COMUNE DI CARRARA
Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile

PROPOSTA DI DELIBERA DI CONSIGLIO N. 57 DEL 03/08/2026

U.O. 6.1.1 - Pianificazione urbanistica

OGGETTO: OGGETTO: VARIANTE SEMPLIFICATA AL PIANO OPERATIVO COMUNALE AI SENSI DEGLI ARTICOLI 30 E 32 DELLA L.R.T. 65/2014 "NORME SUL GOVERNO DEL TERRITORIO": PA 3.1 – PDR E ZONA INDUSTRIALE AERO ALLIANCE.

PREMESSO che il Comune di Carrara è dotato di Piano Strutturale approvato con deliberazioni di Consiglio Comunale n. 28 del 16/03/2012 e n.108 del 12/12/2012 e di Piano Operativo Comunale (denominato nel seguito P.O.C.) approvato con Deliberazione di Consiglio n. 49 del 31/05/2022 e successiva delibera n. 13 del 06/03/2023;

DATO ATTO CHE:

- in data 30/01/2025 Regione Toscana e il Comune di Carrara, in considerazione dell'ipotesi di espansione delle aree produttive sul territorio comunale da parte di Aero Alliance, che porterebbe ulteriore occupazione sul territorio apuano interessato da una crisi complessiva che coinvolge molti degli stabilimenti manifatturieri esistenti, hanno sottoscritto con Aero Service Technologies Italy s.r.l un protocollo di intesa per l'individuazione *"(...)delle condizioni territoriali e dei necessari passaggi amministrativi che consentano a Aero Alliance di realizzare il proprio piano di espansione nei tempi richiesti dalle necessità del business, potendo così mantenere ed ampliare le attività di assemblaggio moduli industriali ad Avenza*";

- Nella fase di istruttoria volta a predisporre gli atti per il procedimento di adozione del piano attuativo di iniziativa privata "PA.3.1 – PDR- Via Garibaldi Recupero / Sostituzione edilizia" depositato in data 08/03/2024 con nota Prot Gen.le 20390, si è riscontrata una incongruenza tra i parametri urbanistici contenuti nella scheda relativamente al valore della superficie coperta massima ammissibile (SC);

RAVVISATA pertanto la necessità di predisporre una variante al P.O.C. vigente, finalizzata allo sviluppo e potenziamento della zona industriale nonché alla valorizzazione e alla riqualificazione del compendio di immobili oggetto di piano attuativo;

RITENUTO pertanto di procedere all'adozione di una variante al P.O.C. vigente relativa a:

1) Piano attuativo PA.3.1 – PDR- Via Garibaldi ubicato in loc. Marina di Carrara;
2) L'area sede di Aero Service Technologies Italy s.r.l.in zona industriale, Viale Zaccagna;

VISTO l'art. 16 comma 4 lett.d) ter del DPR380/01 e l'art. 184 comma 5 bis della lrt 65/2014 che dispone

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Luca Amadei e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

che la Regione Toscana con Deliberazione di Giunta definisca le modalità di attuazione delle disposizioni introdotte con l'articolo predetto del DPR380/01;

DATO ATTO la Regione Toscana ad oggi non ha ancora definito l'incidenza degli oneri di urbanizzazione;

RITENUTO, nelle more di approvazione della delibera sopracitata e dell'aggiornamento del Regolamento Comunale relativo ai contributi dovuti per gli interventi edilizi, di stabilire la non applicabilità del contributo straordinario nel caso in oggetto ed in generale nei seguenti casi:
- varianti di iniziativa pubblica;
- varianti in attuazione dei procedimenti di valorizzazione del patrimonio pubblico immobiliare;
- varianti allo strumento urbanistico approvate attraverso accordi di programma o con specifiche procedure negoziate pubblico-privato in cui sia prevista, fermi i principi di interesse pubblico espressi dall'art.16 del DPR 380/01, una diversa forma di bilanciamento economico della plusvalenza;

RICHIAMATA la deliberazione del Consiglio Comunale n. 49/2022 e successiva delibera di Consiglio Comunale n. 13/2023, con la quale è stata approvato il vigente P.O.C.;

DATO ATTO che il Piano di Indirizzo Territoriale con valenza di piano paesaggistico inquadra porzioni dell'area di proprietà di Aero Alliance, tra cui anche quella che il POC classifica come VR, come boscate;

CONSIDERATO che ai sensi dell'art. 5 della Disciplina di PIT/PPR, "…. *la rappresentazione cartografica delle aree di cui all'art. 142 lettere a), b), c), d), g) del Codice, per la metodologia utilizzata e per la natura stessa dei beni, ha valore meramente ricognitivo*…"; e pertanto la cartografia del PIT, che individua l'area come parzialmente interessata da vegetazione arborea essendo di tipo ricognitivo potrebbe necessitare quindi di un maggiore grado di valutazione della componente arborea e della vegetazione che la interessa;

VISTA l'analisi svolta dal Dott. For. Fiornovelli sull'area in oggetto, ai sensi del'art 5 dell'allegato 8B del PIT, volta a verificare la perimetrazione delle aree tutelate per legge ai sensi dell'Art.142, comma 1, lett. g), dalla quale è emerso che l'area indagata non ha i connotati tali per essere classificata come bosco ai sensi della normativa vigente in materia;

DATO ATTO quindi che procedimento volto all'approvazione della Variante semplificata al Piano Operativo, ai sensi dell'art 5 dell'allegato 8B del PIT, verrà proposta a Regione Toscana la modifica del quadro conoscitivo eliminando il vincolo boschivo dalle suddette aree a seguito di studi di maggior dettaglio che, una volta validati dal MiBACT e dalla Regione Toscana, nell'ambito delle suddette procedure, verranno recepiti negli elaboratl'i del Piano, ai sensi dell'art.21 della disciplina del PIT-PPR;

DATO ATTO che in data 02/02/2026 con nota Prot. gen.le n 8932 e successiva nota del 03/08/2026 prot. gen.le n. 76138 l'U.O. Pianificazione Urbanistica ha trasmesso alla Soprintendenza ed ai competenti uffici regionali la comunicazione di avvio del procedimento ai sensi dell'art 21 della Disciplina del PIT-PPR, secondo quanto previsto art 6 c. 3 dell'Accordo Regione Toscana Ministero dei beni culturali del 17 maggio 2018;

VERIFICATO:
- che la proposta di variante è stata accompagnata dal Documento preliminare di assoggettabilità a VAS nel quale sono stati illustrati i contenuti della variante al P.O.C. e fornite tutte le informazioni e i dati necessari alla verifica dei possibili impatti significativi sull'ambiente derivanti dall'attuazione della stessa, facendo riferimento all'art. 12 del D.Lgs 152/06 e all'art. 22 della L.R. 10/2010 e ai criteri indicati dall'Allegato I del D.Lgs 152/06 e della legge regionale;
- che l'Autorità Competente ha inviato il sopracitato documento ai soggetti competenti in materia ambientale individuati ai sensi dell'art. 20 della LRT 10/2010 in data 12/02/2026 Prot. Gen.le n. 12863 tramite pec;

VISTO il provvedimento di conclusione del procedimento di verifica pervenuto in data 21/04/2026 Prot. gen.le n. 35098, con il quale l'Autorità Competente ha determinato di escludere dalla procedura di VAS la proposta di "*Variante semplificata al P.O.C. ai sensi degli articoli 30 e 32 della L.R.T. 65/2014 "Norme sul governo del territorio*";

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Luca Amadei e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

PRESO ATTO che il soggetto proponente (Settore 6 Governo del Territorio) al fine di ottemperare a quanto contenuto nel provvedimento di verifica ha ritenuto opportuno modificare conseguentemente gli elaborati predisposti;

VERIFICATO che la variante di che trattasi non comporta previsioni all'esterno del territorio urbanizzato così come definito all'art.224 della LRT 65/2014 né introduce all'interno di esso previsioni di grandi strutture di vendita;

RITENUTO, pertanto, di procedere all'adozione secondo le procedure semplificate di cui all'art.32 della medesima legge ragionale;

VISTI gli elaborati di variante al P.O.C.;

VISTA la certificazione redatta ai sensi dell'art. 32 della LRT 65/2014 del Responsabile del Procedimento Arch. Stefano Francesconi;

VISTO il comma 1 dell'art. 3 "*Ambito di applicazione delle indagini relative agli strumenti della pianificazione territoriale e urbanistica"* del D.P.G.R. 5/R/2020 "*Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche*.",

DATO ATTO la presente variante introduce aumenti di volumetrie o di superfici coperte e pertanto è riconducibile alla lettera b) del comma 1 dell'art.3 del D.P.G.R. 5/R/2020 e che pertanto si rende necessario procedere ad un nuovo deposito delle indagini;

VISTO l'art 13 del succitato regolamento di attuazione che dispone " *Il soggetto istituzionale competente adotta gli strumenti della pianificazione territoriale ed urbanistica e le relative varianti di cui all'articolo 3, comma 1, solo a seguito della comunicazione della data e del numero di deposito ai sensi dell'articolo 7*";

DATO ATTO che in data 15/07/2026 con prot.n. 70417, 70420, 70423 è stato effettuato ai sensi dell'art.104 della LRT 65/2014 e del D.P.G.R. 5/R/2020 il prescritto Deposito al Settore Genio Civile Toscana Nord e da questo è stato iscritto nel registro dei depositi con il numero 2409 con data pari al 24/07/2026;

DATO ATTO altresì che in data 16/07/20269 con prot. n.70896 è stato richiesto il parere, obbligatorio ma non vincolante, ai sensi dell'art. 20 comma 2 della l.r. 44/2019 al Consorzio Zona Industriale Apuana pervenuto in data 31/07/2026 con prot.n 75739;

VISTO il Piano di indirizzo Territoriale con valenza di Piano Paesaggistico (PIT-PPR) approvato con Deliberazione di Consiglio regionale n.37/2015;

VISTO il Piano territoriale di coordinamento della Provincia di Massa Carrara;

VISTO il Piano Strutturale comunale vigente;

VISTO il Piano Operativo Comunale approvato con Delibera di Consiglio Comunale n.49/2022;

VISTA la Legge Regionale Toscana 10 novembre 2014 n. 65 "*Norme per il governo del territorio*";

VISTA la Legge Regionale Toscana 12 febbraio 2010 n.10 "*Norme in materia di valutazione ambientale strategica (VAS), di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) e di valutazione di Incidenza*" e successive modificazioni e integrazioni;

VISTO il D.Lgs. 3 aprile 2006, n.152 "*Norme in materia ambientale*";

VISTO l'art. 23 comma 1 lett. d) Dlgs 33/2013;

DATO ATTO che il presente provvedimento ha ottenuto il parere favorevole della competente Commissione

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Luca Amadei e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Consiliare 6^ “Urbanistica, Mobilità e Traffico, Pianificazione Territoriale, Progetti Speciali PNRR, Difesa del Suolo, Protezione Civile”;

ACQUISITI il parere favorevoli espresso ai sensi dell'art. 49, comma 1, del D.Lgs. 267/2000 dal Dirigente del Settore 6 Governo del Territorio Ing. Luca Amadei in ordine alla regolarità tecnica;
VISTO l'art. 42 del predetto D.Lgs. 267/2000;

SU PROPOSTA dell’Assessore Ing. Moreno Lorenzini, competente per materia;

VISTO l’esito della votazione sopra riportata;

D E L I B E R A

Di dichiarare parte integrante sostanziale le premesse sopra riportate e i documenti allegati;

Di adottare, ai sensi dell’art.32 comma 1 della l.r. 65/2014, la variante semplificata al Piano Operativo Comunale costituita dai seguenti elaborati che ne fanno parte integrante e sostanziale:

Elaborati Urbanistici
Allegato a_RelazioneTecnica_r5_signed. pdf
Allegato b_ModificacartograficaAeroalliance_signed.pdf
Allegato c_Stralcio_Allegato1NTA_signed.pdf
Allegato d_Stralcio_ART 2 - 77 NTA_signed.pdf
Allegato e_Nuovo Allegato 4 -Area Aero Service Technologies Italy s.r.l. _signed.pdf
Allegato f_Verifica vincolo 142_1_g.pdf.p7m
Allegato g_PropostaModificaPIT.pdf
Allegato h_Relazione Responsabile Procedimento_signed.pdf
Allegato i_VariantePO26_RapportoGarante_def_signed.pdf

Elaborati geologici
11025 - Relazione Geologica Fattibilità Variante PO Carrara.pdf.p7m
Allegato 1 2011 Sondaggio MESA.pdf.p7m
Allegato 2 2011 Down Hole IGEA.pdf.p7m
Allegato 3 2011 Laboratorio geotecnico ELLETI.pdf.p7m
Allegato 4 2019 Sondaggio SONGEO.pdf.p7m
Allegato 5 2019 Down Hole Danesi.pdf.p7m
Allegato 6 2019 Laboratorio geotecnico CNG.pdf.p7m
Allegato 7 2020 Sondaggi TECNA.pdf.p7m
Allegato 8 2020 Indagini sismiche - DH Danesi.pdf.p7m
Allegato 9 2020 Laboratorio geotecnico ELLETI.pdf.p7m
Allegato 10 2024 Sondaggi GAIA.pdf.p7m
Allegato 11 2024 Indagini sismiche GAIA.pdf.p7m
Allegato 12 2024 Laboratorio geotecnico SGL.pdf.p7m

Elaborati idraulici
11025 – Relazione_idraulica.pdf.p7m

Di dare atto che per l’adozione e successiva approvazione presente deliberazione saranno applicate le procedure di cui all’articolo 32 della l.r. 65/2014;

Di trasmettere la variante adottata alla Regione Toscana ed alla Provincia di Massa Carrara;

Di dare atto che le osservazioni alla variante semplificata potranno pervenire entro 30 giorni decorrenti dalla pubblicazione sul BURT dell’avviso di adozione ai sensi dell’art. 32 c. 2 della l. r. 65/2014;

Di dare atto che, ai sensi dell’art. 39 del D.lgs 33/2013 si provvedere alla pubblicazione in forma integrale del piano adottato nella apposita sezione di Amministrazione Trasparente tramite apposto collegamento;

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Luca Amadei e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Di dare atto che, ai fini dell'obbligo legale di pubblicazione all'albo on line di tutti gli allegati alla presente deliberazione, data la dimensione dei documenti da pubblicare, gli stessi vengono depositati, in formato pdf su supporto digitale fisico ed in copia cartacea presso l'U.O. Pianificazione Urbanistica;

Di dare mandato agli Uffici preposti affinché vengano predisposti tutti gli adempimenti conseguenti comprensivi delle pubblicazioni obbligatorie per legge.

D E L I B E R A

di dichiarare la presente deliberazione immediatamente eseguibile ai sensi del 4° comma art.134 del D.Lgs. 18.8.2000 n. 267.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Luca Amadei e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile

PARERE AI SENSI DELL'ART.49 DEL D.L.GS. 267/2000 SULLA PROPOSTA DI DELIBERAZIONE DI CONSIGLIO N° 57 CON OGGETTO:

OGGETTO: VARIANTE SEMPLIFICATA AL PIANO OPERATIVO COMUNALE AI SENSI DEGLI ARTICOLI 30 E 32 DELLA L.R.T. 65/2014 "NORME SUL GOVERNO DEL TERRITORIO": PA 3.1 – PDR E ZONA INDUSTRIALE AERO ALLIANCE.

PARERE DI REGOLARITA' TECNICA: PARERE FAVOREVOLE

CARRARA il 03/08/2026

Il Dirigente

Amadei Luca

"Documento firmato digitalmente ai sensi e per gli effetti di cui agli art.21, 23, 23bis e 23ter del decreto legislativo n. 82 del 7 marzo 2005 e s.m.i. - Codice dell'Amministrazione digitale. Tale documento informatico è memorizzato digitalmente su banca dati del Comune di Carrara."

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Luca Amadei e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile

Variante Semplificata al Piano Operativo

ai sensi art. 30 LR 65/2014

Relazione Tecnica

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Premessa

L'Amministrazione comunale ha dato mandato al Settore 6 Governo del Territorio – U.O. Pianificazione Urbanistica di predisporre una variante al Piano operativo (P.O.) riguardante alcune aree e immobili posti all'interno del perimetro del centro urbanizzato. Le aree oggetto di variante sono:

1) Piano attuativo PA.3.1 – PDR- Via Garibaldi ubicato in loc. Marina di Carrara;
2) L'area sede di Aero Service Technologies Italy s.r.l.in zona industriale, Viale Zaccagna;

La variante, avendo per oggetto previsioni interne al perimetro del centro urbanizzato e non introducendo previsioni di grandi strutture di vendita (o aggregazione di medie strutture) è ascrivibile alle varianti semplificate di cui all'articolo 30 della LRT 65/2014 "Norme per il Governo del territorio" e seguirà il procedimento previsto dall'art.32 della medesima legge regionale per la sua adozione e successiva approvazione.

La variante, prima della sua adozione, è stata oggetto di Verifica di assoggettabilità a VAS ai sensi dell'art. 5 della l.r 10/10 e il procedimento ha preso avvio in data 02/06/2026 con la trasmissione del Documento di verifica di assoggettabilità all'Autorità Competente in materia di VAS. Successivamente, l'Autorità competente ha avviato, in data 12/02/2026, le consultazioni trasmettendo tutta la documentazione ai Soggetti Competenti in materia Ambientale (SCA) al fine di acquisirne i pareri entro. Il procedimento si è concluso con il Provvedimento di Verifica del 21/04/2026 protocollo n. 35098 con il quale l'Autorità Competente ha determinato di escludere dalla procedura di VAS la variante semplificata al Piano operativo fornendo alcuni suggerimenti e raccomandazioni utili per la fase di progettazione degli interventi. Tali indicazioni sono state recepite all'art. 77 "Le piastre produttive specializzate (P2)" e all'Allegato 4 alle N.T.A - Area Aero Service Technologies Italy s.r.l. realizzazione area di mitigazione" (in colore rosso nel testo riportato al successivo paragrafo "Area in zona industriale di proprietà di Aero Service Technologies Italy s.r.l."). Si fa presente, altresì, che gli interventi dovranno osservare, inoltre, le disposizioni per le misure di mitigazione e compensazione, valide per tutti gli ambiti urbanizzati, comprese le aree oggetto della presente variante, previste e già contenute nel TITOLO IV "Sostenibilità ambientale degli interventi e resilienza urbana" delle NTA del POC.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

I contenuti della variante al Piano Operativo.

1) Piano attuativo PA.3.1 – PDR- Via Garibaldi

Per l'area in oggetto, contraddistinta al catasto al foglio 103 mappali 535,536,537,538,539,486,482,540, il POC approvato in data 31.05.2022 con deliberazione di consiglio comunale n. 49 prevede un'area di trasformazione denominata "*PA 3.1 –PDR- Via Garibaldi- Recupero/Sostituzione edilizia*", disciplinata nell'Allegato 1 "*Schede Norma degli ambiti e delle aree di trasformazione*" delle NTA.

Tale norma prevede l'approvazione di un piano attuativo di iniziativa pubblica o privata, finalizzato alla riqualificazione dell'area che attualmente versa in uno stato di completo degrado. Nella scheda norma viene sottolineata la qualità architettonica del fabbricato posto su Via Garibaldi sul quale sono ammessi esclusivamente interventi di restauro o risanamento conservativo. Mentre sulla restante parte dell'area sono previsti interventi di ampliamento o di demolizione dei manufatti esistenti per la realizzazione di un nuovo complesso edilizio composto da nuove volumetrie tali da completare il disegno urbano delle facciate disposte su Via Ruga Alfio Maggiani.

L'intervento prevede inoltre la realizzazione di uno spazio aperto ad uso pubblico che connetta Via Garibaldi e Via Ruga Alfio Maggiani.

Nella fase di istruttoria volta a predisporre gli atti per il procedimento di adozione del piano attuativo di iniziativa privata "*PA.3.1 – PDR- Via Garibaldi Recupero / Sostituzione edilizia*" depositato in data 08/03/2024 con nota Prot Gen.le 20390 finalizzato alla realizzazione dell'intervento, si è riscontrata una incongruenza tra i parametri urbanistici contenuti nella scheda relativamente al valore della superficie coperta massima ammissibile (SC).

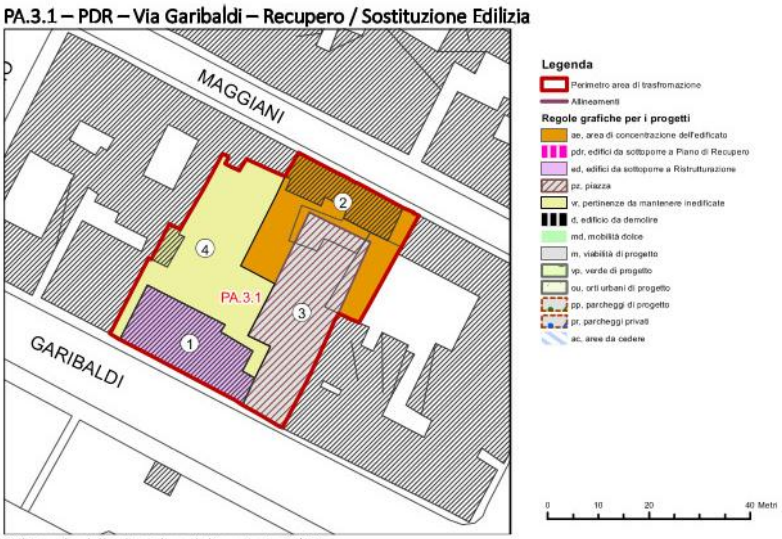
Nella medesima scheda norma viene riportata infatti la seguente dicitura "SC= 40% SF come da schema grafico" ma i due valori (40% di SF e la superficie dell'area riportata nello schema grafico) sono risultati diversi tra loro.

Pertanto, a seguito di puntuali verifiche anche su tutti gli altri parametri edilizi ed urbanistici della scheda norma, nonché verificata la coerenza degli stessi con i due valori di SC,si ritiene che al fine di rendere attuabile l'intervento di riqualificazione previsto il valore di SC da confermare sia quello che si ricava dallo schema grafico.

Viene pertanto modificata la norma come sotto riportato:

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

PA.3.1 – PDR – Via Garibaldi – Recupero / Sostituzione Edilizia



Rif. Tavola della disciplina del territorio: 3|14

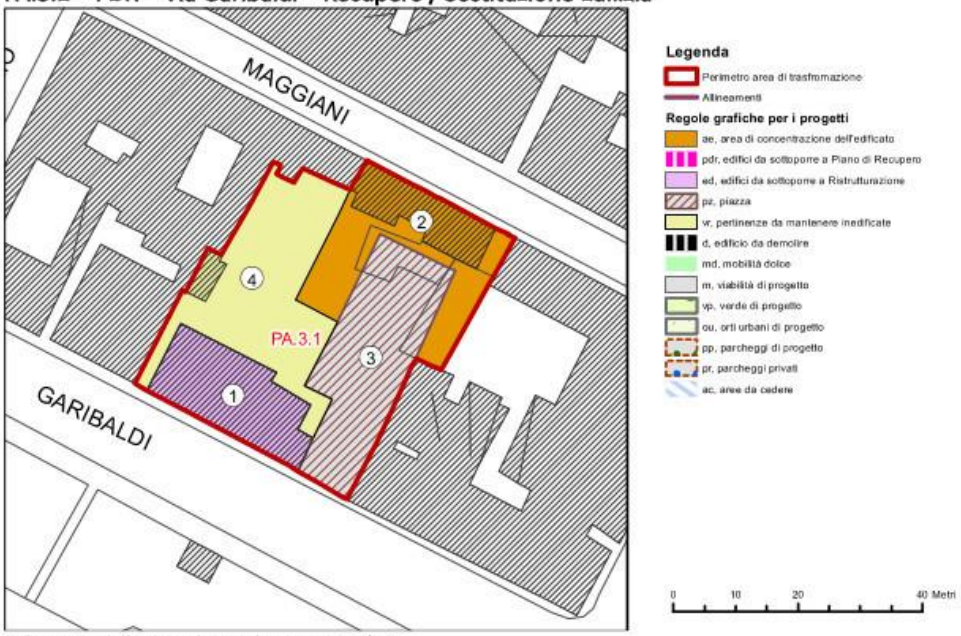
Parametri urbanistici ed edilizi

Superficie territoriale ST mq	1835
Superficie edificabile massima SE mq	Edificio (1): residenziale o commercio di vicinato pari all'esistente Edifici (2): residenziale o commercio di vicinato pari 900 mq. complessivi (pari al recupero di circa 300 mq. esistenti oltre ad ampliamento e completamento).
Superficie coperta massima SC %	40% SF come da schema grafico
Indice di permeabilità minimo	25% SF
Altezza massima H mt	Edificio (1): pari all'esistente Edifici (2): pari all'altezza degli edifici disposti su Via Maggiani lato Massa. (2 piani fuori terra)
Piazza ad uso pubblico minimo mq	500

Stralcio Scheda Norma PA.3.1 – PDR- Via Garibaldi attuale

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

PA.3.1 – PDR – Via Garibaldi – Recupero / Sostituzione Edilizia



Rif. Tavola della disciplina del territorio: 3|14

Parametri urbanistici ed edilizi

Superficie territoriale ST mq	1835
Superficie edificabile massima SE mq	Edificio (1): residenziale o commercio di vicinato pari all'esistente Edifici (2): residenziale o commercio di vicinato pari 900 mq. complessivi (pari al recupero di circa 300 mq. esistenti oltre ad ampliamento e completamento).
Superficie coperta massima SC %	come da schema grafico
Indice di permeabilità minimo	25% SF
Altezza massima H mt	Edificio (1): pari all'esistente Edifici (2): pari all'altezza degli edifici disposti su Via Maggiani lato Massa. (2 piani fuori terra)
Piazza ad uso pubblico minimo mq	500

Stralcio Scheda Norma PA.3.1 – PDR- Via Garibaldi modificata

La scheda sarà inoltre interessata da modifiche redazionali necessarie per rendere più chiara l'attuazione dell'intervento.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

2) Area in zona industriale di proprietà di Aero Service Technologies Italy s.r.l.

L'area oggetto variante si trova all'interno di un lotto più vasto di proprietà di Aero Service Technologies Italy s.r.l. (nel seguito Aero Alliance), società che opera sul territorio dall'anno 2020 e si occupa di manutenzione di turbine a gas di derivazione aeronautica per applicazioni nel settore energetico industriale.
Il lotto succitato, che il Piano Strutturale vigente inserisce nell'UTOE 6 "Zona Industriale" e classifica come "Aree industriali ed artigianali esistenti", è ubicato nella zona industriale di Avenza/Marina di Carrara, a monte dell'area retro portuale ed è attualmente classificato dal vigente Piano Operativo in prevalenza come come P2 "*Le piastre produttive specializzate*" di cui all'art 77 delle N.T.A. ed in parte come *"VR -Le aree verdi non edificate"* disciplinate all'articolo n. 64 delle N.T.A. del POC.

Oggetto della presente variante è l'area interna al lotto classificata come "*VR -Le aree verdi non edificate"* avente una superficie di circa 12.620 mq e distinta catastalmente al fg 99 mapp 97 part.179,part. 192,part. 196, part. 194.

In data 30/01/2025 Regione Toscana e il Comune di Carrara, in considerazione dell'ipotesi di espansione delle aree produttive sul territorio comunale da parte di Aero Alliance, che porterebbe ulteriore occupazione sul territorio apuano interessato da una crisi complessiva che coinvolge molti degli stabilimenti manifatturieri esistenti, hanno sottoscritto con Aero Service Technologies Italy s.r.l un protocollo di intesa per l'individuazione "*(…)delle condizioni territoriali e dei necessari passaggi amministrativi che consentano a Aero Alliance di realizzare il proprio piano di espansione nei tempi richiesti dalle necessità del business, potendo così mantenere ed ampliare le attività di assemblaggio moduli industriali ad Avenza*".
Il Comune di Carrara, quale titolare dei procedimenti amministrativi, con il suddetto protocollo si è impegnato a *"ad avviare le procedure previste per la predisposizione della variante al regolamento vigente, come citata nelle Premesse, ai fini di giungere, nei tempi più celeri possibili, agli adeguamenti necessari*".
Pertanto per tale area, che già si colloca all'interno di un vasto ambito a destinazione produttiva, al fine di dare seguito a quanto sottoscritto nel sopracitato protocollo viene prevista, in analogia ai lotti a destinazione industriale/artigianale adiacenti, la classificazione P2 "Le piastre produttive specializzate" di cui all'art 77 delle N.T.A. del Piano Operativo con conseguente modifica della Tav 2 e 3 della Serie 2 rendendo così omogenea la disciplina dell'intero lotto di proprietà di Aero Alliance.

Tale previsione risulta conforme a quanto previsto dal PS sia per quanto riguarda la destinazione che per quanto riguarda il dimensionamento massimo ammissibile per l'UTOE 6; infatti come già sottolineato in precedenza l'area è classificata dal Piano strutturale come "Aree industriali ed artigianali esistenti".

Il Piano Strutturale prevede per gli *interventi di riqualificazione e Aree di Trasformazione delle aree Industriali Artigianali* all'interno dell'UTOE 6 il PS un dimensionamento massimo sostenibile di 49.000 mq più una quota flessibile di 30.000 mq (divisa tra residenziale, direzionale e attività di servizio private, Industriale artigianale e Commercio m.s.v., g.s.v.).

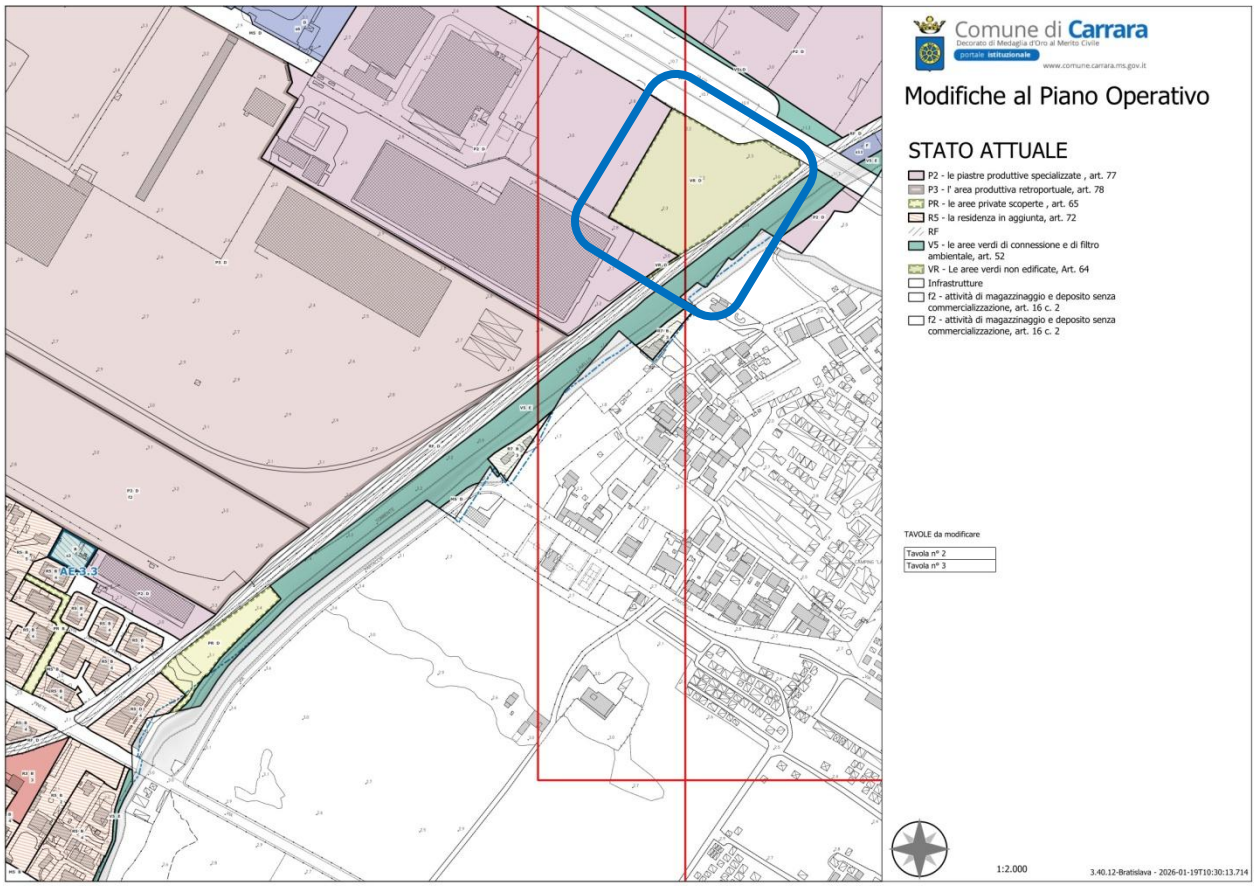
Il Piano Operativo vigente impegna per il quinquennio in corso soltanto una piccola parte delle potenzialità previste dal Piano Strutturale poiché, per l'UTOE in questione consente,in attuazione agli interventi della Aree di trasformazione, la realizzazione di 4.900 mq a destinazione industriale-artigianale (si rimanda per eventuali approfondimenti al capitolo *"Dimensionamento e trasformazioni degli assetti insediativi, infrastrutturali ed edilizi"* della relazione illustrativa del PO).

Si sottolinea inoltre che con Variante semplificata al Piano Operativo approvata con deliberazione di Consiglio Comunale n. 43 del 13/05/2024, con la quale all'area distinta catastalmente al foglio 99 mapp. 182 classificata in precedenza da PO come *"Spazi, attrezzature e servizi pubblici o di interesse pubblico-s6 servizi tecnici e tecnologici"* è stata attribuita la destinazione *P2 "Le piastre produttive specializzate"* l'UTOE 6 aveva già avuto in incremento dimensionale della destinazione industriale-artigianale di circa 13.600 mq; per un totale di 18.500 mq a fronte dei 49.000 ammessi dal PS.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

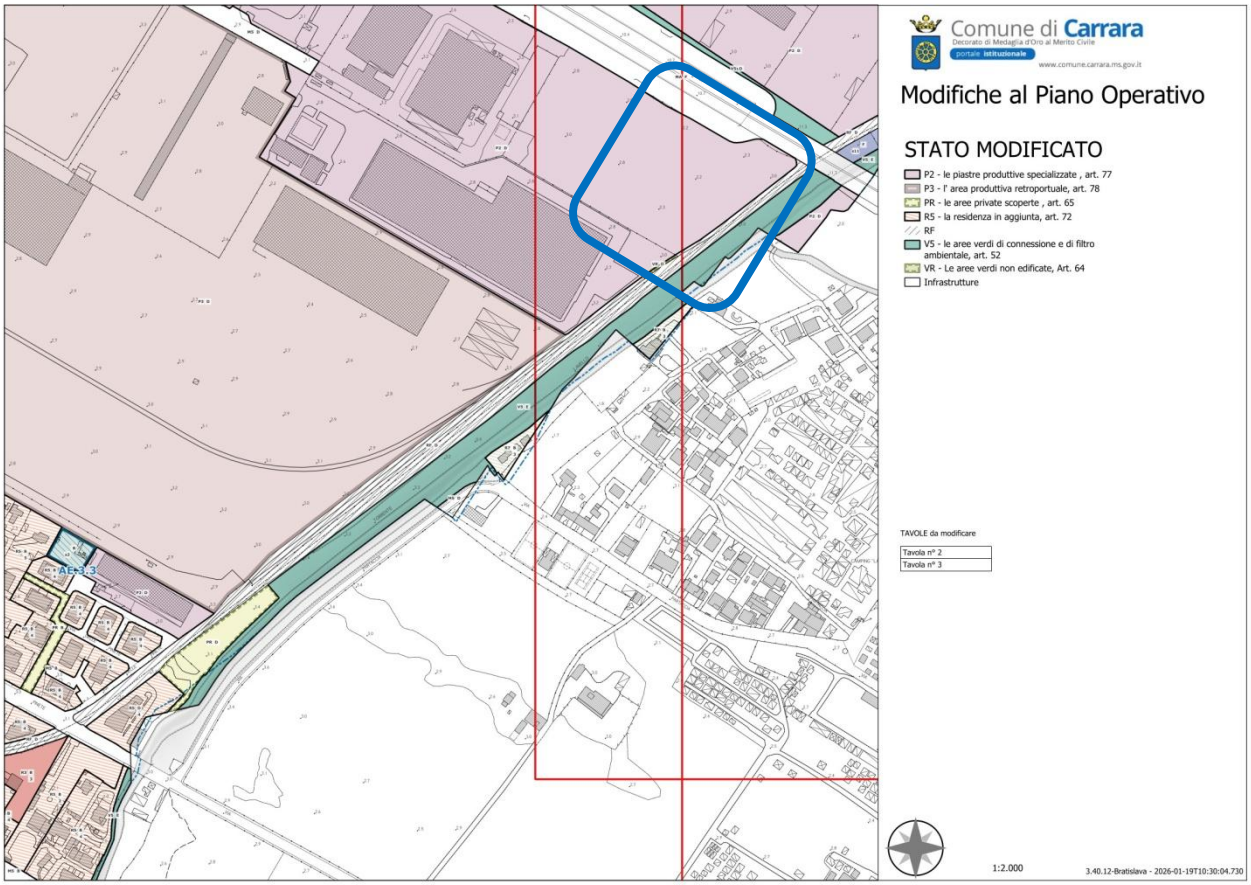
L’attuazione della presente variante che attribuisce all’area in oggetto la classificazione *P2 “Le piastre produttive specializzate”* per la quale il Piano Operativo prevede all’art 77 un indice urbanistico edilizio di 0,80 mq/mq ammette un incremento di SE a destinazione industriale-artigianale all’interno dell’UTOE 6 di circa 10.100 mq (a fronte di 12.620 mq di ST) che, per quanto sopra esposto risultano ammissibili dal dimensionamento massimo dell’UTOE.

Verranno pertanto modificati in tale senso le Tav 2 e 3 Serie 2, l’art 77 *P2 “Le piastre produttive specializzate”* e previsto un nuovo allegato alle NTA (Allegato 4) contenente le prescrizioni da rispettare per la realizzazione dell’area di mitigazione.



Stralcio Tav. n. 2 – 3 Serie 2 attuale

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.



Stralcio Tav. n. 2 – 3 Serie 2 modificato

Art 77 Le piastre produttive specializzate (P2)

1. Sono gli ambiti specializzati per la produzione industriale, a ciò destinate dalla pianificazione urbanistica che le ha sempre individuate come aree industriali attrezzate. Fa parte delle piastre produttive specializzate anche l'area retro-portuale P3, per la quale il P.O. detta specifiche discipline al successivo art. 78.

2. All'interno dell'ambito P2, salvo i casi per i quali valgono le specifiche destinazioni d'uso eventualmente attribuite dalle Tavole della Disciplina del territorio del P.O., per il p.e.e. sono consentite le seguenti destinazioni d'uso:

   Industriale e artigianale (nelle sotto-categorie b1 e b2), Commerciale all'ingrosso e depositi (f), Direzionale e di servizio (sotto-categoria e1).

   Gli ambiti P2 sono da considerare aree strategiche per la produzione manifatturiera, pertanto le destinazioni d'uso Commerciali all'ingrosso e depositi - f - e quelle Direzionali, esclusivamente riferite alla sotto-articolazione e1, non possono superare, complessivamente, il 20% delle superfici utili (SU) esistenti, con le seguenti eccezioni:

   Nelle aree P2 poste lungo il Viale Zaccagna sono ammesse anche le funzioni commerciali, limitatamente agli esercizi del settore non alimentare a grande fabbisogno di superficie, di cui all'art. 28, della L.R. 62/2018 e s. m e i. (concessionari autoveicoli, motocicli e simili).

   Per le aree P2 prospicenti la strada Aurelia e la via di Nazzano, sono da privilegiare le destinazioni Direzionali e di servizio, tanto che non devono osservare il predetto limite del 20%, mentre non sono consentite le attività industriali e artigianali nella sotto-categoria b2. In tali aree è inoltre consentita la sotto-categoria commerciale c1 limitatamente agli esercizi del settore non alimentare a grande fabbisogno di superficie, come definite ai sensi della L.R. 62/2018 e s.m.i..

3. Negli ambiti P2, per le attività Industriali e artigianali gli interventi devono osservare le seguenti prescrizioni:

   - distanza minima dal ciglio stradale pari all'altezza;
   - distanza minima dai confini pari all'altezza o in confine previo accordo fra i proprietari dietro presentazione di atto registrato e trascritto;
   - indici urbanistico edilizi = 0,80 mq/mq; Rc = 40% massimo consentito; H massima = ml.12,00 escluso volumi tecnici purché si dimostri la salvaguardia della percepibilità da punti di pubblica fruizione degli eventuali

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

elementi salienti del paesaggio; alle stesse condizioni sono ammesse altezze maggiori di ml.12,00, che in ogni caso non potranno superare i ml.50,00, commisurate alle effettive esigenze degli interventi che dovranno essere adeguatamente documentate nei relativi progetti, in tal caso la distanza minima da strade e confini dovrà essere pari a ml.12,00;
- per gli edifici esistenti che abbiano già raggiunto le limitazioni di cui sopra, possono essere consentiti interventi di ampliamento "una tantum" nella misura massima del 10% della SE esistente fino ad un max. di mq. 50 di SE.

4. Gli interventi di nuova edificazione, di demolizione e ricostruzione e di ampliamento devono osservare le disposizioni di cui al precedente Titolo IV sulle compensazioni ambientali e deve inoltre essere garantito:
   - il regime non inquinante degli scarichi di qualsiasi genere ai sensi di legge. In particolare per le unità produttive del settore del marmo devono essere predisposti gli impianti per il riciclaggio delle acque di lavorazione e gli impianti per la rimozione dei detriti.
   - l'adeguamento alle condizioni di lavoro e dei servizi alle norme di sicurezza del lavoro e sulla assistenza dei lavoratori. In particolare nei fabbricati di nuova costruzione ed in quelli oggetto di demolizione e ricostruzione una quota della SE pari a mq. 6,0 per addetto per le Unità locali fino a 50 addetti e a mq. 4,0 per addetto per le altre Unità locali, deve essere destinate ai seguenti servizi: spogliatoi, servizi igienici, mense ed eventuali attrezzature sociali e ricreative.

5. Ogni intervento di nuova edificazione, anche in ampliamento, di demolizione con ricostruzione e di sostituzione edilizia è subordinato alle compensazioni ambientali di cui al precedente Titolo IV e all'introduzione di barriere verdi di adeguata consistenza a confine con altri ambiti, residenziali e no. Tali interventi di compensazione devono interessare prioritariamente le aree verdi ancora libere lungo i corsi d'acqua, Carrione e Lavello. **Nello specifico per l'area Aero Service Technologies Italy s.r.l. le modalità di realizzazione dell'area di mitigazione ambientale sono descritte nell'Allegato 4.**

6. Il P.O., all'interno dell'ambito P2, riconosce gli edifici e le strutture di valore storico-testimoniale per i quali, nel caso-in cui le tavole delle discipline non indichino alcuna classe di intervento, sono consentiti gli interventi diretti sui singoli edifici fino alla classe 3 rispettando le disposizioni del precedente art. 75, comma 6. Eventuali ulteriori interventi volti a sviluppare e/o trasformare le attività produttive esistenti, si attuano attraverso la redazione di specifico piano di recupero del patrimonio edilizio esistente ai sensi di legge.

7.

Allegato 4 - Area Aero Service Technologies Italy s.r.l. realizzazione area di mitigazione

Prescrizioni realizzazione area di mitigazione ambientale:

L'area verde (Fig. 1) dovrà mantenere la funzione di filtro ambientale e non dovrà essere oggetto di interventi di impermeabilizzazione del suolo, pertanto l'iter autorizzativo per gli interventi sul lotto in oggetto sarà subordinato:

- alla redazione di specifico studio agronomico per la sistemazione dell'area a verde (Fig. 1) che dovrà essere inerbita e piantumata con specie arboree con le seguenti caratteristiche:
  - specie arboree autoctone sempreverdi;
  - chioma a forma sferica o ellissoidale, con fogliame compatto, con creazione di una cortina verde continua al fine di favorire l'abbattimento dell'inquinamento acustico e migliorare la qualità dell'aria,
- all'elaborazione di uno studio acustico volto a scongiurare, anche tramite realizzazione di opere di mitigazione, qualsiasi aggravamento dell'inquinamento acustico a seguito della realizzazione di interventi edilizi sull'area.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Area di Mitigazione

Si rappresenta inoltre che il Piano di Indirizzo Territoriale con valenza di piano paesaggistico inquadra porzioni dell'area di proprietà di Aero Alliance, tra cui anche quella che il POC classifica come VR, come boscate.

Considerato che ai sensi dell'art. 5 della Disciplina di PIT/PPR, *"…. la rappresentazione cartografica delle aree di cui all'art. 142 lettere a), b), c), d), g) del Codice, per la metodologia utilizzata e per la natura stessa dei beni, ha valore meramente ricognitivo…*"; e pertanto la cartografia del PIT, che individua l'area come parzialmente interessata da vegetazione arborea essendo di tipo ricognitivo potrebbe necessitare quindi di un maggiore grado di valutazione della componente arborea e della vegetazione che la interessa.

