 9:30

Prova eseguita in abbassamento	
Livello di base dell'acqua [Hw] (m)	3,00
Livello dell'acqua dal p.c. [H] (m)	-0,70
Diametro del tratto di prova [D] (m)	0,127
Profondità del rivestimento [Hc] (m)	2,50
Profondità del foro [Ht] (m)	3,00
Spessore del tratto di prova [L] (m)	0,50
Coefficiente di forma	0,50



T min	H m	dH m	k m/sec	T min	H m	dH m	k m/sec
0,00	3,70	0,000					
0,15	2,86	0,838	7,22E-04				
0,30	2,54	1,163	3,40E-04				
0,50	2,29	1,415	2,21E-04				
1,00	1,91	1,788	1,50E-04				
1,50	1,71	1,995	9,68E-05				
2,00	1,56	2,139	7,48E-05				
2,50	1,45	2,246	5,97E-05				
3,50	1,34	2,364	3,57E-05				
4,50	1,24	2,464	3,28E-05				
5,00	1,19	2,507	3,04E-05				
6,00	1,10	2,599	3,39E-05				
7,00	1,01	2,694	3,80E-05				
8,00	0,92	2,776	3,59E-05				
9,00	0,84	2,858	3,93E-05				
10,00	0,78	2,921	3,29E-05				
15,00	0,60	3,098	2,17E-05				
20,00	0,52	3,179	1,22E-05				

DIAGRAMMA ABBASSAMENTO - TEMPO

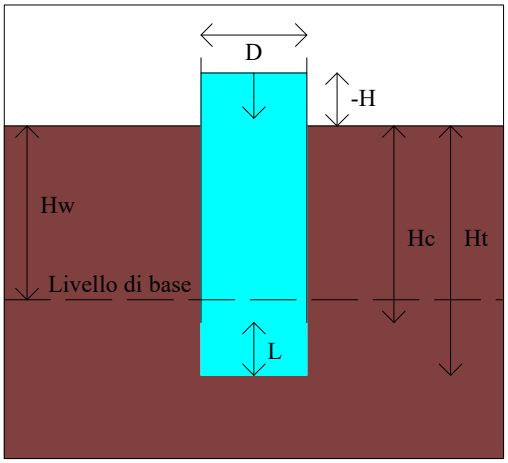


TECNOSTUDIO
Società di ingegneria

PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

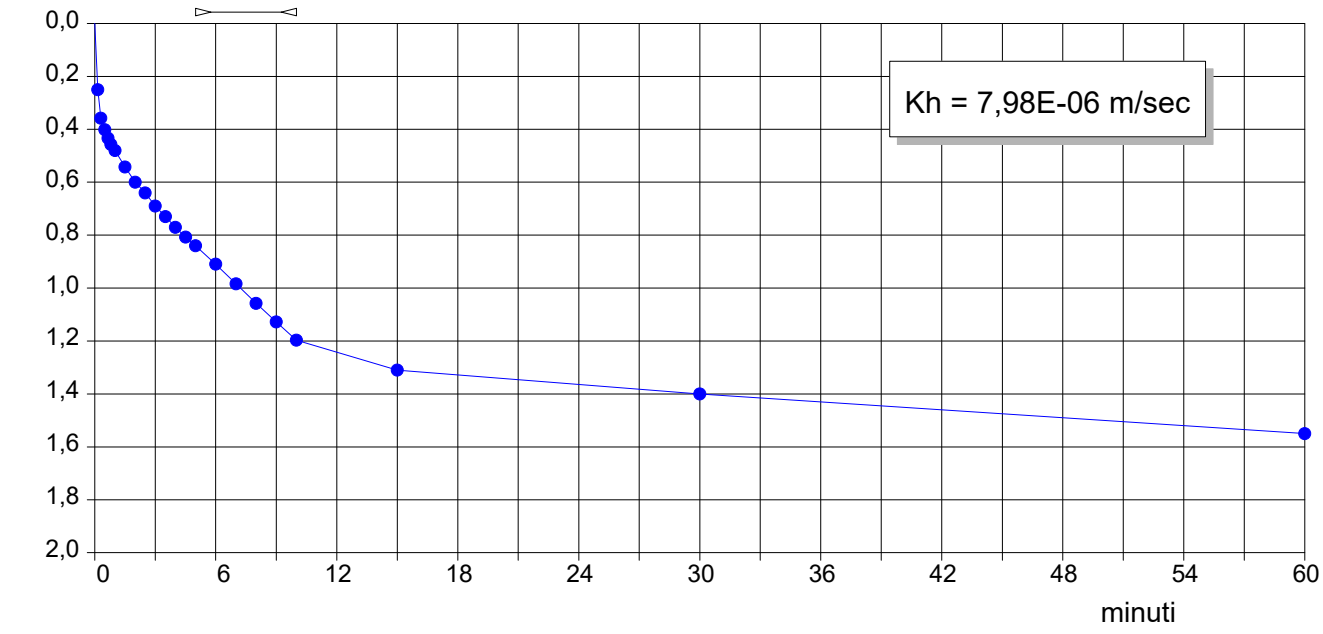
Committente: AGENZIA DEL DEMANIO	
Riferimento: EX CASERMA CRESPI	Prova: 2
Località: IMPERIA (IM)	Data: 24/01/2024
Sondaggio: S2	Orario prova: 12:10

Prova eseguita in abbassamento	
Livello di base dell'acqua [Hw] (m)	4,10
Livello dell'acqua dal p.c. [H] (m)	-0,70
Diametro del tratto di prova [D] (m)	0,127
Profondità del rivestimento [Hc] (m)	10,50
Profondità del foro [Ht] (m)	11,00
Spessore del tratto di prova [L] (m)	0,50
Coefficiente di forma	0,50



T min	H m	dH m	k m/sec	T min	H m	dH m	k m/sec
0,00	4,80	0,000		9,00	3,67	1,128	8,03E-06
0,15	4,55	0,250	1,51E-04	10,00	3,60	1,197	8,00E-06
0,30	4,44	0,358	6,76E-05	15,00	3,49	1,310	2,69E-06
0,50	4,40	0,401	2,06E-05	30,00	3,40	1,400	7,35E-07
0,65	4,37	0,434	2,10E-05	60,00	3,25	1,550	6,35E-07
0,80	4,34	0,457	1,53E-05				
1,00	4,32	0,480	1,10E-05				
1,50	4,26	0,543	1,23E-05				
2,00	4,20	0,600	1,15E-05				
2,50	4,16	0,640	8,08E-06				
3,00	4,11	0,690	1,02E-05				
3,50	4,07	0,730	8,26E-06				
4,00	4,03	0,770	8,34E-06				
4,50	3,99	0,807	7,87E-06				
5,00	3,96	0,840	6,93E-06				
6,00	3,89	0,910	7,53E-06				
7,00	3,82	0,984	8,08E-06				
8,00	3,74	1,057	8,23E-06				

DIAGRAMMA ABBASSAMENTO - TEMPO



COMMITTENTE:	Agenzia del Demanio della Liguria	
RIFERIMENTO:	Ex Caserma Crespi Imperia	
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Peso specifico	26,2	kN/m³

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	41,8	%
Limite di plasticità	14,8	%
Indice di plasticità	27,0	%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40	SI	

ANALISI GRANULOMETRICA

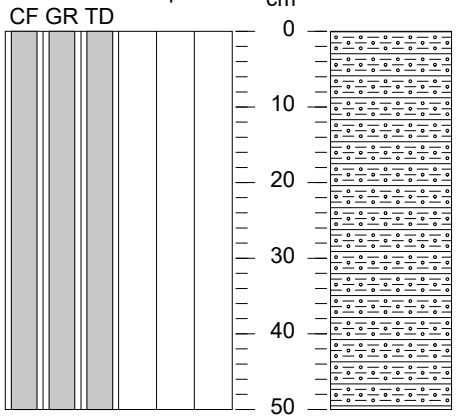
Ghiaia		%
Sabbia	21,9	%
Limo	29,1	%
Argilla	49,0	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	2,4	kPa
Angolo di attrito interno:	29,2	°

FOTOGRAFIA





Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
		50	Argilla limosa con sabbia.

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02908 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	29/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi:	29/02/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-3

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,2 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,2 kN/m³

Metodo: ☉ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 27,5 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02909 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 29/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi: 01/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-12

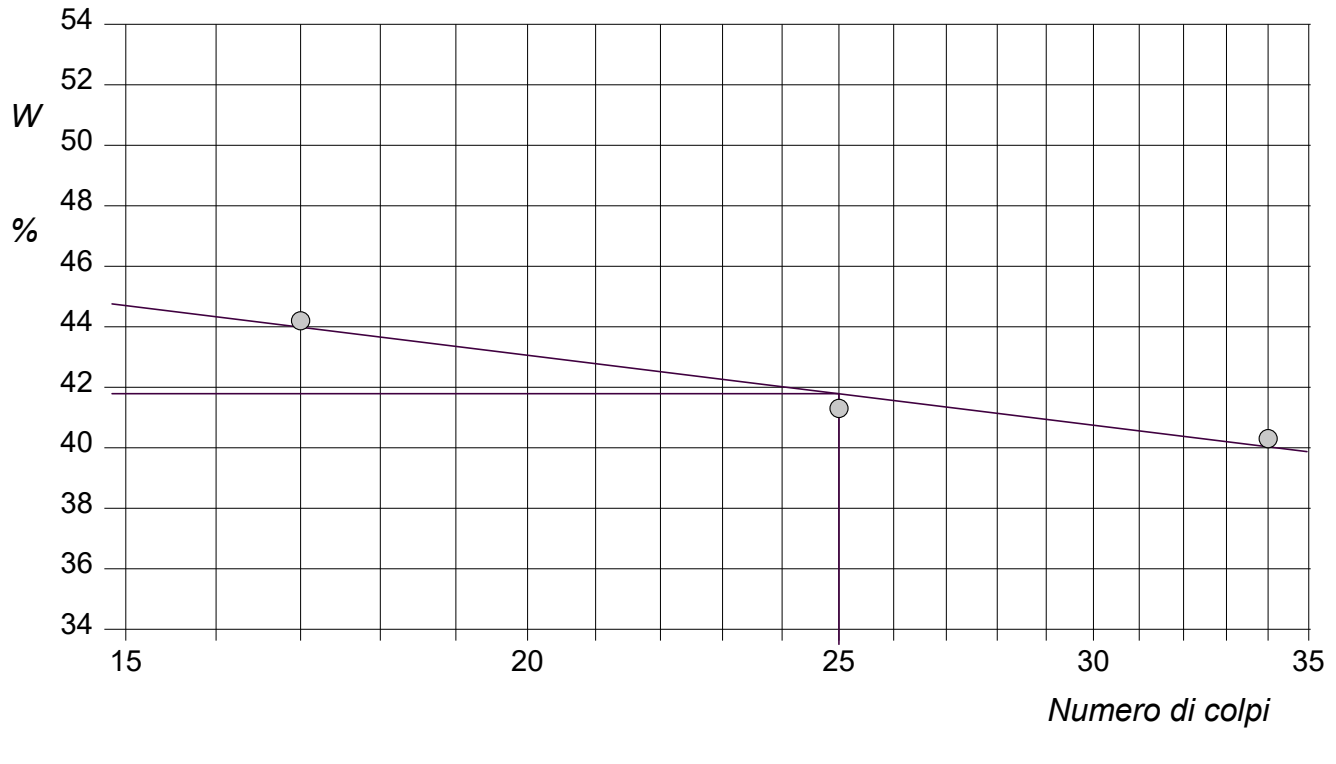
Limite di liquidità	41,8	%
Limite di plasticità	14,8	%
Indice di plasticità	27,0	%

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					
Numero di colpi	17	25	34		
Umidità (%)	44,2	41,3	40,3		

LIMITE DI PLASTICITA'		
Umidità (%)	14,8	14,8
Umidità media	14,8	

Determinazione del Limite di liquidità



Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02909 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	29/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi:	01/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

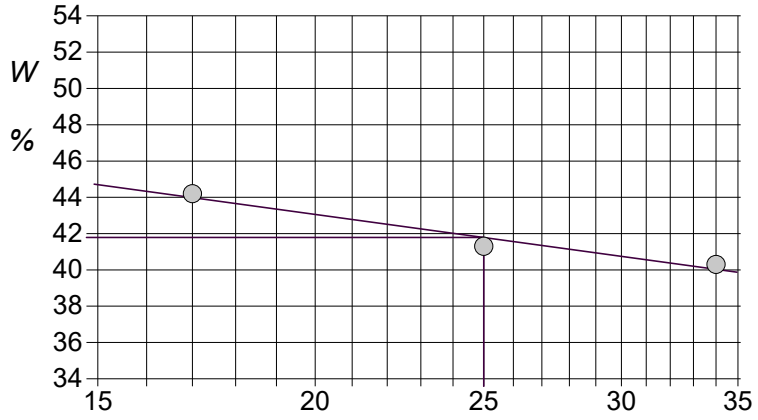
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-12

