

CITTA' DI
VENEZIA



Committente:
Comune di Venezia
Area lavori pubblici, mobilità e trasporti
San Marco, 4136
30124 Venezia (VE)



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE RELATIVE AL PROGETTO DI "RIQUALIFICAZIONE URBANA SPAZI PIAZZA MERCATO MARGHERA" NELL'AREA DI PIAZZA MERCATO, LOCALITA' MARGHERA IN COMUNE DI VENEZIA (VE)

RELAZIONE GEOLOGICA

Data: aprile 2023

Estensori: J. Perin



GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Sede Legale: Spinea (VE) - via L. Negrelli, 17/i – 30038 Tel/Fax 041-481046
www.impresageodis.com – email: info@impresageodis.com – PEC: geodis@ticertifica.it
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E



INDICE

PREMESSE.....	3
Obiettivo dell'indagine geologica	3
Normativa di riferimento.....	3
Limitazioni di responsabilità	4
Indagini eseguite	4
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA.....	5
INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA	7
Inquadramento geologico- strutturale.....	7
Fasi evolutive	8
Caratteristiche litostratigrafiche di Porto Marghera	10
Inquadramento geomorfologico	11
Inquadramento idrogeologico	12
Inquadramento sismico	14
METODOLOGIE IMPIEGATE	15
Indagini geognostiche.....	15
Perforazioni di Sondaggio.....	15
Prove penetrometriche statiche di tipo elettrico (CPTU)	17
Prove di dissipazione delle pressioni neutre	17
Indagini geofisiche.....	18
Analisi multicanale delle onde superficiali	18
Indagini geofisiche con sismica passiva	20
ANALISI DEI DATI	21
Caratterizzazione geologica e geotecnica	21
Ricostruzione litologica del sito	21
Risultati delle indagini di laboratorio geotecnico	21
Stima parametri geotecnici da prova Cptu	22
Caratterizzazione sismica	25
Risultati delle indagini geofisiche	25
Stati limite	28
Calcolo azione sismica di progetto	29
Verifica della liquefazione dei terreni	30
Verifiche geotecniche	33
NOTE CONCLUSIVE	34
BIBLIOGRAFIA	35
APPENDICI	
APPENDICE 1	
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	
APPENDICE 2	
RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE	
APPENDICE 3	
RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE	

APPENDICE 4

CERTIFICATI DI PROVA DI LABORATORIO GEOTECNICO

APPENDICE 5

ATLANTE FOTOGRAFICO

PREMESSE

Geodis Srl ha ricevuto l'incarico da parte del Comune di Venezia, di fornire dei servizi geognostici e geologici nell'ambito del progetto "Riqualificazione urbana spazi Piazza Mercato Marghera - CUP: F73D21002190001 – CIG: Z7C3A6D3D7" presso l'area in prossimità di Piazza Mercato in località Marghera, nel comune di Venezia (VE).

Le verifiche in questione sono state eseguite allo scopo di fornire valutazioni di supporto alla progettazione dell'intervento in oggetto, così come previsto dalla normativa vigente emanata con D.M. 17 gennaio 2018 "nuove Norme Tecniche per le Costruzioni". Tali disposizioni di legge stabiliscono i criteri da osservare per la pianificazione delle indagini specialistiche e per le verifiche di fattibilità.

Le attività di cantiere hanno previsto:

- l'esecuzione di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo, con profondità della perforazione di 30 m p.c., esecuzione di prove in foro e prelievo di campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio geotecnico; al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato opportunamente allestito mediante piezometro a tubo aperto per la verifica del livello di falda;
- l'esecuzione di n. 1 prova penetrometrica statica elettrica (CPTU), con profondità di 20 m p.c. per caratterizzare dal punto di vista geotecnico il terreno e come strumento di taratura per il prelievo di campioni nelle perforazioni, durante la quale sono state eseguite 3 prove di dissipazione;
- l'esecuzione di un'acquisizione sismica di tipo MASW per la misura delle velocità delle onde sismiche di tipo S nei primi 30 m di profondità (VS30);
- l'esecuzione di un'acquisizione sismica di tipo HVSR per la definizione della frequenza di sito, attraverso un tromografo digitale triassiale.

OBIETTIVO DELL'INDAGINE GEOLOGICA

L'obiettivo del servizio si sostanzia nelle prestazioni professionali e sul campo relative all'esecuzione di campagne di indagine geotecnica-geognostica, finalizzate alla rappresentazione della situazione litostratigrafica ed alla parametrizzazione geotecnica dei terreni indispensabili per la definizione delle caratteristiche meccaniche dei suoli.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I riferimenti legislativi utilizzati per la redazione della presente relazione sono:

- D.M. 17 gennaio 2018.
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n.7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018" (pubblicata nel supplemento ordinario n.5 della G.U. n.35 del 11.02.2019).
- Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche Associazione Geotecnica Italiana (1977).
- Ordinanza n° 3274 del 20.03.03 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Ordinanza del P.C.M. 28 aprile 2006 n. 3519 – Criteri Generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.

LIMITAZIONI DI RESPONSABILITÀ

Questo rapporto tecnico si fonda sull'applicazione di conoscenze e di leggi scientifiche riconosciute ma anche di calcoli e di valutazioni professionali circa eventi o fenomeni suscettibili di interpretazione. Le stime e le considerazioni ivi espresse sono basate su informazioni acquisite e fornite dalla Committenza/Progettista o comunque disponibili al momento dell'indagine e sono strettamente condizionate dai limiti imposti dalla tipologia e dalla consistenza dei dati utilizzabili, dalle risorse fruibili per il caso di specie, nonché dal programma di lavoro indicato dal Committente/Progettista. Si precisa che qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione utilizzata e di problematiche incontrate durante la fase di acquisizione. I profili di Vs ricavati con questa metodologia, come tutti i metodi indiretti, non presentano una soluzione univoca e quindi più modelli possono fornire curve sintetiche simili tra loro. Questo rapporto si basa inoltre sulla conoscenza professionale degli attuali standard e codici, tecnologia e legislazione della Comunità Europea. Modifiche e aggiornamenti di quanto sopra citato potrebbero rendere inappropriate o scorrette le conclusioni, le raccomandazioni e le indicazioni stilate nel testo. Le conclusioni ed i suggerimenti operativi contenuti nel presente rapporto vanno intesi come proposte di intervento e non come azioni vincolanti, salvo ciò non sia specificatamente indicato. Si tiene a precisare, che le valutazioni contenute in questo rapporto sono state elaborate da tecnici e pertanto rivestono un carattere esclusivamente tecnico, non costituendo in alcun modo parere legale. Gli Autori rispondono unicamente al Committente circa la corrispondenza del rapporto emesso, in ordine agli obiettivi delle ricerche definite nell'ambito dell'incarico e non possono farsi carico di responsabilità per danni, rivendicazioni, perdite, azioni o spese, qualora subite anche da terzi, come risultato di decisioni prese o azioni condotte e basate sul rapporto stesso. Il tipo di indagine geologica e le quantità dei punti sono stati concordati con la Committenza; Geodis S.r.l. non intende, pertanto, fornire alcuna garanzia, espressa o implicita, utilizzabile per qualsiasi finalità, relativa alle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni nei settori di proprietà non indagati.

INDAGINI ESEGUITE

INDAGINI ESEGUITE NEL SITO

Le attività effettuate ai fini dell'indagine geotecnica hanno previsto l'esecuzione di n. 1 perforazione di sondaggio a carotaggio continuo e di n. 1 prova penetrometrica per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni, e l'esecuzione di n. 2 prove sismiche per la definizione delle categorie e la determinazione della pericolosità sismica del sottosuolo.

Preliminarmente all'esecuzione delle suddette indagini si è resa necessaria una serie di attività preliminari così sintetizzate:

- Sopralluogo e ricerca strutture interrato.

Le attività di indagini geognostiche previste dal piano di indagine sono di seguito indicate:

- Esecuzione di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo, con profondità della perforazione di 30 m p.c., esecuzione di prove in foro e prelievo di campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio geotecnico; al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato opportunamente allestito mediante piezometro a tubo aperto per la verifica del livello di falda;
- Esecuzione di n. 1 prova penetrometrica statica elettrica (CPTU), con profondità di 20 m p.c. per caratterizzare dal punto di vista geotecnico il terreno e come strumento di taratura per il prelievo di campioni nelle perforazioni, durante la quale sono state eseguite 3 prove di dissipazione;
- Esecuzione di n. 1 prova sismica attiva MASW per la determinazione di curve di dispersione delle onde superficiali di tipo Rayleigh e la misura delle velocità delle onde sismiche di tipo S nei primi 30 m di profondità (VS30);
- Esecuzione di un'acquisizione sismica di tipo HVSR per la definizione della frequenza di sito, attraverso un tromografo digitale triassiale.

ATTIVITÀ PRELIMINARI ALLE INDAGINI

Preliminarmente all'esecuzione delle suddette indagini è stato eseguito un sopralluogo sulle aree di intervento per verificare l'agibilità delle vie di transito per le attrezzature e la presenza di uno spazio sufficiente per procedere con la terebrazione.

Successivamente si è resa necessaria un'attività di verifica della presenza di eventuali reti di sottoservizi (elettricità, gas, acqua potabile, fognatura, rete telefonica, fibre ottiche ecc..) e/o di strutture interrato presenti in corrispondenza di ciascun punto di indagine.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

L'area di indagine è ubicata in prossimità del complesso commerciale di Piazza Mercato in centro alla località Marghera nel Comune di Venezia (VE).



Figura 1a – stralcio della carta IGM 1: 25000 in scala 1:5000 con ubicazione dell'area di intervento

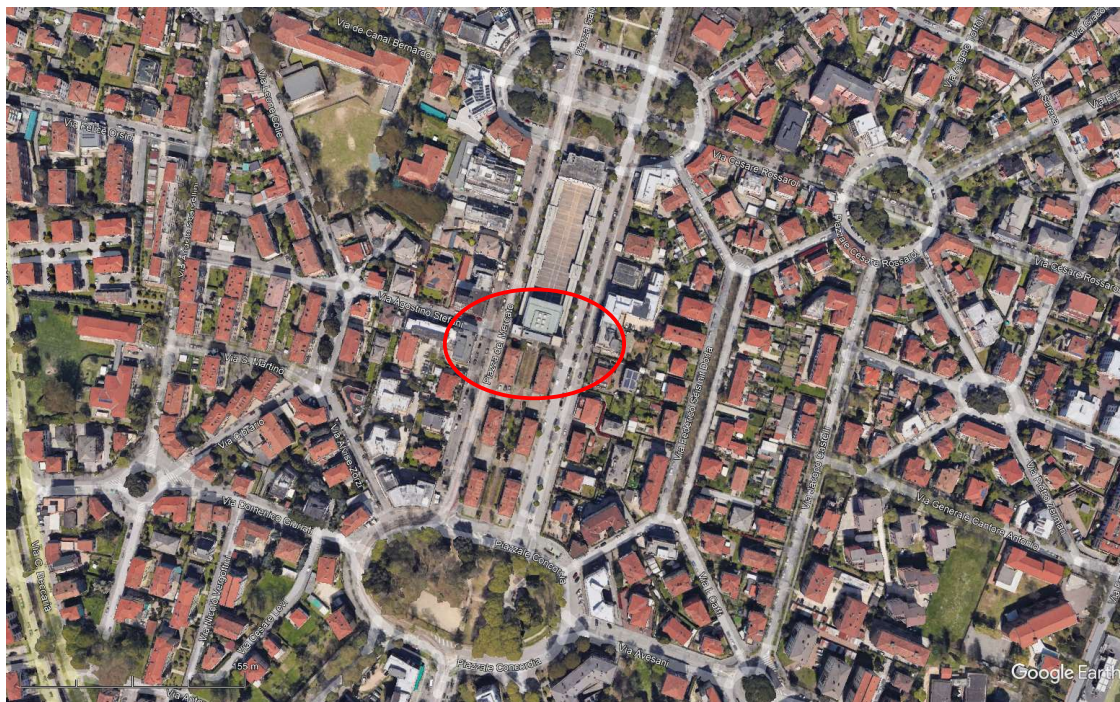


Figura 1b – corografia con ubicazione dell'area di intervento

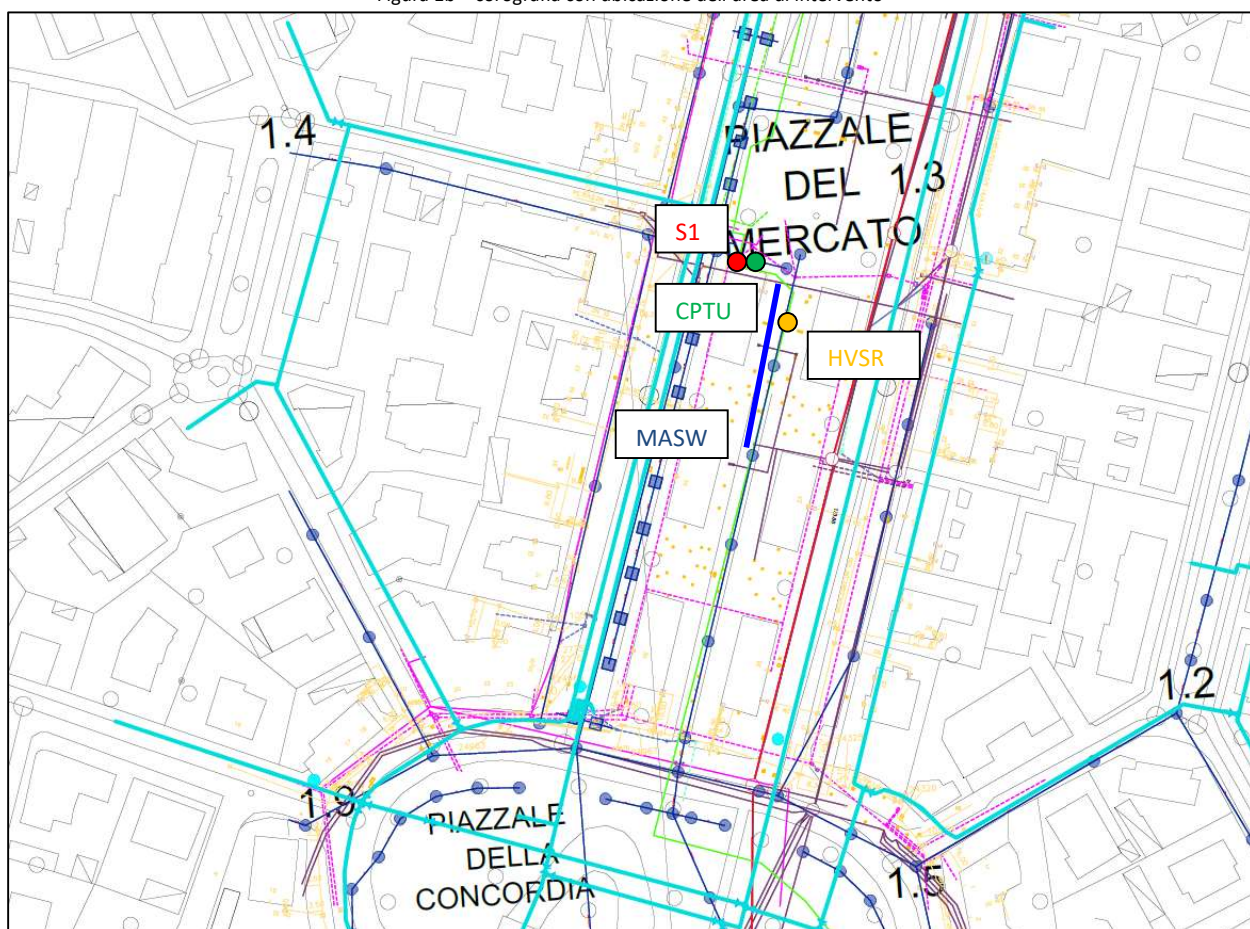


Figura 2 – planimetria con ubicazione dei punti d'indagine all'interno dell'area di intervento

INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA

INQUADRAMENTO GEOLOGICO- STRUTTURALE

Le deformazioni tettoniche che hanno caratterizzato l'evoluzione geologica del Veneto possono sintetizzarsi in tre macro fasi:

- Tettonica Paleozoica;
- Tettonica Mesozoica;
- Tettonica Alpina.

Gli effetti della *Tettonica Paleozoica* non sono facilmente riconoscibili ed i movimenti tettonici distensivi in quel periodo, singeneticamente alle fasi di deposizione, hanno favorito l'instaurarsi di cicli magmatici. La *Tettonica Mesozoica* si manifesta, nell'area alpina, con movimenti tensionali tali da portare allo sviluppo del margine passivo africano di cui le Alpi Meridionali ed il Veneto facevano parte. L'intera regione viene frammentata da una serie di faglie listriche sinsedimentarie in grandi alti e bassi strutturali, allineati in senso NNE SSW, che sono andati a condizionare fortemente l'evoluzione tettonica alpina della regione. Tra il Giurassico ed il Cretaceo termina l'espansione della Tetide ed inizia la sua evoluzione compressionale, risultato della sovrapposizione di due principali fasi: la prima fase tettonica produce nel Veneto nord orientale sovrascorrimenti e pieghe vergenti a WSW che deformano intensamente la copertura sedimentaria permo cenozoica generando il fronte della Catena Dinarica; al secondo ciclo deformativo, di età neogenica, sono imputabili il sollevamento delle montagne venete ed una serie di sovrascorrimenti con vergenza a sud. La scarsa influenza delle deformazioni neogeniche nel settore sud occidentale della montagna veneta che, delimitato ad est dalla faglia Schio Vicenza, comprende i Monti Lessini, i Colli Berici e i Colli Euganei, trova riscontro nell'assenza di molassa ai piedi dei rilievi montuosi (Vorlíček, 2008).

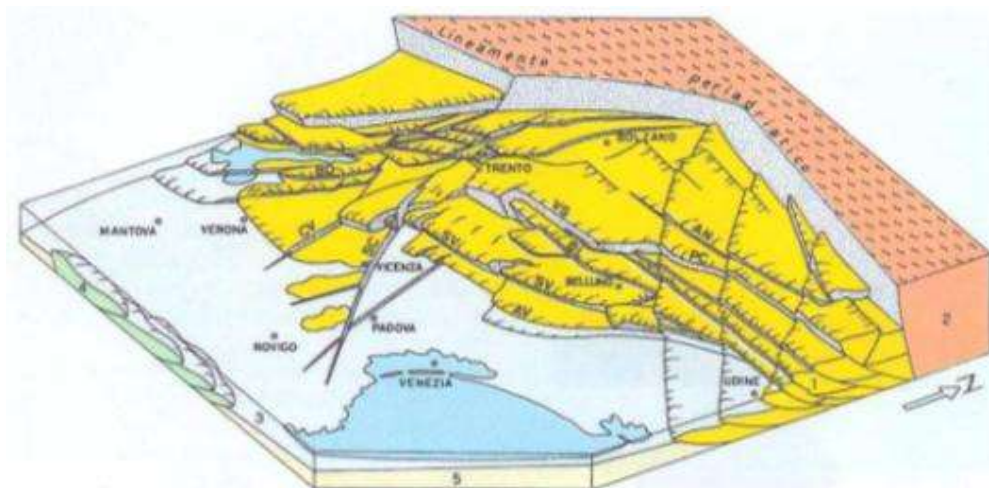


Figura 3 – Visione tridimensionale delle principali deformazioni Alpine: AN = Linea dell'Antelao; AV = Linea di Aviano; BD = Faglia del Monte Baldo; BL = Linea di Belluno; CV = Faglia di Castelvevo; FP = Fronte della Catena Appenninica; PC = Linea di Pieve di Cadore; SC = Faglia Schio - Vicenza; SV = Sovrascorrimento Schio - Valdobbiadene ("Flessura pedemontana")

Dal punto di vista geologico la pianura veneta si estende da NE a SW tra il corso del fiume Tagliamento e quello del Po. Le caratteristiche delle unità geologiche descritte in questo lavoro sono intimamente legate agli elementi geomorfologici riconoscibili in superficie; sono il prodotto dei processi deposizionali ed erosivi attuatisi tra il Pleistocene finale e l'Attuale (Figura 4).

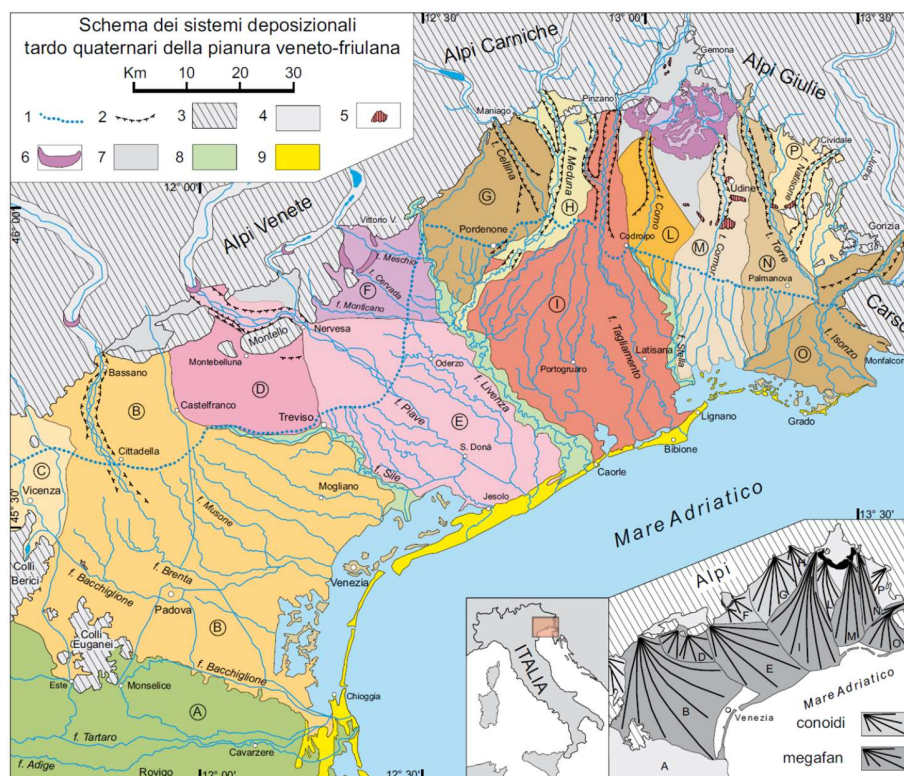


Figura 4 – Schema dei sistemi deposizionali tardo quaternari della pianura veneto-friulana (modificato da Fontana et al., 2 008). Nel riquadro in basso a destra uno schizzo semplificato dei conoidi e megafan. Simboli: 1) limite superiore delle risorgive; 2) orlo di terrazzo fluviale; 3) aree montuose e collinari; 4) principali valli alpine; 5) terrazzi tettonici; 6) cordoni morenici; 7) depositi di interconoide e delle zone intermontane; 8) depositi dei principali fiumi di risorgiva; 9) sistemi costieri e deltizi. Lettere: (A) pianura dell'Adige, (B) megafan del Brenta, (C) conoide dell'Astico, (D) megafan di Montebelluna, (E) megafan di Nervesa, (F) conoide del Monticano- Cervada- Meschio, (G) conoide del Cellina, (H) conoide del Meduna, (I) megafan del Tagliamento, (L) conoide del Corno, (M) megafan del Cormor, (N) megafan del Torre, (O) megafan dell'Isonzo, (P) conoide del Natisone.

Al momento non sembra possibile definire uno schema cronostratigrafico applicabile a tutti i sistemi alluvionali della pianura veneto-friulana, ma si può comunque individuare un'importante fase morfogenetica comune, legata alle fasi finali dell'Ultimo Massimo Glaciale (LGM compreso tra 30.000 e 17.000 anni fa circa) quando, i ghiacciai alpini con le loro fronti arrivarono in pianura, segnando una delle più importanti fasi evolutive.

FASI EVOLUTIVE

Le fasi evolutive che vengono prese in considerazione sono 3 e di seguito vengono brevemente illustrate nelle loro caratteristiche principali.

PRE – LGM (>30.000 ANNI FA)

Il periodo Pre- LGM fù caratterizzato da un'iniziale fase di sedimentazione, dovuta a condizioni climatiche pleniglaciali, durante la quale i ghiacciai alpini fuoriuscirono dagli sbocchi vallivi; successivamente l'incremento del livello marino (di circa + 6 m slm, fase di high stand marino) consentì la formazione di sistemi lagunari e apparati deltizi. La fase si conclude con la transizione da condizioni climatiche mediamente più calde a mediamente più fredde caratterizzate da deposizione molto scarsa o quasi assente.

LGM (30.000 – 17.000 ANNI FA)

Il periodo dell'Ultimo Massimo Glaciale corrisponde all'ultima avanzata glaciale pleistocenica, durante la quale enormi ghiacciai occuparono le principali valli alpine e con le loro fronti giunsero in pianura depositando sedimenti per uno spessore, in genere superiore, tra i 15 m e 30 m.; l'Adriatico, invece, durante l'acme glaciale si ritirò nella depressione esistente nella sua parte centrale, a oltre 400 km di distanza dalle attuali coste veneto-friulane, lasciando in condizioni di pianura continentale il precedente fondale marino.

Nella pianura veneto-friulana si poté così attuare l'aggradazione sedimentaria alimentata dai bacini montani glacializzati e, quindi, i sistemi alluvionali subirono un controllo "da monte": nella porzione prossimale, costituita da depositi ghiaiosi, i fiumi avevano una tipologia braided; nel settore distale, al di sotto del limite inferiore delle risorgive, le tracce fluviali sono tipicamente costituite da alvei con pochi canali o con canale singolo poco sinuoso (tipologie wandering). La bassa pianura è costituita, invece, da bassi dossi separati fra loro da estese piane di esondazione argilloso limose, indizi tipici di un sistema dominato dalle avulsioni; si possono ritrovare livelli torbosi e limosi organici di spessore pluricentrico, con continuità laterale che può raggiungere vari chilometri, a testimonianza di limitati momenti di stasi sedimentaria, in corrispondenza di bacini palustri. La fase di deglaciazione nelle aree alpine occupa l'ultima parte dell'LGM ed è caratterizzata dall'abbandono delle cerchie moreniche più esterne degli anfiteatri.

POST – LGM (ULTIMI 17.000 ANNI)

Il rapido miglioramento delle condizioni climatiche ed il conseguente ridimensionamento e ritiro dei ghiacciai nelle alte valli segna la fine dell'LGM e l'inizio del cosiddetto Tardoglaciale; l'evoluzione della bassa pianura, in questo periodo, viene controllata oltre che dai sistemi fluvioglaciali e fluviali anche all'attività del mare, dei fiumi di risorgiva e dell'uomo.

Con l'inizio del Tardoglaciale i megafan (Brenta e Tagliamento) sono soggetti ad un'importante fase di terrazzamento; poco a valle della fascia delle risorgive, i fiumi alpini sono stati sempre caratterizzati da alvei a canale singolo e sinuosità variabile con una tendenza marcatamente erosiva e incisioni profonde tra 5 e 25 m rispetto al top della superficie LGM.

In tutta la pianura veneto-friulana i dati cronostratigrafici riguardanti il Tardoglaciale e l'Olocene iniziale mancano quasi completamente; una delle ipotesi più verosimili può essere trovata nella mancanza di deposizioni alluvionali sulla superficie dei megafan indotta dal confinamento dell'attività fluviale entro i canali incisi, che portarono alla trasformazione di ampi settori di megafan in superfici abbandonate dove poterono così svilupparsi suoli ben formati.

L'azione della copertura forestale, l'effetto di alcune fasi pedo-climatiche e la presenza della falda freatica in prossimità della superficie hanno contribuito ad evoluzione pedogenetica differenziata: le zone di argine più rilevate e ben drenate, sono, in genere, caratterizzate da una pedogenesi avanzata, con fenomeni di rubefazione che hanno sviluppato colori marrone giallastri (10YR 6-5/3); allontanandosi dall'argine, le zone di basso con sedimenti via via più limosi e con presenza della falda superficiale hanno orizzonti con sviluppo di concrezioni carbonatiche.

A partire da 15.000 anni BP, lo scioglimento della calotta artica e degli Inlandsis Nord Europeo e Nord Americano causò un rapido innalzamento marino al ritmo medio di 15-10 mm/anno (Correggiari et al., 1996; Lambeck et al., 2004); il successivo sollevamento del mare è da attribuirsi in buona parte alle deformazioni tettoniche, alla subsidenza locale, agli aggiustamenti isostatici, alle fluttuazioni climatiche oloceniche e alla quantità di apporti sedimentari fluviali. Nelle aree che avevano subito la trasgressione in modo passivo, l'odierna posizione del mare è generalmente la più interna raggiunta nel postglaciale; nelle aree in cui sono sfociati i corsi alpini durante l'Olocene caratterizzati da ciclo trasgressivo- regressivo si sono formati specchi di mare e lagune, ad esempio nell'area veneziana e friulana, la prima formazione delle lagune sembra essere documentata a circa 7500- 6000 anni fa, in corrispondenza della massima ingressione marina.

Attorno a 7500 anni fa comincia ad avere un certo effetto sull'ambiente la presenza dell'uomo che andò via via intensificandosi e lasciando tracce ben riconoscibili anche sulle morfologie superficiali. Tra il Tardoantico e il Medioevo gli interventi sono stati limitati, mentre hanno subito una decisa crescita d'importanza a partire dal XV secolo con la decisione della Repubblica di Venezia di modificare l'idrografia per favorire lo sfruttamento del territorio.

CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DI PORTO MARGHERA

Per la ricostruzione del modello geologico dell'area di Mestre e Marghera (VE) sono stati utilizzati i dati derivanti dal PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D. LGS. 152/06 E S.M.I. E DELL'ACCORDO DI PROGRAMMA PER LA CHIMICA DI PORTO MARGHERA - Revisione ai sensi dell'Accordo di Programma del 16 Aprile 2012 - (art.5, comma 3) e dalle indagini svolte.

Nella figura 5 che segue è riportata la sezione tipo dell'area perilagunare veneziana:

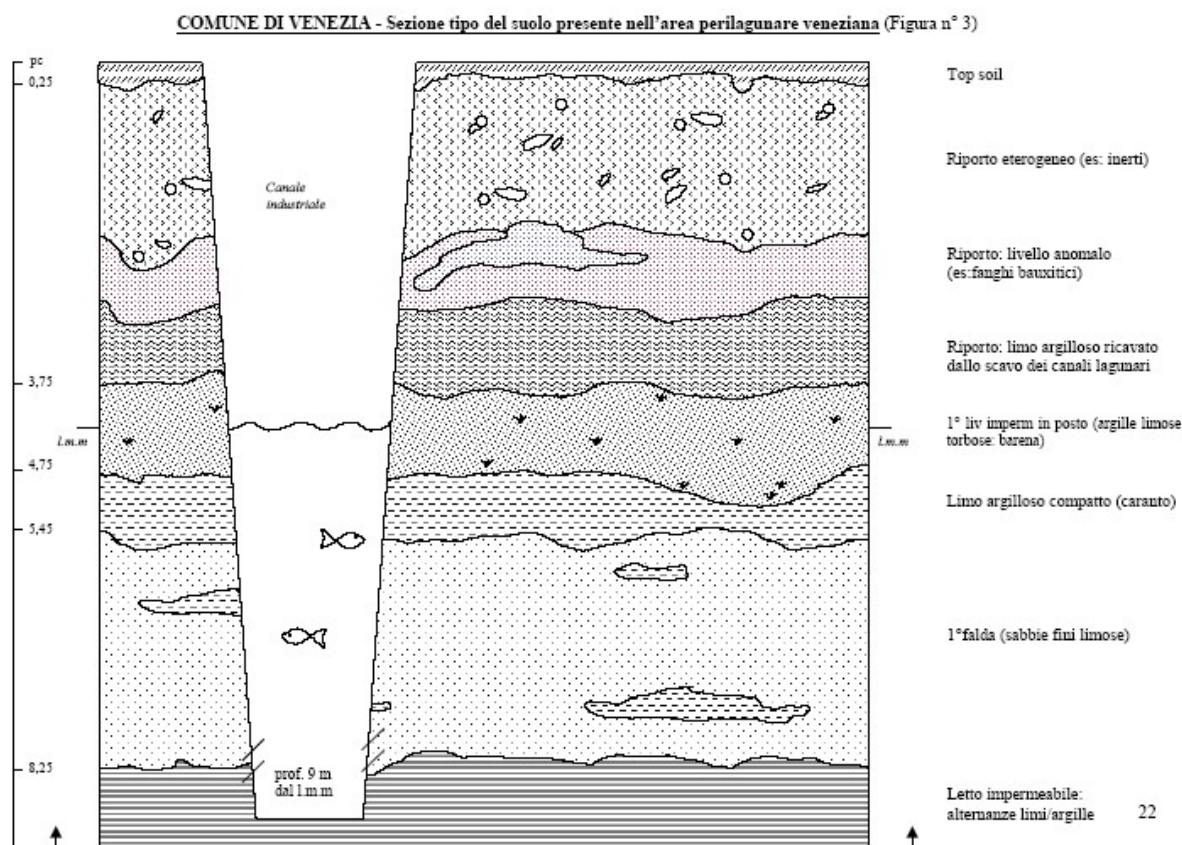


Figura 5 – Sezione tipo del suolo presente nell'area perilagunare veneziana

I terreni che si susseguono a partire dalla superficie verso il basso sono così riassumibili:

- il riporto, mediamente dello spessore di circa 3 metri, ma con punte anche di 9 - 10 - 12 metri, caratterizzato dalla presenza di lenti d'acqua e di materiali eterogenei (materiali inerti e limo argilloso ricavato dallo scavo dei canali lagunari), anche di origine industriale (ad esempio i fanghi bauxitici);
- limi argillosi e argille limose nere, con frequenti inclusioni vegetali o livelli di torba (barena o, comunque, sedimenti lagunari); o, in alternativa, limi argillosi grigi, sabbie grigie o gialle (depositi fluviali). Quando presenti (la loro distribuzione, infatti, non è continua) i materiali costituenti l'originale barena si trovano intorno allo zero marino, con spessori non superiori al metro - metro e mezzo - e costituiscono il primo livello impermeabile in posto;
- argilla limosa nocciola molto compatta (sovracosolidata), con inclusioni di noduli calcarei e fiamme di colore ocra. Anche tale livello (riconosciuto come "livello guida" formatosi durante la regressione marina), denominato a

livello regionale come “caranto”, non è sempre presente nel sottosuolo di Porto Marghera. Il suo spessore risulta variabile da zona a zona, ma di solito non supera il metro;

- sabbie medio - fini, sabbie fini limose e limi sabbiosi con interdigitati livelli più o meno spessi ed estesi di argille e limi argillosi, costituenti la prima falda. Questo livello è molto variabile in spessore e profondità, oltre a presentare notevoli discontinuità laterali dei parametri idrogeologici (Q, T, k, v, i, porosità, ecc.). Si può, comunque, dire che il tetto di questo livello sabbioso si aggiri mediamente tra gli 8 e i 12-15 metri, mentre il letto lo si trova fra i 10 e i 18-20 metri;
- argille e argille limose, spesso ricche di materiale organico, costituiscono il letto della prima falda. Non si esclude che tale livello sia anch'esso privo di continuità laterale, anche se i dati a disposizione non sono ancora sufficientemente numerosi;
- sabbie fini - medie e sabbie fini limose presenti a partire dai 20 - 25 metri, costituenti la seconda falda, avente anch'essa spessori variabili.