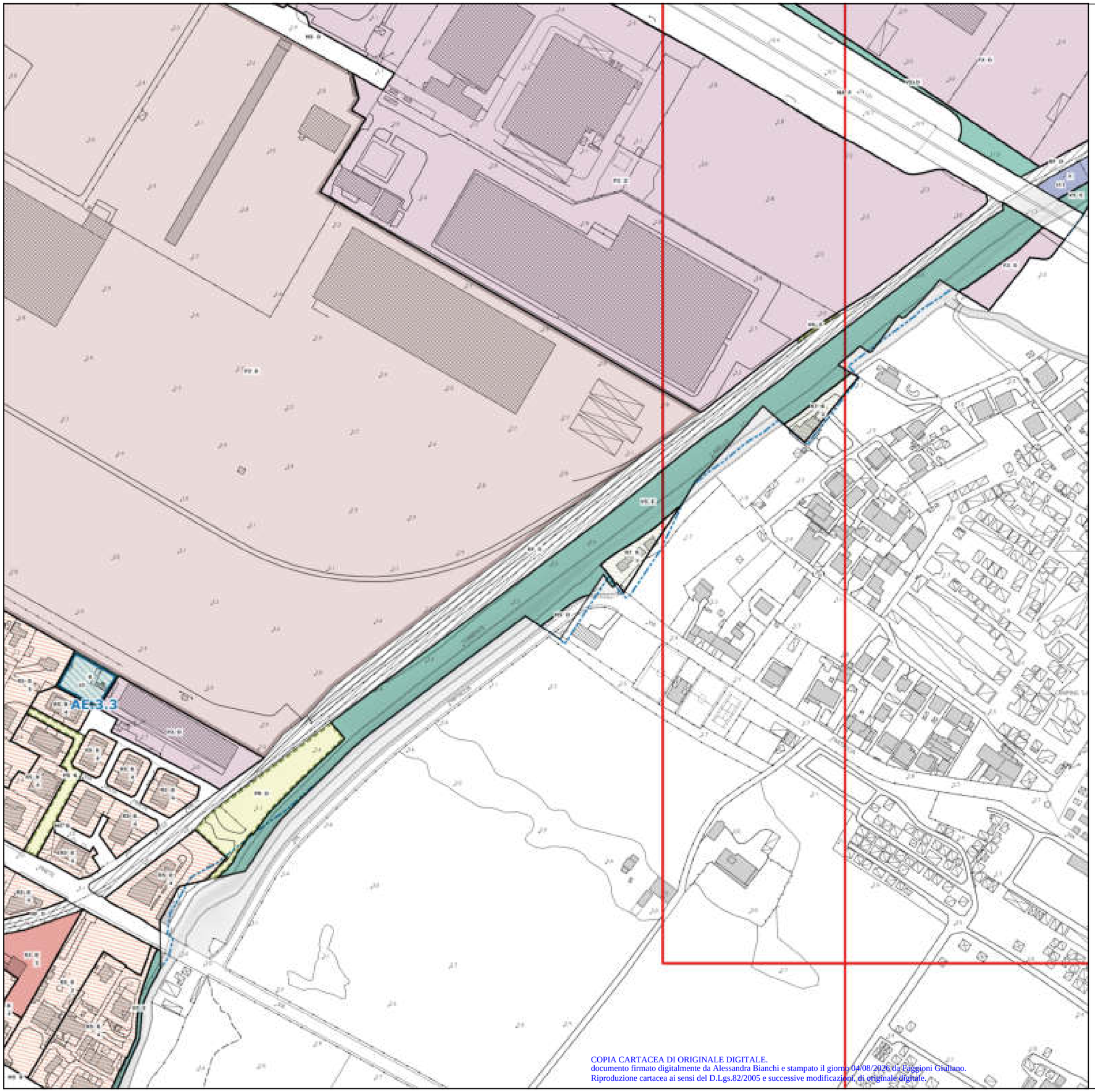
A seguito dell'analisi svolta dal Dott. For. Fiornovelli. ai sensi del'art 5 dell'allegato 8B del PIT, volta a verificare la perimetrazione delle aree tutelate per legge ai sensi dell'Art.142, comma 1, lett. g. sull'area in oggetto è emerso che l'area indagata non ha i connotati tali per essere classificata come bosco ai sensi della normativa vigente in materia.

Pertanto nel procedimento volto all'approvazione della Variante semplificata al Piano Operativo, ai sensi dell'art 5 dell'allegato 8B del PIT, verrà proposta a Regione Toscana la modifica del quadro conoscitivo eliminando il vincolo boschivo dalle suddette aree a seguito di studi di maggior dettaglio che, una volta validati dal MiBACT e dalla Regione Toscana, nell'ambito delle suddette procedure, verranno recepiti negli elaboratli del Piano, ai sensi dell'art.21 della disciplina del PIT-PPR.

Carrara, *data della sottoscrizione digitale*

Il Progettista
Arch. Alessandra Bianchi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.



Comune di **Carrara**
Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile
portale istituzionale
www.comune.carrara.ms.gov.it

Modifiche al Piano Operativo

STATO MODIFICATO

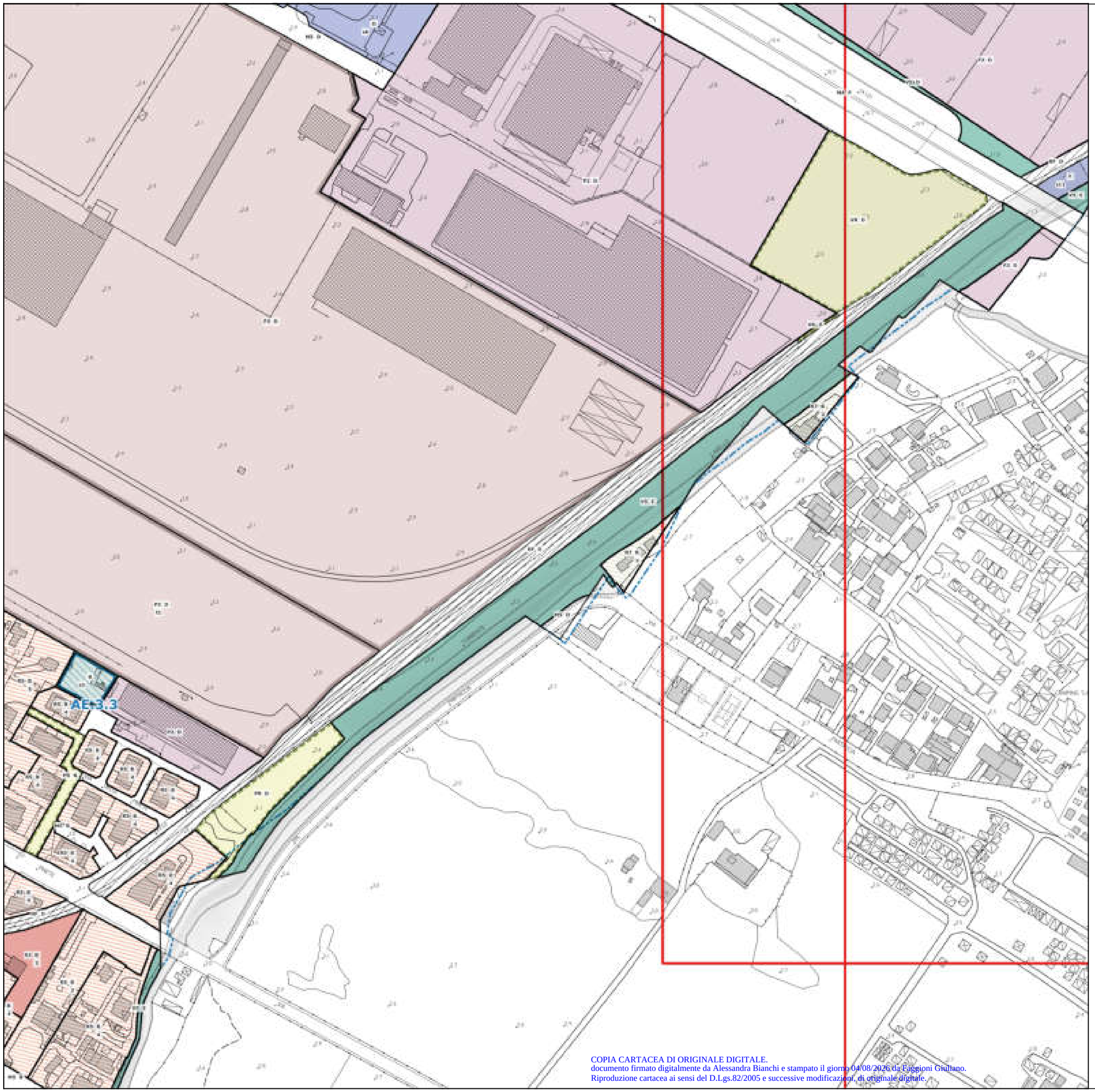
- P2 - le piastre produttive specializzate , art. 77
- P3 - l' area produttiva retroportuale, art. 78
- PR - le aree private scoperte , art. 65
- R5 - la residenza in aggiunta, art. 72
- RF
- V5 - le aree verdi di connessione e di filtro ambientale, art. 52
- VR - Le aree verdi non edificate, Art. 64
- Infrastrutture

TAVOLE da modificare

Tavola n° 2
Tavola n° 3

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

1:2.000



Comune di **Carrara**
Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile
portale istituzionale
www.comune.carrara.ms.gov.it

Modifiche al Piano Operativo

STATO ATTUALE

- P2 - le piastre produttive specializzate , art. 77
- P3 - l' area produttiva retroportuale, art. 78
- PR - le aree private scoperte , art. 65
- R5 - la residenza in aggiunta, art. 72
- RF
- V5 - le aree verdi di connessione e di filtro ambientale, art. 52
- VR - Le aree verdi non edificate, Art. 64
- Infrastrutture
- f2 - attività di magazzinaggio e deposito senza commercializzazione, art. 16 c. 2
- f2 - attività di magazzinaggio e deposito senza commercializzazione, art. 16 c. 2

TAVOLE da modificare

Tavola n° 2
Tavola n° 3

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

1:2.000

Bianchi Alessandra
14.07.2026 12:39:25
GMT+02:00

COMUNE DI CARRARA

Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile

Variante Semplificata al Piano Operativo

ai sensi art. 30 LR 65/2014

Stralcio Allegato 1 delle NTA

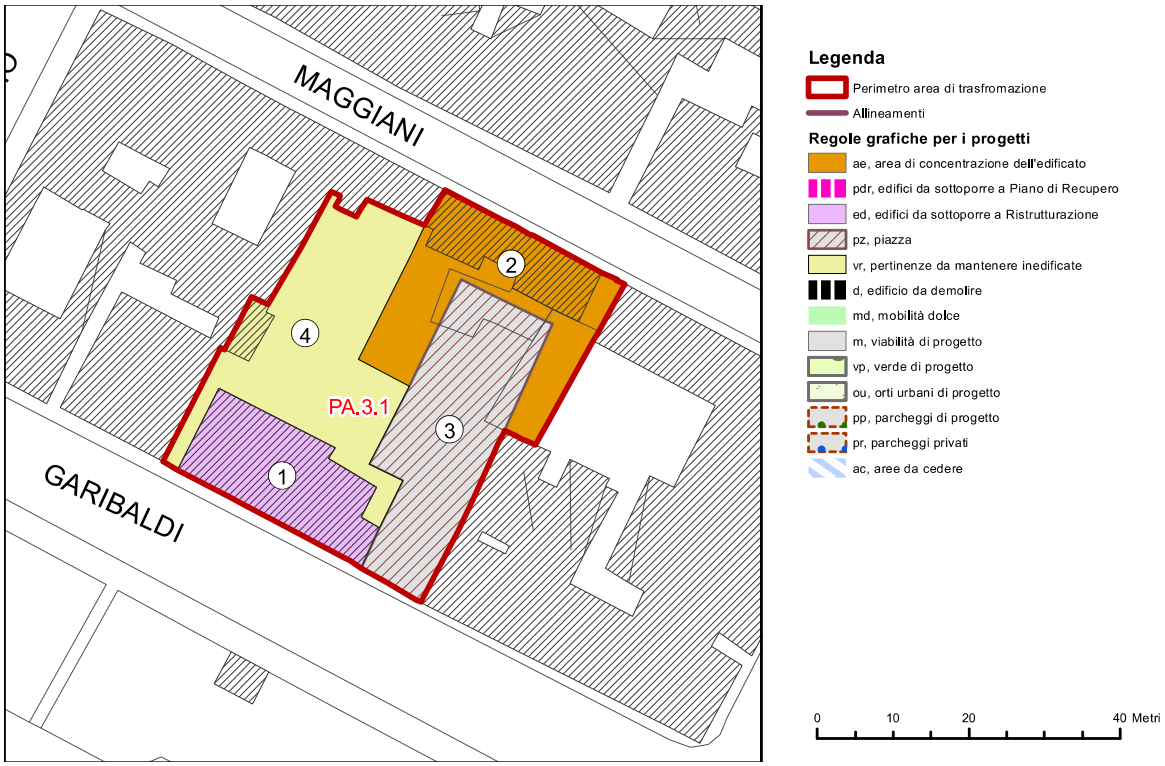
Schede norma degli ambiti e delle aree di trasformazione

PA.3.1 – PDR – Via Garibaldi – Recupero / Sostituzione Edilizia

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

BARRATO GRASSETTO

PA.3.1 – PDR – Via Garibaldi – Recupero / Sostituzione Edilizia



Rif. Tavola della disciplina del territorio: 3|14

Descrizione dell'intervento

All'interno del nucleo centrale di Marina di Carrara è presente un complesso edilizio che versa in un profondo stato di degrado ed abbandono che dequalifica il contesto urbano in cui si inserisce.

L'intervento prevede il Recupero di tale area degradata mediante riqualificazione e completamento di immobili a destinazione Residenziale mantenendo gli elementi architettonici di valore su Via Garibaldi.

L'edificio residenziale disposto lungo Via Garibaldi (1) dovrà essere sottoposto ad interventi di restauro e risanamento conservativo a parità di SE senza alterarne l'aspetto complessivo con particolare riferimento ai prospetti in direzione di Via Garibaldi.

Sulla restante parte dell'area è ammesso l'ampliamento o la demolizione dei manufatti presenti e la realizzazione di un nuovo complesso edilizio composto da nuove volumetrie che completino il disegno urbano delle facciate disposte lungo Via Ruga Maggiani. Tale completamento edilizio (2) potrà avvenire mediante interventi di sostituzione edilizia residenziale, complementare al commercio di vicinato da concentrarsi al piano terra. Il progetto architettonico dei nuovi edifici dovrà riferirsi alle caratteristiche tradizionali del contesto: Le coperture dovranno essere in laterizio e con falde inclinate del tipo a capanna o padiglione; le aperture dovranno essere disposte secondo un disegno ordinato coerente con gli allineamenti già presenti nel contesto~~; L'altezza di tali immobili dovrà essere contenuta nell'altezza degli edifici contermini all'area di trasformazione che prospettano su Via Ruga Maggiani così che la linea di gronda possa correre in continuità con tali edifici adiacenti.~~

L'intervento è volto così a definire uno spazio collettivo (3) centrale nell'area che colleghi Via Garibaldi con Via Ruga Maggiani su cui possono affacciarsi nuove funzioni consentendo una maggiore permeabilità del nucleo di Marina di Carrara.

Nella restante parte dell'area (4) è prevista la sistemazione a verde e pertinenze degli edifici garantendone la prevalente permeabilità dei suoli ove mettere a dimora specie arboree e arbustive.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Destinazioni d'uso ammesse
Residenziale e commercio di vicinato

Interventi edilizi ammessi
Ristrutturazione Urbanistica

Parametri urbanistici ed edilizi

Superficie territoriale ST mq	1835
Superficie edificabile massima SE mq	Edificio (1): residenziale o commercio di vicinato pari all'esistente Edifici (2): residenziale o commercio di vicinato pari 900 mq. complessivi (pari al recupero di circa 300 mq. esistenti oltre ad ampliamento e completamento).
Superficie coperta massima SC %	~~40% SF~~ come da schema grafico
Indice di permeabilità minimo	25% SF
Altezza massima H mt	Edificio (1): pari all'esistente Edifici (2): pari all'altezza degli edifici disposti su Via Maggiani lato Massa. (2 piani fuori terra)
Piazza ad uso pubblico minimo mq	500

Considerato che tale area di trasformazione è assimilabile alla Zona omogenea A, Ai sensi dell'Art. 4 c.1 del DM 1444/68, si ritiene che, per a limitata estensione dell'area in oggetto, vi è l'impossibilità di reperire al suo interno gli standard urbanistici che sono comunque rispettati a livello comunale.

Condizioni speciali
Elementi vincolanti per la progettazione

- L'Edificio dovrà mantenere l'allineamento a filo strada con copertura del tetto a falde inclinate;
- L'intervento dovrà prevedere la ricomposizione del fronte su Via Maggiani;
- La facciata degli edifici su Via Garibaldi e la relativa cinta di recinzione comprensiva delle colonne della cancellata devono essere conservate;
- La facciata dell'edificio prospettante su Via Maggiani di cui al mappale n. 486 deve essere conservata nella sua parte che conserva i caratteri storici ed il progetto di riconfigurazione dei prospetti su Via Maggiani dovrà riferirsi ai caratteri storicizzati di tale facciata.
- Sono vietati i balconi in aggetto sul fronte strada;
- Sono escluse le mansarde.
- E' esclusa la Media Struttura di Vendita
- Ai fini della precisa indicazione degli immobili effettivamente coinvolti nella presente trasformazione si precisa di seguito gli estremi catastali soggetti alla presente scheda norma: Foglio 103, particelle: 535, 536, 537, 538, 539, 486, 482, 540. Tale individuazione prevale rispetto al confine dell'area di trasformazione indicato nello schema planimetrico illustrato in testa della presente scheda norma.

Prescrizioni Paesaggistiche

L'area è marginalmente soggetta a vincolo paesaggistico ex art. 142 comma 1 lett. a) del Dlgs 42/2004 inerente "i territori costieri compresi in una fascia di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sul mare" per i quali il PIT/PPR detta una disciplina contenuta nella scheda del sistema costiero 1. Litorale sabbioso Apuano-Versiliese. In particolare si rilevano le seguenti prescrizioni come parzialmente pertinenti all'intervento previsto:
d - Non sono ammessi gli interventi che:

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

- compromettano gli elementi determinanti per la riconoscibilità dello skyline costiero identitario, quali profili consolidati nell'iconografia e nell'immagine collettiva e nello skyline naturale della costa, individuati dal Piano e/o dagli strumenti della pianificazione territoriale e urbanistica;
- modifichino i caratteri tipologici e architettonici di impianto storico del patrimonio insediativo costiero e i caratteri connotativi del paesaggio litoraneo (manufatti di valore storico, trama viaria storica, emergenze naturalistiche e geomorfologiche);
- concorrano alla formazione di fronti urbani continui, o occludano i varchi visuali da e verso il mare e la costa, che si aprono dal viale litoraneo e dai punti di belvedere accessibili al pubblico, individuati dagli strumenti della pianificazione territoriale e urbanistica;
- impediscano l'accessibilità all'arenile, alle aree pubbliche da cui si godono visuali panoramiche e al mare.

In riferimento a tale prescrizione del PIT/PPR, che dovrà essere rispettata dal progetto di trasformazione, il POC detta la seguente ulteriore prescrizione conseguente:
- il progetto dovrà garantire il corretto inserimento paesaggistico e dovrà svilupparsi limitatamente in altezza fino ad una altezza massima tale da non eccedere in altezza il profilo degli edifici contermini alla area di trasformazione e dovrà rispettare i caratteri architettonici e tipologici riscontrabili nelle architetture già presenti nel contesto sia per forma, materiali e colori.

L'area è soggetta a vincolo paesaggistico ex art. 136 del Dlgs 42/2004 di cui al D.M. n° 59 del 03/02/1969 "Zona litoranea, sita nell'ambito del comune di Carrara" da cui discende le seguenti prescrizioni che risultano pertinenti per l'intervento in oggetto:

3.c.3. Gli interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia sono ammessi a condizione che:
- non alterino i valori identitari dello skyline o compromettano i caratteri morfologici della città consolidata, della relativa percettibilità, con particolare riguardo ai margini urbani e ai coni visivi che si aprono verso i rilievi e il litorale;
- siano armonici per forma, dimensioni, orientamento, con le caratteristiche morfologiche proprie del contesto territoriale;
- sia garantita la qualità insediativa attraverso un'articolazione equilibrata tra spazi aperti e costruito con particolare riferimento alla qualità progettuale degli spazi di fruizione collettiva;
- sia mantenuta l'accessibilità ai luoghi da cui è possibile godere delle visuali a maggiore panoramicità.

In riferimento a tale prescrizione del PIT/PPR, che dovrà essere rispettata dal progetto di trasformazione, ed alla direttiva 3.b.10 definita nella scheda di vincolo il POC detta la seguente ulteriore prescrizione conseguente:
- il progetto dovrà garantire il corretto inserimento paesaggistico e dovrà svilupparsi limitatamente in altezza fino ad una altezza massima tale da non eccedere in altezza il profilo degli edifici contermini alla area di trasformazione e dovrà rispettare i caratteri architettonici e tipologici riscontrabili nelle architetture già presenti nel contesto sia per forma, materiali e colori.

4.c.1. Gli interventi di trasformazione sono ammessi a condizione che non alterino i valori identitari dello skyline, non interferiscano negativamente con le visuali panoramiche, limitandole o occludendole e non si sovrappongano in modo incongruo con gli elementi significativi del paesaggio.

In riferimento a tale prescrizione, che dovrà essere rispettata dal progetto di trasformazione, ed alla direttiva 4.b.2 definita nella scheda di vincolo il POC detta le prescrizioni di cui al punto 3.c.3 precedente.

Il PIT/PPR, al fine di raggiungere l'Obiettivo 4 definito nella scheda d'ambito paesaggistico del PIT/PPR n. 2 Versilia e Costa Apuana, definisce la seguenti direttive pertinente all'intervento di cui alla presente scheda norma:

4.11 - assicurare che i nuovi interventi siano coerenti con il paesaggio di riferimento per tipi edilizi, materiali, colori ed altezze, e opportunamente inseriti nel contesto paesaggistico senza alterarne l'integrità morfologica e percettiva.

Prescrizioni conseguenti del POC:
- i progetti di sistemazione degli spazi aperti (pubblici e privati) devono prevedere soluzioni utili al corretto inserimento ambientale mediante l'utilizzo di soluzioni tecniche che possano mitigare gli effetti di impermeabilizzazione del suolo già avvenuta e all'inquinamento luminoso compatibilmente con le normative vigenti in materia;
- Dovranno essere impiegati materiali e colorazioni analoghi a quelli più diffusamente presenti nel contesto.

Prescrizioni e indirizzi ambientali (Rapporto Ambientale)

Prescrizioni

- Da garantire il mantenimento della massima superficie dell'area a verde interclusa nell'edificato quale elemento caratterizzante la maglia del tessuto urbano del centro storico di Marina di Carrara

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

- Nella realizzazione degli spazi a verde è necessario il ricorso a specie vegetali euriecie, autoctone, evitando specie aliene e con comportamento invasivo. Nella scelta sono da preferire specie non idroesigenti
- La progettazione, come da norme di legge, deve puntare all'abbattimento delle barriere architettoniche e alla più ampia accessibilità e inclusività, anche degli spazi aperti.
- Gli interventi edilizi devono seguire i criteri della bioedilizia, al fine di garantire la eco efficienza e aumentarne la qualità e la sostenibilità, secondo quanto definito dalle "Linee guida per l'edilizia sostenibile in Toscana" (Del G.R. n° 216/2006). È prescritto il ricorso a sistemi attivi e passivi per la limitazione dei consumi energetici, idrici e per la riduzione degli impatti e per attuare la massima qualità ambientale interna ed esterna agli edifici
- Il piano attuativo, tenendo conto delle ulteriori previsioni che riguardano il contesto in esame (compreso l'intervento IC.9 "Hotel Mediterraneo" di cui alla scheda valutativa del rapporto Ambientale al Cap F.B.3.1.1) deve verificare la reale disponibilità e la possibile localizzazione delle aree a parcheggio necessarie. E' vietato il reperimento di spazi di sosta all'interno della corte e nella prevista piazza.

Indirizzi

- Il piano deve valutare
    - la possibilità di realizzare una piazza con pavimentazione permeabile, meglio se con zone a verde realizzando percorsi pedonali e ciclabili che ne consentano l'attraversamento e la fruizione
    - la possibilità che sia mantenuto il passaggio interno tra Via Garibaldi e Via Ruga Alfio Maggiani attraverso la piazza (anche mediante la realizzazione di un arco al piano terreno del fabbricato lungo via Ruga A. Maggiani)
- Per quanto riguarda il verde pubblico costituiscono riferimento
    - le Linee guida per la gestione del verde urbano e prime indicazioni per una pianificazione sostenibile (Comitato per lo sviluppo del verde pubblico. MATTM, 2017)
    - le linee guida di cui all'intervento U3) del Piano regionale di qualità dell'aria in Toscana Indirizzi per la piantumazione di specifiche specie arboree in aree urbane per l'assorbimento di particolato e ozono (approvate con Del C.R. n° 72 del 18/07/2018)
- Qualora il Piano di recupero preveda una diversa articolazione degli spazi (che determini quindi un diverso planivolumetrico) rispetto a quanto stabilito nella presente Scheda Norma deve essere oggetto di verifica di assoggettabilità a VAS

Problematiche geologiche, idrauliche e sismiche

Pericolosità geologica

Classe G.2: substrato costituito da depositi prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi marini, sciolti o debolmente addensati con il livello di falda prossimo alla superficie (< 3 m).

Pericolosità idraulica

Classe I.2: areale caratterizzato secondo il DPGR 53/R da una pericolosità idraulica media, allagabile solo per eventi con tempo di ritorno superiori a 200 anni. Corrisponde alla classe P1 (aree a pericolosità di alluvione bassa) del PGRA D.lgs. 49/2010.

Pericolosità sismica

Classe S.3: area caratterizzata da un substrato stabile potenzialmente suscettibile di amplificazioni locali per effetti stratigrafici per l'esistenza di un contrasto di impedenza sismica tra terreni di copertura e substrato lapideo qualificabile come "bedrock sismico" rinvenibile comunque a profondità superiori a 50 metri.

Trattandosi di depositi granulometricamente molto variabili, connessi ad ambienti deposizionali che hanno visto nel tempo rapide variazioni di competenza delle correnti fluide di trasporto dei sedimenti, i depositi generatisi presentano una elevata variabilità sia verticale che orizzontale, in spazi ristretti, delle dimensioni granulometriche e delle tessiture. In questo contesto è possibile che all'interno del "materasso alluvionale" siano presenti orizzonti litologici grossolani e cementati con velocità delle onde di taglio (Vs) che possono raggiungere anche i 600 m/s differenziandosi in modo significativo dal resto del corpo alluvionale. In queste condizioni si potrebbe determinando un forte contrasto di impedenza sismica con significativi effetti di amplificazione in superficie.

Inoltre, la presenza di terreni prevalentemente sabbiosi immersi in falda può determinare significativi cedimenti del terreno per gli effetti dovuti al fenomeno della liquefazione.

Condizioni e prescrizioni per le realizzazioni

Superfici edificabili di progetto e/o interessate da interventi edilizi (ae,ed)

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Fattibilità geologica F2g (Art.8):

L'attuazione dell'intervento è subordinata alla effettuazione dei normali studi geologico tecnici previsti dalla normativa vigente in materia (DPGR n° 1/R/22 e NTC di cui al D.M. 17/01/2018) e finalizzati alla verifica delle caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione a livello di progetto esecutivo. I contenuti e gli elaborati minimi degli studi geologici, idrogeologici e geotecnici dovranno essere quelli descritti all'art.8 comma 2 delle NTG.

Fattibilità idraulica F2i (Art.15):

Non ci sono condizioni specifiche per l'attuazione degli interventi previsti, oltre alle prescrizioni generali dettate nell'art.25 delle NTG relative alla mitigazione degli effetti indotti dalle nuove realizzazioni al regime dei suoli.

Fattibilità sismica F3s (Art.23):

In sede di redazione dell'Intervento da convenzionare, oltre alle indagini geognostiche previste dal D.M.17/01/2018 e dal DPGR.n.1/R/22 che dovranno valutare anche le condizioni di suscettibilità alla liquefazione del substrato di fondazione ai sensi del paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, sono da realizzare adeguate indagini geofisiche costituite da profili sismici a rifrazione e/o profili MASW e/o prove sismiche in foro, finalizzate a definire gli spessori, le geometrie e le velocità sismiche dei litotipi sepolti. Con le suddette indagini si dovrà valutare la possibilità di definire l'azione sismica di progetto attraverso le categorie di sottosuolo semplificate ai sensi del paragrafo 3.2.2 del D.M.17/01/2018 oppure tramite specifiche analisi di risposta simica locale ai sensi del paragrafo 7.11.3 dello stesso decreto.

Altre destinazioni d'uso pubbliche e/o private (aree verdi Vr, piazze pz)

L'attuazione degli interventi previsti non necessita di particolari verifiche oltre quelle minime di legge. Sono comunque da rispettare le prescrizioni generali dettate dall'art.25 delle NTG relative alla mitigazione degli effetti indotti dalle nuove realizzazioni al regime dei suoli.

Prescrizioni di carattere ambientale e di tutela idrogeologica

Non ci sono condizioni specifiche per l'attuazione degli interventi previsti, oltre alle prescrizioni generali contenute nell'art.25 delle NTG.

Modalità di attuazione

Piano di Recupero di iniziativa pubblica e/o privata

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile

Variante Semplificata al Piano Operativo

ai sensi art. 30 LR 65/2014

Stralcio Art 2 e 77 delle NTA

Barrato e grassetto

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Art 2 Elaborati costitutivi

1. Il Piano Operativo del Comune di Carrara è costituito dai seguenti gruppi di documenti:

   a) Progetto urbanistico
   b) Studi geologici, idraulici e sismici
   c) Valutazioni
   d) Integrazioni al quadro conoscitivo comunale

2. Gli elaborati del progetto urbanistico a) sono:

   - Relazione illustrativa
   Allegato A - Tavola "Le componenti per le strategie di mitigazione e adattamento", in scala 1:5.000
   - Norme Tecniche di Attuazione
   - Appendice A – Immobili e aree di notevole interesse pubblico e beni paesaggistici tutelati
   - Allegato 1 - Schede Norma degli Ambiti e delle aree di trasformazione
   - Allegato 2 - Area intervento PINQuA
   - Allegato n. 3 – Area retro portuale Prescrizioni realizzazione fascia di protezione
   - Allegato n. 4 – Area Aero Service Technologies Italy s.r.l. realizzazione area mitigazione
   1 - Tavola "zone territoriali omogenee", in scala 1:5.000 (8 tavole)
   2 - Tavole della "disciplina del territorio", in scala 1:2.000/1:5.000 (25 tavole)

   L'Allegato A alla relazione illustrativa - Tavola "Le componenti per le strategie di mitigazione e adattamento", in scala 1:5.000, rappresenta un riferimento non prescrittivo per una corretta gestione del suolo in relazione alle criticità esaminate.

3. Gli elaborati degli studi geologici, idraulici e sismici b) sono:

   - Relazione tecnica di fattibilità geologica, idraulica e sismica
   - Norme tecniche geologiche (NTG)
   - Schede di fattibilità contenute nell'Allegato 1 alle NTA - Schede Norma degli Ambiti e delle aree di trasformazione
   - Tavola 13 Analisi di fattibilità idraulica per la trasformazione area Ex Enichem (APA.1 e APA.2)

4. Gli elaborati di Valutazione c) sono:

   - VAS – Rapporto Ambientale
   - VINCA – Studio di Incidenza
   - VAS – Sintesi non tecnica

5. Gli elaborati che integrano il quadro conoscitivo comunale d) sono:

   - Schedatura dell'edificato nel territorio aperto
   - Ricognizione sugli standard urbanistici di cui al D.M. 1.444/68

6. In caso di difformità tra i contenuti delle Norme e le indicazioni grafiche sulle carte del P.O. prevalgono i contenuti delle presenti Norme. In caso d'incongruenze o di non perfetta corrispondenza tra le tavole in scala 1:2.000 e quelle in scala 1:5.000 prevalgono, ai fini applicativi, le indicazioni cartografiche alla scala di maggior dettaglio, in ragione del più elevato grado di definizione della base cartografica utilizzata.

…omissis…

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

...omissis...

Art 77Le piastre produttive specializzate (P2)

1. Sono gli ambiti specializzati per la produzione industriale, a ciò destinate dalla pianificazione urbanistica che le ha sempre individuate come aree industriali attrezzate. Fa parte delle piastre produttive specializzate anche l'area retro-portuale P3, per la quale il P.O. detta specifiche discipline al successivo art. 78.

2. All'interno dell'ambito P2, salvo i casi per i quali valgono le specifiche destinazioni d'uso eventualmente attribuite dalle Tavole della Disciplina del territorio del P.O., per il p.e.e. sono consentite le seguenti destinazioni d'uso:

   Industriale e artigianale (nelle sotto-categorie b1 e b2), Commerciale all'ingrosso e depositi (f), Direzionale e di servizio (sotto-categoria e1).

   Gli ambiti P2 sono da considerare aree strategiche per la produzione manifatturiera, pertanto le destinazioni d'uso Commerciali all'ingrosso e depositi - f - e quelle Direzionali, esclusivamente riferite alla sotto-articolazione e1, non possono superare, complessivamente, il 20% delle superfici utili (SU) esistenti, con le seguenti eccezioni:

   Nelle aree P2 poste lungo il Viale Zaccagna sono ammesse anche le funzioni commerciali, limitatamente agli esercizi del settore non alimentare a grande fabbisogno di superficie, di cui all'art. 28, della L.R. 62/2018 e s. m e i. (concessionari autoveicoli, motocicli e simili).

   Per le aree P2 prospicenti la strada Aurelia e la via di Nazzano, sono da privilegiare le destinazioni Direzionali e di servizio, tanto che non devono osservare il predetto limite del 20%, mentre non sono consentite le attività industriali e artigianali nella sotto-categoria b2. In tali aree è inoltre consentita la sotto-categoria commerciale c1 limitatamente agli esercizi del settore non alimentare a grande fabbisogno di superficie, come definite ai sensi della L.R. 62/2018 e s.m.i..

3. Negli ambiti P2, per le attività Industriali e artigianali gli interventi devono osservare le seguenti prescrizioni:

   - distanza minima dal ciglio stradale pari all'altezza;
   - distanza minima dai confini pari all'altezza o in confine previo accordo fra i proprietari dietro presentazione di atto registrato e trascritto;
   - indici urbanistico edilizi = 0,80 mq/mq; Rc = 40% massimo consentito; H massima = ml.12,00 escluso volumi tecnici purché si dimostri la salvaguardia della percepibilità da punti di pubblica fruizione degli eventuali elementi salienti del paesaggio; alle stesse condizioni sono ammesse altezze maggiori di ml.12,00, che in ogni caso non potranno superare i ml.50,00, commisurate alle effettive esigenze degli interventi che dovranno essere adeguatamente documentate nei relativi progetti, in tal caso la distanza minima da strade e confini dovrà essere pari a ml.12,00;
   - per gli edifici esistenti che abbiano già raggiunto le limitazioni di cui sopra, possono essere consentiti interventi di ampliamento "una tantum" nella misura massima del 10% della SE esistente fino ad un max. di mq. 50 di SE.

4. Gli interventi di nuova edificazione, di demolizione e ricostruzione e di ampliamento devono osservare le disposizioni di cui al precedente Titolo IV sulle compensazioni ambientali e deve inoltre essere garantito:

   - il regime non inquinante degli scarichi di qualsiasi genere ai sensi di legge. In particolare per le unità produttive del settore del marmo devono essere predisposti gli impianti per il riciclaggio delle acque di lavorazione e gli impianti per la rimozione dei detriti.
   - l'adeguamento alle condizioni di lavoro e dei servizi alle norme di sicurezza del lavoro e sulla assistenza dei lavoratori. In particolare nei fabbricati di nuova costruzione ed in quelli oggetto di demolizione e ricostruzione una quota della SE pari a mq. 6,0 per addetto per le Unità locali fino a 50 addetti e a mq. 4,0 per addetto per le altre Unità locali, deve essere destinate ai seguenti servizi: spogliatoi, servizi igienici, mense ed eventuali attrezzature sociali e ricreative.

5. Ogni intervento di nuova edificazione, anche in ampliamento, di demolizione con ricostruzione e di sostituzione edilizia è subordinato alle compensazioni ambientali di cui al precedente Titolo IV e all'introduzione di barriere verdi di adeguata consistenza a confine con altri ambiti, residenziali e no. Tali interventi di compensazione devono interessare prioritariamente le aree verdi ancora libere lungo i corsi d'acqua, Carrione e Lavello. **Nello specifico per l'area Aero Service Technologies Italy s.r.l. le modalità di realizzazione dell'area di mitigazione ambientale sono descritte nell'Allegato 4 .**

6. Il P.O., all'interno dell'ambito P2, riconosce gli edifici e le strutture di valore storico-testimoniale per i quali, nel caso-in cui le tavole delle discipline non indichino alcuna classe di intervento, sono consentiti gli interventi diretti sui singoli edifici fino alla classe 3 rispettando le disposizioni del precedente art. 75, comma 6.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Eventuali ulteriori interventi volti a sviluppare e/o trasformare le attività produttive esistenti, si attuano attraverso la redazione di specifico piano di recupero del patrimonio edilizio esistente ai sensi di legge.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Comune di Carrara
Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile
portale istituzionale
www.comune.carrara.ms.gov.it

Variante Semplificata al Piano Operativo

ai sensi art. 30 LR 65/2014

Allegato 4

Area Aero Service Technologies Italy s.r.l. realizzazione area di mitigazione

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Prescrizioni realizzazione area di mitigazione ambientale:

L’area verde (Fig. 1) dovrà mantenere la funzione di filtro ambientale e non dovrà essere oggetto di interventi di impermeabilizzazione del suolo, pertanto l'iter autorizzativo per gli interventi sul lotto in oggetto sarà subordinato:

- alla redazione di specifico studio agronomico per la sistemazione dell’area a verde (Fig. 1) che dovrà essere inerbita e piantumata con specie arboree con le seguenti caratteristiche:
  - specie arboree autoctone sempreverdi;
  - chioma a forma sferica o ellissoidale, con fogliame compatto, con creazione di una cortina verde continua al fine di favorire l’abbattimento dell’inquinamento acustico e migliorare la qualità dell’aria,
- all'elaborazione di uno studio acustico volto a scongiurare, anche tramite realizzazione di opere di mitigazione, qualsiasi aggravamento dell’inquinamento acustico a seguito della realizzazione di interventi edilizi sull’area.

Area di Mitigazione

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE AL PIANO OPERATIVO

VERIFICA DI SUSSISTENZA DEL VINCOLO AI SENSI art. 142 c. 1 lett. g del codice dei beni culturali sull'area distinta catastalmente al foglio 99 mappale 196

(ai sensi dell'art 5 dell'elaborato 8B "Disciplina dei beni paesaggistici" del PIT, della LR 39/2000 e del dpgr 48/R 2003)

GRUPPO DI LAVORO

Dott. Ing. Chiara Chiostrini

Dott. For. Simone Fiornovelli

Dott. Geol. Leonardo Moretti

Codice	Emesso	D.R.E.AM. Italia
11025	Fiornovelli	Via Garibaldi, 3 Pratovecchio Stia (Ar) - Tel. 0575 52.95.14
Rev.	**Controllato**	Via Enrico Bindi n.14, Pistoia – Tel 0573 36.59.67
00	Chiostrini	AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV
Data	**Approvato D.T.**	http://www.dream-italia.it
Novembre 2025	Pietrantonio	= ISO 9001 =

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiornovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Paggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Sommario

PREMESSA **2**

Riferimenti legislativi: 2

Definizioni: 3

Descrizione delle attività svolte 5

Inquadramento territoriale 6

Localizzazione dell'area secondo il PIT 10

Descrizione dell'area 10

Documentazione fotografica 12

Rilievi 14

Conclusioni 17

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Verifica di sussistenza vincolo art. 142 c. 1 lett. g
documento firmato digitalmente da Simone Fiorgovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

PREMESSA

Io sottoscritto Dott. For. Simone Fiornovelli, iscritto all'Ordine dei Dott. Agronomi e Dott. Forestali della provincia di Pistoia al n*206, per conto di DREAm Italia Soc. Coop., sono stato incaricato dal Settore 6 Governo del Territorio del Comune di Carrara ad eseguire controlli tecnici nelle aree in esame al fine di verificare la perimetrazione delle aree tutelate per legge ai sensi dell'Art.142, comma 1, lett. g. "*territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, come definiti dall'articolo 2, commi 2 e 6, del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 227*" sull'area distinta catastalmente al foglio 99 mappale 196 a supporto della Variante semplificata al Piano Operativo, redigendo la presente relazione ai sensi dell'art 5 dell'elaborato 8B "Disciplina dei beni paesaggistici" del PIT - Piano di indirizzo territoriale con valenza di piano paesaggistico, della LR 39/2000 e del dpgr 48/R 2003.

Riferimenti legislativi:

Il presente documento si fonda sui seguenti riferimenti normativi, che disciplinano la tutela, la gestione e la classificazione delle aree boscate e assimilabili nel territorio regionale e nazionale. Nella presente perizia le normative di riferimento utilizzate per chiarire se l'area sia definibile come "area boscata", sono le discipline forestali nazionali e regionali, ovvero:

- **Testo unico in materia di foreste e filiere forestali** (T.U.F.F.) D.Lgs 34/2018
- **L.R. 39/2000**, *"Legge forestale della Toscana"*, e successive modifiche e integrazioni,
- **Regolamento di attuazione** approvato con **D.P.G.R. 48/R/2003** *"Regolamento Forestale della Toscana"*, che dettaglia le modalità operative e tecniche per l'applicazione della normativa forestale regionale.
- **D. Lgs. 42/2004 *"Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio"*** che stabilisce i principi generali in materia di tutela e valorizzazione del patrimonio culturale e paesaggistico.

Di seguito si riportano le definizioni di "bosco" presenti nella normativa sopra elencata, essendo la definizione stessa il punto di partenza per comprendere e valutare l'area oggetto d'interesse.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiornovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Definizioni:

Le aree di cui all'articolo 3 della L.R. 39 sono definite "BOSCO" come segue:

1. *Ai fini della presente legge costituisce bosco qualsiasi area, di estensione non inferiore a 2.000 metri quadrati e di larghezza maggiore di 20 metri, misurata al piede delle piante di confine, coperta da vegetazione arborea forestale spontanea o d'origine artificiale, in qualsiasi stadio di sviluppo, che abbia una densità non inferiore a cinquecento piante per ettaro oppure tale da determinare, con la proiezione delle chiome sul piano orizzontale, una copertura del suolo pari ad almeno il 20 per cento. Costituiscono altresì bosco i castagneti da frutto e le sugherete.*
2. *Sulla determinazione dell'estensione e della larghezza minime non influiscono i confini delle singole proprietà. La continuità della vegetazione forestale non è considerata interrotta dalla presenza di infrastrutture o aree di qualsiasi uso e natura che ricadano all'interno del bosco o che lo attraversino e che abbiano ampiezza inferiore a 2000 metri quadrati e larghezza mediamente inferiore a 20 metri.*
3. *Sono considerate bosco le aree già boscate, nelle quali l'assenza del soprassuolo arboreo o una sua copertura inferiore al venti per cento abbiano carattere temporaneo e siano ascrivibili ad interventi selvicolturali o d'utilizzazione oppure a danni per eventi naturali, accidentali o per incendio.*
4. *Sono assimilati a bosco le formazioni costituite da vegetazione forestale arbustiva esercitanti una copertura del suolo pari ad almeno il quaranta per cento, fermo restando il rispetto degli altri requisiti previsti dal presente articolo.*
5. *Non sono considerati bosco:*

a) i parchi urbani, i giardini, gli orti botanici e i vivai; b) gli impianti per arboricoltura da legno, i noceti, i noccioleti specializzati e le altre colture specializzate realizzate con alberi e arbusti forestali e soggette a pratiche agronomiche; c) le formazioni arbustive ed arboree insediatesi nei terreni già destinati a colture agrarie e a pascolo, abbandonate per un periodo inferiore a quindici anni.

Il Regolamento Forestale della Toscana (d.p.g.r. 48/R/2003, articolo 2) fornisce le seguenti condizioni per l'individuazione delle aree assimilabili a bosco, di cui all'art. 3 comma 4 della Legge forestale regionale:

- *la continuità della vegetazione forestale non è interrotta dalla presenza di infrastrutture o aree di qualsiasi natura che ricadano all'interno del bosco o che*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiorentini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

lo attraversino e che abbiano superficie inferiore a 2000 metri e larghezza mediamente inferiore a 20 metri. Nel caso di infrastrutture lineari che attraversino il bosco, si considera interrotta la continuità della copertura solo nel caso di infrastrutture lineari prive di vegetazione, quali strade e ferrovie di larghezza mediamente maggiore o uguale a 20 metri, indipendentemente dalla superficie;

- *ai fini della determinazione del perimetro dei boschi si considerano i segmenti di retta che uniscono il piede delle piante di margine, considerate arboree nell'allegato A della legge forestale, che siano poste a distanza inferiore a 20 metri da almeno due piante già determinate come facenti parte della superficie boscata oggetto di rilievo;*
- *il perimetro delle aree assimilate a bosco coincide con la linea di confine che separa la vegetazione forestale arbustiva dalle altre qualità di coltura o insediamenti, oppure che separa la vegetazione forestale arbustiva avente copertura pari o superiore al 40% da quella avente copertura inferiore, in questo caso se il limite non fosse facilmente riscontrabile si prevede di valutare il diverso grado di copertura per fasce di profondità pari a 20 metri.*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Verifica di sussistenza vincolo art. 142 c. 1 lett g
documento firmato digitalmente da Simone Fiorgovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Descrizione delle attività svolte

L'attività di analisi e rilievo dell'area di interesse è stata condotta seguendo un percorso metodologico articolato in diverse fasi operative, finalizzate alla corretta individuazione, classificazione e rappresentazione delle superfici boscate e delle aree assimilabili a bosco, in conformità con la normativa vigente.

Le principali fasi di lavoro sono state le seguenti:

- **Analisi preliminare e studio delle aree d'interesse.**
  È stata effettuata un'analisi conoscitiva mediante l'utilizzo di ortofoto storiche e recenti, con un approccio diacronico, al fine di ricostruire l'evoluzione dell'uso del suolo e delle dinamiche vegetazionali nel tempo. Questa fase ha permesso di individuare le trasformazioni intervenute e di riconoscere eventuali fenomeni di ricolonizzazione forestale o di abbandono colturale.
- **Rilievi di campagna.**
  Sono stati eseguiti rilievi diretti sul campo mediante strumentazione GPS, integrati dalla realizzazione di fotografie georeferenziate. Questi rilievi hanno consentito di validare le osservazioni effettuate in fase di analisi cartografica e di raccogliere dati puntuali sulla composizione, posizione e struttura della vegetazione.
- **Identificazione della vegetazione presente**
  Nel corso delle indagini di campo sono state identificate le specie arboree e arbustive predominanti, con particolare attenzione alle essenze forestali di interesse gestionale o normativo, in conformità a quanto previsto dall'Allegato A della L.R. 39/2000 e dal Regolamento Forestale della Toscana.
- **Perimetrazione e analisi GIS**
  Sulla base dei rilievi raccolti, è stata effettuata la perimetrazione dei confini delle aree esaminate mediante strumentazione GIS (Geographic Information System). Tale attività ha consentito di definire in maniera precisa le superfici boscate e le aree assimilabili, nonché di elaborare la relativa cartografia tematica di sintesi.
- **Redazione degli elaborati finali**
  A conclusione delle fasi operative, sono stati predisposti gli elaborati tecnici finali, comprendenti:
  - la Relazione tecnica, contenente l'analisi metodologica, i risultati ottenuti e le considerazioni conclusive;
  - le Tavole grafiche di corredo, rappresentanti la delimitazione delle aree, la classificazione vegetazionale e le evidenze cartografiche di supporto.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiorgovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Inquadramento territoriale

L'area oggetto di studio è sita nel comune di Carrara, località Avenza, ed è individuata catastalmente dal Foglio 99 mappali 196-179-97.

