

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI PER IL COMPLETAMENTO DEL CENTRO AGROALIMENTARE - COMPARTO Q1 E AREE ANNESSE

Il progettista



Il presidente

Comune di Verona
Sindaco
Federico Sboarina
Assessore all'Urbanistica
Ing. Ilaria Segala

Urbanistica ESS - PHP
Dott.ssa Donatella Fragiocomo

Pianificazione e progettazione
Urbanistica
Arch. Arnaldo Toffoli
Arch. Chiara Tassello
Arch. Emanuela Zorzi

Presidente ZAI
Dott. Matteo Gasparato

Direttore ZAI
Dott. Nicola Boaretti

Ufficio Tecnico ZAI
Ing. Gianni Oltremari
Geom. Maria Pappa
Geom. Moreno Bosco

Relazione Geologica Geotecnica e Sismica

Regione Veneto

Provincia di Verona

COMUNE DI VERONA

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE
AL PIANO DEGLI INTERVENTI
PER IL COMPLETAMENTO
DEL CENTRO AGROALIMENTARE -
COMPARTO Q1 E AREE ANNESSE

***Relazione Geologica – Geotecnica
e Sismica***

Redatto da:

Timbro e Firma:

Dott. Geol. Annapaola Gradizzi

Circonvallazione Bran, 828

37013 Caprino (VR)

Tel: 045-9815565

e-mail: geologo.gradizzi@gmail.com



**ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI
INTERVENTI PER IL COMPLETAMENTO DEL CENTRO
AGROALIMENTARE - COMPARTO Q1 E AREE ANNESSE
NEL COMUNE DI VERONA (VR)**

***RELAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA
E SISMICA***

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO	4
2. QUADRO NORMATIVO	5
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
4. INQUADRAMENTO PIANIFICATORIO	9
5. RELAZIONE GEOLOGICA	13
5.1 Inquadramento geologico e geomorfologico	13
5.2 Indagini geognostiche	15
5.3 Inquadramento idrogeologico.....	20
6. MODELLAZIONE SISMICA	22
6.1 Valutazioni di pericolosità sismica locale e Caratterizzazione dei terreni ai fini sismici	22
7. RELAZIONE GEOTECNICA	32
7.1 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	32
7.2.1 Calcolo della capacità portante del terreno di fondazione	33
8. CONCLUSIONI.....	38

BIBLIOGRAFIA

ALLEGATO 1: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

ALLEGATO 2: RELAZIONE GEOFISICA

ALLEGATO 3: CERTIFICATO PROVA DI TAGLIO DIRETTO



Anno 2021

**ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI
INTERVENTI PER IL COMPLETAMENTO DEL CENTRO
AGROALIMENTARE - COMPARTO Q1 E AREE ANNESSE
NEL COMUNE DI VERONA (VR)**

***RELAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA
E SISMICA***

1. PREMESSA

Su incarico e per conto del Consorzio Zai di Verona è stato eseguito uno studio geologico-geotecnico e sismico a supporto dell'Accordo di programma in variante al Piano degli Interventi per il completamento del centro agroalimentare – comparto Q1 e aree annesse nel Comune di Verona (VR).

Lo studio relativo alle opere progettate si è avvalso di un rilevamento geologico di dettaglio effettuato in campagna costituito dall'esecuzione di due pozzetti geognostici, di una indagine geofisica e di una prova di taglio diretto sui materiali rilevati in sito e delle conoscenze maturate in ambiti geologici simili.

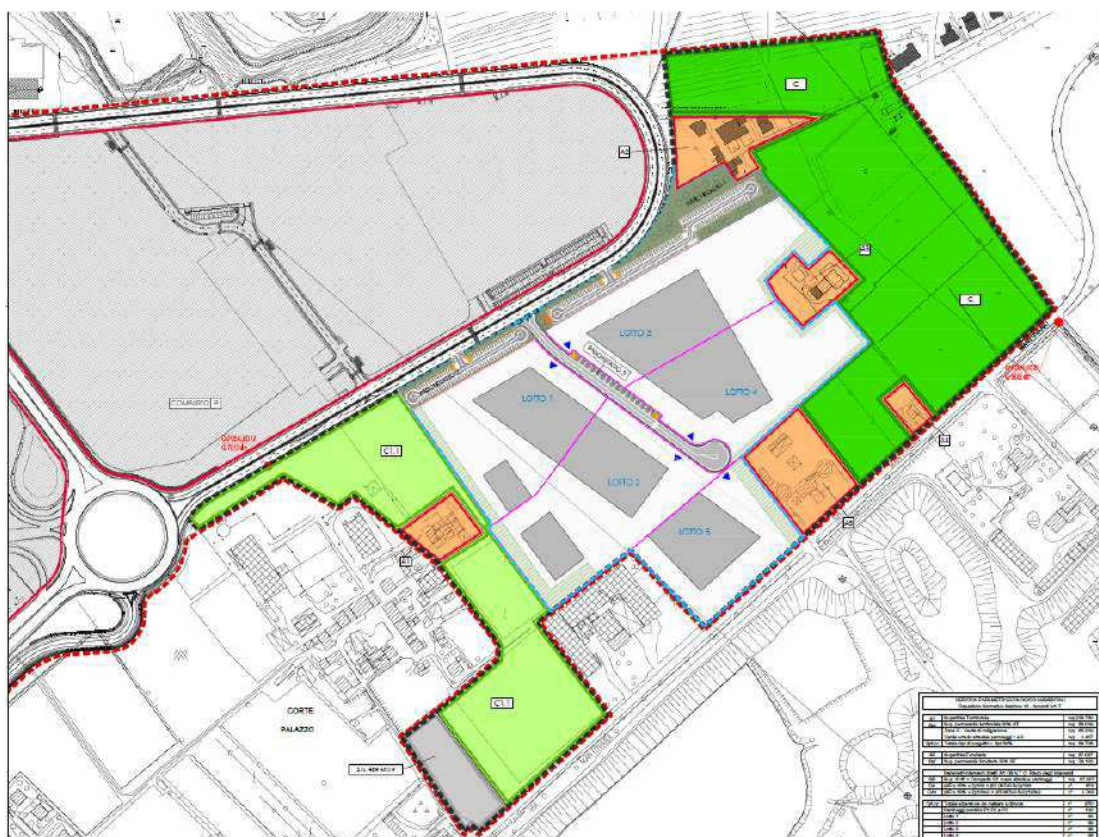
Il presente studio ha lo scopo di verificare la fattibilità degli interventi previsti rispetto alle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e sismiche dell'area in esame.

Il presente rapporto costituisce la “relazione geologica” che, ai sensi di quanto previsto dal D.M. 11/3/88 e dal DM 17/01/2018, dovrà fare parte integrante del progetto al fine di giungere alle scelte progettuali ed alle verifiche prescritte.

1.1 Descrizione del progetto

Il progetto consiste nell'Accordo di programma in variante al Piano degli Interventi per il completamento del centro agroalimentare – comparto Q1 e aree annesse nel Comune di Verona (VR).

Si riporta un estratto della Tavola di Progetto:



Per ulteriori dettagli si rimanda alla visualizzazione delle Tavole di Progetto.

2. QUADRO NORMATIVO

Il presente lavoro è stato condotto in accordo alle norme in vigore ed in particolare:

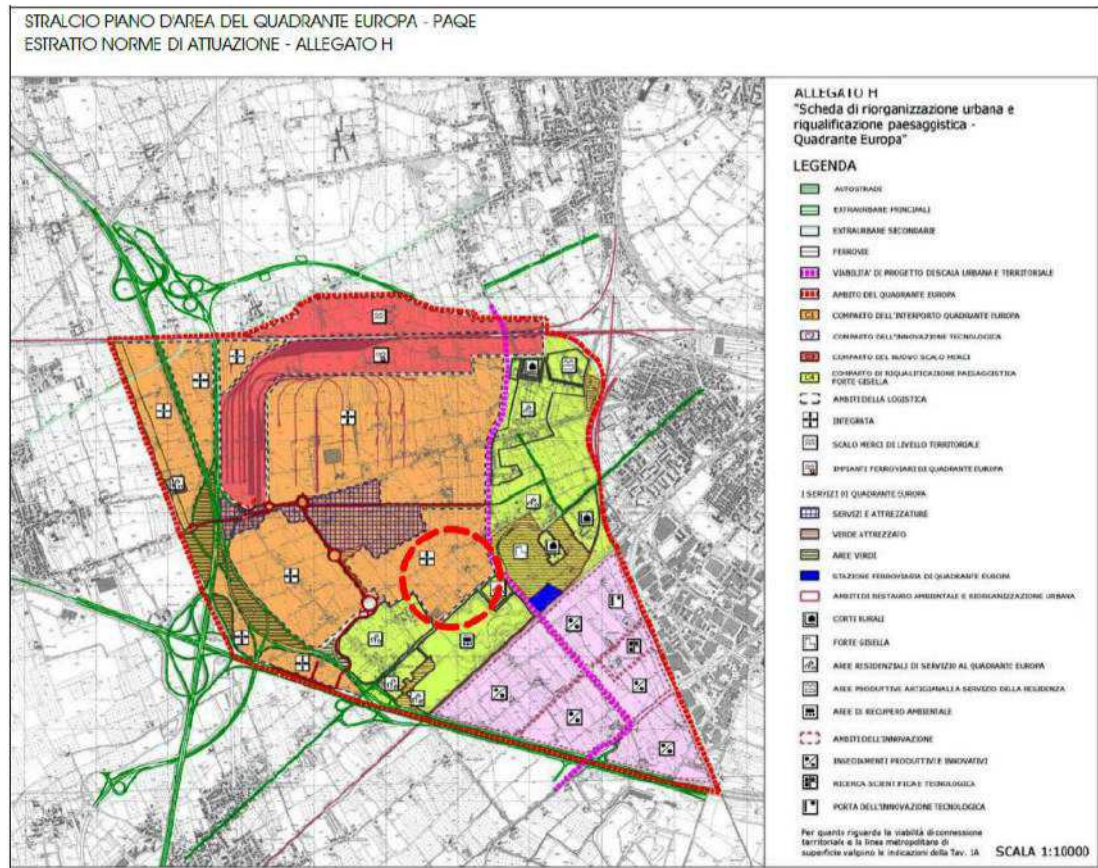
- Norme Tecniche per le Costruzioni - DM 17 Gennaio 2018;
- Ordinanza del P.C.M. n° 3274 del 20.03.2003: "Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", modificata dalla Ordinanza del P.C.M. n° 3519 del 28.04.2006;
- D. Min. LL.PP. 11/03/88: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Circ. Min. LL.PP. 24/09/88 n° 30483: L. 02/02/74 n° 64 - art. 1 D.M. 11/03/88 - Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- A.G.I. - Raccomandazioni sull'esecuzione e programmazione delle indagini geotecniche, 1977.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

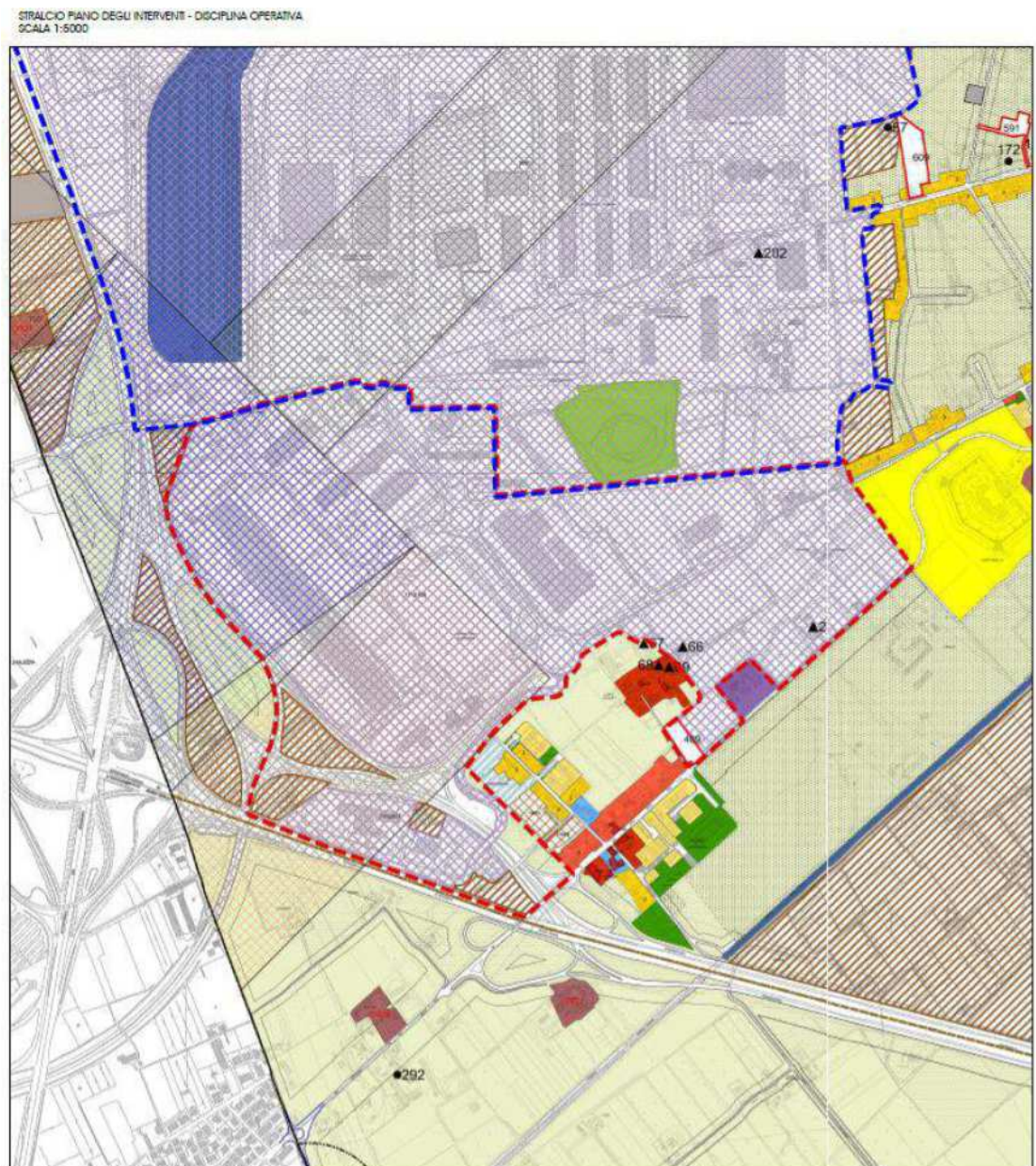
Si riporta un estratto del Piano d'Area del Quadrante Europa - Page con l'ubicazione del sito in esame:



Si riporta un estratto del Piano d'Area del Quadrante Europa – Page – Estratto Norme di Attuazione – Allegato H con l'indicazione del sito in esame:



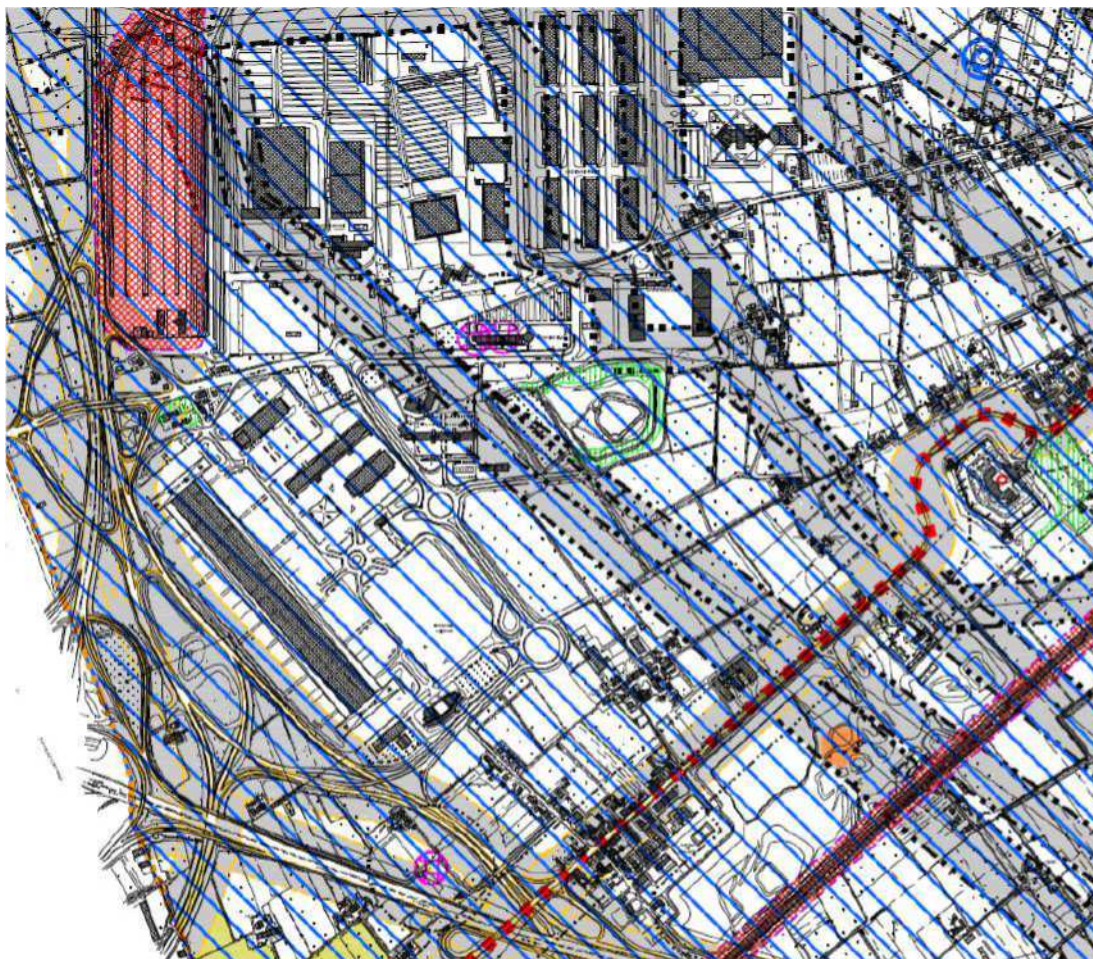
Si riporta un estratto di PI:



Il sito è edificato e si trova in una zona commerciale e residenziale.

4. INQUADRAMENTO PIANIFICATORIO

Sulla base della Tavola dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale P.A.T. elaborato 1 3 P, l'area in esame ricade in aree di ricarica degli acquiferi.

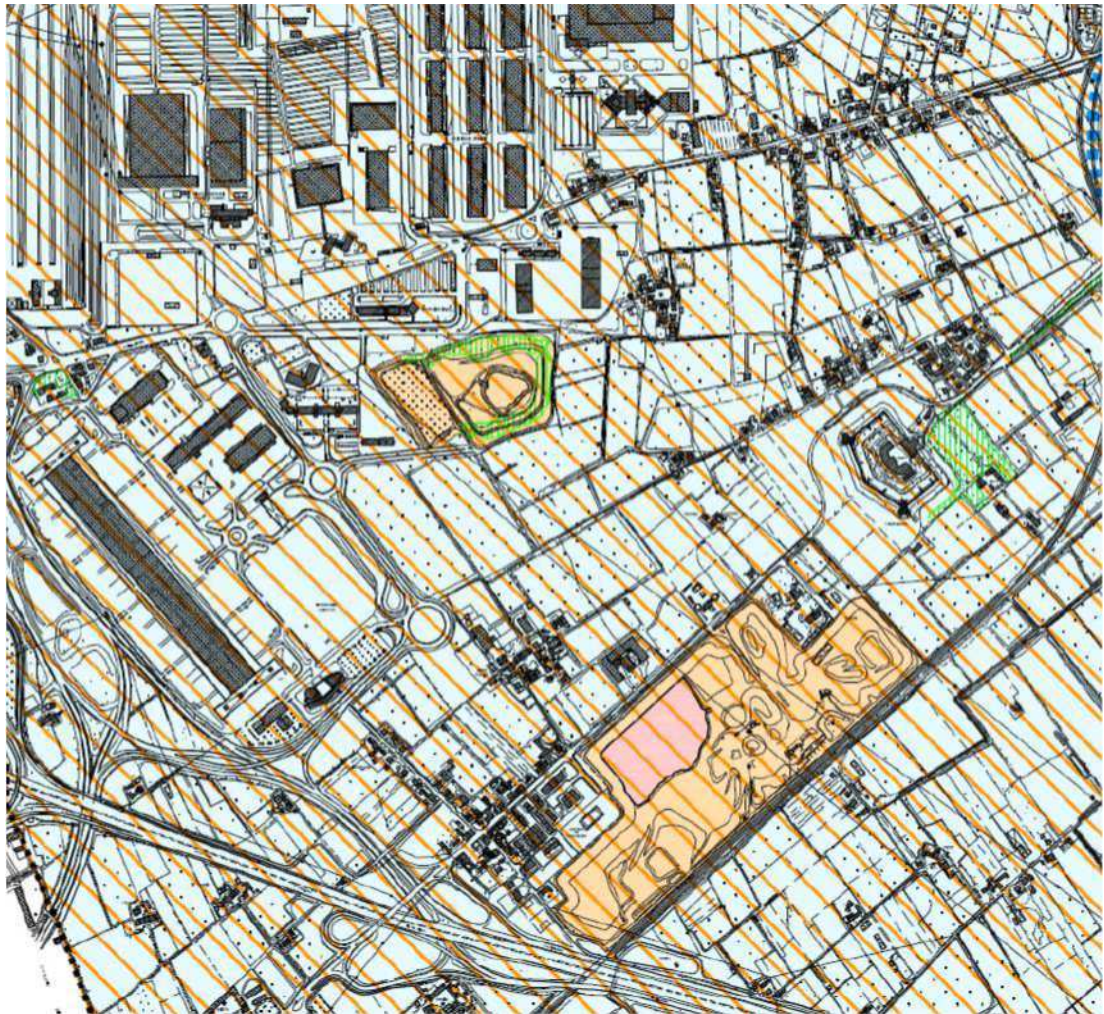


LEGENDA

AREE DI RICARICA DEGLI ACQUIFERI - art. 32



Sulla base della Tavola delle Fragilità P.A.T. elaborato 3 3 P, l'area in esame ricade in vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, unità A ed in terreno ottimo.



LEGENDA

VULNERABILITA' INTRINSECA DEGLI ACQUIFERI - art. 36

UNITA' A



PENALITA' AI FINI EDIFICATORI - art. 37

TERRENO OTTIMO



Unità A

- Aree caratterizzate dalla presenza di alluvioni fluviali e fluvio-glaciali a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, ad elevata permeabilità primaria.

- Strati di alterazione superficiale di scarsa potenza.
- Morfologia pianeggiante, con cigli e scarpate di terrazzi alluvionali, alvei e paleoalvei.
- Dinamica geomorfologica prevalente: fluviale e fluvio-glaciale.
- Presenza di falda libera a profondità maggiore di 10 metri dal piano campagna.

Le opere in progetto rientrano in una zona artigianale- industriale già edificata.

La realizzazione dell'intervento in esame non modificherà quindi in maniera sostanziale lo stato dei luoghi dal punto di vista idrogeologico e geomorfologico, il progetto allo stato attuale prevede infatti la realizzazione di marciapiedi, viabilità e parcheggi.

Non si ravvedono quindi ostacoli alla realizzazione e al completamento delle opere previste così come riportate nella tavola allegata al progetto.

RELAZIONE GEOLOGICA

AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018

5. RELAZIONE GEOLOGICA

5.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area in esame è ubicata a Verona, presso l'area ZAI di Verona.

Per l'ubicazione del sito si fa riferimento alla Carta Tecnica Regionale ed in particolare all'elemento "123164" in scala 1: 5.000, di cui un estratto è riportato in Figura 1 e per l'assetto geologico generale si fa riferimento alla Carta Geologica d'Italia, Foglio "Verona" in scala 1: 100.000, di cui un estratto è riportato in Figura 2.

La zona è adibita ad area commerciale industriale e residenziale.

Dal punto di vista geomorfologico l'area presenta una morfologia subpianeggiante con leggera pendenza verso Sud-Est. L'area è posta su un terrazzo fluvioglaciale che si raccorda a nord del sito con i depositi alluvionali recenti del Fiume Adige e di seguito con il suo alveo.

Dal punto di vista geologico l'area è situata in corrispondenza di un'ampia pianura fluvioglaciale originatasi prevalentemente nel periodo Rissiano (Quaternario) in relazione alle fasi deposizionali di tipo glaciale e fluvioglaciale del ghiacciaio atesino.

Il sito in esame si trova in corrispondenza della zona centrale della Grande Conoide dell'Adige, che si sviluppa dallo sbocco in pianura della Val d'Adige e, con morfologia a ventaglio, si estende per gran parte dell'attuale Pianura Veronese, bordando le colline moreniche del limitrofo anfiteatro benacense e spingendosi verso sud fino agli attuali territori di Zevio e Villafranca.

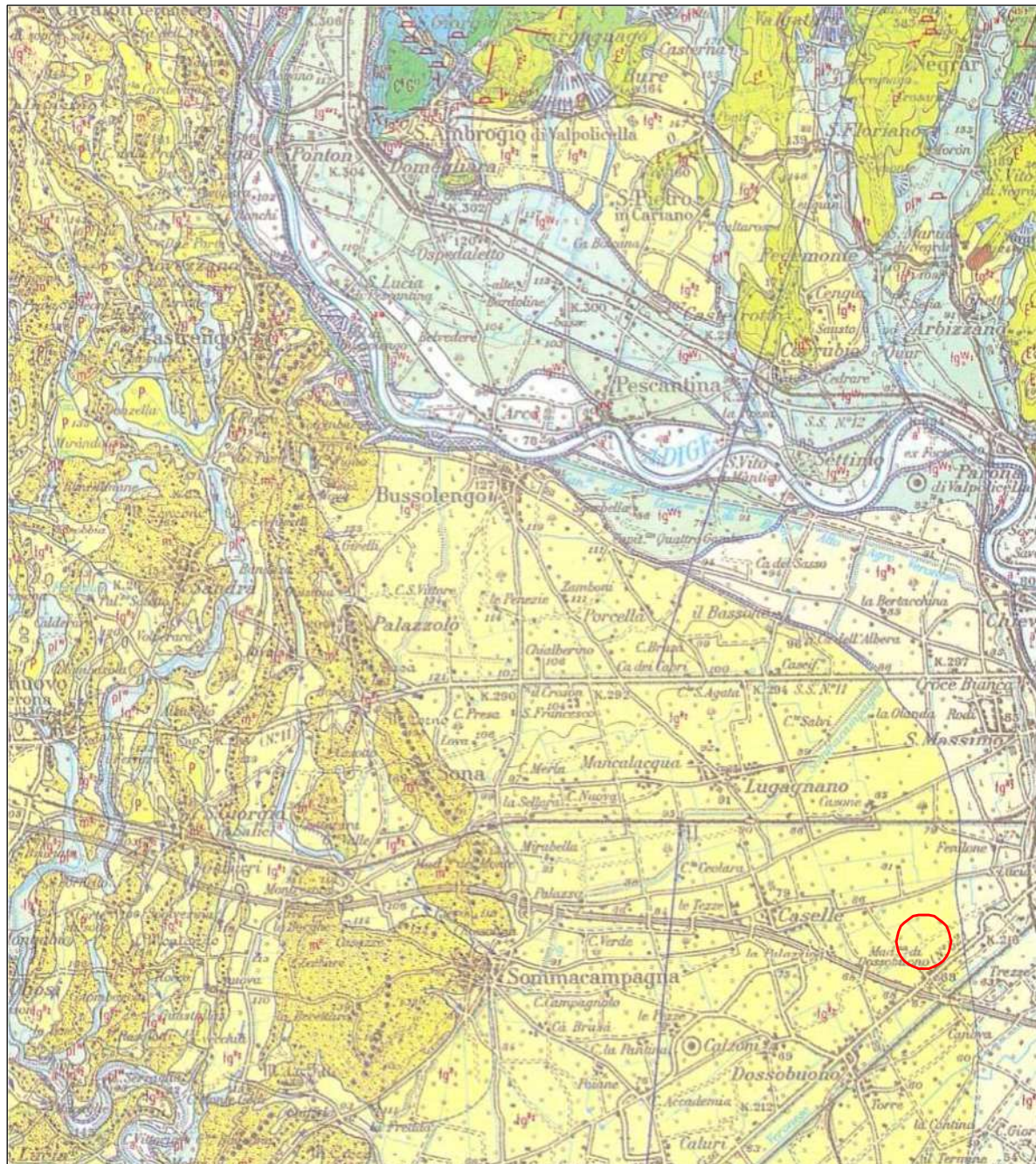
La formazione della Grande Conoide dell'Adige, di direzione NNW-SSE, è legata alla presenza durante il Pleistocene di un ghiacciaio, quest'ultimo era suddiviso in due lingue: la maggiore era quella che occupava il bacino dell'attuale Lago di Garda e che ha dato origine all'Anfiteatro Morenico del Garda; la seconda lingua, di minor estensione, era

Scala 1: 5.000



Area in esame

FIGURA 2
ESTRATTO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
 scala 1: 100.000



Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, da molto grossolane a ghiaiose, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo-rossiccio, di ridotto spessore. Terrazze, sospese sui 30 metri, costituiscono l'alta pianura generalmente a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda (Lonato-Esenta, Castiglione delle Stiviere, ecc.). **RISS.**



Area in esame

nella Val d'Adige ed ha dato origine all'incisione valliva stessa e all'anfiteatro morenico di Rivoli Veronese.

In particolare i depositi fluvioglaciali più antichi (Rissiani) appartenenti al ghiacciaio benacense costituiscono, in corrispondenza del margine sudorientale dell'anfiteatro morenico stesso, un'ampia zona che delimita tutto questo lato delle colline moreniche e si raccorda poco più ad est con i depositi, sempre di natura fluvioglaciale, deposti dal ghiacciaio atesino.