Limite di liquidità	41,8	%
Limite di plasticità	14,8	%
Indice di plasticità	27,0	%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40	SI	

Determinazione del Limite di liquidità



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	**I - Media compressibilità**
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)

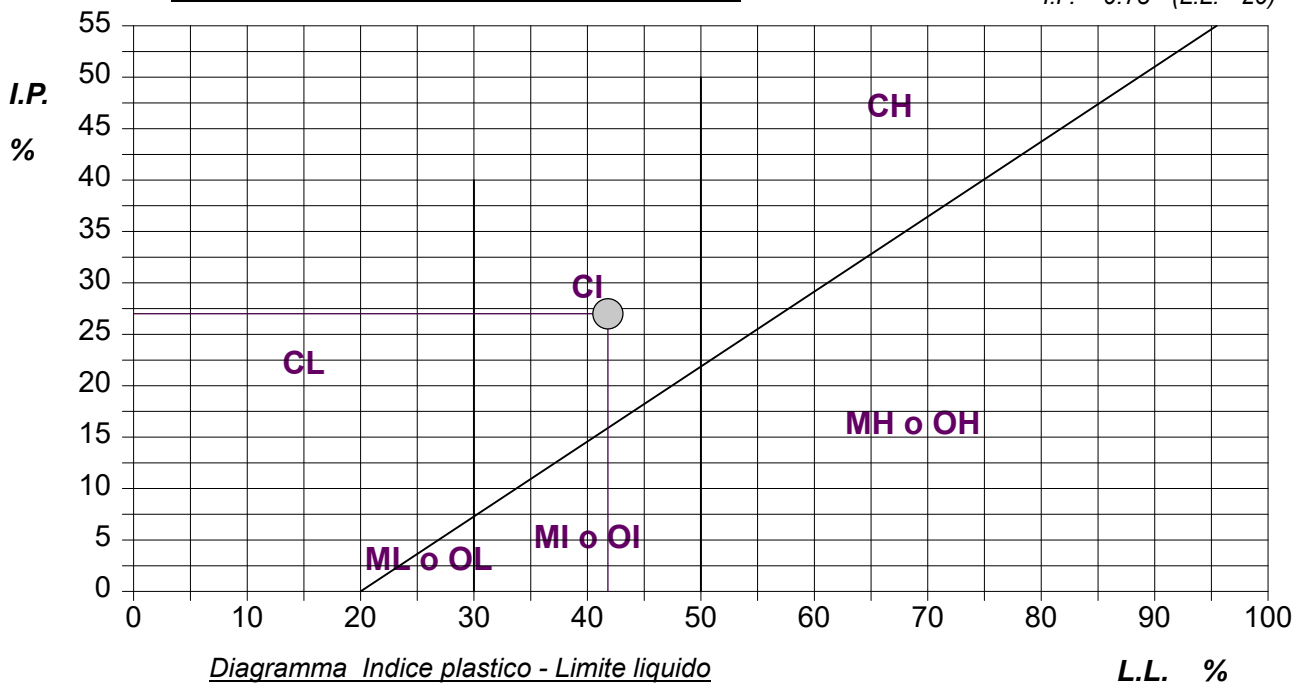


Diagramma Indice plastico - Limite liquido

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02910 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi: 29/02/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

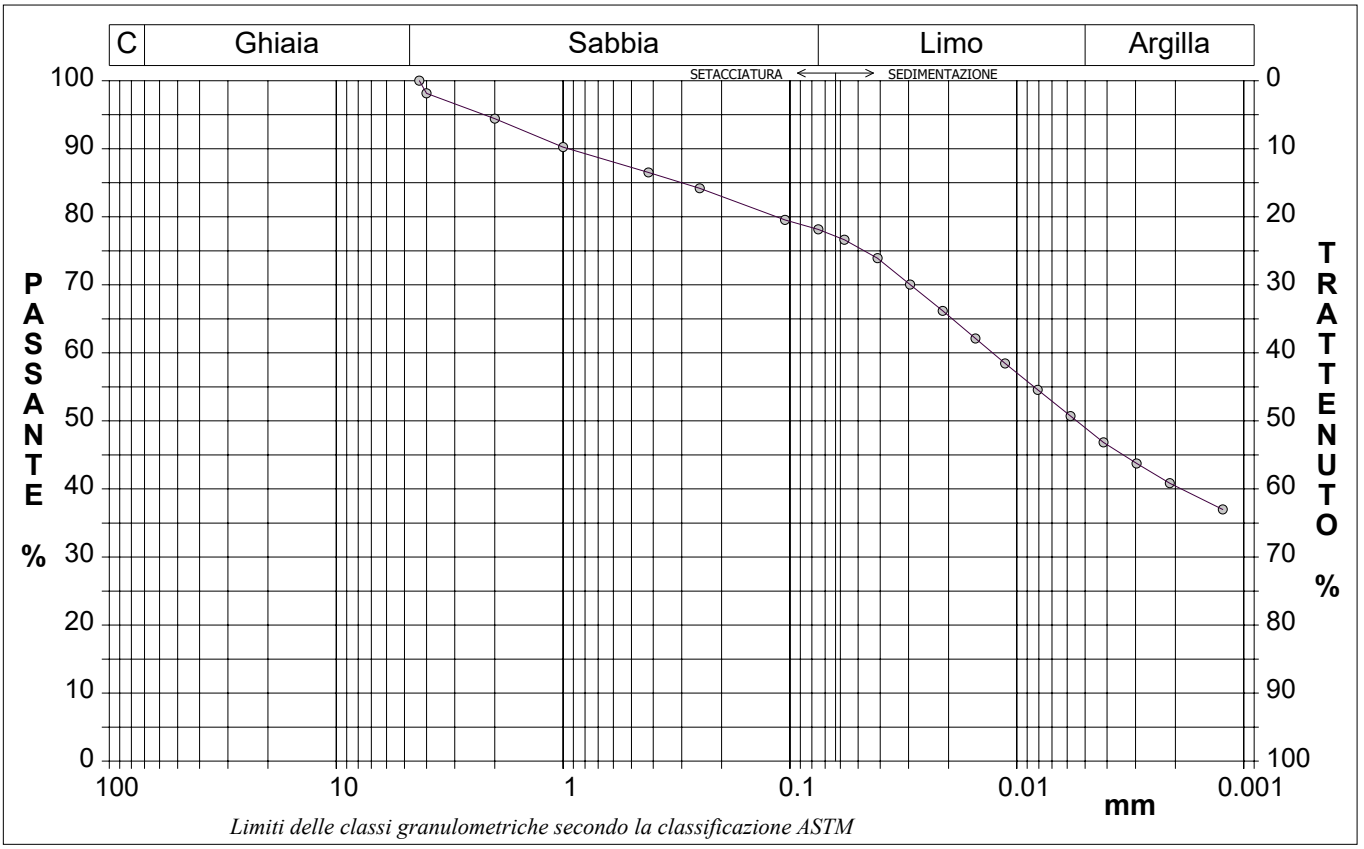
RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-4

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	94,4 %	D_{10}	--- mm
Sabbia	21,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	86,5 %	D_{30}	--- mm
Limo	29,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	78,1 %	D_{50}	0,00545 mm
Argilla	49,0 %			D_{60}	0,01281 mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	0,94722 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,3000	100,00	0,2500	84,19	0,0295	70,04	0,0058	50,71		
4,0000	98,14	0,1050	79,53	0,0212	66,18	0,0042	46,84		
2,0000	94,42	0,0750	78,14	0,0152	62,12	0,0030	43,75		
1,0000	90,23	0,0575	76,62	0,0113	58,44	0,0021	40,85		
0,4200	86,51	0,0411	73,91	0,0081	54,58	0,0012	36,98		

Analisi granulometrica per via umida.

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02911 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi:	04/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

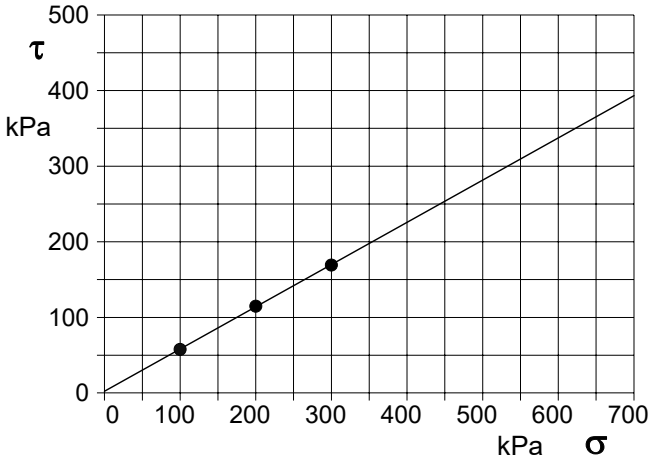
Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-10

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Disturbato	Disturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	58	115	169
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	6,00	7,00	7,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,33	0,58	0,89
Umidità naturale (%):	- - -	- - -	- - -
Peso di volume (kN/m³):	- - -	- - -	- - -

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	2,4 kPa
Angolo di attrito interno:	29,2 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



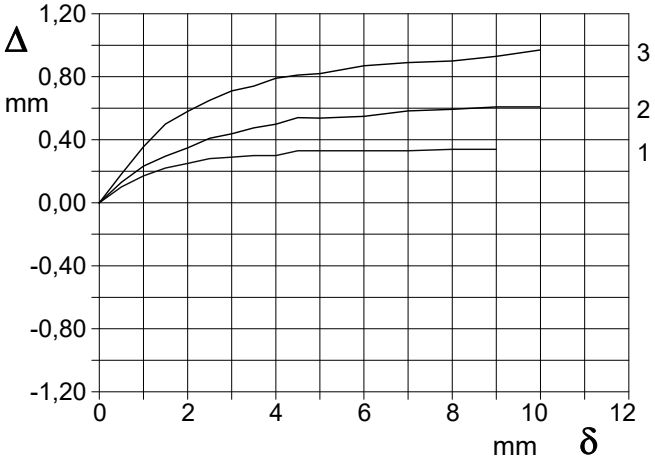


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

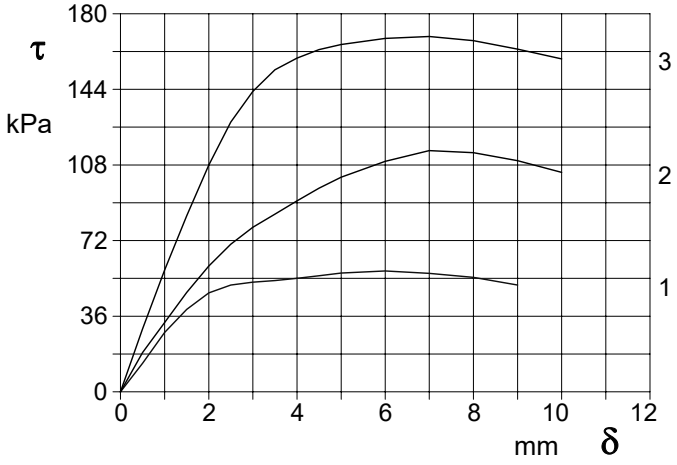


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02911 Pagina 2/2		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-10

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,928
Sezione (cm²):	28,30
T_{100} (min)	121,5
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,006

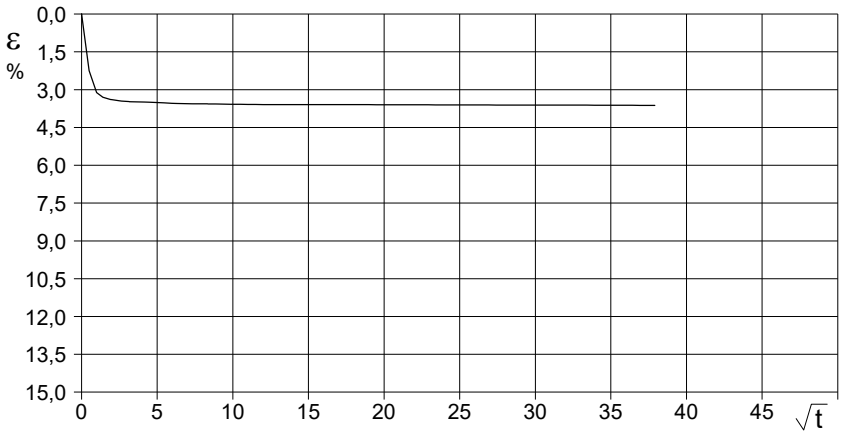


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,883
Sezione (cm²):	28,30
T_{100} (min)	181,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,004