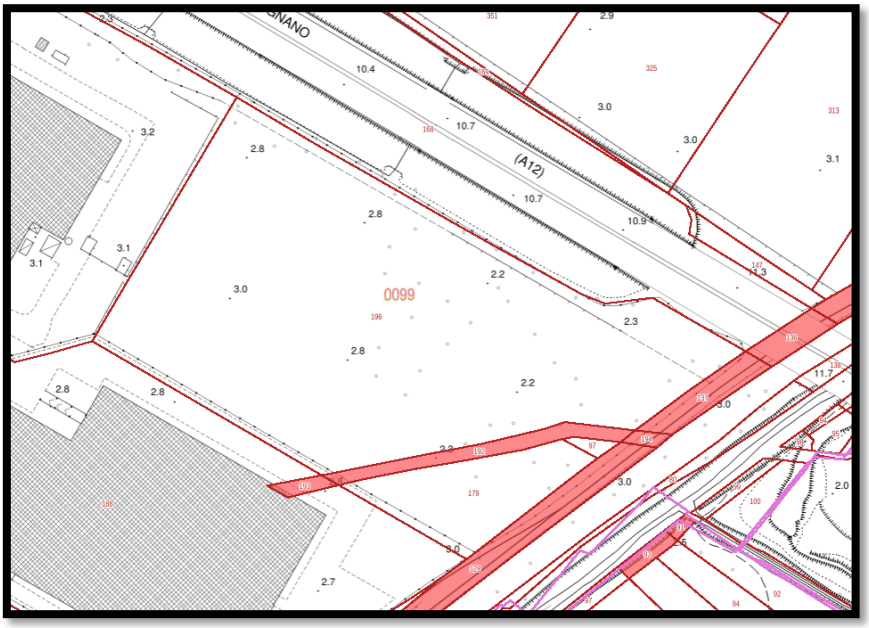


Figura 1: localizzazione catastale dell'area di studio

Il sito è inserito in un contesto fortemente industrializzato, delimitato a Sud e Ovest da capannoni, depositi e stabilimenti produttivi, a Nord dalla viabilità autostradale A12 e a Est dal Fosso di Lavello. L'insieme degli elementi che lo circondano configura un'area ormai completamente trasformata dall'attività antropica, nella quale il comparto industriale rappresenta la componente predominante. Il tessuto urbanistico circostante è caratterizzato da un'elevata presenza di infrastrutture, superfici impermeabilizzate, recinzioni, viabilità di servizio e aree operative, con una morfologia prevalentemente pianeggiante. L'assenza di elementi di interesse naturalistico o paesaggistico, unita alla forte pressione delle attività industriali e alla vicinanza dell'asse autostradale, determina un contesto di complessivo scarso pregio ambientale. La qualità visiva dell'area risulta compromessa dalla presenza di infrastrutture e manufatti di tipo tecnico-produttivo, mentre la vegetazione è pressoché limitata a elementi marginali o spontanei, privi di valore ecologico significativo. Nel complesso, l'area si configura come uno spazio funzionale all'attività industriale, con caratteristiche paesaggistiche e ambientali fortemente semplificate di poca rilevanza sotto il profilo vegetazionale e anche faunistico.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiorgovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

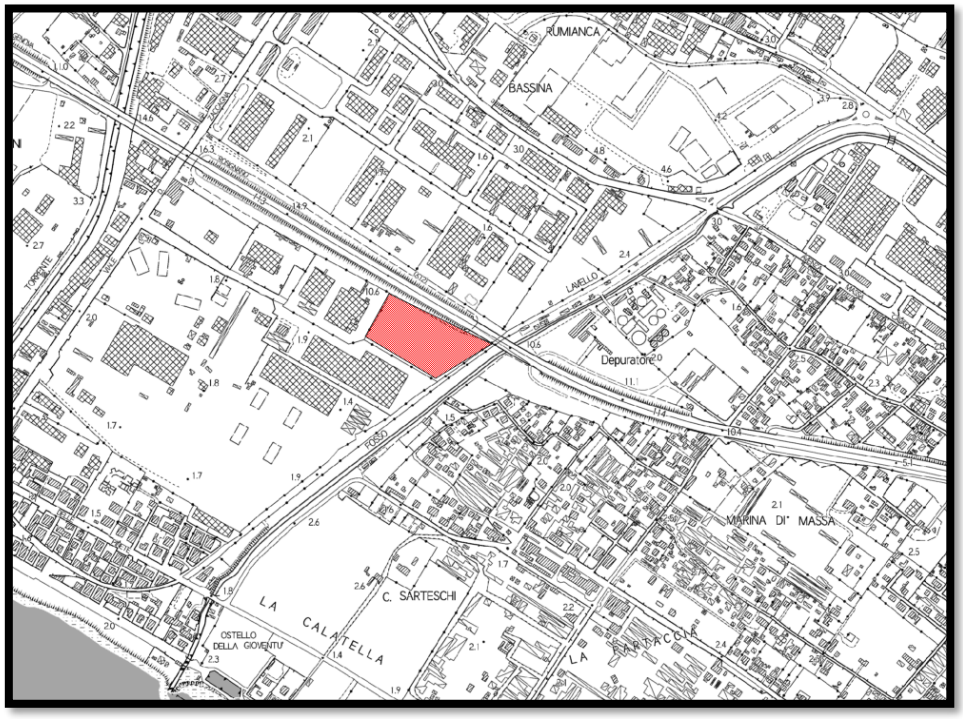


Figura 2: localizzazione su CTR dell'area di studio

Di seguito si riporta un inquadramento dell'area su ortofoto da cui si evince il contesto insediativo sopra descritto.

Figura 3: localizzazione dell'area su ortofoto aerea del 2024

Storicamente l'area aveva avuto una destinata agricola con il suo classico mosaico a scacchiera dei campi coltivati, fino ai primi anni '80, successivamente iniziano a sorgere i primi impianti e fabbriche.

Di seguito si riporta un'inquadramento delle ortofoto storiche del territorio da cui si può evincere come l'area nel tempo si sia trasformata da contesto agricolo a industriale.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Verifica di sussistenza vincolo art. 142 c. 1 lett. g
documento firmato digitalmente da Simone Fiorgovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 4: foto aerea del 1954

Figura 5: foto aerea del 1975

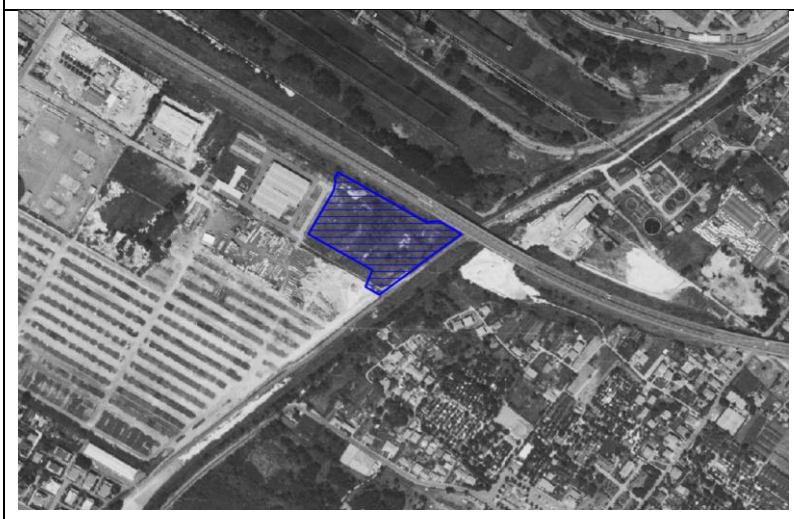


Figura 6: foto aerea del 1988

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Verifica di conformità ai sensi dell'art. 23-ter, c. 1-bis, d.lgs. 82/2005 e s.m.i.
documento firmato digitalmente da Simone Fiorgovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 7: foto aerea del 1998

Figura 8: foto aerea del 2005

Figura 9: foto aerea del 2010[1]

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiorgovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Localizzazione dell'area secondo il PIT

L'area è vincolata secondo il D.L.gs 42/2004, art.142 Lett. g) I territori coperti da foreste e da boschi.

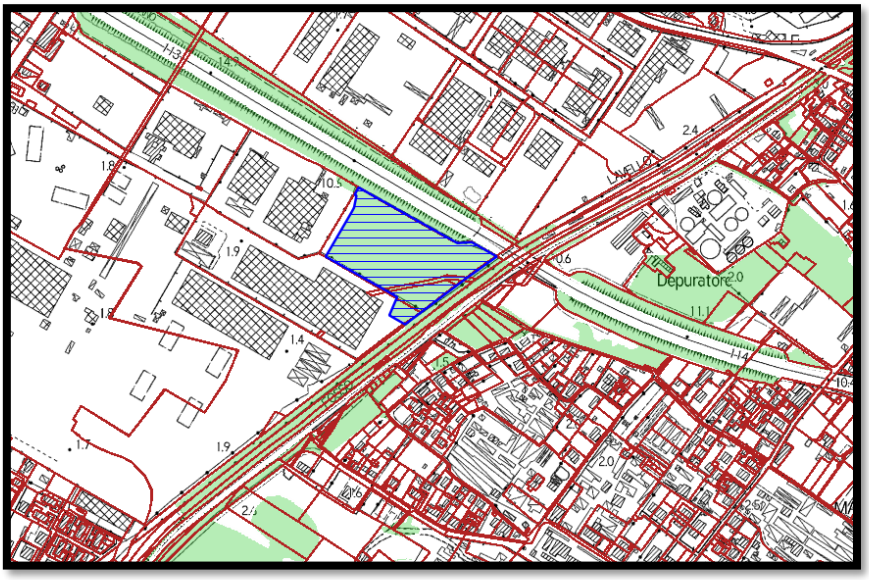


Figura 10: l'area tratteggiata in blu rappresenta l'area in esame e in verde le aree vincolate secondo il D.L.gs 42/2004, art.142 Lett. g) I territori coperti da foreste e da boschi.

Il Piano di indirizzo territoriale con valenza di piano paesaggistico inquadra porzioni dell'area in esame come in parte boscate. Si tenga conto che ai sensi dell'art. 5 della Disciplina di PIT/PPR, "…. la rappresentazione cartografica delle aree di cui all'art. 142 lettere a), b), c), d), g) del Codice, per la metodologia utilizzata e per la natura stessa dei beni, ha valore meramente ricognitivo…"; pertanto la cartografia del PIT, che individua l'area come parzialmente interessata da vegetazione arborea è di tipo ricognitivo e necessita quindi di un maggiore grado di valutazione della componente arborea e della vegetazione che la interessa.

Descrizione dell'area

L'area oggetto di indagine risulta suddivisibile in due distinte porzioni dal punto di vista della classificazione d'uso del suolo.

La prima porzione è occupata da un piazzale con fondo naturale in ghiaia, avente una superficie complessiva di circa 7.600 m², destinato allo stoccaggio temporaneo di materiali. Tale infrastrutturazione è stata realizzata nel corso del 2021.

[1] Foto aeree derivante dalla consultazione dell'archivio storico del Geoscopio di Regione Toscana

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiorgovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

La restante superficie è costituita da soprassuolo naturale, non oggetto di interventi recenti, e caratterizzata da copertura vegetale spontanea.

La componente erbacea si presenta continua e omogenea sull'intera area, con una copertura pressoché totale del suolo. Le specie prevalenti appartengono alle famiglie delle *Graminaceae* e delle *Asteraceae*. Nelle aree più prossime al corso d'acqua si osserva la presenza di specie a carattere igrofilo, tra cui *Artemisia vulgaris*, specie sinantropica tipica di ambienti umidi e parzialmente alterati.

Lo strato arbustivo è disomogeneo e distribuito in nuclei discontinui; esso risulta costituito quasi esclusivamente da *Arundo donax* (canna comune), specie infestante a rapido accrescimento, frequentemente associata ad ambienti ripariali o perturbati.

Lo strato arboreo si presenta eterogeneo sia per distribuzione che per composizione floristica e dimensionale. Gli esemplari di maggiori dimensioni appartengono alla specie *Populus alba* (pioppo bianco), la quale mostra tuttavia condizioni fitosanitarie scadenti: chiome fortemente ridotte, presenza di rami epicormici e di carpofori fungini, riconducibili a probabili danni meccanici da eventi meteorici o a processi di deperimento fisiologico. Le chiome in alcuni tratti sembrano essere state potate in modo deciso con tagli sulle branche principali anche consistenti, probabilmente per cercare di mettere in sicurezza l'area.

Le ulteriori specie presenti nel corteggio del popolamento arboreo comprendono *Robinia pseudoacacia* (robinia), *Populus nigra* (pioppo nero), *Quercus ilex* (leccio), *Platanus* × *acerifolia* (platano comune), *Ulmus minor* (olmo minore) e *Laurus nobilis* (alloro). Durante il sopralluogo non è stata registrata la presenza di ceppaie o di piante di rinnovazione.

Si annota la presenza di alcune giovani piante che sembrano essere state messe a dimora in modo artificiale dall'uomo con una distribuzione non ben definita.

Nell'area inoltre sono presenti anche piante morte in piedi di cui rimangono i monconi del tronco ancora visibili.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiorgovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Documentazione fotografica

Figura 11: veduta dall'alto dell'aria d'interessa (fonte: Google Earth 3d)

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiornovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Foto 1

Foto 2

Foto 3

Foto 4

Foto 5

Foto 6

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiornovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs. 82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Foto 7

Foto 8

Foto 9

Foto 10

Rilievi

Come anticipato nella descrizione delle attività, sono stati eseguiti dei rilievi in loco al fine di numerare e posizionare le piante presenti nell'area e dedurre il loro indice di copertura al suolo.

In totale sono state contate 114 piante, il conteggio è stato fatto complessivo su tutte le piante presenti, dalle più grosse alle più piccole, e, infine, da foto aerea 2024/2025 del Geoscopio, sono state ridisegnate le chiome di ogni singola pianta presente per capire la percentuale di copertura delle stesse.

Allo stato attuale il numero di piante risulta essere inferiore alle 500 piante per ettaro e l'incidenza delle chiome sulla superficie è intorno al 5% rispetto all'intera area valutata.

Di seguito si riportano due inquadramenti dell'area, la prima raffigura il posizionamento delle piante e la seconda la proiezione delle chiome sul piano orizzontale.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiornovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs. 82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiornovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiornovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Conclusioni

A seguito dei sopralluoghi effettuati e dell'analisi dei dati raccolti durante le attività di rilievo, l'area indagata non presenta, allo stato attuale, caratteristiche tali da consentirne la classificazione come "bosco" ai sensi della normativa vigente. In particolare, i parametri relativi a densità, continuità della copertura arborea ed estensione minima non risultano soddisfatti. Pertanto, si ritiene sufficientemente supportata da ragioni tecniche la sua deperimetrazione e la conseguente attribuzione di una diversa destinazione urbanistica.

Nel dettaglio, l'area oggetto di studio è costituita, per una porzione significativa, da una superficie adibita a piazzale in ghiaia, completamente priva di copertura vegetale, la restante superficie è caratterizzata dalla presenza di ampie chiarie, nelle quali si sviluppa prevalentemente una copertura erbacea a carattere spontaneo, con scarsa evoluzione verso stadi vegetazionali più maturi.

La componente arborea, laddove presente, risulta distribuita in modo sporadico e discontinuo, con individui isolati o piccoli nuclei non interconnessi, tali da non garantire una copertura del suolo significativa né una struttura forestale definita.

Alla luce di tali considerazioni, l'area si configura più propriamente come un mosaico di superfici aperte e artificializzate, privo dei requisiti normativi necessari per l'inquadramento come "bosco".

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Simone Fiornovelli e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs. 82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Comune di **Carrara**
Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile
portale **istituzionale**
www.comune.carrara.ms.gov.it

Proposta di modifica al P.I.T.

STATO ATTUALE

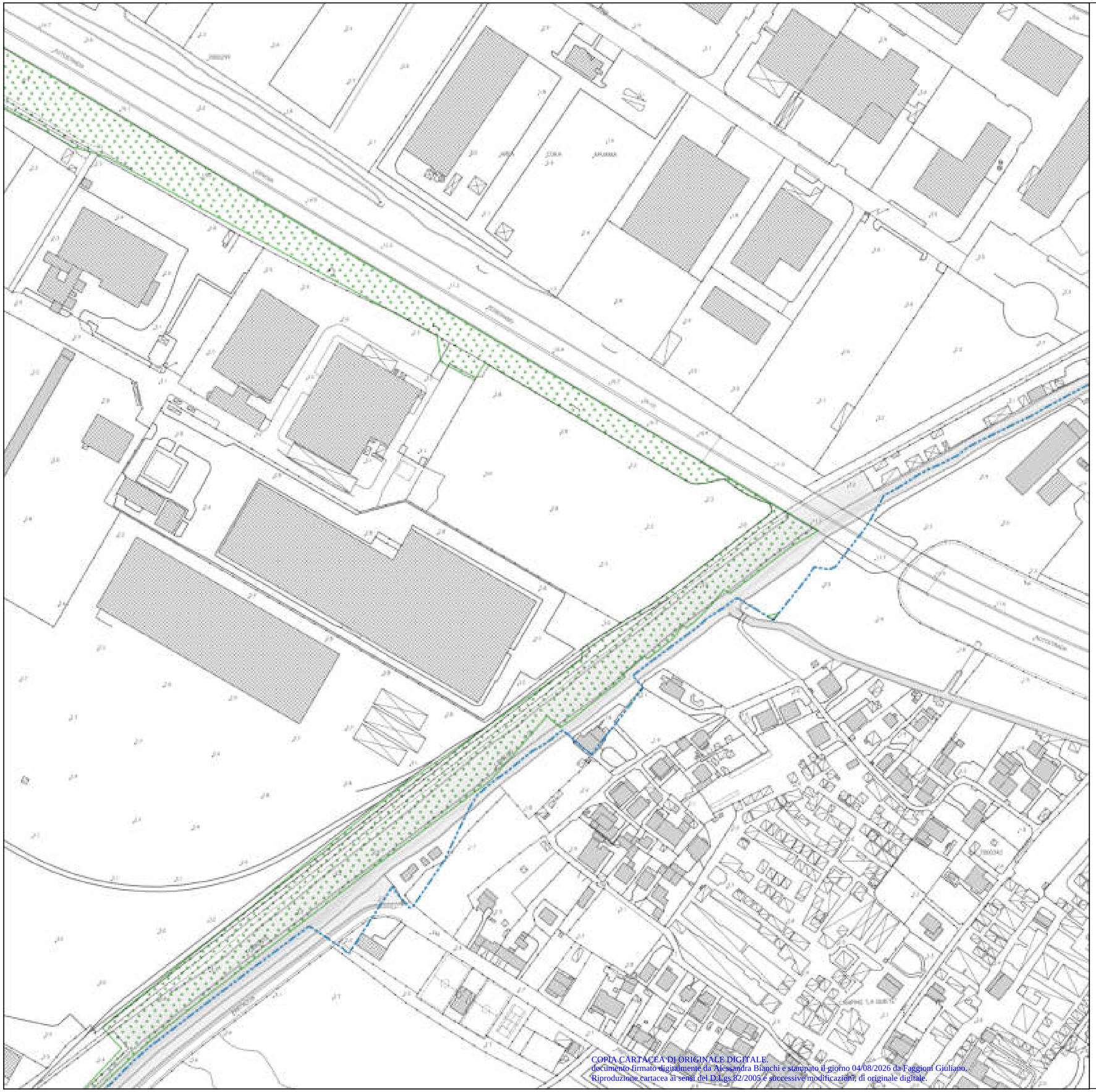
(art. 142 c.1 lett.G, Codice) agg.2018

Art.14 della Disciplina di Piano e Art. 12 dell'Elaborato 8B
"Disciplina dei Beni Paesaggistici".- (art. 142 c.1 lett.G, Codice) agg.2018

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2003 e successive modificazioni, di originale digitale.

Bianchi
Alessandra
03.08.2026
10:45:54
GMT+02:00

1:1



Comune di **Carrara**
Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile
portale **istituzionale**
www.comune.carrara.ms.gov.it

Proposta di modifica al P.I.T.

STATO MODIFICATO

(art. 142 c.1 lett.G, Codice)

Art.14 della Disciplina di Piano e Art. 12 dell'Elaborato 8B
"Disciplina dei Beni Paesaggistici".- (art. 142 c.1 lett.G, Codice) agg.2018

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Alessandra Bianchi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

1:1

COMUNE DI CARRARA
Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile
Settore 6 Governo del Territorio

COMUNE DI CARRARA

Variante semplificata al Piano Operativo Comunale
Art. 30 della l.r. 10 novembre 2014, n. 65 "Norme sul governo del Territorio"

ADOZIONE

RELAZIONE DEL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ai sensi e per gli effetti dell'art. 32 comma 1 L.R.T. 10 novembre 2014 n. 65

Lugio 2026

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Stefano Francesconi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Piano Operativo Comunale (P.O.C.) vigente è stato approvato con Delibera di Consiglio Comunale n. 49 in data 31.05.2022 e successive varianti.

La variante semplificata al Piano operativo ha per oggetto alcune previsioni interne al territorio urbanizzato (l'area sede di Aero Service Technologies Italy s.r.l. in zona industriale - Viale Zaccagna ed i fabbricati oggetto di piano attuativo "PA.3.1 – PDR" - Via Garibaldi ubicato in loc. Marina di Carrara), non introduce previsioni di grandi strutture di vendita o di aggregazione di medie strutture, rientra pertanto nei casi previsti dall'art. 30 della l.r. 65/2014 e per l'approvazione vengono seguite le procedure dell'art. 32 citata legge regionale. Le aree oggetto di variante comprendono Beni paesaggistici e si è, quindi, trasmessa in data 02/02/2026 con nota prot. gen.le n 8932 e successiva nota del 03/08/2026 prot. gen.le n. 76138 la comunicazione di avvio del procedimento ai sensi dell'art. 21 della Disciplina del PIT-PPR alla Soprintendenza ed ai competenti uffici regionali, secondo quanto previsto art 6 c. 3 dell'Accorto Regione Toscana Ministero dei beni culturali del 17 maggio 2018.

Per l'illustrazione puntuale della variante si rimanda alla Relazione Tecnica.

La variante è stata oggetto di Verifica di assoggettabilità a VAS ai sensi dell'art. 5 della l.r 10/10 e il procedimento di formazione ha preso avvio con la trasmissione del documento preliminare, ai sensi dell'art. 22 della medesima legge regionale, all'Autorità Competente.

In data 02/02/2026 con nota prot. n. 78930 il documento di verifica di assoggetabilità a VAS e la documentazione tecnica relativa alla proposta di variante è stata trasmessa ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. n. 152/06 e dell'art. 22 della l.r. 10/10 all'Autorità competente in materia di VAS al fine dell'ottenimento del parere motivato di esclusione o assoggettabilità a VAS della presente variante al P.O. L'Autorità competente ha avviato le consultazioni trasmettendo tutta la documentazione ai seguenti Soggetti Competenti in materia ambientale (SCA) al fine di acquisirne i pareri entro 30 giorni dalla ricezione della stessa:

- Regione Toscana – Direzione Ambiente ed Energia- Settore "VIA-VAS-opere pubbliche di interesse strategico regionale".
- Regione Toscana – Direzione Urbanistica e Politiche abitative- Settore Tutela, Riqualificazione e Valorizzazione del Paesaggio.
- Regione Toscana- Direzione Ambiente ed Energia - Settore "Energia, tutela della qualità dell'aria e dall'inquinamento elettromagnetico e acustico".
- Regione Toscana- Direzione Generale Ambiente ed Energia- Settore Parchi e biodiversità monitoraggio acque minerali e termali.
- Regione Toscana – Direzione Agricoltura e Sviluppo Rurale- settore Produzioni Agricole Vegetali.
- Regione Toscana – Direzione delle Politiche della Mobilità, Infrastrutture e Trasporto Pubblico Locale- Settore complesso infrastrutture di trasporto Strategiche e Pianificazione Cave
- Regione Toscana – Direzione Generale Competitività del Sistema Regionale e Sviluppo delle Competenze - Settore Disciplina, politiche e incentivi del commercio e attività terziarie
- Regione Toscana- Direzione Generale Ambiente ed Energia- Settore Servizi Pubblici Locali e Bonifiche.
- Regione Toscana Ufficio del Genio Civile Toscana Nord di Massa Carrara.
- Provincia di Massa Carrara.
- ARPAT- Dipartimento di Massa e Carrara.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Stefano Francesconi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

- Autorità di Distretto Idrografico Appennino Settentrionale.
- GAIA S.p.A.
- Azienda USL
- SALT.
- Ferrovie dello Stato.
- Toscana Energia.
- SNAM Rete gas
- Camera di Commercio di Massa Carrara.
- Autorità del Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale.
- Retiambiente SpA.
- Comune di Fivizzano.
- Comune di Fosdinovo.
- Comune di Massa.
- Comune di Luni.
- Comune di Sarzana.
- E- distribuzione.
- Terna S.p.a.
- Toscana Energia.
- SNAM Rete Gas.
- FiberCop.
- Anas S.p.a,
- RFI rete ferroviaria italiana.
- Consorzio di Bonifica Toscana nord.
- Consorzio ZIA.
- Retiambiente Carrara srl.
- ATO Toscana Costa.
- Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Massa Carrara e Lucca

Entro il termine previsto hanno trasmesso il proprio parere/contributo:
- ARPAT – AREA VASTA COSTA – Dipartimento di Massa Carrara – Settore Supporto Tecnico (prot. 22494 del 11/03/2026);
- Regione Toscana – Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile Settore Genio Civile Toscana Nord (prot. n. 22649 del 11/03/2026);
- Regione Toscana – Direzione Attività Produttive Settore Turismo, Commercio e Servizi (prot. n. 23081 del 12/03/2026);
- Azienda USL Toscana Nord Ovest – Dipartimento di Prevenzione – U.F. Igiene Pubblica e Nutrizione (prot. n.23223 del 13/03/2026);
- Autorità di Bacino distrettuale dell'Appenino Settentrionale (prot. 24226 del 17/03/2026) pervenuto oltre i tempi richiesti.

Il procedimento di verifica si è concluso con il Provvedimento di Verifica del 21/04/2026 protocollo n. 35098 con il quale l'Autorità Competente ha determinato di escludere dalla procedura di VAS la variante semplificata al Piano operativo fornendo alcuni suggerimenti e raccomandazioni utili per la fase di progettazione degli interventi. Il soggetto proponente ha provveduto ad integrare gli elaborati tecnici predisposti per l'adozione.

Il provvedimento di verifica, le motivazioni e le raccomandazioni correlate sono pubblicati, unitamente ai contributi pervenuti, sul sito istituzionale del Comune.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Stefano Francesconi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA
Decorato di Medaglia d'Oro al Merito Civile
Settore 6 Governo del Territorio

In data 16/07/2026 con prot. n. 70896 la documentazione tecnica relativa alla proposta di variante è stata trasmessa al Consorzio Zona Industriale Apuana (C.Z.I.A.) per il parere, obbligatorio ma non vincolante, previsto all'art. 20 comma 2 della l.r. 44/2019 relativamente alle aree oggetto di variante ricadenti all'interno di tale perimetro (area retro portuale, area industriale posta lungo il Viale Zaccagna e area residenziale in loc. Nazzano). Il Consorzio Zona, con Delibera di Assemblea del Consorzio n. 11/2026 del 29/07/2026, pervenuta in pari data con prot. n. 75739 del 31/07/2026, ha espresso parere favorevole.

In data 20/07/2026 la variante è stata illustrata alla competente Commissione consiliare 6^ "Urbanistica, mobilità e traffico, Pianificazione Territoriale, progetti Speciali e PNNRR, Difesa del Suolo, Protezione Civile".

Trattandosi di una variante al piano operativo che introduce aumenti di volumetrie o di superfici coperte, riconducibile alla lettera b) del comma 1 dell'art. 3 del D.P.G.R. 5/R/2020 e pertanto si è reso necessario procedere ad un nuovo deposito delle indagini. Si sottolinea che l'art. 13 del succitato regolamento di attuazione che dispone: " *Il soggetto istituzionale competente adotta gli strumenti della pianificazione territoriale ed urbanistica e le relative varianti di cui all'articolo 3, comma 1, solo a seguito della comunicazione della data e del numero di deposito ai sensi dell'articolo 7*".

Pertanto in data 15/07/2026 con prot. n. 70417, 70420, 70423 è stato effettuato ai sensi dell'art. 104 della LRT 65/2014 e del D.P.G.R. 5/R/2020 il prescritto Deposito al Settore Genio Civile Toscana Nord e da questo è stato iscritto nel registro dei depositi con il numero 2409 con data pari al 24/07/2026.

Tutta la documentazione è stata resa disponibile sul sito istituzionale del Comune alla pagina https://www.comune.carrara.ms.it/it/page/piano-operativo

Preso infine atto del rapporto del Garante della Informazione e della Partecipazione, Ing. Claudia Casini, redatto ai sensi dell'art. 38 della l.r. 65/2014, allegato tra gli elaborati costitutivi della proposta di variante.

tutto ciò premesso e considerato
DICHIARA
(ai sensi dell'art. 32 l.r. 65/2014)

- che il procedimento di formazione della variante semplificata si è svolto nel rispetto delle norme legislative e regolamentari vigenti;
- che la variante semplificata si è formata in piena coerenza con gli altri strumenti della pianificazione territoriale di riferimento, in particolare con la disciplina dei Beni Paesaggistici del PIT approvato con D.C.R. n. 37/2015, tenendo conto degli ulteriori piani o programmi di settore vigenti.

Il Responsabile del Procedimento
Arch. Stefano Francesconi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Stefano Francesconi e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Rapporto del Garante dell'Informazione e della Partecipazione
ai sensi degli Artt. 37 e 38 della Legge Regionale Toscana 12 novembre 2014, n. 65

OGGETTO: ADOZIONE VARIANTE SEMPLIFICATA AL PIANO OPERATIVO COMUNALE

- **Area 1:** Piano attuativo PA.3.1 - PDR - Via Garibaldi (Marina di Carrara)
- **Area 2:** Area sede di Aero Service Technologies Italy s.r.l. (Aero Alliance) in zona industriale, Viale Zaccagna

1. Premessa e inquadramento normativo

Il Comune di Carrara è dotato di Piano Operativo Comunale (PO) approvato con Delibera di Consiglio Comunale n. 49 del 31 maggio 2022 e successive varianti.
L'attuale proposta di variante ha per oggetto due previsioni puntuali interne al perimetro del centro urbanizzato, non introduce medie o grandi strutture di vendita e risulta pertanto ascrivibile alle **varianti semplificate** ai sensi dell'art. 30 della L.R. 65/2014. L'iter di adozione e successiva approvazione seguirà le procedure espresse dall'art. 32 della medesima legge regionale.

1. Oggetto dettagliato della variante

Di seguito vengono descritte le caratteristiche delle aree interessate e i contenuti specifici della variante.

1.1 Piano Attuativo PA.3.1 - PDR - Via Garibaldi (Marina di Carrara)

L'intervento interessa un complesso edilizio in profondo stato di degrado e abbandono, con una **Superficie Territoriale (ST) di 1.835 mq**.

- **Obiettivo della variante**: Risolvere un'incongruenza geometrico-parametrica presente nella scheda norma del Piano Operativo vigente. La pianificazione attuale fissava il limite per la "Superficie coperta massima" al **40% della Superficie Fondiaria (SF)** e contemporaneamente rimandava all'attuazione *"come da schema grafico"* (che prevedeva invece un'impronta a terra maggiore).
- **Modifica introdotta**: La variante **elimina il limite rigido del 40%** (pari a 534 mq) modificando il parametro in *"Superficie coperta SC = come da schema grafico"* (circa 800 mq complessivi). Questa modifica serve a sbloccare il recupero dell'area, consentendo anche la realizzazione delle opere pubbliche connesse.
- **Contenuto del progetto di trasformazione**:
  - Sottopone l'edificio esistente lungo Via Garibaldi a interventi di **restauro e risanamento conservativo** (pari a 302 mq di superficie coperta e 604 mq di Superficie Edificabile), salvaguardandone i prospetti storici.
  - Autorizza la demolizione dei manufatti interni degradati e la successiva **sostituzione edilizia** con un nuovo complesso residenziale (446 mq di superficie coperta e 900 mq di Superficie Edificabile), con funzioni commerciali di vicinato concentrate esclusivamente al piano terra.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da GIACOMO GRASSI e stampato il giorno 04/06/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

- Prevede la cessione e la realizzazione di una **piazza ad uso pubblica di almeno 500 mq**.

1.2. Piastra Produttiva Specializzata P2 Aero Alliance (Viale Zaccagna)
L'intervento riguarda l'ampliamento dello stabilimento della ditta *Aero Service Technologies Italy s.r.l. (Aero Alliance)*, specializzata nella manutenzione di turbine a gas aeroderivate, situato nella Zona Industriale Apuana al confine con il comune di Massa.

- **Obiettivo della variante**: Dare attuazione al **Protocollo d'Intesa** siglato il 30/01/2025 tra Regione Toscana, Comune di Carrara e l'azienda per permettere un importante piano di espansione industriale ed occupazionale dello stabilimento.
- **Modifica introdotta**: L'area oggetto di variante, avente un'estensione di **12.612 mq**, viene **riclassificata urbanisticamente**, passando dall'indice *"VR - Le aree verdi non edificate"* (regolate dall'art. 64 delle NTA, che ne sanciva l'inedificabilità assoluta) all'indice *"P2 - Le piastre produttive specializzate"* (art. 77 delle NTA).
- **Motivazione tecnica della riclassificazione**: Il Rapporto Preliminare evidenzia come l'area di frangia, pur essendo classificata come verde, abbia perso da tempo qualsiasi connotato di ruralità o potenziale uso agricolo, trovandosi completamente interclusa tra il rilevato autostradale della A12 (limite nord), il rilevato ferroviario (limite est) e i capannoni industriali esistenti.
- **Parametri e potenzialità edificatorie**: Il lotto viene omologato alla disciplina delle aree industriali attrezzate adiacenti, applicando i parametri standard dell'art. 77 delle NTA (Indice di fabbricabilità = 0,80 mq/mq; Rapporto di copertura massimo = 40%; Altezza massima = 12 metri, derogabile fino a 50 metri per comprovate esigenze tecniche dei volumi industriali). Ciò comporta un incremento stimato della Superficie Edificabile (SE) di circa **10.100 mq**.
- **Condizionamenti geometrici e idraulici**: A causa della presenza dei rilevati infrastrutturali e del Torrente Lavello, l'effettiva area edificabile finale sarà fortemente ridotta dalle fasce di rispetto geometriche. Le porzioni inedificabili residue interne al lotto dovranno obbligatoriamente ospitare barriere vegetali continue (mitigazione acustica e visiva) e sistemi ingegneristici per la gestione del rischio idraulico e il rispetto dell'invarianza idraulica.

2. Procedimento di Verifica di Assoggettabilità a VAS
Autorità Procedente: Comune di Carrara – Consiglio Comunale
Autorità Proponente: Settore 6 Governo del Territorio (Istanza prot. n° 8930 del 02/02/2026)

Il procedimento di Verifica di Assoggettabilità a Valutazione Ambientale Strategica (VAS) è stato condotto in conformità all'art. 12 del D.Lgs. n. 152/2006 e all'art. 22 della Legge Regionale Toscana n. 10/2010 per valutare se la variante proposta potesse generare impatti significativi sull'ambiente.

L'iter si è articolato nelle seguenti fasi temporali e procedurali:

- **Attivazione del Procedimento**: Il Dirigente del Settore 6 Governo del territorio, in qualità di Autorità Proponente, ha attivato la procedura con nota prot. n° 8930 del 02/02/2026, trasmettendo al Nucleo V.A.S. il Documento Preliminare e la documentazione tecnica allegata.
- **Consultazione dei Soggetti Competenti in Materia Ambientale (SCA)**: Con nota prot. n° 12863 del 12/02/2026, l'Autorità Competente ha provveduto a trasmettere la documentazione a tutti gli enti e soggetti competenti alla tutela ambientale individuati ai sensi dell'art. 20

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da GIACOMO GRASSI e stampato il giorno 04/06/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

della L.R. 10/2010, assegnando il termine di legge per l'acquisizione dei rispettivi pareri e contributi.

- **Istruttoria Tecnica e Conferenza di Servizi**: In data 26/03/2026, la proposta di variante è stata formalmente illustrata ai componenti del Nucleo Tecnico di Valutazione VAS dall'Autorità Proponente (rappresentata dal Dirigente del Settore 6, Ing. Luca Amadei, unitamente alla progettista Arch. Alessandra Bianchi e al Responsabile del Procedimento Arch. Stefano Francesconi). In tale sede sono stati acquisiti i chiarimenti e gli approfondimenti specialistici supportati dai consulenti incaricati, Dott. Leonardo Moretti e Dott.sa Chiara Chiostrini.
- **Valutazione Ambientale del Nucleo**: Il Nucleo Tecnico di Valutazione VAS (composto dall'Ing. Alessandra Pacciani, dalla Dott.sa Paola Micheletti e dall'Ing. Nicola Festa, con le funzioni di segretario verbalizzante affidate alla Dott.sa Ilaria Tazzini) si è riunito il giorno 14 aprile 2026. Il Nucleo ha esaminato collegialmente le risultanze dell'istruttoria e i contributi tecnici pervenuti nei termini da ARPAT, Azienda USL Toscana Nord Ovest, Genio Civile e Direzione Attività Produttive della Regione Toscana, nonché il contributo fuori termine dell'Autorità di Bacino Distrettuale.
- **Determinazione Finale**: Il procedimento si è formalmente concluso con l'emissione del **Provvedimento di Esclusione dalla procedura di VAS** adottato dal Nucleo Tecnico di Valutazione V.A.S. del Comune di Carrara in data 14/04/2026 e trasmesso con nota prot. n. 0035098/2026 del 21/04/2026.
  Sulla base della documentazione presentata e delle valutazioni espresse dagli enti terzi, il Nucleo ha riscontrato che per l'Area 1 non sono attesi effetti negativi sulle matrici ambientali, mentre per l'Area 2 i potenziali impatti (suolo, sottosuolo, acustica) risultano di non significativa intensità e mitigabili mediante specifiche prescrizioni inserite nelle Norme Tecniche di Attuazione. Di conseguenza, l'Autorità Competente ha espresso all'unanimità parere favorevole all'esclusione della Variante dalla procedura di VAS ordinaria.

  Il Nucleo ha determinato l'esclusione esprimendo unanimità, prescrivendo tuttavia il rispetto delle raccomandazioni e dei contributi tecnici trasmessi dai Soggetti Competenti in Materia Ambientale (SCA):

1. **ARPAT (Prot. 22494 del 11/03/2026):** Rileva che l'Area 2 ricade nel SIR (Sito di Interesse Regionale) ex SIN Massa-Carrara. Raccomanda il rispetto degli obblighi di legge sui siti contaminati (con particolare attenzione alla falda inquinata) e l'esecuzione di un'accurata valutazione di impatto acustico verso i ricettori del confinante Comune di Massa.
2. **Azienda USL Toscana Nord Ovest (Prot. 23223 del 13/03/2026):** Per l'Area 1 richiede misure efficaci di gestione cantiere per polveri/rumori. Per l'Area 2 prescrive che le compensazioni e le barriere vegetazionali di mitigazione acustica e visiva siano puntualmente definite, continue e mantenute nel tempo.
3. **Regione Toscana - Genio Civile Toscana Nord (Prot. 22649 del 11/03/2026):** Evidenzia il condizionamento dell'attività sismica ai criteri del § 3.6.3 dell'allegato A alla DGRT 31/2020 e, per la pericolosità idraulica P2, il rispetto degli artt. 12 e 13 della L.R. 41/18.
4. **Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (Prot. 24226 del 17/03/2026):**Pervenuto fuori termine, ricorda la sovraordinazione del Piano di Bacino (PGRA 2021-2027 e PGA 2021-2027) e il divieto di recare pregiudizio ai corpi idrici.
5. **Regione Toscana - Direzione Attività Produttive (Prot. 23081 del 12/03/2026):** Non rileva osservazioni.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da GIULIANO FAGGIONI e stampato il giorno 04/06/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Vincolo Paesaggistico (PIT/PPR) - Area Viale Zaccagna:
In merito all'inquadramento di porzioni dell'Area 2 come aree boscate da parte del PIT/PPR, si dà atto che lo studio agroforestale specialistico del Dott. For. Fiornovelli ha dimostrato l'assenza dei connotati di "bosco". Ai sensi dell'art. 5 dell'allegato 8B del PIT, in sede di approvazione verrà proposta alla Regione Toscana la formale **modifica del quadro conoscitivo** per l'eliminazione del vincolo boschivo.

3. Attività di Informazione e Partecipazione

Trattandosi di Variante Semplificata ai sensi dell'art. 30 della L.R. 65/2014, la legge non prevede l'obbligatorietà di un percorso partecipativo preventivo e strutturato aperto alla cittadinanza.
Tuttavia, al fine di garantire la massima trasparenza, l'accessibilità e l'informazione diffusa, la Garante assume le seguenti determinazioni in vista della imminente fase di adozione in Consiglio Comunale:

- Sarà redatto e pubblicato sul sito web istituzionale del Comune di Carrara un **Comunicato del Garante** finalizzato a illustrare in modo chiaro e semplificato gli obiettivi di riqualificazione edilizia di Via Garibaldi (Area 1) e i passaggi legati all'ampliamento produttivo di Viale Zaccagna (Area 2). I comunicati del Garante sono disponibili a questo indirizzo: https://nextcloud-municipium.maggiolicloud.it/index.php/s/fATQ2BFpAfDWHbe
- Sarà possibile utilizzare la casella di posta elettronica istituzionale del Garante **garante.comunicazione@comune.carrara.ms.it** per raccogliere qualsiasi richiesta di chiarimento da parte dei cittadini.

Immediatamente a valle dell'adozione della delibera da parte del Consiglio Comunale:

- La deliberazione e l'intera documentazione tecnica allegata saranno trasmesse alla Regione Toscana e alla Provincia di Massa-Carrara.
- Sarà pubblicato l'avviso di avvenuta adozione sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana (BURT). Dalla data di tale pubblicazione decorrerà il termine di **30 giorni** entro il quale **chiunque potrà prendere visione degli elaborati e presentare formali osservazioni presso l'Ufficio Protocollo del Comune**.
- Tutti gli atti e gli elaborati grafici siano inseriti e mantenuti costantemente aggiornati nella sezione specifica del sito web del Comune di Carrara dedita al Piano Operativo: https://www.comune.carrara.ms.it/it/page/piano-operativo

Carrara, data della sottoscrizione digitale
Il Garante dell'Informazione e della Partecipazione
(Firma Digitale)

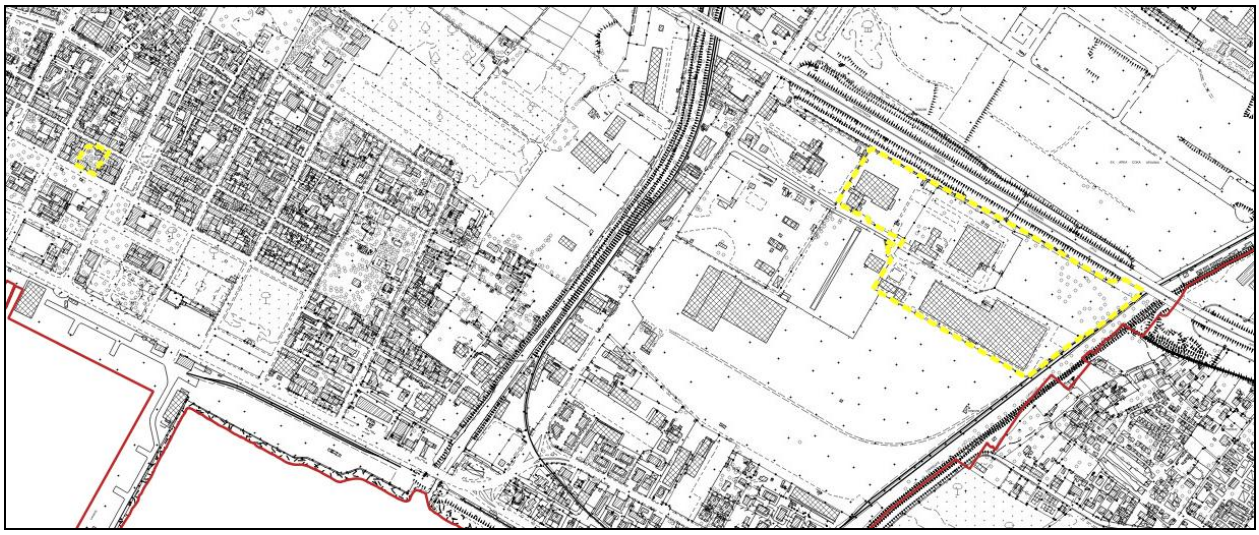
Signed with NamirialSign
CLAUDIA CASINI
24/07/2026 16:00:25 UTC+0200

Documento firmato digitalmente ai sensi e per gli effetti di cui agli art. 21,23,23bis e 23,ter del decreto legislativo n. 82 del 7 marzo 2005 e s.m.i – Codice dell'Amministrazione Digitale.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da CLAUDIA CASINI e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE AL PIANO OPERATIVO



RELAZIONE IDRAULICA

GRUPPO DI LAVORO

Dott. Ing. Chiara Chiostrini
Dott. For. Simone Fiornovelli
Dott. Geol. Leonardo Moretti

Codice 11025	**Emesso** Chiostrini	**D.R.E.AM. Italia** Via Garibaldi, 3 Pratovecchio Stia (Ar) - Tel. 0575 52.95.14 Via Enrico Bindi n.14, Pistoia – Tel 0573 36.59.67 http://www.dream-italia.it AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV = ISO 9001 =	D.R.E.AM. ITALIA
Rev. 00	**Controllato** Galardini		
Data Novembre 2025	**Approvato D.T.** Pietrantonio		

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Luliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Sommario

PREMESSA 2

Inquadramento territoriale delle aree 2

Pericolosità idraulica delle aree 5

Fattibilità idraulica della variante 13

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

PREMESSA

La presente relazione idraulica è redatta allo scopo di definire le condizioni di fattibilità relativamente al rischio idraulico, in applicazione delle disposizioni del regolamento di cui al DPGR 5R/2020, ai sensi dell'art.104 della LRT 65/2014 e secondo le disposizioni della LR 41/2018, delle previsioni riferite alla Variante al Piano Operativo del Comune di Carrara detta "Variante Semplificata e puntuale al Piano Operativo".