I depositi fluvioglaciali rissiani si raccordano con i depositi fluvioglaciali più recenti e quindi con i depositi alluvionali nei pressi dell'attuale alveo del Fiume Adige, costituendo una doppia serie di terrazzi morfologici che si estendono dagli abitati di Bussolengo fino alla zona del Chievo.

Dal punto di vista geolitologico locale l'area in esame è quindi interessata esclusivamente dalla presenza dei depositi alluvionali antichi deposti dalle acque del ghiacciaio del Fiume Adige e costituiti da ghiaie da medie a grossolane in matrice sabbiosa leggermente limosa con ciottoli ben arrotondati, poligenici (calcarei e porfirici) e dimensioni variabili (diametri medi pari a 2 a 6 cm).

Ai materiali ghiaiosi possono essere localmente intercalate delle lenti di scarsa continuità sia laterale sia verticale di natura sabbioso-argillosa.

I depositi fluvioglaciali e alluvionali sono interessati da un ridotto spessore di copertura argillosa di colore bruno-rossastro dovuta all'alterazione del deposito stesso.

Lo spessore di questi depositi è di alcune centinaia di metri.

5.2 Indagini geognostiche

Al fine di valutare la corretta successione stratigrafica del sito in esame in relazione alle opere in progetto e' stata realizzata una campagna geognostica costituita da due pozzetti esplorativi (vedi Allegato 1 al testo), una indagine geofisica (vedi Allegato 2 al testo), una prova di laboratorio sui materiali costituenti il sottosuolo (vedi Allegato 3 al testo).

Di seguito e' riportata l'ubicazione delle indagini geognostiche.



Con la linea blu e' individuato il profilo sismico, il bollo verde rappresenta il pozzetto geognostico P1, il bollo rosso il pozzetto geognostico P2 dal quale e' stato anche prelevato il campione per la prova di taglio diretto di laboratorio.

I materiali ghiaiosi che costituiranno il sedime di fondazione in progetto

sono stati visionati in corrispondenza dei pozzetti geognostici.

Di seguito è riportata la successione stratigrafica rilevata:

POZZETTI GEOGNOSTICI P1 E P2:

0.0 m - 0.5 m = terreno vegetale con rari riporti antropici inerti;

0.5 m – 3.5 m = ghiaie medio grossolane in subordinata matrice
sabbiosa limosa.

Durante l'esecuzione del pozzetto geognostico non sono state rilevate
venute idriche.

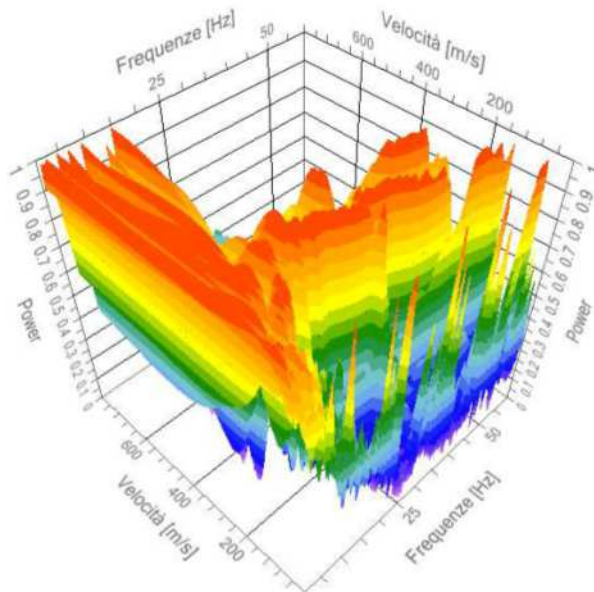
Nell'Allegato 1 al testo è riportata la documentazione fotografica relativa
ai materiali rilevati nei pozzetti.

E' stato inoltre realizzato uno stendimento di geofisica nel sito in
esame, di seguito vengono riassunti i dati principali desunti dall'indagine
geofisica, mentre si rimanda all'Allegato 2 al testo per la relazione geofisica
completa.

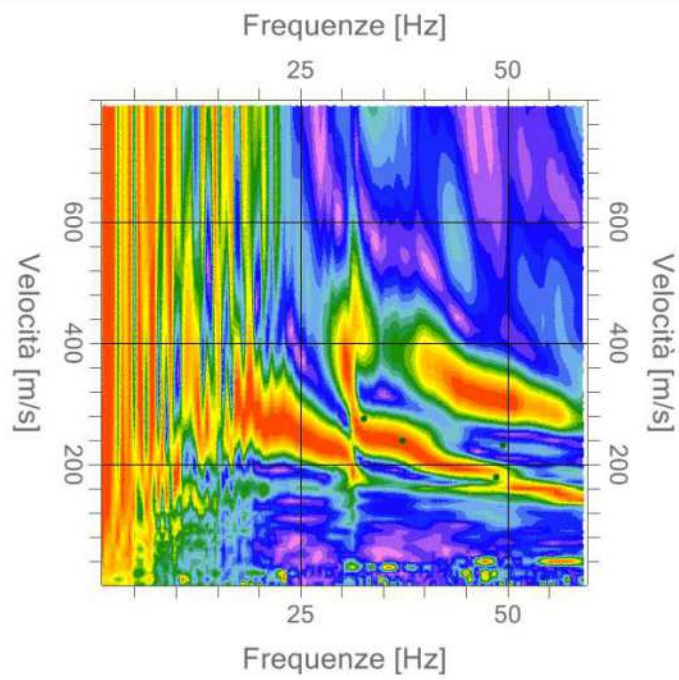
Nel sito in esame è stato realizzato uno stendimento geofonico per
l'esecuzione di indagine sismica attiva, tramite prova tipo MASW
(Multichannel Analysis of Surface Waves).

Si riportano le rappresentazioni dello spettro velocità di fase-frequenza
dello stendimento ed il 3d dello spettro velocità di fase – frequenza dello
stendimento:

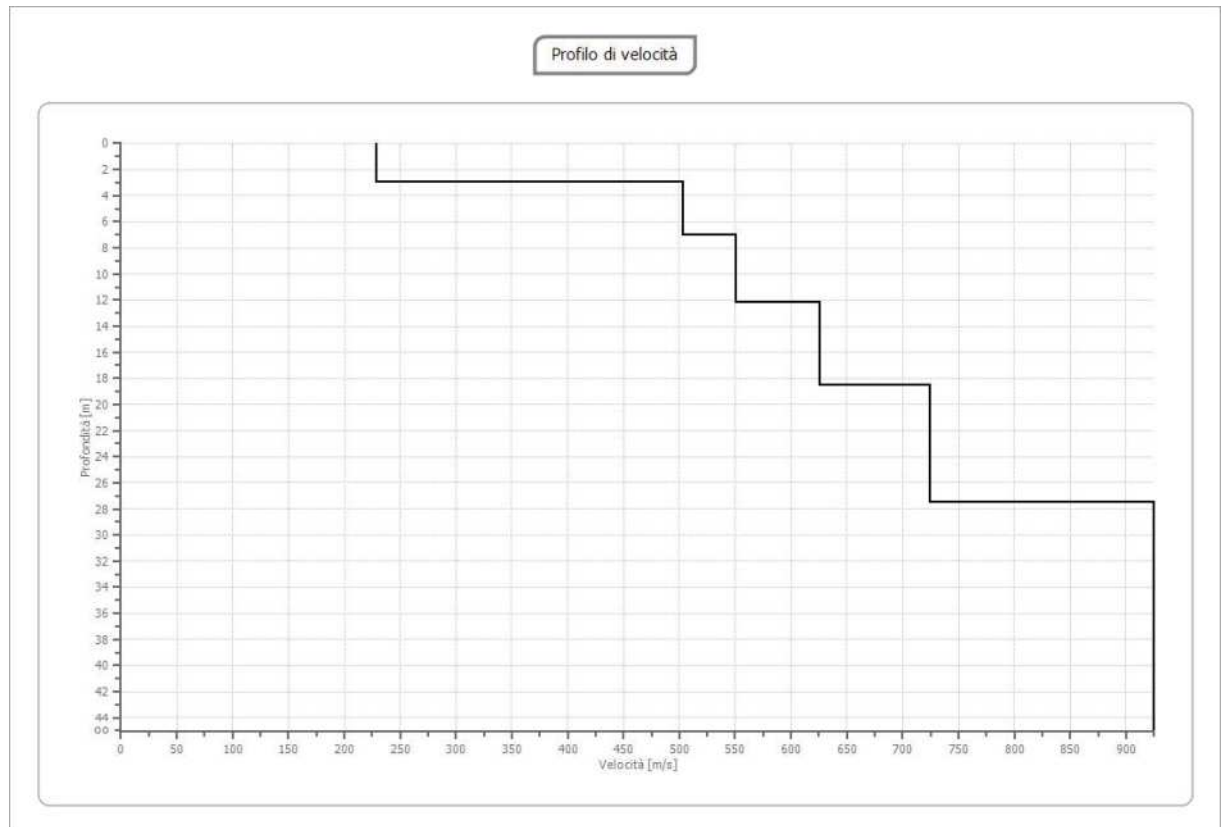
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Spettro Velocità di fase - Frequenze



Si riporta la rappresentazione della curva i best – fit calcolata dal programma Easy Masw della Geostru:



Il tipo di Suolo ottenuto è il B, ovvero: *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà Meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”*.

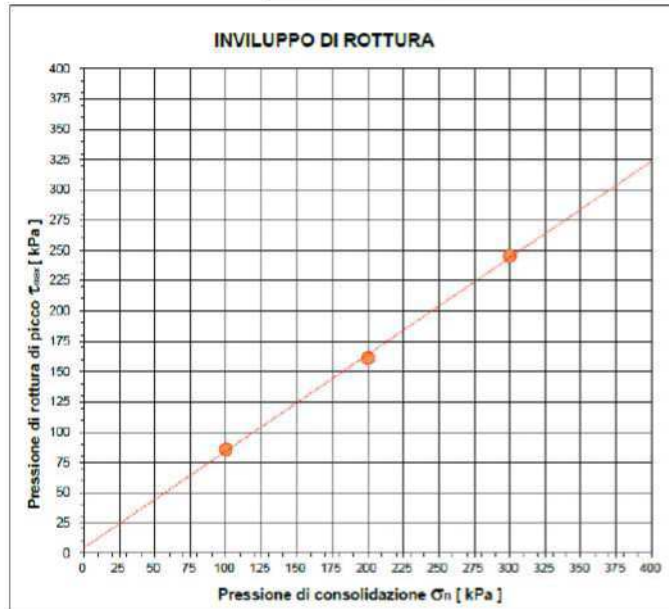
Il profilo sismico rileva la presenza di materiali sciolti addensati fino alla profondità di circa 3 m dal pc, ai quali seguono fino ad almeno 20 m di profondità dei materiali sciolti a grado di compattazione crescente.

E' stato inoltre prelevato un campione di terreno in corrispondenza delle ghiaie e sabbie intercettate nel Pozzetto P2 sul quale è stata effettuata una prova di taglio diretto di laboratorio, il cui certificato è riportato nell'Allegato 3

al testo.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti:

8. INTERPRETAZIONE SULL'INVILUPPO DI ROTTURA DEL CAMPIONE



	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Pressione di consolidazione applicata σ_n	100,00	200,00	300,00
Pressione di rottura di picco del campione τ_{max}	85,857	161,067	245,475
Deformazione di rottura del provino D_s	3,357	7,533	2,372

Coesione	Angolo d'attrito
[kPa]	[gradi]
4,5	38,6

NUMERO CERT. DI PROVA L-0376-001-077

Lo sperimentatore
Dott. In Ing. Spampinato Giuseppe

Il direttore del Laboratorio
Dott. Dario Zulberti

Geologo
Ordine dei Geologi Trentino A.A. Iscrizione nr. 214

5.3 Inquadramento idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico i depositi alluvionali, essendo di natura granulare medio - grossolana, sono genericamente caratterizzati da un coefficiente di permeabilità medio - alto.

Lo scorrimento idrico superficiale è legato alle precipitazioni meteoriche e segue le linee di massima pendenza, localmente orientate verso SE.

La morfologia del sito in esame è comunque subpianeggiante.

Per quanto riguarda la circolazione idrica nel sottosuolo la falda appartenente all'acquifero principale si trova a profondità superiori a quelle preventivate dal progetto in esame, non è possibile comunque escludere delle locali venute d'acqua in corrispondenza di livelli a granulometria grossolana sovrastanti a livelli impermeabili che fungano da confine idrogeologico.

Non sono state rilevate venute idriche nel corso del rilevamento di campagna né nel pozzetto geognostico realizzato.

Sulla base dei dati bibliografici a disposizione la falda freatica dovrebbe trovarsi ad una profondità di -30/-35 m dal p.c..

Il sottosuolo dell'area in esame è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali costituiti da materiali grossolani per le quali il grado di permeabilità sarà medio - alto, in relazione alla granulometria che li caratterizza. Per quanto riguarda la permeabilità dei materiali presenti nel sottosuolo dell'area in esame il grado di permeabilità è pari a circa $1 \cdot 10^{-4}$ m/sec.

Si raccomanda di realizzare, ove possibile, marciapiedi e parcheggi e vialetti mediante il posizionamento di materiali drenanti al fine di favorire l'infiltrazione e limitare la componente di impermeabilizzazione del nuovo progetto.

MODELLAZIONE SISMICA

AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018

6. MODELLAZIONE SISMICA

6.1 Valutazioni di pericolosità sismica locale e Caratterizzazione dei terreni ai fini sismici

La vulnerabilità dell'area di studio nei confronti del rischio sismico è stata valutata sulla base delle classificazioni a disposizione, in particolare facendo riferimento a quanto sviluppatosi nelle classificazioni 1984-1998 e nell'Ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 2003, *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*.

In particolare il Comune di Verona, secondo la nuova classificazione, appartiene alla Zona Sismica 2, secondo la vecchia classificazione aveva un grado di sismicità medio - basso.

Infatti la Regione Veneto con Delibera Giunta Regione Veneto n. 244 del 9.03.2021 ha aggiornato l'elenco delle zone sismiche del Veneto, classificando il Comune di Verona da zona sismica 3 in **zona sismica 2**.

Al fine di valutare l'azione sismica sulla tipologia fondazionale adottabile nell'ambito del progetto sono stati determinati i profili stratigrafici del suolo di fondazione dell'area, secondo la normativa tecnica di applicazione dell'Ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 2003, *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*.

I profili determinati si riferiscono a depositi con specifici valori dell'indice geofisico V_{s30} rappresentativo delle velocità delle onde sismiche del tipo S nel sottosuolo.

Si riportano le categorie di sottosuolo come da nuova normativa NTC 2018.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

In particolare è stato assegnato al substrato dell'area in esame un profilo stratigrafico B sulla base dei dati ricavati dal rilevamento geologico e dei dati forniti dalla carta geologica.

Le norme tecniche per le fondazioni che accompagnano l'ordinanza descrivono il profilo stratigrafico B come segue: *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”*.