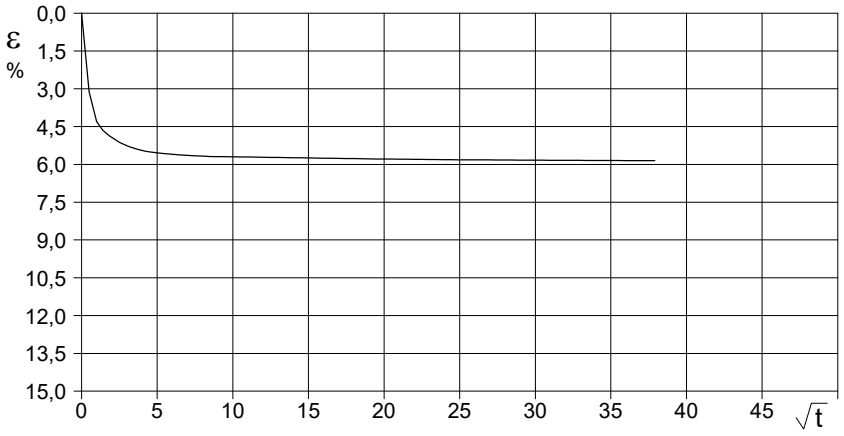
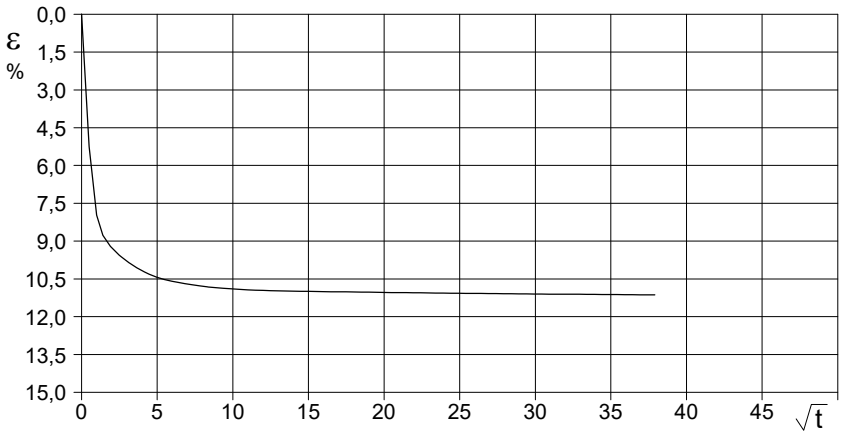


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,777
Sezione (cm²):	28,30
T_{100} (min)	211,9
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,003



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 10 \times T_{100}$ Vs = Df / tf

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

COMMITTENTE:	Agenzia del Demanio della Liguria	
RIFERIMENTO:	Ex Caserma Crespi Imperia	
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Peso specifico	26,5	kN/m³

ANALISI GRANULOMETRICA

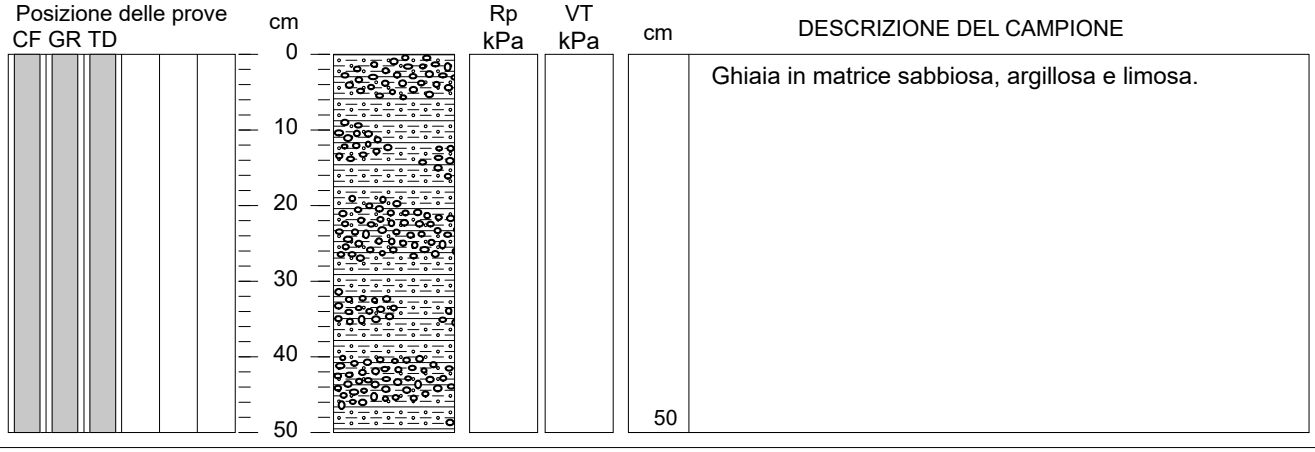
Ghiaia	28,5	%
Sabbia	35,4	%
Limo	15,5	%
Argilla	20,6	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	1,2	kPa
Angolo di attrito interno:	31,0	°

FOTOGRAFIA





Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02912 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	29/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi:	29/02/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-3

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,5 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,5 kN/m³

Metodo: ☉ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 27,0 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02913 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi: 29/02/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

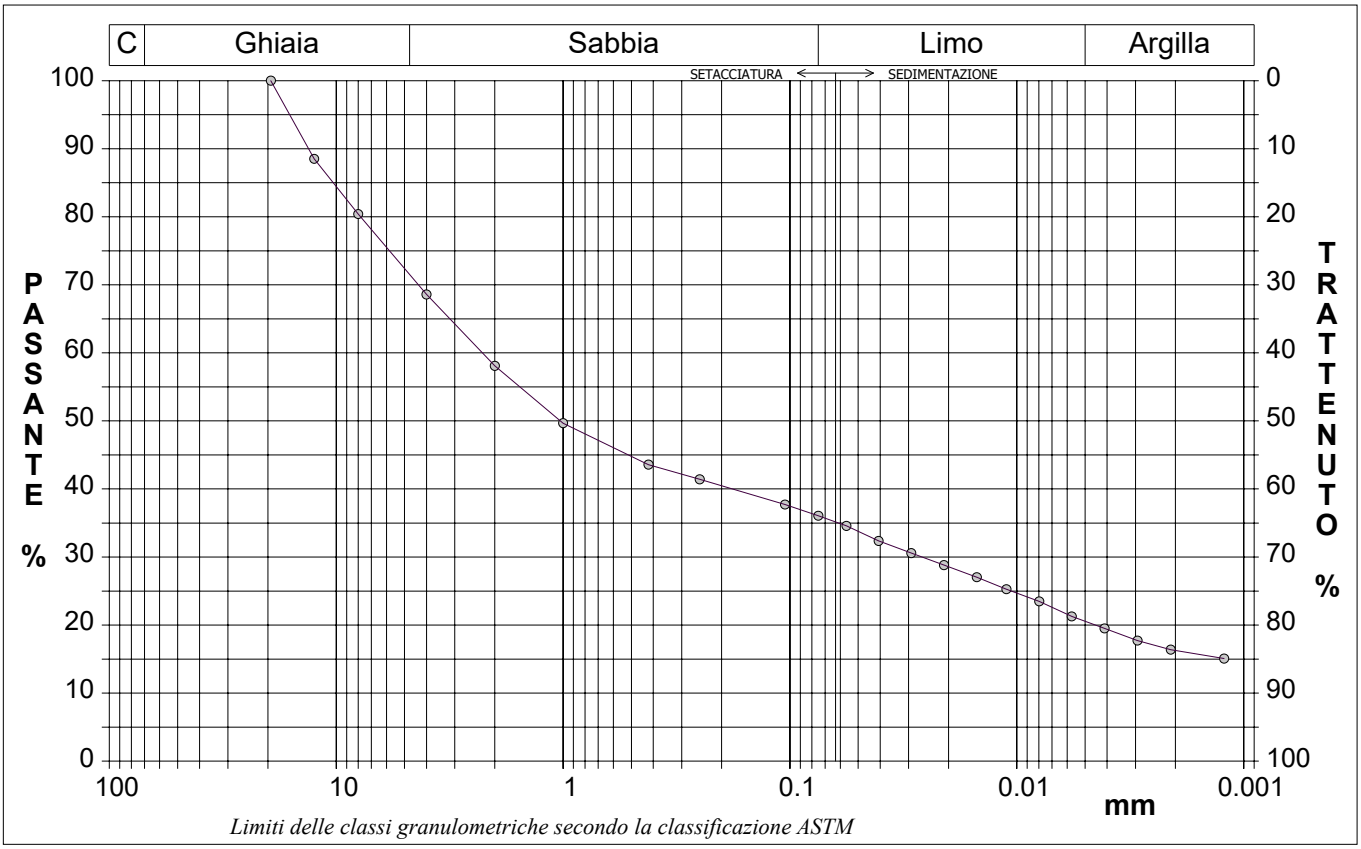
RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-4

Ghiaia	28,5 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	58,1 %	D_{10}	--- mm
Sabbia	35,4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	43,6 %	D_{30}	0,02616 mm
Limo	15,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	36,1 %	D_{50}	1,02811 mm
Argilla	20,6 %			D_{60}	2,26678 mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	13,23164 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,4000	100,00	1,0000	49,66	0,0564	34,58	0,0111	25,27	0,0021	16,40
12,5000	88,51	0,4200	43,58	0,0407	32,36	0,0080	23,49	0,0012	15,07
8,0000	80,41	0,2500	41,42	0,0292	30,59	0,0057	21,28		
4,0000	68,58	0,1050	37,72	0,0209	28,81	0,0041	19,50		
2,0000	58,11	0,0750	36,07	0,0150	27,04	0,0029	17,73		

Analisi granulometrica per via umida.

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02914 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi:	04/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

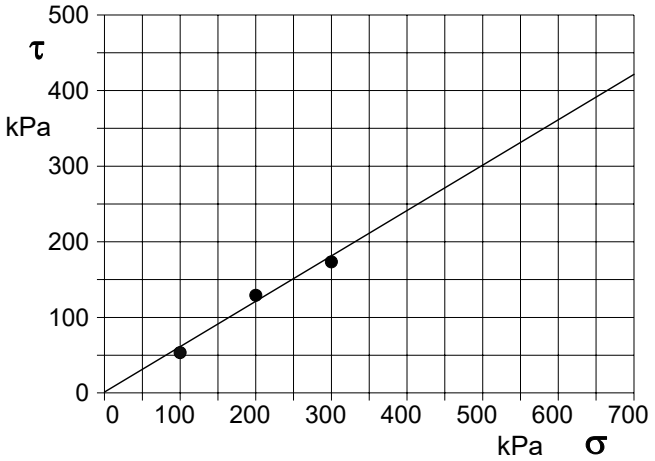
Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-10

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Ricostituito	Ricostituito	Ricostituito
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	53	129	173
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	12,00	12,00	12,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,87	0,07	0,98
Umidità naturale (%):	- - -	- - -	- - -
Peso di volume (kN/m³):	- - -	- - -	- - -

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	1,2 kPa
Angolo di attrito interno:	31,0 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



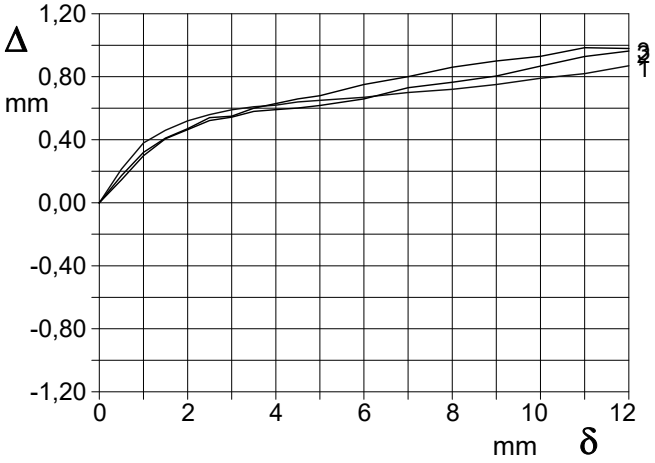


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

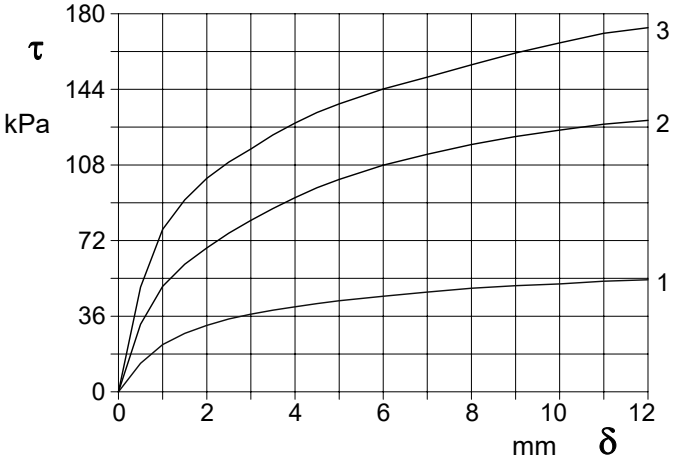


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Prova eseguita sul passante al setaccio 6mm.