La Variante è relativa all'area PA.3.1 – PDR – Via Garibaldi – Recupero/Sostituzione Edilizia, detta variante 1, e alla P2 Aree produttive specializzate Aero Alliance in Viale Domenico Zaccagna, detta variante 2.

Inquadramento territoriale delle aree

La **variante 1** prevede il recupero dell'area degradata e abbandonata su via Garibaldi, compresa nella UTO3 Marina, mediante riqualificazione e completamento di immobili a destinazione Residenziale mantenendo gli elementi architettonici di valore su Via Garibaldi.

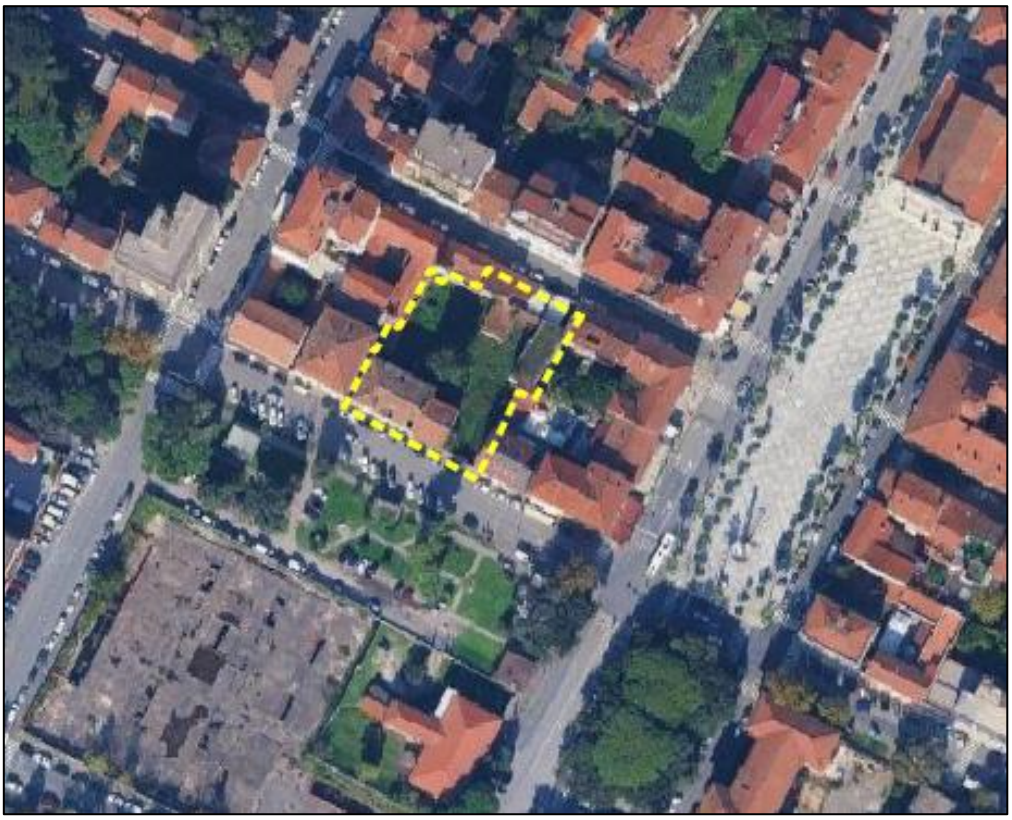


Figura 1: PA.3.1 – PDR – Via Garibaldi – localizzazione su ortofoto

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 2: Inquadramento urbanistico (PO vigente) Area PA.3.1 Via Garibaldi

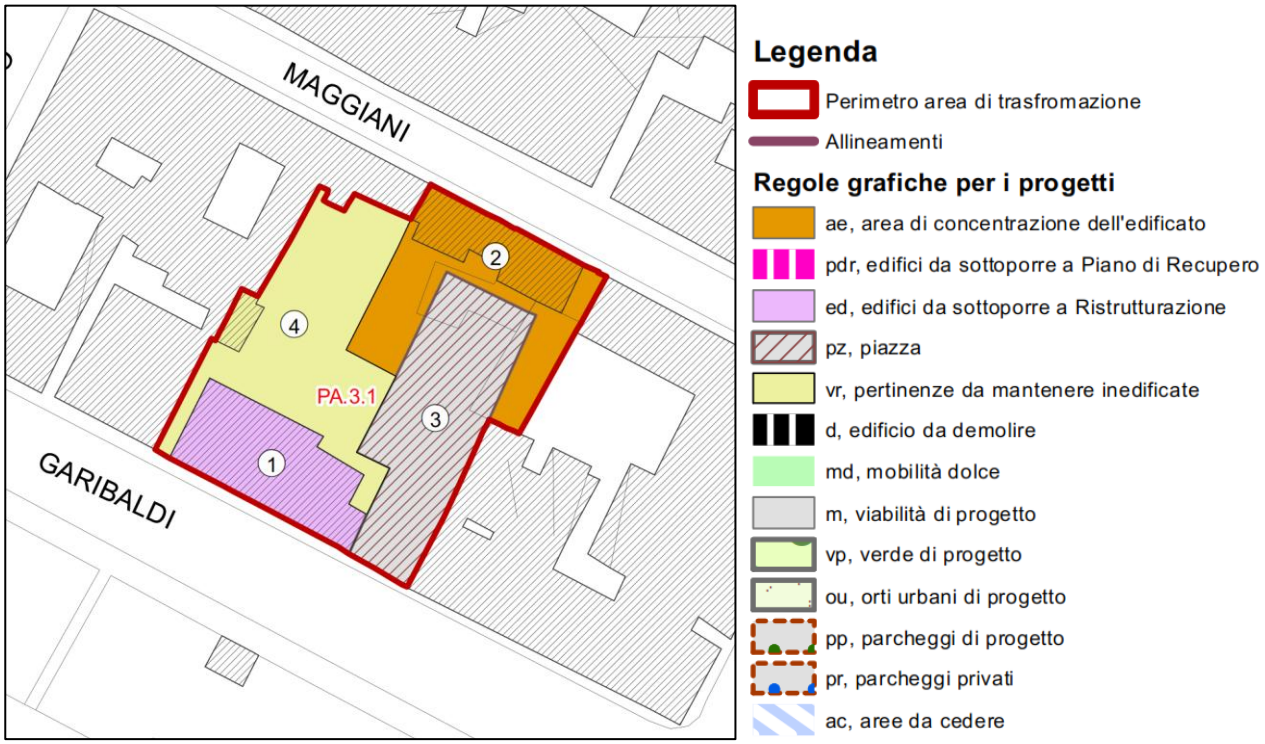


Figura 3: Proposta di variante (variante 1) Area PA.3.1 – PDR – Via Garibaldi – Recupero / Sostituzione Edilizia

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

La **variante 2** prevede l'ampliamento della zona P2 (Art.77 delle NTA del POC) in Viale Domenico Zaccagna, compresa nella UTOE6 Zona Industriale, ad occupazione dell'area con indice VR: aree verdi non edificate (Art. 64 delle NTA del POC).

Figura 4: Area variante 2 Viale Domenico Zaccagna – localizzazione su ortofoto

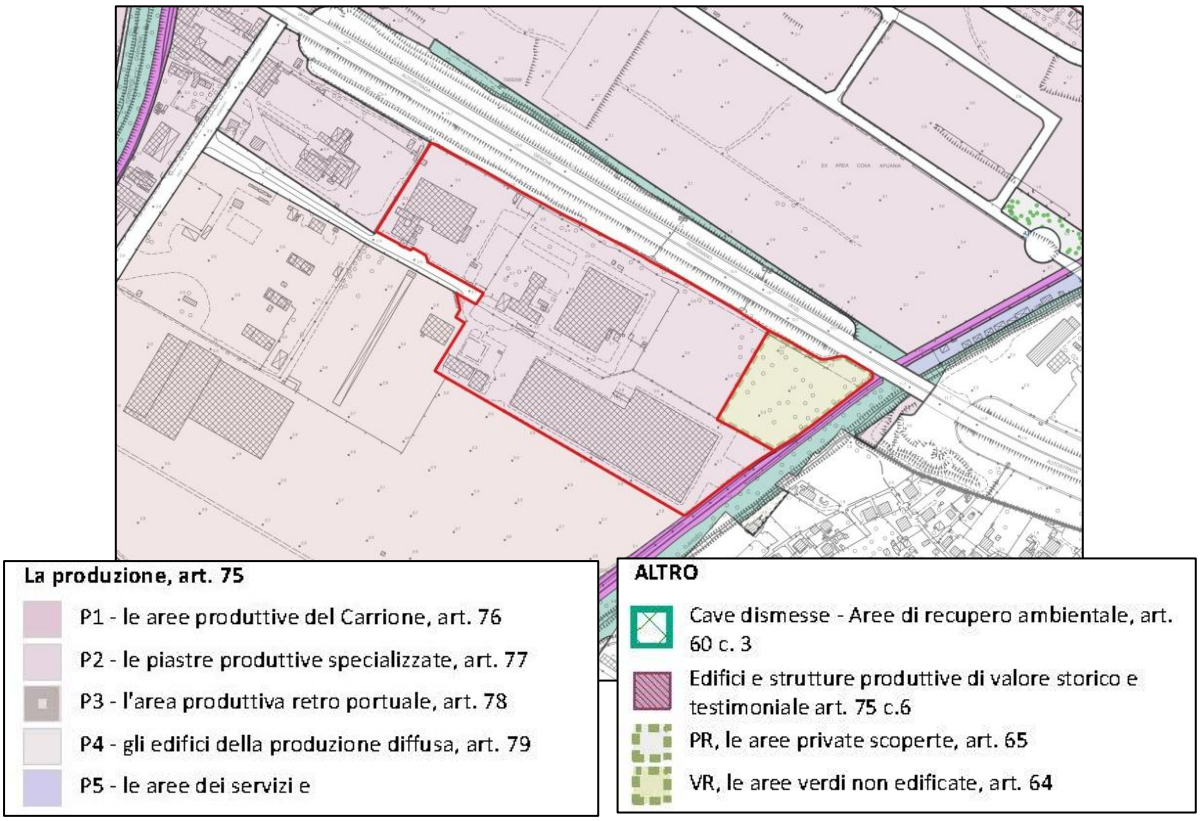


Figura 5: Inquadramento urbanistico (PO vigente) Area Variante 2

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

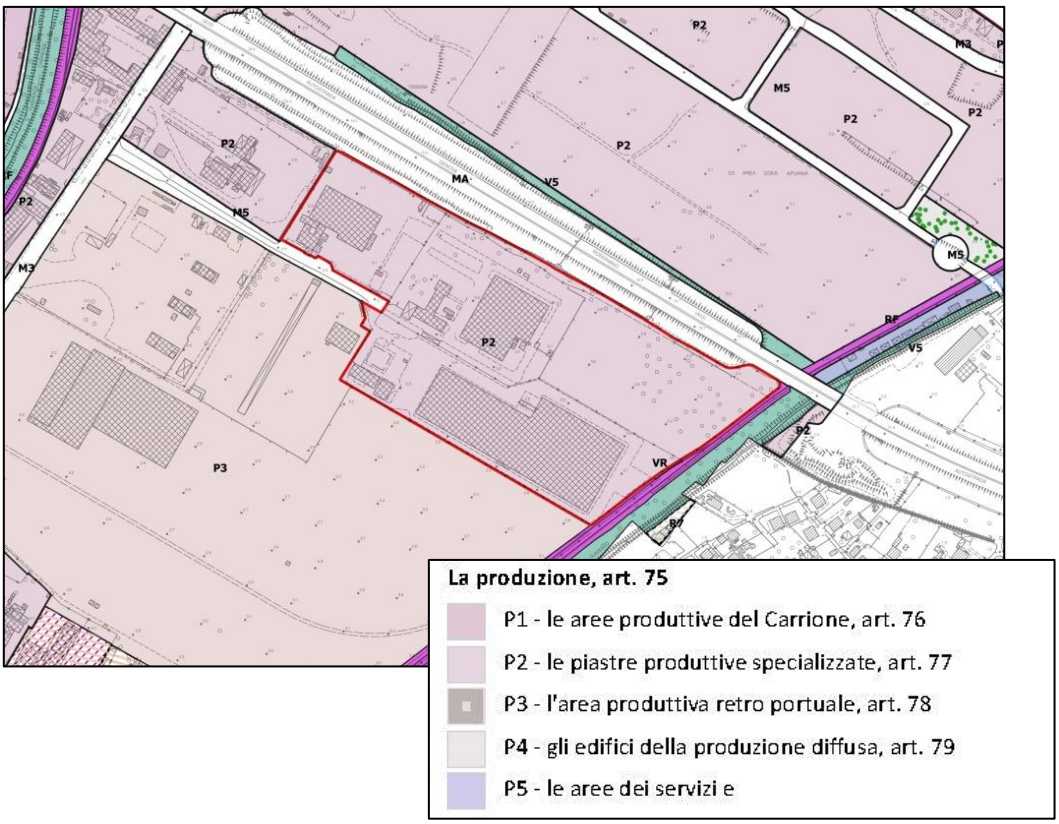


Figura 6: Proposta di variante (variante 2) Ampliamento area P2 e riduzione area VR

Pericolosità idraulica delle aree

Ai sensi del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) l'area di variante 1 è in aree a pericolosità rara (P1):

P1 - Aree a pericolosità rara.

1. Nelle aree P1 sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di gestione del rischio.

2. Nelle aree P1 da alluvioni fluviali l'Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle opere idrauliche in merito all'aggiornamento del quadro conoscitivo con conseguente riesame delle mappe di pericolosità.

3. La Regione disciplina le condizioni di gestione del rischio per la realizzazione degli interventi nelle aree P1.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 7: Pericolosità idraulica ai sensi del PGRA area Variante 1

Dalle cartografie dello Studio idrologico-idraulico di supporto al PO del Comune di Carrara si evince che l'area variante 1 è in area a pericolosità idraulica media I.2, ovvero con 200 < Tr <= 500 anni, ai sensi del DPGR 53R/2011.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

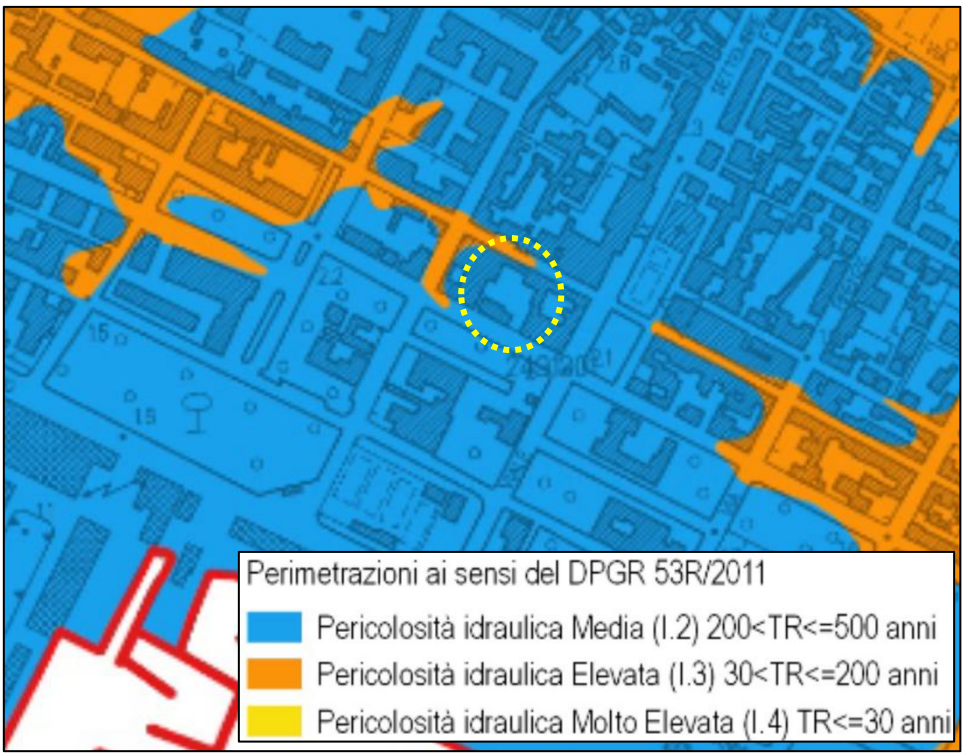


Figura 8: Pericolosità idraulica qualitativa ai sensi del DPGR 53R area Variante 1 – estratto da cartografie del POC Carrara

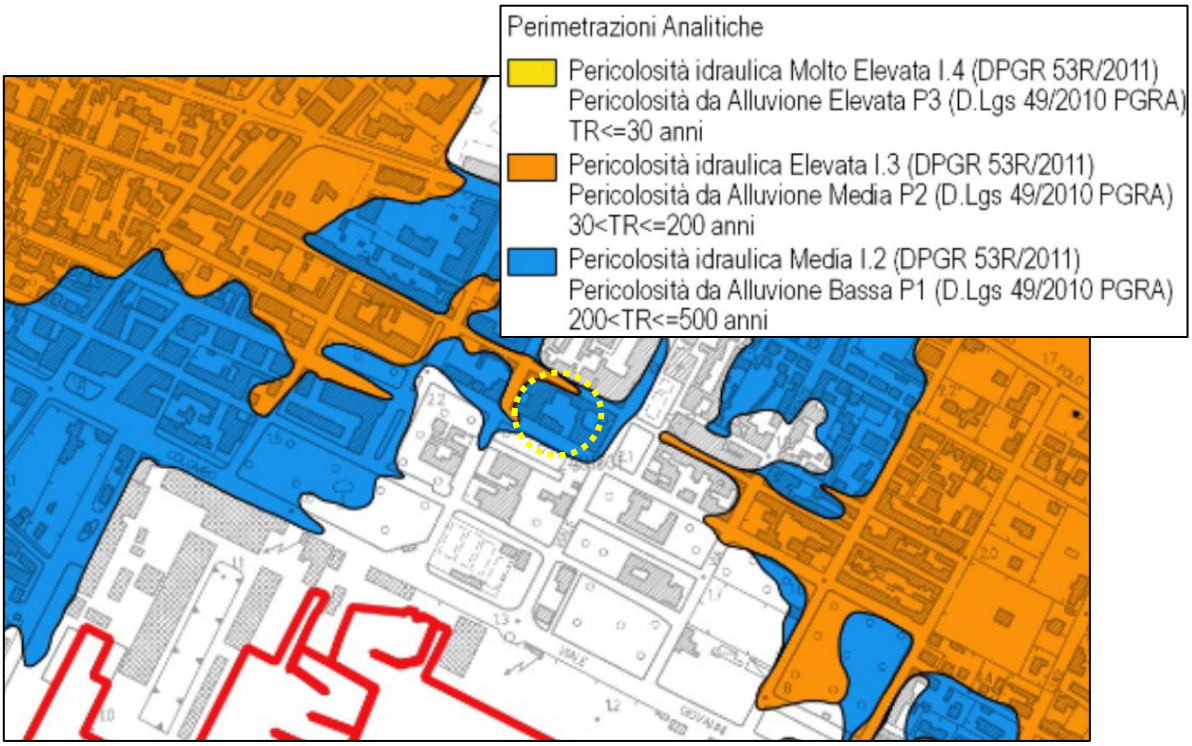


Figura 9: Pericolosità idraulica analitica ai sensi del DPGR 53R area Variante 1 – estratto da cartografie del POC Carrara

L'area non è interessata dal Reticolo idrografico e di gestione individuato dalla Regione Toscana attuando quanto disposto dalla Legge regionale 79/2012.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Ai sensi del PGRA l'area di variante 2 è in aree a pericolosità di alluvione poco frequente (P2):

P2 - Aree a pericolosità da alluvione poco frequente. Norme

Con riferimento alle norme del PGRA e relativi articoli:

1. Nelle aree P2, per le finalità di cui all'art. 1, sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio, fatto salvo quanto previsto al seguente comma 2 e al successivo art. 10.

2. Nelle aree P2 da alluvioni fluviali l'Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle opere idrauliche in merito all'aggiornamento del quadro conoscitivo con conseguente riesame delle mappe di pericolosità.

3. Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio per la realizzazione degli interventi nelle aree P2.

P2 - Aree a pericolosità da alluvione poco frequente. Indirizzi

1. i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi:

a) sono da subordinare, se non diversamente localizzabili, al rispetto delle condizioni di gestione del rischio, le previsioni di:

- nuove opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali;

- nuovi impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;

- sottopassi e volumi interrati

b) sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio le previsioni di:

- nuove infrastrutture e opere pubbliche o di interesse pubblico;

- interventi di ampliamento della rete infrastrutturale primaria, delle opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali e degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;

- nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione;

- nuove edificazioni.

c) sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica alla riqualificazione e allo sviluppo degli ecosistemi fluviali esistenti, nonché le destinazioni ad uso agricolo, a parco e ricreativo – sportive.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

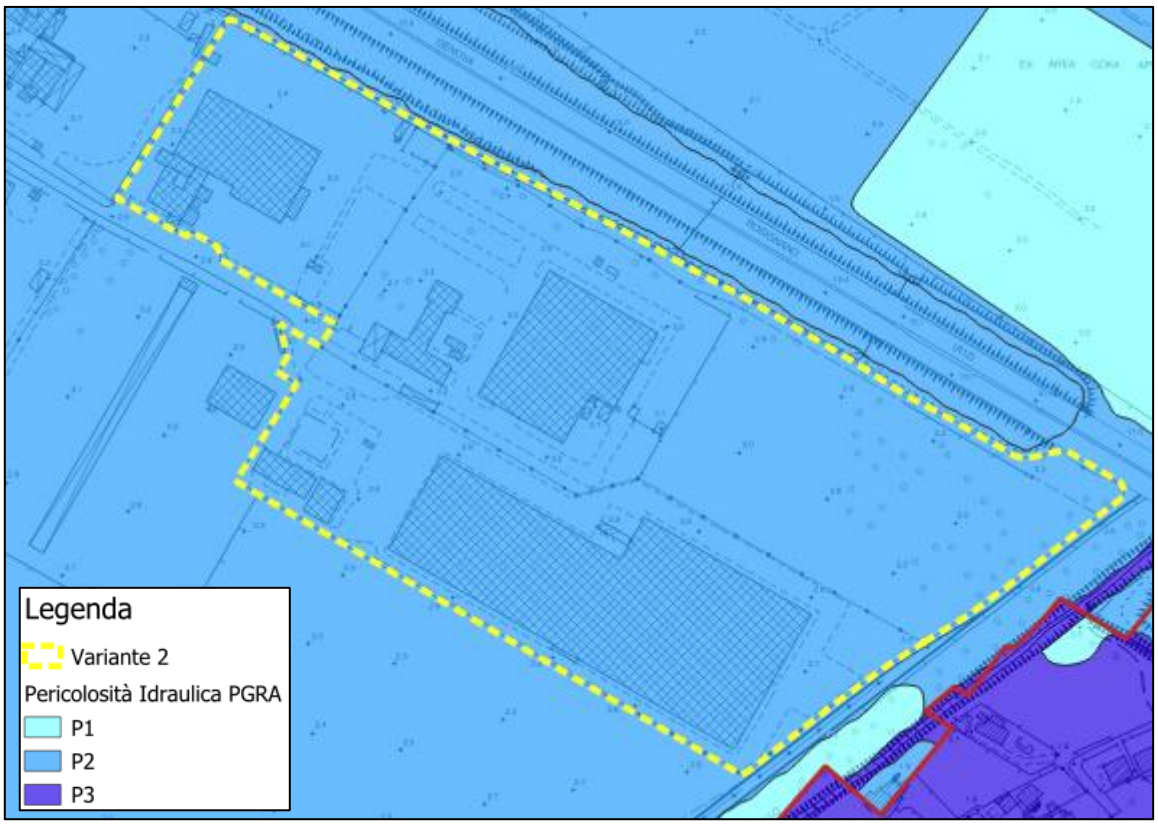


Figura 10: Pericolosità idraulica ai sensi del PGRA area Variante 2

Dalle cartografie dello Studio idrologico-idraulico di supporto al PO del Comune di Carrara si evince che l'area variante 2 è in area a pericolosità idraulica elevata I.3, ovvero con 30 < Tr <= 200 anni, ai sensi del DPGR 53R/2011.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

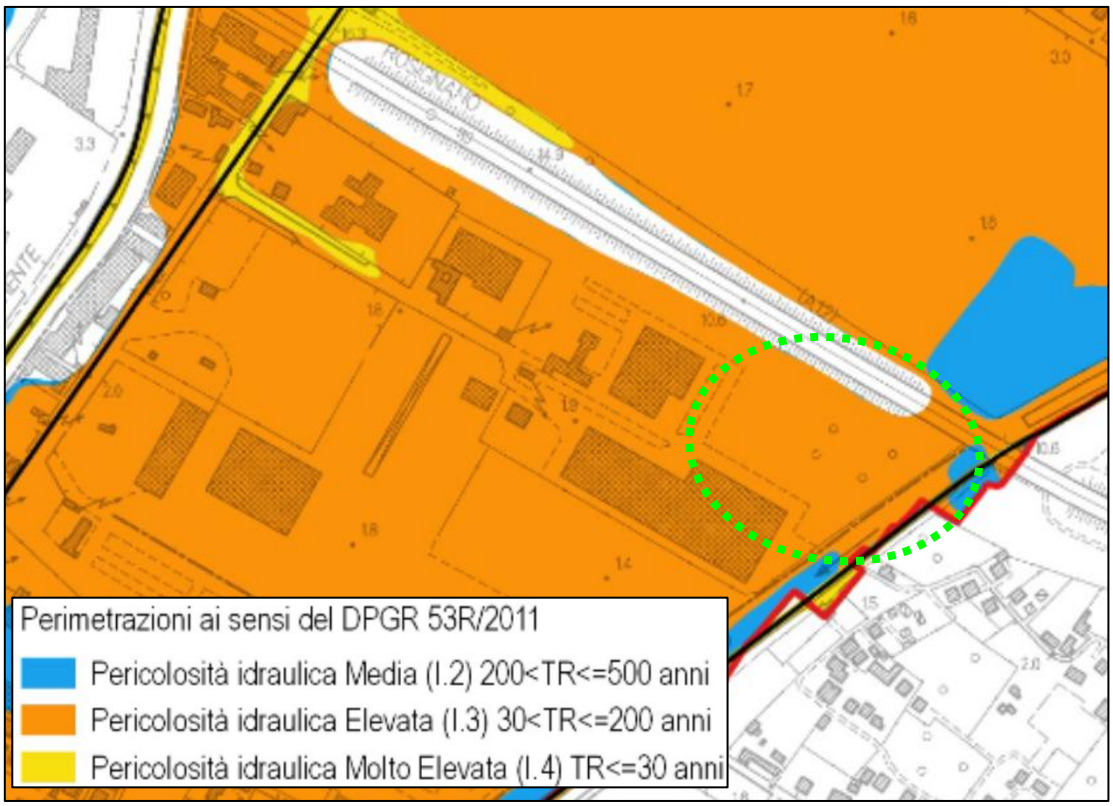


Figura 11: Pericolosità idraulica qualitativa ai sensi del DPGR 53R area Variante 2 – estratto da cartografie del POC Carrara

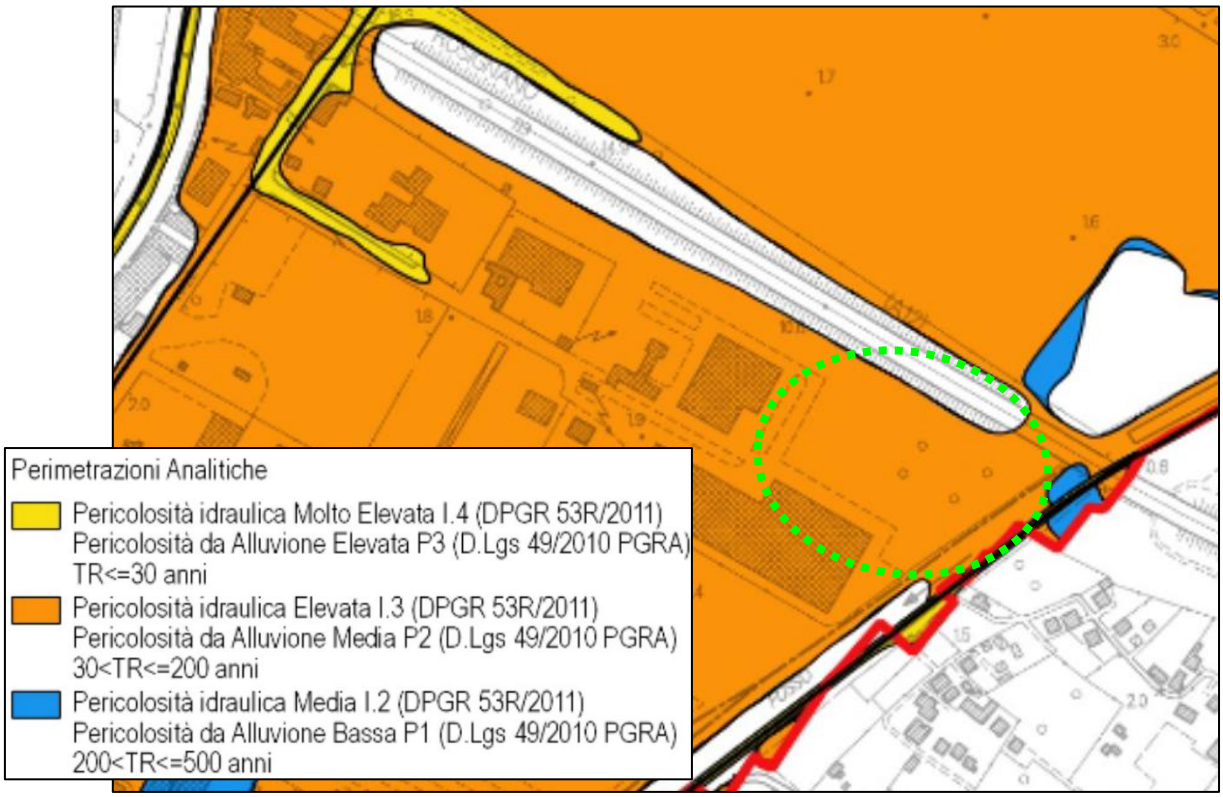


Figura 12: Pericolosità idraulica analitica ai sensi del DPGR 53R area Variante 2 – estratto da cartografie del POC Carrara

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

L'area oggetto di variante è interessata da battenti duecentennali per esondazioni del Fosso Lavello, anche oltre il metro nell'area attualmente individuata come VR dal POC vigente.

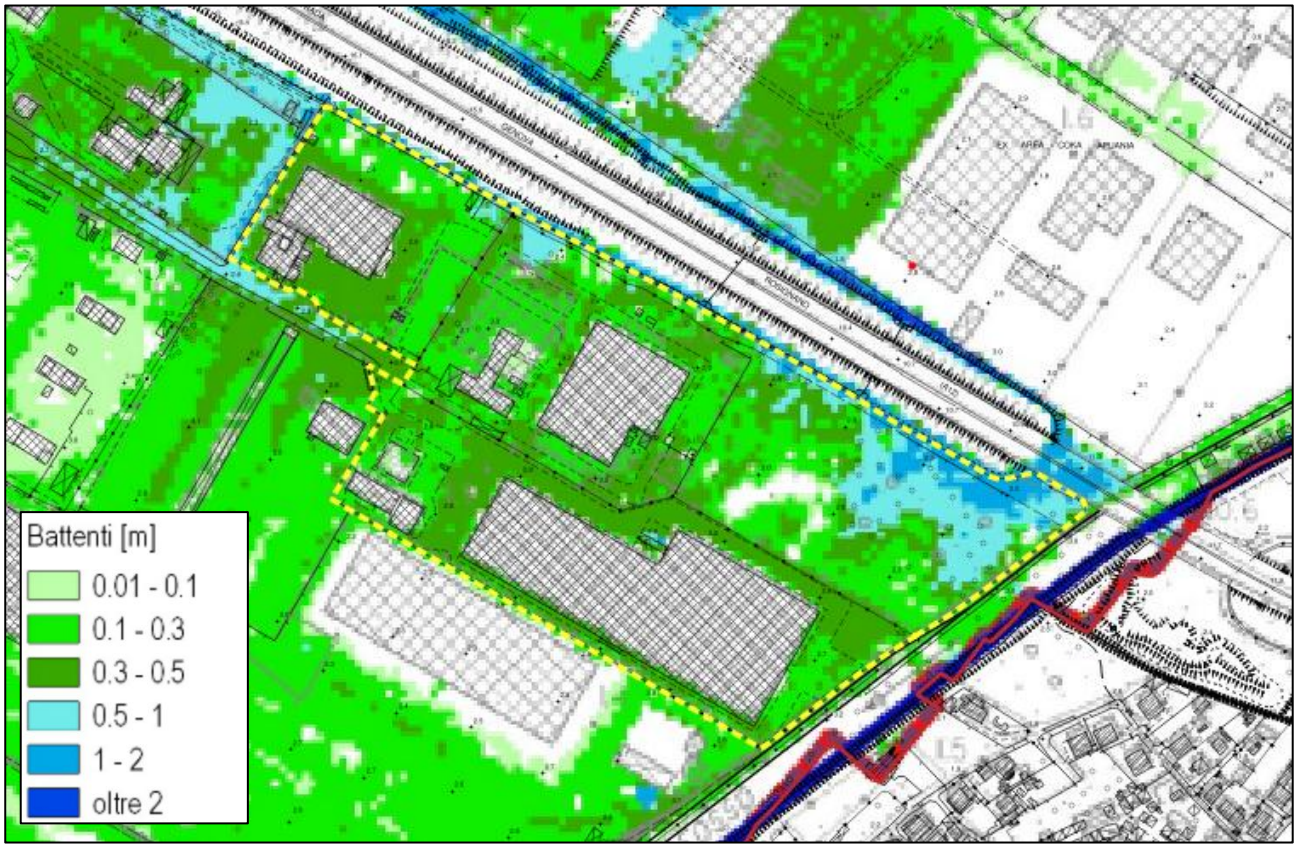


Figura 13 - Battenti Tr200 anni area Variante 2 – estratto da cartografie del POC Carrara

Le velocità per Tr 200 anni nell'area sono dell'ordine di 0,5 m/s pertanto si hanno classi di magnitudo molto severa (rosso), severa (arancione) e moderata (giallo).

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

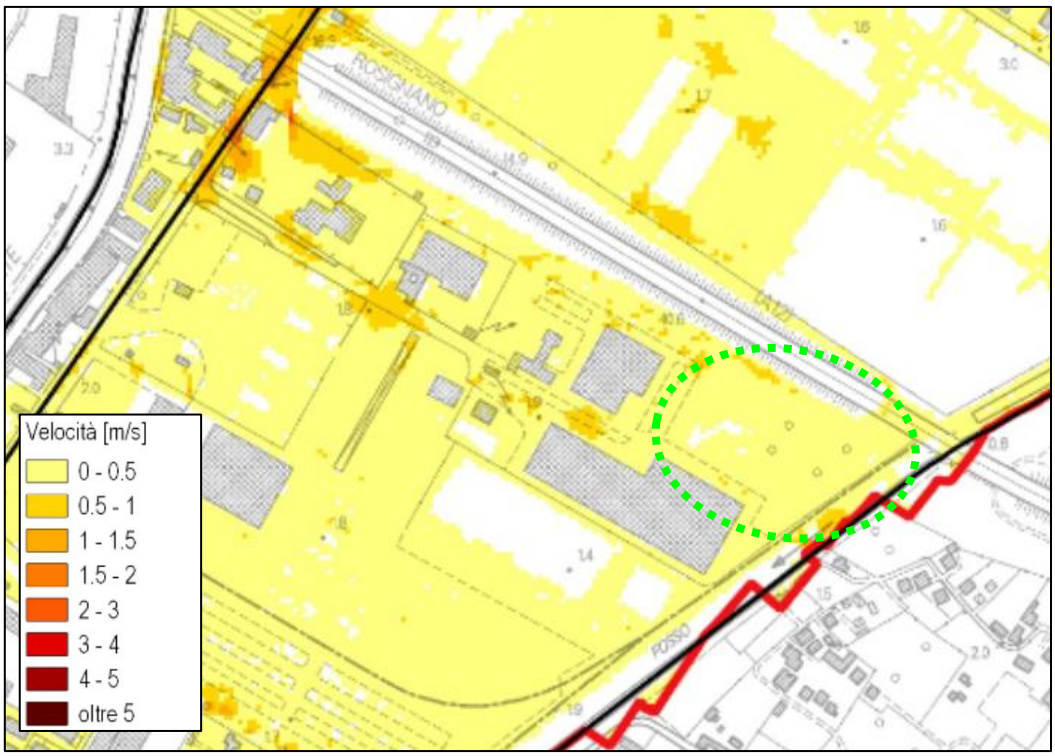


Figura 14 - Velocità Tr200 anni area Variante 2 – estratto da cartografie del POC Carrara

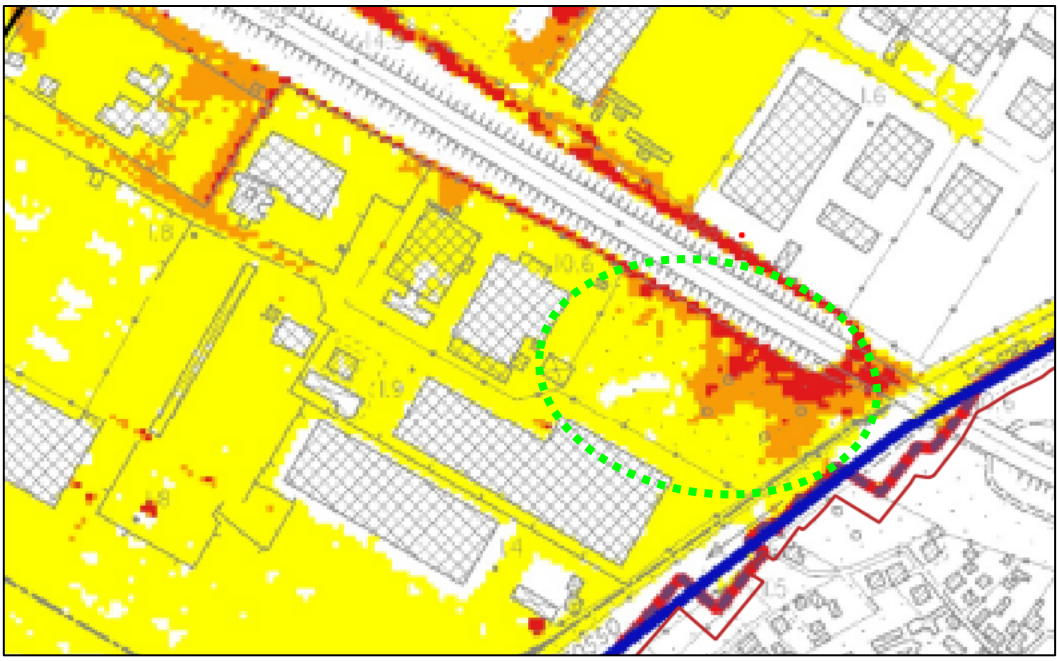


Figura 15 – Magnitudo idraulica ai sensi della L.R. 41/2018 area Variante 2 – estratto da cartografie del POC Carrara (rosso=molto severa; arancione=severa; gialla=moderata)

L'area non è attraversata dal Reticolo idrografico e di gestione individuato dalla Regione Toscana attuando quanto disposto dalla Legge regionale 79/2012 e s.m.i., ma a est, oltre la Ferrovia, scorre il Fosso Lavello.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 16 – Reticolo idrografico ai sensi della L.R. 79/2012 e s.m.i. e area di Variante 2

Fattibilità idraulica della variante

Per quanto riguarda la variante 1 l'area ricade totalmente in P1, pericolosità da alluvione rara, ai sensi del PGRA mentre, ai sensi del DPGR 53R/2011, è in pericolosità idraulica media I.2, pertanto la fattibilità idraulica dell'area secondo il PO vigente è F2i ovvero, ai sensi dell'Art 15 delle Norme Tecnico Geologiche (NTG) del PO, fattibilità con normali vincoli:

Non ci sono condizioni specifiche per l'attuazione degli interventi previsti, oltre alle prescrizioni generali dettate ***nell'art.25 delle NTG*** *relative alla mitigazione degli effetti indotti dalle nuove realizzazioni al regime dei suoli.*

L'area in variante 1 non è interessata dalle disposizioni della L.R. 41/2018.

Relativamente alla variante 2, l'area ricade in P2, pericolosità da alluvione poco frequente, ai sensi del PGRA mentre, ai sensi del DPGR 53R/2011, è in pericolosità idraulica elevata I.3, pertanto la fattibilità idraulica dell'area secondo il PO vigente è F3i e F3iqovvero, ai sensi degli Art 16 e 17 delle Norme Tecnico Geologiche (NTG) del PO, fattibilità condizionata:

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Art. 16 - … Per gli interventi sul patrimonio edilizio esistente disciplinati ***dall'art.12*** *della* ***LR.n.41/18*** *e ss.mm.ii. e per gli interventi edilizi comunque indicati negli Allegati 1 e 2 alle presenti norme (Matrici della Fattibilità), la sicurezza idraulica si potrà raggiungere con le opere idrauliche di cui al comma c) e d) del punto 1 dell'art.8 della LR.n.41/2018 e ss.mm.ii., definite e dimensionate alle condizioni di cui ai punti 5, 6, 7* ***dell'art.13*** *delle presenti norme. L'individuazione puntuale delle opere/interventi necessari al raggiungimento delle condizioni di sicurezza idraulica di cui sopra è comunque demandata agli esiti di una relazione tecnico idraulica, redatta da tecnico abilitato, commisurata al contesto morfologico ed idraulico locale oltre che alla tipologia dell'intervento edilizio previsto.*

2. L'attuazione degli interventi sul patrimonio edilizio esistente all'interno delle aree I.3 è subordinata alla individuazione delle condizioni di sicurezza idraulica individuate con la "Carta dei battenti idrometrici massimi per un tempo di ritorno di 200 anni" (Tavola 4B di cui all'art.2 delle presenti norme) per quanto attiene il valore del battente idraulico atteso e la "Planimetria della Magnitudo Idraulica ai sensi della LR.n.41/2018" (Tavola 11 di cui all'art.2 delle presenti norme).

Art. 17 - 1. E' attribuita agli interventi edilizi ricadenti anche parzialmente nelle aree potenzialmente inondabili definite con lo studio idrologico-idraulico per eventi di pioggia con Tr compreso tra 30 e 200 anni (aree Iq200 della Tavola 7A-B). Per gli interventi sul patrimonio edilizio esistente assimilabili a quelli di cui all'art.12 della LR.n.41/18 e ss.mm.ii. e per gli interventi edilizi comunque indicati negli Allegati 1 e 2 alle presenti norme (Matrici della Fattibilità), la sicurezza idraulica si potrà raggiungere con le opere idrauliche indicate al comma c) e d) del punto 1 dell'art.8 della LR.n.41/2018 e ss.mm.ii., definite e dimensionate alle condizioni di cui ai punti 5,6,7 dell'art.13 delle presenti norme. L'individuazione puntuale delle opere/interventi necessari al raggiungimento delle condizioni di sicurezza idraulica di cui sopra è comunque demandata agli esiti di una relazione tecnico idraulica, redatta da tecnico abilitato, commisurata al contesto morfologico ed idraulico locale oltre che alla tipologia dell'intervento edilizio previsto.

2. Le condizioni di sicurezza idraulica possono essere individuate con la "Carta dei battenti da modellazione qualitativa" (Tavola 12 di cui all'art.2 delle presenti norme) per quanto attiene il valore del battente idraulico atteso, definendo la classe di magnitudo idraulica come segue:

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

- *magnitudo idraulica moderata: battente uguale o inferiore a 0.3 metri;*
- *magnitudo idraulica severa: battente superiore a 0.3 metri e inferiore o uguale a 0.5 metri;*
- *magnitudo idraulica molto severa: battente maggiore a 0.5 metri.*

3. Nei casi in cui le condizioni di sicurezza idraulica individuate al comma 2 del presente articolo risultino troppo gravose, l'attuazione degli interventi sul patrimonio edilizio esistente e degli interventi di nuova costruzione all'interno delle aree Iq200 può essere subordinata alla individuazione delle condizioni di sicurezza idraulica (altezza del battente idraulico e classe di magnitudo idraulica) mediante uno studio idrologico-idraulico, redatto da tecnico abilitato e commisurato al contesto morfologico ed idraulico locale, in conformità con i contenuti dell'Allegato 3 ("Modalità per le proposte di revisione ed aggiornamento delle mappe del PGRA") alla disciplina di Piano del PGRA dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale. Le risultanze dello studio idrologico-idraulico di cui sopra costituiranno aggiornamento del quadro conoscitivo della pericolosità idraulica secondo le procedure previste dall'art. 14 della Disciplina di Piano del PGRA e ss.mm.ii.

Vista la pericolosità per alluvioni poco frequenti nell'area di variante 2, nel caso di:

- ✓ interventi di nuova edificazione, è da applicarsi quanto prescritto all'art. 11 della L.R. 41/2018:

  1. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti possono essere realizzati interventi di nuova costruzione alle seguenti condizioni:

  a) se ricadenti in aree caratterizzate da magnitudo severa o molto severa è realizzata almeno una delle opere idrauliche di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a) o b);

  b) se ricadenti in aree caratterizzate da magnitudo moderata è realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).

  2. Fermo restando quanto disposto dagli articoli 10, 12 e 13, nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

3. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati volumi interrati a condizione che siano realizzate le opere idrauliche di cui all'articolo 8, comma 1, lettera a).

4. Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, caratterizzate da magnitudo idraulica severa o molto severa, possono essere realizzati volumi interrati a condizione che siano realizzate le opere idrauliche di cui all'articolo 8, comma 1, lettera a), o le opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata e a condizione che non sia superato il rischio medio R2.

5. Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, caratterizzate da magnitudo idraulica moderata, possono essere realizzati volumi interrati a condizione che non sia superato il rischio medio R2.