(tratto da Comune di Venezia, www.ambiente.venezia.it)

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area in esame dal punto di vista geomorfologico appartiene alla bassa pianura Veneta: tale fascia si trova a valle della linea delle risorgive, dove, all'aumento di sedimenti più fini si accompagna l'innalzamento della falda alla superficie topografica ed è caratterizzata da lineamenti morfologici dolci e regolari. I caratteri originari, tuttavia, sono stati in gran parte oblitterati dall'intenso modellamento antropico, iniziatisi con l'attività agricola e ampliatisi poi con lo sviluppo industriale. Affiorano terreni costituiti da depositi alluvionali, più o meno recenti, connessi con le divagazioni del fiume Brenta e del fiume Bacchiglione. Le varie direttrici hanno pertanto generato dei propri coni di sedimentazione che si sono variamente sovrapposti e anastomatizzati. La deposizione dei materiali, orizzontale e verticale, è stata determinata dalla granulometria degli stessi, nonché dall'energia idraulica delle correnti di deposizione.

In generale, l'area interessata dalle indagini è posta nella pianura compresa tra Sile e Naviglio Brenta; ricade nelle propagini distali del sistema deposizionale Tardo-Pleistocenico del Brenta, che si allunga verso sud-est dallo sbocco in pianura della valle del Brenta (Valsugana), presso Bassano del Grappa, fino all'area perilagunare veneziana (Bondesan A. Meneghel M., 2004).

Le forme che caratterizzano maggiormente questo territorio sono i dossi fluviali e i paleoalvei con direzione di propagazione verso il margine interno della laguna (Bondesan A. Meneghel M., 2004).

I dossi, formati dalle divagazioni tardo-pleistoceniche del Brenta, sono strutture piuttosto ampie, con larghezze mediamente comprese tra 500 e 1000 m, e altezze rispetto alla pianura circostante normalmente inferiori a 2 m. Mostrano un andamento generale NO-SE, che tende a divenire ovest-est sia nei due dossi di Marcon e di Favaro, posti alle estreme propagini distali nel settore settentrionale, sia nel dosso di Scaltenigo al margine meridionale. In senso longitudinale si sviluppano su distanze diverse, da un minimo di 1-1,5 km dei dossi di Crea e di Mestre est, fino ai circa 10 km dei dossi di Marcon e di Spinea, oltre ai dossi di Gardigiano, Scorzè, Noale e S. Maria di Sala.

Nell'area in esame è presente il dosso di Spinea, a sedimenti prevalentemente sabbiosi, con andamento complessivo ONO-ESE, che si estende per circa 10 km.

I dossi sono costituiti al centro da sabbie, deposte in ambiente di canale attivo, e lateralmente da limi, interpretabili come depositi di argine naturale; spesso le ultime fasi di attività dei dossi hanno comportato la deposizione di sedimenti limosi, che quindi ricoprono completamente le sabbie. Le sabbie dei dossi in questo settore distale del sistema deposizionale sono generalmente medio-fini, mentre procedendo verso monte si fanno via via più grossolane fino a contenere, in prossimità del limite con le porzioni apicali ghiaiose, anche comuni ciottolotti. I depositi sabbiosi di canale hanno spessore medio di circa 1,5 m, continuità laterale superiore a 1 km, e sono parzialmente ricoperti da strati di limi e argille di esondazione.

L'area in esame, invece, sorge su una piana di interdosso, ovvero, una porzione di pianura caratterizzata da morfologie blandamente ondulate, senza concavità o convessità di rilievo e costituita prevalentemente da limi con percentuali variabili di argilla e sabbia fine. La monotonia delle forme in questi ampi areali si associa, dunque, a una notevole omogeneità tessiturale dei sedimenti superficiali.



Figura 6 – Le principali direttrici di deflusso tardo-pleistoceniche del Brenta, nell'area compresa tra Sile e Naviglio Brenta

I fattori di rischio per il territorio ed in particolare per le zone urbanizzate o di possibile urbanizzazione non vanno quindi ricercati nei lineamenti della geodinamica esogena, ma risultano esclusivamente derivanti dall'assetto idraulico e quindi dalla possibilità di esondazione.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Come viene evidenziato dallo schema idrogeologico generale di Porto Marghera (figura 7) il sottosuolo è costituito da un insieme di litologie fra loro diverse, spesso interdigitate e con caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche anche molto diverse fra loro.

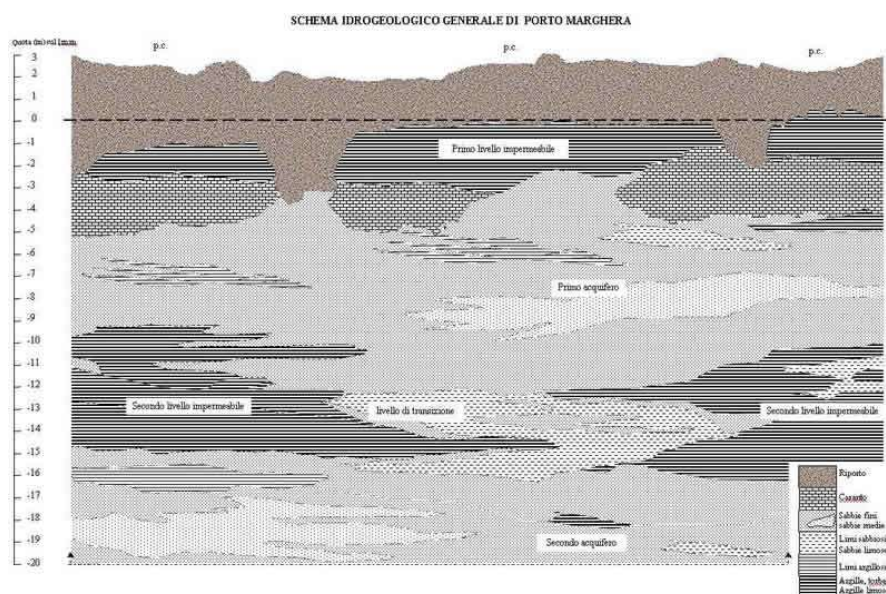


Figura 7 – Schema idrogeologico generale di Porto Marghera

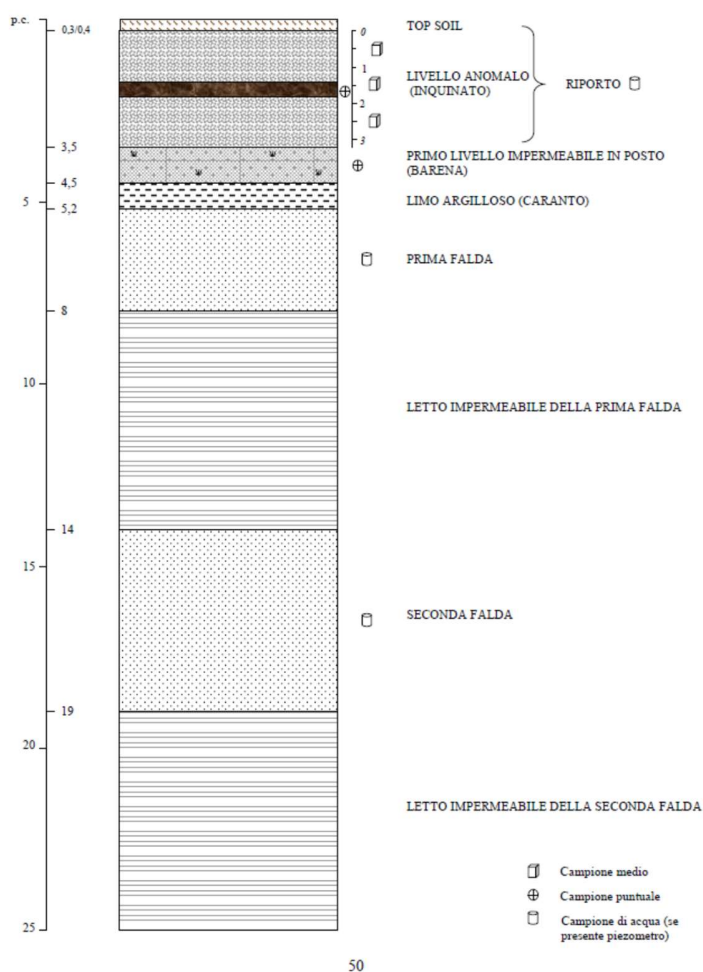


Figura 8 – Schema idrogeologico generale di Porto Marghera

Come si osserva dalla figura 8 gli acquiferi che si susseguono a partire dalla superficie verso il basso sono così riassumibili:

- acquifero del riporto caratterizzato dalla presenza di lenti d'acqua dello spessore di circa 3 metri, ma con punte anche di 9 - 10 - 12 metri. Tale acquifero è pertanto dotato di permeabilità molto variabile; data l'assenza di un livello impermeabile continuo al tetto, l'acquifero è da considerarsi di tipo freatico, ovvero il livello raggiunto dalle acque ivi contenute sono in equilibrio con la pressione atmosferica ed è presente nel sottosuolo la superficie di interfaccia piezometrica.
- primo acquifero confinato (prima falda) costituito da sabbie medio - fini, sabbie fini limose e limi sabbiosi con interdigitati livelli più o meno spessi ed estesi di argille e limi argillosi. Il tetto di questo livello sabbioso si aggira mediamente tra gli 8 e i 12-15 metri, mentre il letto lo si trova fra i 10 e i 18-20 metri; La sua permeabilità presenta di norma valori compresi tra 10^{-4} e 10^{-5} m/s. Indagini realizzate in aree adiacenti hanno dimostrato che tale acquifero presenta livelli piezometrici in equilibrio con il livello medio marino. In questo caso le pressioni tidali si trasmettono con continuità dalla gronda lagunare verso l'interno. L'area di ricarica di tale acquifero è a monte, nell'entroterra, dove localmente sono presenti corpi sabbiosi che consentono l'infiltrazione efficace delle precipitazioni meteoriche.
- secondo acquifero confinato (seconda falda) costituito da sabbie fini - medie e sabbie fini limose presenti a partire dai 20-25 metri, avente anch'essa spessori variabili.

INQUADRAMENTO SISMICO

Il territorio di Venezia (VE), secondo l'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 ed il D.G.R.V. 244 del 9 marzo 2021 risulta classificato in zona sismica 3, nella quale il territorio può essere soggetto a scuotimenti modesti.

I valori per i nodi più vicini al territorio, definiti secondo l'ordinanza del PCM del 28 aprile 2006, dell'accelerazione massima al suolo a_g , (con probabilità di superamento del 10% in 50 anni) appartengono alle classi comprese fra 0,050-0,100g.

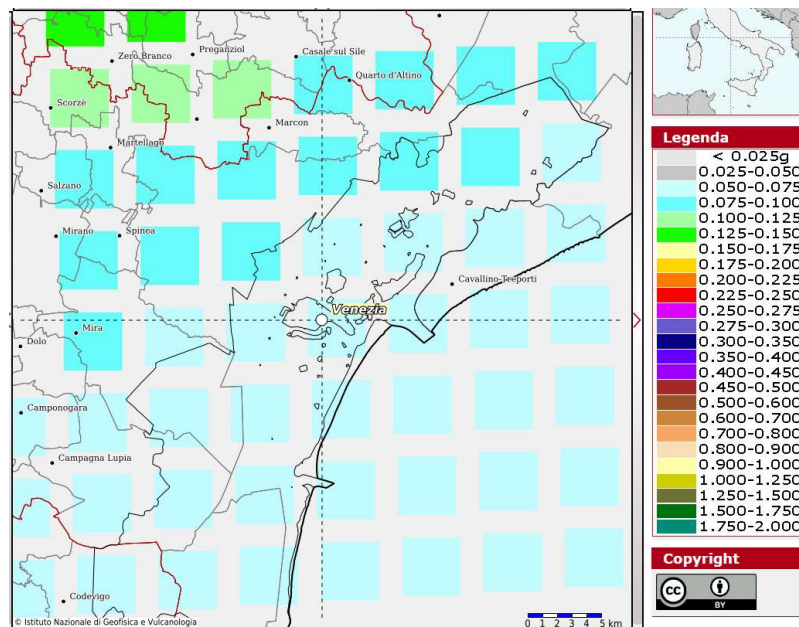


Figura 9 – valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018 e s.m.i. la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito specifico" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) D.M. 17.01.2018 introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. La "pericolosità sismica di base", nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni. Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Le NTC introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse NTC forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in g/10);
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall'unico parametro (a_g), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle NTC), dalla Vita Nominale e dalla Classe d'Uso dell'opera. I punti del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle NTC hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine. La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle NTC,

è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Di seguito, per i vari stati limite, sono indicati i valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* , calcolati con il software NTCISMA.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0,034	2,533	0,234
SLD	75	0,040	2,543	0,276
SLV	712	0,092	2,633	0,367
SLC	1462	0,118	2,622	0,391

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

METODOLOGIE IMPIEGATE

INDAGINI GEOGNOSTICHE

PERFORAZIONI DI SONDAGGIO

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata impiegata una sonda cingolata Mustang della serie A-65 a funzionamento completamente idraulico.

Caratteristiche tecniche	
Peso sonda Mustang A-65 C (esclusi accessori)	11.000 kg
Testa di rotazione S-850-HI	
Velocità albero di rotazione	20-960 r/min
Coppia max	10.000 Nm
Slitta di avanzamento BMI-37/2	
Corsa utile effettiva	7.500 mm
Trazione/spinta	79 Kn
Velocità di movimentazione testa max	40 cm/sec
Centralina oleodinamica	
Motore diesel ADIM SAME 4 cilindri raffreddato ad aria	
Potenza (in curva NF) a 2.000 r/min	
Carro cingolato	
Velocità di traslazione	0 – 2,2 km/h
Larghezza cingolatura	400 mm
Pendenza max superabile	80% (39°)
Pressione specifica al suolo	0,5 kg/cm ²

Le carote estratte in fase di perforazione a carotaggio continuo sono state opportunamente decorticate e riposte in cassette catalogatrici in PVC atossico munite di scomparti divisori e di coperchio, in grado di contenere 5 m lineari di carota. Le cassette catalogatrici sono state fotografate dopo il loro completamento allo scopo di documentare la stratigrafia del sottosuolo del sito in esame (Appendice 5).

Sono state redatte delle schede stratigrafiche, allegate alla presente relazione (Appendice 1) nelle quali è stato dettagliatamente descritto il terreno, secondo le indicazioni fornite dalle "Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche" (A.G.I., 1977).

La descrizione stratigrafica inoltre riporta:

- il tipo di terreno;
- la litologia, la consistenza, il colore e la struttura;
- la percentuale di carotaggio;
- profondità e tipo di falde acquifere incontrate e quota della stabilizzazione dell'acqua nel foro;
- eventuali franamenti delle pareti, rifluimenti dal fondo, cavità, perdite dell'acqua o fango di circolazione ecc;
- indicazione delle profondità alle quali sono state eventualmente effettuate prove speciali (prelievo di campioni con campionatori speciali, misure di permeabilità, prelievi di campioni d'acqua, prove in foro, ecc);

Durante l'esecuzione delle perforazioni sono stati prelevati n. 5 campioni rimaneggiati e n. 4 campioni indisturbati sottoposti ad analisi di laboratorio geotecnico. I risultati delle prove di laboratorio sono riportati nell'Appendice 4 della presente relazione.

Le prove di laboratorio, al fine di determinare i parametri di resistenza del terreno, sono consistite in:

- classificazione geotecnica visiva;
- misure della massa di volume e del contenuto d'acqua;
- misura del peso specifico assoluto;
- analisi granulometriche complete (setacciature e aerometrie) in corrispondenza di terreni con presenza di fini (passante 200>30%), altrimenti in analisi per sola setacciatura;
- limiti di consistenza di Atterberg;
- prove di consolidazione edometrica;
- taglio diretto;
- prova triassiale consolidata non drenata.

Al termine della perforazione, secondo indicazione della Committente, il foro di sondaggio è stato opportunamente allestito mediante piezometro a tubo aperto per la verifica del livello di falda;

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE DI TIPO ELETTRICO (CPTU)

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche è stato impiegato un penetrometro da 20 T di spinta, modello Pagani tipo TG 63-200 montato su cingoli, le cui caratteristiche tecniche principali sono le seguenti:



Motore	Tipo	Benzina; 2 cil.; V
	Potenza [HP (kW) RPM]	18 (13.5) - 3600
	Raffreddamento	Aria
Traslazione	Cingolato a trasmissione idrostatica	Cingolato
	Velocità di traslazione [km/h]	0 ÷ 2
	Pendenza Max %	30
Pompa Idraulica	Numero di Pompe	2
	Max. pressione operativa [bar]	240
Stabilizzatori	Numero	3
	Tipo	Idraulico

La prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU consiste nell'infiggere nel terreno, mediante pressione, una punta conica di dimensioni standard a velocità costante pari a 2 cm al secondo, misurando lo sforzo necessario per la penetrazione della punta (R_p , resistenza alla penetrazione di punta) e l'adesione terreno-acciaio del manicotto posto sopra la punta (R_l , resistenza di attrito laterale). Alla punta, dotata di sensori inclinometrici e di un setto poroso per la misura delle pressioni interstiziali, è connesso un sistema di acquisizione dati che permette di monitorare in continuo i parametri sopraindicati per intervalli di 1 cm.

I dati di resistenza alla punta e di attrito laterale in particolare, sulla base di opportune costanti e di valori specifici costruttivi della punta, vengono successivamente elaborati, utilizzando specifici software, per ricavare i valori di resistenze specifiche Q_c (Resistenza alla punta R_p) e Q_l (Resistenza Laterale R_l o f_s attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione). L'interpretazione e la visualizzazione grafica dei dati elaborati consentono infine di "catalogare e parametrizzare" i terreni attraversati.

PROVE DI DISSIPAZIONE DELLE PRESSIONI NEUTRE

Durante l'esecuzione di una prova penetrometrica di tipo elettrico con la misura delle pressioni interstiziali (CPTU) interrompendo l'infissione della punta elettrica e graficando l'andamento della sovrappressione in funzione del tempo si ottiene la cosiddetta "curva di dissipazione" della pressione neutra. La graficazione è utile per poter confrontare diverse prove di dissipazione e per poter calcolare dei parametri molto utili, ad es. il T_{50} = tempo per il raggiungimento del 50% della completa dissipazione.

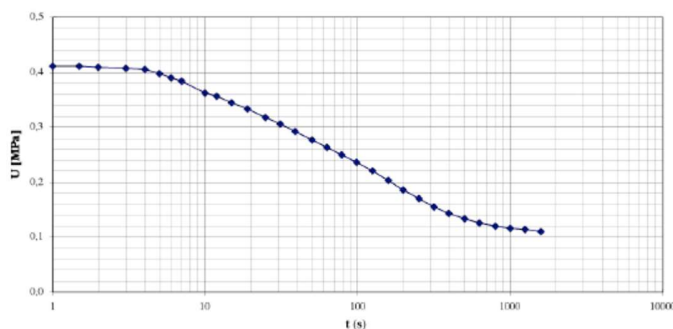


Figura – Esempio di grafico di dissipazione delle pressioni neutre da prova CPTU

Alcuni autori correlano il T_{50} direttamente alla permeabilità orizzontale K_h del terreno, come evidenziato nel grafico successivo.

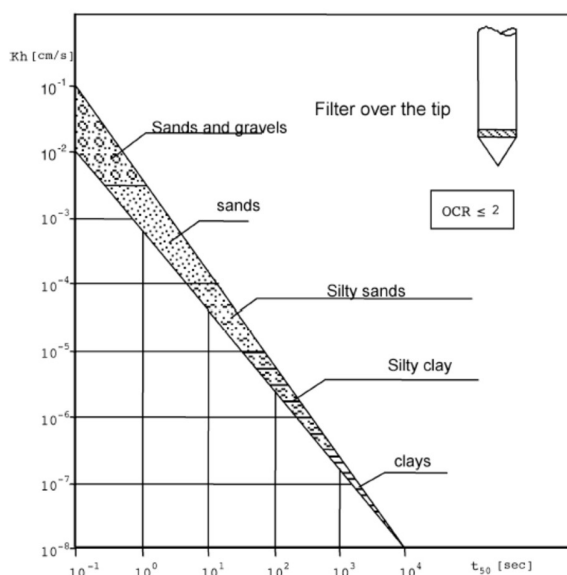


Figura – correlazione tra T_{50} e K_h

INDAGINI GEOFISICHE

ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI

Nel sito è stata eseguita n. 1 acquisizione sismica di tipo MASW per la misura delle velocità delle onde sismiche di tipo S nei primi 30 m di profondità (VS30).

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali. La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse è stata utilizzata nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).

STRUMENTAZIONE

La strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sismografo a 24 canali
- 24 geofoni a 4.5Hz
- fucile sismico o una mazza da 6 Kg

VANTAGGI DELLA REGISTRAZIONE MULTICANALE

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di vari e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

DESCRIZIONE GENERALE DELLA PROCEDURA MASW

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo.
- 2- estrazione della curva di dispersione.
- 3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità.

Con una curva è stato tracciato il valore di Vs progressiva. Dalla curva si può quindi ricavare il valore di Vs10, Vs20 e così via, e quindi anche il valore di Vs30, quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

Il valore del parametro Vs30 calcolato utilizzando la stratigrafia Vs e la formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

La stratigrafia Vs riportata nelle tavole allegate è quella utilizzata per il calcolo del Vs,eq ed è sismicamente equivalente e ragionevolmente prossima alla stratigrafia reale ma probabilmente non esattamente coincidente.

In Appendice 3 al presente scritto sono riportati i risultati della prova in cui viene esposto il valore del parametro Vs,eq.

INDAGINI GEOFISICHE CON SISMICA PASSIVA

Nel corso delle attività è stata prevista l'esecuzione di n. 1 acquisizione sismica di tipo HVSR per la definizione della frequenza di sito, attraverso un tromografo digitale triassiale.

La tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali o H.V.S.R., Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non richiede nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi;
- la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito, sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito (*free field*) e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **velocità media delle onde di taglio Vs** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. Sarà quindi possibile calcolare la Vs,30 e la relativa categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*;
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un *range* di indagine compreso tra 0,5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Le basi teoriche della tecnica H.V.S.R. si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremoni. La forma di un'onda registrata in un sito x da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s;
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda);
3. dalla risposta dello strumento.

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (H.V.S.R.) basati sulla simulazione del campo d'onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981).

Operativamente si costruisce un modello teorico H.V.S.R. avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs. Per eseguire la procedura sopra descritta in maniera univoca è necessario conoscere la profondità di un riflettore acustico individuabile nello spettro sismico registrato.

In Appendice 3 al presente scritto sono riportati i risultati della prova.

ANALISI DEI DATI

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

RICOSTRUZIONE LITOLOGICA DEL SITO

Per l'individuazione della natura dei terreni presenti in sito è stata eseguita una perforazione di sondaggio a carotaggio continuo fino alla profondità di 30 m p.c.

Dall'osservazione delle colonne stratigrafiche (Appendice 1) si riscontra una serie di depositi sintetizzabili come segue.

- dal p.c. a cui è stata eseguita la perforazione, per uno spessore di circa 0,60 m sono presenti terreni di copertura prevalentemente coesivi costituiti limi argillosi contenenti percentuali variabili di sabbie.
- da - 0,60 m fino a circa - 3,40 m dal p.c. sono presenti depositi coesivi costituiti principalmente da limi argillosi nocciola molto compatti (Pocket Pen >200 KPa), con inclusioni di noduli calcarei e fiamme di colore ocra. Tale livello (riconosciuto come "livello guida" formatosi durante la regressione marina), è denominato a livello regionale come "caranto".
- da - 3,40 m fino a circa - 11,00 m dal p.c. si rinvencono litotipi costituiti da sabbie medio - fini e sabbie fini limose con possibili interdigitazioni di livelli più o meno spessi di argille e limi argillosi.
- da - 11,00 m circa fino a circa - 25,30 m dal p.c. sono presenti depositi coesivi, da poco a mediamente consistenti, costituiti principalmente da limi e argille contenenti percentuali variabili di torba.
- da - 25,30 m fino a circa - 29,00 m dal p.c. si rinvencono litotipi costituiti da limi sabbiosi e sabbie medio - fini e fini limose.
- di seguito si rinviene nuovamente una serie di depositi coesivi, mediamente consistenti, costituiti principalmente da limi e argille contenenti percentuali variabili di torba fino a - 30 m dal piano campagna.

Al termine della perforazione, secondo indicazione della Committente, il foro di sondaggio è stato opportunamente allestito mediante piezometro a tubo aperto per la verifica del livello di falda.

La profondità della superficie piezometrica della falda interessata dal rilievo è risultata essere, al momento delle misure, la seguente:

	S1
Profondità falda da p.c. (m)	1.18

Tale valore è comunque interessato e probabilmente influenzato dalla vicinanza della misura con la realizzazione del piezometro. Per la valutazione di eventuali variazioni, oscillazioni o stabilizzazioni si consiglia l'esecuzione di altre campagne di misura.

RISULTATI DELLE INDAGINI DI LABORATORIO GEOTECNICO

Durante l'esecuzione delle perforazioni sono stati prelevati sia campioni indisturbati che campioni rimaneggiati, su indicazione della Committente, sottoposti ad analisi di laboratorio geotecnico.

Le prove di laboratorio, al fine di determinare i parametri di resistenza del terreno, sono consistite in:

- classificazione geotecnica visiva;
- misure della massa di volume e del contenuto d'acqua;
- misura del peso specifico assoluto;
- analisi granulometriche complete (setacciature e aerometrie) in corrispondenza di terreni con presenza di fini (passante 200>30%), altrimenti in analisi per sola setacciatura;
- limiti di consistenza di Atterberg;
- prove di consolidazione edometrica;
- taglio diretto;
- prova triassiale consolidata non drenata.

Si riporta di seguito la tabella di sintesi dei risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite sui campioni prelevati nel corso delle perforazioni di sondaggio (in Appendice 4 sono riportati i relativi risultati estesi nei certificati di prova):

TABELLA RIASSUNTIVA																			
Sond n°	Camp n°	Profondità: m	W_n %	ρ_n Mg/m³	ρ_d Mg/m³	ρ_s Mg/m³	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	WI %	Wp %	Ip	Pocket Pen kPa	Torvane kPa	Cc	Cv m²/s	C.U. °	T.D. °
1	CR1	1 - 1.5				2,798		28	54	18	46	23	23						
	CI1	2 - 2.5	20,3	2,126	1,767	2,812		6	61	33	32	21	11	250 - 420	> 100	0,147	5,14E-07	2,73E-07	
	CR2	4 - 4.5				2,775		47	49	4			N.P.						
	CR3	7 - 7.5				2,743		79	19	2			N.P.						
	CR4	9 - 9.5				2,752		73	26	1			N.P.						
	CI2	12 - 12.6	25,6	1,902	1,515	2,734		1	40	59	48	21	17	120 - 180	50 - 75	0,171	9,48E-08	3,86E-08	ϕ' 27 c' 23
	CI3	16 - 16.6	27,6	1,987	1,557	2,763		2	58	40	39	26	13	110 - 140	35 - 40	0,146	1,00E-06	4,81E-07	ϕ' 30,5
	CR5	20 - 20.5				2,733		11	88	1	49	33	16						
	CI4	27 - 27.6	33,4	1,893	1,419	2,748		3	51	46	36	24	12	70 - 130	35 - 50				ϕ' 28,5

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVA CPTU

Oltre alla realizzazione di una perforazione le indagini comprendevano l'esecuzione di una prova penetrometrica statica elettrica (CPTU) per caratterizzare dal punto di vista geotecnico il terreno e come strumento di taratura per il prelievo di campioni nelle perforazioni e per la definizione dei parametri sismici.

Per l'individuazione della natura dei terreni presenti in sito viene comunemente utilizzata una correlazione tra i valori di q_c e f_s misurati durante la prova. I valori di q_c ed il rapporto di attrito $R_f = \frac{f_s}{q_c}$ [%] vengono plottati su grafico permettendo di eseguire una stima delle diverse litologie.

I dati registrati in campo sono stati elaborati utilizzando i software *StaticProbing* della Geostru® e *P.G.S Interpretazione di prove geotecniche in sito* della Flaccovio Editore®.

I programmi consentono di automatizzare le attività di calcolo e di interpretare i dati sulla base di correlazioni opportunamente selezionate, compatibili con il tipo di strumentazione utilizzata in campo e con le litologie rilevate.

Per la stima dei parametri geotecnici dei terreni incoerenti sono state utilizzate le formule dei seguenti autori:

PARAMETRI GEOTECNICI	AUTORI
Angolo di Attrito	Robertson & Campanella, 1983
Densità Relativa	Lancellotta, 1986
Peso di Volume Gamma	Meyerhof, 1951
Grado di Sovraconsolidazione OCR	Piacentini & Righi, 1978

Per la stima dei parametri geotecnici dei terreni coesivi sono state utilizzate le formule dei seguenti autori:

PARAMETRI GEOTECNICI	AUTORI
Coesione non drenata	Terzaghi
Peso di Volume terreni coesivi	Meyerhof, 1951
Peso di Volume saturo terreni coesivi	Meyerhof, 1951
Grado di Sovraconsolidazione OCR	Mayne, 1991

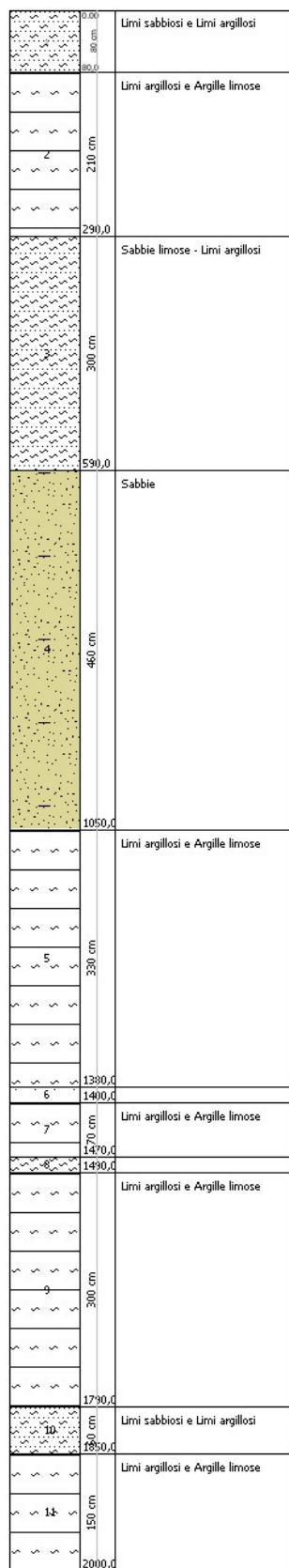
Appare doveroso evidenziare ancora una volta come i risultati esposti in questo studio siano frutto di interpretazioni ed assunzioni basate sui dati disponibili e non forniscano prova certa ed inoppugnabile del reale assetto geologico del sito. In particolare, si ritiene necessario sottolineare come il grado di precisione ed affidabilità del modello siano maggiori ove più densa risulti la quantità di dati a disposizione. Il livello di dettaglio ottenibile è quindi direttamente proporzionale alla densità delle informazioni, ed un suo eventuale aumento richiederà necessariamente un conseguente infittimento della maglia di punti di indagine.

Le tabelle che seguono riportano la stima dei parametri geotecnici secondo un modello geotecnico interpretativo sintetico.

Nr:	Numero progressivo strato	C _u :	Coesione non drenata (KPa)
Prof:	Profondità strato (m)	F _i :	Angolo di resistenza al taglio (°)
Tipo:	C: Coesivo I: Incoerente CI: Coesivo-Incoerente	P _{uv} :	Peso unità di volume (KN/m ³)
Qc:	Resistenza punta (Mpa)	P _{uvs} :	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)
Fs:	Resistenza laterale (Mpa)		

CPTU1 (modello sintetico)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Qc	Fs	Cu	Fi	Puv	PuvS
1	0,00	0,80	C	1,0031	0,0061	50,0	--	18,2	19,0
2	0,80	2,90	C	3,5391	0,1236	176,5	--	20,3	21,1
3	2,90	5,90	I	3,2453	0,0203	--	32,7	18,6	21,6
4	5,90	10,50	I	11,1343	0,0345	--	36,5	18,6	21,6
5	10,50	13,80	C	1,1499	0,0256	57,9	--	18,1	18,9
6	13,80	14,00	I	4,878	0,0352	--	30,4	18,6	21,6
7	14,00	14,70	C	1,4695	0,029	73,5	--	18,5	19,3
8	14,70	14,90	I	3,9584	0,0301	--	29,1	18,6	21,6
9	14,90	17,90	C	1,7061	0,0333	85,3	--	18,8	19,6
10	17,90	18,50	C	2,5738	0,0378	128,5	--	19,5	20,3
11	18,50	20,00	C	1,4163	0,0248	70,6	--	18,3	19,1



CPTU1 (20,00 m)

Dalle litologie ottenute dall'interpretazione della prova penetrometrica, e fino alla massima profondità raggiunta dalla stessa, si osserva una situazione stratigrafica che ricalca in maniera fedele i risultati ottenuti dalla perforazione di sondaggio eseguita in prossimità (si faccia riferimento al paragrafo di Interpretazione litologica del sito).

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE

In Appendice 3 al presente scritto sono riportati i risultati della prova MASW.

Sull'acquisizione è stata eseguita un'analisi ω -p (trasformata τ -p & trasformata di Fourier) al fine di discriminare l'energia associata alle onde di Rayleigh.

L'inversione della curva di dispersione con il metodo phase shift utilizzando la tecnica di calcolo degli algoritmi genetici.

Viene riportata l'estrazione della curva di dispersione.