A questa zona sismica corrisponde un valore di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) volte pari a 0.15 l'accelerazione gravitativa locale (g).

A questo profilo stratigrafico corrispondono i seguenti parametri da inserire nelle espressioni dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali:

PROFILO SUOLO	S	T _B	T _C	T _D
PROFILO B	1.25	0.15	0.50	2.0

Dove:

S = fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione,

T_B, T_C, T_D = periodi che separano i diversi rami dello spettro, sempre dipendenti dal profilo.

In accordo con le nuove norme tecniche per le costruzioni DM 17-01-2018 vengono di seguito forniti i parametri e i coefficienti da adottare per il calcolo delle fondazioni.

Si suggerisce di utilizzare l'Approccio 2 per il quale i coefficienti sono A1+M1+R3.

Il coefficiente A1 (coefficiente parziale per le azioni) si assume pari a 1.0-1.5.

Il coefficiente M1 (coefficiente parziale per i parametri geotecnici del terreno) da applicare ai valori di coesione efficace, angolo di resistenza al taglio, resistenza non drenata e peso di volume dei materiali costituenti il sottosuolo dell'area in esame è sempre pari a 1,0.

Il coefficiente R3 (coefficiente parziale da applicare alle resistenze caratteristiche) da applicare è pari a 2,3 per la capacità portante del terreno di fondazione e pari a 1,1 per le verifiche a scorrimento.

Si riportano le categorie topografiche come da nuova normativa NTC 2018.

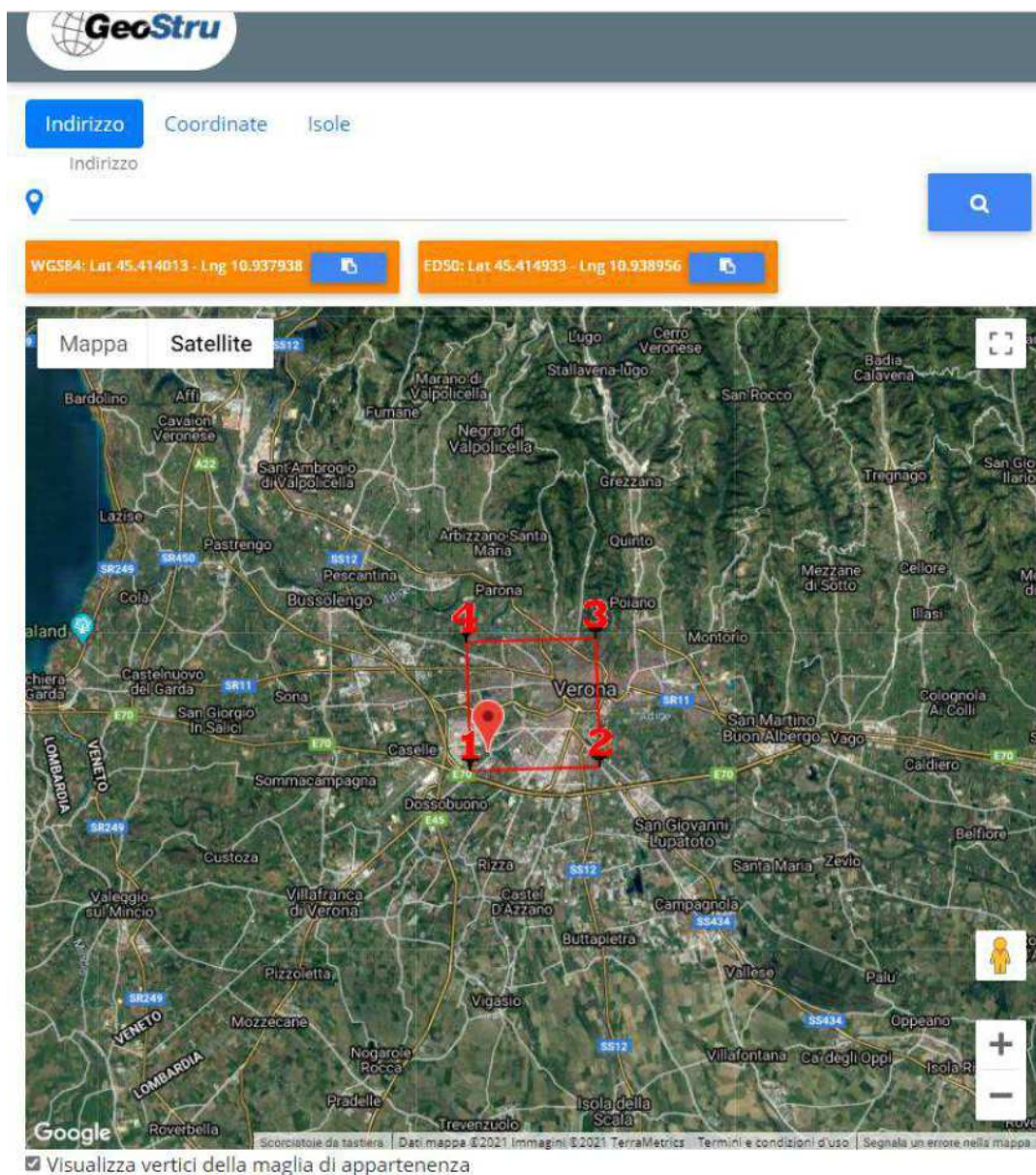
Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Il sito in esame si trova nella categoria topografica T1.

Dal sito della GEOSTRU è stata calcolata la pericolosità sismica secondo la normativa NTC 2008 del sito in esame.

In particolare sono stati ricavati oltre ai parametri sismici (ag, F0 e TC*) per gli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC, tipici del luogo e della costruzione in esame, i coefficienti sismici (kh, kv) orizzontali e verticali per le Fondazioni.



Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F ₀	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0.041	2.518	0.235
Danno (SLD)	50	0.055	2.514	0.247
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.156	2.430	0.276
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.202	2.471	0.279
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz. categoria	1,47	1,46	1,42	1,42
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.010	0.013	0.045	0.068
kv	0.005	0.007	0.022	0.034
Amax [m/s²]	0.481	0.647	1.836	2.360
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

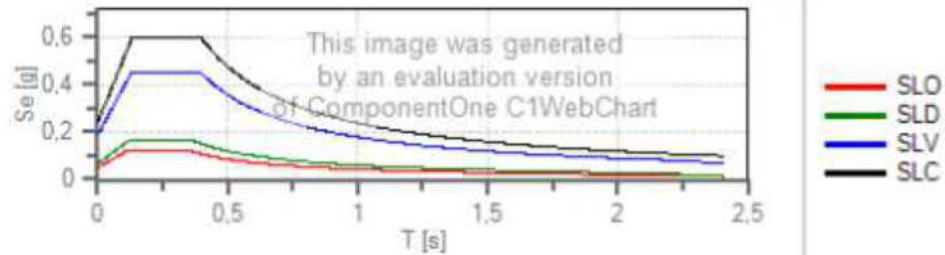
Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

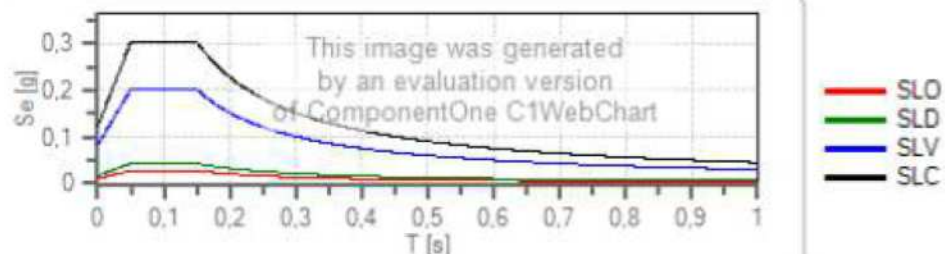
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Se	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,041	2,518	0,235	1,200	1,470	1,000	1,200	1,000	0,115	0,346	1,763
SLD	1	0,055	2,514	0,247	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,120	0,360	1,820
SLV	1	0,156	2,430	0,276	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,131	0,392	2,224
SLC	1	0,202	2,471	0,279	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,132	0,397	2,409

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Se	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,041	2,518	0,235	1,000	1,470	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,055	2,514	0,247	1,000	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,156	2,430	0,276	1,000	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,202	2,471	0,279	1,000	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

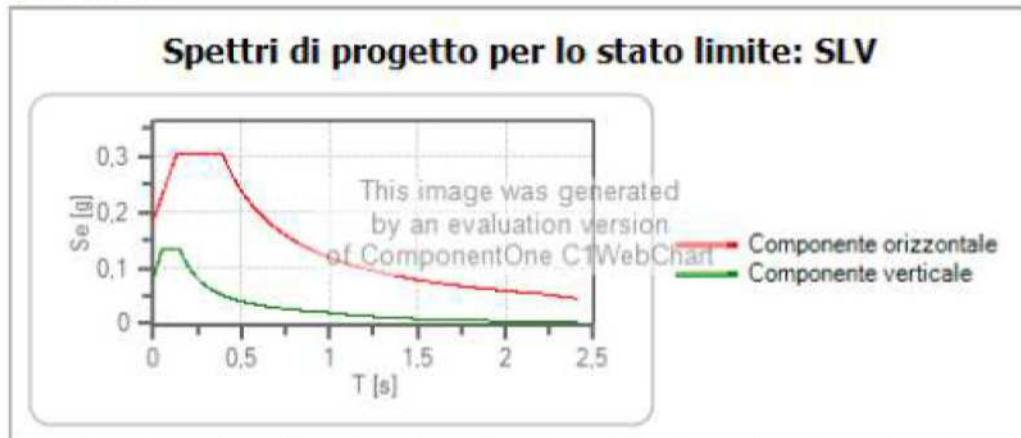
Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLV



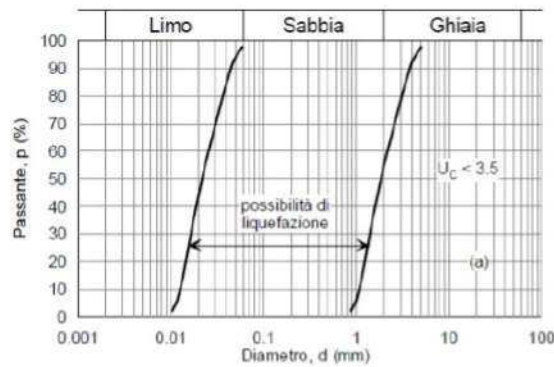
	cu	ag [g]	Fo	Tc' [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	1	0,156	2,430	0,276	1,200	1,420	1,000	1,200	1,500	0,131	0,392	2,224
SLV verticale	1	0,156	2,430	0,276	1,200	1,420	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

6.2 Stabilità nei confronti della liquefazione

In questa zona è stata omessa la verifica nei confronti della liquefazione.

In particolare la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

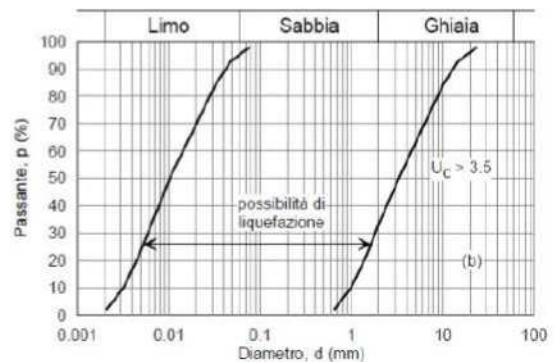
1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



$$U_c = D_{60} / D_{10}$$

Figura 7.11.1

Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione



* U_c rapporto D_{60}/D_{10} , dove D_{60} e D_{10} sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa.

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

RELAZIONE GEOTECNICA

AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018

7. RELAZIONE GEOTECNICA

7.1 Caratteristiche geotecniche

La caratterizzazione geotecnica dei terreni investigati è stata effettuata sulla base dell'osservazione di campagna ulteriormente sostenuta dai dati bibliografici e geognostici.

Si stimano per i **materiali rilevati** le seguenti caratteristiche geotecniche:

GHIAIE IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA			
Peso di volume naturale	γ	=	18.5 kN/m ³
Angolo d'attrito	ϕ	=	34°-36°
Coesione reale	C	=	0-4 KPa

7.2 Analisi del progetto e verifica delle problematiche di ordine geologico e geotecnico

Il progetto in esame consiste nell'Accordo di programma in variante al Piano degli Interventi per il completamento del centro agroalimentare – comparto Q1 e aree annesse nel Comune di Verona (VR).

La realizzazione delle opere in progetto comporterà l'esecuzione di scavi di altezza massima pari a circa 1.5 m.

Sulla base del modello stratigrafico-geotecnico indicato nei cap. precedenti, le problematiche relative a tali aspetti, dovute alle interazioni terreno-struttura della nuova opera, riguardano:

- la capacità portante del terreno di fondazione;
- la stabilità degli scavi.

Per quanto riguarda gli scavi in progetto, in relazione alle discrete – buone caratteristiche geotecniche dei materiali costituenti il sottosuolo del sito in esame e in relazione alle esigue altezze di scavo pari al massimo a 1.5 m, gli stessi potranno essere realizzati con angoli di inclinazione in fase provvisoria pari a massimo 55°- 60°, avendo cura di evitare che sui cigli delle scarpate sostino macchinari di cantiere e/o altri sovraccarichi.

7.2.1 Calcolo della capacità portante del terreno di fondazione

Le fondazioni delle opere in progetto interesseranno solamente le ghiaie in matrice sabbiosa limosa poste al di sotto della copertura vegetale, le cui caratteristiche fisico meccaniche permettono la realizzazione di fondazioni dirette. In tal senso le fondazioni potranno essere del tipo nastriforme continue.

Per il calcolo della capacità portante del terreno si è adottato il metodo di Terzaghi che propone una formula valida per il calcolo della portanza di fondazioni superficiali di larghezza B.

La formula è data da:

$$q_{lim} = c N_c \beta_c + q N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \beta_\gamma$$

dove:

- q_{lim} è la capacità portante limite del terreno;
- c è la coesione del terreno su cui poggia la fondazione;
- γ è il peso specifico del terreno posto sopra e sotto il piano di fondazione;
- D è la profondità del piano di fondazione dal piano campagna;
- q è il peso del sovraccarico, uguale al prodotto $\gamma \cdot D$;
- B è la larghezza della fondazione;
- β_c e β_γ sono fattori correttivi di forma, espressi da coefficienti numerici, legati alla geometria della fondazione;
- N_c , N_γ , N_q sono fattori adimensionali di capacità portante, funzione dell'angolo di attrito, pari rispettivamente a 52.6, 38.9, 36.5, per $\phi = 34^\circ$, espressi da:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2(45 + \phi / 2)} \quad a = e^{(0,75\pi - \phi / 2) \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot g \phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

dove :

- ϕ è l'angolo di attrito del terreno di fondazione pari a 34°
- $K_{p\gamma}$ è il coefficiente di portata funzione dell'angolo ϕ , determinato da Terzaghi sulla base di prove empiriche.