- ✓ interventi sul patrimonio edilizio esistente, è da applicarsi quanto prescritto all'art. 12 della L.R. 41/2018:

  1. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, sul patrimonio edilizio esistente sono consentiti tutti gli interventi edilizi fatto salvo quanto disposto ai commi 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

  2. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, per la realizzazione di interventi edilizi che comportano incrementi volumetrici, anche attraverso demolizioni con parziale o totale ricostruzione, è realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c). Il presente comma trova applicazione anche nel caso in cui l'incremento volumetrico comporti la realizzazione di un nuovo manufatto connesso e funzionale ad un intervento sul patrimonio edilizio esistente oppure nel caso in cui l'incremento volumetrico comporti la realizzazione di un nuovo manufatto connesso e funzionale all'ampliamento e all'adeguamento di opere pubbliche.

  2 bis. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, sono sempre ammessi gli incrementi volumetrici finalizzati al superamento delle barriere architettoniche.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

3. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, sono comunque ammessi gli incrementi volumetrici che non costituiscono ostacolo al deflusso delle acque, non sottraggono volume di laminazione e non aggravano le condizioni di rischio in altre aree.

4. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, per la realizzazione degli interventi edilizi di demolizione, con parziale o totale ricostruzione senza incrementi volumetrici, sono contestualmente realizzati gli interventi di cui all'articolo 8, comma 1, lettera d).

5. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, caratterizzate da magnitudo idraulica severa o molto severa, per la realizzazione degli interventi edilizi sulle parti dei manufatti con piano di calpestio al di sotto del battente, qualora modifichino le parti dell'involucro edilizio direttamente interessate dal fenomeno alluvionale, sono contestualmente realizzati gli interventi di cui all'articolo 8, comma 1, lettera d).

6. Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, caratterizzate da magnitudo idraulica severa o molto severa, sulle parti dei manufatti con piano di calpestio al di sotto del battente, sono ammessi i mutamenti di destinazione d'uso in funzione residenziale o comunque adibiti al pernottamento, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).

7. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, sulle parti dei manufatti con piano di calpestio al di sotto del battente sono ammessi i mutamenti di destinazione d'uso in funzione residenziale o comunque adibiti al pernottamento, nonché i frazionamenti comportanti la creazione di nuove unità immobiliari con destinazione d'uso residenziale o, comunque, adibiti al pernottamento, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere idrauliche di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a) o b).

8. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, per i volumi interrati esistenti non sono ammessi i mutamenti di destinazione d'uso in funzione residenziale

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

o comunque adibiti al pernottamento, nonché i frazionamenti comportanti la creazione di nuove unità immobiliari con destinazione d'uso residenziale o, comunque, adibiti al pernottamento.

- ✓ parcheggi, è da applicarsi quanto prescritto all'art. 13 comma 4 lett. b della L.R. 41/2018:

  b) parcheggi in superficie, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

Pertanto nell'area di variante 2 è possibile realizzare interventi alle seguenti condizioni, derivanti dall'Art. 8 comma 1 lett. a, b o c della L.R. 41/2018:

1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:

a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;

b) opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;

c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;

Si conferma quanto contenuto nella Relazione Geologica di fattibilità che l'area di possibile gestione sia delle problematiche di rischio idraulico sia di invarianza idraulica possa essere individuata nella porzione di variante classificata nel Piano Operativo vigente come aree verdi non edificate, VR, come mostrato nella figura seguente.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 17 - Possibile area per la gestione della invarianza e del rischio idraulico area Variante 2

Il sistema potrebbe integrarsi con quello esistente per lo smaltimento delle acque meteoriche dell'intero comparto a condizione che sia correttamente dimensionato l'ampliamento del sistema di regimazione e che ogni nuovo eventuale punto di scarico sia autorizzato dagli enti regionali competenti sul corpo idrico recettore.

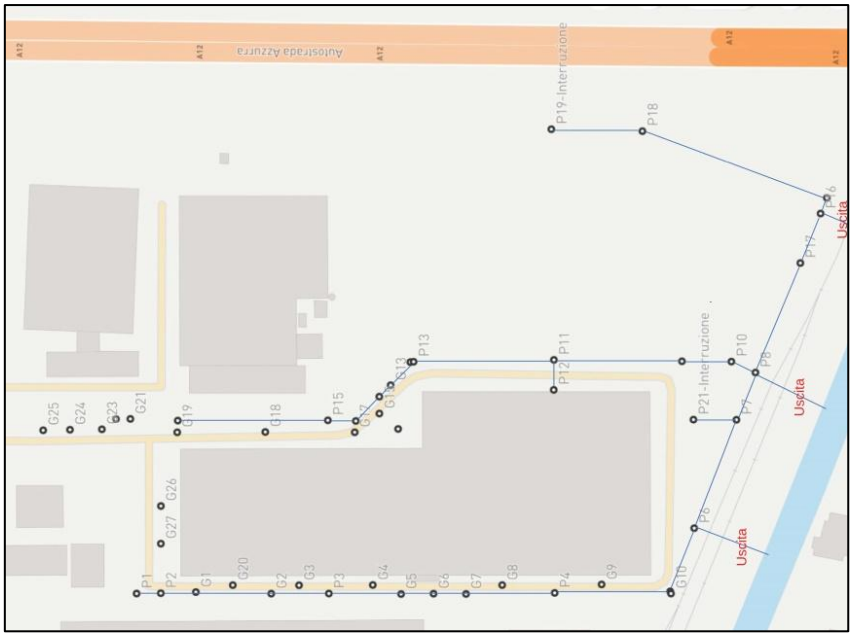
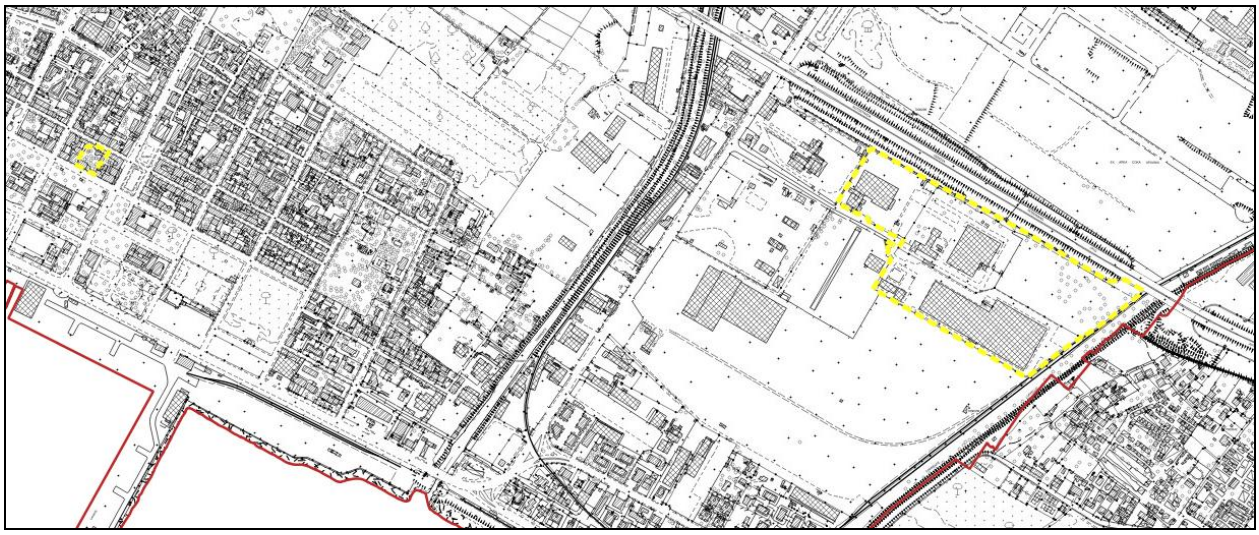


Figura 18 – Schema sistema di smaltimento esistente delle acque meteoriche area Variante 2

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Chiara Chiostrini e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE AL PIANO OPERATIVO



RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

GRUPPO DI LAVORO

Dott. Ing. Chiara Chiostrini
Dott. For. Simone Fiornovelli
Dott. Geol. Leonardo Moretti

Codice 11025	**Emesso** Moretti	**D.R.E.AM. Italia** Via Garibaldi, 3 Pratovecchio Stia (Ar) - Tel. 0575 52.95.14 Via Enrico Bindi n.14, Pistoia – Tel 0573 36.59.67 http://www.dream-italia.it AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV = ISO 9001 =
Rev. 00	**Controllato** Chiostrini	
Data Novembre 2025	**Approvato D.T.** Pietrantonio	

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Luigi Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SOMMARIO

PREMESSA **1**

1. INQUADRAMENTO NORMATIVO **1**

2. DATI DI PROGETTO VARIANTE 1 ..... **5**

3. DATI DI PROGETTO VARIANTE 2 ..... **7**

4. INQUADRAMENETO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELLE AREE DI VARIANTE **12**
4.1 Inquadramento geomorfologico generale **12**
4.2 Inquadramento geologico generale **12**
4.3 Inquadramento geomorfologico particolare dell'area di variante 2 ..... **13**

5. AREE DI VARIANTE E PERICOLOSITÀ GEOLOGICA, SISMICA E IDRAULICA **14**
5.1 Pericolosità geologica **14**
5.2 Pericolosità sismica **14**
5.3 Pericolosità idraulica del Piano Strutturale integrata con il Piano Operativo: **15**
5.4 Pericolosità Idraulica del PGRA **15**

6. REPERTORIO GEOLOGICO DEL PIANO STRUTTURALE **17**

7. REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI **29**

8. SINTESI DELLE INDAGINI **40**

9. CARATTERISTICHE SISMICHE LOCALI – LO STUDIO DI MICROZONAZIONE DEL PO **41**

10. LE FATTIBILITÀ GEOLOGICHE, SISMICHE E IDRAULICHE DELLE AREE DIVARIANTE **42**
Premessa **42**
10.1 Variante 1. Fattibilità e condizionamenti del Piano Operativo **42**
10.1.1 Fattibilità geologica 42
10.1.2 Fattibilità sismica 43
10.1.3 Fattibilità idraulica 43
10.2 Variante 2. Fattibilità e condizionamenti del Piano Operativo **44**
10.2.1 Fattibilità geologica 44
10.2.2 Fattibilità sismica 44
10.2.3 Fattibilità idraulica 44
10.3 Fattibilità geologiche, sismiche e idrauliche secondo il Regolamento 5R/2020. ..... **45**
10.4 Variante 1. Prescrizioni particolari **49**
10.5 Variante 2. Prescrizioni particolari e scheda di sintesi delle fattibilità **50**

11. TUTELA DEL RETICOLO IDROGRAFICO SUPERFICIALE **54**

12. TERRE E ROCCE DI SCAVO **55**

13. INDAGINI E PROSPEZIONI IN SEDE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA **56**

CONCLUSIONI **57**

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Allegati fuori testo – Repertorio dei dati geologici

1 Sondaggio geognostico MESA 2011

2 Down Hole IGEA 2011

3 Laboratorio geotecnico ELLETI 2011

4 Sondaggio geognostico SONGEO 2019

5 Down Hole Danesi 2019

6 Laboratorio geotecnico CNG 2019

7 Sondaggi TECNA 2020

8 Indagini Sismiche Danesi 2020

9 Laboratorio geotecnico ELLETI 2020

10 Sondaggi GAIA 2024

11 Indagini sismiche GAIA 2024

12 Laboratorio geotecnico SGL 2024

Allegato in testo:

Tav.1 Carta dei dati geologici area variante 1

Tav.2 Carta dei dati geologici area variante 2

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

PREMESSA

In questa Relazione Geologica si definiscono le condizioni di fattibilità per fattori geomorfologici, sismici e idraulici delle previsioni urbanistiche e infrastrutturali riferite alla Variante al Piano Operativo del comune di Carrara detta "*Variante Semplificata e puntuale al Piano Operativo*".

La variante consiste in due aree:

Variante 1: PA.3.1 – PDR – Via Garibaldi – Recupero / Sostituzione Edilizia

Variante 2 P2 – Aree produttive specializzate Aero Alliance - Viale Domenico Zaccagna

La prima area di variante si trova nell'area prevalentemente residenziale del centro città di Carrara.

La seconda area di variante è localizzata presso il margine sud est del comune a confine con Massa, zona produttiva di Avenza e fa parte del complesso della ditta Aero Alliance – Manutenzione turbine di origine aeronautica.

Le due aree sono descritte in Figura 1 e 2 Corografia).

I contenuti della relazione geologica prendono considerano gli studi geologici e idraulici redatti a supporto dei seguenti atti pianificatori:

Variante Generale al P.S. del 1997 – Adottata con Del. C.C. n.113 del 11/12/2009. Approvata con Del. C.C. n. 28 del 16 marzo 2012 (BURT n.22 del 30 maggio 2012).

Con Del. C.C. n. 108 del 12 dicembre 2012 alcune parti della disciplina e l'allegato A del Piano Strutturale sono stati ulteriormente modificati.

Piano Operativo approvato con Del. C.C. n. 49 del 31 maggio 2022, poi pubblicato in BURT n. 35 il 31 agosto 2022, e successivamente rettificato per la correzione di alcuni meri errori materiali con Del. C.C. n. 13 del 6 marzo 2023.

1. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Viene fatto riferimento al seguente contesto normativo:

Legge Regionale n. 65 del 10/11/2014 (Norme per il Governo del Territorio); con riferimenti all'Art. 104 (Pericolosità idrogeologica e sismica e misure di mitigazione dei rischi. Regolamento).

D.P.G.R. N. 5R del 30/01/2020 Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche).

DPCM 26/10/2016 Piano Gestione Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appenino Settentrionale, approvazione (Gazzetta Ufficiale n.28 del 3 febbraio 2017).

Legge Regionale n.41 del 24/07/2018. Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla L.R.65/2014.

D.M del 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

D.P.G.R. n. 1R del 19/01/2022 Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014 n. 65 (Norme per il governo del territorio) . Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico; (Bollettino Ufficiale n. 6, par t e prima, del 21/01/2022).

D.P.C.M. 7 giugno 2023 Approvazione del secondo aggiornamento del Piano di Gestione delle Acque 2021-2027, dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale, ai sensi della direttiva 2000/60/CE.

D. P.G.R. Toscana 16/08/2016, n. 61/R Regolamento di attuazione dell'articolo 11 commi 1 e 2 della legge regionale 28 dicembre 2015, n. 80 (norme in materia di difesa del suolo, tutela delle risorse idriche e tutela della costa e degli abitati costieri) recante disposizioni per l'utilizzo razionale della risorsa idrica e per la disciplina dei procedimenti di rilascio dei titoli concessori e autorizzatori per l'uso di acqua. Modifiche al d.p.g.r. 51/R/2015.

Progetto di PAI "Dissesti Geomorfologici": nella seduta della Conferenza Istituzionale Permanente (CIP) del 28 marzo 2024 è stato adottato in via definitiva il PAI dissesti e le relative misure di salvaguardia. Con la pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale n.82 dell' 8 aprile 2024 dell'avviso di adozione del PAI e delle misure di salvaguardia quest'ultime diventano pienamente vigenti.

In questa relazione e negli allegati si tiene inoltre conto delle disposizione geologiche del Piano Operativo del comune di Carrara approvato con delibera Consiglio Comunale n. 58 del 30/11/2023 coordinato con la deliberazione Consiglio Comunale n.7 del 09/04/2024.

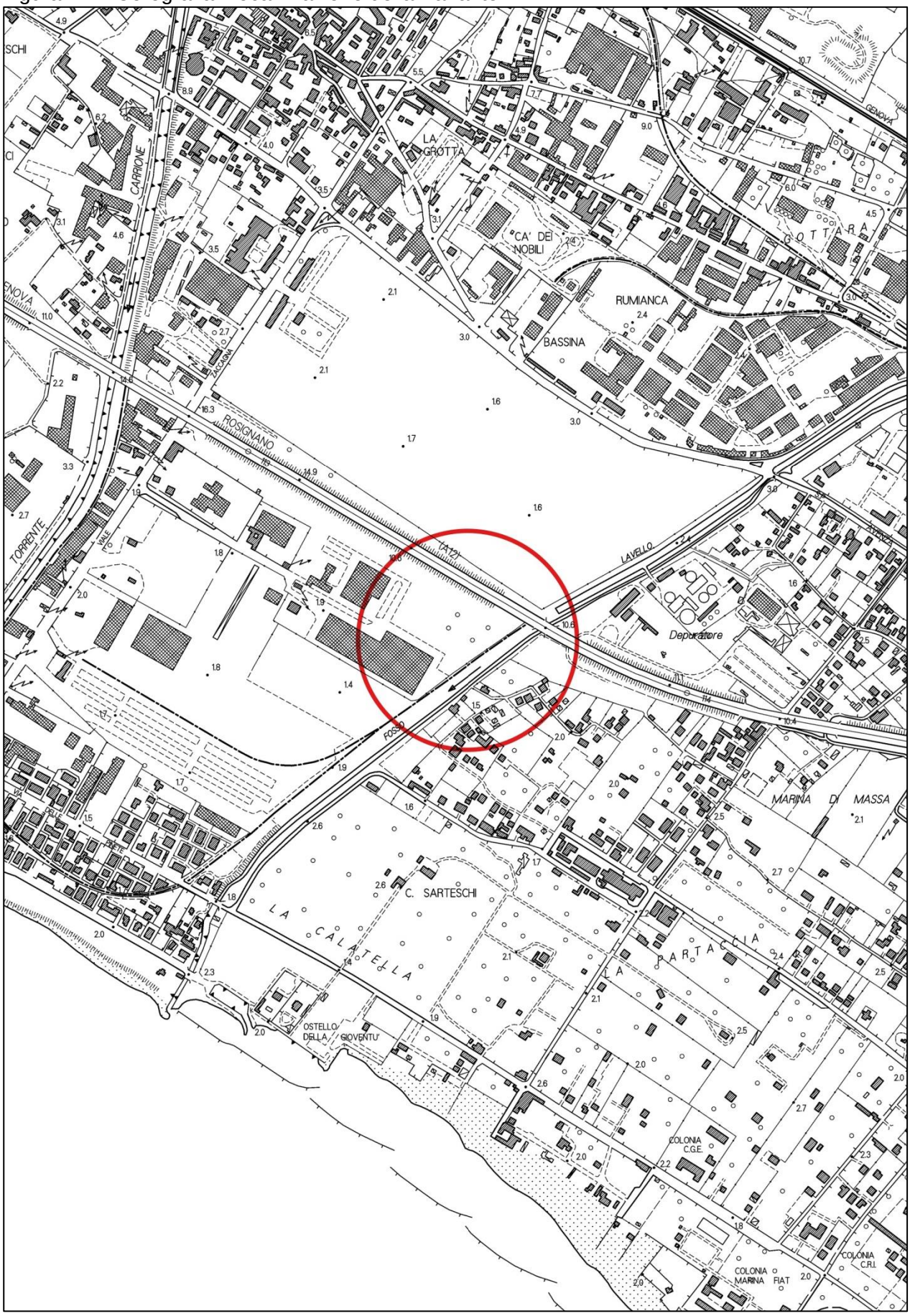
Infine si sono considerati gli elaborati geologici facenti parte di precedenti fasi progettuali riguardanti edifici industriali limitrofi all'area di variante 2.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 1. Corografia. Localizzazione della Variante 1.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 2. Corografia. Localizzazione della Variante 2.



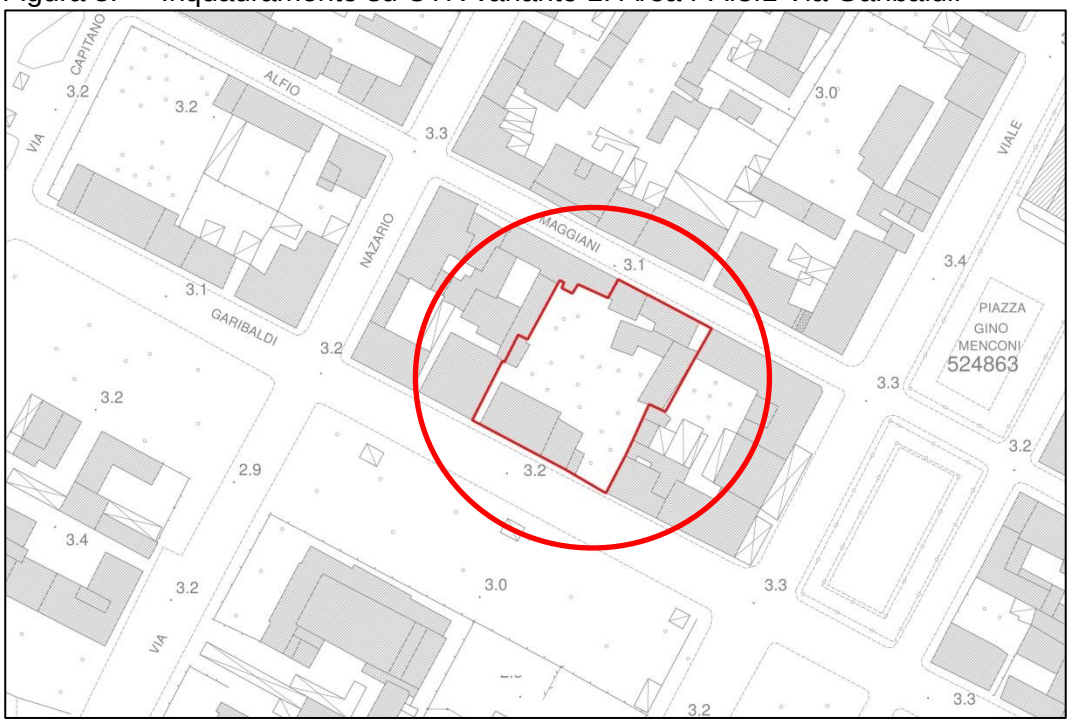
COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

2. DATI DI PROGETTO VARIANTE 1

La Variante 1 riguarda un complesso edilizio all'interno dell'area urbana di Carrara che versa in un profondo stato di degrado ed abbandono. L'intervento prevede il Recupero dell'area degradata mediante riqualificazione e completamento di immobili a destinazione Residenziale mantenendo gli elementi architettonici di valore su Via Garibaldi.

La superficie dell'area è di 1.835 mq. all'interno della quale sono previste demolizioni, ricostruzioni anche parziali degli edifici esistenti per la creazione di nuovi volumi residenziali e commerciali. Destinazioni d'uso ammesse Residenziale e commercio di vicinato Interventi edilizi ammessi Ristrutturazione Urbanistica. Modalità di attuazione Piano di Recupero di iniziativa pubblica e/o privata.

Figura 3. Inquadramento su CTR variante 1. Area PA.3.1 Via Garibaldi.



Secondo il PO vigente e la scheda di variante la superficie massima coperta ammessa è del 40% della Superficie Fondiaria. Considerato che tale area di trasformazione è assimilabile alla Zona omogenea A, Ai sensi dell'Art. 4 c.1 del DM 1444/68, il Pianificatore ritiene che, per la limitata estensione dell'area in oggetto, vi è l'impossibilità di reperire al suo interno gli standard urbanistici che sono comunque rispettati a livello comunale.

L'oggetto della variante consiste nella modifica della scheda di Piano attuativo PA.3.1-PDR_Via Garibaldi, in sintesi si propone di modificare il parametro "Superficie massima di copertura SC%" togliendo il 40% e lasciando solo "come da schema grafico".

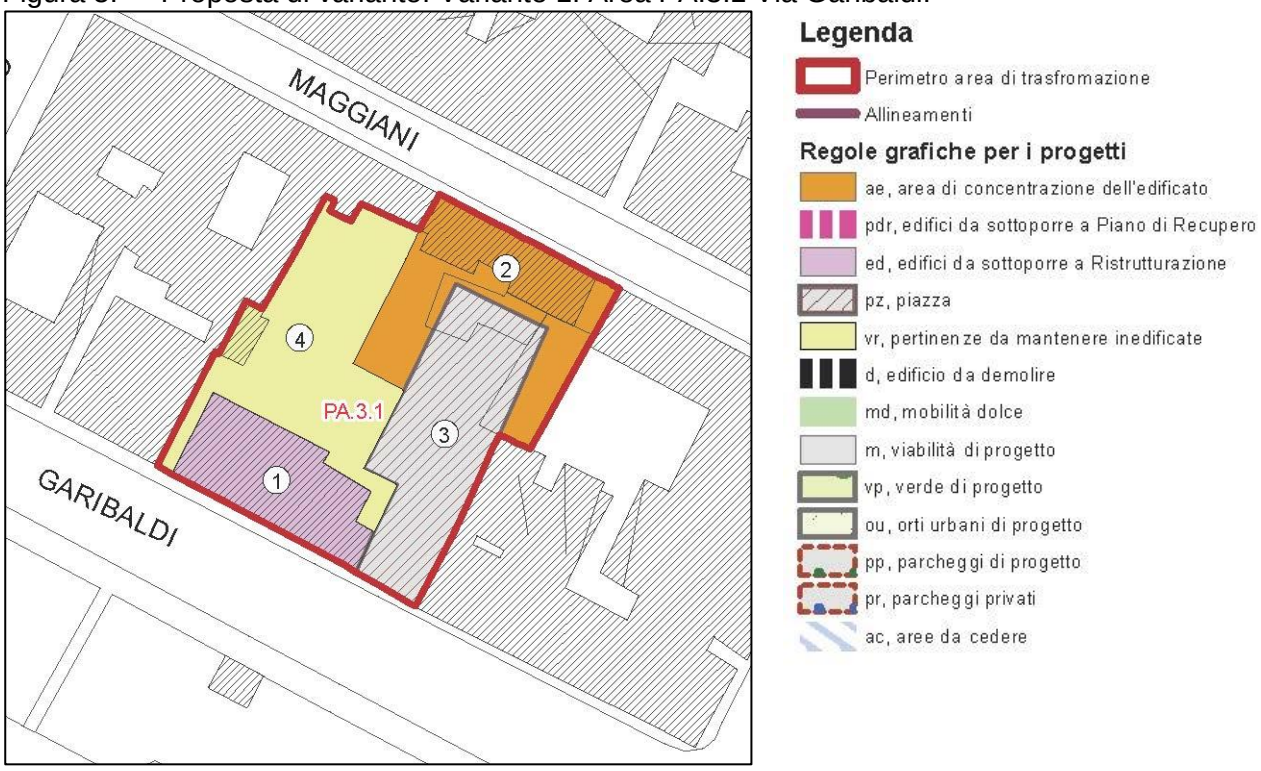
PO vigente "Superficie coperta massima SC% = 40% SF come da schema grafico".
Proposta di variante "Superficie coperta SC = come da schema grafico".

L'edificio residenziale disposto lungo Via Garibaldi (1) dovrà essere sottoposto ad interventi di restauro e risanamento conservativo a parità di SE senza alterarne l'aspetto complessivo con particolare riferimento ai prospetti in direzione di Via Garibaldi. Sulla restante parte dell'area è ammesso l'ampliamento o la demolizione dei manufatti presenti e la realizzazione di un nuovo complesso edilizio composto da nuove volumetrie che completino il disegno urbano delle facciate disposte lungo Via Ruga Maggiani, da realizzarsi mediante interventi di sostituzione edilizia residenziale, complementare al commercio di vicinato da concentrarsi al piano terra.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 4. Inquadramento urbanistico (PO vigente). Variante 1. Area PA.3.1 Via Garibaldi.

Figura 5. Proposta di variante. Variante 1. Area PA.3.1 Via Garibaldi.



Queste le superfici dello stato di progetto:

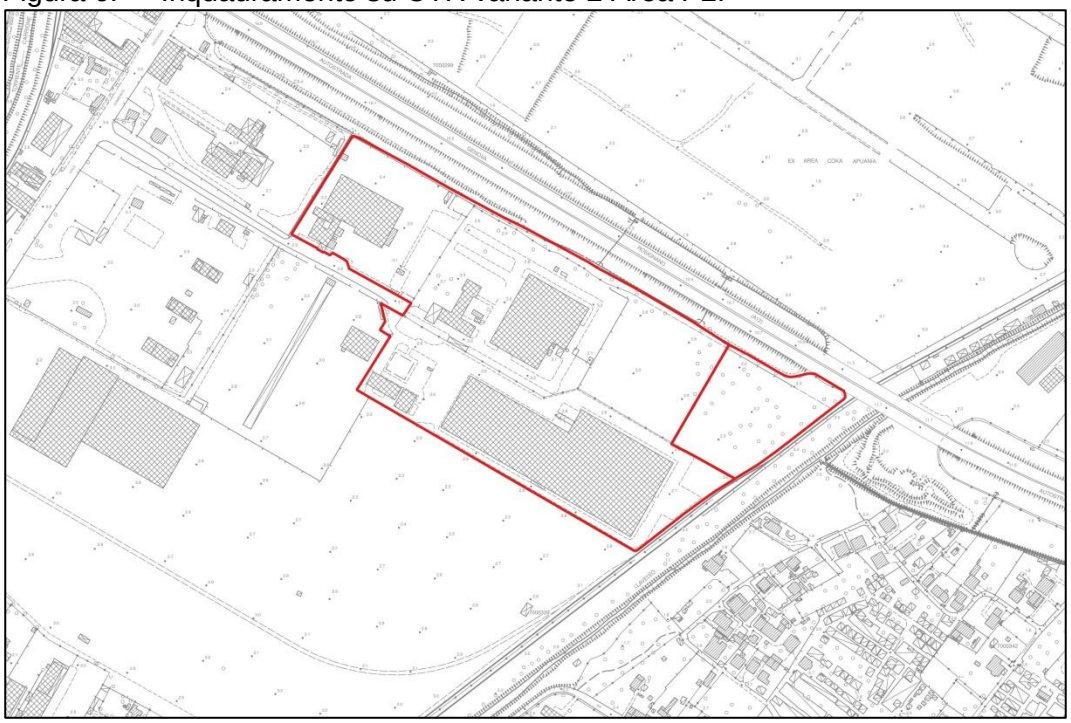
- ST Superficie Territoriale = 1.835 mq.
- SF Superficie Fondiaria: 1.335 mq. (1.835 – 500 superficie minima della piazza come da Regolamento RT 38/R 2018).
- Edificio esistente 1= 302 mq. SE = 604 mq.
- Edificio nuovo 2= 446 mq. SE = 900 mq. (600 + 300 mq. da recupero).
- Piazza 3=500 mq.
- Aree a verde 4= 597 mq.
- Superficie coperta ammissibile da PO vigente: 1.335 x 40% = 534 mq.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

3. DATI DI PROGETTO VARIANTE 2

La variante 2 prevede l'ampliamento della zona P2 (Art.77) a parziale occupazione dell'area con indice VR: Le aree verdi non edificate Art. 64. Le aree P2 sono regolate all'articolo 77 delle NTA del Piano Operativo come indicato oltre nel testo.

Figura 6. Inquadramento su CTR variante 2 Area P2.



Art. 77 Le piastre produttive specializzate (P2)

1. Sono gli ambiti specializzati per la produzione industriale, a ciò destinate dalla pianificazione urbanistica che le ha sempre individuate come aree industriali attrezzate. Fa parte delle piastre produttive specializzate anche l'area retro-portuale P3, per la quale il P.O. detta specifiche discipline al successivo art. 78.

2. All'interno dell'ambito P2, salvo i casi per i quali valgono le specifiche destinazioni d'uso eventualmente attribuite dalle Tavole della Disciplina del territorio del P.O., per il p.e.e. sono consentite le seguenti destinazioni d'uso:
Industriale e artigianale (nelle sotto-categorie b1 e b2), Commerciale all'ingrosso e depositi (f), Direzionale e di servizio (sotto-categoria e1).
Gli ambiti P2 sono da considerare aree strategiche per la produzione manifatturiera, pertanto le destinazioni d'uso Commerciali all'ingrosso e depositi - f - e quelle Direzionali, esclusivamente riferite alla sotto-articolazione e1, non possono superare, complessivamente, il 20% delle superfici utili (SU) esistenti, con le seguenti eccezioni:
Nelle aree P2 poste lungo il Viale Zaccagna sono ammesse anche le funzioni commerciali, limitatamente agli esercizi del settore non alimentare a grande fabbisogno di superficie, di cui all'art. 28, della L.R. 62/2018 e s. m e i. (concessionari autoveicoli, motocicli e simili).
Per le aree P2 prospicenti la strada Aurelia e la via di Nazzano, sono da privilegiare le destinazioni Direzionali e di servizio, tanto che non devono osservare il predetto limite del 20%, mentre non sono consentite le attività industriali e artigianali nella sotto-categoria b2. In tali aree è inoltre consentita la sotto-categoria commerciale c1 limitatamente agli esercizi del settore non alimentare a grande fabbisogno di superficie, come definite ai sensi della L.R. 62/2018 e s.m.i.

3. Negli ambiti P2, per le attività Industriali e artigianali gli interventi devono osservare le seguenti prescrizioni:

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

- distanza minima dal ciglio stradale pari all'altezza;
- distanza minima dai confini pari all'altezza o in confine previo accordo fra i proprietari dietro presentazione di atto registrato e trascritto;
- indici urbanistico edilizi = 0,80 mq/mq; Rc = 40% massimo consentito; H massima = ml.12,00 escluso volumi tecnici purché si dimostri la salvaguardia della percepibilità da punti di pubblica fruizione degli eventuali elementi salienti del paesaggio; alle stesse condizioni sono ammesse altezze maggiori di ml.12,00, che in ogni caso non potranno superare i ml.50,00, commisurate alle effettive esigenze degli interventi che dovranno essere adeguatamente documentate nei relativi progetti, in tal caso la distanza minima da strade e confini dovrà essere pari a ml.12,00;
- per gli edifici esistenti che abbiano già raggiunto le limitazioni di cui sopra, possono essere consentiti interventi di ampliamento "una tantum" nella misura massima del 10% della SE esistente fino ad un max. di mq. 50 di SE.

4. Gli interventi di nuova edificazione, di demolizione e ricostruzione e di ampliamento devono osservare le disposizioni di cui al precedente Titolo IV sulle compensazioni ambientali e deve inoltre essere garantito:
- il regime non inquinante degli scarichi di qualsiasi genere ai sensi di legge. In par colare per le unità produttive del settore del marmo devono essere predisposti gli impianti per il riciclaggio delle acque di lavorazione e gli impianti per la rimozione dei detriti.
- l'adeguamento alle condizioni di lavoro e dei servizi alle norme di sicurezza del lavoro e sulla assistenza dei lavoratori. In particolare nei fabbricati di nuova costruzione ed in quelli oggetto di demolizione e ricostruzione una quota della SE pari a mq. 6,0 per addetto per le Unità locali fino a 50 addetti e a mq. 4,0 per addetto per le altre Unità locali, deve essere destinate ai seguenti servizi: spogliatoi, servizi igienici, mense ed eventuali attrezzature sociali e ricreative.

5. Ogni intervento di nuova edificazione, anche in ampliamento, di demolizione con ricostruzione e di sostituzione edilizia è subordinato alle compensazioni ambientali di cui al precedente Titolo IV e all'introduzione di barriere verdi di adeguata consistenza a confine con altri ambiti, residenziali e no. Tali interventi di compensazione devono interessare prioritariamente le aree verdi ancora libere lungo i corsi d'acqua, Carrione e Lavello.

6. Il P.O., all'interno dell'ambito P2, riconosce gli edifici e le strutture di valore storico-testimoniale per i quali, nel caso in cui le tavole delle discipline non indichino alcuna classe di intervento, sono consentiti gli interventi diretti sui singoli edifici fino alla classe 3 rispettando le disposizioni del precedente art. 75, comma 6. Eventuali ulteriori interventi volti a sviluppare e/o trasformare le attività produttive esistenti, si attuano attraverso la redazione di specifico piano di recupero del patrimonio edilizio esistente ai sensi di legge.

Per quanto riguarda le aree verdi:

Art. 64 Le aree verdi non edificate (VR)

1. Il P.O. individua le aree libere, non interessate dall'edificazione, comprese nel perimetro del territorio urbanizzato, come definito in via transitoria (art. 224 della LR 65/2014), che non costituiscono pertinenza di edifici esistenti, all'interno delle quali possono essere presenti attività agricole residuali o intercluse e dove la dimensione urbana e quella rurale entrano maggiormente a contatto.

2. Le strategie del PO sono orientate alla salvaguardia dello spazio inedificato, dove possono coesistere forme d'uso legate alla produzione agricola ed al tempo libero, in particolare l'agricoltura di prossimità e divenire anche il sup-porto per una mobilità lenta e sostenibile, ciclabile e pedonale. Lo spazio non edificato è da promuovere come elemento di rigenerazione delle stesse aree edificate, valorizzando la porosità e la permeabilità dell'insediamento, costituendo la rete delle connessioni tra gli spazi verdi della città e gli ambiti agricoli e naturali, rafforzando la riqua-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

lificazione ecologica ed ambientale delle aree interessate, potenziando la loro capacità di fornire servizi ecosistemi-ci.

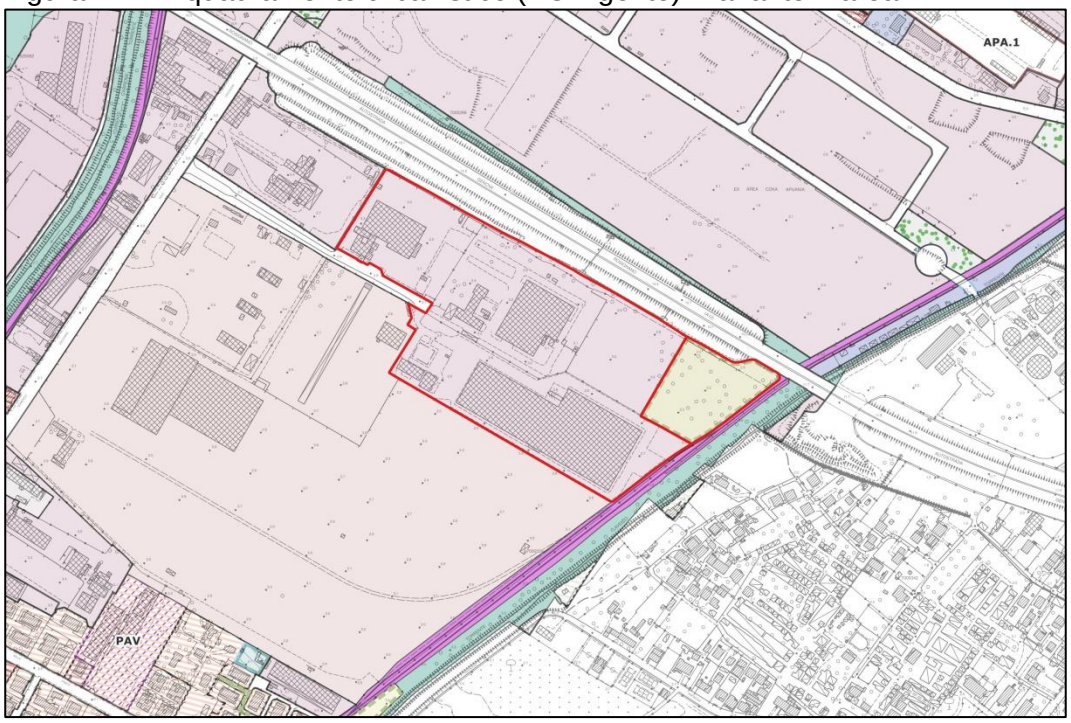
3. Gli interventi dovranno favorire il loro riassetto e la loro riqualificazione, anche ai fini del mantenimento ed il ripri-stino degli equilibri ambientali, in particolare quelli riferiti al rischio idraulico ed alla compensazione della CO2, oltre che per il miglioramento complessivo del paesaggio urbano e periurbano. Sono per questo favoriti:
- l'incremento di filari e masse arboree, finalizzati alla riforestazione urbana;
- l'agricoltura periurbana e gli orti sociali e comunque tutte le attività che possano mantenere la manutenzione del territorio e consolidare forme di agricoltura per autoconsumo o di filiera corta, comunque sostenibile;
- la formazione di percorsi con un sistema di collegamenti pedonali e ciclabili a parchi e giardini di quartiere esistenti o previsti;
- interventi di "baulatura" e recupero delle canalizzazioni esistenti, anche potenziandole, anche ai fini della riduzione dei fenomeni di ristagno.

4. Negli spazi verdi non edificati si deve favorire il raggiungimento dei seguenti obiettivi:
- configurazione coerente degli spazi non edificati e valorizzazione degli elementi caratterizzanti della trama fondiaria;
- riqualificazione paesaggistica, ambientale e funzionale, mediante manutenzione dell'assetto morfologico e della copertura vegetale dei suoli, conservazione e/o recupero degli impianti arborei (garantendo in particolare il mantenimento di eventuali elementi vegetazionali tipici, quali siepi e filari alberati, e favorendo, ove possibile, l'eliminazione di specie infestanti aliene, tra le quali l'Ailanthus altissima, in accordo con la normativa regionale), riordino delle attività insediate, bonifica di eventuali aree di deposito abusive;
- presidio idrogeologico, compresi interventi di manutenzione e ripristino del reticolo idrografico superficiale e della vegetazione ripariale;
- riordino e consolidamento delle attività agricole eventualmente presenti, comprese quelle amatoriali, ai fini di una ricomposizione morfologica e paesaggistica dei siti interessati, particolarmente nelle aree direttamente confinanti con le aree a prevalente funzione agricola;
- riordino degli assetti insediativi, anche mediante eliminazione di consistenze edilizie di origine abusiva.

5. All'interno di tali aree è vietata qualsiasi forma di nuova edificazione, anche interrata; non è ammessa la trasforma-zione in giardini di tipo urbano nei casi in cui le aree a verde privato siano a contatto con il territorio aperto e man-tengano caratteristiche di ruralità, affinché contribuiscano a svolgere la funzione di transizione come componenti del paesaggio rurale. In tali aree sono ammessi i soli interventi privi di rilevanza urbanistico – edilizia, come definiti dalla normativa regionale e, limitatamente alle zone che non presentano caratteristiche ambientali di pregio, la localizzazione di parcheggi pertinenziali alla residenza. La realizzazione dei nuovi parcheggi pertinenziali a raso non deve alterare la funzionalità idraulica del contesto e per la pavimentazione si prescrive la terra battuta e/o la ghiaia, o soluzioni assimilabili, mentre non sono ammesse pavimentazioni impermeabili.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 7. Inquadramento urbanistico (PO vigente). Variante 2 area P2.



ARTICOLAZIONE DEGLI AMBITI TERRITORIALI

L'assetto ambientale

- V2 - le aree a prevalente naturalità, art. 46
- V3.1 - le aree agricole di pregio della collina e della montagna, art. 47
- V3.2 - le aree agricole della collina, art. 48
- V3.3 - le aree di corona dei borghi montani, art. 49
- V3.4 - le aree agricole della pianura, art. 50
- V4 - le aree agricole umide, art. 51
- V5 - le aree verdi di connessione e di filtro ambientale, art. 52
- V6 - la campagna urbanizzata, art. 84

La residenza

- R1 - la città antica e i nuclei storici, art. 68
- R2 - tessuti storici, art. 69
- R3 - le ville e i giardini storici, art. 70
- R4 - le addizioni residenziali unitarie, art. 71
- R5 - la residenza in aggiunta, art. 72
- R6 - le aree miste in aggiunta, art. 73
- R7 - la residenza diffusa, art. 74

La produzione, art. 75

- P1 - le aree produttive del Carrione, art. 76
- P2 - le piastre produttive specializzate, art. 77
- P3 - l'area produttiva retro portuale, art. 78
- P4 - gli edifici della produzione diffusa, art. 79
- P5 - le aree dei servizi e

ALTRO

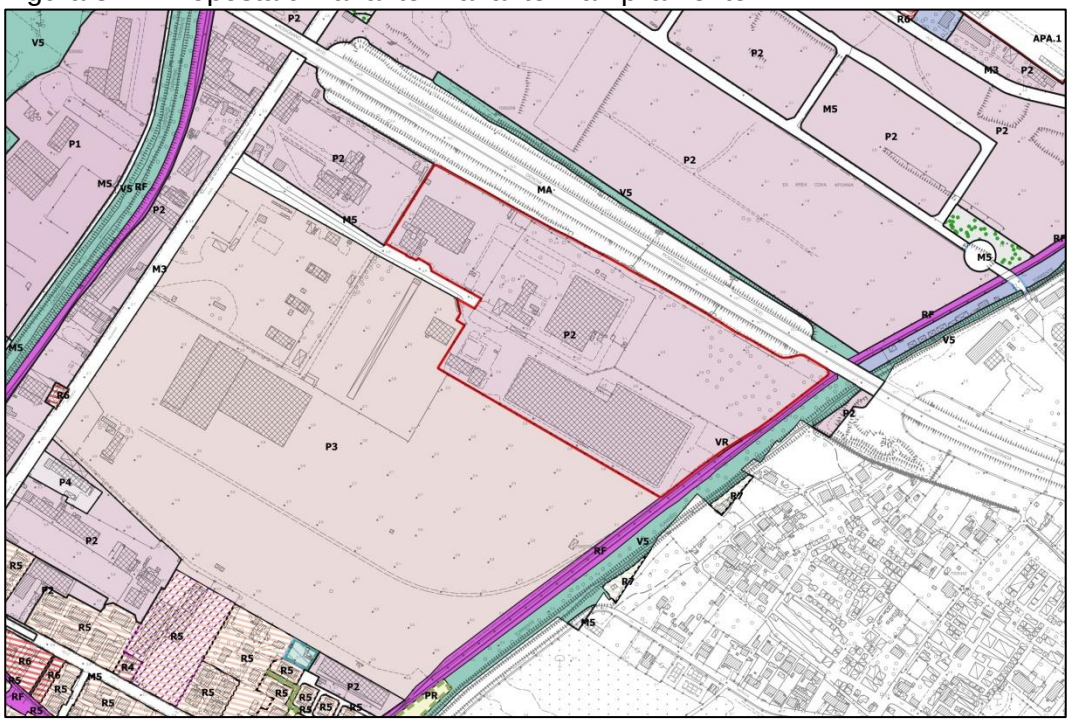
- Cave dismesse - Aree di recupero ambientale, art. 60 c. 3
- Edifici e strutture produttive di valore storico e testimoniale art. 75 c.6
- PR, le aree private scoperte, art. 65
- VR, le aree verdi non edificate, art. 64

FASCE DI RISPETTO

- Fasce di rispetto dal Piano Strutturale

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 8. Proposta di variante. Variante 2 ampliamento dell'area P2.