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02914 Pagina 2/2		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-10

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,859
Sezione (cm²):	36,00
T_{100} (min)	507,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,001

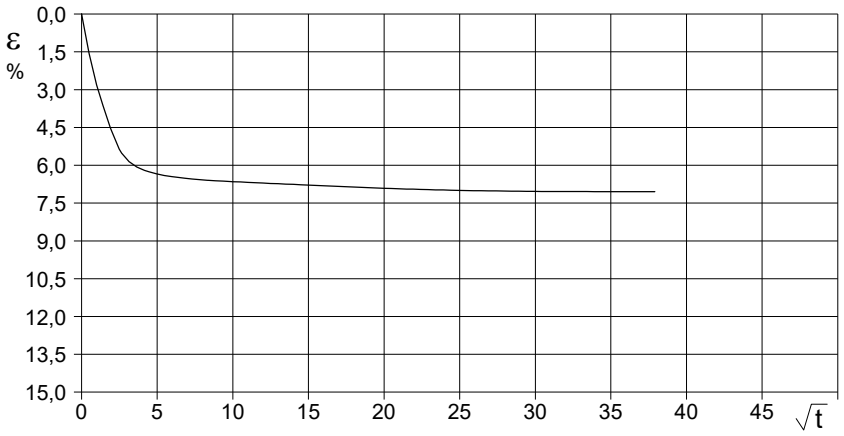


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,901
Sezione (cm²):	36,00
T_{100} (min)	141,2
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,005

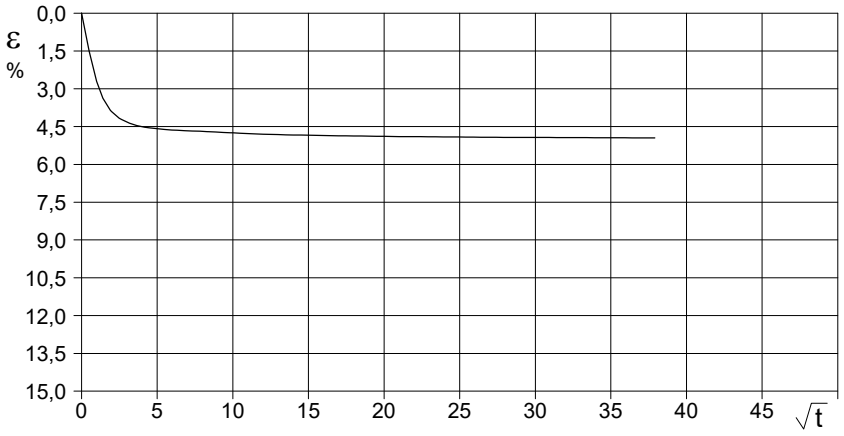
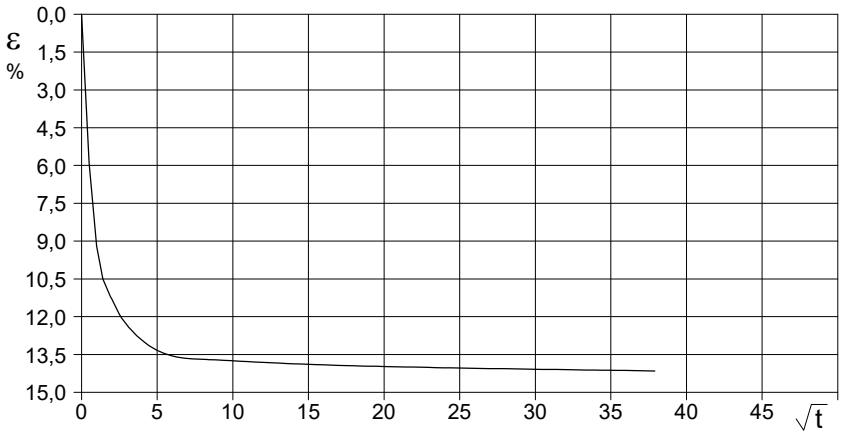


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,717
Sezione (cm²):	36,00
T_{100} (min)	308,2
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,002



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 10 \times T_{100}$ Vs = Df / tf

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria
RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 7,50 - 8,00

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	24,0	%
Peso di volume	19,8	kN/m³
Peso di volume secco	15,9	kN/m³
Peso di volume saturo	19,9	kN/m³
Peso specifico	26,6	kN/m³
Indice dei vuoti	0,665	
Porosità	39,9	%
Grado di saturazione	97,8	%

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,5 ÷ 25,0	1697	- - -	- - -
25,0 ÷ 50,0	2316	- - -	- - -
50,0 ÷ 100,0	2825	- - -	- - -
100,0 ÷ 200,0	3639	- - -	- - -
200,0 ÷ 400,0	5775	- - -	- - -
400,0 ÷ 800,0	9135	0,000669	7,18E-09
800,0 ÷ 1600,0	16820	- - -	- - -

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	36,2	%
Limite di plasticità	18,9	%
Indice di plasticità	17,3	%
Indice di consistenza	0,70	
Passante al set. n° 40	SI	

FOTOGRAFIA

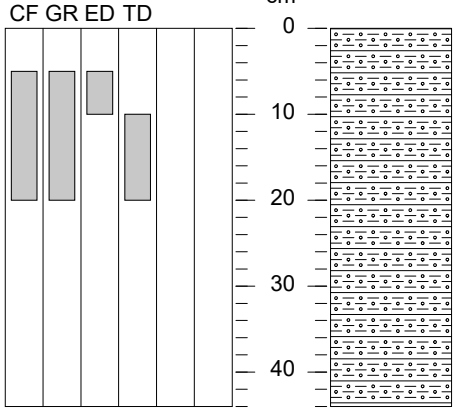


ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	34,9	%
Limo	29,1	%
Argilla	36,0	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	1,7	kPa
Angolo di attrito interno:	28,2	°



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
260			Argilla, sabbia e limo.
260			
200			
		44	

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02915 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 11/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi: 12/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 7,50 - 8,00

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-1

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 24,0 %

Struttura del materiale:
- ◉ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02916 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	11/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi:	11/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 7,50 - 8,00

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-2

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 19,8 kN/m³

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02917 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	14/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi:	14/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 7,50 - 8,00

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-3

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,6 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,5 kN/m³

Metodo: ☉ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 26,0 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02918 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 14/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi: 15/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 7,50 - 8,00

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-12

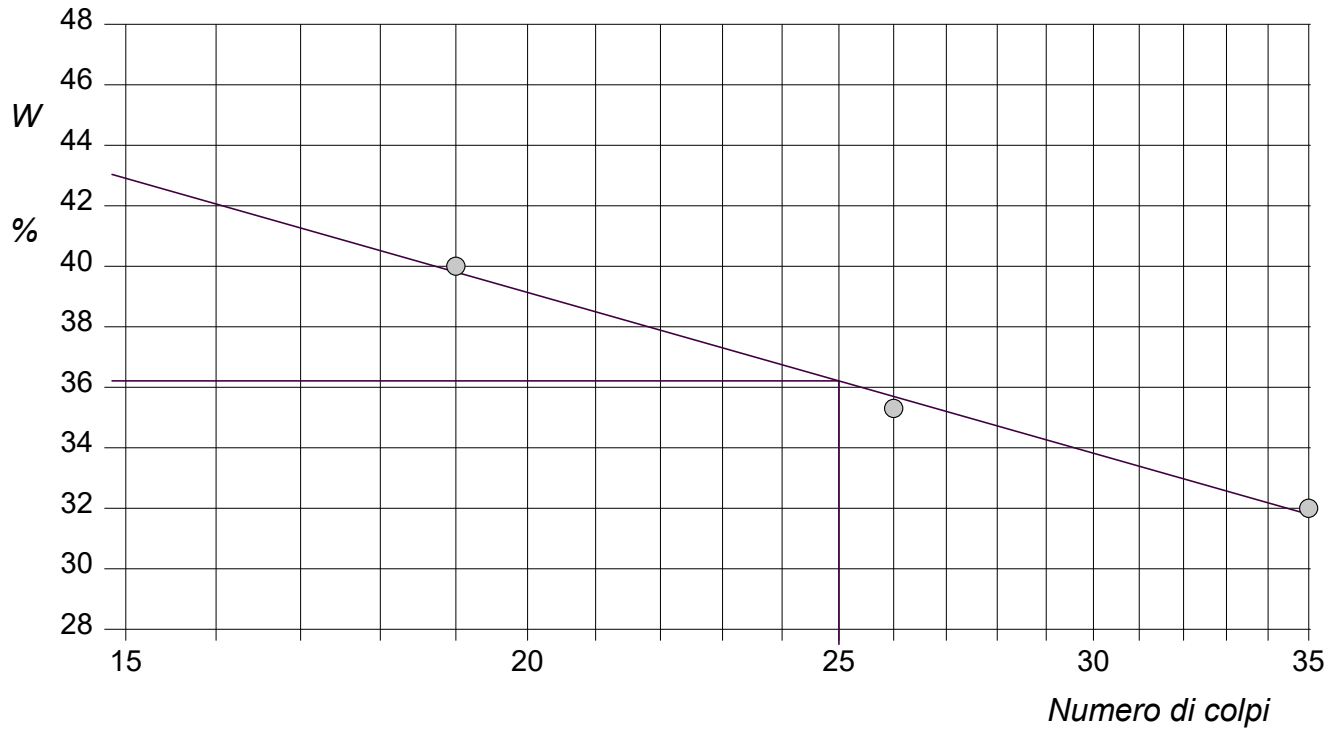
Limite di liquidità	36,2	%
Limite di plasticità	18,9	%
Indice di plasticità	17,3	%

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					
Numero di colpi	19	26	35		
Umidità (%)	40,0	35,3	32,0		

LIMITE DI PLASTICITA'		
Umidità (%)	18,9	18,8
Umidità media	18,9	

Determinazione del Limite di liquidità



Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02918 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	14/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi:	15/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

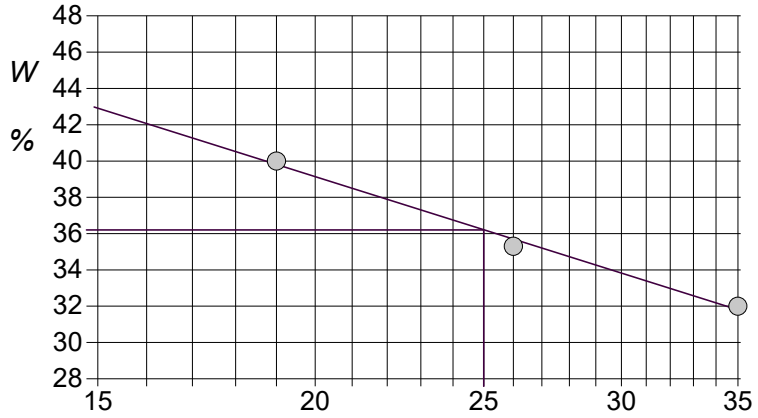
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 7,50 - 8,00

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-12

Limite di liquidità	36,2	%
Limite di plasticità	18,9	%
Indice di plasticità	17,3	%
Indice di consistenza	0,70	
Passante al set. n° 40	SI	

Determinazione del Limite di liquidità



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	**I - Media compressibilità**
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)

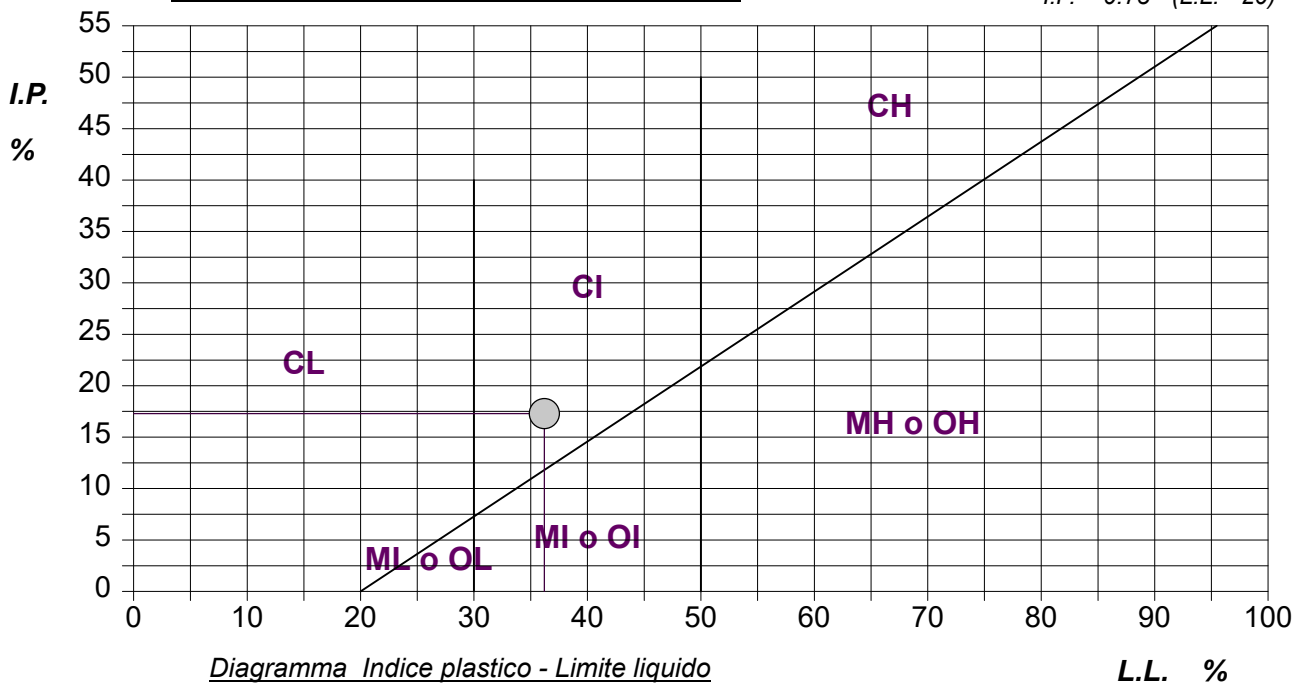


Diagramma Indice plastico - Limite liquido

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02919 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 11/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi: 14/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