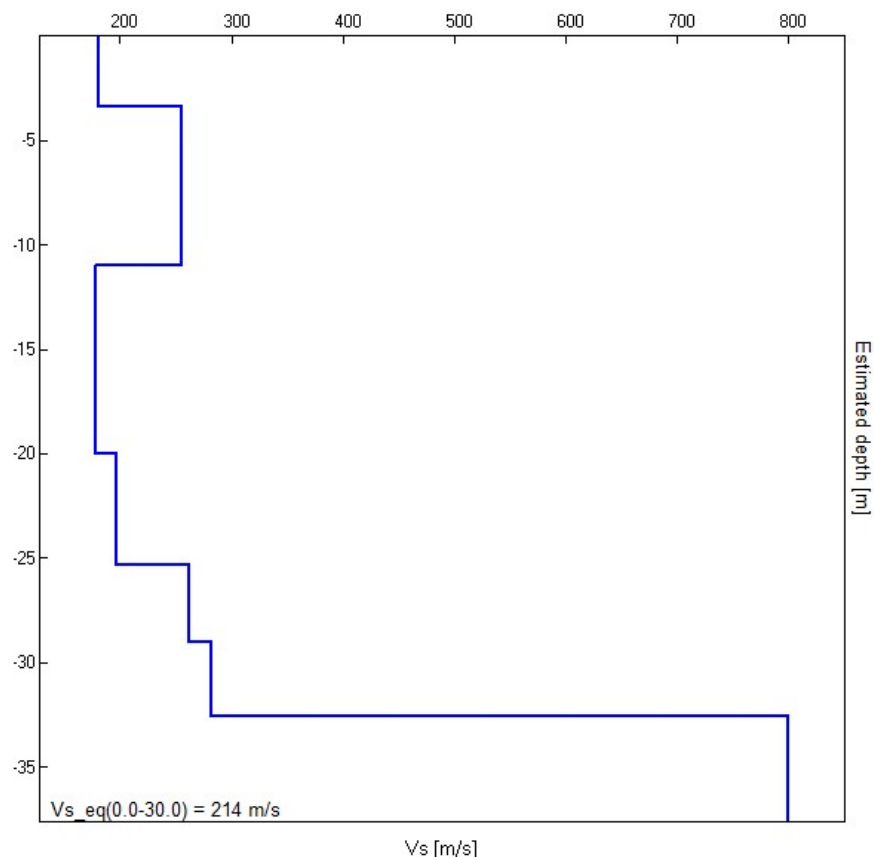
Viene riportato il valore del parametro Vs30 calcolato utilizzando la stratigrafia Vs e la formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Ancora sotto sono riportati i grafici relativi al modello del terreno sotto forma di stratificazione Vs (spezzata di colore blu). Dalla curva si può quindi ricavare il valore di Vs10, Vs20 e così via, e quindi anche il valore di Vs30, quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

La stratigrafia Vs riportata nelle tavole allegate è quella utilizzata per il calcolo del Vs,eq ed è sismicamente equivalente e ragionevolmente prossima alla stratigrafia reale ma probabilmente non esattamente coincidente.



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
3.40	3.40	181
11.00	7.60	286
20.00	9.00	178
25.30	5.30	197
29.00	3.70	262
32.60	3.60	282

DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE E DELLE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o in rapporto ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di Categorie di Sottosuolo di riferimento. Per definire tali categorie, il D.M. 17/01/18 prevede, il calcolo del parametro Vs,30, ovvero della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio Vs entro 30 m di profondità dal piano di posa delle fondazioni.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La stima, tramite la formula [3.5] del parametro Vs,eq, è stata effettuata, come esplicitamente richiesto dalle N.T.C. del 17 gennaio 2018, per l'assegnazione della categoria di sottosuolo. Dall'indagine sismica effettuata (MASW riportata in appendice 3) e dal modello sismico ricavato è stato possibile calcolare le velocità di propagazione delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni. A seguire si riportano i valori di Vs,eq:

Profondità piano di posa fondazioni	Vs,eq
0 m da p.c.	Vs (0-30) ≈ 214 m/s

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si prevede l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria di Sottosuolo denominata C**, così definita:

C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
----------	--

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	-	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

Nel caso in esame, il terreno appartiene alla categoria **T1** con coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.0$.

ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA IN SUPERFICIE: COMPONENTE ORIZZONTALE

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui:

Categoria sottosuolo	S_S
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

dove

- S_S = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica
- S_T = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica
- a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A

I valori di a_g e F_0 sono riportati nella Relazione Geologica a corredo della presente relazione geotecnica e sintetizzati nella tabella che segue.

STATI LIMITE

DEFINIZIONE DELLA VITA NOMINALE VN DELL'OPERA DA REALIZZARE:

La vita nominale di un'opera strutturale V_n è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata (cap.2.4.1. del D.M. 17/01/2018).

Per le opere in progetto è stata determinata una vita nominale $V_n = 50$ anni.

CLASSE D'USO

I manufatti di progetto sono di tipologia e svolgono funzioni diverse. Tra di loro differiscono, quindi, per la relativa classe d'uso da assegnare. A seguire vengono esplicitate le relative classi d'uso.

Data la funzione pubblica e sociale a cui è destinato, per il manufatto di progetto è ipotizzabile l'assegnazione della classe d'uso III per "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza". Per l'opera, quindi, sono stati assunti i seguenti parametri:

- Vita Nominale dell'opera = 50 anni
- Classe d'uso = III
- Coefficiente d'uso = 1,5

In base ai quali risulta un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a: $VR = VN \times CU = 50 \times 1,5 = 75$ anni

Nel caso in esame assumendo una vita nominale di 50 anni e una classe d'uso III, si ha:

Vita Nominale	Classe d'Uso	Stato limite	Tempo di Ritorno	a_g	F_0	T_c^*
50	III	SLO	45	0,034	2,533	0,233
		SLD	75	0,040	2,544	0,276
		SLV	712	0,092	2,632	0,367
		SLC	1462	0,118	2,622	0,391

Si fa notare che sarà comunque cura del Progettista incaricato l'effettiva definizione dei parametri sopra elencati utili anche per la determinazione dell'Azione sismica di progetto.

CALCOLO AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Sito in esame.

Latitudine: 45,475267
Longitudine: 12,225226
Classe: 3 Vita nominale: 50

Parametri sismici:

Categoria sottosuolo: C Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 75 anni Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 45 [anni] ag: 0,034 g
Fo: 2,533 Tc*: 0,233 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 75 [anni] ag: 0,040 g
Fo: 2,544 Tc*: 0,276 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 712 [anni] ag: 0,092 g
Fo: 2,632 Tc*: 0,367 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1462 [anni] ag: 0,118 g
Fo: 2,622 Tc*: 0,391 [s]

Coefficienti Sismici:

SLO:

Ss: 1,500 Cc: 1,700 St: 1,000
Kh: 0,010 Kv: 0,005 Amax: 0,497 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500 Cc: 1,610 St: 1,000
Kh: 0,012 Kv: 0,006 Amax: 0,593 Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500 Cc: 1,460 St: 1,000
Kh: 0,028 Kv: 0,014 Amax: 1,353 Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,500 Cc: 1,430 St: 1,000
Kh: 0,042 Kv: 0,021 Amax: 1,736 Beta: 0,240

VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

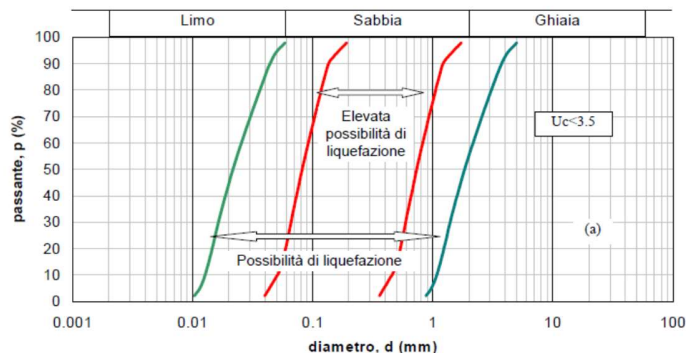
Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi. Durante un fenomeno sismico, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende:

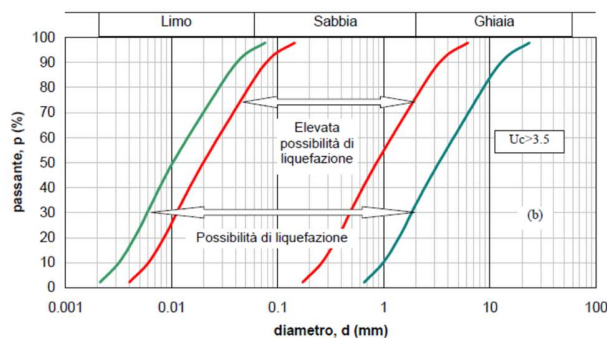
- ✓ dal grado di addensamento;
- ✓ dalla granulometria e forma dei granuli;
- ✓ dalle condizioni di drenaggio;
- ✓ dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata;
- ✓ dall'età del deposito;
- ✓ dalla profondità della linea di falda (prossima alla superficie).

Dall'osservazione di zone colpite da liquefazione, si è notato che questa avviene nelle seguenti circostanze:

- terremoti di magnitudo uguale o superiore a 5,5, con accelerazioni superiori o uguali a 0,2g;
- al di sopra dei 15 m di profondità (oltre questa profondità non sono state osservate liquefazioni);
- la profondità della falda era posizionata in prossimità della superficie (inferiore a 3 m);
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$, oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate di seguito nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ (figura a) e nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$ (figura b).



(a)



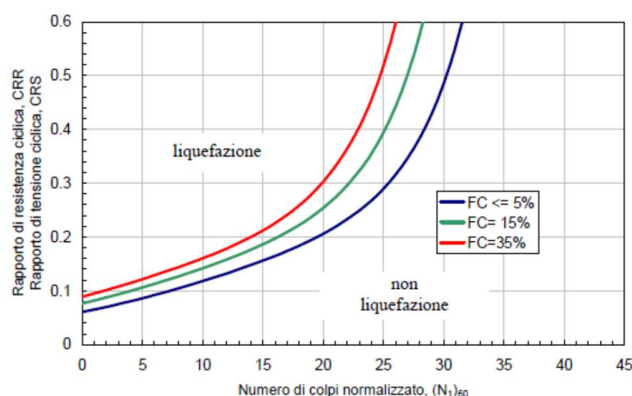
(b)

Per verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione vanno impiegate le procedure che nell'Ingegneria Geotecnica Sismica vengono denominati *metodi semplificati*. Tali metodi (si fa riferimento al *metodo di Robertson e Wride*, 1998) generalmente valutano la suscettibilità alla liquefazione dei depositi in funzione della profondità di falda, delle caratteristiche dell'evento sismico (magnitudo ed accelerazione al suolo), dello stato di addensamento dei terreni sabbiosi (ricavati da prove SPT, CPT e sismiche), da prove granulometriche (valutazione della percentuale di fine presente). Tali metodi, permettono di esprimere la suscettibilità di un deposito alla liquefazione, attraverso la definizione di un coefficiente di sicurezza F_s , espresso come rapporto

$$F_s = \frac{CRR}{CSR} \cdot MSF$$

dove

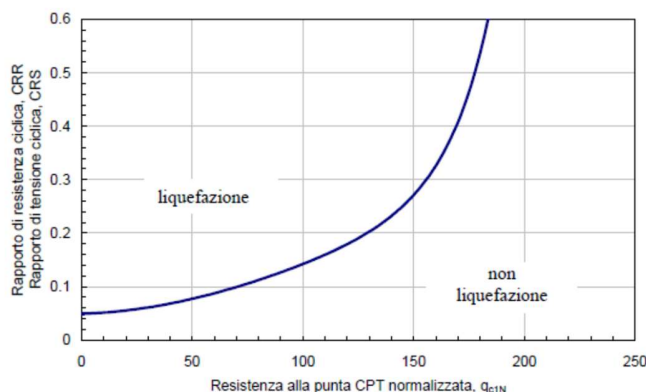
- CRR è la resistenza normalizzata che può essere valutata attraverso gli abachi di seguito riportati;



$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$ dove:

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.784 - 0.0768 \sqrt{(N_1)_{60}}}$$

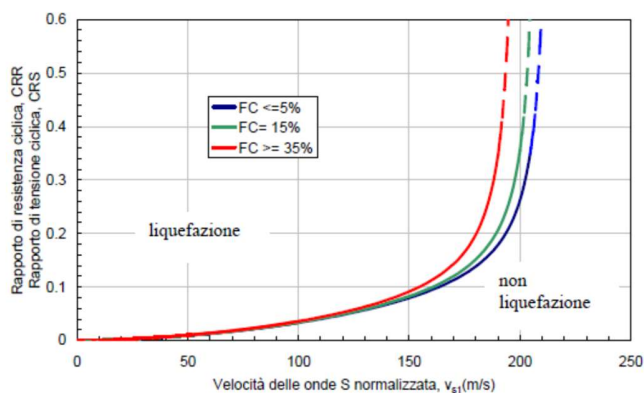
C_N non deve superare il valore di 1,7 e p_a (pressione atmosferica ≈ 100 kPa) e σ'_v devono avere le stesse unità di misura e $C_E C_B C_R C_S \approx 1$



$q_{c1N} = C_Q \frac{q_c}{p_a}$

dove p_a (pressione atmosferica di riferimento ≈ 100 kPa) e σ'_v sono espresse nelle stesse unità di misura ed è

$$C_Q = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{1.338 - 0.294(q_{c1N})^{0.264}}$$



$v_{s1} = C_V v_s$

dove p_a (pressione atmosferica di riferimento ≈ 100 kPa) e σ'_v sono espresse nelle stesse unità di misura ed è

$$C_V = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.25}$$

- CSR è la tensione indotta dal terremoto, calcolata attraverso la relazione

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{max s}}{g} \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \cdot r_d$$

nella quale g è l'accelerazione di gravità; σ_v e σ'_v sono rispettivamente la tensione totale verticale e la tensione efficace verticale alla profondità considerata; r_d è un coefficiente riduttivo dall'azione sismica e può essere determinato attraverso la relazione semplificata

$$r_d = 1 - 0.0015 \cdot z$$

- MSF è un fattore di scala che può essere valutato mediante la tabella seguente in funzione della magnitudo.

Magnitudo	MSF
5.5	1.43
6.0	1.32
6.5	1.19

Se il fattore $F_s > 1$ la liquefazione è da escludere; se il fattore $F_L < 1$ è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione.

A tali metodi, che prevedono il calcolo del fattore di sicurezza (F_s), è possibile associare un indice rappresentativo del rischio di liquefazione, definito da Iwasaki et al. (1978) come *Indice del Potenziale di Liquefazione* IP_L , esprimibile come

$$IP_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

In cui $z_{crit} = 20$ m, che rappresenta la profondità oltre la quale è da escludersi fenomeni di liquefazione. In base al valore di IP_L è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione attraverso la tabella che segue:


Valore IP_L	Rischio di liquefazione
$IP_L = 0$	Molto basso
$0 < IP_L \leq 5$	Basso
$5 < IP_L \leq 15$	Alto
$IP_L > 15$	Molto alto

La scrivente ha scelto di valutare il potenziale di liquefazione utilizzando i dati ottenuti dall'indagine sismica attraverso il metodo di Andrus & Stokoe (1997).

Ipotizzando la magnitudo di riferimento pari a 6.5, desunta da dati storici, e una profondità media della falda al momento dell'indagine di 1,50 m p.c. si ottiene quanto segue:

Metodi che utilizzano Prove sismiche (V_s)	Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento (M)	Indice del Potenziale di Liquefazione (PL)	Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978)
	F_s (Autore)	OPCM 3274			
Andrus e Stokoe (1997)	>1,0	>1,25	6,5	0,000	Molto Basso

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
(da prove sismiche)
Metodo di Andrus e Stokoe (1997)



EPC LIBRI

FORMULE:

$$V_{s1} = V_s \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_{1D}} \right)^{0,25}$$

$$CRR = 0,03 \cdot \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{0,9}{(V_{s1C} - V_{s1})} - \frac{0,9}{V_{s1C}}$$

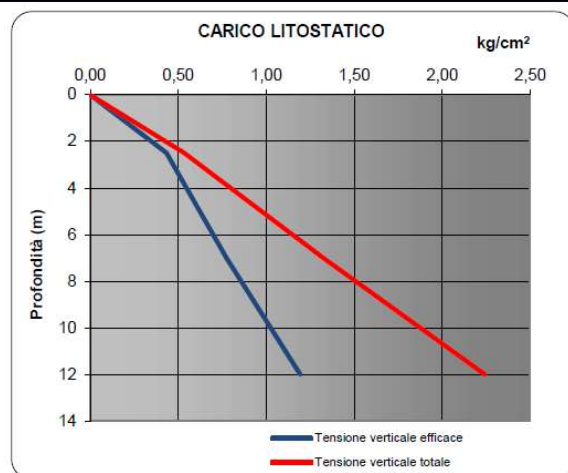
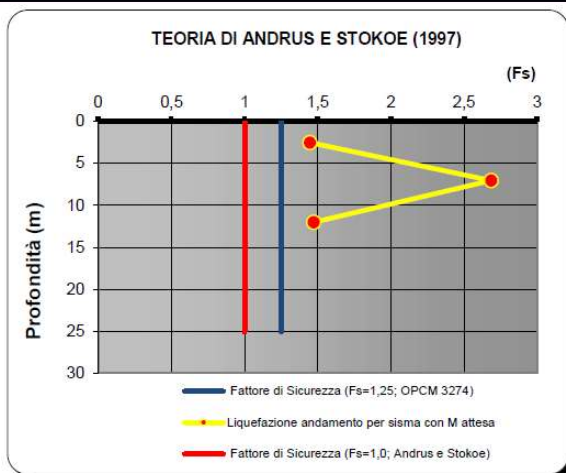
$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{1D}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma'_{1D}}{\sigma'_{1D0}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

RISULTATI:

	1° Strato	2° Strato	3° Strato
Spessore	3,4	7,6	9
V_{s1}	223,194	305,015	181,762
CRR	0,106	0,264	0,144
CSR	0,073	0,098	0,098
r_d	0,98	0,95	0,86
1 < $F_s = CRR/CSR$	M = 6,5	F_s	1,446
			Verificato
1,25 < $F_s = CRR/CSR$	M = 6,5	$F_s (O.P.C.M.)$	1,446
			Verificato
RISCHIO di Liquefazione (Iwasaki et al., 1978)			
PROBABILITA' di Liquefazione (Juang et al., 2001) [P_L (%)]			
	0,09	0,01	0,08
SUSCETTIBILITA' di Liquefazione (Juang et al., 2001)			
	Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta

Committente: Comune di Venezia
Riferimento: Piazza Mercato
Località: Marghera **Prov.:** VE
Oggetto: riqualificazione Piazza Mercato Marghera

STRATIGRAFIA 3



VERIFICHE GEOTECNICHE

Al momento dell'affidamento dell'incarico non sono state fornite dalla Committenza/Progettista indicazioni su carichi e tipologie fondazionali. Le verifiche geotecniche, qualora necessarie, verranno eseguite a cura della Committenza/Progettista. Con i dati sopra indicati è quindi possibile eseguire le opportune e corrette verifiche geotecniche per la realizzazione dell'opera, per la verifica dei relativi cedimenti e soprattutto per la progettazione degli scavi in sicurezza data la presenza di acqua. Sarà compito del progettista prevedere la soluzione fondazionale più adeguata alle strutture previste dal progetto anche alla luce degli effettivi carichi di progetto previsti.

NOTE CONCLUSIVE

Nel presente rapporto è stato evidenziato lo stato geologico, la stratigrafia, la litologia superficiale e le condizioni idrogeologiche dell'area. In base alle indagini eseguite in situ è stato possibile ricostruire la geometria del sottosuolo, fornendo una stratigrafia di riferimento, contraddistinta dalla presenza di differenti tipologie di sedimenti anche in termini di potenza e di localizzazione degli strati, molto probabilmente dovute al fattore deposizionale agente nell'area che le ha generate. La descrizione della sismicità del sito ha permesso di definire la categoria del sottosuolo di fondazione e di verificare l'eventuale potenziale di liquefazione.

Sotto il profilo dei risultati ottenuti dalle prove geofisiche eseguite ai fini della definizione delle caratteristiche sismiche del sito, le prove restituiscono un valore del parametro $V_{s,eq}$ che comporta l'inserimento dell'area nella Categoria di sottosuolo di tipo C.

Dr. Geol. Julien Perin



BIBLIOGRAFIA

Associazione Geotecnica Italiana, 1977 – *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*.

Bondesan A. & Meneghel M. (a cura di), 2004 – *Geomorfologia della provincia di Venezia*. Esedra, Padova.

Bondesan A., Primon S., Bassan V., Vitturi A., 2008 – *Le unità geologiche della provincia di Venezia*. Cierre grafica, Venezia.

Colomo P., Coleselli F., 1996 – *Elementi di geotecnica*. Zanichelli

Crespellani T., Facciorusso J., 2010 – *Dinamica dei terreni per le applicazioni sismiche*. Dario Flaccovio Editore.

Lancellotta R., 2004 – *Geotecnica*. Zanichelli

D.G.R.V. n. 2922 del 03/10/2003 - *Protocollo operativo per la caratterizzazione e il monitoraggio dei siti contaminati ai sensi del D.M. 471/99*;

D. Lgs n. 152 del 03/04/2006 “Norme in materia ambientale” aggiornato con il D.Lgs n. 4 del 16/01/2008.

Mion F., Boscolo C., 2008 – *Le acque sotterranee della pianura Veneta. I risultati del Progetto SAMPAS*. ARPAV, Padova.

Mozzi et alii, 2003: Mozzi P., Bini C., Zilocchi L., Beccatini R. & Mariotti Lippi M., 2003 – *Stratigraphy, paleopedology and palinology of late Pleistocene an Holocene deposits in the landward sector of the lagoon of Venice (Italy), in relation to caranto level*. Il Quaternario, 16 (bis), 193 – 210.

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D. LGS. 152/06 E S.M.I. E DELL’ACCORDO DI PROGRAMMA PER LA CHIMICA DI PORTO MARGHERA - Revisione ai sensi dell’Accordo di Programma del 16 Aprile 2012 - (art.5, comma 3)

Sguazzin M., Semenzato P., Università degli Studi di Padova – Indagine idrogeologica e degli effetti fitopatologici dell’intrusione salina in un’isola della Laguna Veneziana, Tesi di Laurea, 2014.

Tanzini M. 2011 – *Micropali e pali di piccolo diametro. Aspetti progettuali e tecnologici*. Dario Flaccovio Editore.

Tanzini M. 2011 – *L’indagine geotecnica*. Dario Flaccovio Editore.

Tulipano L., Sappa G., *Lezioni di idrogeologia applicata*, 2008.

APPENDICE 1



GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Sede Legale: Spinea (VE) - via L. Negrelli, 17/i – 30038 Tel/Fax 041-481046
www.impresageodis.com – email: info@impresageodis.com – PEC: geodis@ticertifica.it
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E



Committente: Comune di Venezia	Sondaggio: S1
Cantiere Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data: 30/03/2023
Attrezzatura: Beretta T45	Quota: p.c.
Perforazione: Carotaggio continuo	

LEGENDA STRATIGRAFIA

metri batt.	Prel. % 0 --- 100	ø mm	R v	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	metri	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni	Pz	A r s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

- 1) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 2) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 3) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 4) Rivestimento
- 5) Simbolo litologico
- 6) Profondità della base dello strato (m)
- 7) Descrizione della litologia dello strato
- 8) Scala metrica
- 9) Resistenza alla punta (kPa)
- 10) Vane test (kPa)
- 11) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 12) Prova S.P.T.
- 13) Valore di N_{spt}
- 14) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 15) Piezometri
- 16) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)

She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT
Amb = Ambientale

Tubo aperto	Casagrande
tubo cieco	tubo cieco
finestrato	cella
	drenaggio
	cementazione



**GEODIS**Geological Drilling
and Investigation Society

Committente: Comune di Venezia	Sondaggio: S1
Cantiere Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data: 30/03/2023
Attrezzatura: Beretta T45	Quota: p.c.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1:175

STRATIGRAFIA - S1

Pagina 1/1

metri batt.	Prel. % 0 --- 100	Ø mm	R v	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	metri	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni	Pz	A r s
										m	S.P.T.	N			
1					0.6	Limo sabbioso marrone con frammenti centimetrici di cotto.	1	280	>100	1,5	5-7-9	16	CR1) Rim 1,00 1,50		
2						Limo debolmente argilloso grigio-nocciola con zonazioni ocre, consistente, localmente con veli di sabbia fine nocciola e concrezioni carbonatiche millimetriche.	2						Cl1) Ind < 2,00 2,60		
3					3.4		3	300	>100	3,0	7-7-9	16			
4						Sabbia fine limosa grigio chiaro, satura fino a 6,0 m; quindi sabbia medio-fine limosa grigio chiaro; presente un livello di argilla limosa grigio chiaro tra 6,0 e 6,1 m p.c.	4	270	>100	4,5	9-11-13	624	CR2) Rim 4,00 4,50		
5							5			6,0	11-12-16	28			
6							6			7,5	9-11-13	24	CR3) Rim 7,00 7,50		
7							7			9,0	11-13-17	130	CR4) Rim 9,00 9,50		
8							8			10,5	12-10-15	125			
9					11.0	Argilla limosa grigio chiaro, con locali screziature rosa tra 15 e 19 m, con punti di sostanza organica vegetale; presente un livello torboso tra 12,6 e 12,7 m p.c.	9			12,6	3-2-3	5	Cl2) Ind < 12,00 12,60		
10							10			13,5	2-3-4	7			
11							11			15,0	2-2-3	5			
12							12	90	41	16,6	2-3-3	6	Cl3) Ind < 16,00 16,60		
13							13	100	44	18,0	1-2-2	4			
14							14	90	38	19,5	3-3-4	7	CR5) Rim 20,00 20,50		
15							15			21,0	4-6-9	15			
16					20.0	Limo debolmente argilloso grigio chiaro con locali livelli decimetrici di argilla limosa, torboso; presente torba marrone tra 20,5 e 20,7, tra 21,3 e 21,7 e tra 22,8 e 23,4 m p.c.	16	160	38	22,5	4-4-7	11			
17							17	140	41	24,0	2-3-3	6			
18							18	120	36	25,5	7-7-10	17			
19							19	110	30	27,6	11-13-15	28	Cl4) Ind < 27,00 27,60		
20							20	140	40	29,0	7-7-9	16			
21					25.3	Limo sabbioso grigio chiaro con livelli decimetrici di sabbia fine limosa.	21	160	48	30,0	8-7-10	17			
22							22	180	46						
23							23	140	48						
24							24								
25							25								
26							26								
27							27								
28							28								
29					29.0	Argilla limosa grigio scuro localmente torbosa.	29	160	48						
30					30.0		30	180	46						
31						FINE SONDAGGIO.	31	140	48						
32						N.B.: installazione di piezometro a tubo aperto PVC Ø 2" con pozzetto e chiusino.	32								
33							33								
34							34								



APPENDICE 2



GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Sede Legale: Spinea (VE) - via L. Negrelli, 17/i – 30038 Tel/Fax 041-481046
www.impresageodis.com – email: info@impresageodis.com – PEC: geodis@ticertifica.it
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E



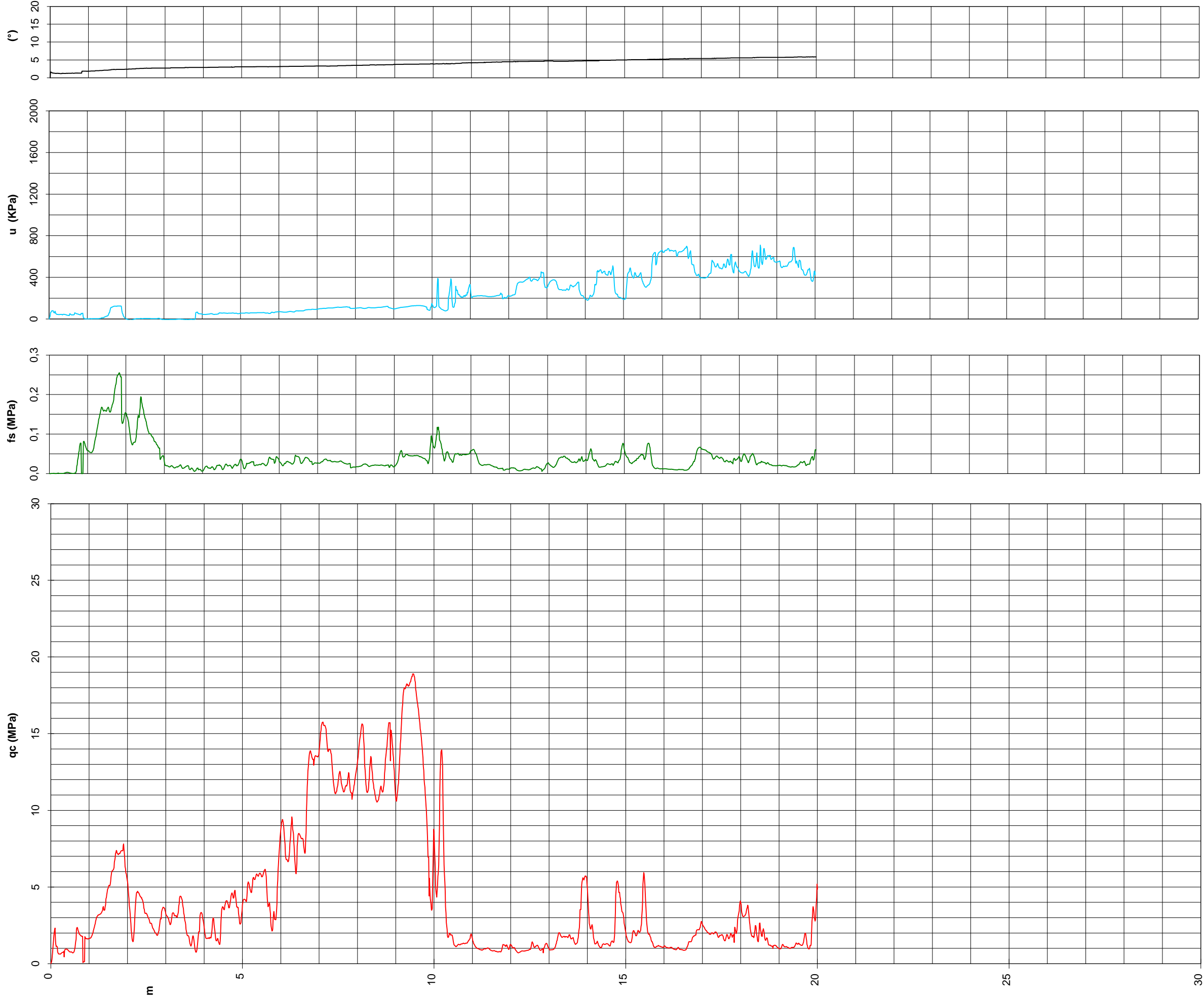


GEODIS S.r.l.
Via L Negrèlli, 17/i - 30038 Spinea (Ve)
Tel/Fax: 041/481046
E-mail: info@impresageodis.com
Web: www.impresageodis.com

Committente: COMUNE DI VENEZIA
Cantiere: PIAZZA MERCATO MARGHERA
Ubicazione Prova: Vedi Planimetria
Quota : 0,00 m.
Riferita a : Piano campagna
Note : Preforo: 0,00 m dal p.c.