ARTICOLAZIONE DEGLI AMBITI TERRITORIALI

L'assetto ambientale

- V2 - le aree a prevalente naturalità, art. 46
- V3.1 - le aree agricole di pregio della collina e della montagna, art. 47
- V3.2 - le aree agricole della collina, art. 48
- V3.3 - le aree di corona dei borghi montani, art. 49
- V3.4 - le aree agricole della pianura, art. 50
- V4 - le aree agricole umide, art. 51
- V5 - le aree verdi di connessione e di filtro ambientale, art. 52
- V6 - la campagna urbanizzata, art. 84

La residenza

- R1 - la città antica e i nuclei storici, art. 68
- R2 - tessuti storici, art. 69
- R3 - le ville e i giardini storici, art. 70
- R4 - le addizioni residenziali unitarie, art. 71
- R5 - la residenza in aggiunta, art. 72
- R6 - le aree miste in aggiunta, art. 73
- R7 - la residenza diffusa, art. 74

La produzione, art. 75

- P1 - le aree produttive del Carrione, art. 76
- P2 - le piastre produttive specializzate, art. 77
- P3 - l'area produttiva retro portuale, art. 78
- P4 - gli edifici della produzione diffusa, art. 79
- P5 - le aree dei servizi e

ALTRO

- Cave dismesse - Aree di recupero ambientale, art. 60 c. 3
- Edifici e strutture produttive di valore storico e testimoniale art. 75 c.6
- PR, le aree private scoperte, art. 65
- VR, le aree verdi non edificate, art. 64

FASCE DI RISPETTO

- Fasce di rispetto dal Piano Strutturale

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

4. INQUADRAMENETO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELLE AREE DI VARIANTE

4.1 Inquadramento geomorfologico generale

Fonte: Relazione geologica del Piano Strutturale

Le due aree di variane sono localizzate presso la zona della pianura del territorio comunale, costituita da depositi alluvionali e marini ed estesa dal mare fin quasi alla città di Carrara. La parte sud si estende dal mare sino ad oltre la Via Aurelia, comprendendo anche Fossone, Turigliano e Nazzano; la parte nord di quest'ultima che include tutta la fascia intravalliva (valli del Torrente Carrione e dei principali affluenti) che comprende la conca morfologica della Città di Carrara e il territorio che collega quest'area alla sottostante pianura costiera, fino alla località di S. Antonio.

Si può distinguere un'alta pianura caratterizzata dalla presenza dei depositi alluvionali ghiaiosi del Torrente Carrione, cui lateralmente, in località Fossone, si sovrappongono dei depositi limosi, una zona intermedia in cui alle ghiaie succedono le sabbie marine e quindi la zona costiera caratterizzata da sabbie recenti ed attuali.
Il più antico agglomerato è quello di Avenza, originariamente approdo costiero, che è stato nel tempo interrato e che attualmente si trova a meno di due chilometri dalla costa.

Questo centro ha conosciuto negli ultimi decenni un notevole sviluppo urbanistico che lo ha esteso fino a congiungerlo, praticamente, con Marina di Carrara, che è l'altro grande agglomerato urbano della costa sviluppatosi intorno al porto commerciale.

Quando l'urbanizzazione del territorio non aveva ancora obliterato l'originaria morfologia, l'alta pianura era caratterizzata dalla conoide del Torrente Carrione, il cui bordo estremo è ubicato all'incirca in corrispondenza della frazione di Avenza.

Tutta la pianura è caratterizzata da una modesta pendenza verso mare, che aumenta solo in corrispondenza della parte frontale della conoide del T. Carrione.

4.2 Inquadramento geologico generale

Fonte: Relazione geologica del Piano Strutturale

La geologia del territorio comunale di Carrara si inquadra nella geologia generale delle Alpi Apuane e dell'Appennino Settentrionale.

L'area Apuana mostra un'elevata complessità, sia per la varietà delle formazioni geologiche presenti, sia per la genesi dell'assetto strutturale.
La pianura di Carrara è caratterizzata geologicamente dalla seguente successione:

<u>Depositi quaternari</u>

Depositi alluvionali attuali (b). Depositi dei letti fluviali attuali, soggetti ad evoluzione attraverso processi fluviali ordinari, composti prevalentemente da ghiaie, ciottoli, sabbie limose e/o limi sabbiosi;

Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna). Depositi sciolti eterometrici di ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa o limo-argillosa e/o depositi sciolti di sabbie, limi e argille (Olocene);

Depositi alluvionali terrazzati di vario ordine prevalentemente ghiaiosi (bnb). Depositi sciolti eterometrici di ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa e/o limo argillosa e/o depositi alluvionali cementati (conglomerati) e reincisi (Pleistocene Medio-Superiore);

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Depositi sabbiosi eolici di spiaggia (da). Sabbie di ambiente costiero, delle dune e dei cordoni litoranei. Sabbie medie e fini che localmente possono presentarsi da debolmente limose a limose con modeste lenti di limo (Olocene);

Depositi alluvionali antichi (dct). Depositi fluviali cementati e terrazzati, depositi di conoide alluvionale cementati e reincisi (Olocene-Pleistocene?);

Depositi fini alluvionali eterogenei di ambiente focivo e di stagno retrodunale, legati alla dinamica fluviale (dl). Limi argillo-sabbiosi e/o argille limose prevalenti sovrastanti e/o intercalati a depositi ghiaiosi alluvionali o a depositi sabbiosi di origine marina. Presenza di lenti sottili di argilla spesso associata a frazioni sabbiose ricche di sostanza organica (ex zone costiere depresse retrodunali) e di terreni eterogenei di colmata. Elevata variabilità stratigrafica sia orizzontale che verticale. (Olocene);

Depositi palustri o di stagno costiero (e3a). Depositi fini costituiti da limi, limi sabbiosi e sabbie limose con abbondante frazione organica. Presenza di livelli torbosi e di terreni eterogenei di colmata. Elevata variabilità stratigrafica sia orizzontale che verticale (Olocene);

Sabbie di spiaggia recenti ed attuali (g2a). Sabbie litorali granulometricamente poco assortite.

Ambedue le aree di variante si trovano sui depositi sabbiosi eolici di spiaggia (da).

4.3 Inquadramento geomorfologico particolare dell'area di variante 2

Fonte: Relazione Geologica di supporto al Permesso di costruire nuovo stabilimento Aero Alliance all'interno della ex Area Gaspari Menotti ad Avenza. Dott. Geol.Gianni Focardi 2021 integrata.

L'area di variante 2 si trova presso il margine sud orientale del comune di Carrara presso il confine con Massa, è limitrofa all'autostrada A12 Genova-Rosignano, al margine meridionale dell'abitato di Marina di Carrara; a circa 700 ml a NE dalla linea di costa, ad una quota indicativa di 3 m s.l.m. ed è inserito in un'area industriale.
La zona è nel complesso pianeggiante; la morfologia della pianura degrada in direzione NE-SW, principale direzione di drenaggio, con un gradiente estremamente blando e non apprezzabile.

Non si rilevano elementi morfologici di rilievo ad eccezione del rilevato autostradale a nord (di altezza circa 9 metri). Nella carta geomorfologica di supporto al Piano Operativo Comunale è riportato il percorso di un paleo alveo che attraversa in parte il comparto industriale.
Gli edifici industriali e le infrastrutture limitrofe all'area di variante si presentano stabili, privi pertanto di elementi di dissesto e/o quadri fessurativi.

Dal punto di vista geologico i terreni naturali che costituiscono la zona di pianura sono caratterizzati dalla prevalenza di sabbie con granulometria poco assortita di litorale di spiaggia, da poco a moderatamente addensate e struttura omogenea; tale descrizione risulta dalla Carta Geologico Tecnica dello studio di Microzonazione della Regione Toscana. Al margine orientale è presente un settore con limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità di origine palustre da poco a moderatamente consistenti, stratificati.
In superficie è presente una diffusa coltre di terreno di riporto connesso alle sistemazioni antropiche.

Da precedenti saggi geognostici la falda freatica risulta a quote prossime al piano di campagna (1-2 metri). Tale dato è coerente anche con le indicazioni della Carta delle aree con problematiche idrogeologiche (fig.5) dove risulta la presenza di una falda superficiale a vulnerabilità elevata e soggiacenza <5m, al margine con un settore con problematiche di salinizzazione.
In coerenza con quanto sopra, la carta delle indagini dello studio di microzonazione sismica censisce un pozzo nella proprietà di progetto con livello della falda a 1,9 metri (vedi Tav.2).

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

5. AREE DI VARIANTE E PERICOLOSITÀ GEOLOGICA, SISMICA E IDRAULICA

Le classi di pericolosità interessate dalle aree di variante, totalmente o da porzioni di esse, secondo il Regolamento 53R/2011 rivalutato con indici e considerando il Piano Strutturale vigente, sono descritte ai paragrafi seguenti.

5.1 Pericolosità geologica

G.2 – Pericolosità geologica media. Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto. Aree nelle quali sono al massimo prevedibili, sulla base di valutazioni geologiche, litotecniche e clivometriche (corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%) limitati processi di degrado riconoscibili e neutralizzabili a livello di intervento diretto".
Per tali aree non sono previste particolari prescrizioni, ma a livello di R.U./P.O. dovranno comunque essere dettate le condizioni di fattibilità in funzione di specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio al fine di non modificare negativamente le condizioni e i processi geomorfologici presenti nell'area dei singoli interventi.

G.3l - Pericolosità geologica medio-elevata per caratteristiche geotecniche. Aree potenzialmente soggette a cedimenti differenziali per la presenza di terreni compressibili con caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a scadenti. Aree caratterizzate da situazioni geologiche apparentemente stabili sulle quali occorrono degli approfondimenti da effettuarsi a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia.
Nelle aree classificate G.3l sono necessari degli approfondimenti da effettuarsi a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia. Per tali aree, a livello di R.U./P.O., dovranno essere dettate le condizioni di fattibilità dei singoli interventi.

G.3s - Pericolosità geologica medio-elevata per fenomeni di subsidenza. Aree potenzialmente soggette a subsidenza per caratteri stratigrafici, litotecnici ed idrogeologici. Nelle aree classificate G.3s sono necessari degli approfondimenti da effettuarsi a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia. Per tali aree, a livello di R.U./P.O., dovranno essere dettate le condizioni di fattibilità dei singoli interventi.

5.2 Pericolosità sismica

S.3 - Pericolosità sismica elevata. Aree interessate da fenomeni di instabilità quiescenti e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana per le quali non si escludono fenomeni di instabilità indotta dalla sollecitazione sismica; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni soggetti a liquefazione dinamica; zone con possibile amplificazione connesse a zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; presenza di faglie e/o contatti tettonici. Per tali aree è necessario che in sede di R.U./P.O. vengano definite le norme di fattibilità tenendo in conto i seguenti criteri:
Omissi …….
b) nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti e per i terreni soggetti a liquefazione dinamica, devono essere prescritte adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo al verificarsi del fenomeno della liquefazione dei terreni;
Omiissis ……

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

5.3 Pericolosità idraulica del Piano Strutturale integrata con il Piano Operativo:

I.2 - Pericolosità idraulica media. Non sono previste particolari prescrizioni, ma a livello di R.U./P.O. potranno comunque essere dettate le condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico. In particolare potranno essere indicati i criteri per perseguire la riduzione della vulnerabilità delle opere previste o gli interventi da realizzare per la messa in sicurezza per venti con tempi di ritorno superiori a 200 anni, e tenendo comunque conto della necessità di non determinare aggravi di pericolosità in altre aree.

I.3 - Le aree classificate in classe I.3 e I.3* (pericolosità idraulica elevata – alluvioni poco frequenti della LR.41/18) e quelle classificate come Iq200 sono aree soggette ad allagamenti per eventi di piena compresi tra 30<Tr≤200 anni.
Per le aree classificate I.3 e I.3* (pericolosità idraulica elevata – alluvioni poco frequenti) e per la classe Iq200 la realizzazione di interventi di nuova costruzione e di interventi sul patrimonio edilizio esistente di cui agli artt. 11 e 12, la realizzazione di nuove infrastrutture lineari o a rete di cui all'art. 13 e gli interventi edilizi e infrastrutturali all'esterno del territorio urbanizzato di cui all'art.16 della LR.41/18, possono essere condizionati alla realizzazione delle opere per la gestione del rischio di alluvioni di cui all'art.8 della stessa legge, anche in relazione al contesto di "magnitudo idraulica" in cui si inseriscono così come rappresentato nella Tavola 11 "Carta della magnitudo idraulica ai sensi della LR.n.41/18" dello studio idrologicoidraulico.
Il R.U./P.O. definirà le condizioni per la realizzabilità degli interventi ammessi coerentemente con la normativa regionale e le disposizioni del PGRA.

5.4 Pericolosità Idraulica del PGRA

P1 - Aree a pericolosità da alluvione bassa.
1. Nelle aree P1 sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di gestione del rischio.
2. Nelle aree P1 da alluvioni fluviali l'Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle opere idrauliche in merito all'aggiornamento del quadro conoscitivo con conseguente riesame delle mappe di pericolosità.
3. La Regione disciplina le condizioni di gestione del rischio per la realizzazione degli interventi nelle aree P1.

P2 - Aree a pericolosità da alluvione media. Norme
Con riferimento alle norme del PGRA e relativi articoli:
1. Nelle aree P2, per le finalità di cui all'art. 1, sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio, fatto salvo quanto previsto al seguente comma 2 e al successivo art. 10.
2. Nelle aree P2 da alluvioni fluviali l'Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle opere idrauliche in merito all'aggiornamento del quadro conoscitivo con conseguente riesame delle mappe di pericolosità.
3. Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio per la realizzazione degli interventi nelle aree P2.

P2 - Aree a pericolosità da alluvione media. Indirizzi
1. i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi:
a) sono da subordinare, se non diversamente localizzabili, al rispetto delle condizioni di gestione del rischio, le previsioni di:
- nuove opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali;
- nuovi impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;
- sottopassi e volumi interrati
b) sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio le previsioni di:
- nuove infrastrutture e opere pubbliche o di interesse pubblico;

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

- interventi di ampliamento della rete infrastrutturale primaria, delle opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali e degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;
- nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione;
- nuove edificazioni.

c) sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica alla riqualificazione e allo sviluppo degli ecosistemi fluviali esistenti, nonché le destinazioni ad uso agricolo, a parco e ricreativo – sportive.

P3 - Aree a pericolosità da alluvione elevata (P3). Norme

Con riferimento alle norme del PGRA e relativi articoli:

1. Nelle aree P3, per le finalità di cui all'art. 1, sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio, fatto salvo quanto previsto al seguente comma 2 e al successivo art. 8.
2. Nelle aree P3 da alluvioni fluviali l'Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle opere idrauliche in merito all'aggiornamento del quadro conoscitivo con conseguente riesame delle mappe di pericolosità.
3. Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio per la realizzazione degli interventi nelle aree P3.

P3 - Aree a pericolosità da alluvione elevata (P3). Indirizzi

1. Fermo quanto previsto all'art. 7 e all'art. 14 comma 9 delle NTA del PGRA, nelle aree P3 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province, le Città Metropolitane e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio, si attengono ai seguenti indirizzi:

a) sono da evitare le previsioni di:
- nuove opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali;
- nuovi impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;
- sottopassi e volumi interrati

b) sono da subordinare, se non diversamente localizzabili, al rispetto delle condizioni di gestione del rischio, le previsioni di:
- nuove infrastrutture e opere pubbliche o di interesse pubblico;
- interventi di ampliamento della rete infrastrutturale primaria, delle opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali e degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;
- nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione;
- nuove edificazioni

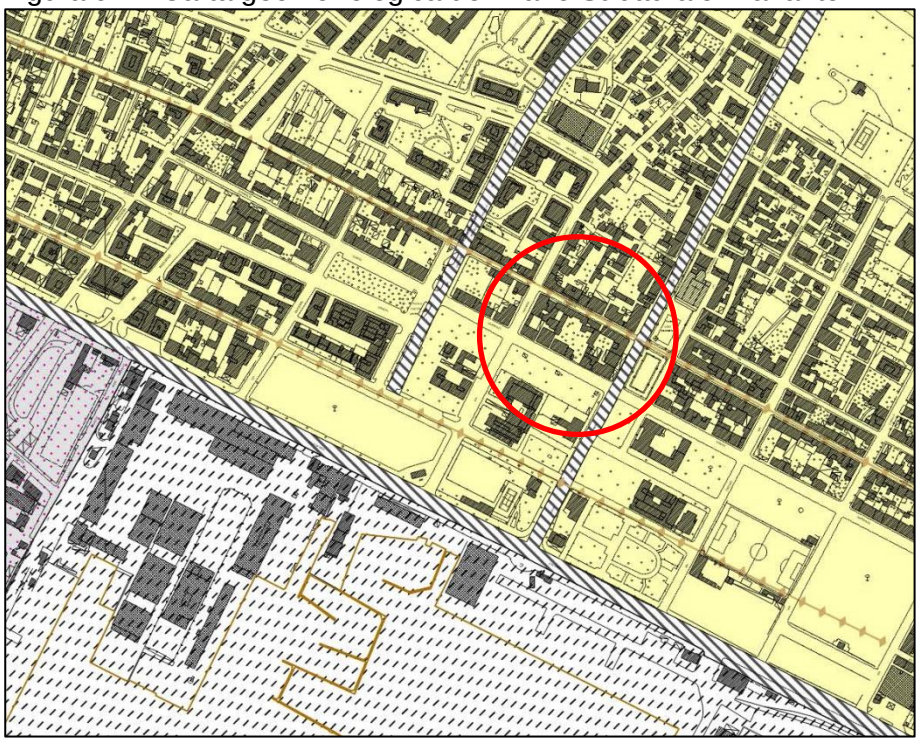
c) sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio le previsioni di interventi di ristrutturazione urbanistica;

d) sono da privilegiare le previsioni di trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica, alla riqualificazione e allo sviluppo degli ecosistemi fluviali esistenti, nonché le destinazioni ad uso agricolo, a parco e ricreativo – sportive.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

6. REPERTORIO GEOLOGICO DEL PIANO STRUTTURALE

Figura 9. Carta geomorfologica del Piano Strutturale. Variante 1.



FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTO ALL'UOMO E MANUFATTI

Forme e depositi artificiali

h5 — **Terreni di riporto (h5)**

h3 — **Ravaneti (h3)**
Discariche di materiale di scarto delle cave.
Oltre ai corpi detritici scaricati lungo i versanti di cava sono cartografati i depositi e/o manufatti realizzati nei fondivalle dei bacini estrattivi (riempimenti, terrapieni, rilevati, piazzali, viabilità etc....) utilizzando i medesimi materiali di scarto originati dall'attività estrattiva.

Discariche di rifiuti speciali

Depositi di origine antropica
Sono censiti i principali cumuli sopra suolo e/o i terreni in rilevato presenti nella fascia costiera evidenziati su base morfologica mediante tecnica LIDAR (ripresa 2008)

Strutture antropiche

Rilevato stradale o ferroviario

Trincea artificiale per strade o ferrovie

Opere marittime, portuali e lacuali

Porto di Carrara con relative scogliere di protezione

Vasca di colmata "Piazzale Città di Massa"

Scogliere

Lago artificiale

af — **Alveo fluviale attuale naturale e/o antropico (af)**

afa — **Alveo fluviale abbandonato artificialmente (afa)**

dis — **Tratti di corsi d'acqua e impluvi interessati e/o soggetti a fenomeni di sovralluvionamento (dis)**

st — **Superficie di terrazzo e/o ripiano di erosione fluviale (st)**

ELEMENTI GEOLOGICI

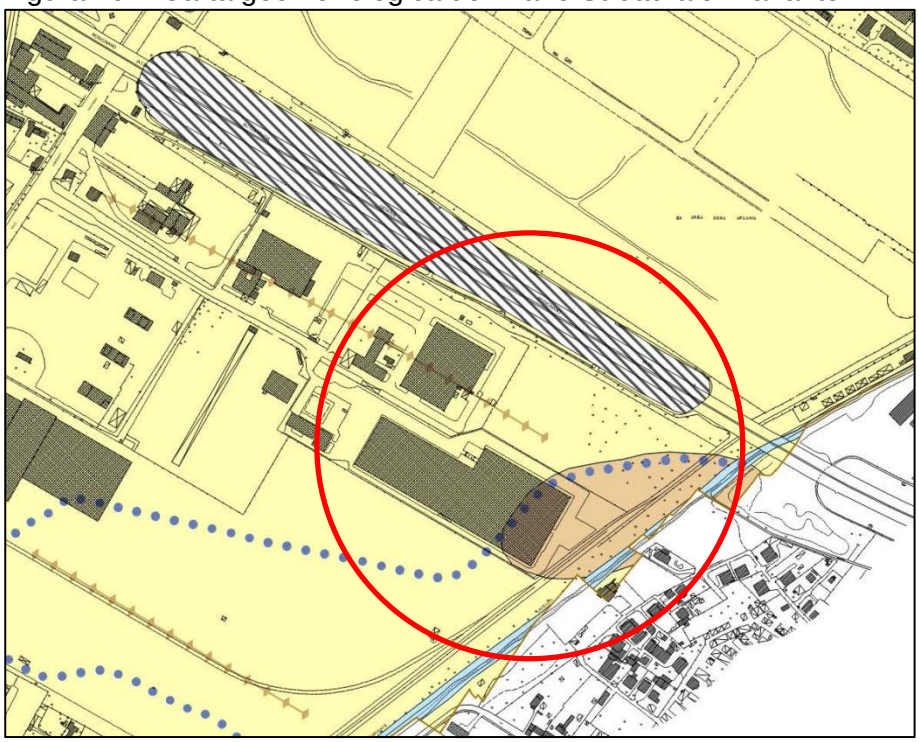
Depositi Quaternari

da | dl | e3a | dc | bna | bnb | dct

da: depositi sabbiosi eolici e di spiaggia (Olocene); dl: depositi fini alluvionali eterogenei di ambiente focivo e di stagno retrodunale (Olocene); e3a: depositi palustri o di stagno costiero (Olocene); dc: depositi colluviali pedemontani;
bna: depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (Olocene); bnb:depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene Medio-Sup.);
dct: depositi alluvionali antichi cementati e terrazzati (Olocene-Pleistocene?)

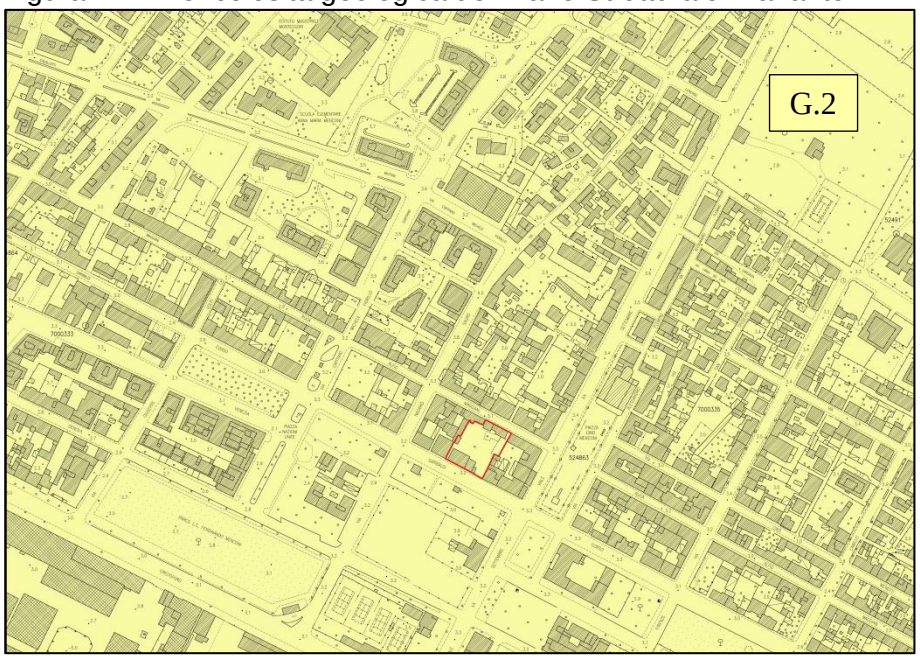
COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 10. Carta geomorfologica del Piano Strutturale. Variante 2.



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 11. Pericolosità geologica del Piano Strutturale. Variante 1.



CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Viene applicata la corrispondenza G.4 = P.F.M.E. e G.3b = P.F.E.

G.1

Classe G.1: Pericolosità bassa

Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi. Aree di conoide delT. Carrione senza condizionamenti d'ordine geologico in senso lato.

G.2

Classe G.2: Pericolosità media

Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto. Aree nelle quali sono al massimo prevedibili, sulla base di valutazioni geologiche, litotecniche e clivometriche (corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%) limitati processi di degrado riconoscibili e neutralizzabili a livello di intervento diretto.

G.3a

Classe G.3a: Pericolosità medio-elevata

Aree in cui necessita particolare attenzione per la prevenzione dei dissesti idrogeologici per la presenza di elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una media propensione al dissesto (aree di ambito collinare e montano). Vi ricadono i corpi detritici con pendenze superiori al 25% e i versanti in roccia o con roccia sub-affiorante.

G.3b

Classe G.3b: Pericolosità elevata
Si applica la corrispondenza G.3b = P.F.E. (B.T.Nord) = PG3 e PG2 (B.F.Magra)

Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti e relative aree di influenza con indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di media intensità; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, a intensi fenomeni erosivi e a processi accertati di degrado antropico. Tale classe include le frane non attive interessate (e non interessate) da fenomeni di ruscellamento diffuso e/o concentrato con pendenze superiori al 40% e i terreni di copertura s.l. in condizioni di instabilità geomorfologica potenziale. Vi ricadono anche le aree interessate da coperture detritiche con pendenze superiori al 60% e le aree esposte a possibili fenomeni di caduta massi.

G.4

Classe G.4: Pericolosità molto elevata
Si applica la corrispondenza G.4 = P.F.M.E. (B.T.Nord) = PG4 (B.F.Magra)

Aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di influenza, nonché le aree che possono essere coinvolte dai suddetti fenomeni. Corrispondono alle aree con dissesto in atto al momento del rilevamento quanto a fenomeni inattivi che presentano però indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di elevata intensità. Tale classe include le aree che possono essere coinvolte da processi a cinematica rapida e veloce quali quelle soggette a colate rapide incanalate di detrito e terra, le aree esposte a fenomeni accertati di caduta massi, le aree interessate da soliflussi e le aree che possono essere interessate da accertate voragini per fenomeni carsici.

G.3l

Classe G.3l: Pericolosità medio-elevata per caratteristiche geotecniche

Aree potenzialmente soggette a cedimenti differenziali per la presenza di terreni compressibili con caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a scadenti. Aree caratterizzate da situazioni geologiche apparentemente stabili sulle quali occorrono degli approfondimenti da effettuarsi a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia.

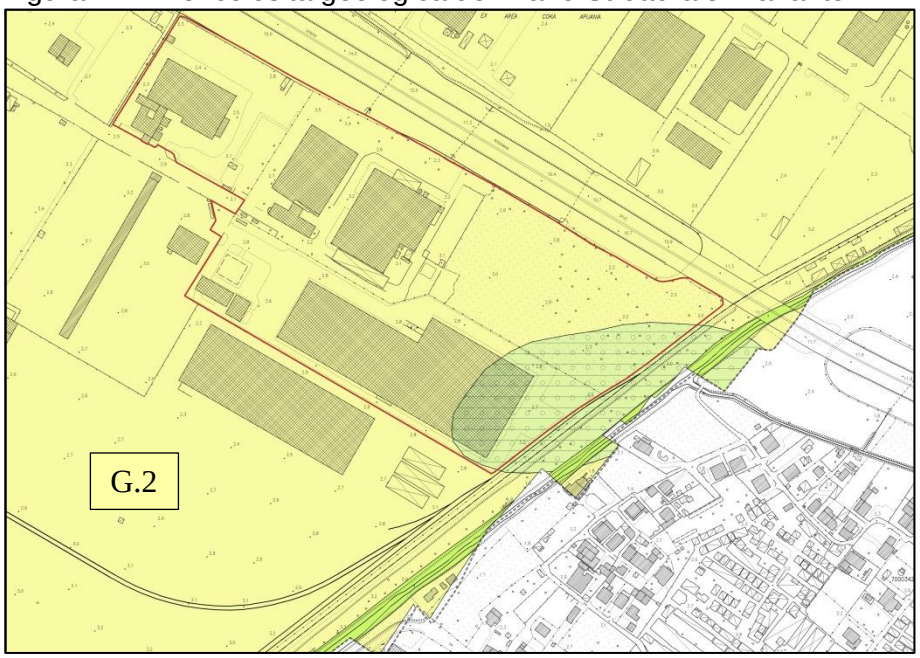
G.3s

Classe G.3s: Pericolosità medio-elevata per propensione alla subsidenza

Aree potenzialmente soggette a subsidenza per caratteri stratigrafici, litotecnici ed idrogeologici.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 12. Pericolosità geologica del Piano Strutturale. Variante 2.



CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Viene applicata la corrispondenza G.4 = P.F.M.E. e G.3b = P.F.E.

G.1

Classe G.1: Pericolosità bassa

Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi. Aree di conoide delT. Carrione senza condizionamenti d'ordine geologico in senso lato.

G.2

Classe G.2: Pericolosità media

Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto. Aree nelle quali sono al massimo prevedibili, sulla base di valutazioni geologiche, litotecniche e clivometriche (corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%) limitati processi di degrado riconoscibili e neutralizzabili a livello di intervento diretto.

G.3a

Classe G.3a: Pericolosità medio-elevata

Aree in cui necessita particolare attenzione per la prevenzione dei dissesti idrogeologici per la presenza di elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una media propensione al dissesto (aree di ambito collinare e montano). Vi ricadono i corpi detritici con pendenze superiori al 25% e i versanti in roccia o con roccia sub-affiorante.

G.3b

Classe G.3b: Pericolosità elevata

Si applica la corrispondenza G.3b = P.F.E. (B.T.Nord) = PG3 e PG2 (B.F.Magra)

Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti e relative aree di influenza con indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di media intensità; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, a intensi fenomeni erosivi e a processi accertati di degrado antropico. Tale classe include le frane non attive interessate (e non interessate) da fenomeni di ruscellamento diffuso e/o concentrato con pendenze superiori al 40% e i terreni di copertura s.l. in condizioni di instabilità geomorfologica potenziale. Vi ricadono anche le aree interessate da coperture detritiche con pendenze superiori al 60% e le aree esposte a possibili fenomeni di caduta massi.

G.4

Classe G.4: Pericolosità molto elevata

Si applica la corrispondenza G.4 = P.F.M.E. (B.T.Nord) = PG4 (B.F.Magra)

Aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di influenza, nonché le aree che possono essere coinvolte dai suddetti fenomeni. Corrispondono alle aree con dissesto in atto al momento del rilevamento quanto a fenomeni inattivi che presentano però indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di elevata intensità. Tale classe include le aree che possono essere coinvolte da processi a cinematica rapida e veloce quali quelle soggette a colate rapide incanalate di detrito e terra, le aree esposte a fenomeni accertati di caduta massi, le aree interessate da soliflussi e le aree che possono essere interessate da accertate voragini per fenomeni carsici.

G.3l

Classe G.3l: Pericolosità medio-elevata per caratteristiche geotecniche

Aree potenzialmente soggette a cedimenti differenziali per la presenza di terreni compressibili con caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a scadenti. Aree caratterizzate da situazioni geologiche apparentemente stabili sulle quali occorrono degli approfondimenti da effettuarsi a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia.

G.3s

Classe G.3s: Pericolosità medio-elevata per propensione alla subsidenza

Aree potenzialmente soggette a subsidenza per caratteri stratigrafici, litotecnici ed idrogeologici.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 13. Carta geologico tecnica degli studi di Microzonazione Sismica 2016. Variante 1.

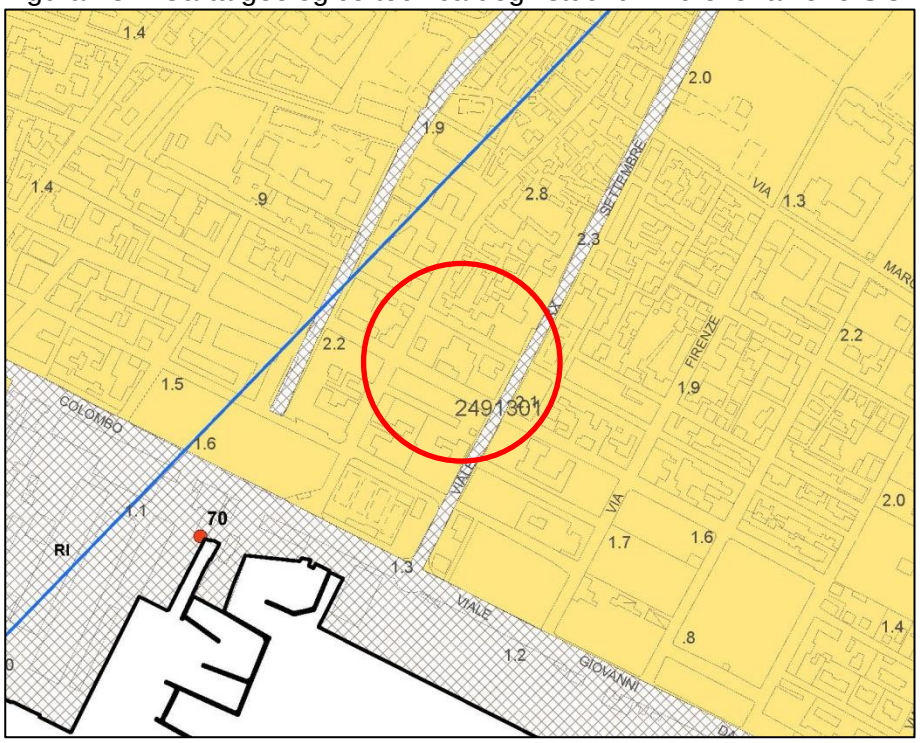
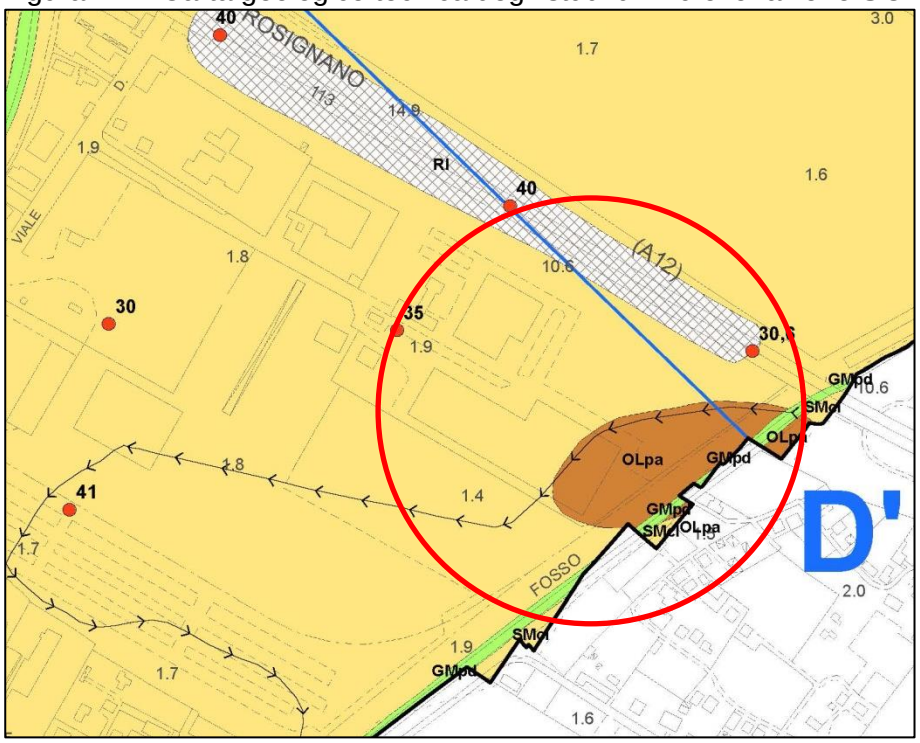
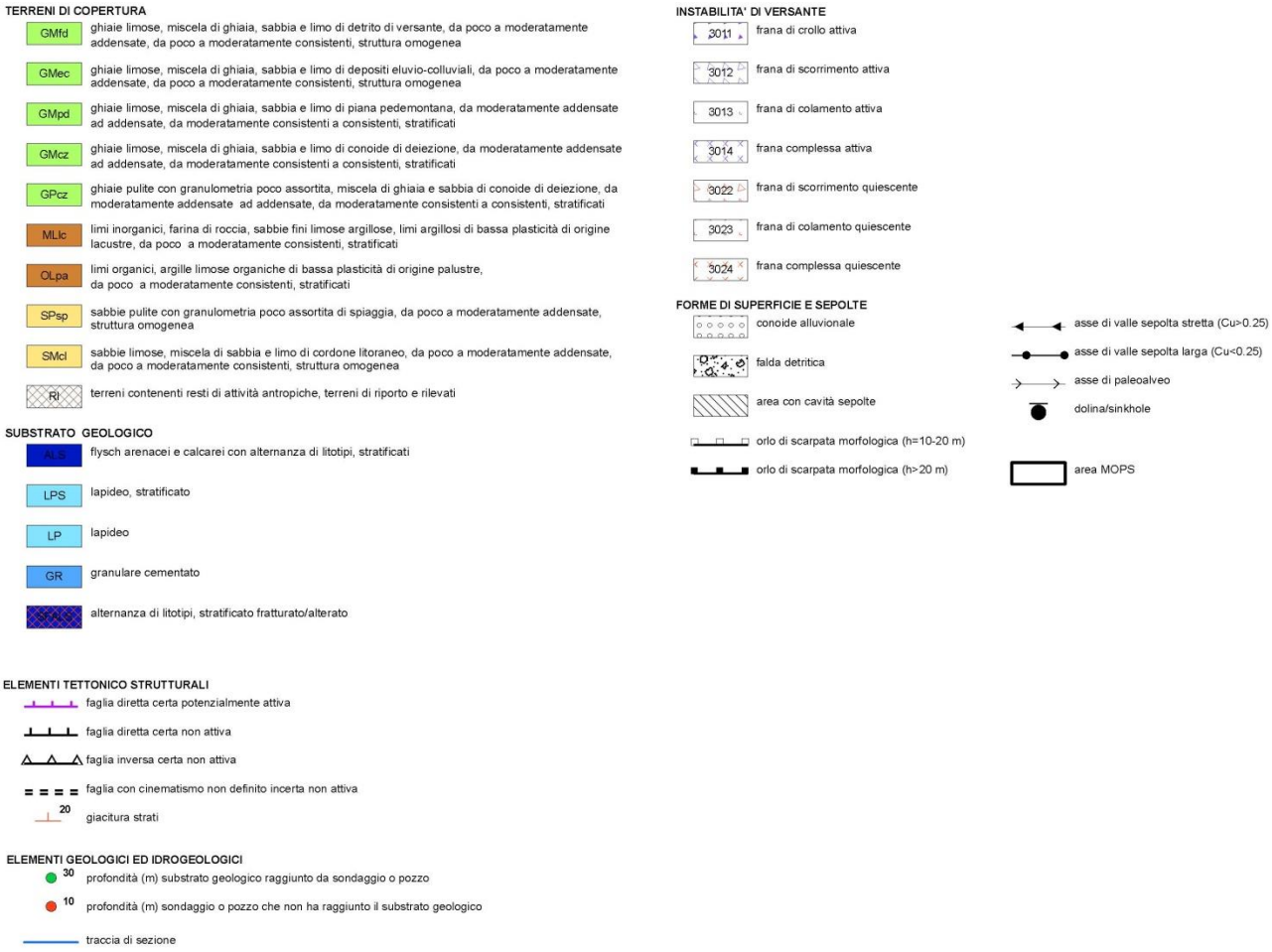


Figura 14. Carta geologico tecnica degli studi di Microzonazione Sismica 2016. Variante 2.



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Legenda della carta geologico tecnica.



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 15. Carta delle MOPS degli studi di Microzonazione Sismica 2016. Variante 1.

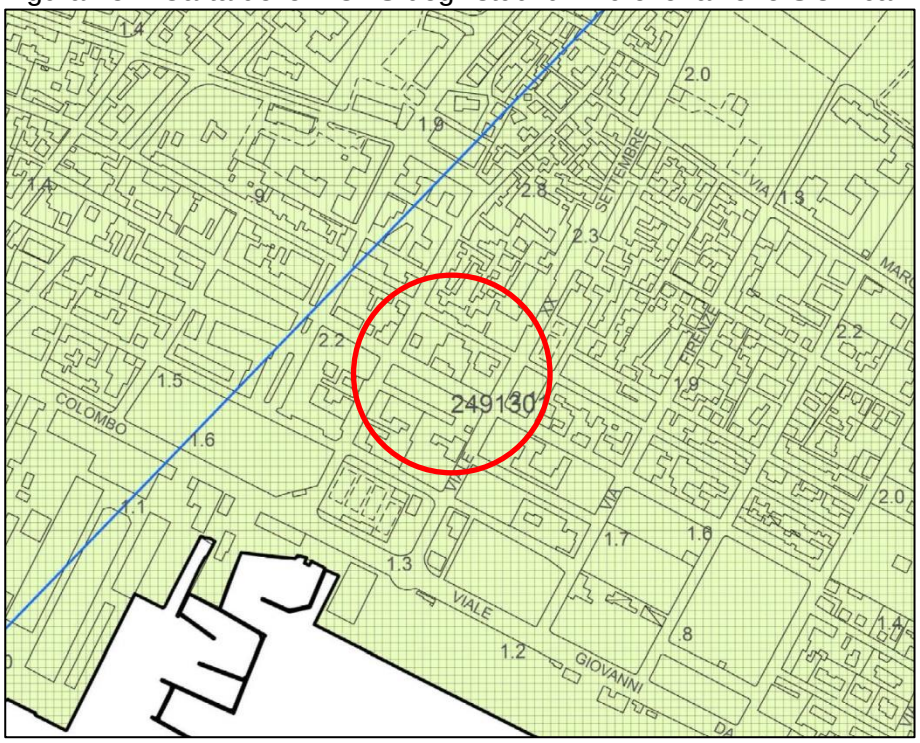
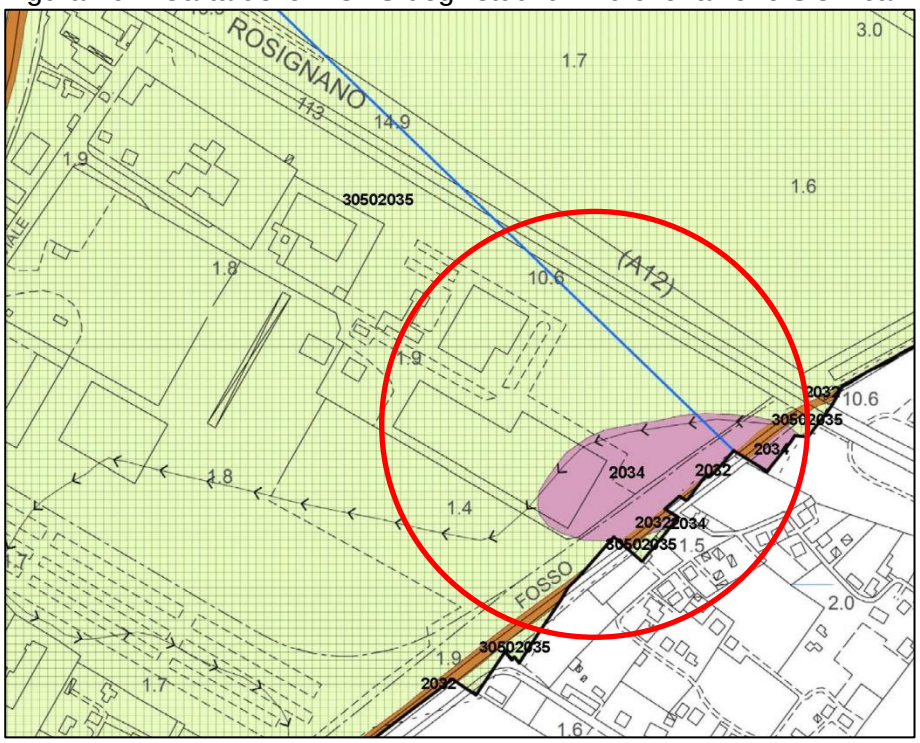
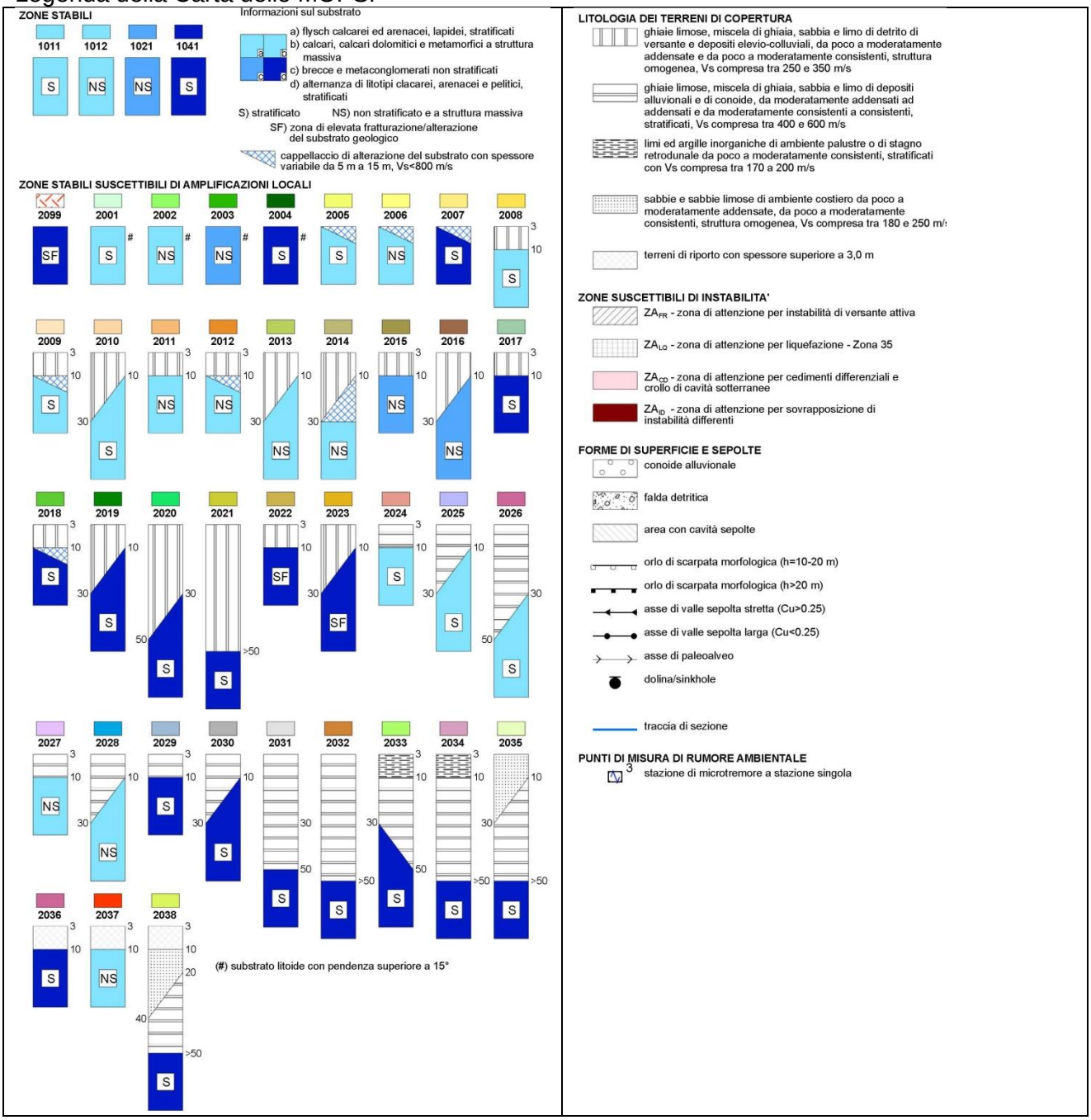


Figura 16. Carta delle MOPS degli studi di Microzonazione Sismica 2016. Variante 2.