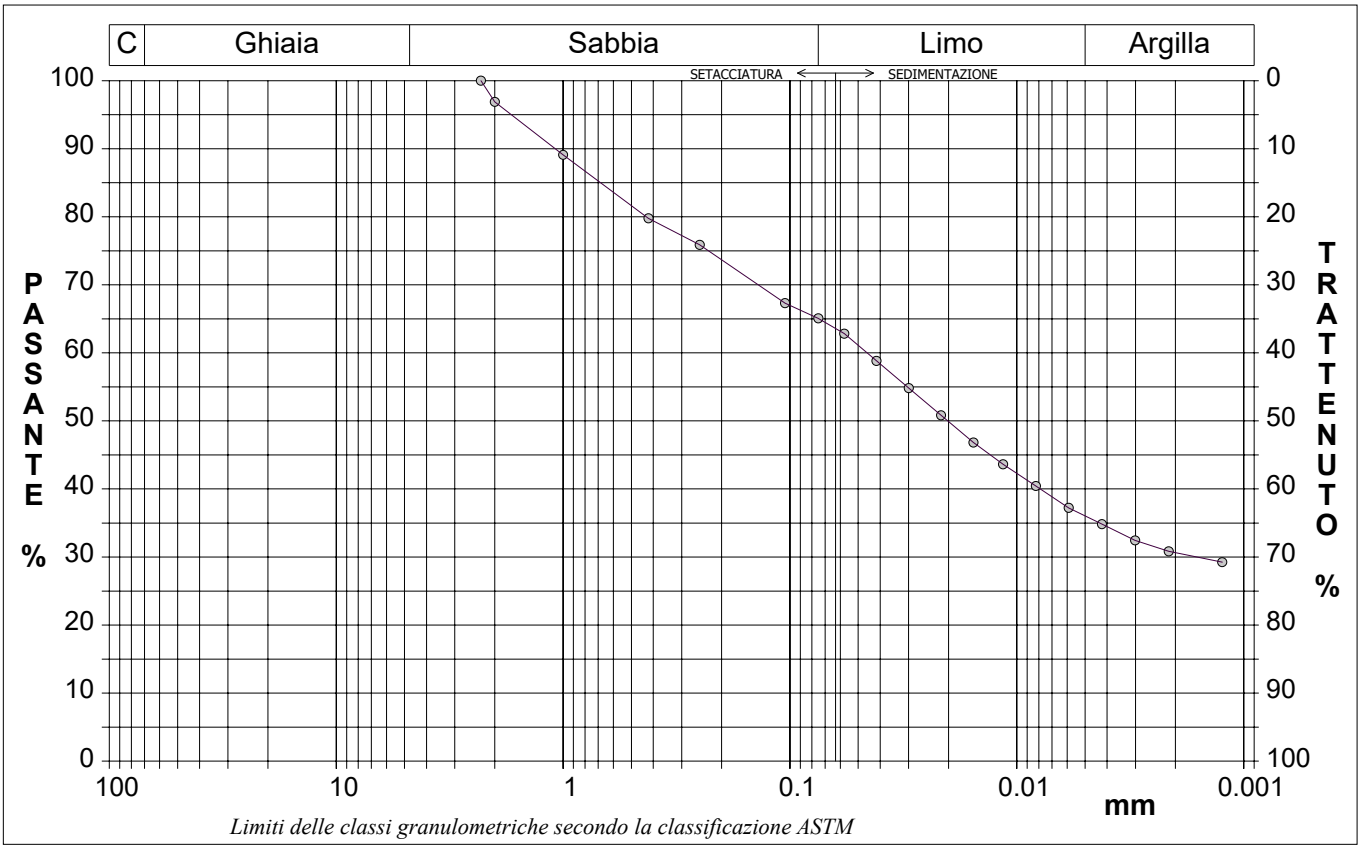
RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 7,50 - 8,00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-4

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	96,9 %	D_{10}	--- mm
Sabbia	34,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	79,8 %	D_{30}	0,00161 mm
Limo	29,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	65,1 %	D_{50}	0,02017 mm
Argilla	36,0 %			D_{60}	0,04578 mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	1,08298 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,3000	100,00	0,1050	67,32	0,0216	50,82	0,0042	34,84		
2,0000	96,89	0,0750	65,07	0,0155	46,83	0,0030	32,44		
1,0000	89,11	0,0576	62,81	0,0115	43,63	0,0021	30,84		
0,4200	79,77	0,0416	58,82	0,0082	40,43	0,0012	29,24		
0,2500	75,88	0,0300	54,82	0,0059	37,23				

Analisi granulometrica per via umida.

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02920 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 11/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi: 26/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 7,50 - 8,00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-5

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	19,53
Umidità (%)	26,0
Peso specifico (kN/m³)	26,55
Altezza provino (cm)	1,67
Diametro provino (cm)	5,05
Sezione provino (cm²)	20,03
Volume provino (cm³)	33,38
Volume dei vuoti (cm³)	13,90
Indice dei vuoti	0,71
Porosità (%)	41,63
Saturazione (%)	98,8

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

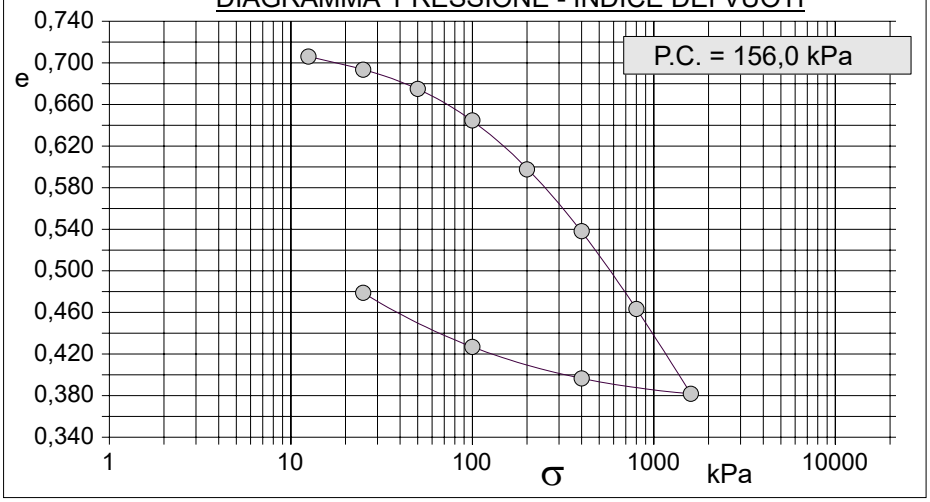
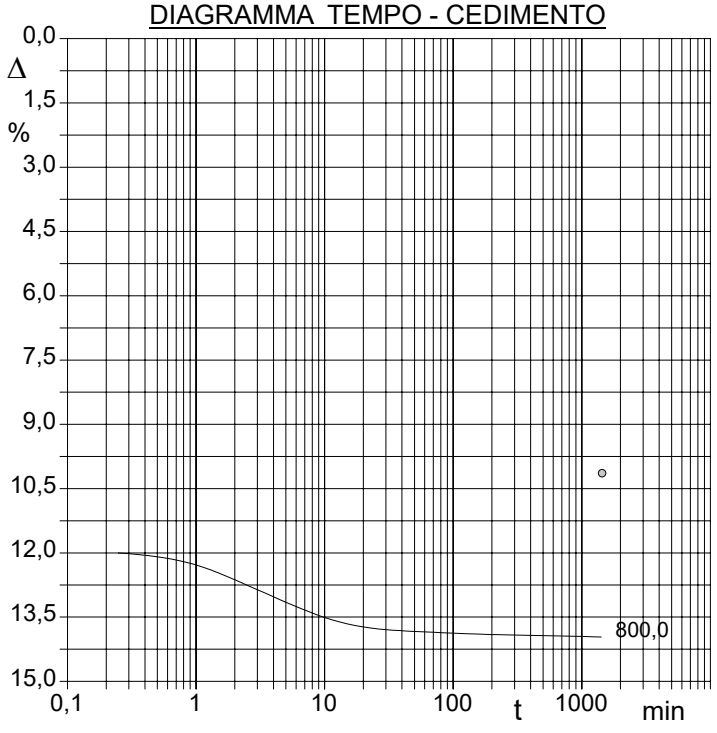
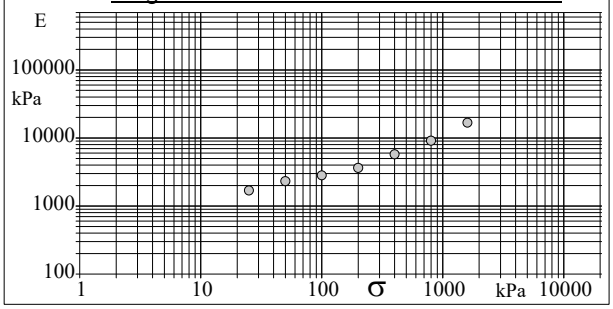


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,5	7,0	0,706				
25,0	19,3	0,693	0,042	1697		
50,0	37,3	0,675	0,061	2316		
100,0	66,8	0,645	0,101	2825		
200,0	112,6	0,598	0,156	3639		
400,0	170,3	0,538	0,197	5775		
800,0	243,3	0,463	0,249	9135	0,000669	7,18E-09
1600,0	322,5	0,382	0,271	16820		
400,0	308,1	0,397				
100,0	278,7	0,427				
25,0	228,0	0,479				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02920 Pagina 2/2		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 11/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi: 26/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

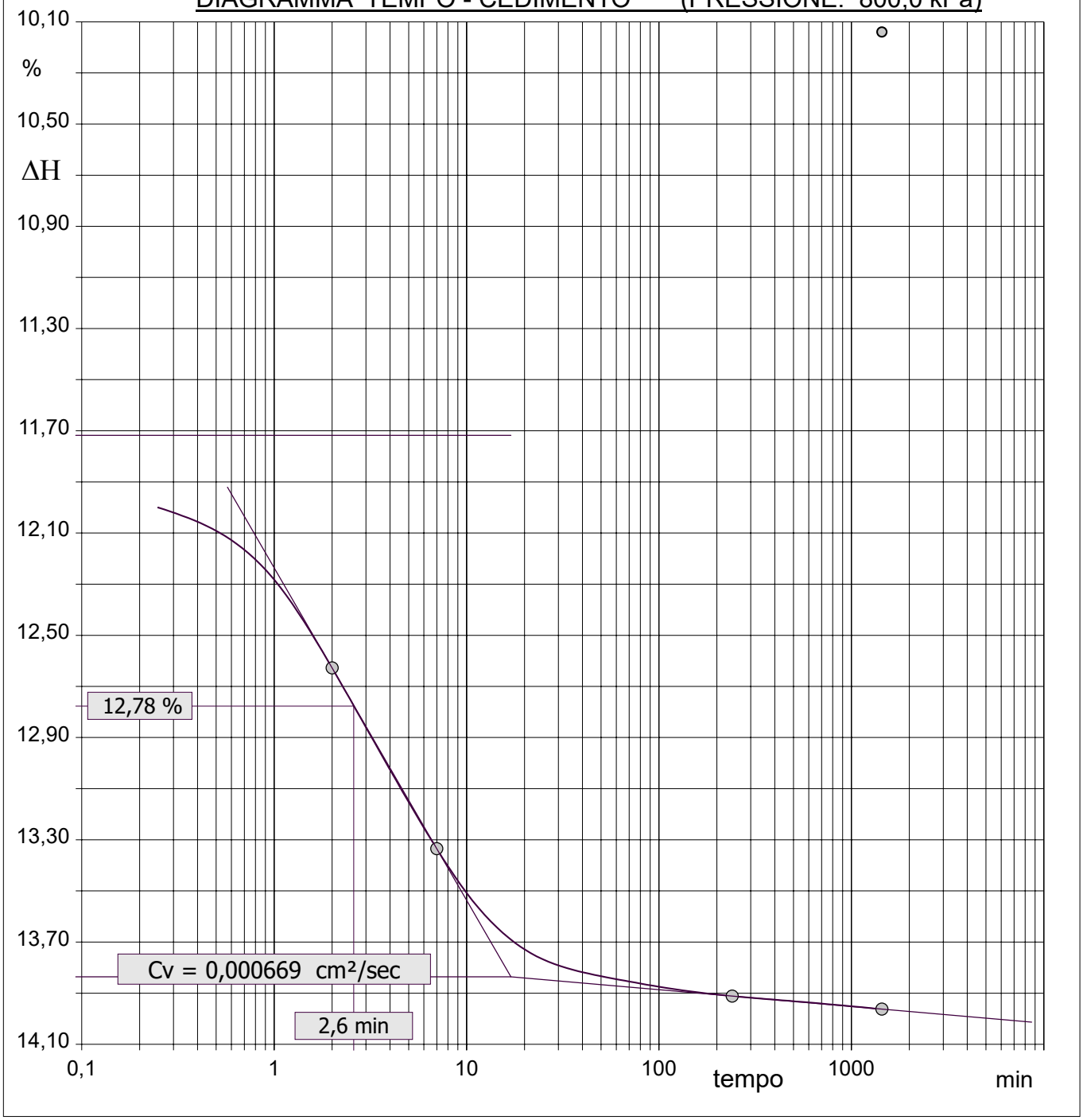
RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 7,50 - 8,00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-5

DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO (PRESSIONE: 800,0 kPa)



SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02921 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 11/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi: 18/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 7,50 - 8,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

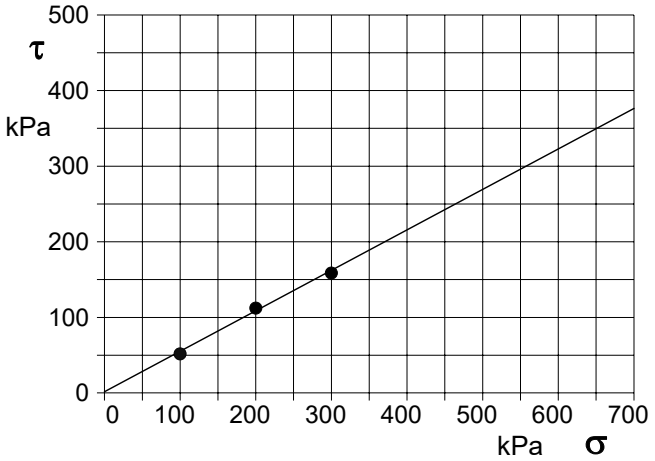
Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-10

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	52	112	159
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,00	4,00	3,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,33	0,47	0,55
Umidità naturale (%):	- - -	- - -	- - -
Peso di volume (kN/m³):	- - -	- - -	- - -

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	1,7 kPa
Angolo di attrito interno:	28,2 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,005 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



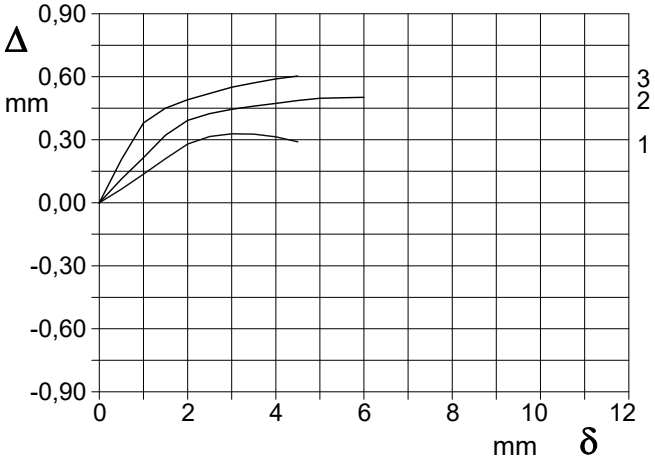


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

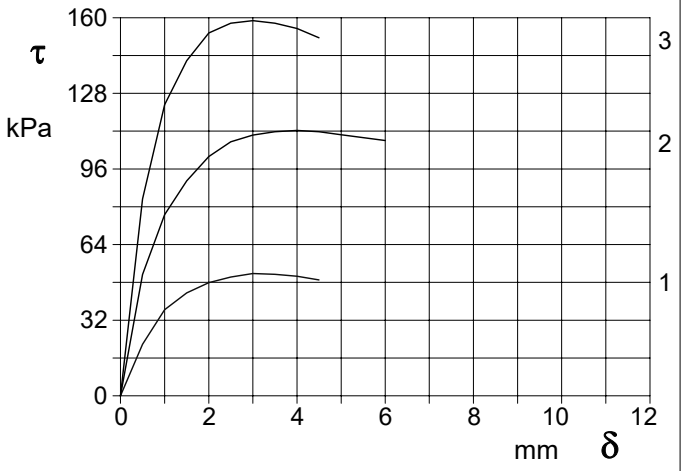


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02921 Pagina 2/2		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 11/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi: 18/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 7,50 - 8,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-10

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,933
Sezione (cm²):	28,30
T_{100} (min)	100,6
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,007

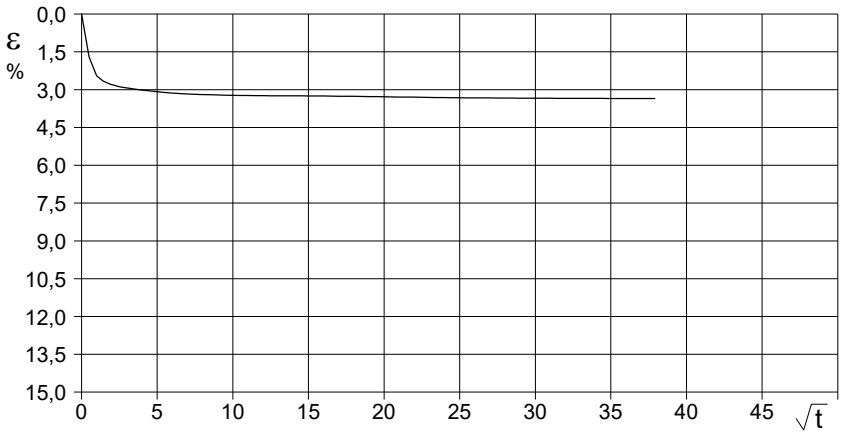


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,859
Sezione (cm²):	28,30
T_{100} (min)	151,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,005

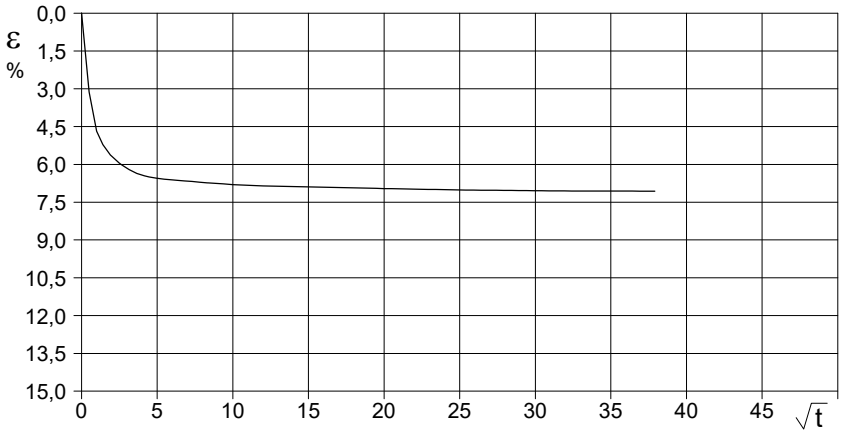
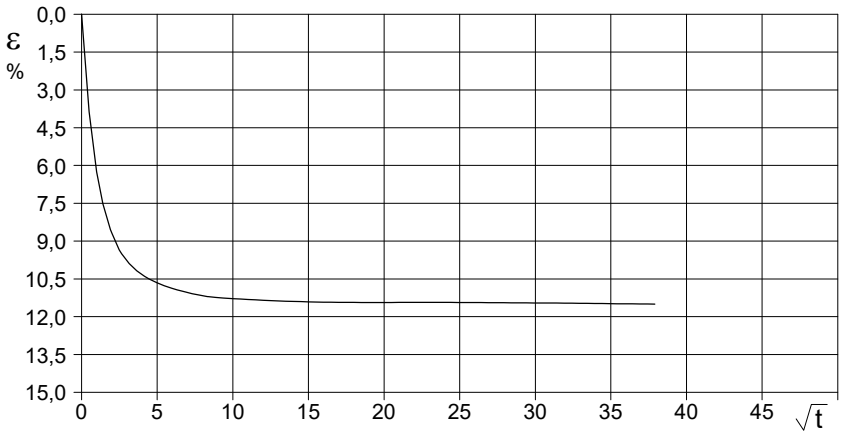


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,770
Sezione (cm²):	28,30
T_{100} (min)	202,3
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,003

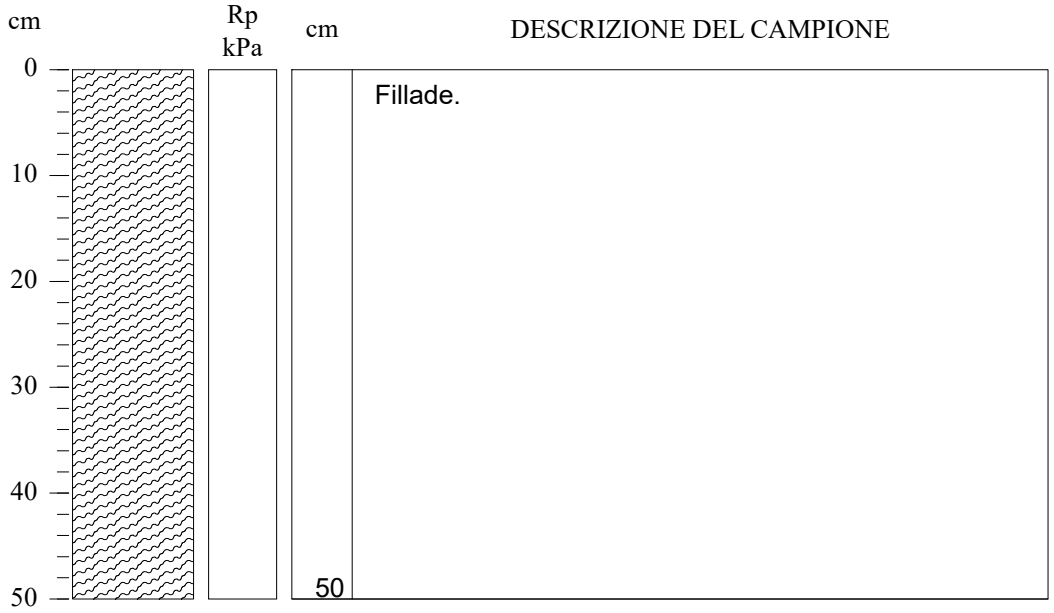


Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 10 \times T_{100}$ Vs = Df / tf

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

COMMITTENTE:	Agenzia del Demanio della Liguria	
RIFERIMENTO:	Ex Caserma Crespi Imperia	
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C4	PROFONDITA': m 9,00 - 9,50





TIPO DI CAMPIONE

- [ ] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [x] Massivo
- [ ] Sciolto

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [ ] Q5 (Ottima)
- [x] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

DIMENSIONE DEL CAMPIONE

Lato: 80 mm

CONTENITORE

Fustella PVC

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02922 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi:	26/02/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 9,00 - 9,50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-2

Determinazione eseguita mediante pesata idrostatica

Peso di volume allo stato naturale = 25,6 kN/m³

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

3FLaboratori S.r.l.
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' n. Q-3081-22
UNI EN ISO 9001:2015 (IAF 34)
Certificato da: TUV AUSTRIA ITALIA - Blu Solutions S.r.l.

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI D.P.R.380/2001
Certificazione Settore <A> Terreno esteso: prove sugli AGGREGATI (tutte)
Prove di densità in sito, Prove di carico su piastra, Prove di carico su pali.