Di conseguenza la capacità portante limite (q_{lim}) è legata ai seguenti gruppi di

parametri:

- parametri geotecnici
- parametri geometrici
- coefficienti correttivi

- Parametri geotecnici

Sono rappresentati essenzialmente da:

- coesione (c) del materiale su cui poggia la fondazione, generalmente espressa in Kg/cm^2 ;
- angolo di attrito (ϕ) del materiale su cui poggia la fondazione;
- peso specifico (γ) rappresentativo del terreno sopra e sotto il piano di fondazione, espresso in Kg/m^3 .

Questi parametri sono stati desunti, nel caso in esame, sulla base dei dati bibliografici.

- Parametri geometrici

Si tratta di elementi caratterizzanti le dimensioni della fondazione superficiale adottata.

In particolare:

- larghezza (B) della fondazione, espressa in metri
- profondità (D) della base della fondazione, espressa in metri

- Coefficienti correttivi

Sono dei parametri legati alla particolare tipologia della fondazione presa in considerazione e al valore di ϕ (angolo di attrito) assunto. In particolare:

- coefficienti numerici relativi alla geometria della struttura (β_c e β_γ);
- coefficienti di portata (N_q , N_c , N_γ e $K_{p\gamma}$), relativi al valore specifico dell'angolo di attrito (ϕ).

La formula di Terzaghi tiene conto anche delle condizioni al contorno che possono influenzare il calcolo della portanza, in particolare:

- la presenza di falda;
- l'eccentricità del carico;
- l'inclinazione del carico;
- la stratificazione del terreno;
- la fondazione su pendio.

Ipotizzando quindi una fondazione continua di lato B di 0.5-1.0 m e di un'altezza D pari a 0.3-0.5 m, assunzioni giustificate viste le dimensioni delle opere in esame, si ottengono i seguenti valori di carico limite e di carico ammissibile:

FONDAZIONI CONTINUE

D (m)	B (m)	Q (Kg/cm²)	Q limite ultimo (Kg/cm²) ricavato utilizzando i coefficienti riduttivi dell'approccio 2 = A1+M1+R3
0.3	0.5	3.82	1.5
0.3	1.0	5.62	2.2
0.5	0.5	5.17	2.0
0.5	1.0	6.97	2.7

Per quanto riguarda il cedimento del terreno di fondazione la presenza di materiali prevalentemente di natura granulare e insaturi permetterà cedimenti trascurabili che presumibilmente si esauriranno in fase esecutiva delle opere stesse se il piano di fondazione verrà opportunamente rullato e compattato.

Infine, nell'eventualità in cui si dovessero riscontrare livelli di materiali di riporto o terrigeni durante le fasi di scavo, questi andranno completamente asportati al fine di realizzare il piano fondazionale sui depositi ghiaiosi naturali.

Di seguito sono elencate alcune prescrizioni di carattere generale da adottare per gli scavi previsti:

- In caso di pioggia sugli scavi o sulle porzioni già scavate andranno posizionati dei teli impermeabili a salvaguardia delle condizioni di coesione apparente del materiale.
- Tutti gli scavi necessari alla realizzazione del manufatto dovranno rimanere aperti per il tempo strettamente necessario all'edificazione dei muri di contenimento; inoltre per evitare future infiltrazioni d'acqua, in occasioni di particolari eventi piovosi, si raccomanda la realizzazione di un sistema di drenaggio perimetrale.
- Sui cigli delle scarpate, non dovrà esser accumulato alcun tipo di materiale né dovranno sostarvi le macchine del cantiere, al fine di evitare l'innescare di fenomeni di instabilità dei fronti di scavo stessi.

8. CONCLUSIONI

È stato eseguito uno studio geologico-geotecnico e sismico a supporto dell'Accordo di programma in variante al Piano degli Interventi per il completamento del centro agroalimentare – comparto Q1 e aree annesse nel Comune di Verona (VR).

I rilievi, le analisi e le verifiche eseguite non hanno evidenziato processi morfodinamici in atto e/o quiescenti tali da poter pregiudicare la fattibilità degli interventi in progetto, purché vengano rispettate le considerazioni geologico - tecniche espresse nel capitolo 7.

In particolare il calcolo della capacità portante tramite il metodo di Terzaghi ha permesso di appurare la buona idoneità del terreno in esame a supportare una tipologia costruttiva corredata da fondazioni dirette.

Si suggerisce di utilizzare un valore di portata ammissibile nell'intorno di 1.5-2.7 kg/cm².

Verificate la capacità portante del sedime di fondazione e l'altezza critica degli scavi in fase operativa secondo la norma del D.M. 11/03/88 e dal DM 17/01/2018, si può concludere assumendo che non vi sono vincoli di tipo geologico o geotecnico nell'area alla realizzazione dell'opera in progetto.

In fase esecutiva delle opere andrà verificata l'esatta corrispondenza fra quanto supposto nel presente studio e la reale successione stratigrafica del sottosuolo del sito.

La presente relazione ottempera a quanto stabilito dal D.M. 11/03/1988 e dal DM 17/01/2018 e costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione a edificare.

CAPRINO (VR), 26 Agosto 2021

Il Relatore

Dott. Geol. Annapaola Gradizzi

BIBLIOGRAFIA

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA IN SCALA 1:100.000

Foglio n. 48 "Peschiera"

COMUNE DI VERONA

Piano di Assetto del Territorio (P.A.T.)

[HTTPS://GEOAPP.EU/PARAMETRISISMICI2018/](https://geoapp.eu/parametrisismici2018/)

Allegato 1:

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO 1: Panoramica del sito in esame.



FOTO 2: Pozzetto geognostico P1.



FOTO 3: Pozzetto geognostico P1.

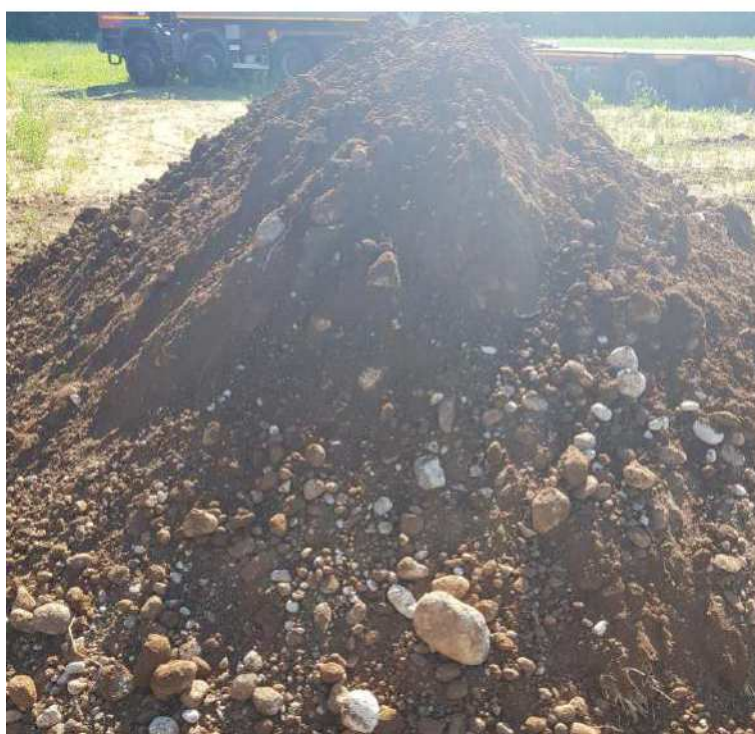


FOTO 4: Particolare del materiale rilevato nel pozzetto geognostico P1.



FOTO 5: Pozzetto geognostico P2.



FOTO 6: Particolare del materiale rilevato nel pozzetto geognostico P2.



FOTO 7: Particolare dello stendimento di geofisica.

Allegato 2:

RELAZIONE GEOFISICA

	Data: August 2021
	Il committente
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

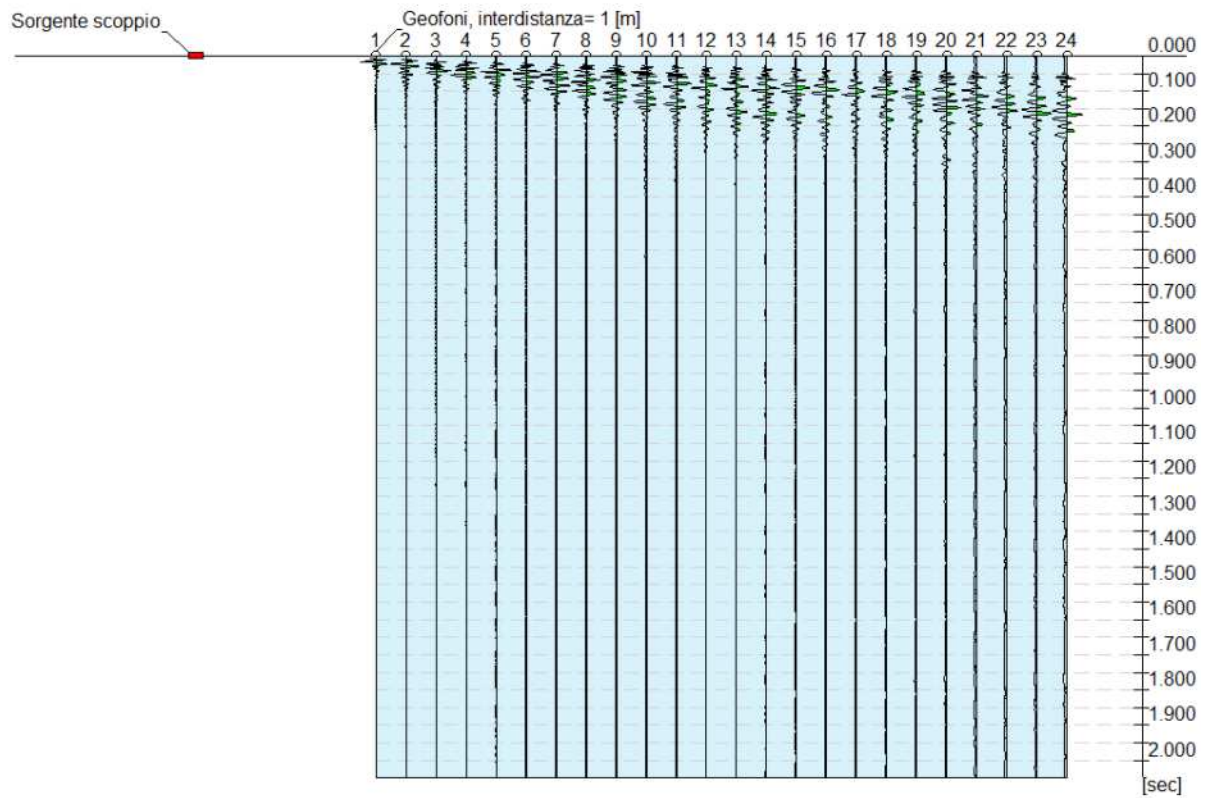
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Dati generali

Data | 03/08/2021 10:21

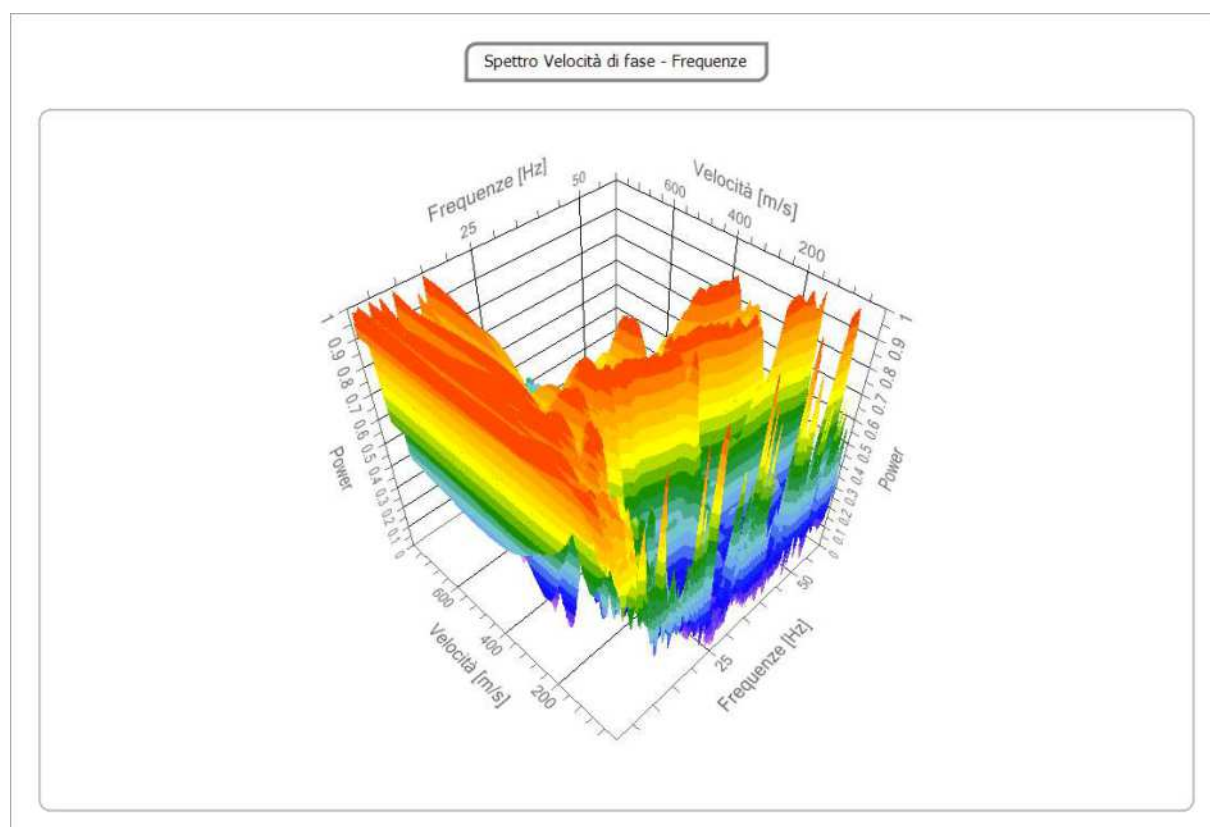
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2048.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