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Legenda della Carta delle MOPS.



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 17. Pericolosità sismica del Piano Strutturale. Variante 1.

S.4 - molto elevata

zona suscettibile di instabilità di versante attiva

S.3 - elevata

zona suscettibile di instabilità di versante quiescente

zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi

zona con terreni suscettibili di liquefazione dinamica

zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per effetti stratigrafici, topografici o litoligici

S.2 - media

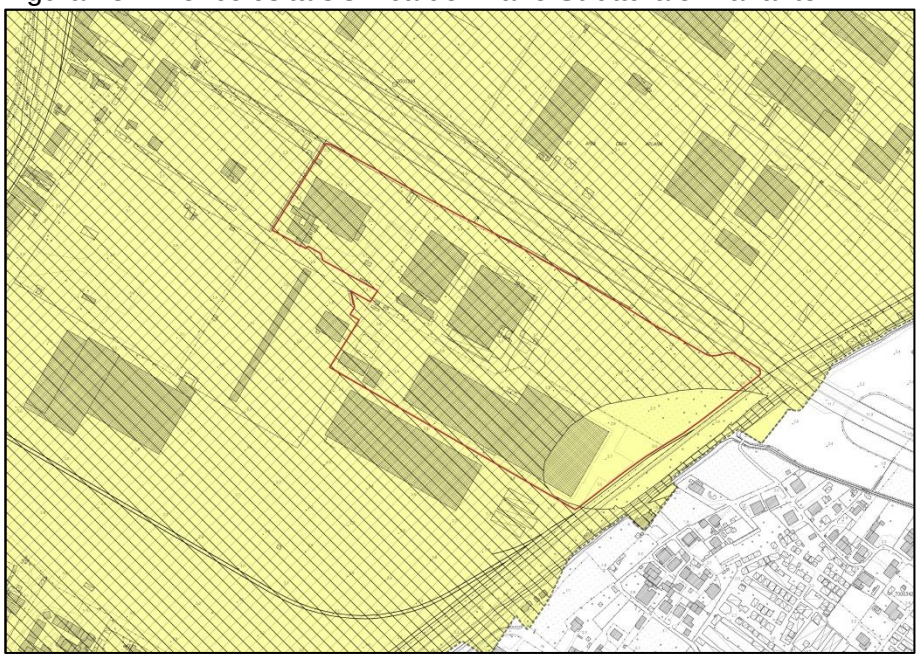
bedrock sismico (Vs>800 m/s) su versante con pendenza >15°

S.1 - bassa

bedrock sismico (Vs>800 m/s) con morfologia pianeggiante

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 18. Pericolosità sismica del Piano Strutturale. Variante 2.



S.4 - molto elevata

zona suscettibile di instabilità di versante attiva

S.3 - elevata

zona suscettibile di instabilità di versante quiescente

zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi

zona con terreni suscettibili di liquefazione dinamica

zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per effetti stratigrafici, topografici o litoligici

S.2 - media

bedrock sismico (Vs>800 m/s) su versante con pendenza >15°

S.1 - bassa

bedrock sismico (Vs>800 m/s) con morfologia pianeggiante

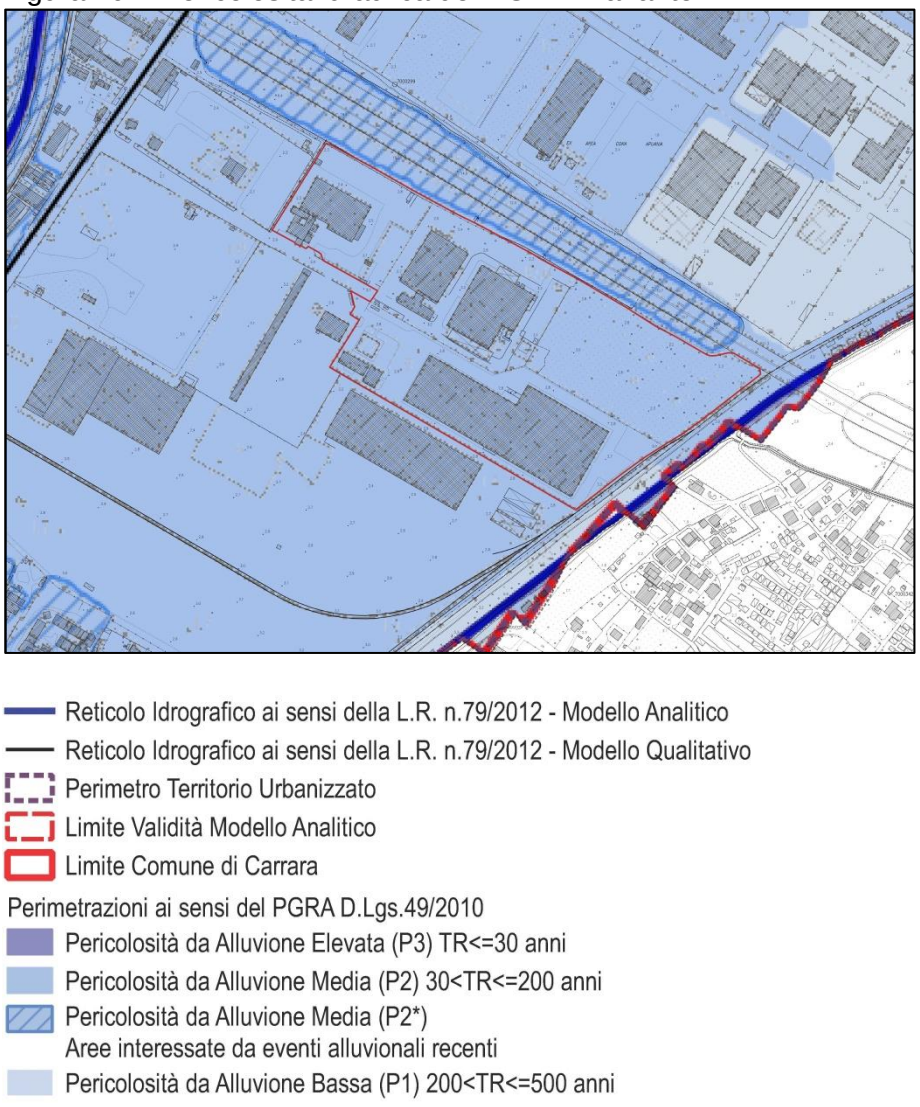
COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 19. Pericolosità idraulica del PGRA. Variante 1.

Reticolo Idrografico ai sensi della L.R. n.79/2012 - Modello Analitico
Reticolo Idrografico ai sensi della L.R. n.79/2012 - Modello Qualitativo
Perimetro Territorio Urbanizzato
Limite Validità Modello Analitico
Limite Comune di Carrara
Perimetrazioni ai sensi del PGRA D.Lgs.49/2010
Pericolosità da Alluvione Elevata (P3) TR<=30 anni
Pericolosità da Alluvione Media (P2) 30<TR<=200 anni
Pericolosità da Alluvione Media (P2*)
Aree interessate da eventi alluvionali recenti
Pericolosità da Alluvione Bassa (P1) 200<TR<=500 anni

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 20. Pericolosità idraulica del PGRA. Variante 2.



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

7. REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

Fonte: Relazione Geologica di supporto al Permesso di costruire nuovo stabilimento Aero Alliance all'interno della ex Area Gaspari Menotti ad Avenza. Dott. Geol. Gianni Focardi 2021 integrata.

Non si dispone di indagini geologiche in un intorno significativo dell'area di variante 1 PA 3.1-PDR Via Garibaldi, mentre sono numerose le prospezioni eseguite nell'area di Variante 2 P2 Aero Alliance Viale D. Zaccagna.

Il repertorio delle indagini e delle prospezioni geognostiche ci è stato fornito dall'Ufficio Urbanistica comunale e riguarda fasi progettuali limitrofe e anche interne all'area oggetto di variante P2 in particolare dalle meno recenti al dicembre 2024:

1 Sondaggio geognostico MESA 2011
2 Down Hole IGEA 2011
3 Laboratorio geotecnico ELLETI 2011
4 Sondaggio geognostico SONGEO 2019
5 Down Hole Danesi 2019
6 Laboratorio geotecnico CNG 2019
7 Sondaggi TECNA 2020
8 Indagini Sismiche Danesi 2020
9 Laboratorio geotecnico ELLETI 2020
10 Sondaggi GAIA 2024
11 Indagini sismiche GAIA 2024
12 Laboratorio geotecnico SGL 2024

Le ditte che hanno eseguito le prospezioni e i colleghi che le hanno interpretate citano come committente talvolta il promotore dell'iniziativa o chi per conto di essa e talvolta i progettisti, in questo caso GPA Partners di Firenze.
Le indagini dalla n.1 alla n.9 sono state descritte e commentate nella Relazione Geologica a supporto del "Permesso di costruire nuovo stabilimento Aero Alliance all'interno della Ex Area Gaspari Menotti ad Avenza" datata 17/01/2021 a firma del Dott. Geol. Gianni Focardi; da questo documento si estraggono I principali dati interpretativi delle condizioni geologico-tecniche dell'area.
Le indagini dalla 10 alla 12 riguardano successive fasi progettuali commissionate da Aero Alliance nel 2024 redatte a supporto del progetto di un nuovo edificio industriale localizzato presso l'attuale piazzale di stoccaggio delle turbine.

La localizzazione delle indagini e prospezioni è descritta in Tav.1 e Tav.2

Indagine n.1 2011 Sondaggio geognostico MESA

Sondaggio geognostico a carotaggio continuo eseguito nel febbraio 2011 dalla Ditta Mesa s.a.s.
La perforazione ha raggiunto la profondità di 30 m dal locale piano di campagna. La successione litostratigrafica principale risulta la seguente:

Tabella 1 - Stratigrafia S1 2011.

Profondità da p.c. m.	Litologia
da 0,0 a 2,0 m	Terreno di riporto
da 2,0 a 14,0 m	Sabbia grossa limosa
da 14,0 a 22,0 m	Sabbia fine limosa
Da 22,0 a 24,5 m	Sabbia fine limosa marrone
Da 24,5 a 30,0 m	Ghiaia

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Indagine n.2 2011prospezioni geofisiche IGEA

Indagine Down Hole eseguita nel febbraio 2011 presumibilmente presso il sondaggio MESA Allegato 1 eseguita dalla ditta IGEA del Dott. Geol. Guglielmo Braccesi.

Risulta un modello sismo-stratigrafico a tre strati caratterizzato da velocità delle onde sismiche crescenti, con il valore di Vs30 = 216 m/s (vedi anche la tabella seguente, ripresa dal rapporto di prova).

Tabella 2 - Vs30 Down Hole 2011.

Strato	Prof. tetto m.	Prof. base m.	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Spessore H (m)	Vs30 (m/s) 30/(ΣHj/Vsj)	v
1	0	2	376	724	2	216,06	0,32
2	2	25	196	1910	235		0,49
3	25	30	309	2303			0,49

Indagine 3 2011 Laboratorio geotecnico ELLETI

Prove di laboratorio geotecnico ELLETI eseguite nel febbraio 2011 su campioni prelevati presumibilmente presso il sondaggio MESA Allegato 1.

Tabella 3 - Dati di laboratorio geotecnico 2011.

Sondaggio			**S1**		
Campione			**C1**	**C2**	**C3**
Profondità dal p.c.	m.		4,5-5,0	8,5 – 9,0	15,0-15,5
Contenuto d'acqua	W	%	16,4	15,4	21,9
Ghiaia		%	17	1	0
Sabbia		%	68	72	68
Limo+argilla		%	15	27	32
Coeff. di uniformità	U	---	47	nd	nd
Peso specifico	G	g/cmc	2,70	2,71	2,73

Indagine n.4 2019 Sondaggio geognostico SONGEO

Sondaggio a carotaggio continuo eseguito nel gennaio 2019 dalla Ditta SONGEO srl.

La perforazione ha raggiunto la profondità di 33. m dal piano di campagna di allora.

La successione litostratigrafica principale risulta la seguente:

Tabella 4 - Stratigrafia S1 2019.

Profondità da p.c. m.	**Litologia**
da 0,0 a 0,5 m	Terreno di riporto
da 0,5 a 2,6 m	Argilla limosa
da 2,6 a 20,5 m	Sabbia limosa limo sabbioso con livelli sabbiosi
da 20,5 a 23,5 m	Ghiaia con matrice limoso argillosa
da 23,5 a 33,0 m	Limo sabbioso.

La falda è risultata alla profondità di 2 metri dal locale p.c.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Indagine 5 2019 Down Hole Danesi

Indagine Down Hole eseguita nel marzo 2019 del Dott. Geol. Alessandro Danesi presumibilmente presso il sondaggio SONGEO Allegato 4.

Risulta un modello sismo-stratigrafico a sei strati caratterizzato da velocità delle onde sismiche con alcune modeste inversioni in profondità, con il valore di Vs30 = 355 m/s (vedi anche l'illustrazione seguente, ripresa dal rapporto di prova).

Tabella 5 - Vs30 Down Hole 2019.

Sismostrati con metodo Intervallo

Descrizione [-]	Profondità [m]
	1
	3
	13
	22
	27
	31

Valori medi

Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/m3]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
381.36	159.96	20.64	0.39	53.85	306.10	150.06	234.29
709.95	226.16	19.85	0.41	106.19	1062.10	296.68	920.52
1772.51	403.23	20.67	0.47	350.98	6804.36	1030.56	6336.38
1607.59	352.48	19.36	0.47	275.31	5152.16	807.15	4785.08
1723.78	449.84	20.00	0.46	461.53	6092.46	1339.51	5477.09
1666.29	379.99	19.44	0.47	302.92	5791.82	891.93	5387.93

Indagine 6 2019 Laboratorio geotecnico CNG

Prove di laboratorio geotecnico CNG eseguite nel marzo 2019 su campioni prelevati presumibilmente presso il sondaggio SONGEO Allegato 4.

Tabella 6 - Dati di laboratorio geotecnico 2011.

DETERMINAZIONE		SONDAGGIO	1	1	1
		CAMPIONE	SH1	SH2	SH4
		da m	3,00	7,50	18,00
		a m	3,50	8,00	18,50
		N° laborat.	3161	3162	3163
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W_n	(%)	14,3	17,9	28,3
INDICE DEI VUOTI	e	(-)			
POROSITA'	n	(%)			
GRADO DI SATURAZIONE	S_r	(%)			
PESO DI VOLUME NATURALE	γ_n	(kN/m^3)	17,19	21,35	20,42
PESO DI VOLUME SECCO	γ_d	(kN/m^3)	15,04	18,11	15,92
PESO DI VOLUME SATURO	γ_{sat}	(kN/m^3)			
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	(kN/m^3)			
FRAZIONE GHIAIOSA	G	(%)	0,3	0,2	
FRAZIONE SABBIOSA	S	(%)	96,9	92,7	
FRAZIONE LIMO / ARGILLOSA	L/A	(%)	2,8	7,1	
FRAZIONE ARGILLOSA	A	(%)	/	/	
LIMITE DI LIQUIDITA'	W_L	(%)			
LIMITE DI PLASTICITA'	W_P	(%)			
INDICE DI PLASTICITA'	IP	(%)			
INDICE DI CONSISTENZA	IC	(-)			
LIMITE DI RITIRO	W_S	(%)			
CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. (S.I.)	U.S.C.S	(-)	SP	/	/
CLASSIFICAZIONE AASHTO	AASHTO	(-)	A-1-b	A-3	/
VANE TEST (MEDIA DI PIU' VALORI)		(kPa)	/	/	/
POCKET PENETROMETER (MEDIA O RANGE DI PIU' VALORI)		(kPa)	/	/	/
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE AD	σ	(kPa)			
ESPANSIONE LATERALE LIBERA	ε	(%)			
PROVA DI TAGLIO DIRETTO	c'	(kPa)	0	1	3
	ϕ'	(°)	33	38	37

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Indagine 7 2020 Sondaggi geognostici TECNA

Indagini a supporto del: Permesso di costruire nuovo stabilimento Aero Alliance all'interno della Ex Area Gaspari Menotti ad Avenza; si tratta di quattro sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nell'agosto 2020 dalla Ditta TECNA srl. (S3 attrezzato a Down Hole), le prove geotecniche dalla società ELLE TI Laboratorio Terre SRL e le prospezioni sismiche dal Dr. Geol. Alessandro Danesi.

Le prospezioni, realizzate nel mese di agosto 2021, hanno raggiunto le profondità di m. 23 (S1), 20 (S2), 34 (S3) e 15 (S4).

Il foro di prova più profondo è stato attrezzato con tubo in PVC per prova down- hole. La loro ubicazione è riportata in Tav.2.

Dall'esame del relativo certificato (vedi allegato 9) risulta in sintesi un quadro stratigrafico piuttosto omogeneo e così caratterizzato:

- in superficie e fino alla profondità di circa 2,0/2,4 m. è presente una coltre detritica di riporto eterogeneo con frammenti anche grossolani di marmo e ciottoli immersi in una matrice sabbioso-limosa di colore marrone a tratti grigiastro;
- per profondità maggiori e fino a circa 18/20 metri si rilevano depositi di sabbie dalla granulometria grossolana con orizzonti di spessore metric rappresentati da sabbie a minore granulometria e con una rara matrice fine di natura limosa; talvolta sono intercalati rari strati metrici di limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone:
- all'aumentare della profondità si riscontra un potente spessore di ghiaie rilevato nel sondaggio S3 (da 18 a 31 metri) e alla base del sondaggio S1 (a 22 metri); in S2 vi sono tra 18 e 20 metri dei limi sabbiosi con ghiaia minuta;
- la falda è risultata alla profondità di circa 2 metri dal p.c.

In sintesi il quadro stratigrafico conferma la successione rilevate anche dalle pregresse indagini, con sabbie prevalenti fino a profondità significative in termini d'interazione terreno struttura.

Differentemente da quanto riportato nella carta geologico – tecnica dello studio di Microzonazione Sismica del PO non si sono riscontrate significative variazioni litologiche tra i vari punti indagati; in particolare non vi sono in superficie i limi e argille organiche di cui alla cartografia, forse sostituiti dalla coltre detritica di terreno di riporto.

Prove SPT

Nel corso delle perforazioni sono state eseguite alcune prove S.P.T., gli esiti delle quali sono di seguito riportati:

Tabella 7 - SPT Sondaggi TECNA 2020.

S1		S2		S3		S4	
Prof.tà m. da p.c.	NSPT	Prof.tà m. da p.c.	NSPT	Prof.tà m. da p.c.	NSPT	Prof.tà m. da p.c.	NSPT
3,5	12	--	--	3,3	2	5,0	9
9,0	14	8,5	41	9,5	9	10,0	13
15,5	20	15,5	44	15,5	20	13,5	28
				20,5	83		

Da tali valori risulta un grado di consistenza da sciolto a molto sciolto delle sabbie più superficiali.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Indagine 8 2020 prospezioni geofisiche Danesi

Indagini sismiche MASW - ESAC eseguita nell'agosto 2020 del Dott. Geol. Alessandro Danesi, indagine Down Hole presumibilmente presso il sondaggio S3 TECNA Allegato 7.

Sono state realizzate le seguenti prove geofisiche (vedi anche allegato 8):

Una prospezione sismica a rifrazione denominata Linea 1 in onde P ed Sh della lunghezza complessiva di 110 metri (spari esterni compresi).

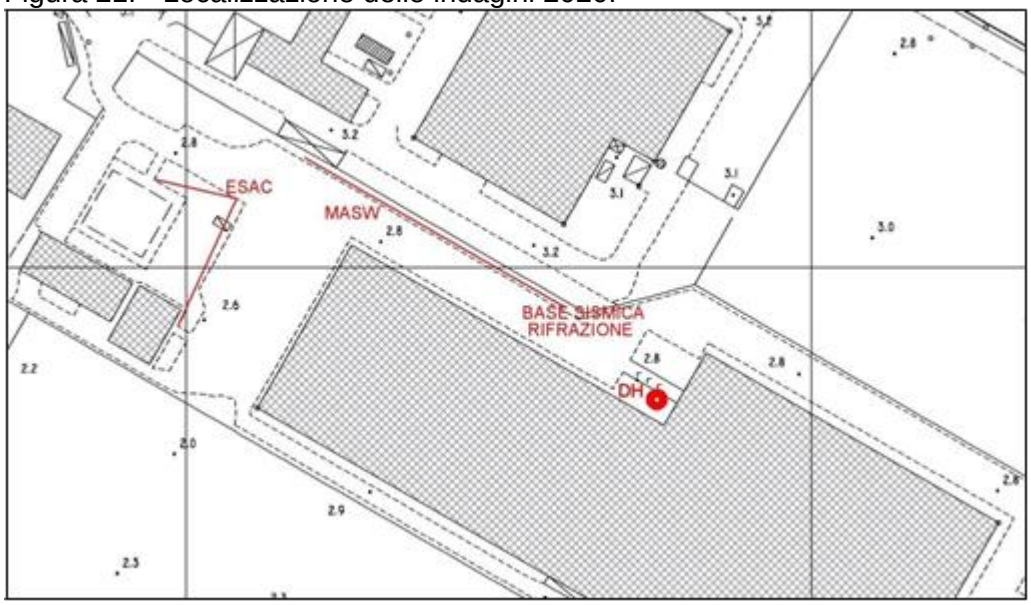
Una indagine di tipo MASW denominata Masw 1 di lunghezza pari a 96 metri.

Una indagine di tipo ESAC con due bracci ortogonali con lunghezze di 46 e 24 metri rispettivamente denominata ESAC 1 di lunghezza pari a 70 metri.

Una indagine DownHole eseguita nel foro di sondaggio S3 fino alla profondità di 32 metri da p.c.

La loro ubicazione è riportata nell'illustrazione seguente oltre che in Tav.2.

Figura 21. Localizzazione delle indagini 2020.



Le metodologie d'indagine, lo schema operativo, le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, ed infine l'interpretazione dei dati elaborati sono riportati nello specifico rapporto di prova.

Di seguito si riportano in sintesi gli esiti delle varie prospezioni.

8.1 Prova MASW+ ESAC

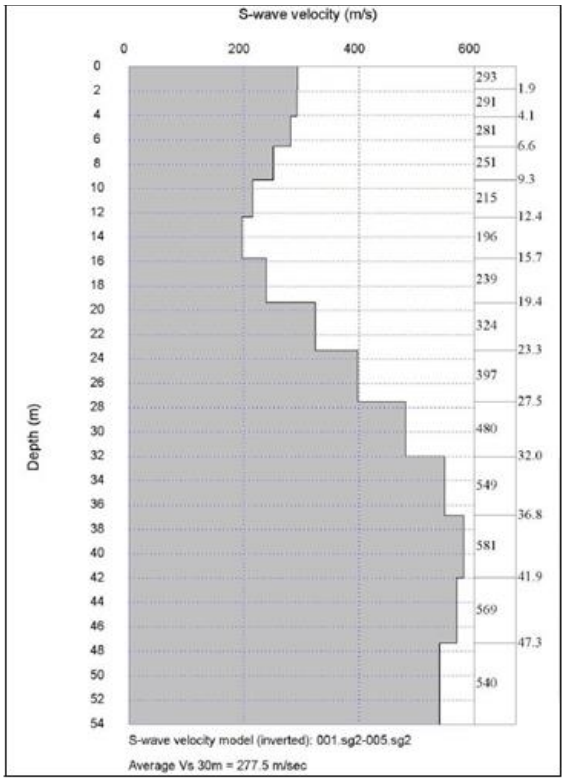
La prova MASW ha fornito le seguenti informazioni, in sintesi gli andamenti delle velocità sono quelli della tabella seguente.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Tabella 8 - Vs30 MASW 2020.

n.	Descrizione	Profondità m.	Spessore m.	Peso unità di volume kg/mc	Coeff. Poisson	Falda	Vp m/sec.	Vs m/sec.
1		5,00	5,00	1.800,0	0,44	No	446,0	146,0
2		10,99	5,99	1.800,0	0,45	Si	829,2	250,0
3		17,96	6,97	1.800,0	0,45	Si	928,7	280,0
4		25,96	8,00	1.800,0	0,45	Si	962,6	290,2
5		32,96	7,00	1.800,0	0,45	Si	995,0	300,0
6		-	-	1.800,0	0,40	Si	917,3	374,5

Il calcolo della Vs30 = 223,68 m/s, determina la categoria di suolo C.
Prova ESAC ha fornito la seguente sismo-stratigrafia che considera gli esiti anche della MASW:



Il calcolo della Vs30 = 277,5 m/s, determina la categoria di suolo C

8.2 Prova Down-Hole

La prova ha fornito il seguente profilo di distribuzione delle velocità con la profondità.

I sismo-strati sono i seguenti:

Descrizione [-]	Profondità [m]
	3
	8
	19
	28
	32.06

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Con i seguenti valori medi:

Tabella 9 - Vs30 Down Hole 2020.

Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/m3]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
1030.46	156.66	18.92	0.48	55.20	2238.59	162.62	2164.99
1701.36	257.22	19.27	0.48	135.26	6262.22	398.01	6081.87
1638.42	338.10	19.52	0.47	246.73	5467.09	723.87	5138.12
2002.58	597.18	21.18	0.45	892.22	8930.58	2554.38	7740.95
1496.45	530.19	20.66	0.42	609.13	4927.60	1714.80	4115.42

Il calcolo della Vs30 = 333,46 m/s, determina la categoria di suolo C.

Indagine 9 2020

Prove geotecniche di laboratorio riferite alla campagna di indagine TECNA 2020.

Sui campioni prelevati nel corso delle indagini sono state eseguite le seguenti determinazioni e prove geotecniche di laboratorio:

Peso di volume

Analisi granulometrica (setacciatura e sedimentazione) e comparazione con fuso di liquefazione;

Prove di taglio diretto con scatola di Casagrande C.D.;

Prove edometriche.

Di seguito si riportano un quadro sinottico con i principali valori dei parametric geotecnici determinati

Tabella 10 - Dati di laboratorio geotecnico 2020.

	Prove non richieste											
Fustella	Sond.	Camp.	prof m	γ	Granulometria				TG		EDO	
					G	S	L	A	c' (kPa)	ϕ '	Cc	Cs
ACC	1	1	3,0 - 3,5	**20,2**					**0**	**41°**	**0,110**	**0,002**
ACC	1	2	6,0 - 6,5	**20,8**					**18**	**36°**	**0,093**	**0,004**
ACC	2	1	3,5 - 4,0	**19,3**	**2**	**93**	**2**	**3**	**0**	**40°**		
ACC	2	2	8,2 - 8,5	**20,1**	**0**	**70**	**19**	**11**	**8**	**39°**	**0,148**	**0,008**
ACC	2	3	15,0 - 15,5	**19,1**					**0**	**36°**	**0,142**	**0,006**
PVC	3	1	3,0 - 3,3	**20,7**	**0**	**77**	**12**	**11**	**0**	**37°**	**0,094**	**0,005**
ACC	3	2	8,5 - 9,0	**20,0**	**2**	**73**	**13**	**12**	**39**	**27°**	**0,127**	**0,009**
ACC	3	3	15,0 - 15,5		**0**	**67**	**21**	**12**				
ACC	3	4	17,0 - 17,5		**0**	**71**	**18**	**11**				
ACC	3	5	19,2 - 19,7	**19,3**	**1**	**25**	**45**	**29**	**10**	**27°**		
ACC	4	1	4,5 - 5,0	**21,0**					**3**	**40°**	**0,081**	**0,005**
ACC	4	2	8,5 - 9,0	**20,8**					**16**	**40°**	**0,103**	**0,011**
ACC	4	3	13,0 - 13,5	**21,0**					**33**	**34°**		

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Indagine 10 2024

Due sondaggi geognostici a carotaggio continuo realizzati da GAIA Servizi Srl nel novembre 2024. Progetto di nuovo edificio industriale.

10.1 Sondaggio S1

Tabella 11 - Stratigrafia S1 2024.

Profondità da p.c. m.	Litologia
da 0,0 a 2,1 m.	Terreno di riporto
da 2,1 a 16,7 m.	Alternanza di sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi debolmente argillosi di colore grigio, verso la base si rileva la presenza di conchiglie. A tetto da 2.10 a 2.50 limo argilloso grigio-ocra.
da 16,7 a 21,0 m.	Limo con argilla sabbioso, di colore nocciola-ocra, con raro ghiaietto alternato con livelli di ghiaia in matrice limo argillosa.
da 21,0 a 22,5 m	Ghiaia.
da 22,5 a 25,2 m	Limo con argilla sabbioso, di colore nocciola-ocra.
da 25,2 a 27,5	Ghiaia.
da 27,5 a 28,45	Limo con argilla sabbioso, di colore nocciola-ocra.
da 28,45 a 29,2	Ghiaia.
da 29,2 a 29,9	Limo con argilla sabbioso, di colore nocciola-ocra.
Da da 29,2 a 3,0	Limo con argilla sabbioso e ghiaia.

10.2 Sondaggio S2

Tabella 12 - Stratigrafia S2 2024.

Profondità da p.c. m.	Litologia
da 0,0 a 1,3 m.	Terreno di riporto
da 1,3 a 16,0 m.	Alternanza di sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi debolmente argillosi di colore grigio, verso la base si rileva la presenza di conchiglie. A tetto da 1,30 a 2,80 limo argilloso grigio-ocra.
da 16, a 17,7 m.	Ghiaia..
da 17,7 a 18,1 m	Limi con argilla sabbioso, di colore nocciola-ocra, con raro ghiaietto alternato con livelli di ghiaia in matrice limo argillosa.
da 18,1 a 18,5 m	Ghiaia.
da 18,5 a 19,5	Limi con argilla sabbioso, di colore nocciola-ocra, con raro ghiaietto alternato con livelli di ghiaia in matrice limo argillosa.
da 19,5 a 20,0	Limi con argilla sabbioso, di colore nocciola-ocra, con raro ghiaietto alternato con livelli di ghiaia in matrice limo argillosa..

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Indagine 11 2024

Indagini sismiche MASW - ESAC - Down Hole - HVSR eseguite da GAIA Servizi Srl nel dicembre 2024. Progetto di nuovo edificio industriale

Figura 22. Localizzazione delle indagini sismiche 2024.

11.1 Indagine HVSR

Permette di ricavare empiricamente la frequenza di sito e, a fianco di curve di dispersione date da misure MASW, a vincolare il modello VS specie in profondità.

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range:

Peak frequency (Hz): 2.4

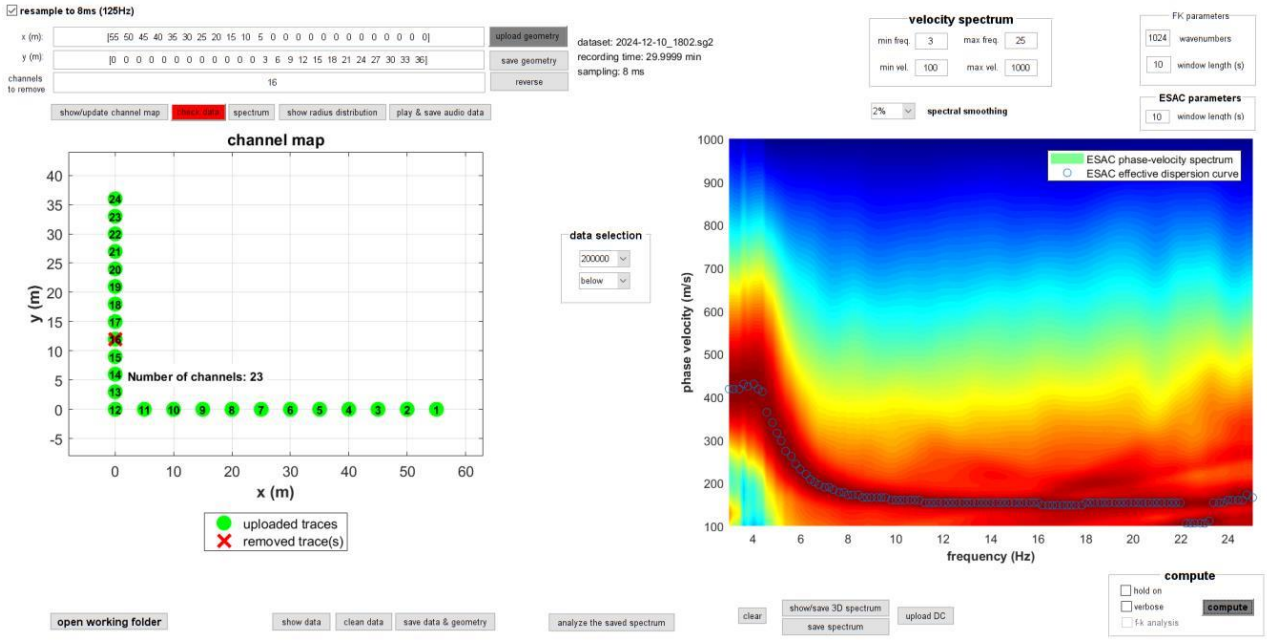
Peak HVSR value: 4.4

11.2 Indagine ESAC

ESAC1: a sinistra geometria dello stendimento. a destra spettro della velocità di fase grezzo relativo alla componente Z dell'onda di Rayleigh acquisita.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Tabella 13 - Diagrammi ESAC 2024.

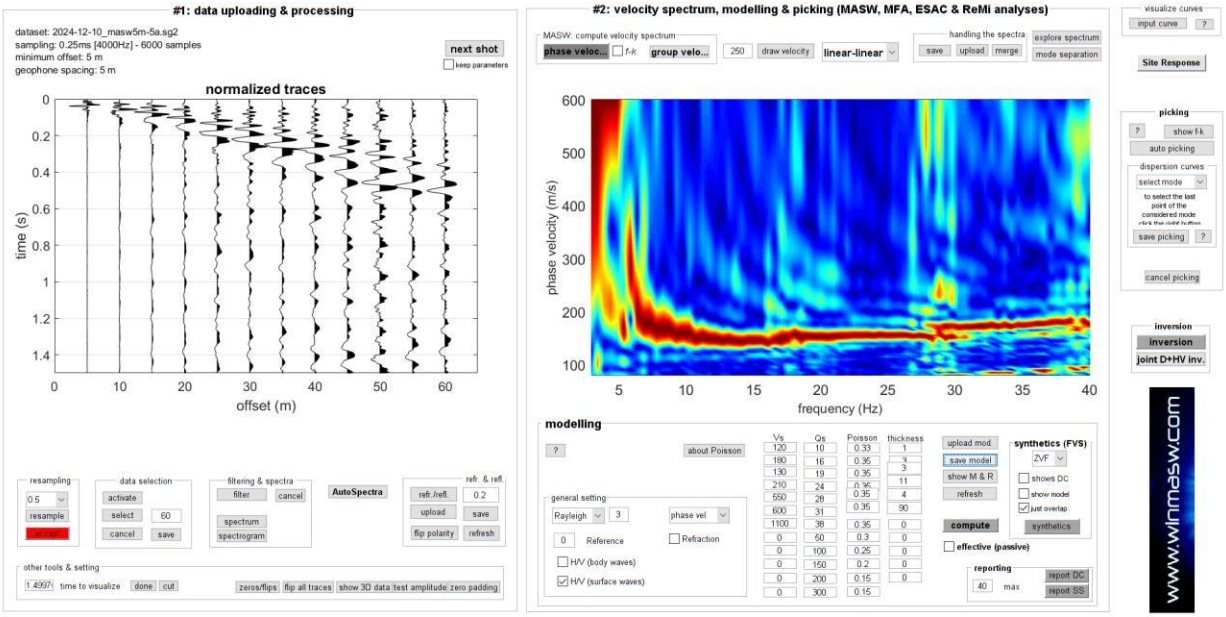


11.3 Indagine MASW

Sono state eseguite n.1 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh (componente verticale ZVF).

MASW1 Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità.

Tabella 14 - Diagrammi MASW 2024.

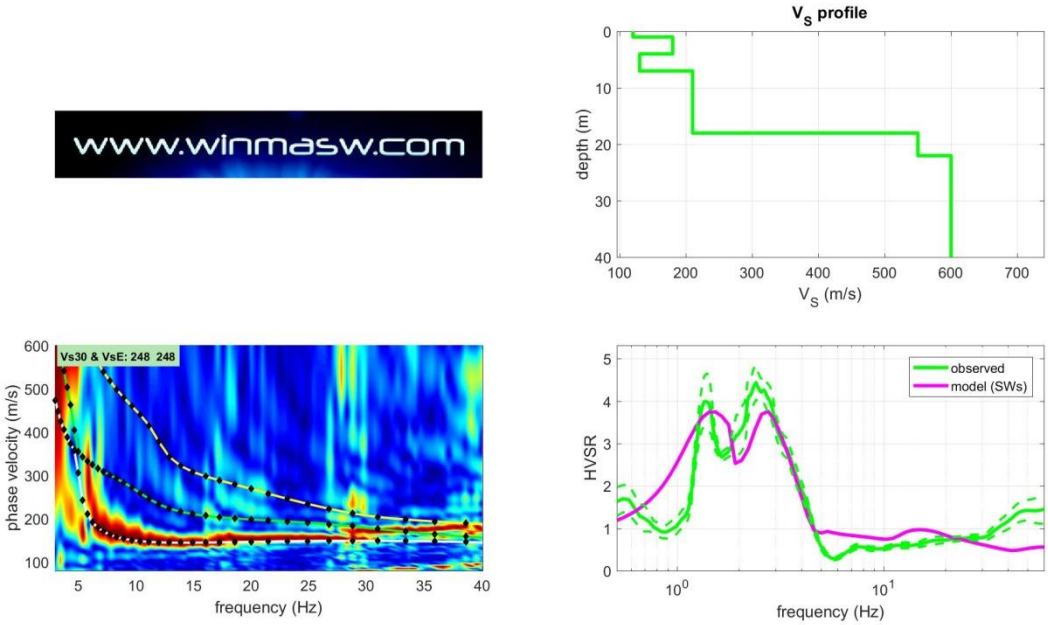


MASW3 - HVSR27 - Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione del modello di sottosuolo ipotizzato;

Sulla destra in basso in verde le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Tabella 15 - Diagrammi MASW – HVSR 2024.



11.4 Indagine Down Hole

Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
	4
	7
	18
	30

Tabella 16 - Vs30 Down Hole 2024.

Valori medi

Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
966,1	177,1	18,1	0,48	58,0	1727,0	172,1	1649,6
1415,0	130,2	17,2	0,5	29,7	3516,3	89,0	3476,
1617,6	212,9	17,9	0,49	83,0	4792,0	247,6	4681,3
1815,4	565,	21,4	0,45	700,6	7220,8	2026,6	6286,6

Profondità di riferimento: 30 m.dal piano campagna. VS30: 253,16 m./s.

Indagine 12 2024 Laboratorio geotecnico Servizi geotecnici liguri

Prove geotecniche di laboratorio riferite alla campagna di indagine GAIA 2024. Sui tre campioni prelevati nel sondaggio 1 e sui due campioni del sondaggio 2nel corso delle indagini sono state eseguite le seguenti determinazioni e prove geotecniche di laboratorio:

Peso di volume
Analisi granulometrica;
Prove di taglio diretto;
Prove edometriche.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

8. SINTESI DELLE INDAGINI

Prove SPT in foro di sondaggio

I risultati delle varie prove S.P.T effettuate durante le prospezioni sono riassunte nella tabella seguente.

Tabella 17 - Sintesi delle prove SPT.

	S1 2011	S1 2019	S1 2020	S2 2020	S3 2020	S4 2020	S1 2024	S2 2024
Profondità m.	NSPT	NSPT	NSPT	NSPT	NSPT	NSPT	NSPT	NSPT
0								
1								
2								
3	14						9	
3,5			12		2			
4		14						
5						9		
6	33							
7								
7,5							10	10
8		29						
8,5				41				
9	34		14					
9,5					9			
10						13		
11								
12	44							13
13		22						
13,5						28		
14								
15	41						16	
15,5			20	44	20			
16								
16,5								33
17								
18								
19		28						
19,5							20	
20,5					83			
25,5							>30	

Stratigrafie

Dalle prospezioni eseguite è risultato un quadro litostratigrafico piuttosto omogeneo, trascurando il terreno di riporto non significativo:

- nel sondaggio del 2020 è stato riscontrato un orizzonte superficiale caratterizzato da argilla limosa di mediocre consistenza;
- nei sondaggi del 2024da 1,30 a 2 metri sono stati rilevati terreni di riporto:
- i terreni sottostanti e fino a profondità significative di 20/25 metri sono caratterizzati da sabbie e sabbie limose alternate a livelli di ghiaie;
- per profondità maggiori, sino ai 30 metri sono presenti livelloi di ghiaie di spessore variabile dai 0,50 al metro.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Dall'insieme degli elementi raccolti risulta il seguente modello geologico:

- l'area di variante 2 ampliamento P2 è caratterizzata da una coltre superficiale di terreno di riporto derivante da modifiche antropiche e di spessore sino a due metri; riconducibile a fasi di bonifica dell'orizzonte limoso argilloso più superficiale;

- i terreni naturali sono caratterizzati da depositi sabbiosi prevalenti, di litorale marino;

- per profondità maggiori a partire dai 20 metri si rilevano lenti e banchi di ghiaie discontinue.

La falda è superficiale 1-2 metri circa dal piano campagna

9. CARATTERISTICHE SISMICHE LOCALI – LO STUDIO DI MICROZONAZIONE DEL PO

Informazioni di carattere generale derivano dalla studio di microzonazione di primo livello predisposto a supporto del Piano Operativo.

Nella Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) è riportata la definizione delle zone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'analisi dei dati geognostici e geofisici acquisiti, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, rischio di liquefazione).

Poiché gli ICMS definiscono fra le zone suscettibili di instabilità quelle interessate da potenziali fenomeni di liquefazione definite come "aree con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi e con superficie della falda freatica e delle eventuali falde in pressione < 15 metri dal piano campagna", tutta la zona di pianura litoranea e costiera in cui affiorano i depositi di spiaggia e quelli eolici, costituiti prevalentemente da sabbie e sabbie limose [SPsp della legenda della carta geologico-tecnica], sono state fatte rientrare in questa classe.

Il sito di variante è pertanto classificato come zona di attenzione per fenomeni di liquefazione.

Categoria di suolo

Dalle varie prospezioni eseguite risultano i seguenti valori delle Vs30:

Tabella 18 - Sintesi delle Vs30.

Tipo prova	Anno	Vs30	Categoria di suolo
Down-hole	2011	216	C
Down-hole	2019	355	C
MASW+ESAC	2020	277	C
Down-hole	2020	333	C
Down-hole	2024	253	C

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

10. LE FATTIBILITÀ GEOLOGICHE, SISMICHE E IDRAULICHE DELLE AREE DIVARIANTE

Premessa

Valutazione delle fattibilità geologiche, sismiche e idrauliche secondo il PO vigente e il Regolamento 53R/2011.

Dall'esame delle Norme Tecniche Geologiche allegate al Piano Operativo la fattibilità degli interventi si definisce mettendo in relazione la classe di pericolosità geologica, idraulica e sismica con la tipologia degli interventi ammessi secondo le "Matrici della Fattibilità" di cui agli Allegati 1 e 2 delle NTA. Con riferimento alle due aree di variante si considerano i contenuti della sola matrice 1.

Tabella 19 - Matrice 1. Della fattibilità del Piano Operativo.