Prova n°: **CPTU1**
Data esecuzione: 30/03/23
Commessa n.: GDP

qc Resistenza Punta (MPa)
fs Resistenza Laterale (MPa)
u Pressione nei Pori (KPa)
Deviazione dalla verticale (°)



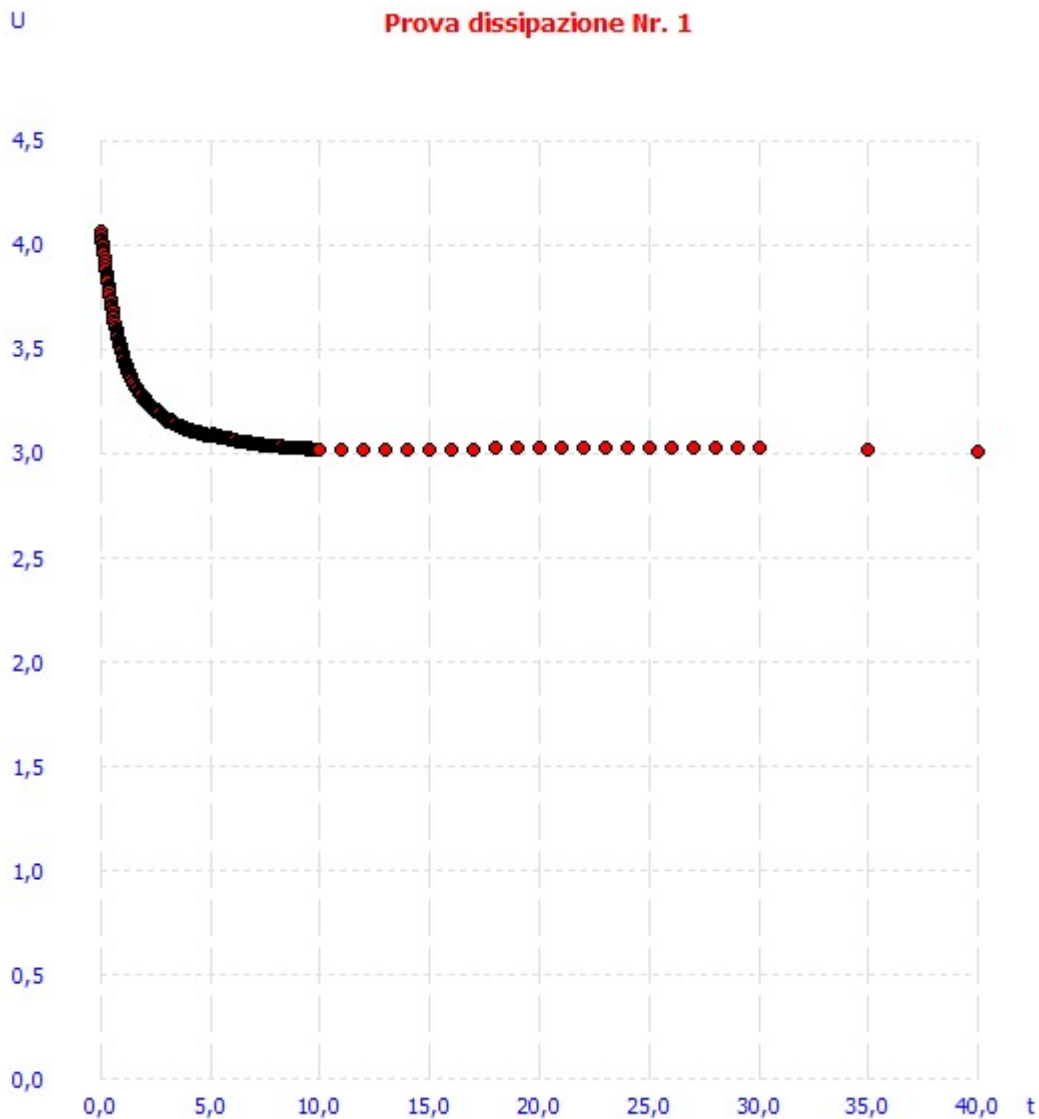
STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr: Numero progressivo strato
 Prof: Profondità strato (m)
 Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
 Qc: Resistenza punta (Mpa)
 Fs: Resistenza laterale (Mpa)
 Cu: Coesione non drenata (KPa)
 Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)
 Puv: Peso unità di volume (KN/m³)
 PuvS: Peso unità di volume saturo (KN/m³)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Qc	Fs	Cu	Fi	Puv	PuvS
1	0,00	0,80	C	1,0031	0,0061	50,0	--	18,2	19,0
2	0,80	2,90	C	3,5391	0,1236	176,5	--	20,3	21,1
3	2,90	5,90	I	3,2453	0,0203	--	32,7	18,6	21,6
4	5,90	10,50	I	11,1343	0,0345	--	36,5	18,6	21,6
5	10,50	13,80	C	1,1499	0,0256	57,9	--	18,1	18,9
6	13,80	14,00	I	4,878	0,0352	--	30,4	18,6	21,6
7	14,00	14,70	C	1,4695	0,029	73,5	--	18,5	19,3
8	14,70	14,90	I	3,9584	0,0301	--	29,1	18,6	21,6
9	14,90	17,90	C	1,7061	0,0333	85,3	--	18,8	19,6
10	17,90	18,50	C	2,5738	0,0378	128,5	--	19,5	20,3
11	18,50	20,00	C	1,4163	0,0248	70,6	--	18,3	19,1

Committente: Comune di Venezia
Sito: Piazza Mercato – Marghera (VE)
Prova: CPTU1
Data: 30/03/2023

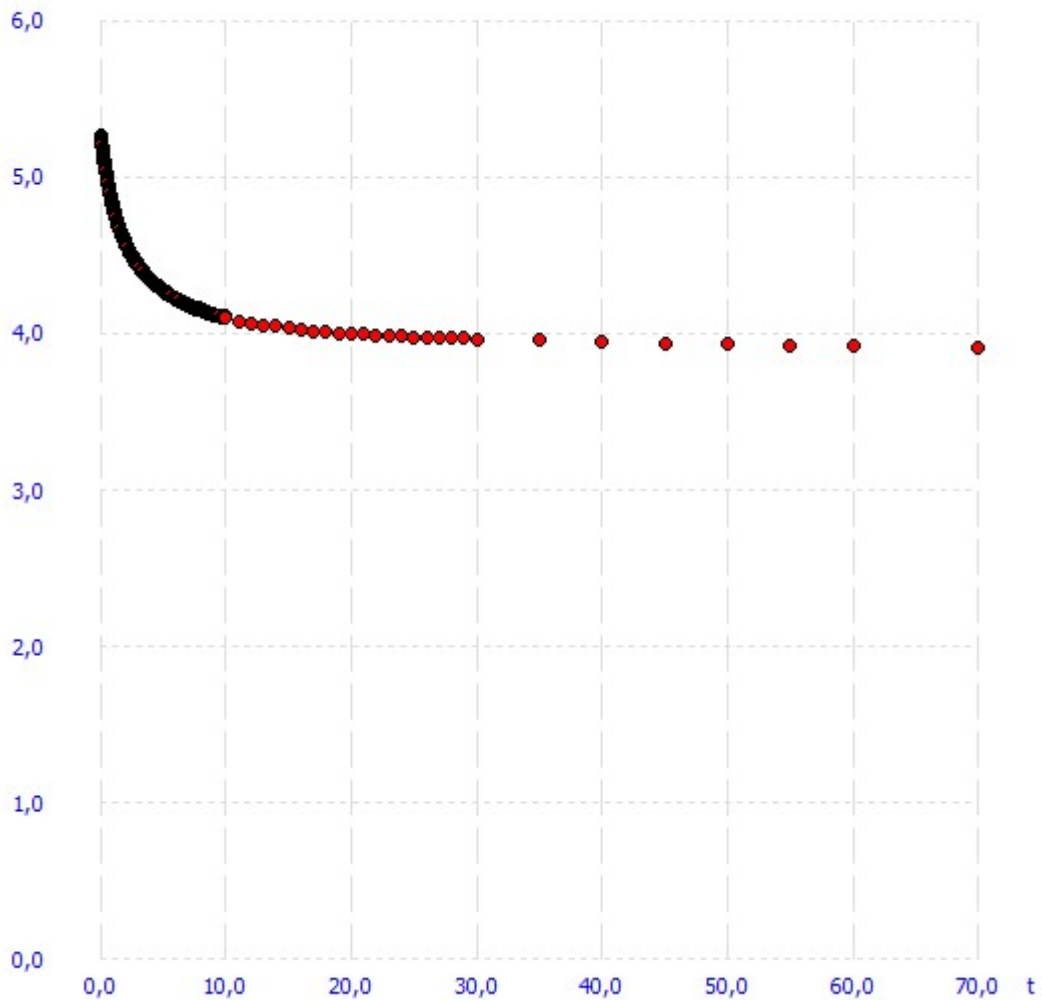
Profondità di esecuzione: 12,53 m



Profondità di esecuzione: 15,74 m

U

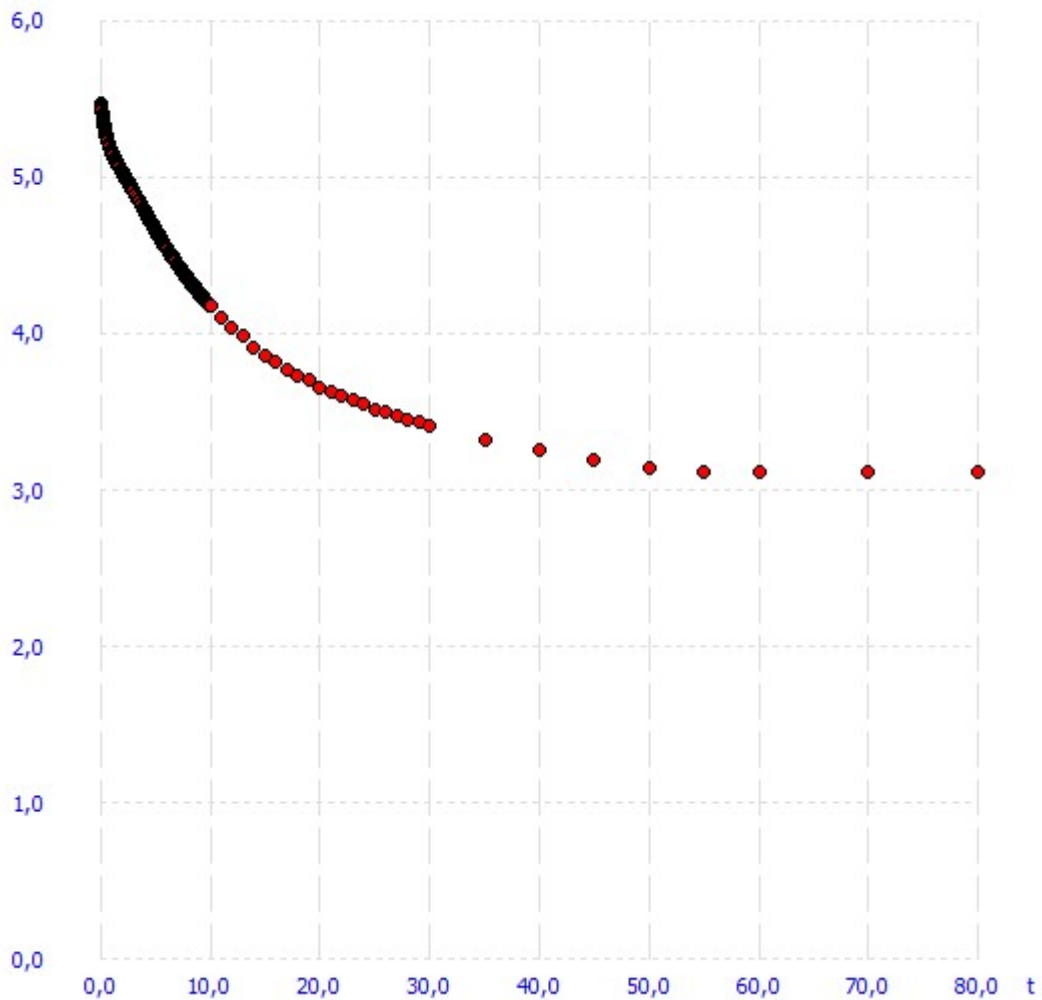
Prova dissipazione Nr. 2



Profondità di esecuzione: 19,53 m

U

Prova dissipazione Nr. 3



APPENDICE 3

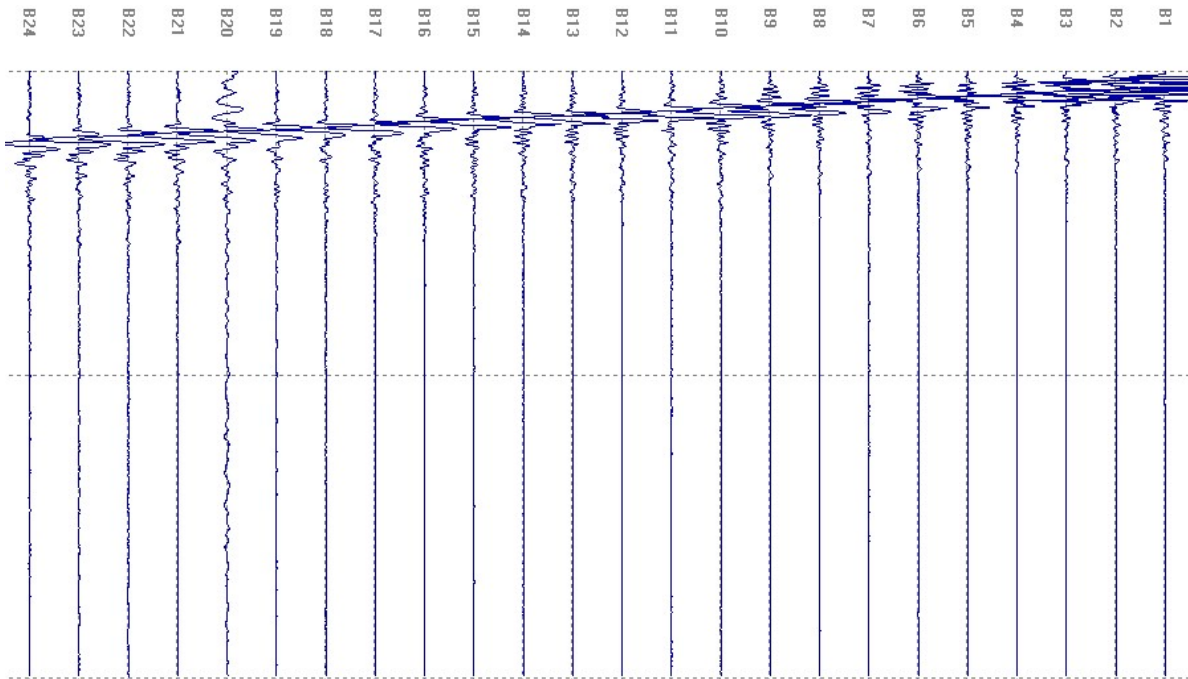


GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Sede Legale: Spinea (VE) - via L. Negrelli, 17/i – 30038 Tel/Fax 041-481046
www.impresageodis.com – email: info@impresageodis.com – PEC: geodis@ticertifica.it
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E

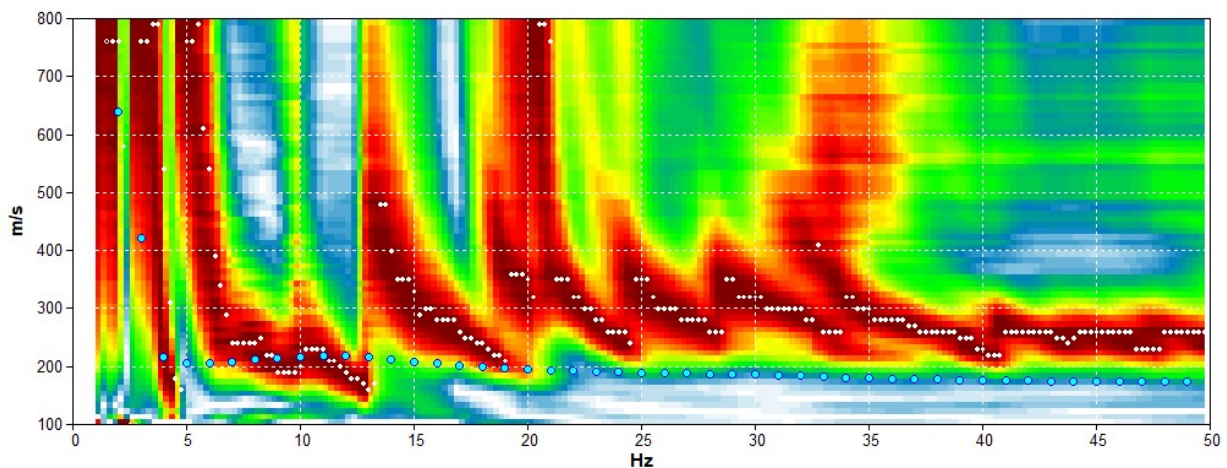


Committente: Comune di Venezia
Sito: Piazza Mercato – Marghera (VE)
Prova: MASW1
Data: 31/03/2023

Numero geofoni: 24 cad. profilo;
Distanza geofonica: 1 m;
Freq. campionamento: 512 Hz



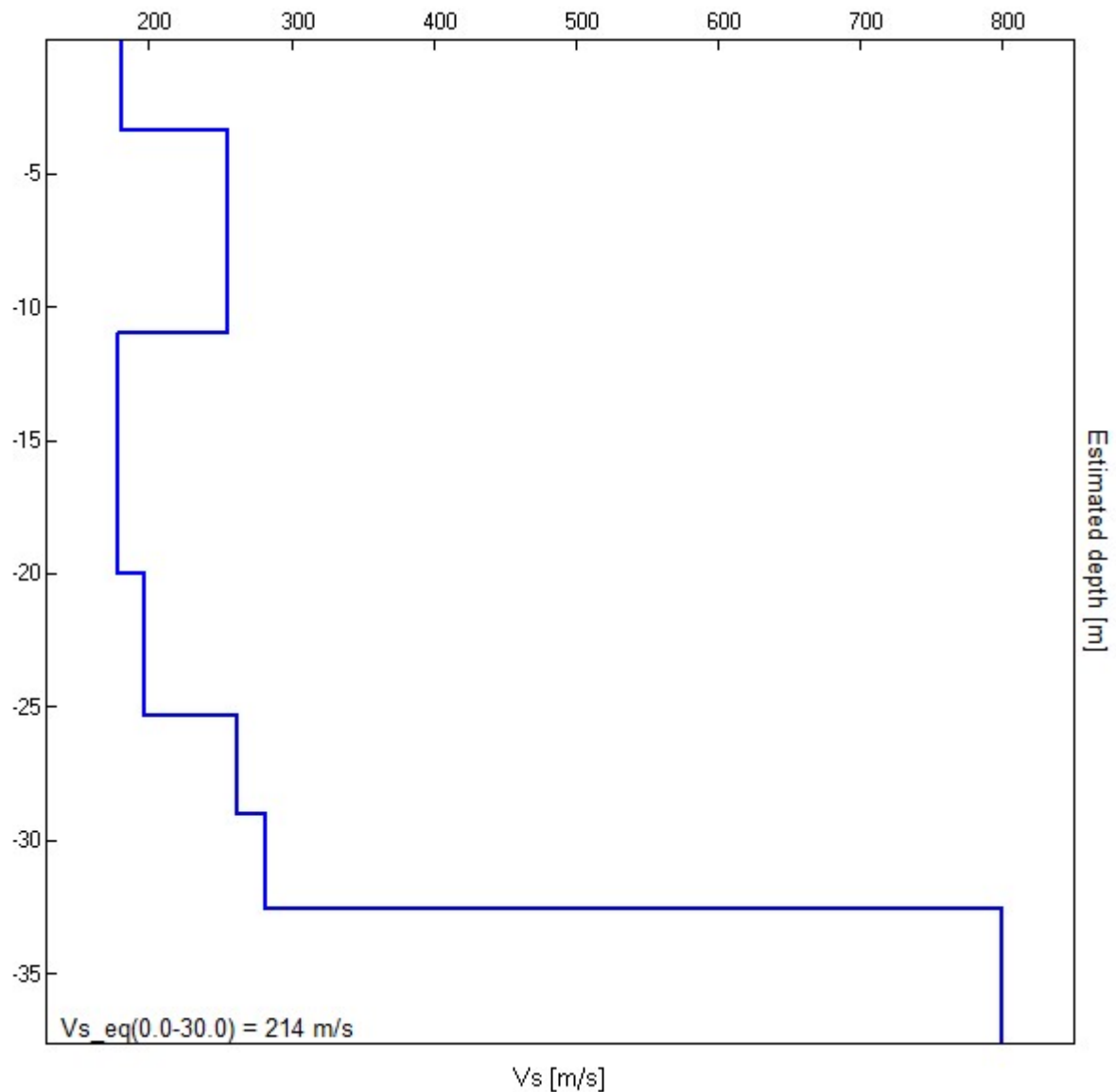
MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
3.40	3.40	181
11.00	7.60	286
20.00	9.00	178
25.30	5.30	197
29.00	3.70	262
32.60	3.60	282

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 214 \text{ m/s}$

Vs VERTICAL PROFILE



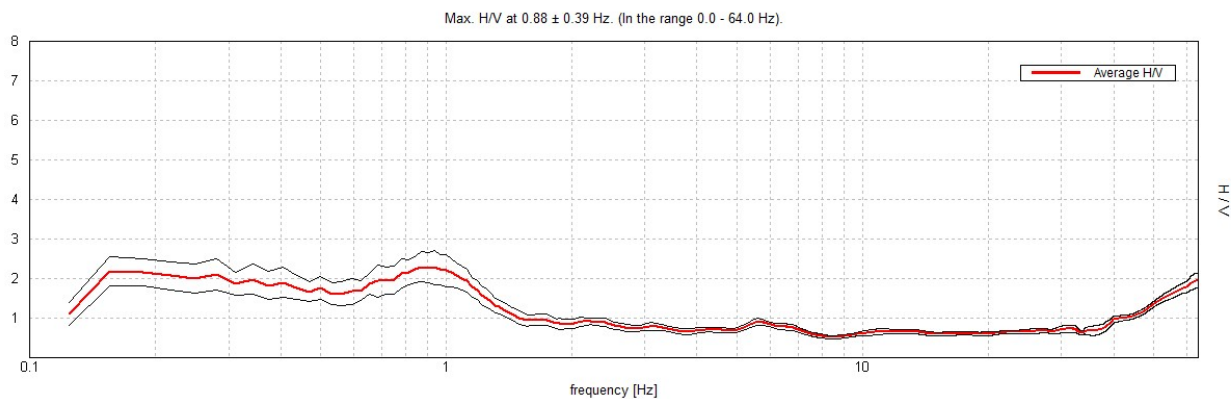
Committente: Comune di Venezia
Sito: Piazza Mercato – Marghera (VE)
Prova: HVSR1

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 38% tracciato (selezione manuale)

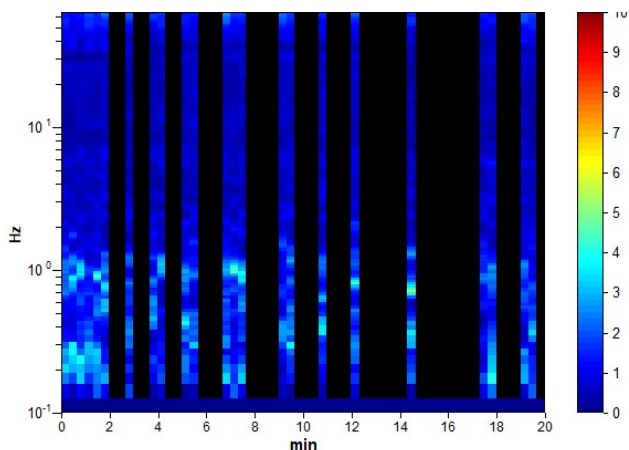
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

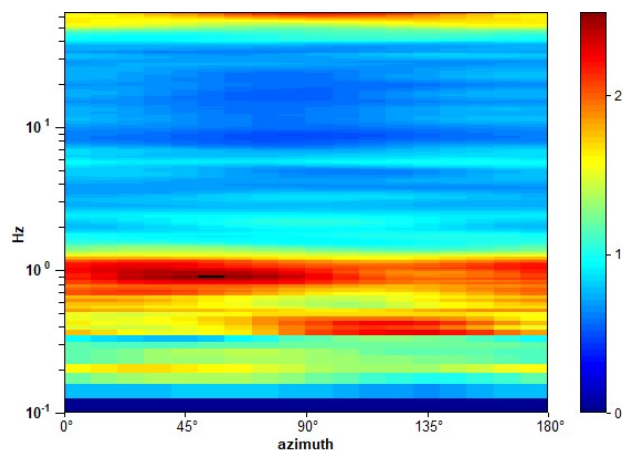
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



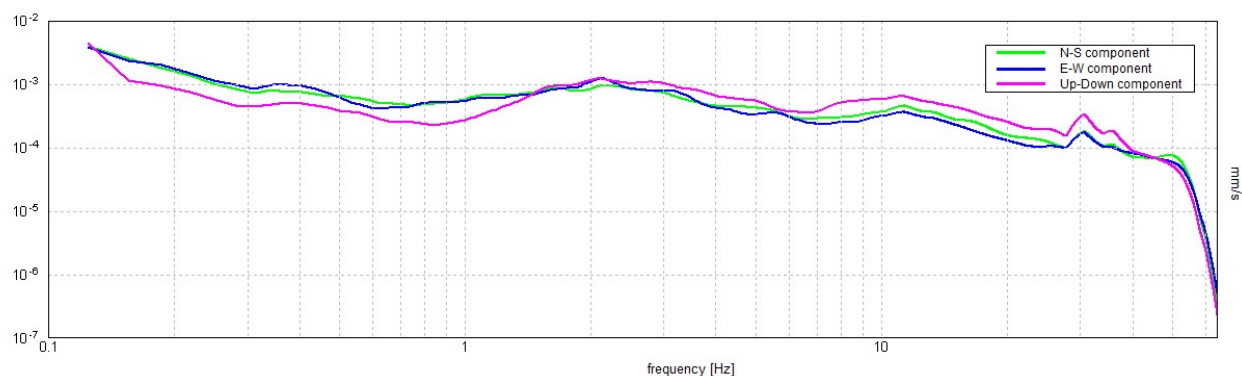
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



CRITERI SESAME (2005) ⁽¹⁾

Picco H/V a 0.88 ± 0.39 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]						
$f_0 > 10 / L_w$		0.88 > 0.50	OK			
$n_c(f_0) > 200$		402.5 > 200	OK			
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 43	OK			
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]						
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$				NO		
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		1.438 Hz	OK			
$A_0 > 2$		2.30 > 2	OK			
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		$ 0.44164 < 0.05$		NO		
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$		$0.38643 < 0.13125$		NO		
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		$0.3783 < 2.0$	OK			
L_w n_w $n_c = L_w n_w f_0$ f f_0 σ_f $\varepsilon(f_0)$ A_0 $A_{H/V}(f)$ f^- f^+ $\sigma_A(f)$ $\sigma_{\log H/V}(f)$ $\theta(f_0)$	lunghezza della finestra numero di finestre usate nell'analisi numero di cicli significativi frequenza attuale frequenza del picco H/V deviazione standard della frequenza del picco H/V valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 ampiezza della curva H/V alla frequenza f frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ 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 deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$ valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$					
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$						
Intervallo di freq. [Hz]		< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]		0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$		3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$		0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V ^{(2) (3)}

CLASSE	A
TIPO	2

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (H/V affidabile, **può essere utilizzata anche da sola**)

1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.

Eccezione: nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).

Classe B (H/V da "interpretare": **va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine**)

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

Classe C (H/V scadente e di difficile interpretazione: **non va utilizzata**)

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

Tipo 1: H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

Tipo 2: H/V senza picchi "chiari" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1: assenza di risonanza)

(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12

(2) - Albarello D., Cesi C., Euillii V. et alii (2010): The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzonation: an example from the area damaged by the 26th April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Boll. Geofis. Teor. Appl., 52 (3).

(3) - Albarello D. & Castellaro S. (2011) - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2- 2011.

APPENDICE 4



GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Sede Legale: Spinea (VE) - via L. Negrelli, 17/i – 30038 Tel/Fax 041-481046
www.impresageodis.com – email: info@impresageodis.com – PEC: geodis@ticertifica.it
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E



Laboratorio Autorizzato dal ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

COMMITTENTE: Comune di Venezia

Commessa N°: GDP23039

CANTIERE: Piazza Mercato - Marghera (VE)

rev. 0 del: 13/04/23

TABELLA RIASSUNTIVA

Sond. n°	Camp. n°	Profondità: m	W _n %	ρ _n Mg/m ³	ρ _d Mg/m ³	ρ _s Mg/m ³	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	W _I %	W _p %	I _p	Pocket Pen kPa	Torvane kPa	ELL1 kPa	ELL2 kPa	Cc	Cv m ² /s	U.U. Cu kPa	C.U. ' ° ,c' kP	T.D. φ' °
1	CR1	1 - 1.5				2.798		28	54	18	46	23	23									
	CI1	2 - 2.5	20.3	2.126	1.767	2.812		6	61	33	32	21	11	250 - 420	> 100			0.147	5.14E-07	2.73E-07		
	CR2	4 - 4.5				2.775		47	49	4			N.P.									
	CR3	7 - 7.5				2.743		79	19	2			N.P.									
	CR4	9 - 9.5				2.752		73	26	1			N.P.									
	CI2	12 - 12.6	25.6	1.902	1.515	2.734		1	40	59	48	21	17	120 - 180	50 - 75			0.171	9.48E-08	3.86E-08	φ' 27 c' 23	
	CI3	16 - 16.6	27.6	1.987	1.557	2.763		2	58	40	39	26	13	110 - 140	35 - 40			0.146	1.00E-06	4.81E-07		φ' 30,5
	CR5	20 - 20.5				2.733		11	88	1	49	33	16									
	CI4	27 - 27.6	33.4	1.893	1.419	2.748		3	51	46	36	24	12	70 - 130	35 - 50							φ' 28,5

 Spesimentatore
 Dott. Geol. Marco Zabeo

mod. Tab (rev.0 del 04/21)

 Direttore Laboratorio
 Dott. Geol. Julien Perin

COMMITTENTE:	Comune di Venezia	Commessa N°: GDP23039
CANTIERE:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	rev. 0 del: 13/04/23

TABELLA RIASSUNTIVA

Sond. n°	Camp. n°	Profondità: m	W _n %	ρ _n Mg/m ³	ρ _d Mg/m ³	ρ _s Mg/m ³	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	WI %	Wp %	Ip	Pocket Pen kPa	Torvane kPa	ELL1 kPa	ELL2 kPa	Cc	Cv m ² /s	U.U. Cu kPa	C.U. ' ° ,c' kP	T.D. φ' °
-------------	-------------	------------------	---------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------	-------------	-----------	--------------	---------	---------	----	-------------------	----------------	-------------	-------------	----	-------------------------	----------------	--------------------	--------------

LEGENDA

W - Contenuto d'acqua allo stato naturale

ρ - Peso dell'unità di volume n(allo stato di umidità naturale) e d (secco)

ρ_s - Peso dell'unità di volume dei granuli solidi

GR - Analisi granulometrica per sedimentazione e stacciatura

LL - Limiti di consistenza o di Atterberg (WL,WP,IP)

SO - Contenuto in sostanze organiche

ELL - Prova di Compressione non confinata

ED - Prova Edometrica ad incrementi di carico (Coefficienti Cv e Cc)

TD - Prova di taglio diretto con apparecchio di Casagrande

UU - Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata

CIU - Prova di compressione triassiale consolidata non drenata

CD - Prova di compressione triassiale consolidata drenata

PROC S/M Prova di compattazione AASHTO standard o modificata

CBR - Prova per la determinazione dell' indice di portanza CBR

KED - Prova di permeabilità in Cella Edometrica

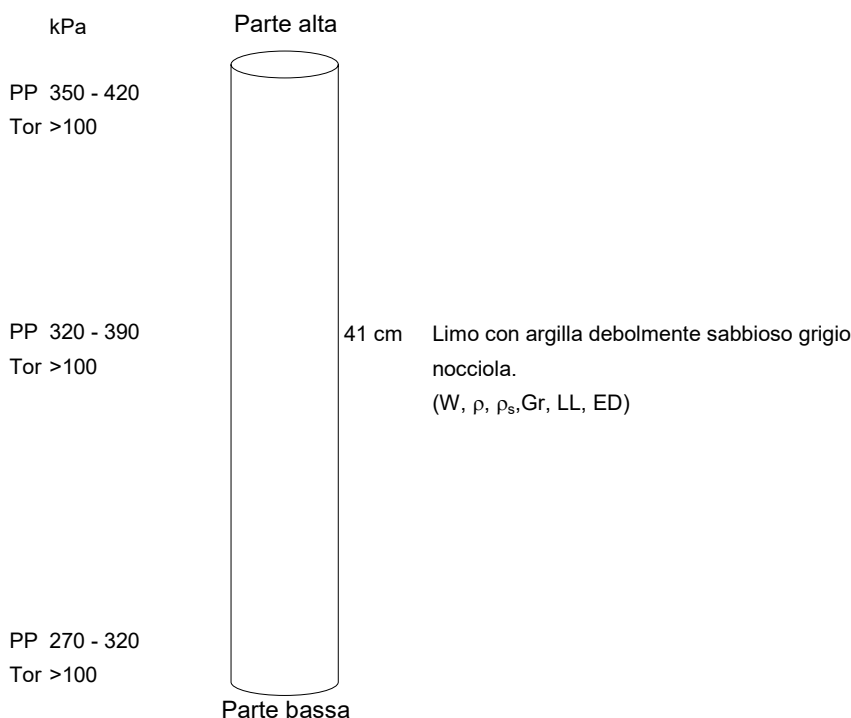
KTX - Prova di permeabilità in Cella Triassiale

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (UNI EN ISO 14688-1)

Commessa n°:	GDP23039		
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	CI1	Data Inizio Prove:	31/03/23
Profondità (m):	2 - 2.5		

Tipo di Contenitore: Fustella acciaio Lunghezza campione (cm): 41
 Classe di qualità campione: 1 Diametro campione (mm): 86



PROVA	SIGLA	RICHIESTA
1	W	X
2	ρ	X
3	ρs	X
4	GR	X
5	LL	X
6	LR	
7	DR	
8	SO	
9	ELL	
10	ED	X
11	TD	
12	UU	
13	CIU	
14	CD	
15	PROC	
16	CBR	
17	KVAR	
18	KCOST	
19	KED	
20	KTX	

Classi di qualità di campioni di terreno per prove in laboratorio

Proprietà del terreno/Classe di qualità	1	2	3	4	5
Caratteristiche invariate del terreno					
Granulometria	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				
Proprietà che possono essere determinate					
Sequenza di strati	x	x	x	x	x
Delimitazione degli strati - generica	x	x	x	x	
Delimitazione degli strati - precisa	x	x			
Limiti di Atterberg, densità delle particelle, contenuto organico	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, porosità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				

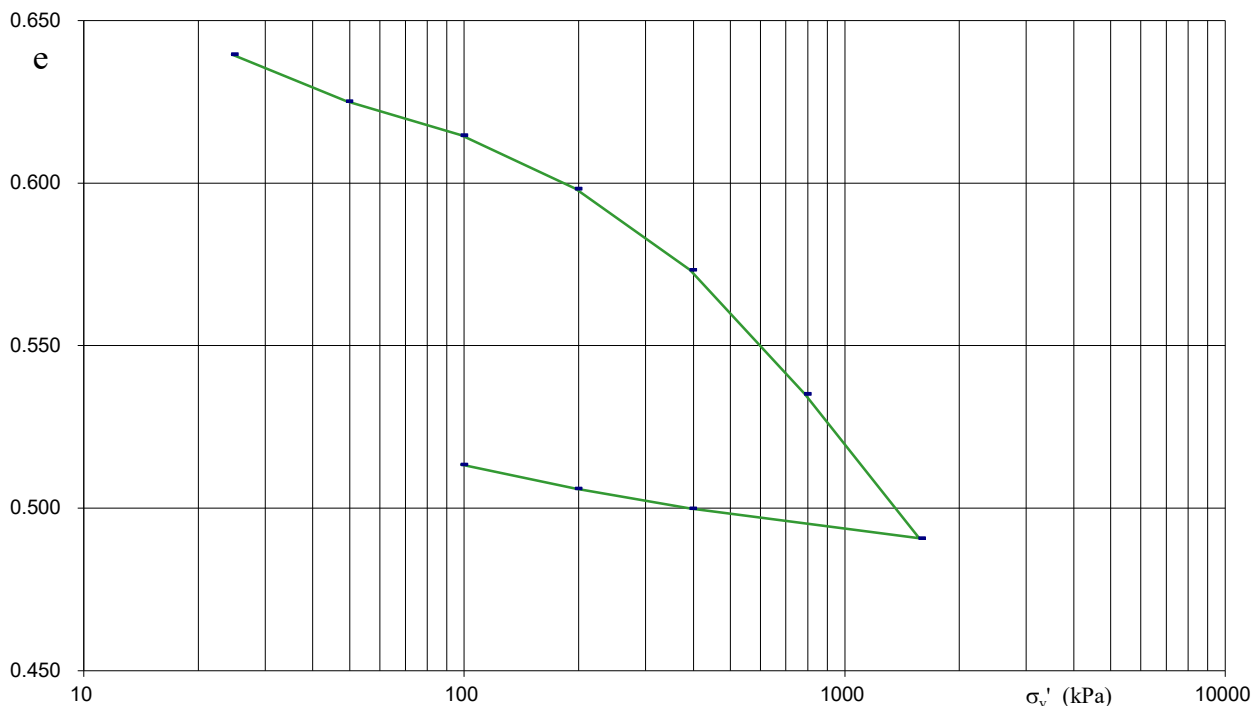
LEGENDA

W - Contenuto d'acqua allo stato naturale
 ρ - Peso dell'unità di volume
 ρs - Peso dell'unità di volume dei granuli solidi
 GR - Analisi granulometrica per sedimentazione e staccatura
 LL - Limiti di consistenza o di Atterberg
 LR - Limiti di Ritiro
 DR - Densità relativa
 SO - Contenuto in sostanze organiche
 ELL - Prova di Compressione non confinata
 ED - Prova Edometrica ad incrementi di carico
 TD - Prova di taglio diretto con apparecchio di Casagrande
 UU - Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata
 CIU - Prova di compressione triassiale consolidata non drenata
 CD - Prova di compressione triassiale consolidata drenata
 PROC S/M Prova di compattazione AASHTO standard o modificata
 CBR - Prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR
 KVAR - Prova di permeabilità con permeametro a carico variabile
 KCOST - Prova di permeabilità con permeametro a carico costante
 KED - Prova di permeabilità in Cella Edometrica
 KTX - Prova di permeabilità in Cella Triassiale

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA EDOMETRICA AD INCREMENTI DI CARICO UNI CEN ISO/TS 17892-5

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	762
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	C11	Data Inizio Prova:	31/03/23
Profondità (m):	2 - 2.6		



Descrizione del campione: Limo con argilla debolmente sabbioso grigio nocciola.