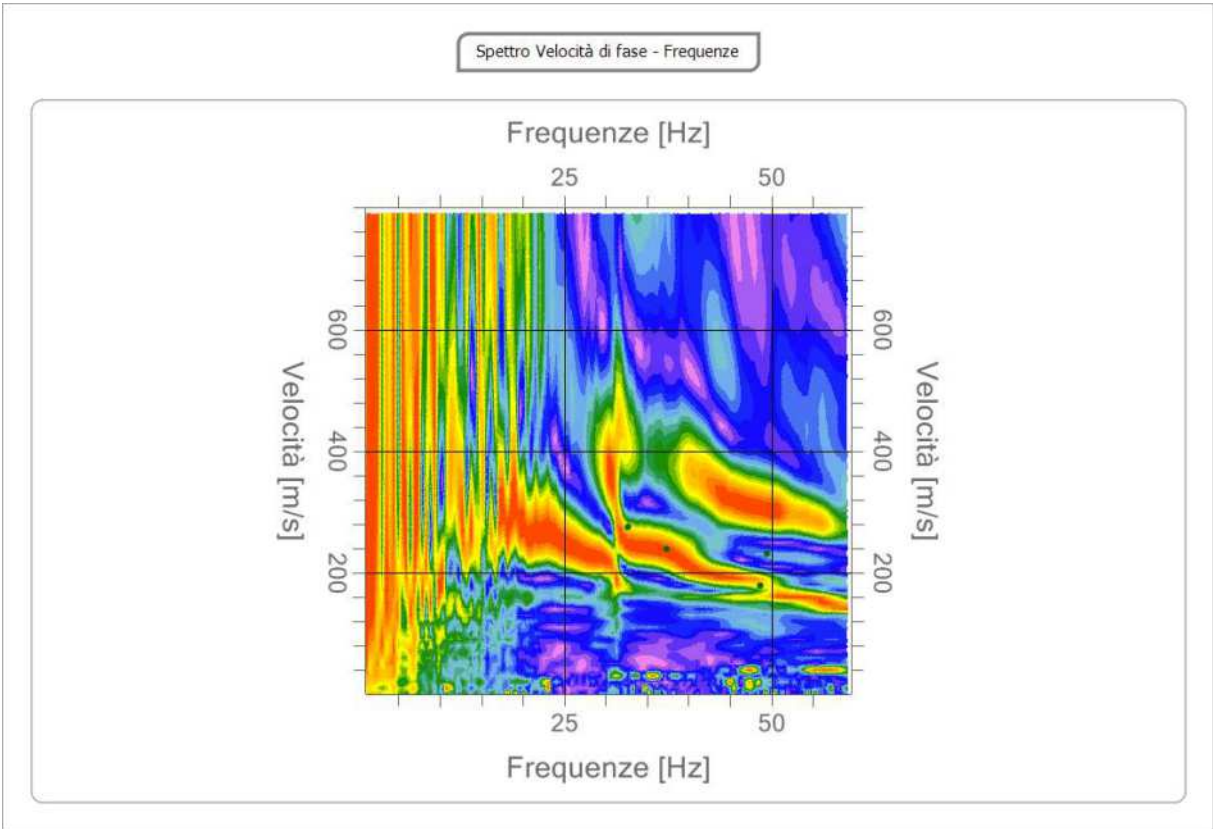
Analisi spettrale

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



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	32.7	274.9	0
2	37.4	238.8	0
3	48.7	179.8	0
4	49.4	231.9	0



Inversione

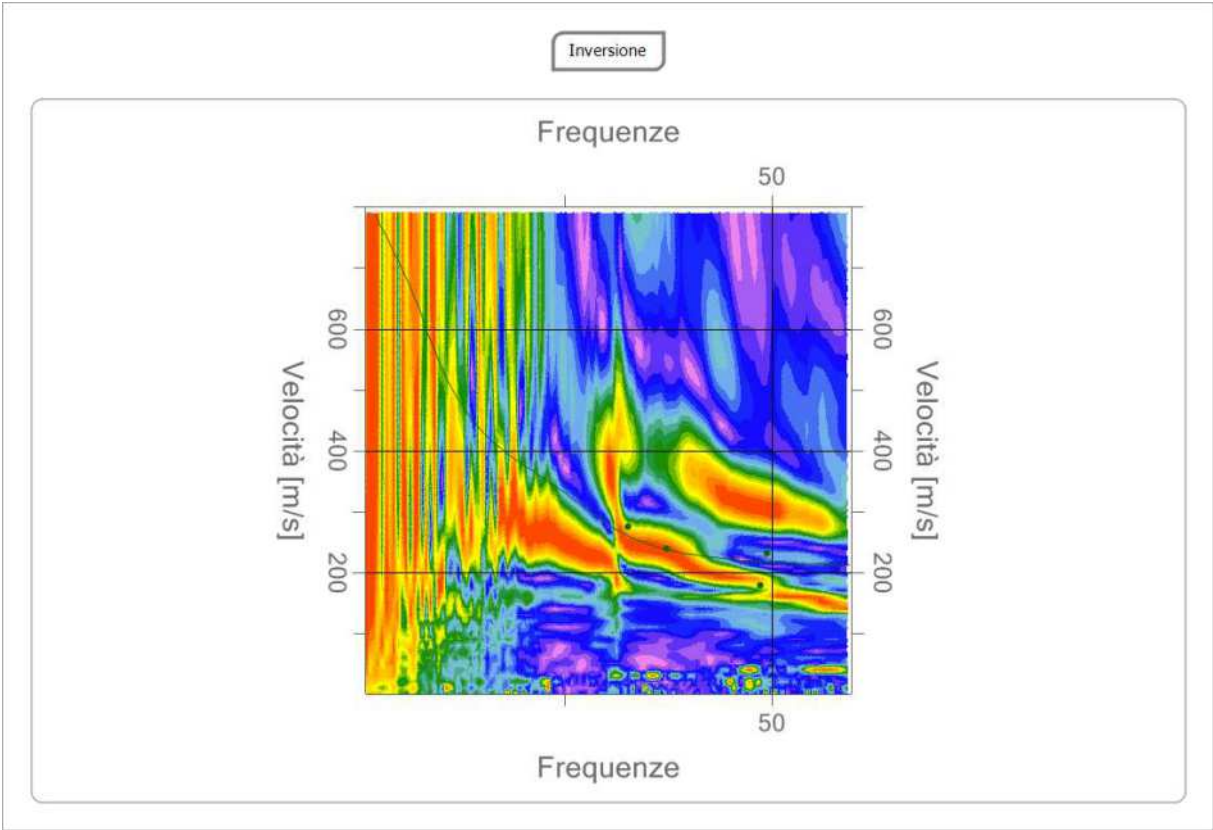
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1800.0	0.20	No	373.0	228.4
2		7.04	4.04	1800.0	0.20	No	821.0	502.7
3		12.21	5.17	1800.0	0.20	No	899.2	550.6
4		18.51	6.30	1800.0	0.20	No	1021.8	625.7
5		27.51	9.00	1800.0	0.20	No	1183.3	724.6
6		oo	oo	1800.0	0.20	No	1510.9	925.2

Percentuale di errore

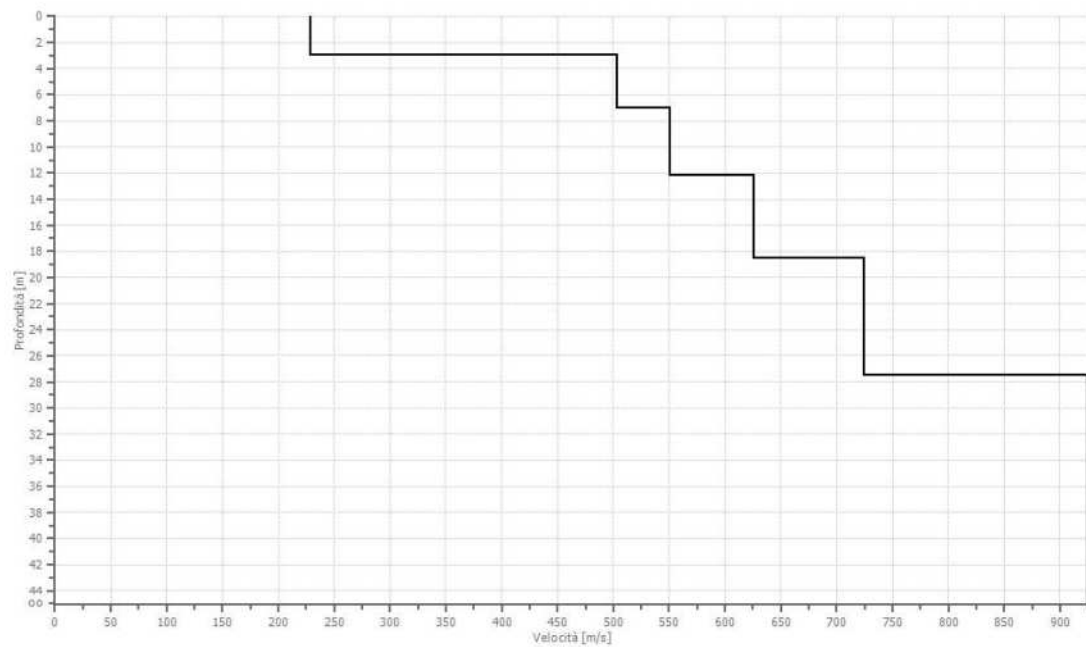
0.844 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.113



Profilo di velocità



Risultati

Profondità piano di posa [m]	1.50
Vs,eq [m/sec] (H=24.51 m)	614.06
Categoria del suolo	B

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

Altri parametri geotecnici

n.	Profo ndità [m]	Spess ore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densi tà [kg/m c]	Coeffi ciente Poiss on	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.00	3.00	228.4 1	373.0 0	1800. 00	0.20	93.91	250.4 3	125.2 1	225.3 9	N/A	1482. 51
2	7.04	4.04	502.7 3	820.9 6	1800. 00	0.20	454.9 3	1213. 16	606.5 8	1091. 84	N/A	N/A
3	12.21	5.17	550.6 3	899.1 7	1800. 00	0.20	545.7 4	1455. 30	727.6 5	1309. 77	N/A	N/A
4	18.51	6.30	625.7 2	1021. 79	1800. 00	0.20	704.7 4	1879. 32	939.6 6	1691. 38	N/A	N/A
5	27.51	9.00	724.6 3	1183. 32	1800. 00	0.20	945.1 7	2520. 44	1260. 22	2268. 40	N/A	N/A
6	oo	oo	925.2 3	1510. 89	1800. 00	0.20	1540. 88	4109. 02	2054. 51	3698. 12	0	N/A

G_0 : Modulo di deformazione al taglio;

E_d : Modulo edometrico;

M_0 : Modulo di compressibilità volumetrica;

E_y : Modulo di Young;

Indice

Dati generali.....	4
Tracce.....	5
Analisi spettrale.....	6
Curva di dispersione.....	7
Inversione.....	9
Risultati.....	13
Altri parametri geotecnici.....	13
Indice.....	15

Allegato 3:

**CERTIFICATO DELLA PROVA
DI TAGLIO DIRETTO**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

NORMA UNI EN 17892-10

DATA CERT. DI PROVA	17/05/2021		NUMERO CERT. DI PROVA	L-0376-001-077	
COMMITTENTE	DOTT. GEOL. GRADIZZI ANNAPAOLA		OPERA	Ghiaie Alluvionali	
DATA PRELIEVO/RICEVIM.	23/07/2021		DIREZIONE LAVORI	---	
DATA APERTURA	27/07/2021		UBICAZIONE PRELIEVO	Loc. Zai Verona	
NUMERO DELLA PROVA	Prova 1				
DATA INIZIO PROVA	27/07/2021	NOTE VARIE	CD RICOSTITUITO	DATA FINE PROVA	02/08/2021

1. CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI

	Mu. iniz.	Mu fin.	Ms	γ in.	γ fin.	γ_s in.	γ_s fin.	% H ₂ O in.	% H ₂ O fin.
	[g]	[g]	[g]	[Mg/m ³]	[Mg/m ³]	[Mg/m ³]	[Mg/m ³]	%	%
PROVINO 1	146,8	138,3	123,31	19,995	19,540	16,795	17,422	19,05%	12,16%
PROVINO 2	147,35	147,09	124,09	20,070	20,951	16,901	17,675	18,74%	18,53%
PROVINO 3	147,43	137,39	122,96	20,080	19,854	16,748	17,768	19,90%	11,74%

Legenda:

Mu = massa umida

Ms = massa secca

g = peso di volume

gs = peso di volume secco

Massa volumica del grano

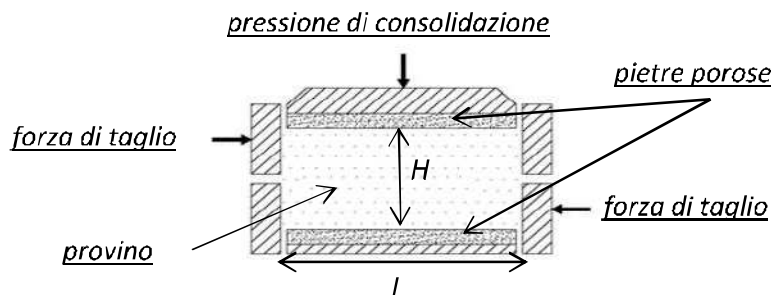
2,70

calcolata ☐

presunta ☒

2. CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Per prove con provini ricostituiti: il materiale utilizzato per la prova è costituito dalla frazione del campione passante al setaccio di apertura 4 mm; successivamente il campione viene umidificato e ricostituito attraverso pestellatura manuale. La scatola di taglio di Casagrande a base quadrata ha dimensioni L X L X H = 60 x 60 x 20 mm. Campione sommerso durante la prova.



MACCHINE UTILIZZATE PER LA PROVA	
prov. 1	Tecnotest T665/N s/N 10048/01
prov. 2	Tecnotest T665/N s/N 10048/02
prov. 3	Tecnotest T665/N s/N 10048/01

Tipo di prova

CD ☒

CU ☐

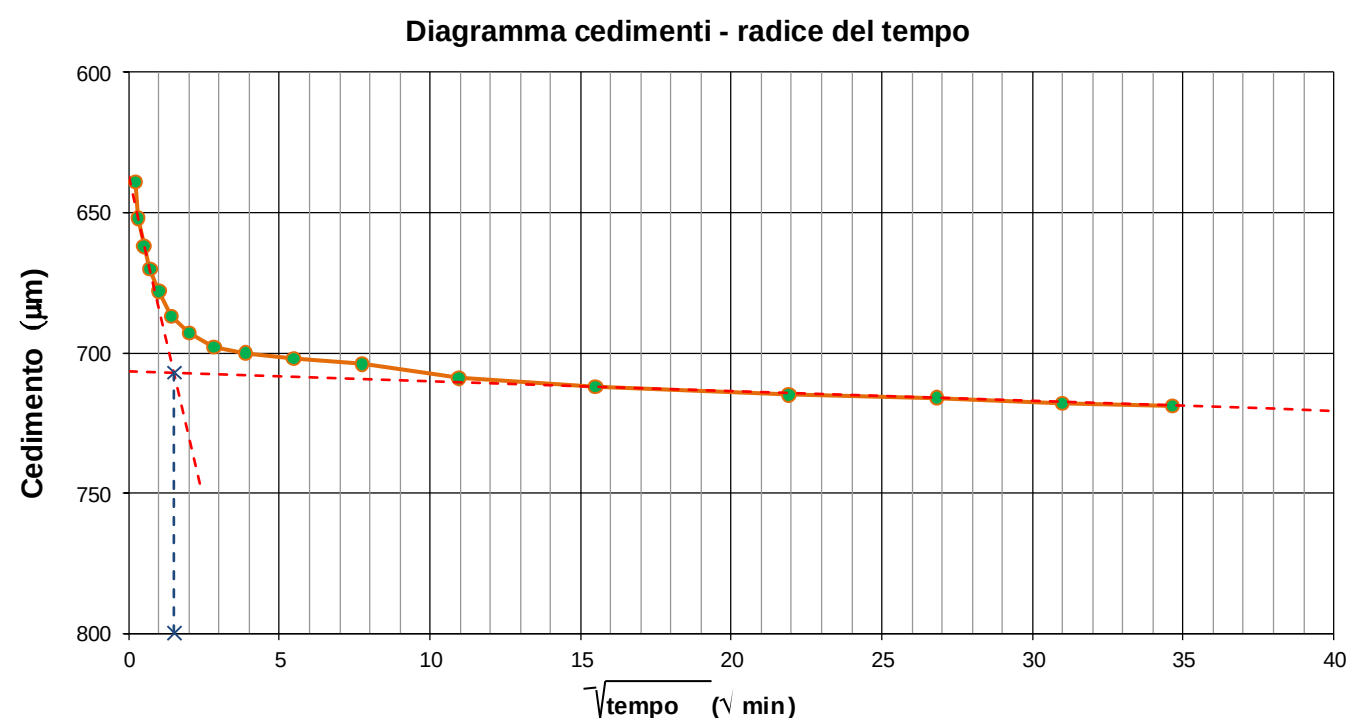
	L			CONSOLIDAZIONE		ROTTURA
	Lato	H in.	H fin.	Pressione S _n	Tempo	Vel. imposta v _f
	[mm]	[mm]	[mm]	[kPa]	[min]	[mm/min]
PROVINO 1	60,00	20,00	19,28	100,00	2,28	0,008333
PROVINO 2	60,00	20,00	19,13	200,00	2,35	0,008333
PROVINO 3	60,00	20,00	18,85	300,00	1,45	0,008333