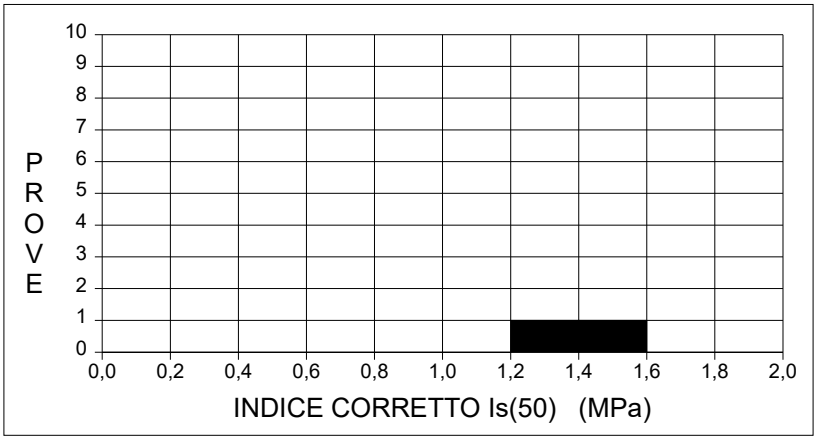
CERTIFICATO DI PROVA N°: 02923 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi: 26/02/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria
RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 9,00 - 9,50

POINT LOAD TEST

INDICE CORRETTO Is(50)

Prove eseguite:	2
Valore massimo	1,43
Valore medio	1,33
Valore minimo	1,22



Prova n°	Forma Rottura	Piani di debolezza	Altezza mm	Larghezza mm	Carico kN	Indice Is MPa	Indice Is(50) MPa
1	C	A	66,6	67,5	5,80	1,013	1,221
2	C	A	51,3	67,5	5,55	1,259	1,430

Il valore medio viene calcolato considerando tutti i valori

Forma del provino e tipo di rottura
A - Blocco
B - Cilindrico - rottura diametrale
C - Cilindrico - rottura assiale
D - Informe

Posizione dei piani di debolezza
A - Assenti
B - Perpendicolari alla direzione del carico
C - Paralleli alla direzione del carico
D - In direzioni varie

Sperimentatore

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02924 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi:	27/02/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 9,00 - 9,50

MASSA VOLUMICA DEI GRANULI E ASSORBIMENTO D'ACQUA

Metodo con cestello a rete

Massa volumica dei granuli (Mg/m³):	**3,11**
Massa volumica dei granuli essiccati (Mg/m³):	**2,18**
Massa volumica in condizioni di saturazione (Mg/m³):	**2,48**
Assorbimento d'acqua (%):	**13,8**

Sperimentatore

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria		
RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

cm	Rp kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
0 – 10 – 20 – 30 – 40 – 50		50	Fillade.



TIPO DI CAMPIONE

- [x] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [ ] Massivo
- [ ] Sciolto

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [ ] Q5 (Ottima)
- [x] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

DIMENSIONE DEL CAMPIONE

Diametro: 80 mm

CONTENITORE

Fustella PVC

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02932 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi:	26/02/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-2

Determinazione eseguita mediante pesata idrostatica

Peso di volume allo stato naturale = 25,8 kN/m³

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

3FLaboratori S.r.l.
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' n. Q-3081-22
UNI EN ISO 9001:2015 (IAF 34)
Certificato da: TUV AUSTRIA ITALIA - Blu Solutions S.r.l.

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI D.P.R.380/2001
Certificazione Settore <A> Terreno esteso: prove sugli AGGREGATI (tutte)
Prove di densità in sito, Prove di carico su piastra, Prove di carico su pali.

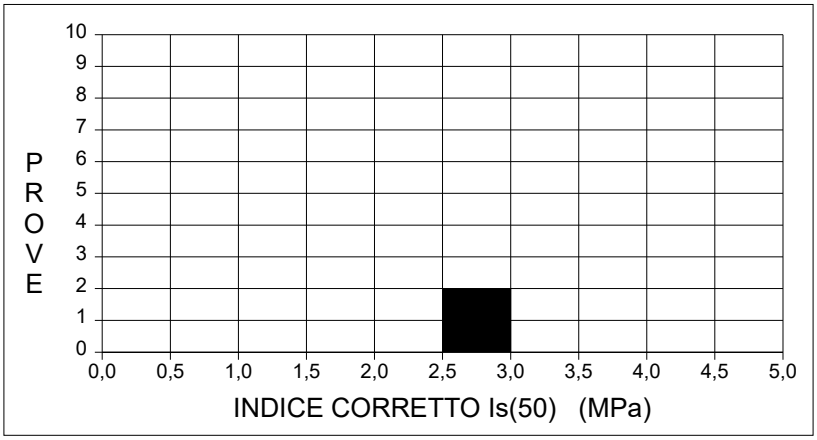
CERTIFICATO DI PROVA N°: 02933 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi: 26/02/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria
RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

POINT LOAD TEST

INDICE CORRETTO Is(50)

Prove eseguite:	2
Valore massimo	2,68
Valore medio	2,60
Valore minimo	2,53



Prova n°	Forma Rottura	Piani di debolezza	Altezza mm	Larghezza mm	Carico kN	Indice Is MPa	Indice Is(50) MPa
1	C	A	53,0	82,0	11,70	2,114	2,528
2	C	A	58,0	82,0	13,30	2,196	2,680

Il valore medio viene calcolato considerando tutti i valori

Forma del provino e tipo di rottura
A - Blocco
B - Cilindrico - rottura diametrale
C - Cilindrico - rottura assiale
D - Informe

Posizione dei piani di debolezza
A - Assenti
B - Perpendicolari alla direzione del carico
C - Paralleli alla direzione del carico
D - In direzioni varie

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02934 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi:	27/02/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

MASSA VOLUMICA DEI GRANULI E ASSORBIMENTO D'ACQUA

Metodo con cestello a rete

Massa volumica dei granuli (Mg/m³):	**2,69**
Massa volumica dei granuli essiccati (Mg/m³):	**2,60**
Massa volumica in condizioni di saturazione (Mg/m³):	**2,64**
Assorbimento d'acqua (%):	**1,3**

Sperimentatore

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

COMMITTENTE:	Agenzia del Demanio della Liguria	
RIFERIMENTO:	Ex Caserma Crespi Imperia	
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

Rp kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	48	Arenaria quarzosa.



TIPO DI CAMPIONE

- [x] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [ ] Massivo
- [ ] Sciolto

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [ ] Q5 (Ottima)
- [x] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

DIMENSIONE DEL CAMPIONE

Diametro: 80 mm

CONTENITORE

Fustella PVC

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02925 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	11/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi:	11/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-2

Determinazione eseguita mediante pesata idrostatica

Peso di volume allo stato naturale = 26,2 kN/m³

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02927 Pagina 1/2		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 11/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi: 11/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

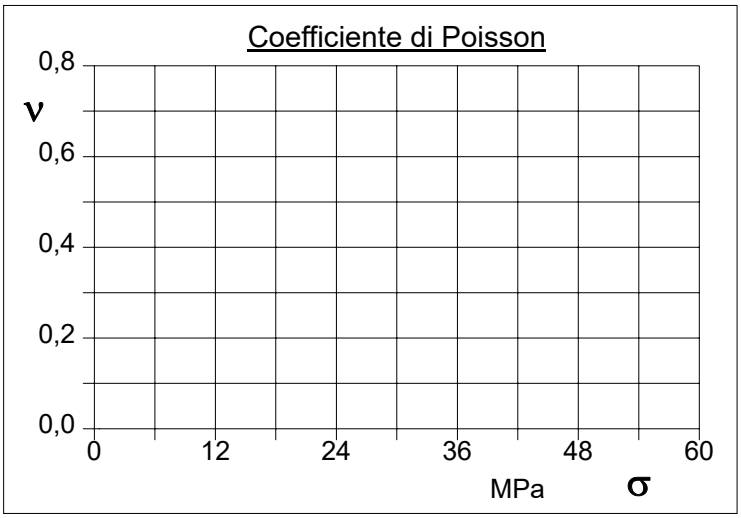
RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

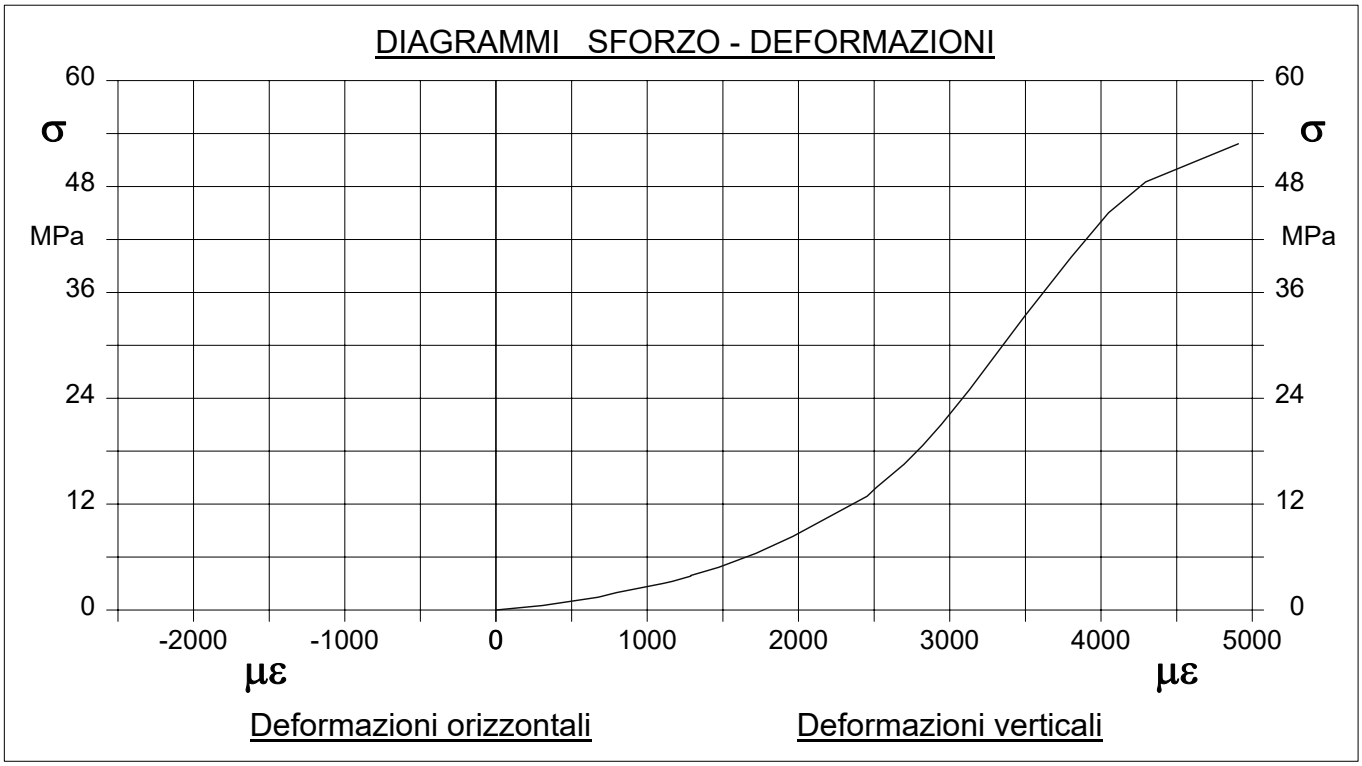
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE

Modalità di prova: Norma ASTM D7012

Provino n°:	1
Massa provino (g)	2212,3
Diametro (cm):	8,15
Altezza (cm):	16,30
Sezione (cm²):	52,17
Peso di volume (kN/m³):	25,5
Deformazione verticale (με)	4908
Modulo elastico tangente (MPa):	6210
Modulo elastico secante (MPa):	9530
Pressione a rottura (MPa)	52,85





SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02928 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 11/03/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 11/03/24	Fine analisi: 12/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 6,00 - 6,50

MASSA VOLUMICA DEI GRANULI E ASSORBIMENTO D'ACQUA

Metodo con cestello a rete

Massa volumica dei granuli (Mg/m³):	**2,21**
Massa volumica dei granuli essiccati (Mg/m³): Massa	**2,17**
volumica in condizioni di saturazione (Mg/m³):	**2,19**
Assorbimento d'acqua (%):	**0,8**

Sperimentatore

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

COMMITTENTE:	Agenzia del Demanio della Liguria	
RIFERIMENTO:	Ex Caserma Crespi Imperia	
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C3	PROFONDITA': m 10,50 - 11,00

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Peso specifico	26,7	kN/m³

ANALISI GRANULOMETRICA

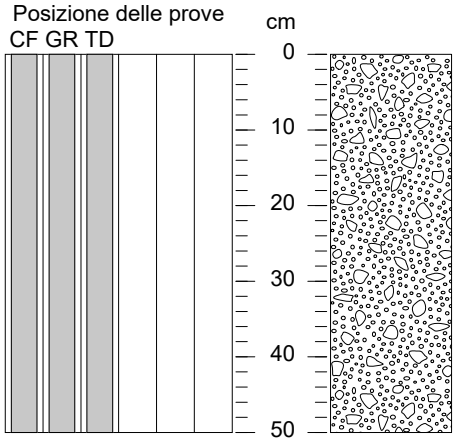
Ghiaia	24,1	%
Sabbia	59,5	%
Limo	9,1	%
Argilla	7,3	%

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	3,2	kPa
Angolo di attrito interno:	30,5	°

FOTOGRAFIA





Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
		50	Ghiaia in matrice sabbiosa debolmente argillosa e sabbiosa.