Attrezzatura: Edometro ad anello fisso, doppio dreno, carta da filtro

Contenuto d'acqua (%):

Diametro Provino (m):

Altezza Provino (m):

Indice dei vuoti (e):

 Massa volumica umida ρ (Mg/m³):

 Massa volumica secca ρ_d (Mg/m³):

 Massa volumica particelle solide ρ_s (Mg/m³):

Temperatura ambiente (°C):

	iniziale	finale
Contenuto d'acqua (%)	21.8	18.2
Diametro Provino (m)	5.05E-02	
Altezza Provino (m)	2.00E-02	1.84E-02
Indice dei vuoti (e)	0.649	0.513
Massa volumica umida ρ (Mg/m ³)	2.08	2.20
Massa volumica secca ρ_d (Mg/m ³)	1.71	1.82
Massa volumica particelle solide ρ_s (Mg/m ³)		2.812
Temperatura ambiente (°C)		18

Determinato UNI CEN ISO/TS 17892-3

σ'_v kPa	e	ϵ %
25	0.640	0.58
49	0.625	1.45
98	0.615	2.09
196	0.598	3.09
392	0.573	4.60
785	0.535	6.92
1569	0.491	9.61
392	0.500	9.05
196	0.506	8.68
98	0.513	8.23

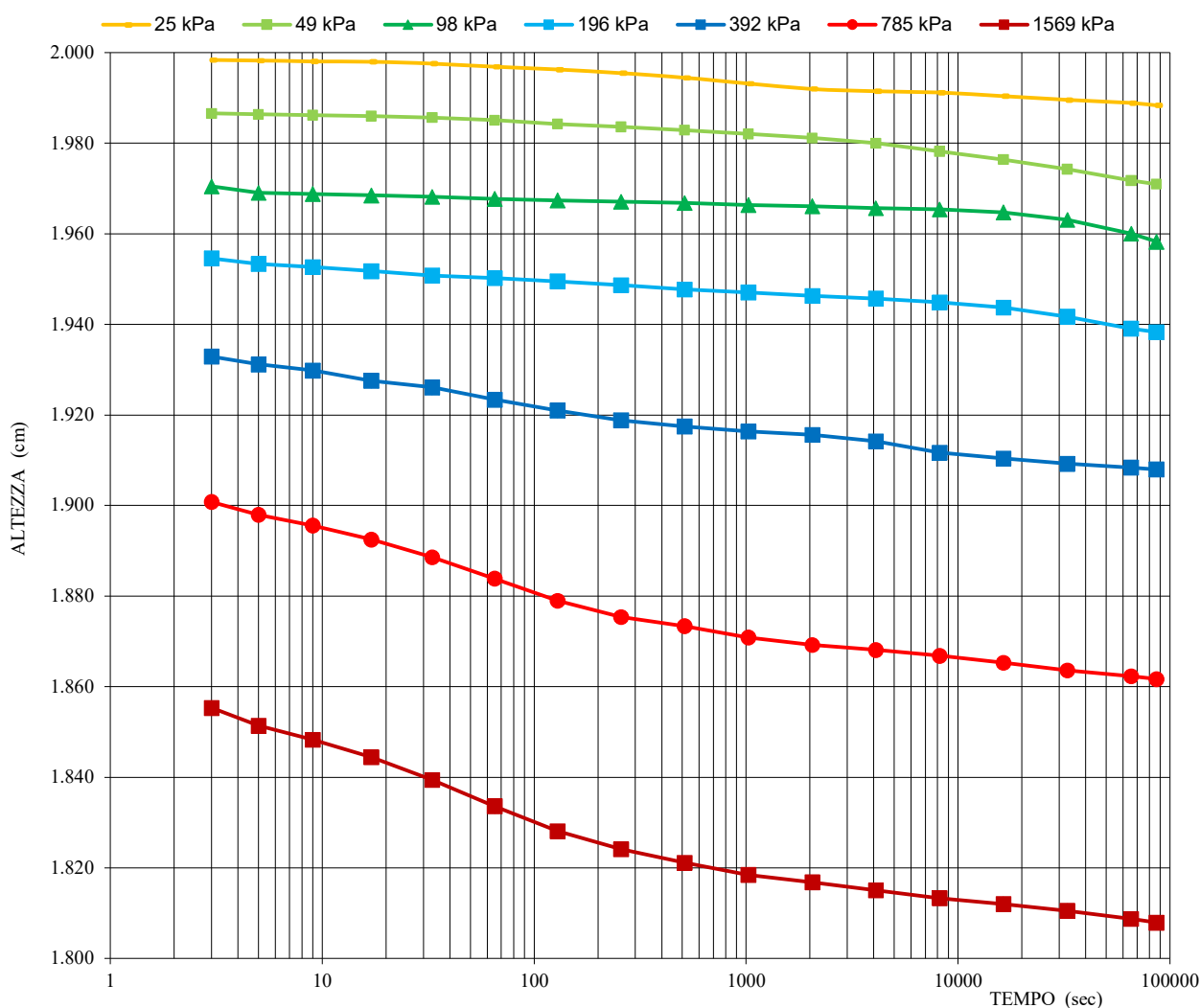
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA EDOMETRICA AD INCREMENTI DI CARICO

UNI CEN ISO/TS 17892-5

Pratica N°:	GDP23039	Certificato N°:	762
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	C11	Data Inizio Prova:	31/03/23
Profondità:	2 - 2.6		

DIAGRAMMI TEMPI - ALTEZZE PROVINO



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA EDOMETRICA AD INCREMENTI DI CARICO

UNI CEN ISO/TS 17892-5

Pratica N°:	GDP23039	Certificato N°:	762
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	C11	Data Inizio Prova:	31/03/23
Profondità:	2 - 2.6		

TABELLE ACQUISIZIONI TEMPI - ALTEZZE PROVINO

Pressione (kPa)
Cv (m²/s)
K (m/s)

25	49	98	196	392	785	1569
n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.73E-07	4.72E-07	5.14E-07
n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.07E-10	2.73E-10	1.73E-10

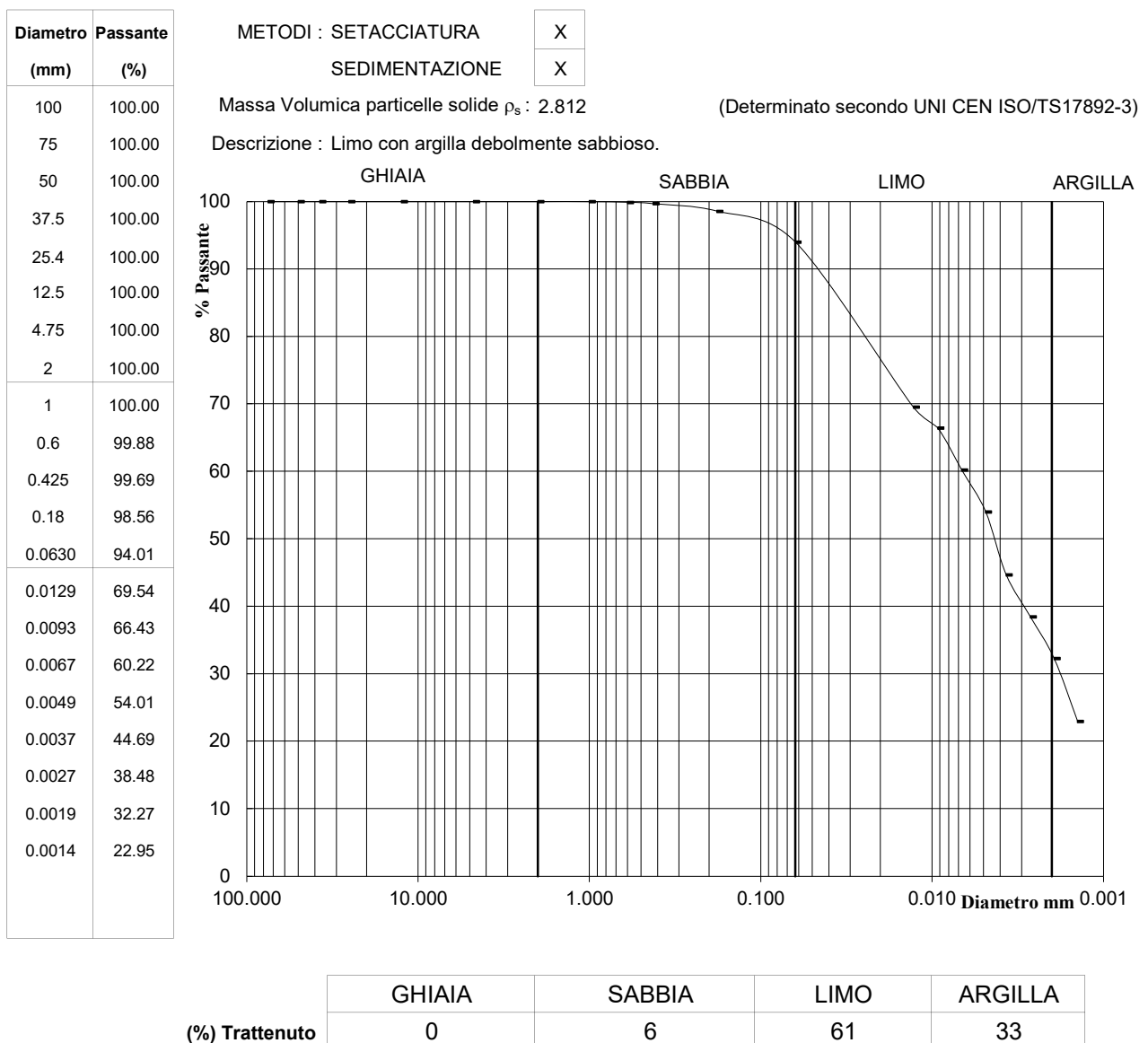
Tempo (sec)
3
5
9
17
33
65
129
257
513
1025
2049
4097
8193
16385
32769
65537
86400

Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)
1.9984	1.9866	1.9705	1.9546	1.9329	1.9008	1.8553
1.9983	1.9864	1.9691	1.9534	1.9312	1.8980	1.8514
1.9981	1.9862	1.9688	1.9527	1.9298	1.8956	1.8483
1.9980	1.9860	1.9685	1.9518	1.9276	1.8925	1.8444
1.9976	1.9857	1.9682	1.9508	1.9261	1.8886	1.8394
1.9969	1.9851	1.9677	1.9502	1.9234	1.8839	1.8336
1.9963	1.9843	1.9674	1.9495	1.9210	1.8790	1.8281
1.9955	1.9836	1.9671	1.9487	1.9188	1.8754	1.8241
1.9945	1.9829	1.9668	1.9477	1.9175	1.8734	1.8211
1.9932	1.9821	1.9664	1.9471	1.9164	1.8709	1.8184
1.9920	1.9812	1.9661	1.9463	1.9156	1.8692	1.8168
1.9915	1.9800	1.9657	1.9457	1.9142	1.8681	1.8150
1.9912	1.9782	1.9654	1.9449	1.9117	1.8668	1.8133
1.9904	1.9764	1.9648	1.9437	1.9104	1.8653	1.8120
1.9896	1.9743	1.9631	1.9417	1.9092	1.8636	1.8105
1.9889	1.9718	1.9601	1.9391	1.9084	1.8623	1.8087
1.9884	1.9710	1.9583	1.9383	1.9080	1.8617	1.8079

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA UNI CEN ISO/TS 17892-4

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°	760
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/2023
Campione:	CI1	Data Inizio Prova:	31/03/2023
Profondità (m):	2 - 2.6		



NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

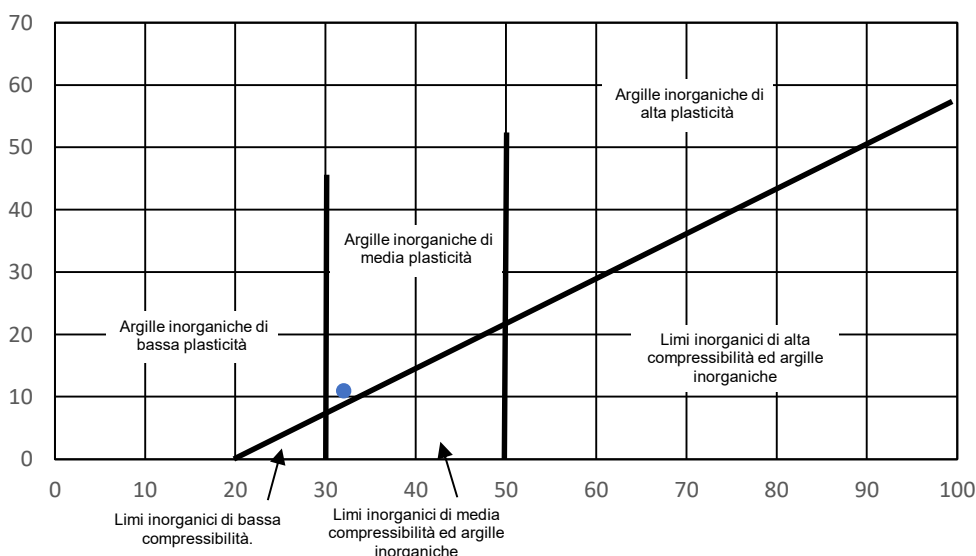
DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA (o di Atterberg) Metodo del Cono (UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	761
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	Cl1	Data inizio prove:	05/04/23
Profondità (m):	2 - 2.6		

Tipo di cono impiegato (angolo, massa)	30°/80g
Determinazione su terreno allo stato naturale	X
Determinazione su frazione di terreno vagliato	
% Passante al vaglio 0.42 mm	

Limite di liquidità	WI	32
Limite di plasticità	Wp	21
Indice di plasticità	Ip	11
Grado di Plasticità	Poco Plastico	

CARTA DI PLASTICITA DI CASAGRANDE



NOTE:

Spesimentatore
Dott. Geol. Marco Zabeo

C5 (rev. 0 del 04/21)

Direttore Laboratorio
Dott. Geol. Julien Perin

Pag. 1/1

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE

Metodo con misurazioni lineari (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	758
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CI1	Data inizio prove:	31/03/23
Profondità (m):	2 - 2.6		

Massa volumica a umidità naturale ρ **2.126** (Mg/m³)

Massa volumica allo stato anidro ρ_d **1.767** (Mg/m³)

Contenuto d'acqua **W** **20.3** (%)

(determinato secondo UNI CEN ISO/TS 17892-1)

NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

Metodo del Picnometro (dimensione max grani 4 mm)

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	759
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CI1	Data inizio prove:	05/04/23
Profondità (m):	2 - 2.6		

Metodo di Prova A (essicato) ☐

Metodo di Prova B (umido) ☒

ρ_s (Mg/m³)

NOTE: Fluido di controllo Acqua Demineralizzata e Disaerazione con pompa a vuoto per 30'

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA UNI CEN ISO/TS 17892-1

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	757
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	C11	Data inizio prove:	31/03/23
Profondità (m):	2 - 2.6		

W 20.3 (%)

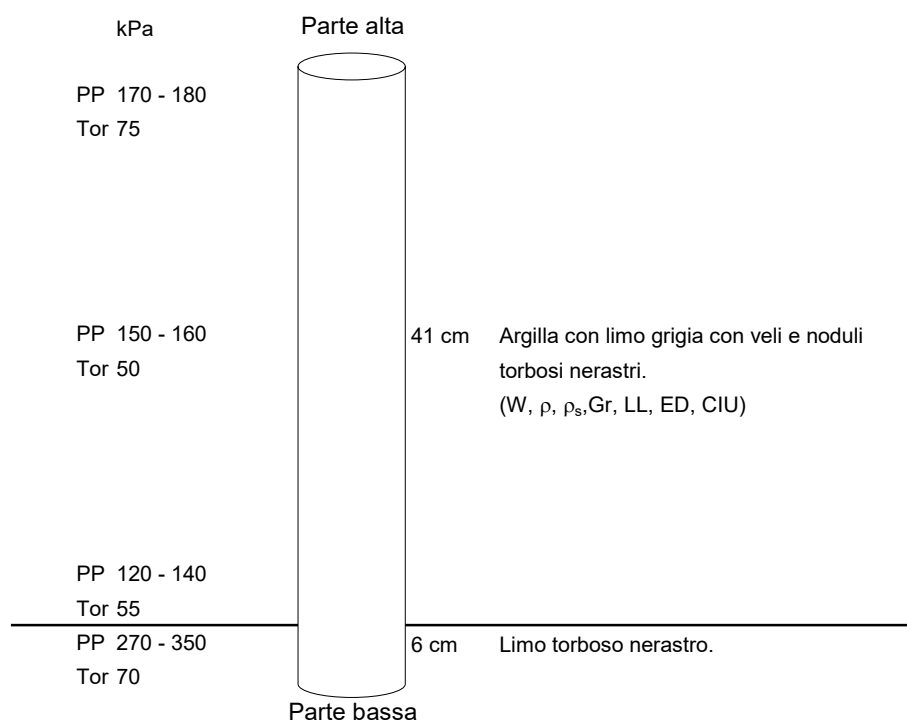
NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (UNI EN ISO 14688-1)

Commessa n°:	GDP23039		
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	CI2	Data Inizio Prove:	31/03/23
Profondità (m):	12 - 12.6		

Tipo di Contenitore: Fustella acciaio Lunghezza campione (cm): 47
 Classe di qualità campione: 1 Diametro campione (mm): 86



PROVA	SIGLA	RICHIESTA
1	W	X
2	ρ	X
3	ρ_s	X
4	GR	X
5	LL	X
6	LR	
7	DR	
8	SO	
9	ELL	
10	ED	X
11	TD	
12	UU	
13	CIU	X
14	CD	
15	PROC	
16	CBR	
17	KVAR	
18	KCOST	
19	KED	
20	KTX	

Classi di qualità di campioni di terreno per prove in laboratorio

Proprietà del terreno/Classe di qualità	1	2	3	4	5
Caratteristiche invariate del terreno					
Granulometria	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				
Proprietà che possono essere determinate					
Sequenza di strati	x	x	x	x	x
Delimitazione degli strati - generica	x	x	x	x	
Delimitazione degli strati - precisa	x	x			
Limiti di Atterberg, densità delle particelle, contenuto organico	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, porosità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				

LEGENDA

W - Contenuto d'acqua allo stato naturale
 ρ - Peso dell'unità di volume
 ρ_s - Peso dell'unità di volume dei granuli solidi
 GR - Analisi granulometrica per sedimentazione e staccatura
 LL - Limiti di consistenza o di Atterberg
 LR - Limiti di Ritiro
 DR - Densità relativa
 SO - Contenuto in sostanze organiche
 ELL - Prova di Compressione non confinata
 ED - Prova Edometrica ad incrementi di carico
 TD - Prova di taglio diretto con apparecchio di Casagrande
 UU - Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata
 CIU - Prova di compressione triassiale consolidata non drenata
 CD - Prova di compressione triassiale consolidata drenata
 PROC S/M Prova di compattazione AASHTO standard o modificata
 CBR - Prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR
 KVAR - Prova di permeabilità con permeametro a carico variabile
 KCOST - Prova di permeabilità con permeametro a carico costante
 KED - Prova di permeabilità in Cella Edometrica
 KTX - Prova di permeabilità in Cella Triassiale

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA SU TERRENI A GRANA FINE UNI CEN ISO /TS 17892-9

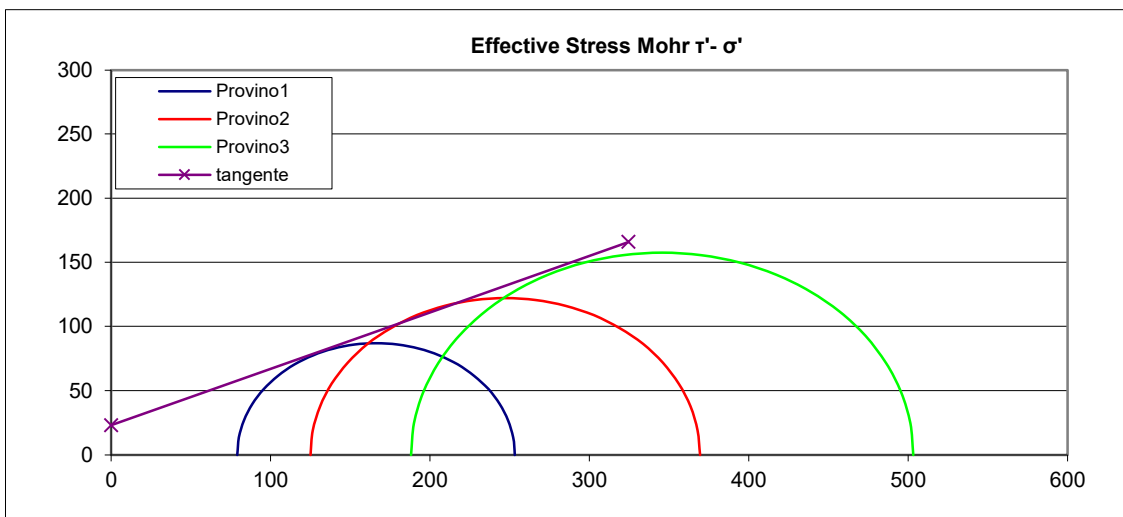
Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	775
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	CI2	Data Inizio Prova:	03/04/23
Profondità(m):	12 - 12.6		

Descrizione campione Argilla con limo grigia con veli torbosi.

Metodo di preparazione Fustellato da Campione Indisturbato

Attrezzatura utilizzata: Pressa Matest S301 50kN - Cella di carico a compressione Laumas 5 kN

CONDIZIONI INIZIALI	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Altezza (mm)	77	77	77
Diametro (mm)	38	38	38
Massa volumica (Mg/m ³)	1.876	1.966	2.016
Indice dei vuoti	0.994	0.902	0.855
Contenuto d'acqua iniziale (%)	24.4	19.7	19.7
Contenuto d'acqua finale (%)	22.9	19.0	18.5
FASE DI SATURAZIONE			
Valore di B finale	0.98	0.96	0.92
FASE DI CONSOLIDAZIONE			
Pressione di consolidazione efficace (kPa)	100	200	300
t ₁₀₀ consolidazione primaria (min)	118.89	4.49	187.49
FASE DI ROTTURA			
Velocità di deformazione (mm/min)	0.04	Criterio di Rottura	Massimo sforzo deviatorico
Tensione deviatorica (kPa)	174.21	244.34	315.23
Deformazione assiale (%)	14.03	10.69	10.78



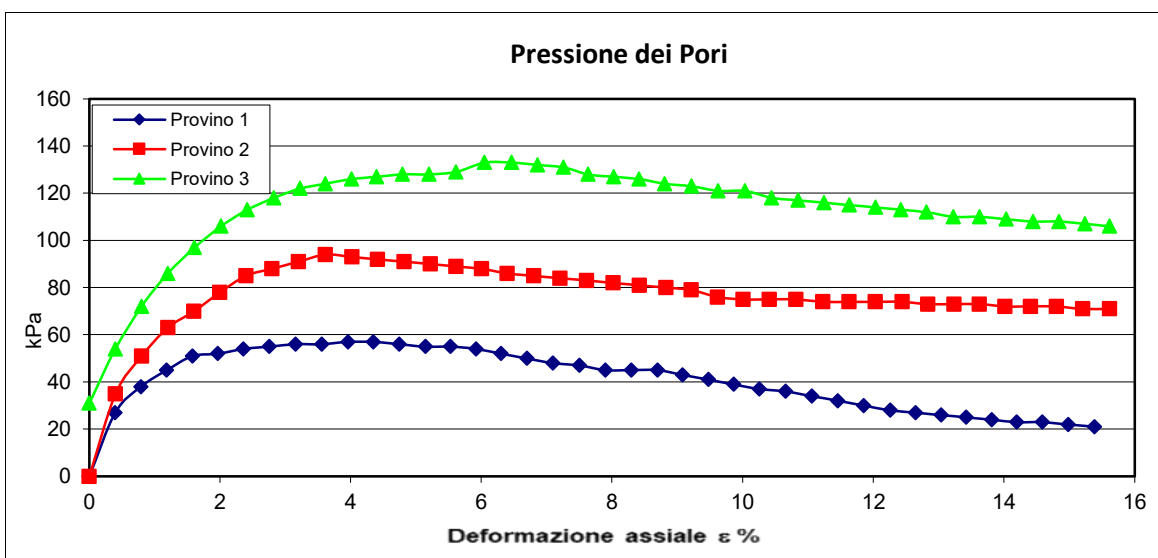
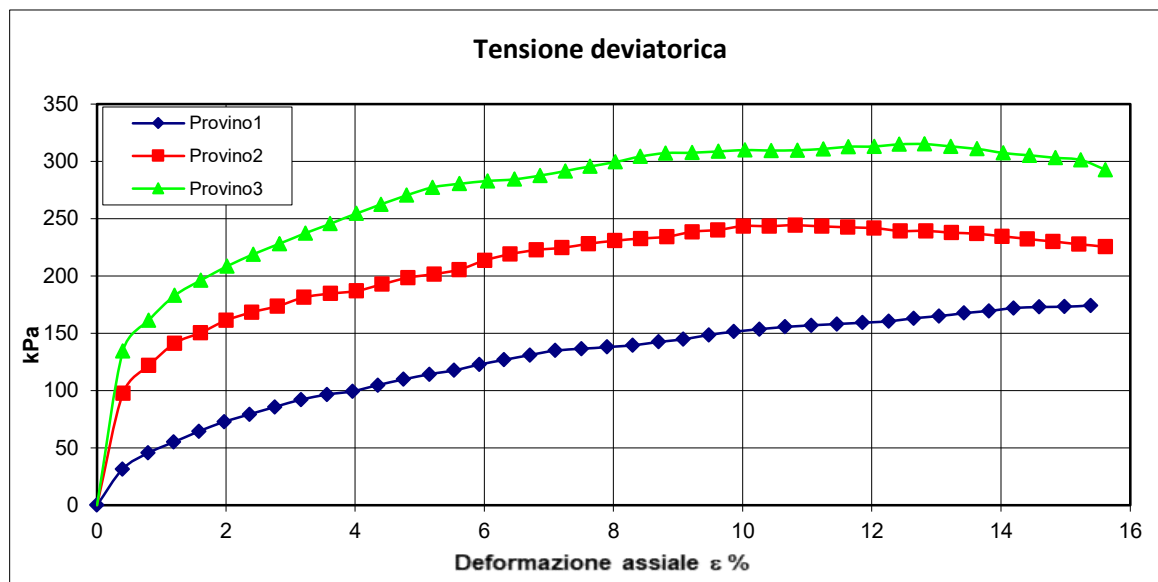
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA SU TERRENI A GRANA FINE UNI CEN ISO /TS 17892-9

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	775
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	CI2	Data Inizio Prova:	03/04/23
Profondità(m):	12 - 12.6		

Descrizione campione

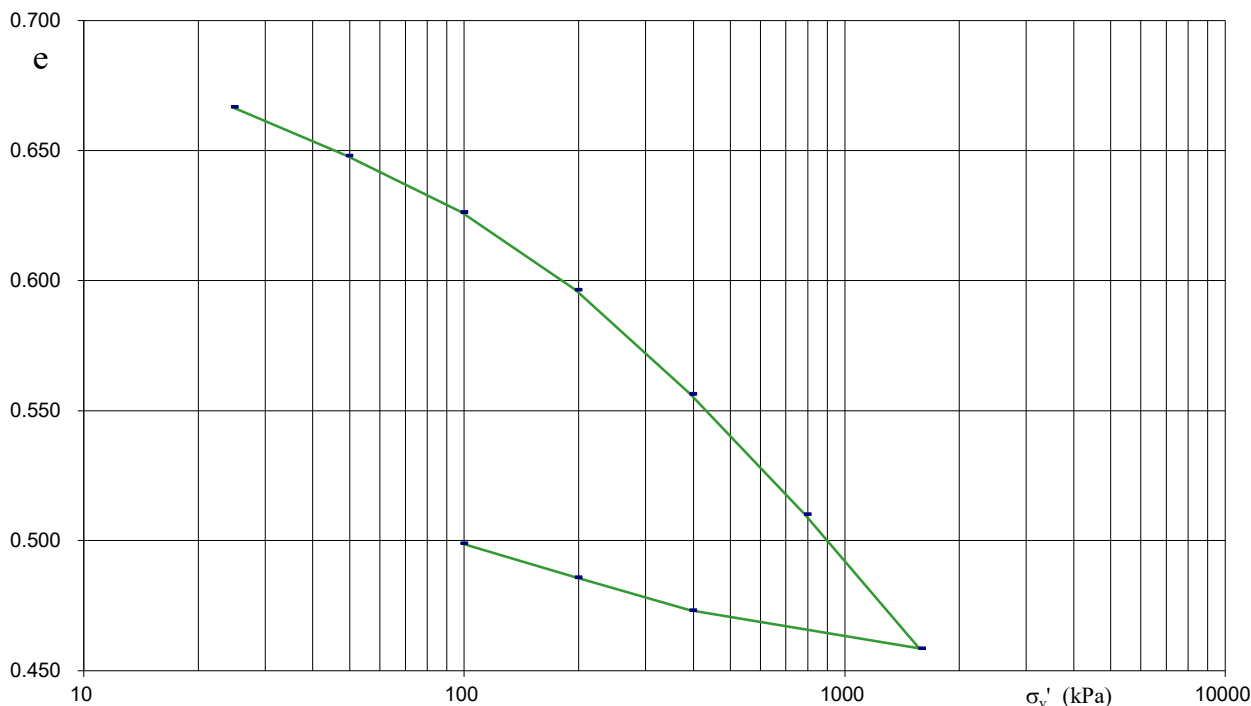
Argilla con limo grigia con veli torbosi.



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA EDOMETRICA AD INCREMENTI DI CARICO UNI CEN ISO/TS 17892-5

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	774
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	CI2	Data Inizio Prova:	31/03/23
Profondità (m):	12 - 12.6		



Descrizione del campione: Argilla con limo grigia con noduli torbosi nerastri.