Note: Come da richiesta del cliente, per mantenere il più possibile le condizioni naturali, i provini sono stati fustellati, privati dei clasti maggiormente visibili e ricostituiti con materiale in eccesso

3. FASE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA (100 kPa) - PROVINO 1

NUMERO CERT. DI PROVA L-0376-001-077

Tempo [s]	Verticale [μm]	Tempo [min]	√Tempo [√(min)]	Cedimenti [μm]
3	-639	0,05	0,22	639
6	-652	0,10	0,32	652
15	-662	0,25	0,50	662
30	-670	0,50	0,71	670
60	-678	1,00	1,00	678
120	-687	2,00	1,41	687
240	-693	4,00	2,00	693
480	-698	8,00	2,83	698
900	-700	15,00	3,87	700
1800	-702	30,00	5,48	702
3600	-704	60,00	7,75	704
7200	-709	120,00	10,95	709
14400	-712	240,00	15,49	712
28800	-715	480,00	21,91	715
43200	-716	720,00	26,83	716
57600	-718	960,00	30,98	718
72000	-719	1200,00	34,64	719
86400	-720	1440,00	37,95	720



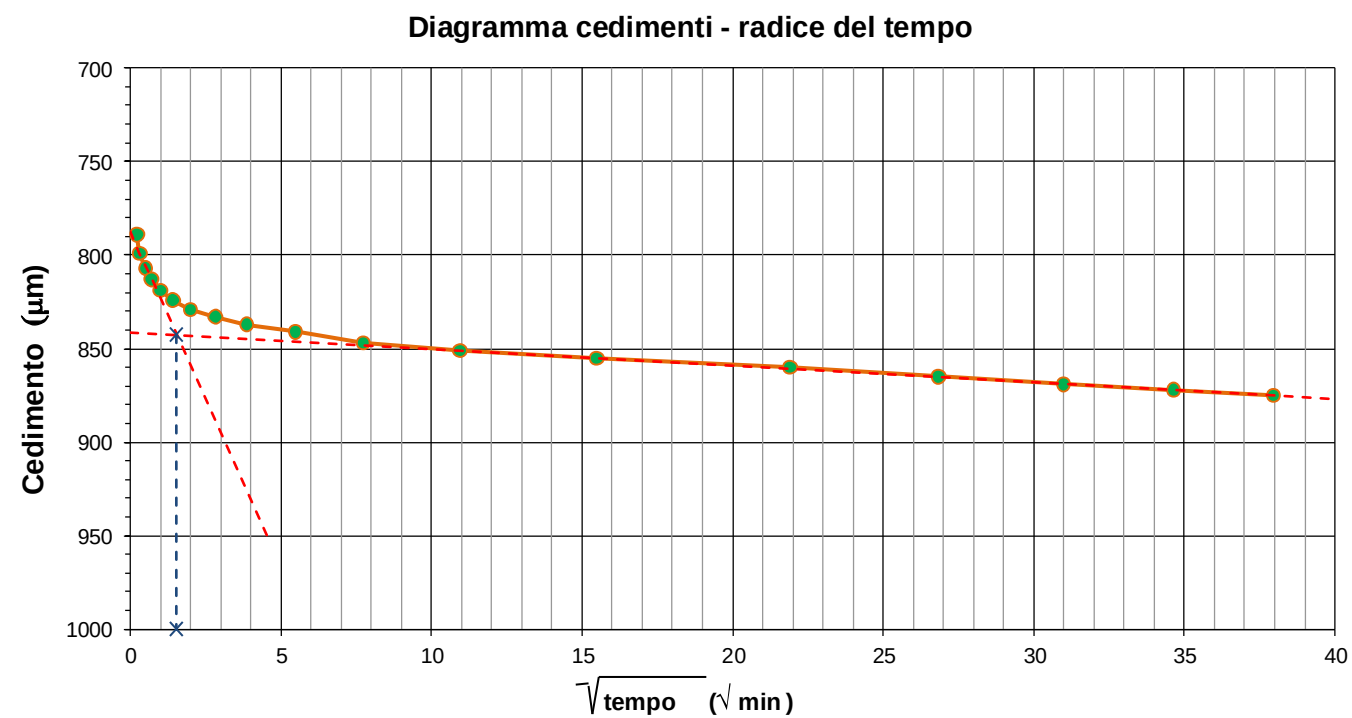
<i>Deformazioni</i>	H iniziale =	20,00 mm
	H finale =	19,28 mm

<i>Tempo di consolidazione (t_{100})</i>	$\sqrt{t_{100}} =$	1,51 min
	$t_{100} =$	2,28 min

4. FASE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA (200 kPa) - PROVINO 2

NUMERO CERT. DI PROVA L-0376-001-077

Tempo [s]	Verticale [μm]	Tempo [min]	√Tempo [√(min)]	Cedimenti [μm]
3	-789	0,05	0,22	789
6	-799	0,10	0,32	799
15	-807	0,25	0,50	807
30	-813	0,50	0,71	813
60	-819	1,00	1,00	819
120	-824	2,00	1,41	824
240	-829	4,00	2,00	829
480	-833	8,00	2,83	833
900	-837	15,00	3,87	837
1800	-841	30,00	5,48	841
3600	-847	60,00	7,75	847
7200	-851	120,00	10,95	851
14400	-855	240,00	15,49	855
28800	-860	480,00	21,91	860
43200	-865	720,00	26,83	865
57600	-869	960,00	30,98	869
72000	-872	1200,00	34,64	872
86400	-875	1440,00	37,95	875



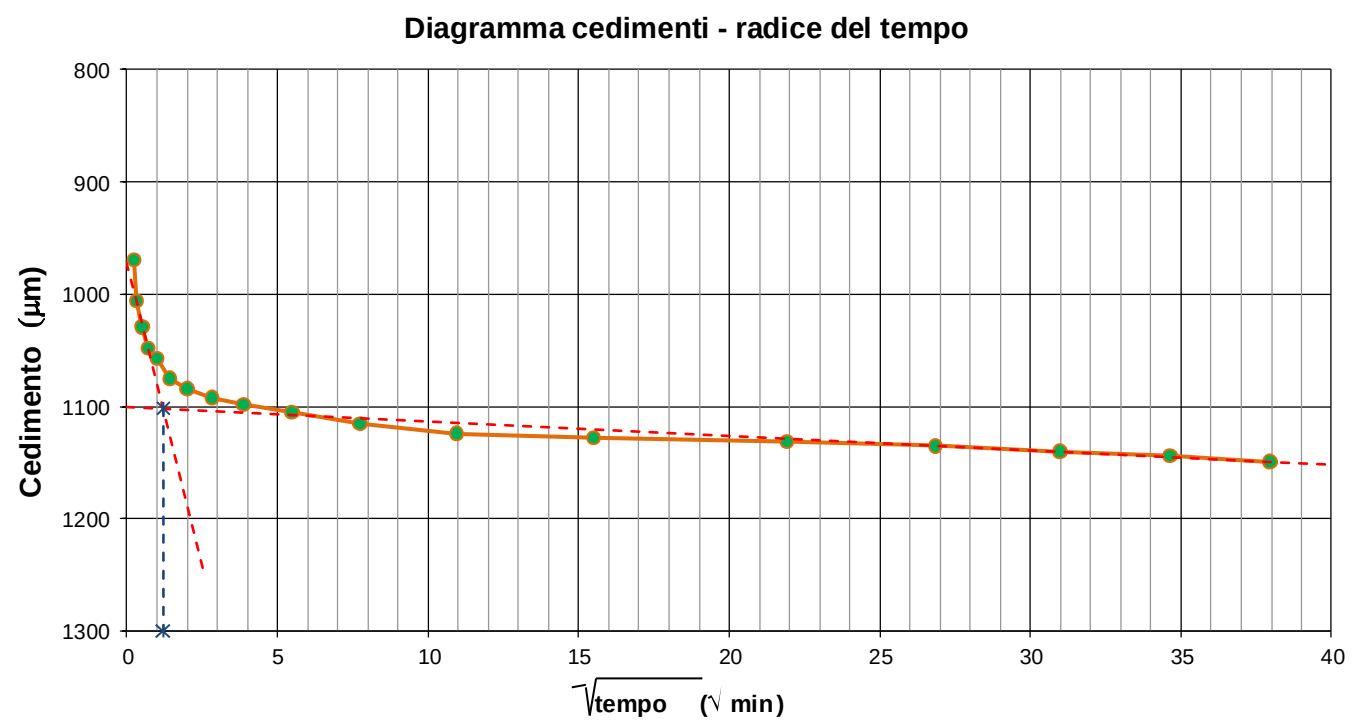
<u>Deformazioni</u>	H iniziale =	20,00 mm
	H finale =	19,13 mm

<u>Tempo di consolidazione (t₁₀₀)</u>	√t ₁₀₀ =	1,53 min
	t ₁₀₀ =	2,35 min

5. FASE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA (300 kPa) - PROVINO 3

NUMERO CERT. DI PROVA L-0376-001-077

Tempo [s]	Verticale [μm]	Tempo [min]	√Tempo [√(min)]	Cedimenti [μm]
3	-969	0,05	0,22	969
6	-1006	0,10	0,32	1006
15	-1029	0,25	0,50	1029
30	-1048	0,50	0,71	1048
60	-1057	1,00	1,00	1057
120	-1075	2,00	1,41	1075
240	-1084	4,00	2,00	1084
480	-1092	8,00	2,83	1092
900	-1098	15,00	3,87	1098
1800	-1105	30,00	5,48	1105
3600	-1115	60,00	7,75	1115
7200	-1124	120,00	10,95	1124
14400	-1128	240,00	15,49	1128
28800	-1131	480,00	21,91	1131
43200	-1135	720,00	26,83	1135
57600	-1140	960,00	30,98	1140
72000	-1144	1200,00	34,64	1144
86400	-1149	1440,00	37,95	1149



<i>Deformazioni</i>	H iniziale =	20,00 mm
	H finale =	18,85 mm

<i>Tempo di consolidazione (t_{100})</i>	$\sqrt{t_{100}} =$	1,21 min
	$t_{100} =$	1,45 min