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02929 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	29/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi:	29/02/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 10,50 - 11,00

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-3

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,7 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,6 kN/m³

Metodo: ☉ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 27,4 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02930 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi: 29/02/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

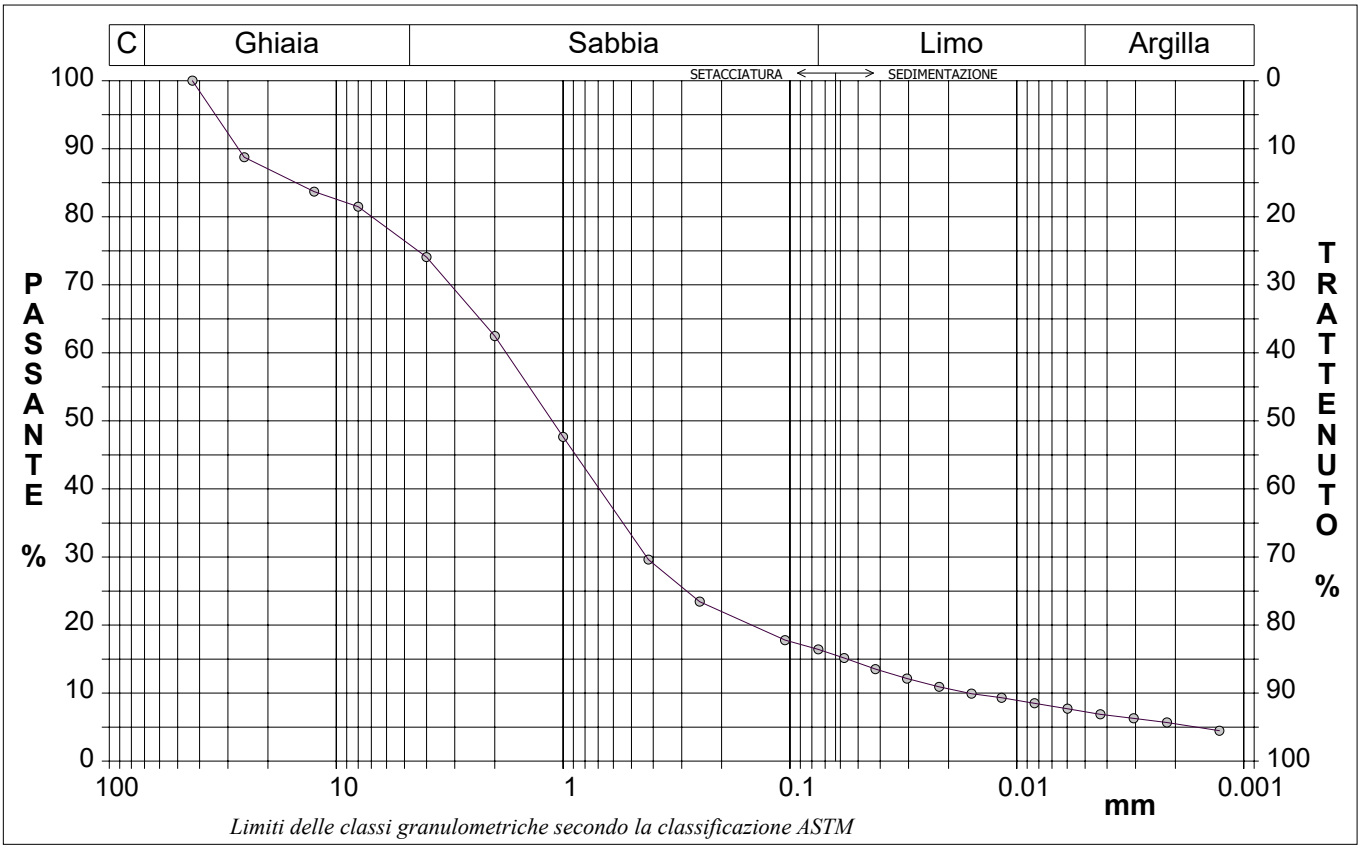
RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 10,50 - 11,00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-4

Ghiaia	24,1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	62,5 %	D_{10}	0,01626 mm
Sabbia	59,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	29,6 %	D_{30}	0,42755 mm
Limo	9,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	16,4 %	D_{50}	1,11600 mm
Argilla	7,3 %			D_{60}	1,78180 mm
Coefficiente di uniformità	109,56	Coefficiente di curvatura	6,31	D_{90}	26,92161 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
43,0000	100,00	2,0000	62,47	0,0750	16,44	0,0158	9,92	0,0031	6,29
25,4000	88,76	1,0000	47,65	0,0576	15,15	0,0117	9,31	0,0022	5,69
12,5000	83,70	0,4200	29,63	0,0420	13,54	0,0084	8,51	0,0013	4,48
8,0000	81,48	0,2500	23,46	0,0305	12,13	0,0060	7,70		
4,0000	74,07	0,1050	17,78	0,0220	10,92	0,0043	6,90		

Analisi granulometrica per via umida.

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02931 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi:	26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24	Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi:	04/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 10,50 - 11,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

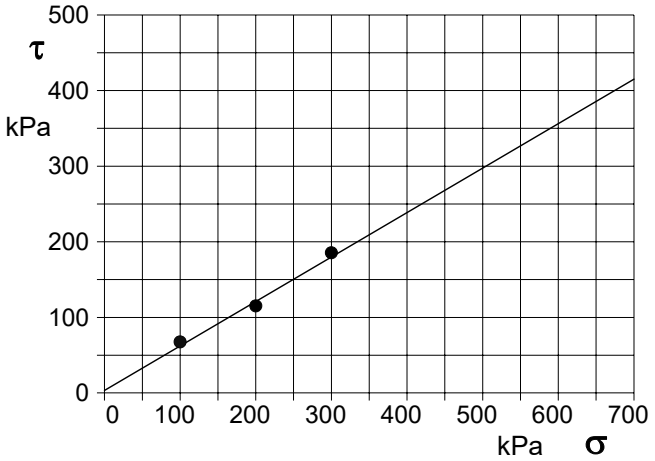
Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-10

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	68	115	185
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	7,00	8,00	8,00
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,98	0,94	0,86
Umidità naturale (%):	- - -	- - -	- - -
Peso di volume (kN/m³):	- - -	- - -	- - -

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	3,2 kPa
Angolo di attrito interno:	30,5 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



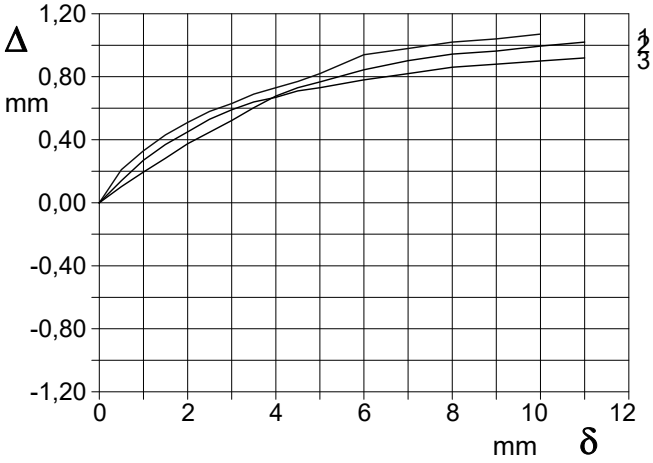


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

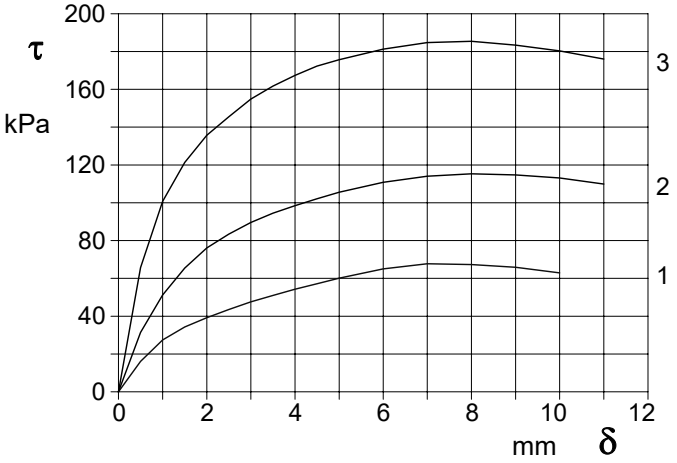


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02931 Pagina 2/2		DATA DI EMISSIONE: 11/04/24	Inizio analisi: 26/02/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 453 del 31/01/24		Apertura campione: 26/02/24	Fine analisi: 04/03/24

COMMITTENTE: Agenzia del Demanio della Liguria

RIFERIMENTO: Ex Caserma Crespi Imperia

SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 10,50 - 11,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI EN 17892-10

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,947
Sezione (cm²):	28,30
T_{100} (min)	169,7
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,004

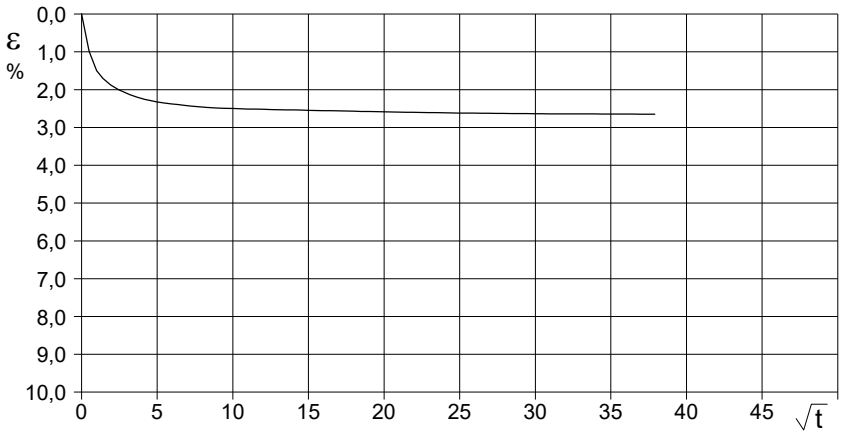


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,900
Sezione (cm²):	28,30
T_{100} (min)	295,6
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,002

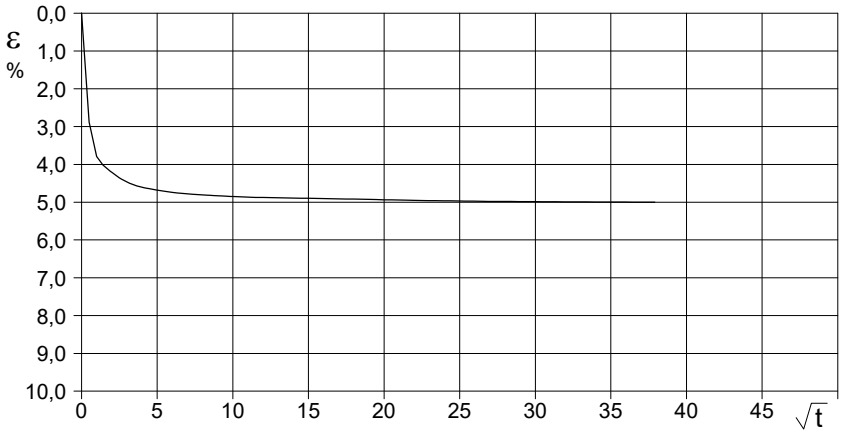
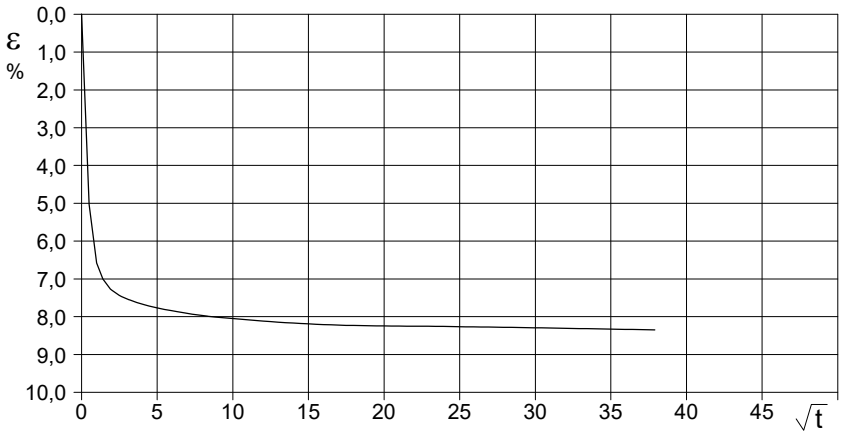


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,833
Sezione (cm²):	28,30
T_{100} (min)	320,1
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,002



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 10 \times T_{100}$ Vs = Df / tf

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Sperimentatore
Marco Fornasiero geologo

Direttore tecnico
Enrico Fornasiero ingegnere