Attrezzatura: Edometro ad anello fisso, doppio dreno, carta da filtro

Contenuto d'acqua (%):

Diametro Provino (m):

Altezza Provino (m):

Indice dei vuoti (e):

Massa volumica umida ρ (Mg/m³):

 Massa volumica secca ρ_d (Mg/m³):

 Massa volumica particelle solide ρ_s (Mg/m³):

Temperatura ambiente (°C):

	iniziale	finale
Contenuto d'acqua (%)	25.6	20.1
Diametro Provino (m)	5.05E-02	
Altezza Provino (m)	2.00E-02	1.78E-02
Indice dei vuoti (e)	0.685	0.499
Massa volumica umida ρ (Mg/m³)	2.04	2.19
Massa volumica secca ρ _d (Mg/m³)	1.62	1.79
Massa volumica particelle solide ρ _s (Mg/m³)		2.734
Temperatura ambiente (°C)		18

Determinato UNI CEN ISO/TS 17892-3

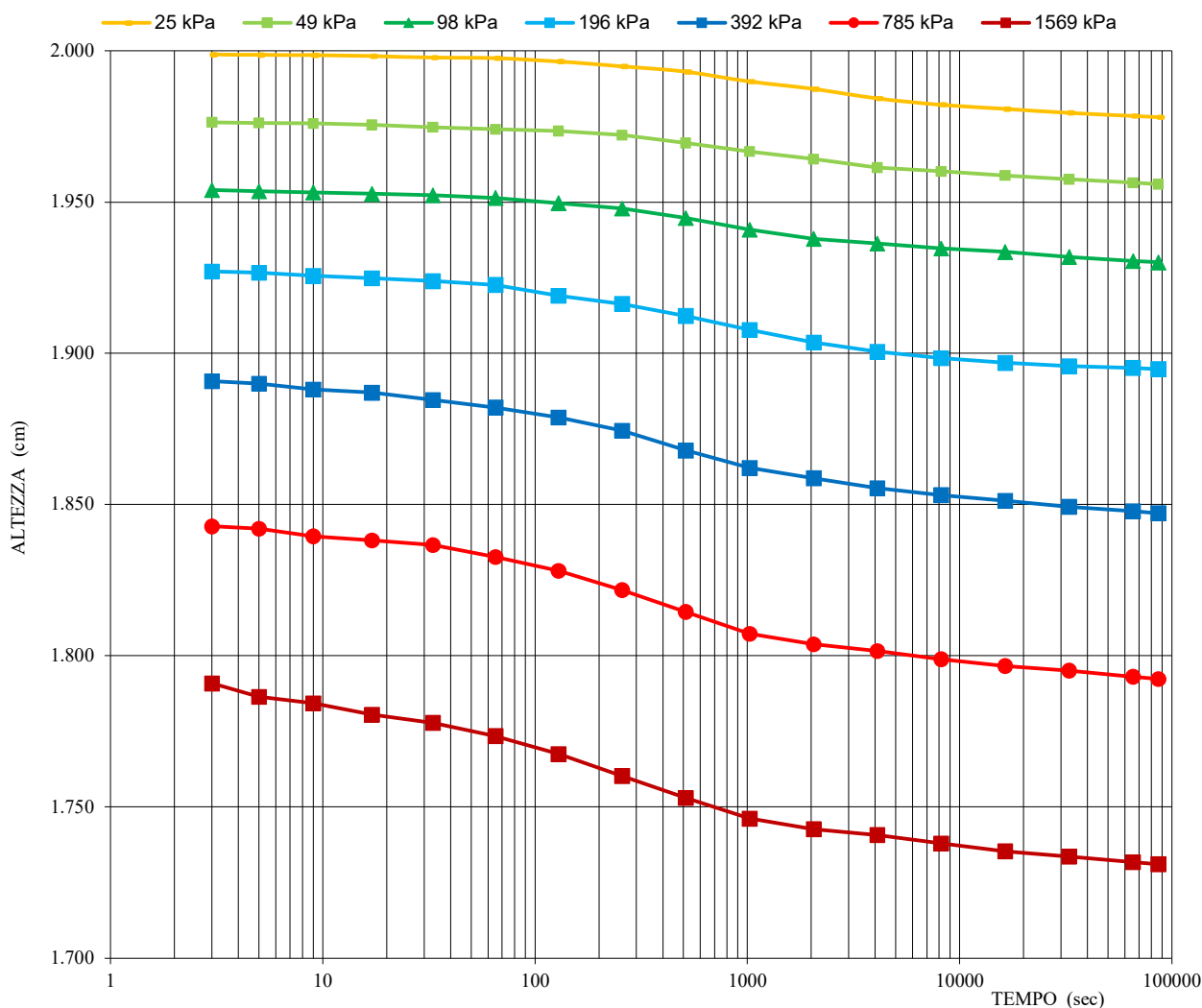
σ _{v'} kPa	e	ε %
25	0.667	1.10
49	0.648	2.21
98	0.626	3.50
196	0.597	5.26
392	0.556	7.65
785	0.510	10.39
1569	0.459	13.45
392	0.473	12.58
196	0.486	11.83
98	0.499	11.05

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA EDOMETRICA AD INCREMENTI DI CARICO UNI CEN ISO/TS 17892-5

Pratica N°:	GDP23039	Certificato N°:	774
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	C12	Data Inizio Prova:	31/03/23
Profondità:	12 - 12.6		

DIAGRAMMI TEMPI - ALTEZZE PROVINO



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA EDOMETRICA AD INCREMENTI DI CARICO

UNI CEN ISO/TS 17892-5

Pratica N°:	GDP23039	Certificato N°:	774
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	CI2	Data Inizio Prova:	31/03/23
Profondità:	12 - 12.6		

TABELLE ACQUISIZIONI TEMPI - ALTEZZE PROVINO

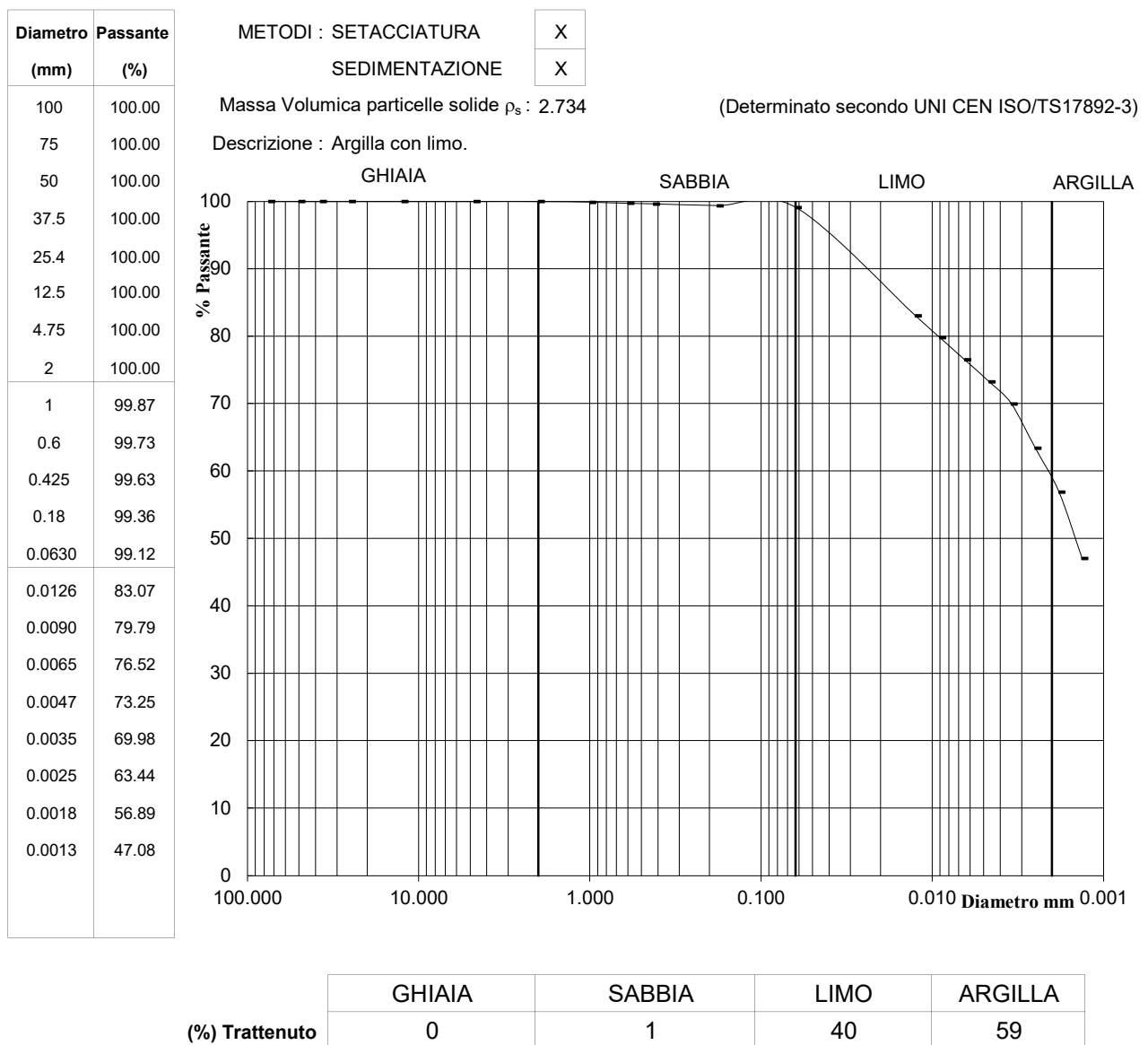
Pressione (kPa)	25	49	98	196	392	785	1569
Cv (m ² /s)	n.d.	n.d.	4.78E-08	3.86E-08	6.98E-08	8.18E-08	9.48E-08
K (m/s)	n.d.	n.d.	1.23E-10	6.82E-11	8.33E-11	5.61E-11	3.63E-11

Tempo (sec)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)
3	1.9988	1.9764	1.9540	1.9271	1.8908	1.8428	1.7909
5	1.9987	1.9762	1.9536	1.9267	1.8900	1.8420	1.7864
9	1.9986	1.9760	1.9532	1.9256	1.8881	1.8395	1.7843
17	1.9983	1.9755	1.9528	1.9249	1.8870	1.8382	1.7805
33	1.9978	1.9748	1.9523	1.9239	1.8846	1.8366	1.7778
65	1.9976	1.9741	1.9514	1.9226	1.8821	1.8327	1.7735
129	1.9965	1.9735	1.9497	1.9191	1.8788	1.8281	1.7675
257	1.9949	1.9722	1.9479	1.9164	1.8745	1.8218	1.7603
513	1.9931	1.9696	1.9447	1.9124	1.8679	1.8145	1.7530
1025	1.9899	1.9668	1.9409	1.9078	1.8621	1.8073	1.7462
2049	1.9874	1.9642	1.9379	1.9036	1.8587	1.8038	1.7427
4097	1.9843	1.9614	1.9363	1.9005	1.8554	1.8016	1.7408
8193	1.9822	1.9602	1.9347	1.8984	1.8531	1.7989	1.7380
16385	1.9808	1.9588	1.9335	1.8969	1.8513	1.7967	1.7354
32769	1.9795	1.9576	1.9319	1.8958	1.8493	1.7951	1.7336
65537	1.9785	1.9564	1.9306	1.8952	1.8478	1.7931	1.7318
86400	1.9781	1.9559	1.9301	1.8948	1.8471	1.7923	1.7311

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA UNI CEN ISO/TS 17892-4

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°	772
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/2023
Campione:	CI2	Data Inizio Prova:	31/03/2023
Profondità (m):	12 - 12.6		



NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

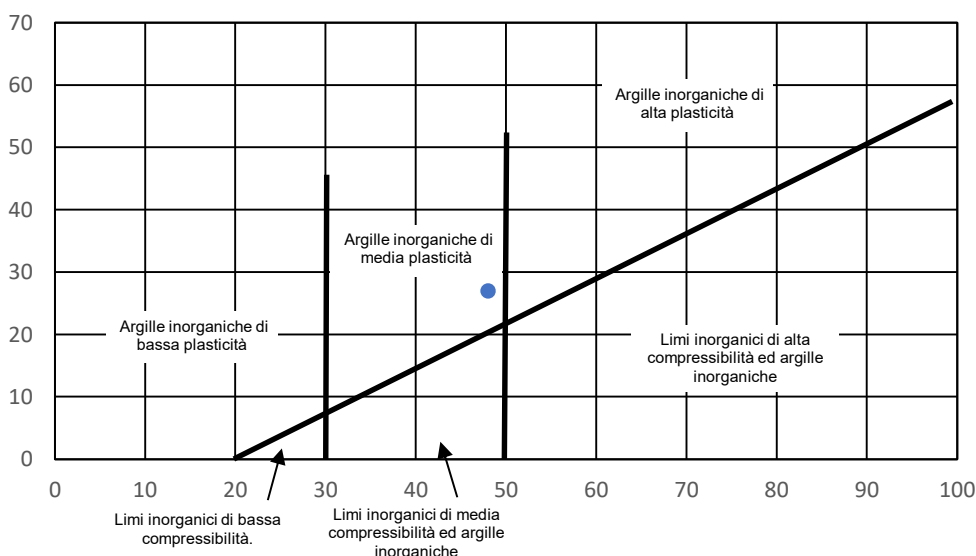
DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA (o di Atterberg) Metodo del Cono (UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	773
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	Cl2	Data inizio prove:	05/04/23
Profondità (m):	12 - 12.6		

Tipo di cono impiegato (angolo, massa)	30°/80g
Determinazione su terreno allo stato naturale	X
Determinazione su frazione di terreno vagliato	
% Passante al vaglio 0.42 mm	

Limite di liquidità	WI	48
Limite di plasticità	Wp	21
Indice di plasticità	Ip	27
Grado di Plasticità	Plastico	

CARTA DI PLASTICITA DI CASAGRANDE



NOTE:

Spesimentatore
Dott. Geol. Marco Zabeo

C5 (rev. 0 del 04/21)

Direttore Laboratorio
Dott. Geol. Julien Perin

Pag. 1/1

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE

Metodo con misurazioni lineari (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	770
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CI2	Data inizio prove:	31/03/23
Profondità (m):	12 - 12.6		

Massa volumica a umidità naturale ρ 1.902 (Mg/m³)

Massa volumica allo stato anidro ρ_d 1.515 (Mg/m³)

Contenuto d'acqua **W** 25.6 (%)

(determinato secondo UNI CEN ISO/TS 17892-1)

NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

Metodo del Picnometro (dimensione max grani 4 mm)

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	771
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CI2	Data inizio prove:	05/04/23
Profondità (m):	12 - 12.6		

Metodo di Prova A (essicato) ☐

Metodo di Prova B (umido) ☒

ρ_s (Mg/m³)

NOTE: Fluido di controllo Acqua Demineralizzata e Disaerazione con pompa a vuoto per 30'

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA UNI CEN ISO/TS 17892-1

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	769
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CI2	Data inizio prove:	31/03/23
Profondità (m):	12 - 12.6		

W 25.6 (%)

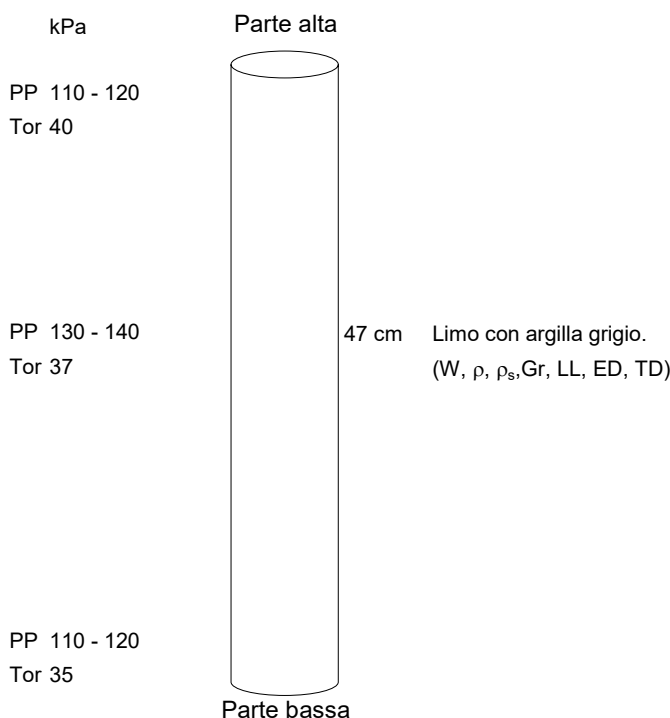
NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (UNI EN ISO 14688-1)

Commessa n°:	GDP23039		
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	CI3	Data Inizio Prove:	31/03/23
Profondità (m):	16 - 16.6		

Tipo di Contenitore: Fustella acciaio Lunghezza campione (cm): 47
 Classe di qualità campione: 1 Diametro campione (mm): 86



PROVA	SIGLA	RICHIESTA
1	W	X
2	ρ	X
3	ρ _s	X
4	GR	X
5	LL	X
6	LR	
7	DR	
8	SO	
9	ELL	
10	ED	X
11	TD	X
12	UU	
13	CIU	
14	CD	
15	PROC	
16	CBR	
17	KVAR	
18	KCOST	
19	KED	
20	KTX	

Classi di qualità di campioni di terreno per prove in laboratorio

Proprietà del terreno/Classe di qualità	1	2	3	4	5
Caratteristiche invariate del terreno					
Granulometria	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				
Proprietà che possono essere determinate					
Sequenza di strati	x	x	x	x	x
Delimitazione degli strati - generica	x	x	x	x	
Delimitazione degli strati - precisa	x	x			
Limiti di Atterberg, densità delle particelle, contenuto organico	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, porosità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				

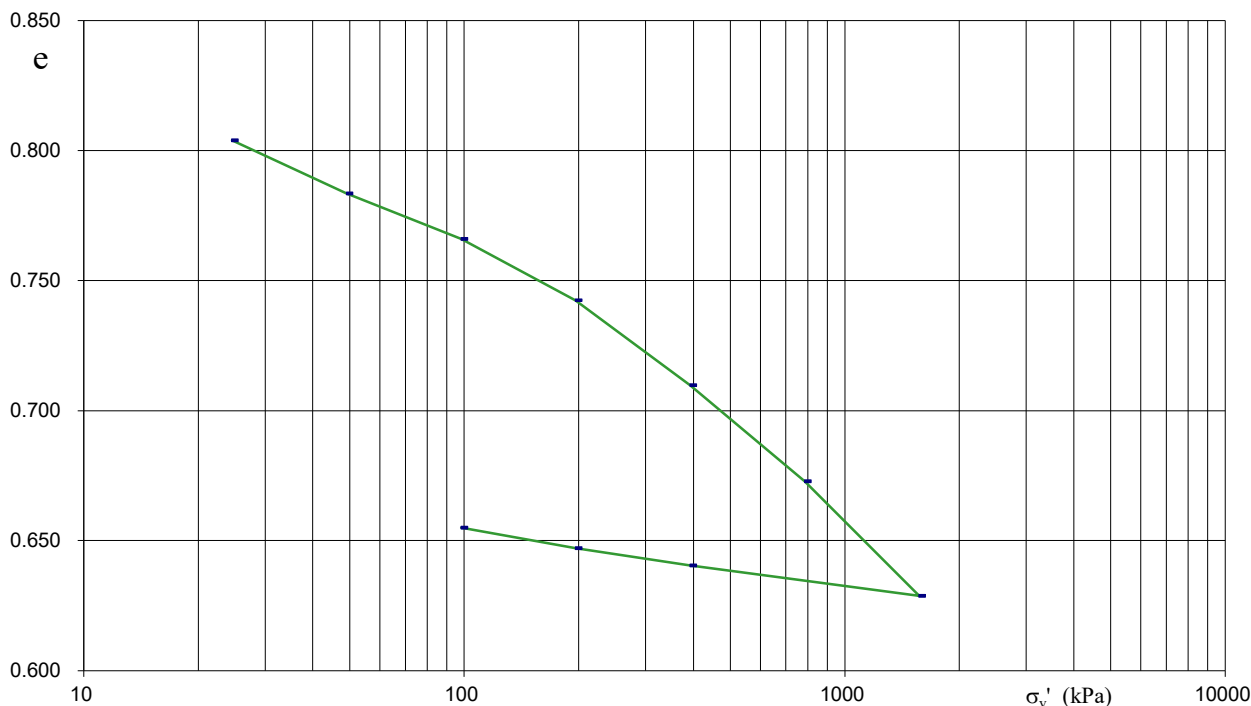
LEGENDA

W - Contenuto d'acqua allo stato naturale
 ρ - Peso dell'unità di volume
 ρ_s - Peso dell'unità di volume dei granuli solidi
 GR - Analisi granulometrica per sedimentazione e staccatura
 LL - Limiti di consistenza o di Atterberg
 LR - Limiti di Ritiro
 DR - Densità relativa
 SO - Contenuto in sostanze organiche
 ELL - Prova di Compressione non confinata
 ED - Prova Edometrica ad incrementi di carico
 TD - Prova di taglio diretto con apparecchio di Casagrande
 UU - Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata
 CIU - Prova di compressione triassiale consolidata non drenata
 CD - Prova di compressione triassiale consolidata drenata
 PROC S/M Prova di compattazione AASHTO standard o modificata
 CBR - Prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR
 KVAR - Prova di permeabilità con permeametro a carico variabile
 KCOST - Prova di permeabilità con permeametro a carico costante
 KED - Prova di permeabilità in Cella Edometrica
 KTX - Prova di permeabilità in Cella Triassiale

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA EDOMETRICA AD INCREMENTI DI CARICO UNI CEN ISO/TS 17892-5

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	781
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	CI3	Data Inizio Prova:	31/03/23
Profondità (m):	16 - 16.6		



Descrizione del campione: Limo con argilla grigio.

Attrezzatura: Edometro ad anello fisso, doppio dreno, carta da filtro

Contenuto d'acqua (%):

Diametro Provino (m):

Altezza Provino (m):

Indice dei vuoti (e):

Massa volumica umida ρ (Mg/m³):

 Massa volumica secca ρ_d (Mg/m³):

 Massa volumica particelle solide ρ_s (Mg/m³):

Temperatura ambiente (°C):

	iniziale	finale
Contenuto d'acqua (%)	28.5	23.5
Diametro Provino (m)	5.05E-02	
Altezza Provino (m)	2.00E-02	1.82E-02
Indice dei vuoti (e)	0.820	0.655
Massa volumica umida ρ (Mg/m³)	1.95	2.06
Massa volumica secca ρ _d (Mg/m³)	1.52	1.64
Massa volumica particelle solide ρ _s (Mg/m³)		2.763
Temperatura ambiente (°C)		18

Determinato UNI CEN ISO/TS 17892-3

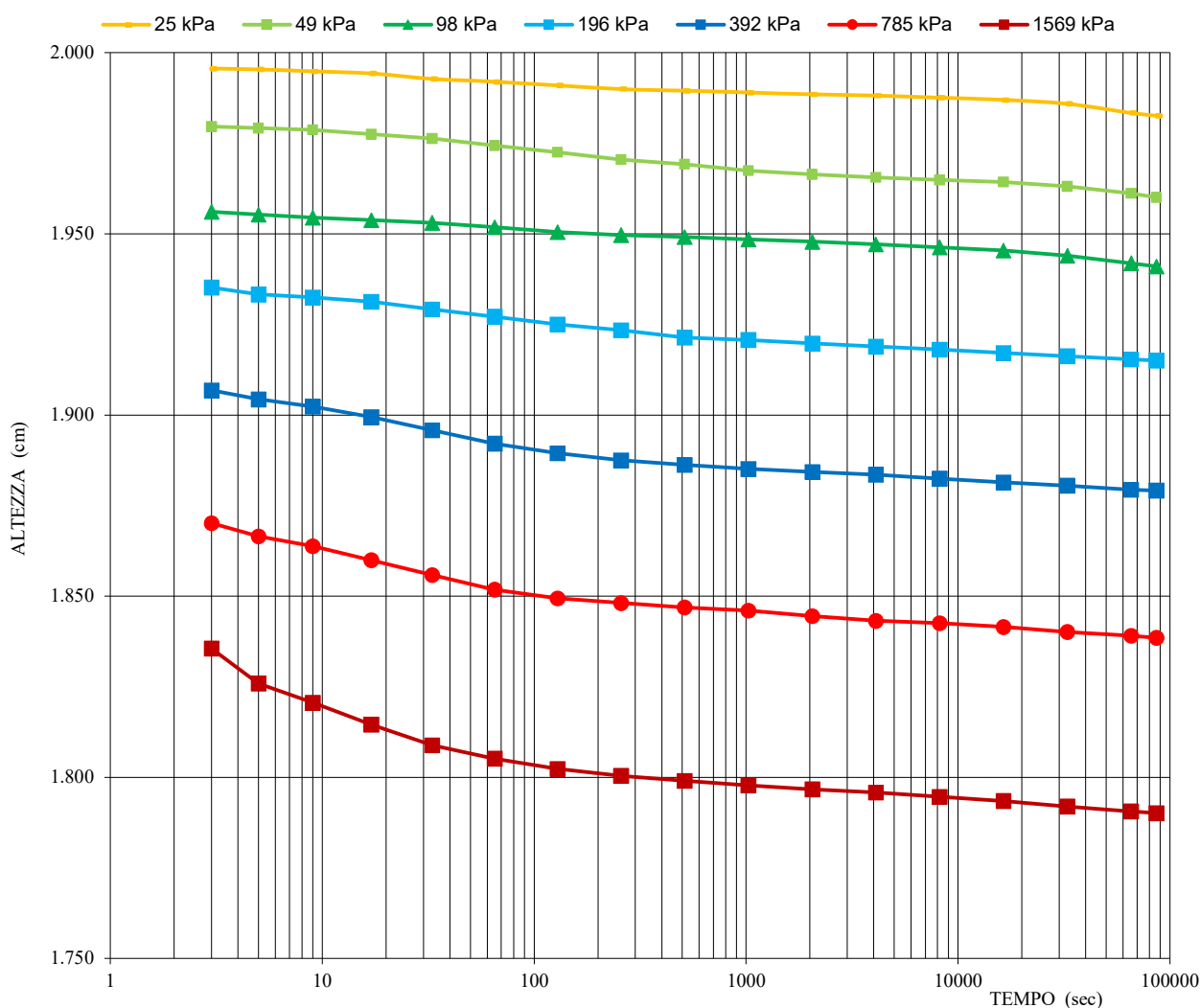
σ _{v'} kPa	e	ε %
25	0.804	0.87
49	0.783	2.00
98	0.766	2.95
196	0.742	4.25
392	0.710	6.05
785	0.673	8.08
1569	0.629	10.50
392	0.640	9.86
196	0.647	9.49
98	0.655	9.06

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA EDOMETRICA AD INCREMENTI DI CARICO UNI CEN ISO/TS 17892-5

Pratica N°:	GDP23039	Certificato N°:	781
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	C13	Data Inizio Prova:	31/03/23
Profondità:	16 - 16.6		

DIAGRAMMI TEMPI - ALTEZZE PROVINO



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA EDOMETRICA AD INCREMENTI DI CARICO

UNI CEN ISO/TS 17892-5

Pratica N°:	GDP23039	Certificato N°:	781
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	CI3	Data Inizio Prova:	31/03/23
Profondità:	16 - 16.6		

TABELLE ACQUISIZIONI TEMPI - ALTEZZE PROVINO

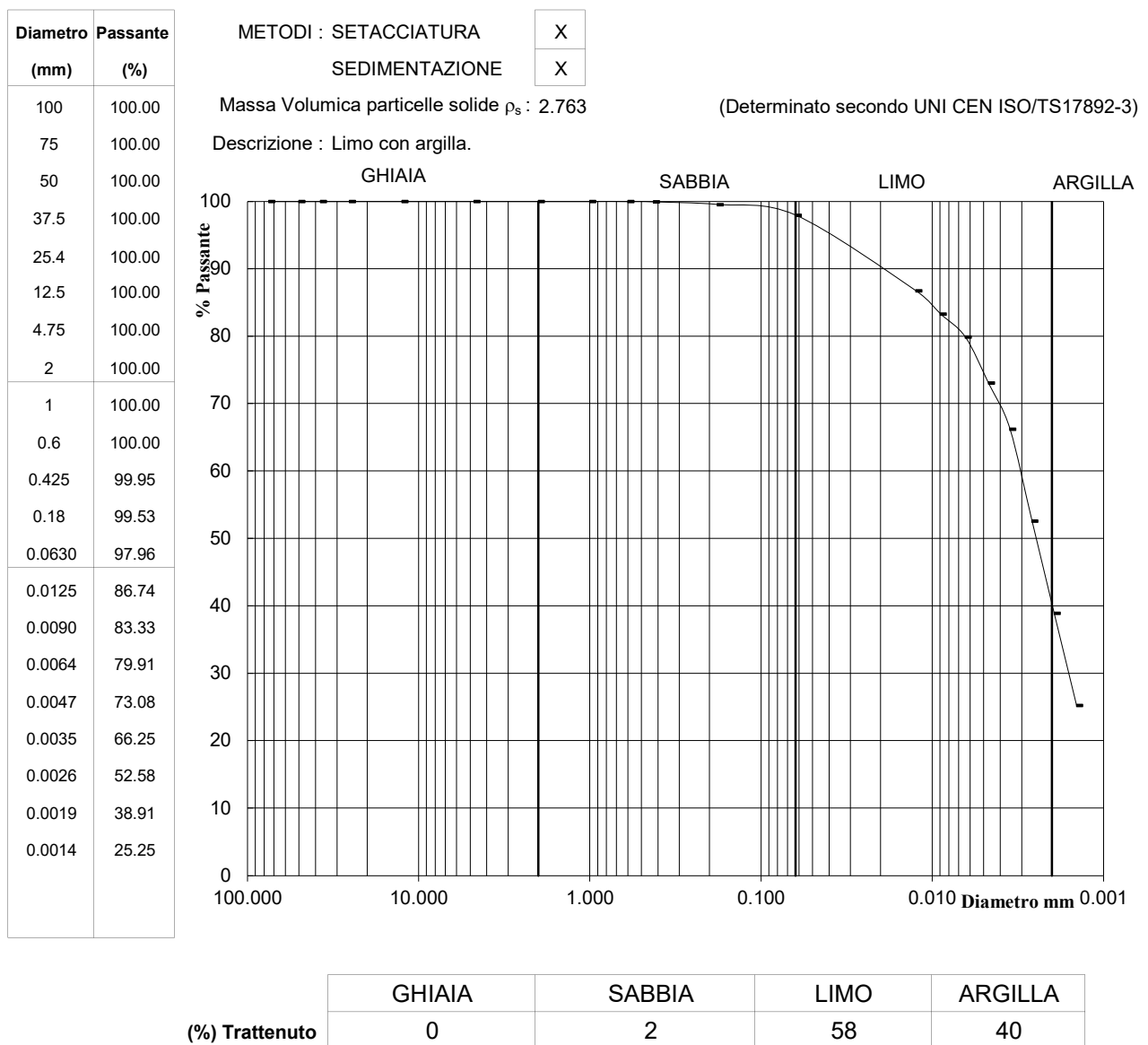
Pressione (kPa)	25	49	98	196	392	785	1569
Cv (m²/s)	n.d.	n.d.	n.d.	4.81E-07	7.75E-07	8.94E-07	1.00E-06
K (m/s)	n.d.	n.d.	n.d.	6.25E-10	6.96E-10	4.54E-10	3.03E-10

Tempo (sec)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)	Altezza (cm)
3	1.9956	1.9796	1.9561	1.9352	1.9068	1.8701	1.8355
5	1.9954	1.9792	1.9553	1.9333	1.9043	1.8665	1.8259
9	1.9949	1.9787	1.9545	1.9325	1.9023	1.8638	1.8206
17	1.9943	1.9775	1.9538	1.9313	1.8994	1.8599	1.8145
33	1.9928	1.9763	1.9531	1.9292	1.8958	1.8558	1.8088
65	1.9920	1.9744	1.9519	1.9272	1.8921	1.8518	1.8051
129	1.9910	1.9725	1.9505	1.9250	1.8894	1.8494	1.8023
257	1.9900	1.9705	1.9497	1.9234	1.8875	1.8481	1.8004
513	1.9895	1.9692	1.9491	1.9214	1.8862	1.8469	1.7990
1025	1.9890	1.9675	1.9485	1.9207	1.8851	1.8460	1.7977
2049	1.9885	1.9664	1.9478	1.9198	1.8843	1.8445	1.7967
4097	1.9882	1.9656	1.9471	1.9189	1.8836	1.8432	1.7958
8193	1.9876	1.9649	1.9463	1.9181	1.8824	1.8425	1.7946
16385	1.9870	1.9643	1.9454	1.9171	1.8814	1.8415	1.7935
32769	1.9859	1.9631	1.9440	1.9162	1.8805	1.8401	1.7919
65537	1.9834	1.9612	1.9419	1.9153	1.8794	1.8391	1.7906
86400	1.9826	1.9601	1.9410	1.9150	1.8791	1.8385	1.7901

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA UNI CEN ISO/TS 17892-4

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°	779
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/2023
Campione:	CI3	Data Inizio Prova:	31/03/2023
Profondità (m):	16 - 16.6		



NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

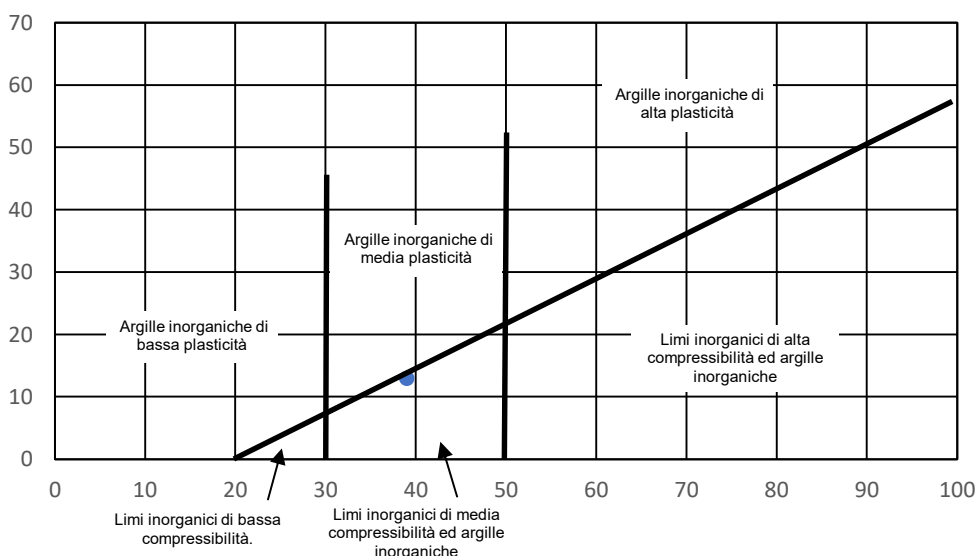
DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA (o di Atterberg) Metodo del Cono (UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	780
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CI3	Data inizio prove:	05/04/23
Profondità (m):	16 - 16.6		

Tipo di cono impiegato (angolo, massa)	30°/80g
Determinazione su terreno allo stato naturale	X
Determinazione su frazione di terreno vagliato	
% Passante al vaglio 0.42 mm	

Limite di liquidità	WI	39
Limite di plasticità	Wp	26
Indice di plasticità	Ip	13
Grado di Plasticità	Poco Plastico	

CARTA DI PLASTICITA DI CASAGRANDE



NOTE:

Spesimentatore
Dott. Geol. Marco Zabeo

C5 (rev. 0 del 04/21)

Direttore Laboratorio
Dott. Geol. Julien Perin

Pag. 1/1

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE

Metodo con misurazioni lineari (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	777
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CI3	Data inizio prove:	31/03/23
Profondità (m):	16 - 16.6		

Massa volumica a umidità naturale ρ **1.987** (Mg/m³)

Massa volumica allo stato anidro ρ_d **1.557** (Mg/m³)

Contenuto d'acqua **W** **27.6** (%)

(determinato secondo UNI CEN ISO/TS 17892-1)

NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI
Metodo del Picnometro (dimensione max grani 4 mm)
(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	778
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CI3	Data inizio prove:	05/04/23
Profondità (m):	16 - 16.6		

Metodo di Prova A (essicato) ☐Metodo di Prova B (umido) ☒ ρ_s (Mg/m³)

NOTE: Fluido di controllo Acqua Demineralizzata e Disaerazione con pompa a vuoto per 30'

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN ISO /TS 17892-10)

Commessa N°: GDP	GDP23039	Certificato N°	782
Committente:	COMUNE DI VENEZIA	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	0/22
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	CI3	Data Inizio Prova:	07/04/23
Profondità (m):	16 - 16.6		

Attrezzatura impiegata per le prove:

Macchina di taglio diretto Matest S301 con scatola a sezione quadrata

Descrizione materiale:

Limo con argilla grigio

Preparazione dei provini:

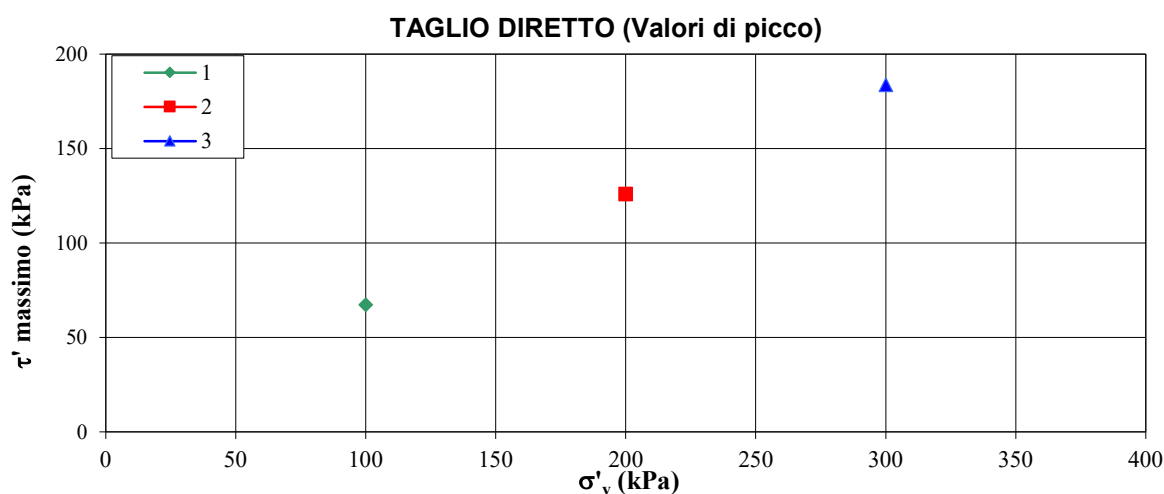
Fustellati da campione indisturbato lungo asse verticale

Massa Volumica granuli solidi (ρ_s):

2.763 (Mg/m^3) (VALORE DETERMINATO)

Condizioni in fase di rottura:

Provini sommersi



FASE INIZIALE

Provino	σ_v (kPa)	H_0 (mm)	A_0 (cm ²)	ρ_n (Mg/m ³)	ρ_d (Mg/m ³)	W_0 (%)
1	100	23	36	19.92	15.65	27.3
2	200	23	36	19.09	14.69	30.0
3	300	23	36	19.73	15.46	27.7

FASE ROTTURA

Provino	σ_v (kPa)	H (mm)	Velocità di prova (m/s)	τ_{max} (kPa)	Sp. Orizz. (mm)	Wf (%)
1	100	22.07	3.33E-07	67.50	4.565	23.8
2	200	21.13	3.33E-07	126.11	9.666	23.6
3	300	20.94	3.33E-07	183.89	4.518	22.4

Sperimentatore
 Dott. Geol. Marco Zabeo

C11 (rev. 1 del 02/22)