6. ACQUISIZIONE DATI DEL I A FASE DI ROTTURA

NUMERO CERT. DI PROVA

L-0376-001-077

PROVINO 1			PROVINO 2			PROVINO 3		
Sforzo taglio [N]	Spostamento [mm]	Dilatanza [mm]	Sforzo taglio [N]	Spostamento [mm]	Dilatanza [mm]	Sforzo taglio [N]	Spostamento [mm]	Dilatanza [mm]
49	0.019	-0.007	32	0.066	-0.009	46	0.001	-0.003
79	0.088	-0.016	32	0.131	-0.015	169	0.015	-0.013
96	0.156	-0.024	71	0.192	-0.025	232	0.043	-0.023
112	0.221	-0.032	127	0.275	-0.037	283	0.084	-0.026
124	0.295	-0.043	160	0.343	-0.069	324	0.128	-0.026
136	0.361	-0.046	204	0.419	-0.081	368	0.184	-0.025
148	0.428	-0.049	235	0.504	-0.093	403	0.232	-0.025
158	0.484	-0.054	263	0.585	-0.099	435	0.283	-0.024
167	0.549	-0.056	289	0.664	-0.11	466	0.344	-0.023
176	0.614	-0.056	308	0.748	-0.125	493	0.399	-0.018
186	0.675	-0.059	330	0.829	-0.135	516	0.466	-0.013
193	0.751	-0.061	348	0.907	-0.146	540	0.516	-0.008
202	0.801	-0.062	368	0.985	-0.15	563	0.571	-0.003
209	0.846	-0.067	381	1.066	-0.16	582	0.626	0.003
218	0.920	-0.066	392	1.131	-0.166	604	0.701	0.007
226	0.985	-0.065	404	1.216	-0.171	625	0.753	0.011
231	1.064	-0.064	413	1.290	-0.174	642	0.829	0.015
240	1.128	-0.061	422	1.366	-0.179	659	0.879	0.016
246	1.203	-0.057	433	1.449	-0.18	678	0.958	0.019
252	1.269	-0.053	440	1.521	-0.188	694	1.025	0.022
257	1.346	-0.047	447	1.604	-0.189	705	1.095	0.026
262	1.419	-0.040	454	1.675	-0.188	723	1.165	0.029
266	1.488	-0.033	462	1.757	-0.194	741	1.230	0.033
268	1.567	-0.026	465	1.842	-0.195	761	1.304	0.037
272	1.639	-0.019	470	1.921	-0.201	779	1.380	0.040
273	1.723	-0.015	478	1.995	-0.2	795	1.450	0.045
276	1.796	-0.009	481	2.073	-0.201	805	1.526	0.051
276	1.883	-0.002	486	2.154	-0.201	820	1.600	0.055
279	1.961	0.008	493	2.243	-0.208	830	1.682	0.062
280	2.044	0.013	498	2.316	-0.205	841	1.755	0.065
284	2.109	0.020	502	2.394	-0.207	849	1.826	0.070
288	2.182	0.026	506	2.473	-0.207	857	1.917	0.075
290	2.273	0.036	508	2.559	-0.207	862	1.987	0.080
293	2.350	0.043	512	2.630	-0.207	865	2.062	0.086
296	2.425	0.046	514	2.717	-0.212	872	2.146	0.089
296	2.503	0.049	516	2.795	-0.212	875	2.223	0.093
298	2.580	0.055	516	2.886	-0.21	880	2.292	0.099
301	2.645	0.064	518	2.957	-0.212	884	2.372	0.103
302	2.732	0.071	519	3.041	-0.213	883	2.447	0.113
304	2.802	0.080	521	3.125	-0.21	881	2.528	0.118
304	2.887	0.091	528	3.195	-0.219	882	2.612	0.125
305	2.967	0.098	528	3.276	-0.219	882	2.689	0.132
306	3.045	0.102	530	3.359	-0.219	884	2.773	0.142
305	3.127	0.107	531	3.438	-0.218	879	2.841	0.154
307	3.203	0.113	533	3.510	-0.218	876	2.918	0.163
308	3.280	0.117	538	3.593	-0.22	876	3.003	0.170
309	3.357	0.121	538	3.664	-0.218	877	3.077	0.174
307	3.430	0.126	539	3.752	-0.219	876	3.140	0.178
308	3.510	0.130	543	3.834	-0.219	873	3.237	0.181
308	3.571	0.138	543	3.910	-0.22	870	3.311	0.185
308	3.666	0.148	543	3.997	-0.219	868	3.390	0.187
293	3.773	0.162	545	4.077	-0.22	868	3.465	0.188
299	3.836	0.164	545	4.159	-0.219	865	3.530	0.189
302	3.916	0.169	547	4.234	-0.219	856	3.616	0.190
303	3.997	0.172	545	4.313	-0.219	859	3.697	0.195
307	4.079	0.175	546	4.406	-0.219	856	3.770	0.201
307	4.166	0.183	548	4.478	-0.218	855	3.854	0.207
308	4.250	0.192	549	4.562	-0.211	851	3.923	0.208
308	4.320	0.200	553	4.643	-0.209	847	4.020	0.209
308	4.385	0.205	555	4.716	-0.209	851	4.090	0.211
309	4.469	0.215	554	4.799	-0.209	850	4.181	0.214
308	4.543	0.223	555	4.871	-0.21	844	4.265	0.218
307	4.630	0.227	554	4.947	-0.21	842	4.347	0.220
307	4.697	0.232	555	5.037	-0.211	835	4.415	0.221
298	4.811	0.248	559	5.109	-0.211	838	4.488	0.224
301	4.886	0.255	559	5.191	-0.211	831	4.565	0.224
304	4.950	0.261	560	5.264	-0.211	829	4.654	0.228
303	5.036	0.267	562	5.342	-0.21	833	4.728	0.231
303	5.100	0.271	563	5.408	-0.211	829	4.804	0.234
304	5.190	0.274	562	5.496	-0.211	826	4.893	0.236
298	5.266	0.277	562	5.567	-0.211	822	4.973	0.239
293	5.367	0.291	559	5.647	-0.209	819	5.039	0.242
291	5.440	0.295	559	5.724	-0.21	813	5.127	0.247
293	5.516	0.299	560	5.797	-0.208	812	5.202	0.249
291	5.600	0.302	563	5.868	-0.207	808	5.283	0.253
292	5.688	0.305	564	5.951	-0.208	803	5.372	0.254
284	5.789	0.319	568	6.032	-0.207	794	5.451	0.257
283	5.868	0.320	567	6.111	-0.209	791	5.528	0.259
277	5.959	0.332	569	6.185	-0.209	795	5.605	0.260
277	6.039	0.336	568	6.266	-0.209	795	5.686	0.259
277	6.107	0.348	569	6.348	-0.209	800	5.772	0.260
273	6.201	0.355	571	6.434	-0.209	801	5.851	0.262
272	6.282	0.356	572	6.511	-0.208	804	5.929	0.262
268	6.370	0.370	573	6.603	-0.207	796	6.003	0.263
265	6.456	0.374	573	6.661	-0.208	797	6.081	0.262
264	6.533	0.382	574	6.748	-0.207	797	6.164	0.262
260	6.615	0.385	572	6.839	-0.207	795	6.243	0.262
259	6.699	0.388	573	6.900	-0.207	798	6.330	0.262
260	6.773	0.389	574	6.990	-0.205	804	6.407	0.262
260	6.853	0.390	577	7.059	-0.205	804	6.492	0.263
261	6.939	0.390	576	7.145	-0.207	799	6.567	0.264
260	7.014	0.393	578	7.221	-0.207	805	6.644	0.265
261	7.091	0.395	579	7.294	-0.206	805	6.720	0.269
262	7.170	0.394	579	7.378	-0.207	803	6.798	0.270
261	7.250	0.394	578	7.462	-0.207	805	6.878	0.271
262	7.337	0.395	580	7.533	-0.207	801	6.958	0.271
262	7.404	0.396	575	7.619	-0.207	808	7.044	0.271
263	7.491	0.396	575	7.684	-0.204	806	7.121	0.271
263	7.579	0.398	580	7.767	-0.207	808	7.198	0.271

7. FASE DI ROTTURA DEI TRE PROVINI

NUMERO CERT. DI PROVA L-0376-001-07

DIAGRAMMA SFORZO - DEFORMAZIONE

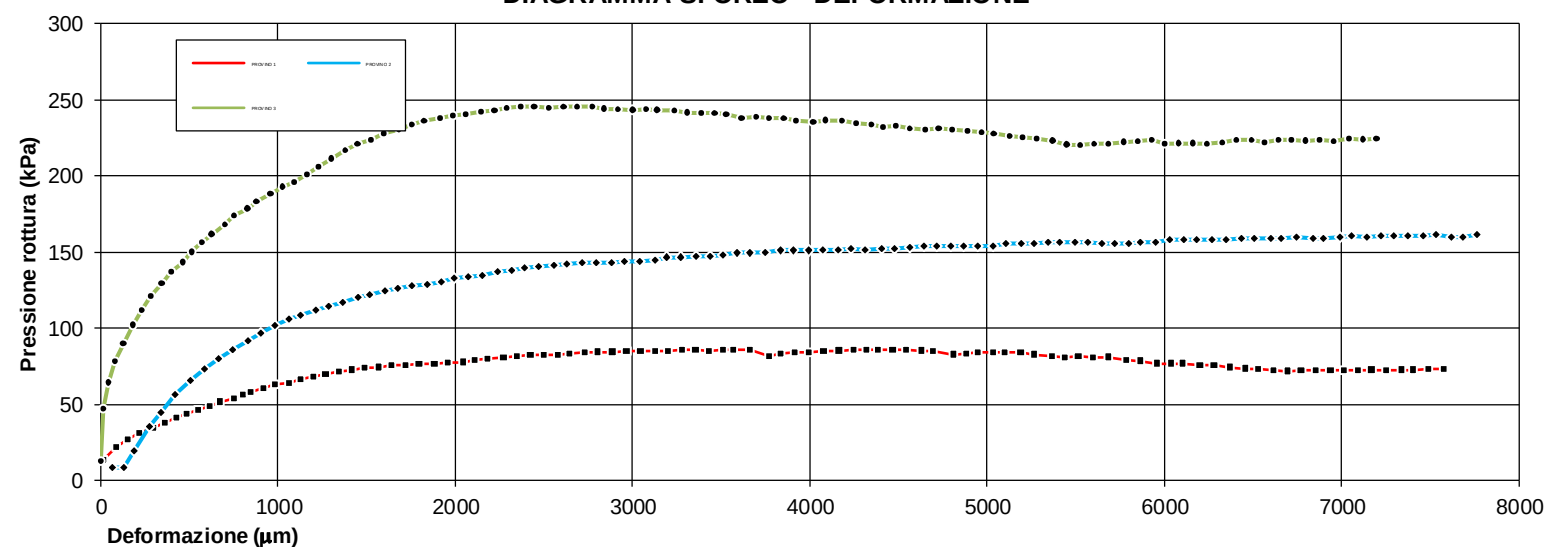
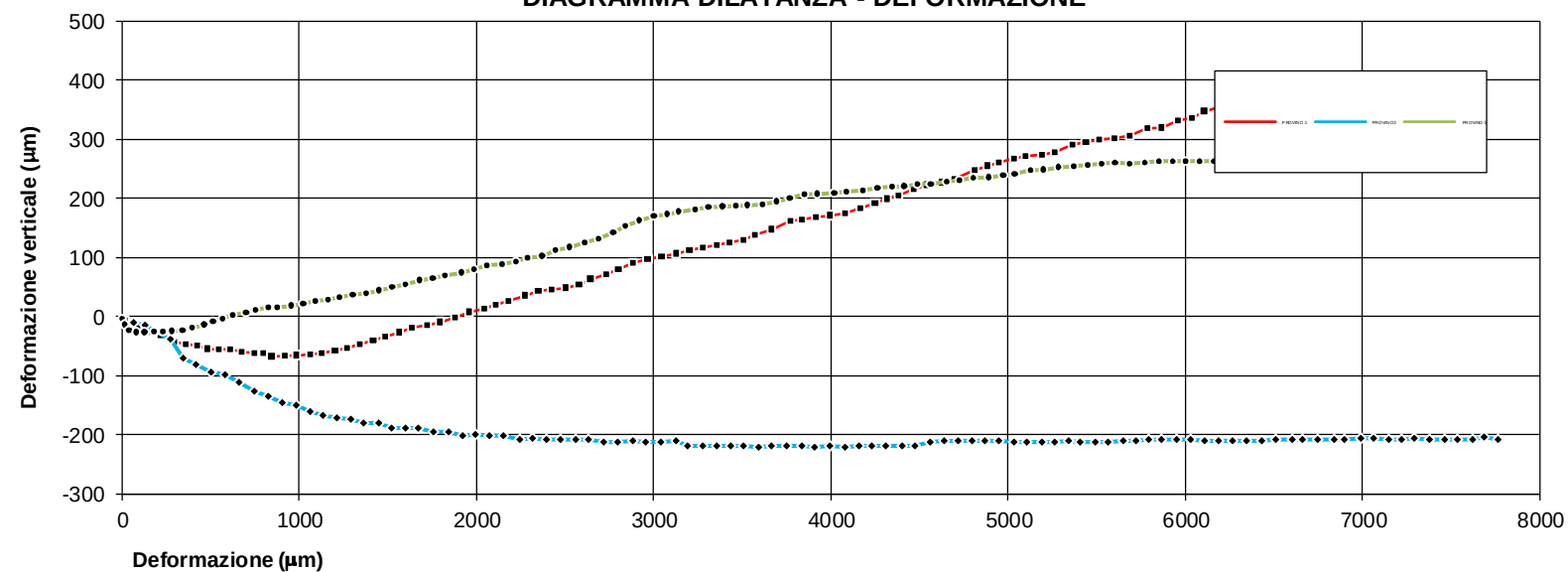
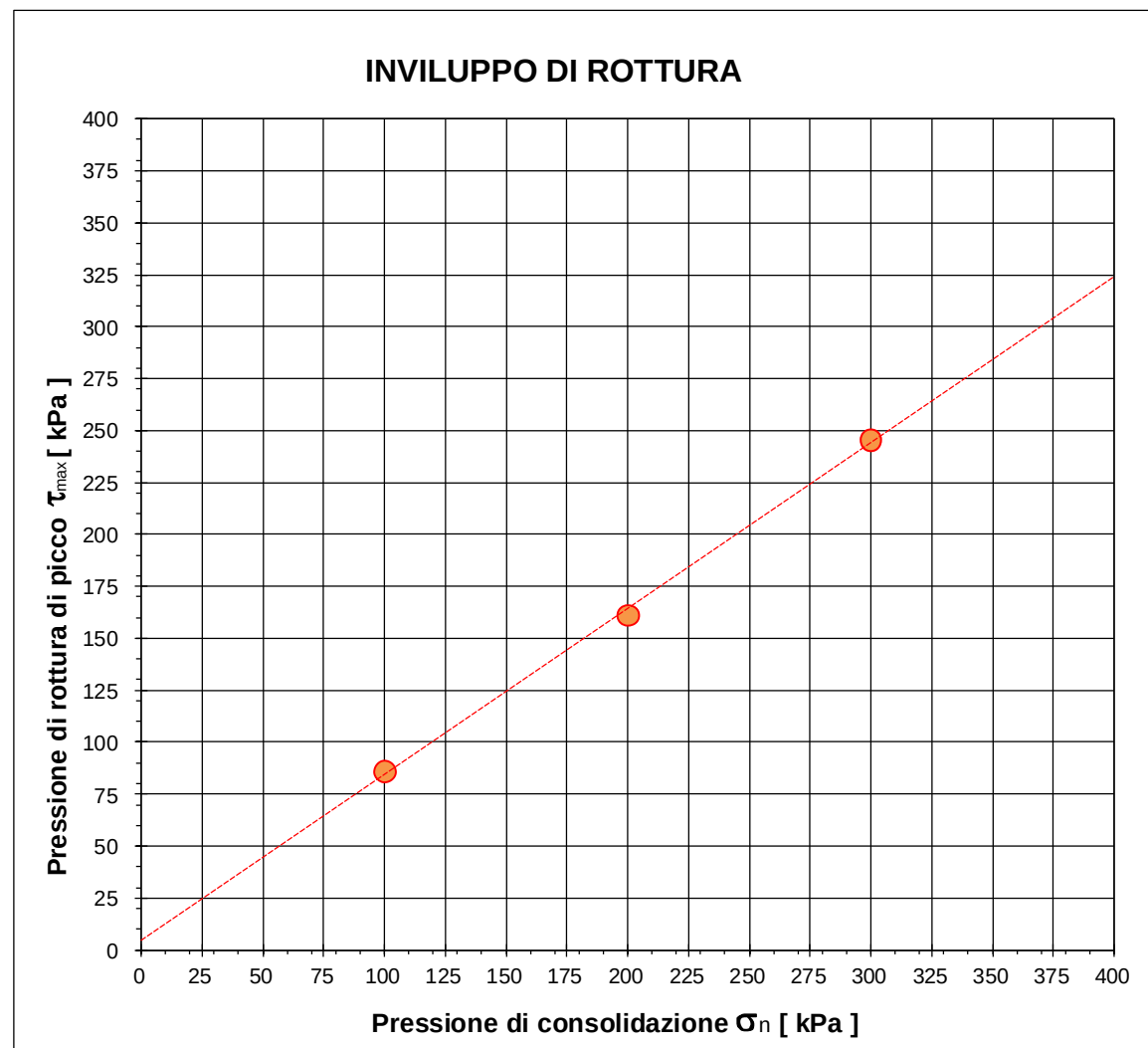


DIAGRAMMA DILATANZA - DEFORMAZIONE



8. INTERPRETAZIONE SULL'INVILUPPO DI ROTTURA DEL CAMPIONE



		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Pressione di consolidazione applicata S_n	[kPa]	100,00	200,00	300,00
Pressione di rottura di picco del campione t_{max}	[kPa]	85,857	161,067	245,475
Deformazione di rottura del provino D_s	[kPa]	3,357	7,533	2,372

Coesione	Angolo d'attrito
[kPa]	[gradi]
4,5	38,6

NUMERO CERT. DI PROVA

L-0376-001-077

Lo sperimentatore

Dott. In Ing. Spampinato Giuseppe

Il direttore del Laboratorio

Dott. Dario Zulberti

Geologo

Ordine dei Geologi Trentino-A.A. Iscrizione nr. 214

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente. Il presente Certificato non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta di Tecnoverifiche.