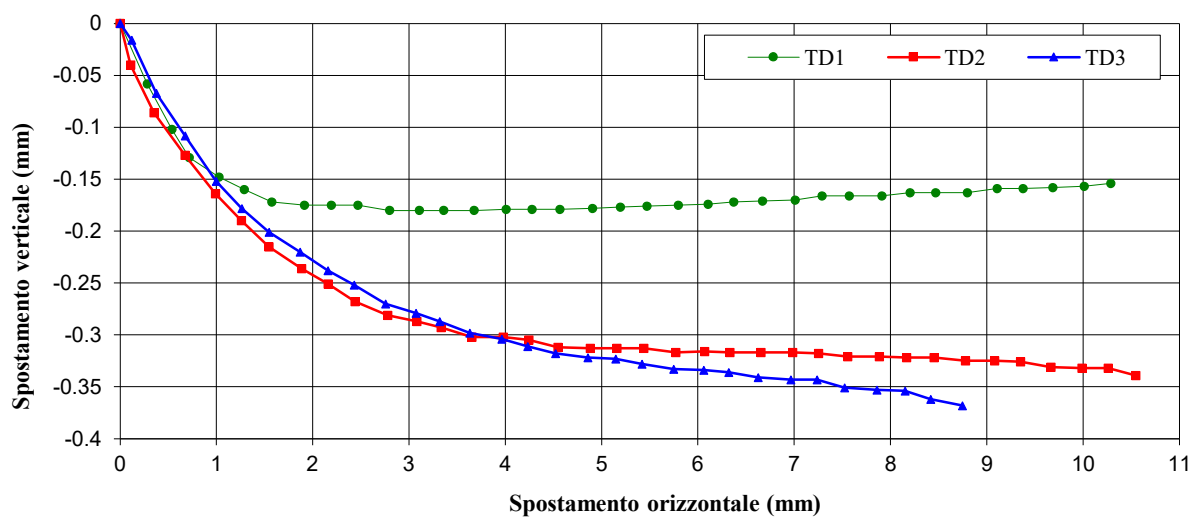
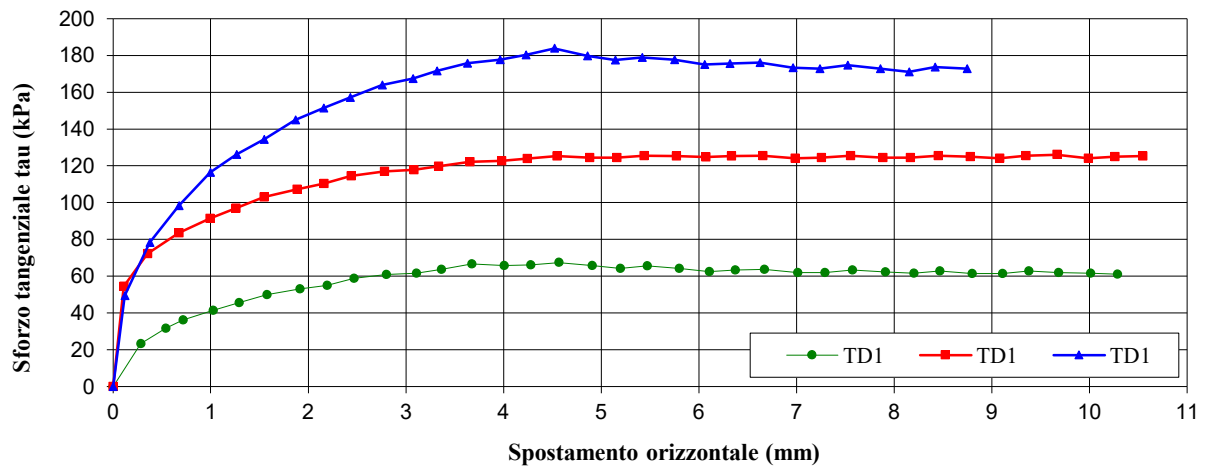
Direttore Laboratorio
 Dott. Geol. Julien Perin

Pag. 1/2

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN ISO /TS 17892-10)

Commessa N°: GDP	GDP23039	Certificato N°:	782
Committente:	COMUNE DI VENEZIA	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	0/22
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	Cl3	Data Inizio Prova:	07/04/23
Profondità (m):	16 - 16.6		



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA UNI CEN ISO/TS 17892-1

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	776
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CI3	Data inizio prove:	31/03/23
Profondità (m):	16 - 16.6		

W 27.6 (%)

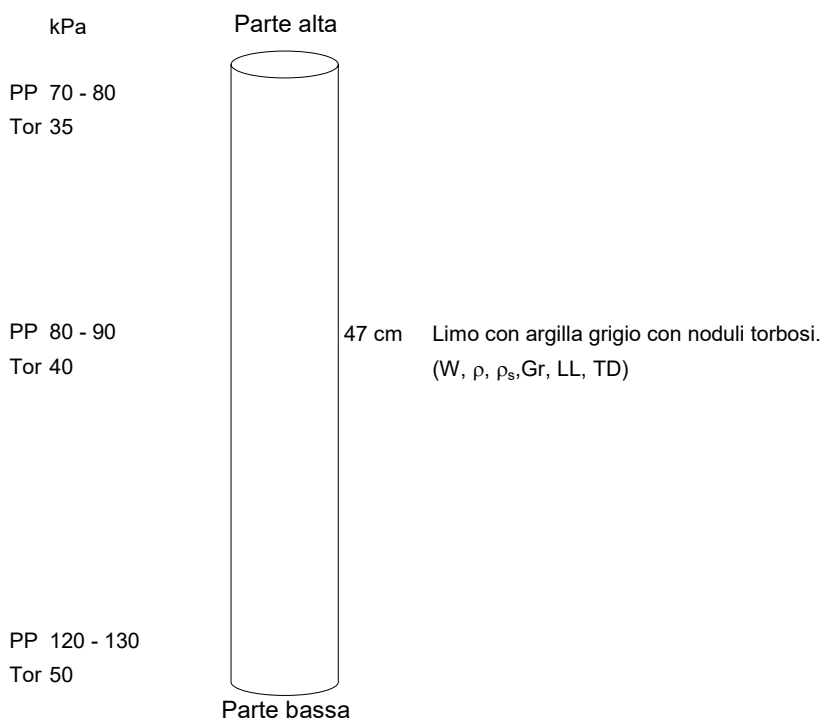
NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (UNI EN ISO 14688-1)

Commessa n°:	GDP23039		
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	C14	Data Inizio Prove:	31/03/23
Profondità (m):	27 - 27.6		

Tipo di Contenitore: Fustella acciaio Lunghezza campione (cm): 45
 Classe di qualità campione: 1 Diametro campione (mm): 86



PROVA	SIGLA	RICHIESTA
1	W	X
2	ρ	X
3	ρ _s	X
4	GR	X
5	LL	X
6	LR	
7	DR	
8	SO	
9	ELL	
10	ED	
11	TD	X
12	UU	
13	CIU	
14	CD	
15	PROC	
16	CBR	
17	KVAR	
18	KCOST	
19	KED	
20	KTX	

Classi di qualità di campioni di terreno per prove in laboratorio

Proprietà del terreno/Classe di qualità	1	2	3	4	5
Caratteristiche invariate del terreno					
Granulometria	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				
Proprietà che possono essere determinate					
Sequenza di strati	x	x	x	x	x
Delimitazione degli strati - generica	x	x	x	x	
Delimitazione degli strati - precisa	x	x			
Limiti di Atterberg, densità delle particelle, contenuto organico	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, porosità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				

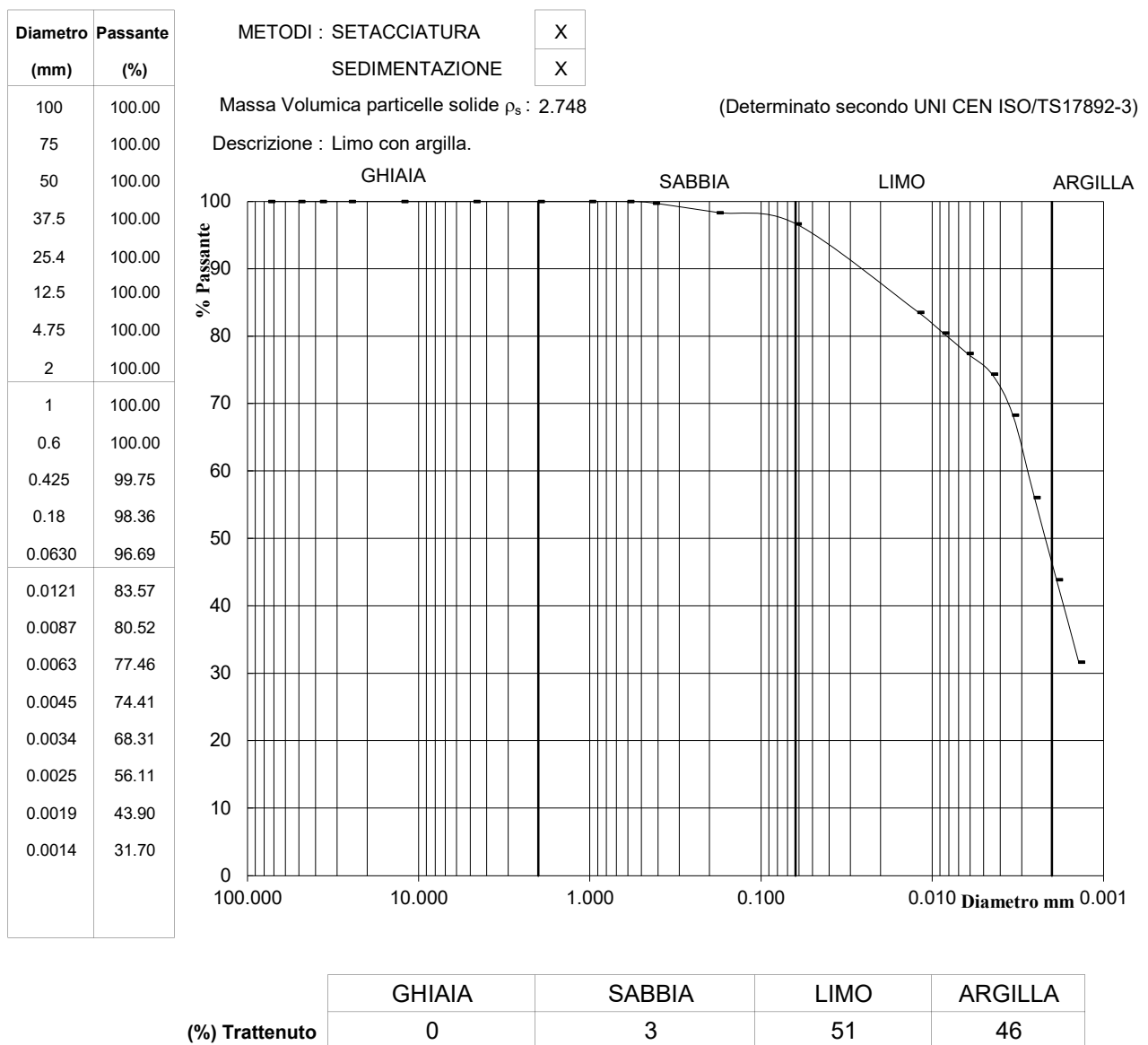
LEGENDA

W - Contenuto d'acqua allo stato naturale
 ρ - Peso dell'unità di volume
 ρ_s - Peso dell'unità di volume dei granuli solidi
 GR - Analisi granulometrica per sedimentazione e staccatura
 LL - Limiti di consistenza o di Atterberg
 LR - Limiti di Ritiro
 DR - Densità relativa
 SO - Contenuto in sostanze organiche
 ELL - Prova di Compressione non confinata
 ED - Prova Edometrica ad incrementi di carico
 TD - Prova di taglio diretto con apparecchio di Casagrande
 UU - Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata
 CIU - Prova di compressione triassiale consolidata non drenata
 CD - Prova di compressione triassiale consolidata drenata
 PROC S/M Prova di compattazione AASHTO standard o modificata
 CBR - Prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR
 KVAR - Prova di permeabilità con permeametro a carico variabile
 KCOST - Prova di permeabilità con permeametro a carico costante
 KED - Prova di permeabilità in Cella Edometrica
 KTX - Prova di permeabilità in Cella Triassiale

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA UNI CEN ISO/TS 17892-4

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°	789
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/2023
Campione:	CI4	Data Inizio Prova:	31/03/2023
Profondità (m):	27 - 27.6		



NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

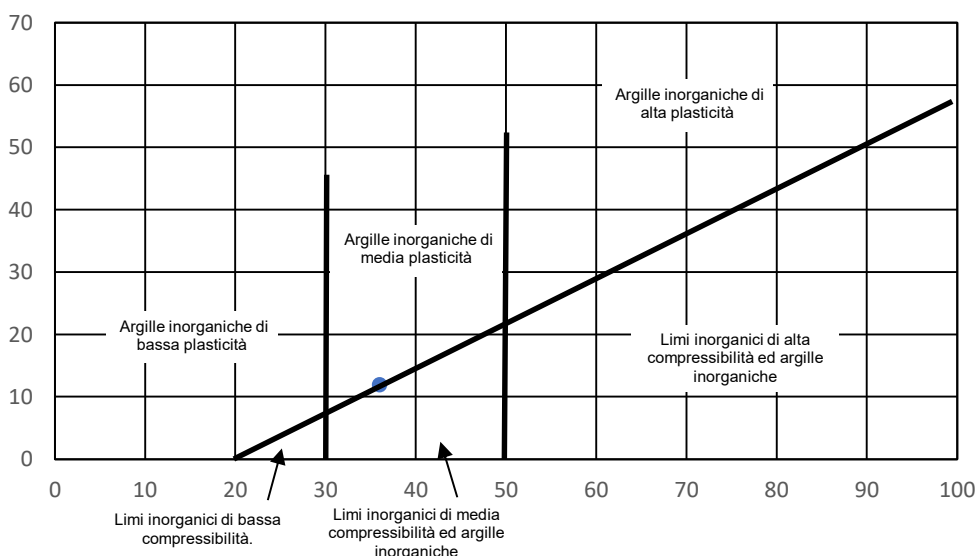
DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA (o di Atterberg) Metodo del Cono (UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	790
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	Cl4	Data inizio prove:	05/04/23
Profondità (m):	27 - 27.6		

Tipo di cono impiegato (angolo, massa)	30°/80g
Determinazione su terreno allo stato naturale	X
Determinazione su frazione di terreno vagliato	
% Passante al vaglio 0.42 mm	

Limite di liquidità	WI	36
Limite di plasticità	Wp	24
Indice di plasticità	Ip	12
Grado di Plasticità	Poco Plastico	

CARTA DI PLASTICITA DI CASAGRANDE



NOTE:

Spesimentatore
Dott. Geol. Marco Zabeo

C5 (rev. 0 del 04/21)

Direttore Laboratorio
Dott. Geol. Julien Perin

Pag. 1/1

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE

Metodo con misurazioni lineari

(UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	787
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CI4	Data inizio prove:	31/03/23
Profondità (m):	27 - 27.6		

Massa volumica a umidità naturale ρ **1.893** (Mg/m³)

Massa volumica allo stato anidro ρ_d **1.419** (Mg/m³)

Contenuto d'acqua **W** **33.4** (%)

(determinato secondo UNI CEN ISO/TS 17892-1)

NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI
Metodo del Picnometro (dimensione max grani 4 mm)
(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	788
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CI4	Data inizio prove:	05/04/23
Profondità (m):	27 - 27.6		

Metodo di Prova A (essicato) ☐Metodo di Prova B (umido) ☒ ρ_s (Mg/m³)

NOTE: Fluido di controllo Acqua Demineralizzata e Disaerazione con pompa a vuoto per 30'

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN ISO /TS 17892-10)

Commessa N°: GDP	23039	Certificato N°	791
Committente:	COMUNE DI VENEZIA	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato Marghera (VE)	VAC N°:	0/22
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	24/02/22
Campione:	CI4	Data Inizio Prova:	02/03/22
Profondità (m):	27 - 27.6		

Attrezzatura impiegata per le prove:

Macchina di taglio diretto Matest S301 con scatola a sezione quadrata

Descrizione materiale:

Limo con argilla grigio con noduli torbosi.

Preparazione dei provini:

Fustellati da campione indisturbato lungo asse verticale

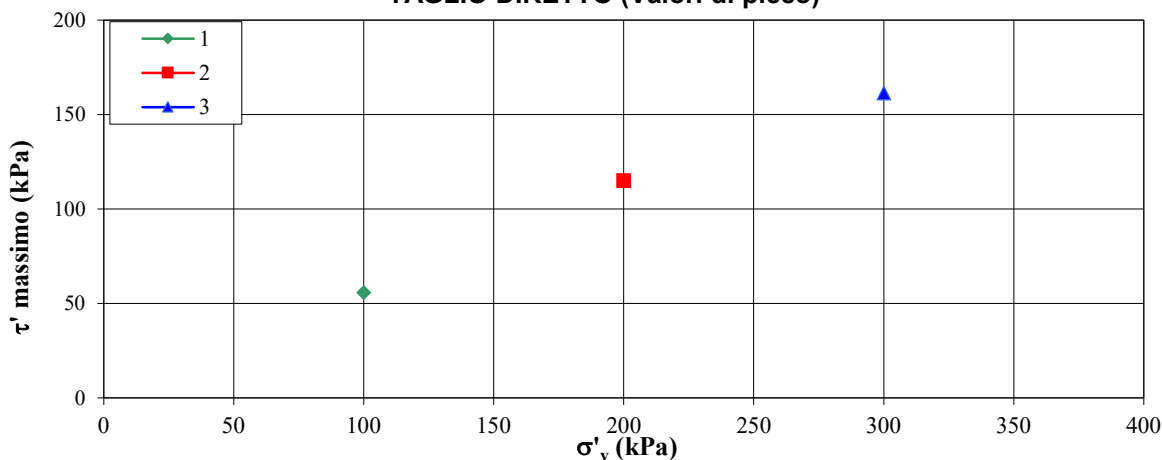
Massa Volumica granuli solidi (ρ_s):

2.748 (Mg/m^3) (VALORE DETERMINATO)

Condizioni in fase di rottura:

Provini sommersi

TAGLIO DIRETTO (Valori di picco)



FASE INIZIALE

Provino	σ_v (kPa)	H_0 (mm)	A_0 (cm ²)	ρ_n (Mg/m ³)	ρ_d (Mg/m ³)	W_0 (%)
1	100	23	36	18.67	14.16	31.9
2	200	23	36	18.46	13.75	34.2
3	300	23	36	18.08	13.43	34.7

FASE ROTTURA

Provino	σ_v (kPa)	H (mm)	Velocità di prova (m/s)	τ_{max} (kPa)	Sp. Orizz. (mm)	Wf (%)
1	100	21.25	1.67E-07	55.83	3.523	27.0
2	200	21.09	1.67E-07	115.28	3.971	27.0
3	300	21.33	1.67E-07	161.39	7.510	26.7

Spesimentatore
 Dott. Geol. Marco Zabeo

C11 (rev. 1 del 02/22)

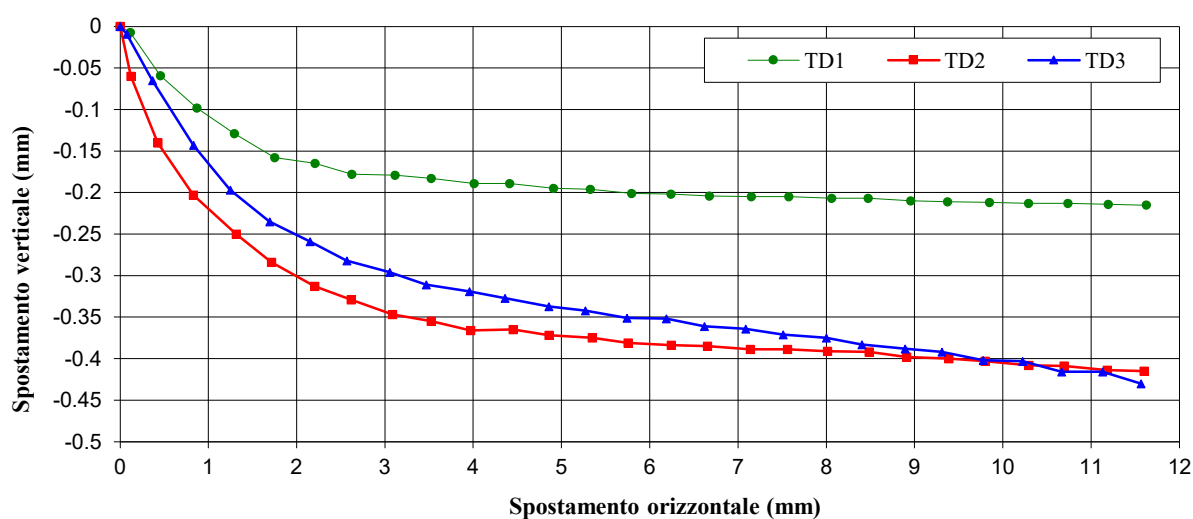
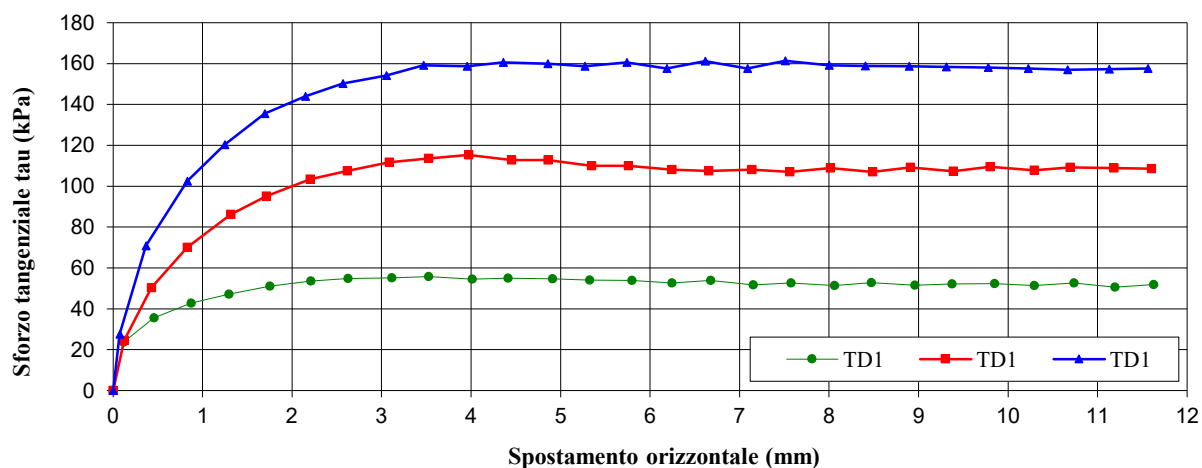
Direttore Laboratorio
 Dott. Geol. Julien Perin

Pag. 1/2

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN ISO /TS 17892-10)

Commessa N°: GDP	23039	Certificato N°:	791
Committente:	COMUNE DI VENEZIA	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato Marghera (VE)	VAC N°:	0/22
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	24/02/22
Campione:	C14	Data Inizio Prova:	02/03/22
Profondità (m):	27 - 27.6		



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA UNI CEN ISO/TS 17892-1

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	786
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CI4	Data inizio prove:	31/03/23
Profondità (m):	27 - 27.6		

W **33.4** (%)

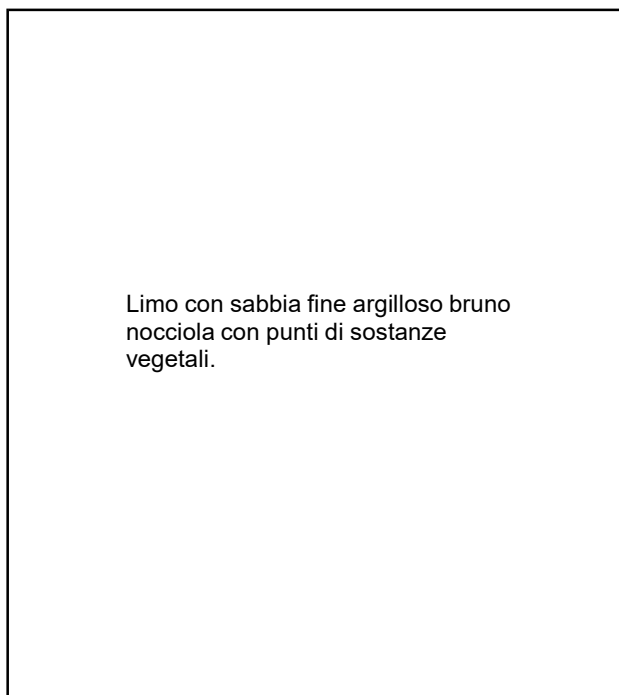
NOTE:

Commessa N°: GDP23039
 Committente: Comune di Venezia Revisione 0 del: 13/04/23
 Cantiere: Piazza Mercato - Marghera (VE) Verb. Acc. N°: 03/23
 Sondaggio: 1 Data Accettazione: 31/03/23
 Campione: CR1 Data Inizio Prove: 03/04/23
 Profondità (m): 1 - 1.5

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (UNI EN ISO 14688-1)

Tipo di Contenitore: Sacchetto PVC
 Grado di Qualità campione: 3

C 0 (rev.0 del 04/21)



PROVA	SIGLA	RICHIESTA
1	W	
2	ρ	
3	ρ_s	X
4	GR	X
5	LL	X
6	LR	
7	DR	
8	SO	
9	ELL	
10	ED	
11	TD	
12	UU	
13	CIU	
14	CD	
15	PROC	
16	CBR	
17	KVAR	
18	KCOST	
19	KED	
20	KTX	

Classi di qualità di campioni di terreno per prove in laboratorio

Proprietà del terreno/Classe di qualità	1	2	3	4	5
Caratteristiche invariate del terreno					
Granulometria	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				
Proprietà che possono essere determinate					
Sequenza di strati	x	x	x	x	x
Delimitazione degli strati - generica	x	x	x	x	
Delimitazione degli strati - precisa	x	x			
Limiti di Atterberg, densità delle particelle, contenuto organico	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, porosità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				

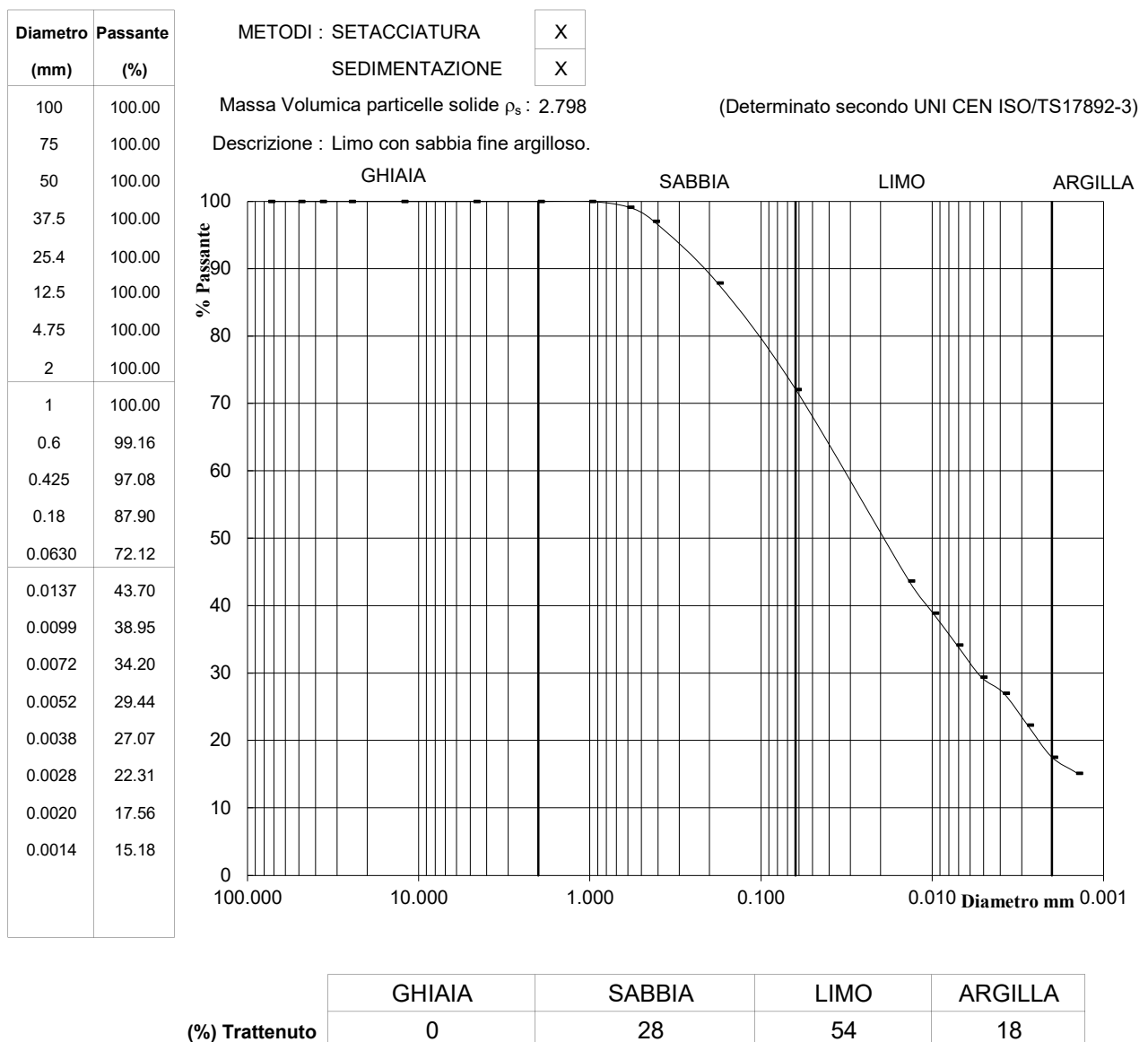
LEGENDA

W - Contenuto d'acqua allo stato naturale
 ρ - Peso dell'unità di volume
 ρ_s - Peso dell'unità di volume dei granuli solidi
 GR - Analisi granulometrica per sedimentazione e staccatura
 LL - Limiti di consistenza o di Atterberg
 LR - Limiti di Ritiro
 DR - Densità relativa
 SO - Contenuto in sostanze organiche
 ELL - Prova di Compressione non confinata
 ED - Prova Edometrica ad incrementi di carico
 TD - Prova di taglio diretto con apparecchio di Casagrande
 UU - Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata
 CIU - Prova di compressione triassiale consolidata non drenata
 CD - Prova di compressione triassiale consolidata drenata
 PROC S/M Prova di compattazione AASHTO standard o modificata
 CBR - Prova per la determinazione dell'indice di portanza
 CBR
 KVAR - Prova di permeabilità con permeametro a carico

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA UNI CEN ISO/TS 17892-4

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°	755
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/2023
Campione:	CR1	Data Inizio Prova:	03/04/2023
Profondità (m):	1 - 1.5		



NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

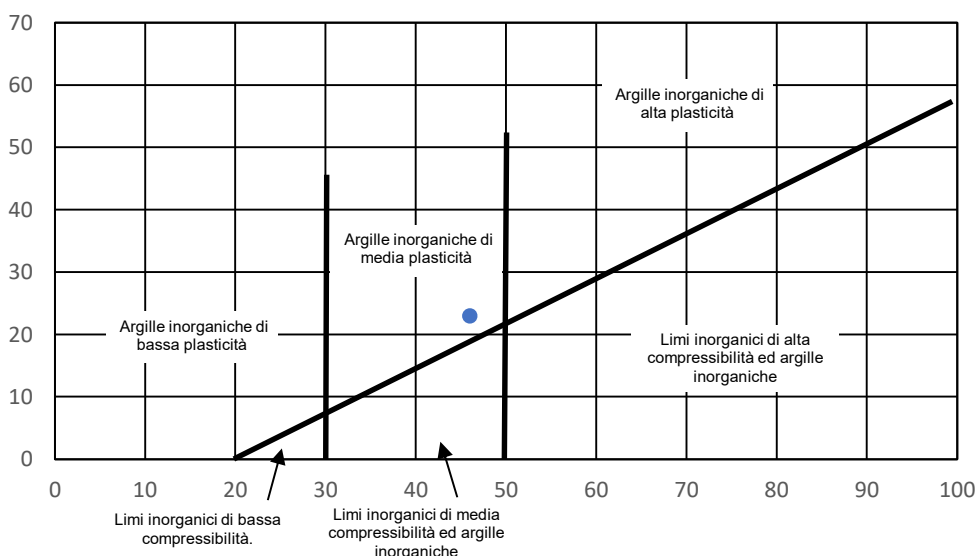
DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA (o di Atterberg) Metodo del Cono (UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	756
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CR1	Data inizio prove:	07/04/23
Profondità (m):	1 - 1.5		

Tipo di cono impiegato (angolo, massa)	30°/80g
Determinazione su terreno allo stato naturale	X
Determinazione su frazione di terreno vagliato	
% Passante al vaglio 0.42 mm	

Limite di liquidità	WI	46
Limite di plasticità	Wp	23
Indice di plasticità	Ip	23
Grado di Plasticità	Plastico	

CARTA DI PLASTICITA DI CASAGRANDE



NOTE:

Spesimentatore
Dott. Geol. Marco Zabeo

C5 (rev. 0 del 04/21)

Direttore Laboratorio
Dott. Geol. Julien Perin

Pag. 1/1

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI
Metodo del Picnometro (dimensione max grani 4 mm)
(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	754
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CR1	Data inizio prove:	07/04/23
Profondità (m):	1 - 1.5		

Metodo di Prova A (essicato) ☐Metodo di Prova B (umido) ☒ ρ_s (Mg/m³)

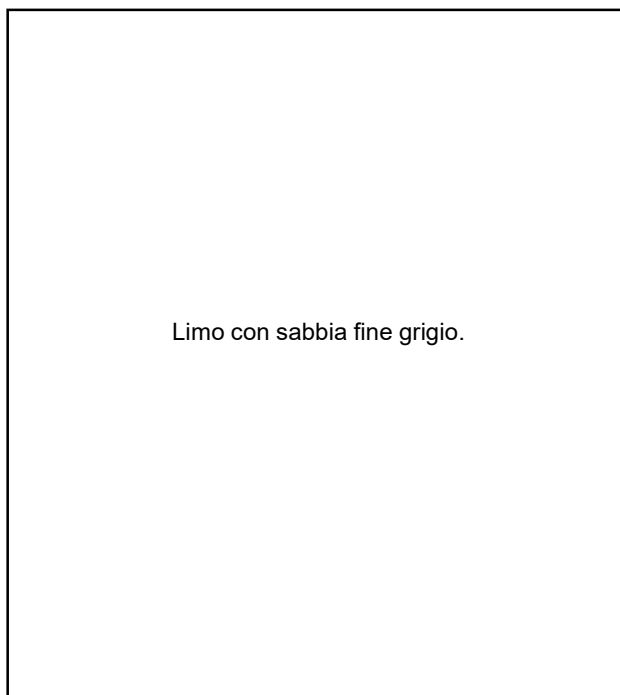
NOTE: Fluido di controllo Acqua Demineralizzata e Disaerazione con pompa a vuoto per 30'

Commessa N°: GDP23039
Committente: Comune di Venezia Revisione 0 del: 13/04/23
Cantiere: Piazza Mercato - Marghera (VE) Verb. Acc. N°: 03/23
Sondaggio: 1 Data Accettazione: 31/03/23
Campione: CR2 Data Inizio Prove: 31/03/23
Profondità (m): 4 - 4.5

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (UNI EN ISO 14688-1)

Tipo di Contenitore: Sacchetto PVC
Grado di Qualità campione: 3

C 0 (rev.0 del 04/21)



PROVA	SIGLA	RICHIESTA
1	W	
2	ρ	
3	ρ_s	X
4	GR	X
5	LL	
6	LR	
7	DR	
8	SO	
9	ELL	
10	ED	
11	TD	
12	UU	
13	CIU	
14	CD	
15	PROC	
16	CBR	
17	KVAR	
18	KCOST	
19	KED	
20	KTX	

Classi di qualità di campioni di terreno per prove in laboratorio

Proprietà del terreno/Classe di qualità	1	2	3	4	5
Caratteristiche invariate del terreno					
Granulometria	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				
Proprietà che possono essere determinate					
Sequenza di strati	x	x	x	x	x
Delimitazione degli strati - generica	x	x	x	x	
Delimitazione degli strati - precisa	x	x			
Limiti di Atterberg, densità delle particelle, contenuto organico	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, porosità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				

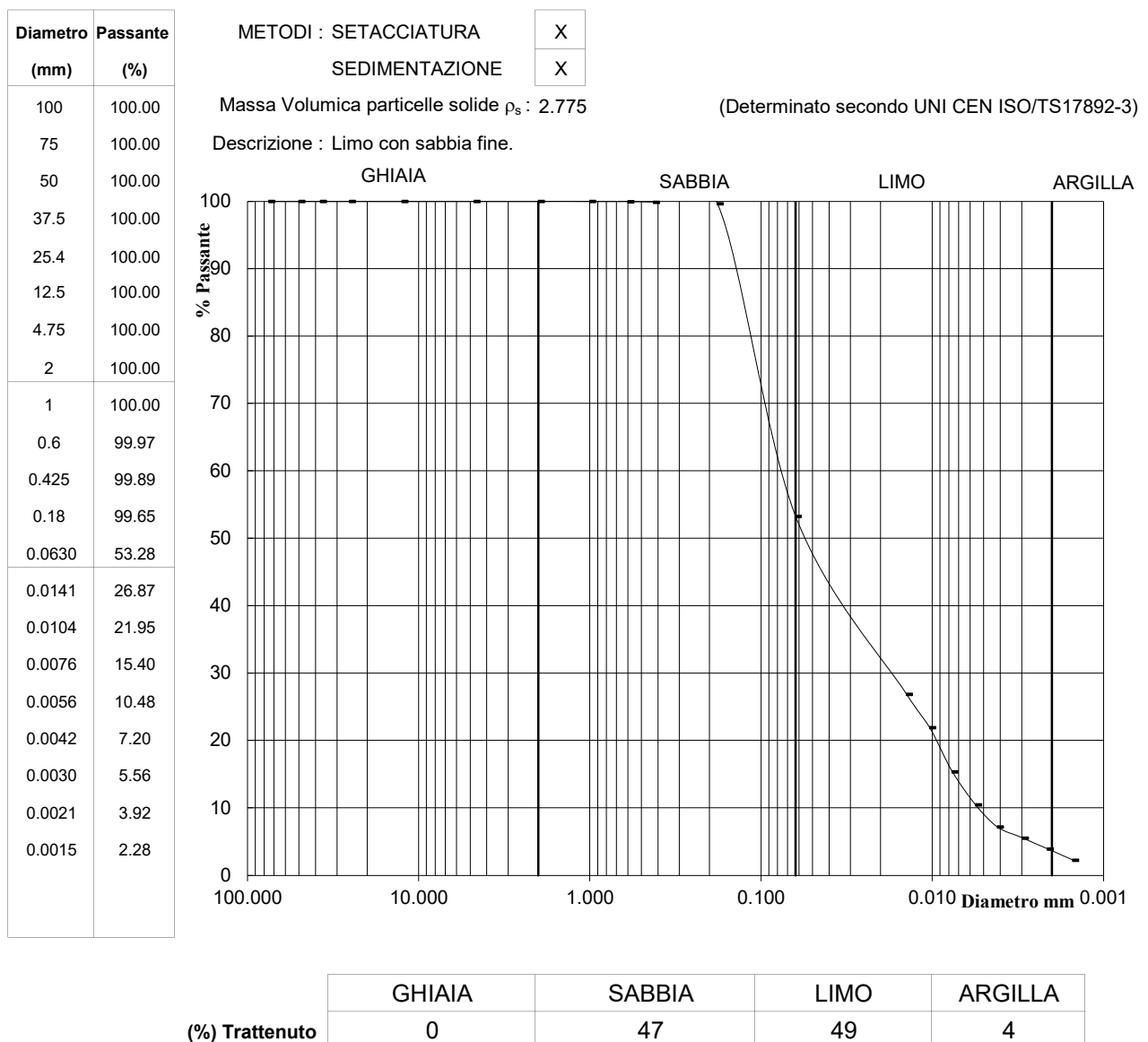
LEGENDA

W - Contenuto d'acqua allo stato naturale
 ρ - Peso dell'unità di volume
 ρ_s - Peso dell'unità di volume dei granuli solidi
 GR - Analisi granulometrica per sedimentazione e staccatura
 LL - Limiti di consistenza o di Atterberg
 LR - Limiti di Ritiro
 DR - Densità relativa
 SO - Contenuto in sostanze organiche
 ELL - Prova di Compressione non confinata
 ED - Prova Edometrica ad incrementi di carico
 TD - Prova di taglio diretto con apparecchio di Casagrande
 UU - Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata
 CIU - Prova di compressione triassiale consolidata non drenata
 CD - Prova di compressione triassiale consolidata drenata
 PROC S/M Prova di compattazione AASHTO standard o modificata
 CBR - Prova per la determinazione dell'indice di portanza
 CBR
 KVAR - Prova di permeabilità con permeametro a carico

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA UNI CEN ISO/TS 17892-4

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°	764
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/2023
Campione:	CR2	Data Inizio Prova:	31/03/2023
Profondità (m):	4 - 4.5		



NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

Metodo del Picnometro (dimensione max grani 4 mm)

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	763
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CR2	Data inizio prove:	06/04/23
Profondità (m):	4 - 4.5		

Metodo di Prova A (essicato) ☐Metodo di Prova B (umido) ☒ ρ_s (Mg/m³)

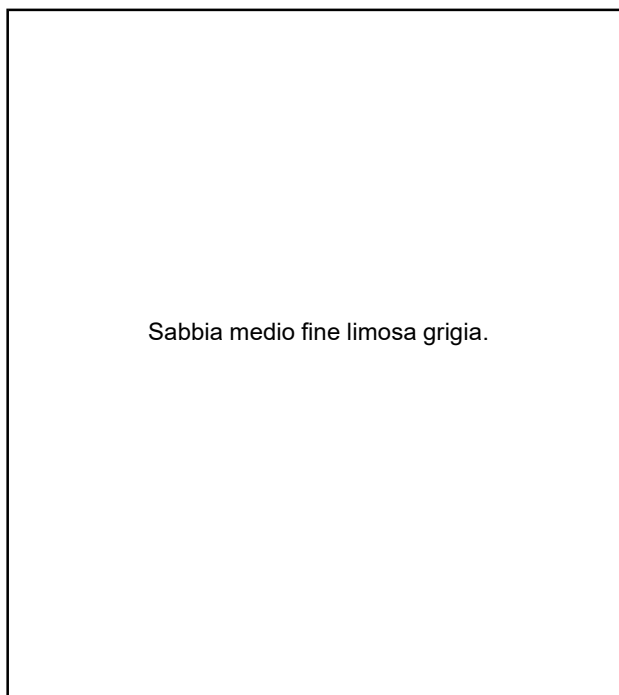
NOTE: Fluido di controllo Acqua Demineralizzata e Disaerazione con pompa a vuoto per 30'

Commessa N°: GDP23039
Committente: Comune di Venezia Revisione 0 del: 13/04/23
Cantiere: Piazza Mercato - Marghera (VE) Verb. Acc. N°: 03/23
Sondaggio: 1 Data Accettazione: 31/03/23
Campione: CR3 Data Inizio Prove: 31/03/23
Profondità (m): 7 - 7.5

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (UNI EN ISO 14688-1)

Tipo di Contenitore: Sacchetto PVC
Grado di Qualità campione: 3

C 0 (rev.0 del 04/21)



PROVA	SIGLA	RICHIESTA
1	W	
2	ρ	
3	ρ_s	X
4	GR	X
5	LL	
6	LR	
7	DR	
8	SO	
9	ELL	
10	ED	
11	TD	
12	UU	
13	CIU	
14	CD	
15	PROC	
16	CBR	
17	KVAR	
18	KCOST	
19	KED	
20	KTX	

Classi di qualità di campioni di terreno per prove in laboratorio

Proprietà del terreno/Classe di qualità	1	2	3	4	5
Caratteristiche invariate del terreno					
Granulometria	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				
Proprietà che possono essere determinate					
Sequenza di strati	x	x	x	x	x
Delimitazione degli strati - generica	x	x	x	x	
Delimitazione degli strati - precisa	x	x			
Limiti di Atterberg, densità delle particelle, contenuto organico	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, porosità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				

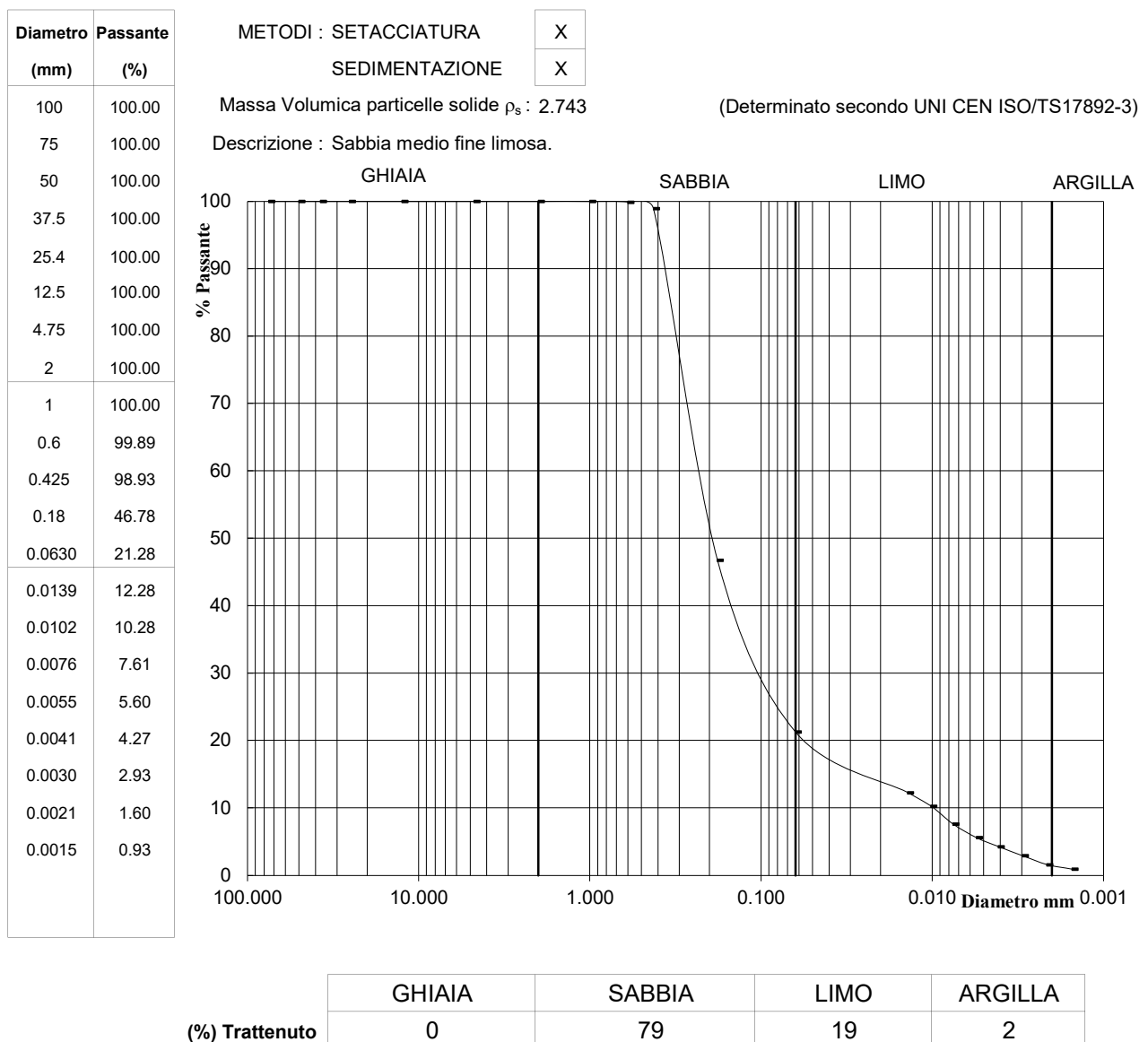
LEGENDA

W - Contenuto d'acqua allo stato naturale
 ρ - Peso dell'unità di volume
 ρ_s - Peso dell'unità di volume dei granuli solidi
 GR - Analisi granulometrica per sedimentazione e staccatura
 LL - Limiti di consistenza o di Atterberg
 LR - Limiti di Ritiro
 DR - Densità relativa
 SO - Contenuto in sostanze organiche
 ELL - Prova di Compressione non confinata
 ED - Prova Edometrica ad incrementi di carico
 TD - Prova di taglio diretto con apparecchio di Casagrande
 UU - Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata
 CIU - Prova di compressione triassiale consolidata non drenata
 CD - Prova di compressione triassiale consolidata drenata
 PROC S/M Prova di compattazione AASHTO standard o modificata
 CBR - Prova per la determinazione dell'indice di portanza
 CBR
 KVAR - Prova di permeabilità con permeametro a carico

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA UNI CEN ISO/TS 17892-4

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°	766
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/2023
Campione:	CR3	Data Inizio Prova:	31/03/2023
Profondità (m):	7 - 7.5		



NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI
Metodo del Picnometro (dimensione max grani 4 mm)
(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	765
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CR3	Data inizio prove:	06/04/23
Profondità (m):	7 - 7.5		

Metodo di Prova A (essicato) ☐Metodo di Prova B (umido) ☒ ρ_s (Mg/m³)

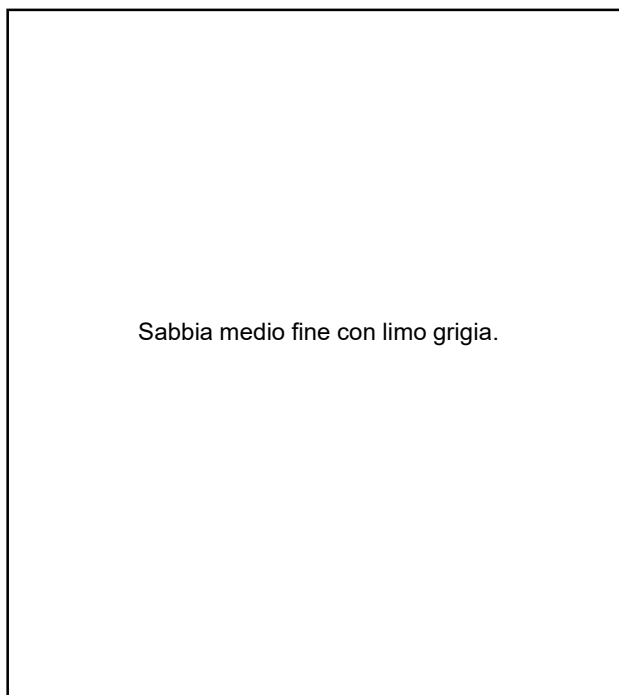
NOTE: Fluido di controllo Acqua Demineralizzata e Disaerazione con pompa a vuoto per 30'

Commessa N°: GDP23039
Committente: Comune di Venezia Revisione 0 del: 13/04/23
Cantiere: Piazza Mercato - Marghera (VE) Verb. Acc. N°: 03/23
Sondaggio: 1 Data Accettazione: 31/03/23
Campione: CR4 Data Inizio Prove: 31/03/23
Profondità (m): 9 - 9.5

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (UNI EN ISO 14688-1)

Tipo di Contenitore: Sacchetto PVC
Grado di Qualità campione: 3

C 0 (rev.0 del 04/21)



PROVA	SIGLA	RICHIESTA
1	W	
2	ρ	
3	ρ_s	X
4	GR	X
5	LL	
6	LR	
7	DR	
8	SO	
9	ELL	
10	ED	
11	TD	
12	UU	
13	CIU	
14	CD	
15	PROC	
16	CBR	
17	KVAR	
18	KCOST	
19	KED	
20	KTX	

Classi di qualità di campioni di terreno per prove in laboratorio

Proprietà del terreno/Classe di qualità	1	2	3	4	5
Caratteristiche invariate del terreno					
Granulometria	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				
Proprietà che possono essere determinate					
Sequenza di strati	x	x	x	x	x
Delimitazione degli strati - generica	x	x	x	x	
Delimitazione degli strati - precisa	x	x			
Limiti di Atterberg, densità delle particelle, contenuto organico	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, porosità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				

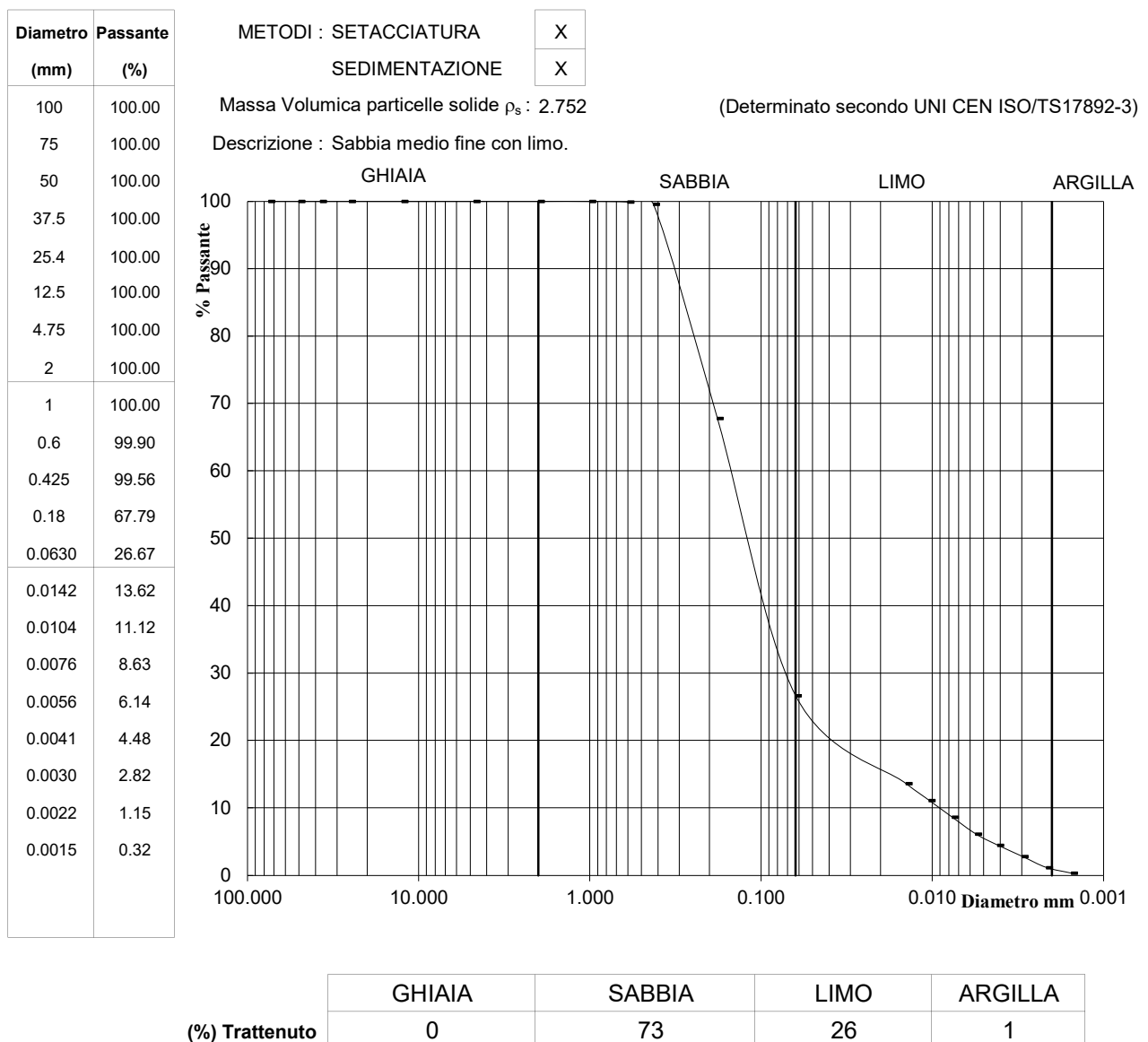
LEGENDA

W - Contenuto d'acqua allo stato naturale
 ρ - Peso dell'unità di volume
 ρ_s - Peso dell'unità di volume dei granuli solidi
 GR - Analisi granulometrica per sedimentazione e staccatura
 LL - Limiti di consistenza o di Atterberg
 LR - Limiti di Ritiro
 DR - Densità relativa
 SO - Contenuto in sostanze organiche
 ELL - Prova di Compressione non confinata
 ED - Prova Edometrica ad incrementi di carico
 TD - Prova di taglio diretto con apparecchio di Casagrande
 UU - Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata
 CIU - Prova di compressione triassiale consolidata non drenata
 CD - Prova di compressione triassiale consolidata drenata
 PROC S/M Prova di compattazione AASHTO standard o modificata
 CBR - Prova per la determinazione dell'indice di portanza
 CBR
 KVAR - Prova di permeabilità con permeametro a carico

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA UNI CEN ISO/TS 17892-4

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°	768
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/2023
Campione:	CR4	Data Inizio Prova:	31/03/2023
Profondità (m):	9 - 9.5		



NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

Metodo del Picnometro (dimensione max grani 4 mm)

(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	767
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CR4	Data inizio prove:	06/04/23
Profondità (m):	9 - 9.5		

Metodo di Prova A (essicato) ☐Metodo di Prova B (umido) ☒ ρ_s (Mg/m³)

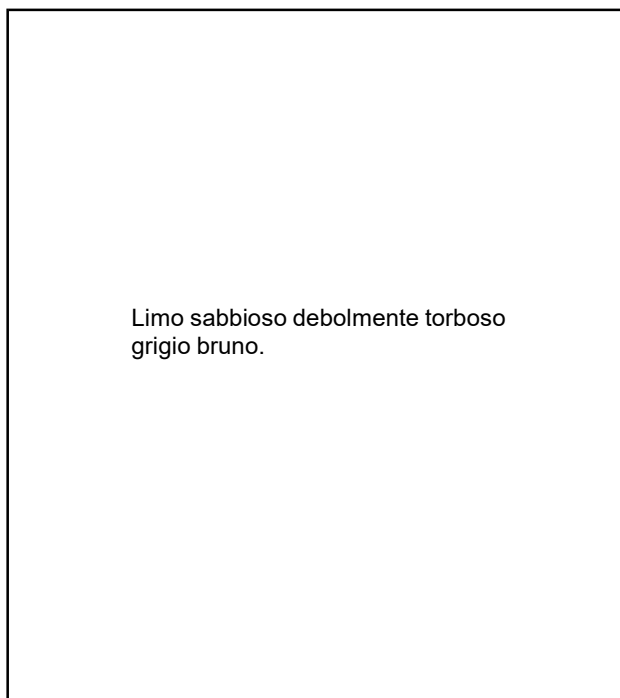
NOTE: Fluido di controllo Acqua Demineralizzata e Disaerazione con pompa a vuoto per 30'

Commessa N°:	GDP23039		
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Verb. Acc. N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/23
Campione:	CR5	Data Inizio Prove:	03/04/23
Profondità (m):	20 - 20.5		

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (UNI EN ISO 14688-1)

Tipo di Contenitore: Sacchetto PVC
 Grado di Qualità campione: 3

C 0 (rev.0 del 04/21)



PROVA	SIGLA	RICHIESTA
1	W	
2	ρ	
3	ρ_s	X
4	GR	X
5	LL	X
6	LR	
7	DR	
8	SO	
9	ELL	
10	ED	
11	TD	
12	UU	
13	CIU	
14	CD	
15	PROC	
16	CBR	
17	KVAR	
18	KCOST	
19	KED	
20	KTX	

Classi di qualità di campioni di terreno per prove in laboratorio

Proprietà del terreno/Classe di qualità	1	2	3	4	5
Caratteristiche invariate del terreno					
Granulometria	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				
Proprietà che possono essere determinate					
Sequenza di strati	x	x	x	x	x
Delimitazione degli strati - generica	x	x	x	x	
Delimitazione degli strati - precisa	x	x			
Limiti di Atterberg, densità delle particelle, contenuto organico	x	x	x	x	
Contenuto di acqua	x	x	x		
Densità, indice di densità, porosità, permeabilità	x	x			
Compressibilità, resistenza a taglio	x				

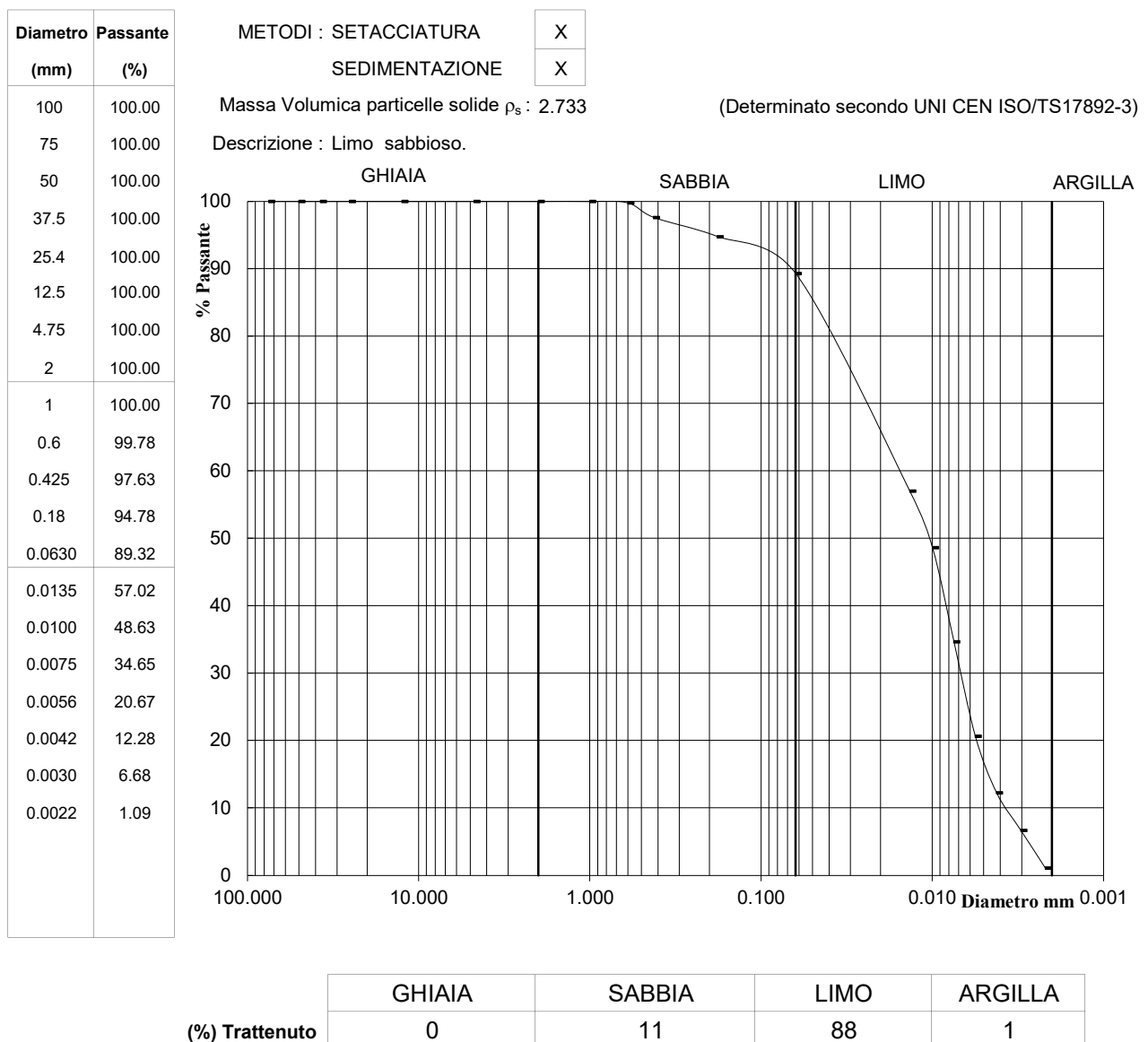
LEGENDA

W - Contenuto d'acqua allo stato naturale
 ρ - Peso dell'unità di volume
 ρ_s - Peso dell'unità di volume dei granuli solidi
 GR - Analisi granulometrica per sedimentazione e staccatura
 LL - Limiti di consistenza o di Atterberg
 LR - Limiti di Ritiro
 DR - Densità relativa
 SO - Contenuto in sostanze organiche
 ELL - Prova di Compressione non confinata
 ED - Prova Edometrica ad incrementi di carico
 TD - Prova di taglio diretto con apparecchio di Casagrande
 UU - Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata
 CIU - Prova di compressione triassiale consolidata non drenata
 CD - Prova di compressione triassiale consolidata drenata
 PROC S/M Prova di compattazione AASHTO standard o modificata
 CBR - Prova per la determinazione dell'indice di portanza
 CBR
 KVAR - Prova di permeabilità con permeametro a carico

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA UNI CEN ISO/TS 17892-4

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°	784
Committente:	Comune di Venezia	Revisione 0 del:	13/04/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	VAC N°:	03/23
Sondaggio:	1	Data Accettazione:	31/03/2023
Campione:	CR5	Data Inizio Prova:	03/04/2023
Profondità (m):	20 - 20.5		



NOTE:

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

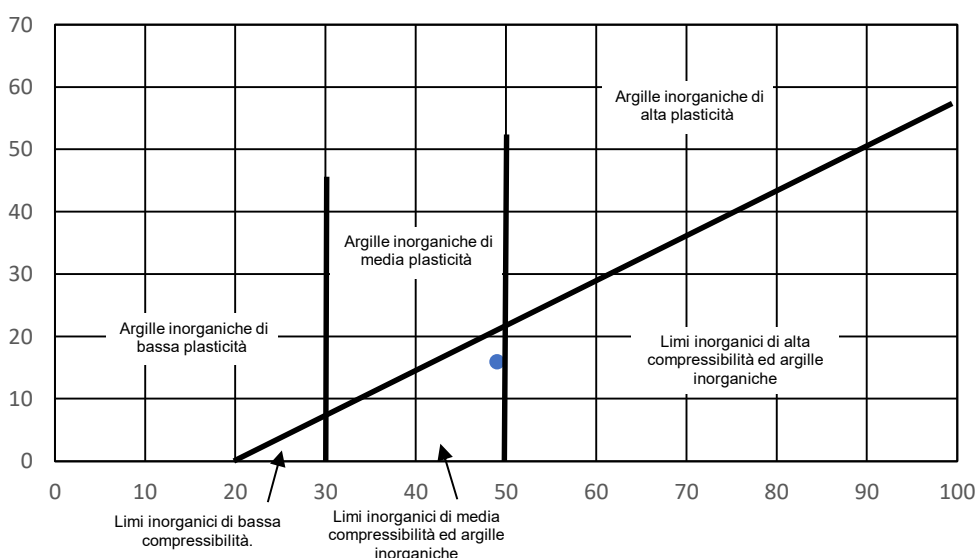
DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA (o di Atterberg) Metodo del Cono (UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	785
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CR5	Data inizio prove:	07/04/23
Profondità (m):	20 - 20.5		

Tipo di cono impiegato (angolo, massa)	30°/80g
Determinazione su terreno allo stato naturale	X
Determinazione su frazione di terreno vagliato	
% Passante al vaglio 0.42 mm	

Limite di liquidità	WI	49
Limite di plasticità	Wp	33
Indice di plasticità	Ip	16
Grado di Plasticità	Plastico	

CARTA DI PLASTICITA DI CASAGRANDE



NOTE:

Spesimentatore
Dott. Geol. Marco Zabeo

C5 (rev. 0 del 04/21)

Direttore Laboratorio
Dott. Geol. Julien Perin

Pag. 1/1

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di Prove su Terre ai sensi dell'art.59 DPR n°380/2001

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI
Metodo del Picnometro (dimensione max grani 4 mm)
(UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Commessa N°:	GDP23039	Certificato N°:	783
Committente:	Comune di Venezia	VAC N°:	03/23
Cantiere:	Piazza Mercato - Marghera (VE)	Data emissione:	13/04/23
Sondaggio:	1	Data ricevimento campione:	31/03/23
Campione:	CR5	Data inizio prove:	07/04/23
Profondità (m):	20 - 20.5		

Metodo di Prova A (essicato) ☐Metodo di Prova B (umido) ☒ ρ_s (Mg/m³)

NOTE: Fluido di controllo Acqua Demineralizzata e Disaerazione con pompa a vuoto per 30'

APPENDICE 5



GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Sede Legale: Spinea (VE) - via L. Negrelli, 17/i – 30038 Tel/Fax 041-481046
www.impresageodis.com – email: info@impresageodis.com – PEC: geodis@ticertifica.it
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E



ATLANTE FOTOGRAFICO



Fig. 1 - Esecuzione prova CPTU1.



Fig. 2 - Esecuzione sondaggio S1.

ATLANTE FOTOGRAFICO



Fig. 3 - Cassetta catalogatrice sondaggio S1 da 0 a 5 m.



Fig.4 - Cassetta catalogatrice sondaggio S1 da 5 a 10 m.

ATLANTE FOTOGRAFICO



ATLANTE FOTOGRAFICO



Fig. 7 - Cassetta catalogatrice sondaggio S1 da 20 a 25 m.



Fig. 8 - Cassetta catalogatrice sondaggio S1 da 25 a 30 m.

ATLANTE FOTOGRAFICO



Fig. 9 - Esecuzione stendimento MASW.



Fig. 10 - Esecuzione prova HVSR.

ATLANTE FOTOGRAFICO



Fig. 11 - Dettaglio del piezometro realizzato.



Fig. 12 - Esecuzione indagine di ricerca sottoservizi.