			Fattibilità geologica							Fattibilità idraulica							Fattibilità sismica			
			Pericolosità geologica							Pericolosità idraulica							Pericolosità sismica			
			G.1	G.2	G.3a	G.3s	G.3I	G.3b	G.4	I.1	I.2	I.3	I.3*	Iq200	I.4	Iq30	S.1	S.2	S.3	S.4
								P.F.E.	P.F.M.E.		P1	P2			P3					
N°int.	Tipologie di intervento (1)																			
1	Manutenzione straordinaria		F1g	F1g	F2g	F2g	F2g	F2g	F3.3g	F1i	F1i	F2i (2)	F2i (2)	F2i (2)	F2i (2)	F2i (2)	F1s	F1s	F2s	F3s
2	Restauro e risanamento conservativo, interventi di conservazione e/o ripristino delle caratteristiche tradizionali del manufatto ed altri interventi che non comportino sovraccarichi sulle fondazioni		F1g	F1g	F1g	F1g	F1g	F1g	F2g	F1i	F1i	F2i	F2i	F2i	F2i	F2i	F1s	F1s	F1s	F1s
3	Restauro e risanamento conservativo, interventi di conservazione e/o ripristino delle caratteristiche tradizionali del manufatto ed altri interventi che comportino sovraccarichi sulle fondazioni		F1g	F2g	F3.2g	F2g	F2g	F3.3g	F3.3g	F1i	F1i	F2i	F2i	F2i	F2i	F2i	F1s	F1s	F2s	F3s
4	Cambio di destinazione d'uso che non comporti sovraccarichi sulle fondazioni		F1g	F1g	F1g	F1g	F1g	F1g	F4g	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F3i (3)	F3iq (3)	F1s	F1s	F1s	F4s
5	Cambio di destinazione d'uso che comporti sovraccarichi sulle fondazioni		F1g	F2g	F2g	F2g	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F3i (3)	F3iq (3)	F1s	F2s	F3s	F4s
6	Frazionamento che non comporti sovraccarichi sulle fondazioni		F1g	F1g	F1g	F1g	F1g	F2g	F4g	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F4i (3)	F4iq (3)	F1s	F1s	F2s	F4s
7	Frazionamento che comporti sovraccarichi sulle fondazioni		F1g	F2g	F2g	F2g	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F4i (3)	F4iq (3)	F1s	F2s	F3s	F4s
8	Ristrutturazione edilizia conservativa		F2g	F2g	F2g	F2g	F2g	F2g	F3.3g	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F3i (3)	F3iq (3)	F1s	F2s	F3s	F3s
9	Ristrutturazione edilizia ricostruttiva		F2g	F2g	F3.3g	F3.1g	F3.1g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F4i (3)	F4iq (3)	F1s	F2s	F3s	F4s
10	Addizione volumetrica		F2g	F2g	F3.2g	F3.1g	F3.1g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F4i (3)	F4iq (3)	F1s	F2s	F3s	F4s
11	Sopraelevazione		F2g	F2g	F3.3g	F3.1g	F3.1g	F3.3g	F4g	F1i	F1i	F2i	F3i*	F3iq	F3i	F3iq	F1s	F2s	F3s	F4s
12	Sostituzione edilizia		F2g	F2g	F3.2g	F3.1g	F3.1g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F4i (3)	F4iq (3)	F1s	F2s	F3s	F4s
13	Ripristino totale o parziale di edifici crollati o demoliti		F2g	F2g	F3.3g	F3.1g	F3.1g	F3.3g	NF	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F4i (3)	F4iq (3)	F1s	F2s	F3s	NF
14	Interventi pertinenziali		F1g	F2g	F3.2g	F2g	F2g	F3.3g	NF	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F4i (3)	F4iq (3)	F1s	F2s	F3s	NF
15	Demolizione senza ricostruzione		F1g	F1g	F1g	F1g	F1g	F2g	F2g	F1i	F1i	F1i	F1i	F1i	F1i	F1i	F1s	F1s	F2s	F2s
16	Ristrutturazione urbanistica		F2g	F2g	F3.3g	F3.1g	F3.1g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F4i (3)	F4iq (3)	F1s	F2s	F3s	F4s
17	Nuova edificazione di manufatti e/o attrezzature ammesse dal P.O. (non ricomprese nella Matrice di Fattibilità 2)		F2g	F2g	F3.3g	F3.1g	F3.1g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F4i (3)	F4iq (3)	F1s	F2s	F3s	F4s
18	Nuova edificazione di attrezzature di interesse pubblico/ strutture scolastiche pubbliche		F2g	F2g	F3.3g	F3.1g	F3.1g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F4i (3)	F4iq (3)	F1s	F2s	F3s	F4s
19	Nuovi parcheggi a raso pubblici e/o privati		F2g	F2g	F3.2g	F2g	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i (3)	F3i* (3)	F3iq (3)	F3i (3)	F3iq (3)	F1s	F1s	F2s	F4s
20	Piscine		F2g	F2g	F3.3g	F2g	F2g	F3.3g	F3.3g	F1i	F1i	F3i	F3i* (3)(4)	F3iq (3)(4)	F3i	F3iq (3)(4)	F1s	F2s	F2s	F3s

NOTE PRESCRITTIVE

(1): le tipologie di intervento sul patrimonio edilizio esistente indicate nella Matrice di Fattibilità 1 sono individuate ai sensi della L.R. 65/2014 e si riferiscono agli interventi ammessi dal POC secondo la disciplina contenuta nelle classi di intervento (c1-c6)
(2): nel caso in cui la Manutenzione straordinaria preveda il frazionamento l'intervento è assentibile nel rispetto delle condizioni e nei limiti di cui alla LR 41/2028
(3): alle condizioni e nei limiti di cui alla LR 41/2018, in caso contrario l'intervento si ritiene NF;
(4): se realizzate a "raso" (con mantenimento delle attuali quote e/o morfologie del piano campagna) la relazione tecnico-idraulica può essere sostituita da una dichiarazione a firma di tecnico abilitato attestante il non aggravio di rischio idraulico in altre aree.

NF: Previsione non Fattibile

10.1 Variante 1. Fattibilità e condizionamenti del Piano Operativo

La Variante 1 riguarda un complesso edilizio all'interno dell'area urbana di Carrara che versa in un profondo stato di degrado ed abbandono (Zona A del Piano Operativo).

L'intervento prevede il Recupero dell'area degradata mediante riqualificazione e completamento di immobili a destinazione Residenziale mantenendo gli elementi architettonici di valore su Via Garibaldi.

10.1.1 Fattibilità geologica

Per quanto riguarda gli aspetti geologici considerando che l'area di variante 1 ricade totalmente in pericolosità geologica G.2 media (Regolamento 53R/2011):
Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto. Aree nelle quali sono al massimo prevedibili, sulla base di valutazioni

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

geologiche, litotecniche e clivometriche (corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%) limitati processi di degrado riconoscibili e neutralizzabili a livello di intervento diretto;

deriva che per la totalità dell'area in G.2 la fattibilità attribuita secondo il PO vigente e il Regolamento 53R è F2g:

10.1.2 Fattibilità sismica

Per quanto riguarda gli aspetti di rischio sismico considerando che l'area di variante 1 ricade totalmente in pericolosità sismica S3 Elevata

1. Zone potenzialmente soggette a subsidenza per caratteri stratigrafici, litotecnici ed idrogeologici;
2. Zone con terreni suscettibili di liquefazione dinamica;

deriva che all'intera area la fattibilità attribuita secondo il PO vigente e il Regolamento 53R è F3s.

10.1.3 Fattibilità idraulica

Per quanto riguarda gli aspetti di rischio idraulico:

1. Considerando che secondo il PGRA l'area ricade totalmente in P1 pericolosità da alluvione bassa che si relaziona con la pericolosità idraulica I.2 del PS vigente e secondo il Regolamento 53R;

deriva che all'intera area la fattibilità attribuita secondo il PO vigente e il Regolamento 53R è F2i.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

10.2 Variante 2. Fattibilità e condizionamenti del Piano Operativo

La variante 2 prevede l'ampliamento della zona P2 (Art.77) a parziale occupazione dell'area con indice VR: *Le aree verdi non edificate* Art. 64. Le aree P2 sono regolate all'articolo 77 delle NTA del Piano Operativo.

10.2.1 Fattibilità geologica

Per quanto riguarda gli aspetti geologici considerando che l'area di variante 2 ricade:

1. in parte in pericolosità geologica G.2 media (Regolamento 53R/2011):

Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto. Aree nelle quali sono al massimo prevedibili, sulla base di valutazioni geologiche, litotecniche e clivometriche (corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%) limitati processi di degrado riconoscibili e neutralizzabili a livello di intervento diretto;

2. in parte in pericolosità geologica medio elevata G.3l (Regolamento 53R/2011 rivalutato):

Aree potenzialmente soggette a cedimenti differenziali per la presenza di terreni compressibili con caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a scadenti. Aree caratterizzate da situazioni geologiche apparentemente stabili sulle quali occorrono degli approfondimenti da effettuarsi a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia;

3. in parte in pericolosità geologica medio elevata G.3s (Regolamento 53R/2011 rivalutato):

Aree potenzialmente soggette a subsidenza per caratteri stratigrafici, litotecnici ed idrogeologici;

deriva che per la porzione di area in G.2 la fattibilità attribuita secondo il PO vigente e il Regolamento 53R è F2g:

per la porzione di area in G.3l e G.3s la fattibilità attribuita secondo il PO vigente e il Regolamento 53R è F3.1g:

10.2.2 Fattibilità sismica

Per quanto riguarda gli aspetti di rischio sismico considerando che l'area di variante 2 ricade totalmente in pericolosità sismica S3 Elevata

3. Zone potenzialmente soggette a subsidenza per caratteri stratigrafici, litotecnici ed idrogeologici;
4. Zone con terreni suscettibili di liquefazione dinamica;

deriva che all'intera area la fattibilità attribuita secondo il PO vigente e il Regolamento 53R è F3s.

10.2.3 Fattibilità idraulica

Per quanto riguarda gli aspetti di rischio idraulico:

2. Considerando che secondo il PGRA l'area ricade totalmente in P2 pericolosità da alluvione media che si relaziona con la pericolosità idraulica I.3 elevata del PS vigente e secondo il Regolamento 53R;

deriva che all'intera area la fattibilità attribuita secondo il PO vigente e il Regolamento 53R è F3i.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

10.3 Fattibilità geologiche, sismiche e idrauliche secondo il Regolamento 5R/2020

I condizionamenti derivanti dalle pericolosità nelle quali l'area di variante si colloca devono essere rivalutati sulla base della normativa vigente del 2020.

Per quanto la variante 1 le problematiche maggiori riguardano le fasi di demolizione degli edifici esistenti e la realizzazione di un nuovo edificio che certamente andrà a insistere su terreni che hanno subito intensi rimaneggiamenti per uno spessore valutabile di 1,5 metri.

Per quanto riguarda la variante 2 nella ipotesi che la nuova area P2 ampliata venga interessata anche in parte da nuove edificazioni valgono le seguenti considerazioni che presuppongono un approfondimento degli studi idraulici, delle indagini geologico sismiche e delle prospezioni geotecniche.

Tabella 20 - Condizionamenti per gli aspetti geologici.

PO vigente e Regolamento 53R/2011	Variante in oggetto e Regolamento 5R/2020
Interventi in G.2 e fattibilità F2g Art.8 Fattibilità con normali vincoli F2g 1. L'attuazione degli interventi previsti è subordinata alla effettuazione, a livello esecutivo, dei normali studi geologico tecnici previsti dalla normativa vigente in materia, in particolare il D.M.17/01/18 e il DPGR.n.1/R/22 e ss.mm.ii., finalizzati anche alla verifica del non aggravio dei processi geomorfologici rilevabili nell'area di intervento. 2. I contenuti e gli elaborati minimi degli studi geologici, idrogeologici e geotecnici di supporto agli interventi dovranno essere i seguenti: a) indagini geognostiche di dettaglio realizzate all'interno del sito oggetto di intervento, finalizzate alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del terreno di fondazione (l'approfondimento di indagine di tipo geologico geotecnico è richiesto soltanto a supporto dell'intervento che prevede variazioni dei carichi sul terreno e/o modificazioni morfologiche del suolo). Le indagini penetrometriche di tipo dinamico, eseguite utilizzando strumentazione "media" o "leggera", dovranno essere limitate a favore delle prove di tipo "pesante" e "superpesante", fatto salvo i casi di effettiva difficoltà di accesso alle aree; b) definizione dettagliata dei parametri geotecnici, delle caratteristiche della falda e della sua oscillazione stagionale, valutazione dei cedimenti e del rischio liquefazione; c) per tutti gli interventi che comportino l'impermeabilizzazione dei suoli, occorre documentare l'adozione di misure di compensazione rivolte al perseguimento dell'invarianza idraulica della trasformazione, secondo i criteri e le modalità definiti agli artt.25 e 28 delle NTA del PO vigente. d) analisi sulla regimazione delle acque superficiali, descrizione delle opere esistenti di tipo superficiale e/o profondo, con l'indicazione di soluzioni per la eliminazione locale delle acque superficiali o drenate con modalità che non producano effetti di erosione e dissesto; e) verifiche di stabilità globale per eventuali sbancamenti di dimensioni significative ed	FG2 Interventi nelle aree caratterizzate da pericolosità geologica media. Interventi di modesta incidenza e a bassa vulnerabilità in pericolosità elevata e molto elevata. In queste aree le condizioni di attuazione delle previsioni urbanistiche sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area. Gli interventi ricadenti in questa classe di fattibilità devono considerare quanto disposto dalle NTC 2018 e dal Regolamento Regione Toscana 1R 2022: art.5 Allegato 1 paragrafo 3.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

indicazione della tipologia delle opere di sostegno necessarie; f) che l'intervento previsto non deve modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area; g) che l'intervento non costituisca una problematica dal punto di vista geotecnico per eventuali edifici e/o strutture limitrofe; h) per gli interventi che interferiscano con l'acquifero, dovranno essere indicati gli accorgimenti messi in atto per la protezione delle strutture, sia in fase di cantiere che ad opera conclusa, oltre agli accorgimenti individuati per evitare la contaminazione della falda.	
Art.9 Fattibilità condizionata F3.1g 1. Nelle aree caratterizzate da un grado di pericolosità medio elevato per caratteristiche geotecniche (G.3l) e per subsidenza (G.3s) così come evidenziate nella Carta della Pericolosità geologica (Tavola 1-7.pg) possono presentarsi problematiche legate alla ridotta capacità portante dei terreni e alla presenza di acqua sia come falda idrica, sia sotto forma di ristagni e difficoltà di drenaggio. I cedimenti possono risultare importanti ed è possibile la presenza di situazioni caratterizzate da cedimenti differenziali. 2. Nelle suddette aree l'attuazione degli interventi previsti è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici i cui contenuti ed elaborati minimi, oltre a quanto in generale prescritto per la classe F2g di cui al precedente art.8, dovranno essere i seguenti: a) a seconda della litologia e del tipo geotecnico presente nelle aree di interesse, dovranno essere condotti approfondimenti con prove specifiche e puntuali finalizzati ad evidenziare aspetti inerenti la presenza di substrati compressibili e di variazioni nelle caratteristiche geologico tecniche dei terreni; b) individuazione locale e puntuale della presenza di zone a capacità portante limitata e/o con cedimenti differenziali considerando il sistema terreno/struttura nelle condizioni peggiori; c) verifica della presenza di venute d'acqua o di falde sospese; d) indicazioni sulla tipologia di fondazione più adatta alla situazione locale; e) individuazione delle opere di sostegno per eventuali fronti di scavo; f) nei casi di scarsa permeabilità dei terreni e/o forte saturabilità, individuazione delle modalità di allontanamento e controllo delle acque di scorrimento superficiale	FG3 Interventi nelle aree caratterizzate da pericolosità geologica elevata. <u>1a) Interventi di nuova costruzione</u> La fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata all'esito di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche, effettuate in fase di piano attuativo e finalizzate alla verifica delle effettive condizioni di stabilità. Qualora dagli studi, dai rilievi e dalle indagini ne emerga l'esigenza, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla preventiva realizzazione degli interventi di messa in sicurezza. Gli interventi di messa in sicurezza, che sono individuati e dimensionati in sede di piano attuativo oppure, qualora non previsto, a livello edilizio diretto, sono tali da: a.1) non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti; a.2) non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi; a.3) consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza. La durata del monitoraggio relativo agli interventi di messa in sicurezza è definita in relazione alla tipologia del dissesto ed è concordata tra il comune e la struttura regionale competente. Il raggiungimento delle condizioni di sicurezza costituisce il presupposto per il rilascio di titoli abilitativi. <u>1b) Interventi sul patrimonio edilizio esistente</u> La fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente che comportano la demolizione e ricostruzione, o aumenti di superficie coperta o di volume, e degli interventi di ampliamento e adeguamento di infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla valutazione che non vi sia un peggioramento delle condizioni di instabilità del versante e un aggravio delle condizioni di rischio per la pubblica incolumità. 2. La fattibilità degli interventi nelle aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche e in aree subsidenti è subordinata alla valutazione del rischio di subsidenza sulla base dei dati di monitoraggio disponibili, effettuati in fase di piano attuativo o, in assenza di esso, di intervento

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

	diretto e finalizzati alla verifica delle effettive caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e idrogeologiche dei terreni interessati dagli interventi. 3. Gli interventi ricadenti in questa classe di fattibilità devono considerare quanto disposto dalle NTC 2018 e dal Regolamento Regione Toscana 1R 2022: art.5 Allegato 1 paragrafo 3.

Tabella 21 - Condizionamenti per gli aspetti sismici.

PO vigente e Regolamento 53R/2011	Variante in oggetto e Regolamento 5R/2020
Art.23 Fattibilità condizionata F3s 1. L'attuazione degli interventi nelle aree a pericolosità sismica elevata (S.3) deve essere supportata sia in sede di predisposizione dei piani attuativi che degli interventi edilizi diretti, oltre che dalle indagini geognostiche previste dal D.M.17/01/18 e dal DPGR.n.1/R/22 e ss.mm.ii., da specifiche indagini geognostiche e geofisiche secondo le situazioni seguenti: a) nel caso di zone suscettibili di instabilità di versante quiescente, oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geologica, le indagini specifiche conterranno le verifiche di sicurezza e la corretta definizione dell'azione sismica al fine di ricostruire l'assetto sepolto del fenomeno gravitativo; b) nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, sono da realizzare adeguate indagini geognostiche e geotecniche basate su sondaggi e analisi di campioni di terreno finalizzate alle verifiche dei cedimenti; c) per i terreni potenzialmente soggetti a liquefazione dinamica sono da realizzare adeguate indagini geognostiche e geotecniche basate su sondaggi, analisi granulometriche su campioni di terreno e prove C.P.T. finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni. Nel caso di opere di particolare importanza quali gli edifici e le opere infrastrutturali di interesse strategico e rilevante di cui all'allegato A del DPGR.n.1/R/22 e ss.mm.ii. saranno da privilegiare prove di laboratorio volte alla caratterizzazione dinamica in condizioni prossime alla rottura (prove triassiali cicliche di liquefazione o altre prove non standard), atte all'effettuazione di analisi dinamiche; d) in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse è da realizzare una campagna di indagini geofisiche di superficie, opportunamente tarata mediante indagini geognostiche dirette, che definisca geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica; e) nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido entro una profondità compresa tra 5 e 40 metri, è realizzata una campagna di indagini geofisica (ad esempio profili sismici a riflessione/rifrazione, prove sismiche in foro, profili MASW) e geotecniche (ad	FS3 Interventi nelle aree caratterizzate da pericolosità sismica locale elevata. Nelle aree caratterizzate da pericolosità sismica locale elevata (S.3), in sede di piano attuativo o, in sua assenza, dei progetti edilizi, sono da studiare e approfondire i seguenti aspetti: - per i terreni potenzialmente soggetti a liquefazione dinamica sono effettuati indagini, prospezioni geognostiche e verifiche geotecniche per il calcolo del fattore di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni e della distribuzione areale dell'Indice del potenziale di liquefazione (LPI), così come indicato nelle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione" – LIQ, approvate con la deliberazione della Giunta regionale 23 febbraio 2015, n.144 (Redazione delle specifiche tecniche regionali per la Microzonazione sismica). Tali valutazioni sono finalizzate alla individuazione della "zona di suscettibilità a liquefazione - ZSLQ" e della "zona di rispetto a liquefazione – ZRLQ"; - nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, sono effettuate adeguate indagini, prospezioni geognostiche e verifiche geotecniche finalizzate alle verifiche dei cedimenti; - in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse è effettuata una campagna di indagini e prospezioni geofisiche di superficie che definisca geometrie e velocità sismiche dei litotipi, posti a contatto, al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica. E' opportuno che tale ricostruzione sia tarata mediante prospezioni geognostiche; - nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locale, caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido o entro le coperture stesse entro 40 metri di profondità dal piano campagna, sono raccolti i dati bibliografici oppure è effettuata una specifica campagna di indagini e prospezioni geofisiche (quali, ad esempio, profili sismici a riflessione o rifrazione, prove sismiche in foro e, ove risultino significative, profili MASW) e prospezioni geognostiche (quali, ad esempio, pozzi o sondaggi a carotaggio continuo) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti per valutare l'entità del (o dei) contrasti di rigidità sismica tra coperture e bedrock sismico o entro le coperture stesse. Nelle zone di bordo della valle è preferibile l'utilizzo di prove geofisiche di superficie capaci di effettuare una ricostruzione bidimensionale del sottosuolo, quale quella sismica a rifrazione o riflessione;

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

esempio sondaggi, preferibilmente a c.c.) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica tra coperture e bedrock sismico; f) nelle zone di bordo della valle è preferibile l'utilizzo di prove geofisiche di superficie capaci di effettuare una ricostruzione bidimensionale del sottosuolo (sismica a rifrazione/riflessione) orientate in direzione del maggior approfondimento del substrato geologico e/o sismico.	- nel caso di zone di instabilità di versante quiescente e relativa zona di evoluzione sono realizzati studi, rilievi, indagini, prospezioni geognostiche e geofisiche, secondo quanto definito per gli interventi in aree caratterizzate da pericolosità geologica elevata (G.3) tenendo conto anche dell'azione sismica e in coerenza con quanto indicato nelle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte" - FR, emanate dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica e recepite all'interno delle specifiche tecniche regionali di cui all'O.D.P.C.M. 3907/2010. Nell'ambito delle aree caratterizzate da pericolosità sismica locale elevata (S.3), la valutazione dell'azione sismica (NTC 2018, paragrafo 3.2 Azione Sismica), da parte del progettista, è supportata da specifiche analisi di risposta sismica locale (in conformità NTC 2018, paragrafo 3.2.2 e paragrafo 7.11.3), da condurre in fase di progettazione, nei seguenti casi: - realizzazione o ampliamento di edifici strategici o rilevanti, ricadenti, nelle classe d'indagine 3 o 4, come definite dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della L.R. 65/2014; - realizzazione o ampliamento di edifici a destinazione residenziale, ricadenti in classe d'indagine 4, come definita dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della L.R. 65/2014. La fattibilità degli interventi di nuova edificazione: - aree individuate come zone di suscettibilità a liquefazione (ZSLQ) e di rispetto a liquefazione (ZRLQ), la fattibilità degli interventi di nuova edificazione è subordinata all'esito delle verifiche delle condizioni di liquefazione dei terreni e, in funzione di tali analisi, alla realizzazione di interventi di riduzione della pericolosità sismica dei terreni (in conformità a NTC2018, punto 7.11.3.4); - in aree caratterizzate da instabilità di versante quiescente la fattibilità degli interventi di nuova edificazione è subordinata all'esito delle verifiche di stabilità di versante e alla preventiva realizzazione, qualora necessario, degli interventi di messa in sicurezza secondo quanto definito per gli interventi in aree caratterizzate da pericolosità geologica elevata (G.3) lettera 1a). La fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente: - La fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente in aree caratterizzate da instabilità di versante quiescente è subordinata a quanto indicato per gli interventi in aree caratterizzate da pericolosità geologica elevata (G.3) lettera 1b). - Gli interventi sul patrimonio edilizio esistente, in pericolosità sismica locale elevata, che non incidono sulle parti strutturali dell'edificio e gli interventi di riparazione o locali (NTC 2018 punto 8.4.3), non sono subordinati di conseguenza alla realizzazione di opere di miglioramento o adeguamento sismico. - Nel caso che gli interventi incidano sulle parti strutturali dell'edificio il piano attuativo o il progetto edilizio dovranno prevedere opere di miglioramento

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

	o adeguamento sismico in coerenza con le NTC 2018, punto 8.4. – Limitatamente alle aree di suscettibilità (ZSLQ) e rispetto alla liquefazione (ZRLQ), oltre agli interventi di miglioramento o adeguamento, la fattibilità è subordinata, in funzione dell'esito delle verifiche, anche ad interventi di riduzione della pericolosità (in conformità a NTC 2018, punto 7.11.3.4).

10.4 Variante 1. Prescrizioni particolari

Condizionamenti geologici e sismici

Interventi in pericolosità geologica media G.2. La fattibilità attribuita è FG2.

Interventi in pericolosità sismica locale elevata S.3. La fattibilità attribuita e FS3.

In linea generale, oltre a quanto indicato nelle NTC 2018, valgono le prescrizioni e gli approfondimenti di indagine descritti nel Regolamento 1R/2022.

1. La previsione, per la parte interessata da demolizioni e nuova edificazione, è condizionata ai risultati degli approfondimenti degli studi di Microzonazione Sismica. I progetti attuativi dovranno essere supportati da approfonditi studi geologici, idrogeologici e geotecnici, prospezioni dirette e indagini geofisiche per la completa caratterizzazione dei terreni.

2. La previsione ricade nella zona di aperta pianura prospiciente al litorale, caratterizzata di una falda idrica superficiale, per la parte interessata da demolizioni e nuova edificazione, in fase attuativa è prescritto l'approfondimento degli studi idrogeologici finalizzati alla definizione delle relazioni fra escursione della falda e opere previste; sulla base dei risultati delle indagini e dei monitoraggi verrà valutata l'opportunità di realizzare locali in sottosuolo.

3. La previsione, per la parte interessata dalla ristrutturazione degli edifici esistenti, non è soggetta a particolari prescrizioni; per la caratterizzazione sismica dell'area possono essere utilizzati i risultati degli studi a supporto dei progetti di demolizione e di nuova edificazione.

Condizionamenti idraulici

Interventi in pericolosità idraulica I.2 del Piano Strutturale (P1 del PGRA) rispettivamente: Aree a pericolosità media del 53R e bassa del PGRA, caratterizzate da eventi alluvionali con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni. La fattibilità attribuita secondo le NTG del Piano Operativo e il regolamento 53R è F2i : fattibilità con normali vincoli. Si veda quanto riportato all'art.15 e art. 25 delle NTG del Piano Operativo.

L'area di variante 1 non è interessata dalle disposizioni della Legge regionale 24 luglio 2018, n. 41 "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014".

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

10.5 Variante 2. Prescrizioni particolari e scheda di sintesi delle fattibilità

Condizionamenti geologici e sismici

Interventi in pericolosità geologica media G.2. La fattibilità attribuita è FG2.

Interventi in pericolosità sismica locale elevata S.3. La fattibilità attribuita e FS3.

In linea generale, oltre a quanto indicato nelle NTC 2018, valgono le prescrizioni e gli approfondimenti di indagine descritti nel Regolamento 1R/2022.

1. La previsione è condizionata ai risultati degli approfondimenti degli studi di Microzonazione Sismica. I progetti attuativi dovranno essere supportati da approfonditi studi geologici, idrogeologici e geotecnici, prospezioni dirette e indagini geofisiche per la completa caratterizzazione dei terreni. Viene prescritta in particolare la verifica delle condizioni di rischio di liquefazione, l'analisi di risposta sismica locale.

2. La previsione ricade nella zona di aperta pianura prospiciente al litorale, caratterizzata di una falda idrica superficiale; in fase attuativa è prescritto l'approfondimento degli studi idrogeologici finalizzati alla definizione delle relazioni fra escursione della falda e opere previste. Non è consentita la realizzazione di locali in sottosuolo.

3. L'area di Variante 2 ricade all'interno del SIN – SIR di Massa Carrara, istituito con la Legge 426/1998 e perimetrato nel 1999, di recente sono stati consegnati i risultati dei monitoraggi da parte di SOGESID S.p.a., e appaltate le opere di bonifica. L'area di Variante 2 è limitrofa ad un sito oggetto di bonifica e inserito nel relativo elenco SISBON dei siti da bonificare, il sito di proprietà della Società AREA Spa deve essere bonificato tramite un intervento di MISO che prevede la realizzazione di un impianto TAF (Trattamento Acque di Falda) con scarico delle acque trattate nel Torrente Lavello. AREA SpA è una società partecipata del comune di Carrara che gestisce l'area retroportuale.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SCHEDA Tipo B1	SCHEDA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E SISMICA

FATTIBILITÀ GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEGLI INTERVENTI			
PERICOLOSITÀ PER FATTORI GEOLOGICI:	**G.2**	FATTIBILITÀ PER FATTORI GEOMORFOLOGICI:	**FG2**
PERICOLOSITÀ PER FATTORI SISMICI:	**S.3**	FATTIBILITÀ PER FATTORI SISMICI:	**FS3**

PRESCRIZIONI PER LE CONDIZIONI GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE	
QUALITÀ DEI TERRENI:	Mediocri
APPROFONDIMENTO DEGLI STUDI E DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E SISMICHE: (Descritte negli elaborati a corredo del progetto definitivo)	Le indagini geologiche e le prospezioni geognostiche dovranno chiarire: a. le caratteristiche geotecniche dei terreni; b. le condizioni idrogeologiche locali; c. la valutazione dei fenomeni di amplificazione sismica per: - qualità dei terreni; - cedimenti differenziali; - fenomeni di liquefazione. d. l'analisi di risposta sismica locale.
TIPOLOGIA DELLE PROSPEZIONI GEOGNOSTICHE:	Sondaggi geognostici a carotaggio continuo e prove in situ (SPT) Prelievo e analisi fisico meccaniche di campioni indisturbati di terre. Prove penetrometriche DPSH – CPT integrative. Indagini geofisiche di superficie (tipo MASW, REMI, rifrazione ecc.) per volumetrie minori di 6.000 mc. o Down Hole per volumetrie maggiori di 6.000 mc.
OPERE DI MESSA IN SICUREZZA:	Opere di regimazione delle acque di falda (eventuali). Tipologia delle fondazioni da valutarsi in relazione alle caratteristiche geotecniche dei terreni e delle condizioni di rischio sismico.
OPERE DI ADEGUAMENTO E MITIGAZIONE:	Adeguamento del sistema fognario e recapito nel reticolo idrografico superficiale.
PRESCRIZIONI PER LE CONDIZIONI IDRAULICHE	
APPROFONDIMENTO DELLE INDAGINI:	Studi idrologici e idraulici di dettaglio. Verifica della efficienza del reticolo idrografico superficiale. Verifica delle condizioni di recapito finale nel reticolo idrografico superficiale. Studi di approfondimento in relazione alle condizioni di invarianza idraulica.
OPERE DI MESSA IN SICUREZZA:	Opere destinate ad accogliere i contributi idraulici riconducibili alle nuove impermeabilizzazioni (Studi di invarianza idraulica).
OPERE DI ADEGUAMENTO E MITIGAZIONE:	Da valutarsi in relazione agli studi idrologici e idraulici di progetto esecutivo.
OPERE IN SOTTOSUOLO:	Non consentite per ragioni idrogeologiche e di rischio idraulico.
MODIFICHE MORFOLOGICHE:	Condizionate ai risultati degli studi idrologici e idraulici di progetto esecutivo.

Condizionamenti geologici e sismici
Il dimensionamento delle opere di fondazione dovrà essere valutato sulla base delle caratteristiche geotecniche dei terreni.
I progetti attuativi dovranno essere supportati da studi geologici, idrogeologici e geotecnici, prospezioni dirette e indagini geofisiche per la completa caratterizzazione dei terreni. Prescritta l'analisi di risposta sismica locale.
L'utilizzo delle acque di falda non è consentito sino alla conclusione della bonifica del sito di AREA SpA e subordinato ai risultati delle conseguenti fasi di monitoraggio.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Condizionamenti per gli aspetti idrologici e idraulici

Piano Operativo vigente e condizionamenti ai sensi della L.R.T. 41/2018 e sue modifiche e integrazioni

Per la definizione delle fattibilità idrauliche si fa riferimento alle NTA Geo del PO aggiornate nel 2022 ("*NTG Norme Tecnico Geologiche 2022 elaborato modificato a seguito delle controdeduzioni alle osservazioni"* formulate in ambito di approvazione del Piano Operativo vigente).

Art.13 Prescrizioni generali
1. Ai fini della definizione delle condizioni di fattibilità idraulica per la gestione del rischio di alluvioni finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2 così come definito alla lettera m) comma 1 dell'art.2 della LR.n.41/18 e ss.mm.ii., si devono intendere quelle opere di cui all'art.8 comma 1 lettere a, b, c, d della LR.n.41/18 e ss.mm.ii., così come definite all'art.2 della stessa legge regionale, che permettono di intervenire sul patrimonio edilizio esistente e di realizzare nuove edificazioni senza comportare un aggravio delle condizioni di rischio in altre aree.
2. Per tutti gli interventi che ricadono nelle aree a pericolosità elevata (I.3, Iq200, I.3*) e molto elevata (I.4 e Iq30) la sicurezza idraulica è perseguita con riferimento ai battenti idraulici attesi nello scenario di eventi con tempo di ritorno duecentennali rappresentati nella "Carta dei battenti idrometrici massimi" (Tav.4B di cui all'art.2 delle NTA del PO vigente) e nella "Carta dei battenti da modellazione qualitativa" (Tavola 12 di cui all'art.2 delle nome del PO vigente).
Omissis…..

Dall'esame della Matrice di fattibilità 1 la fattibilità da attribuirsi all'area di variante è **F3i** e **F3iq**.

Art.16 Fattibilità condizionata F3i
1. E' attribuita agli interventi edilizi ricadenti anche parzialmente in aree con pericolosità da alluvione poco frequente (I.3 del Piano Strutturale). Per gli interventi sul patrimonio edilizio esistente disciplinati dall'art.12 della LR.n.41/18 e ss.mm.ii. e per gli interventi edilizi comunque indicati negli Allegati 1 e 2 alle NTG del PO (Matrici della Fattibilità), la sicurezza idraulica si potrà raggiungere con le opere idrauliche di cui al comma c) e d) del punto 1 dell'art.8 della LR.n.41/2018 e ss.mm.ii., definite e dimensionate alle condizioni di cui ai punti 5,6,7 dell'art.13 delle NTG del PO vigente. L'individuazione puntuale delle opere/interventi necessari al raggiungimento delle condizioni di sicurezza idraulica di cui sopra è comunque demandata agli esiti di una relazione tecnico idraulica, redatta da tecnico abilitato, commisurata al contesto morfologico ed idraulico locale oltre che alla tipologia dell'intervento edilizio previsto.
2. L'attuazione degli interventi sul patrimonio edilizio esistente all'interno delle aree I.3 è subordinata alla individuazione delle condizioni di sicurezza idraulica individuate con la "Carta dei battenti idrometrici massimi per un tempo di ritorno di 200 anni" (Tavola 4B di cui all'art.2 delle NTA del PO vigente) per quanto attiene il valore del battente idraulico atteso e la "Planimetria della Magnitudo Idraulica ai sensi della LR.n.41/2018" (Tavola 11 di cui all'art.2 delle NTA del PO vigente).

Art.17 Fattibilità condizionata F3iq
1. E' attribuita agli interventi edilizi ricadenti anche parzialmente nelle aree potenzialmente inondabili definite con lo studio idrologico-idraulico per eventi di pioggia con Tr compreso tra 30 e 200 anni (aree Iq200 della Tavola 7A-B). Per gli interventi sul patrimonio edilizio esistente assimilabili a quelli di cui all'art.12 della LR.n.41/18 e ss.mm.ii. e per gli interventi edilizi comunque indicati negli Allegati 1 e 2 alle NTA del PO vigente (Matrici della Fattibilità), la sicurezza idraulica si potrà raggiungere con le opere idrauliche indicate al comma c) e d) del punto 1 dell'art.8 della LR.n.41/2018 e ss.mm.ii., definite e dimensionate alle condizioni di cui ai punti 5, 6, 7 dell'art.13 delle NTA del PO vigente. L'individuazione puntuale delle opere/interventi necessari al raggiungimento delle condizioni di sicurezza idraulica di cui sopra è comunque demandata agli esiti di una relazione tecnico idraulica, redatta da tecnico abilitato, commisurata al contesto morfologico ed idraulico locale oltre che alla tipologia dell'intervento edilizio previsto.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

2. Le condizioni di sicurezza idraulica possono essere individuate con la "Carta dei battenti da modellazione qualitativa" (Tavola 12 di cui all'art.2 delle NTA del PO vigente) per quanto attiene il valore del battente idraulico atteso, definendo la classe di magnitudo idraulica come segue:
- magnitudo idraulica moderata: battente uguale o inferiore a 0,3 metri;
- magnitudo idraulica severa: battente superiore a 0,3 metri e inferiore o uguale a 0,5 metri;
- magnitudo idraulica molto severa: battente maggiore a 0,5 metri.

Omissis

…….

Integrazione alle NTG del Piano Operativo

Per le problematiche di rischio idraulico, per la variante 2, si rende necessario operare integrazioni alle disposizioni NTG del Piano Operativo, al riguarda si consultino anche i contenuti della **Relazione idraulica** allegata ai documenti di questa variante.

Con riferimento agli **interventi sul Patrimonio Edilizio Esistente**, compreso l'ampliamento degli edifici, nell'area di variante 2, per quanto riguarda gli aspetti di rischio idraulico e le disposizioni della L.R.T. 41/2018, devono essere considerati i contenuti dell'Articolo 12.

In particolare, per l'Art. 12 "*Interventi sul patrimonio edilizio esistente in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti*" valgono le disposizioni di cui ai commi 1, 2, 3, 4 e 5.

Con riferimento alla realizzazione di **nuovi interventi e nuove infrastrutture** nell'area di variante 2, per quanto riguarda gli aspetti di rischio idraulico e le disposizioni della L.R.T. 41/2018 si prescrive:

1. Di evitare la realizzazione di nuovi edifici e infrastrutture nelle aree prossime al rilevato autostradale e al rilevato ferroviario margini rispettivamente nord ed est dell'area di variante 2 interessate da alluvioni frequenti e magnitudo severa e molto severa.

2. La realizzazione di nuovi edifici e infrastrutture nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti e magnitudo moderata è subordinata alle disposizioni Articolo 11: *Interventi di nuova costruzione in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti ricadenti all'interno del perimetro del territorio urbanizzato*.

In particolare per il caso in esame con riferimento all'Art.11:

Omissis……..

Fermo restando quanto disposto dagli articoli 10, 12 e 13, nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).

Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, caratterizzate da magnitudo idraulica moderata, possono essere realizzati volumi interrati a condizione che non sia superato il rischio medio R2.

Omissis……

Per quanto riguarda il contenuti dell'Art.8 *Opere per la gestione del rischio di alluvioni:*
1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:
a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;

Con riferimento particolare alla realizzazione di **infrastrutture lineari o a rete** deve essere fatto riferimento all'Art. 13 "*Infrastrutture lineari o a rete*" considerando le disposizioni dei commi 2, 3, 4.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

11. TUTELA DEL RETICOLO IDROGRAFICO SUPERFICIALE

(Ex Norma 13 D:P.C.M 05/11/1999 e integrazioni per rischio idraulico

In generale ogni nuovo intervento edilizio interagisce con il reticolo idrografico superficiale aggravandone le condizioni a seguito delle nuove impermeabilizzazioni; le norme di Piano Operativo prevedono che si verifichino tali condizioni e si apportino le necessarie misure di compensazione; questi aspetti sono regolati all'Art.25 Prescrizioni per il mantenimento e la salvaguardia delle risorse ambientali punto 6. **Invarianza idraulica**.

Per dare indicazione dei volumi di acqua meteorica attesa sull'area e necessari al corretto dimensionamento del sistema di smaltimento e deflusso in riferimento all'impermeabilizzazione dovuta agli interventi previsti, si suggerisce di effettuare i calcoli sulla base di una pioggia che produce un'altezza di 76 mm. per un tempo di ritorno di 20 anni.

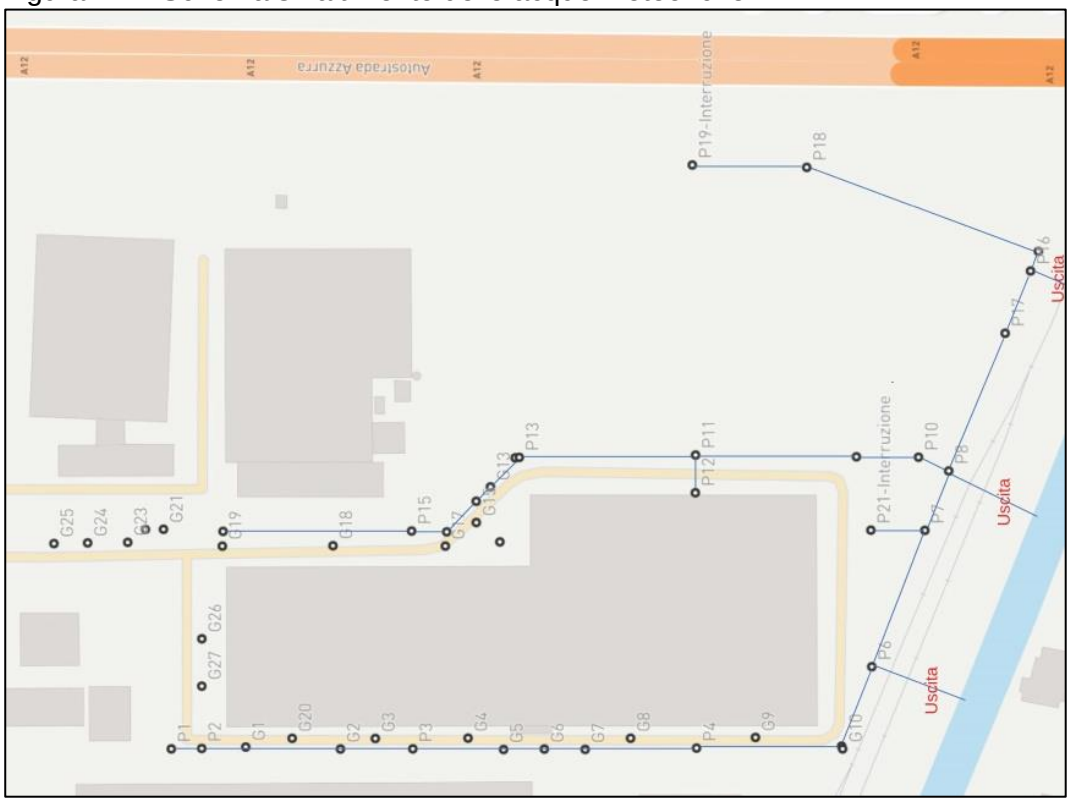
L'area di possibile gestione sia delle problematiche di rischio idraulico sia di invarianza idraulica viene individuata in parte della porzione di variante individuata nel Piano Operativo vigente con la sigla VR, come mostrato nella figura seguente.

Figura 23. Possibile area per la gestione della invarianza idraulica.

Il sistema potrebbe integrarsi con quello già in fase di realizzazione di smaltimento delle acque meteoriche dell'intero comparto.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Figura 24. Schema smaltimento delle acque meteoriche.



12. TERRE E ROCCE DI SCAVO

Con il termine terre e rocce da scavo si fa riferimento al suolo scavato derivante da attività finalizzate alla realizzazione di un'opera tra cui:

- scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee);
- perforazione, trivellazione, palificazione, consolidamento;
- opere infrastrutturali in generale (galleria, strade, ecc.);
- rimozione e livellamento di opere in terra.

A seconda della loro caratterizzazione, provenienza e destinazione si applicano regimi normativi diversi:

Art.185 c.1 lett. c) D. Lgs 152/2006: terre e rocce allo stato naturale riutilizzate nello stesso sito di produzione:

DPR 120/2017: terre e rocce da scavo che hanno requisiti tali da poter essere trattati come sottoprodotti e che, in quanto tali, possono essere riutilizzate nell'ambito della stessa opera per la quale sono state generate, di una diversa opera - in sostituzione dei materiali di cava - o in processi produttivi. Il riutilizzo in impianti industriali è possibile solo nel caso in cui il processo industriale di destinazione sia orientato alla produzione di prodotti merceologicamente ben distinti dalle terre e rocce e ne comporti la sostanziale modifica chimico-fisica.

D. Lgs 152/2006 parte IV: terre e rocce da scavo che, non rientrando in nessuna delle categorie di cui sopra devono essere smaltite come rifiuti.

Preliminarmente alla esecuzione dei lavori si dovranno eseguire campionamenti e analisi fisico chimiche delle terre oggetto di scavo delle fondazioni.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

13. INDAGINI E PROSPEZIONI IN SEDE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA

Le condizioni geotecniche dei terreni di fondazione, considerando l'evoluzione della normativa avvenuta negli ultimi anni anche in relazione ai parametri di accreditamento richiesti per i laboratori geotecnici dovranno essere valutate considerando le NTC 2018 e il Regolamento RT 1R/2022:
DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA GIUNTA REGIONALE 19 gennaio 2022, n. 1/R Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.

In particolare:

Allegato 1 – Art.5 Regolamento 1R/2022

LINEE GUIDA SULLE TIPOLOGIE E CLASSI DI INDAGINI GEOLOGICHE, GEOFISICHE E GEOTECNICHE DA ALLEGARE AI PROGETTI DA PRESENTARE AI SENSI DELL'ART. 3 DEL REG.1R/2022

……..
Paragrafo 3: Classi di indagine geologiche, geofisiche e geotecniche

1. Le classi di indagine, riferite tipicamente a nuove costruzioni edilizie e a interventi di adeguamento sismico su edifici esistenti, sono le quattro di seguito indicate:
……

1.4. Classe di indagine 4, riferita ad opere di volume totale superiore a 6.000 metri cubi o, in ogni caso, sempre per opere di volume, se l'altezza in gronda è superiore a venti metri. Nell'ambito di tale classe, sono effettuate le seguenti indagini:

a) Per la determinazione dell'azione sismica, una campagna d'indagine sismica di superficie, ai sensi di quanto definito al paragrafo 2, punto 2, lettera b) e la realizzazione di una prova geofisica nel foro di sondaggio o, alternativamente, una prova penetrometrica statica con cono sismico (ad esempio SCPTU), per terreni scarsamente consistenti;

b) Per la parametrizzazione del volume geotecnico significativo, ai sensi di quanto definito al paragrafo 2, punto 2, lettere a) e c), almeno 3 verticali di indagine di cui una è rappresentata da un sondaggio geognostico a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati su cui realizzare idonee prove sulle terre e sulle rocce presso laboratori compresi nell'elenco di cui al servizio tecnico centrale del Consiglio superiore dei lavori pubblici. Nel caso in cui la litologia non permetta di prelevare campioni indisturbati, sono eseguite almeno prove penetrometriche in foro di tipo SPT.

   Sono da prevedere anche misure piezometriche della falda. All'interno del foro di sondaggio, è eseguita una prova geofisica in foro per la caratterizzazione di almeno 30 metri di profondità o comunque di una profondità di indagine idonea a caratterizzare i terreni posti al di sopra del bedrock sismico se posto ad una profondità inferiore a m 30, o alternativamente, prova penetrometrica statica con cono sismico (ad esempio SCPTU), per terreni scarsamente consistenti, per la caratterizzazione di almeno 30 metri di profondità.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono riportati i risultati degli studi geologici di fattibilità eseguiti per conto dell'Amministrazione Comunale di Carrara a supporto alla variante al Piano Operativo relativa a due aree localizzate nella porzione sud e sud est del territorio, identificate come di seguito:

Variante 1: PA.3.1 – PDR – Via Garibaldi – Recupero / Sostituzione Edilizia

Variante 2 P2 – Aree produttive specializzate Aero Alliance - Viale Domenico Zaccagna

Per la caratterizzazione geologica, idraulica e sismica delle aree di variante si sono utilizzati i dati di base derivanti dagli studi a supporto del Piano Strutturale e del Piano Operativo e per l'area di variante 2 una significativa serie di indagini e prospezioni eseguite a supporto di precedenti fasi progettuali.

I condizionamenti derivanti dal rischio sismico sono comuni ad ambedue le aree, in particolare per il rischio di liquefazione, per gli aspetti geologici non si sono riscontrati particolari problematiche di stabilità pur riconoscendo una qualità dei terreni mediocre da considerarsi per le fasi di demolizione e ricostruzione previste per la variante 1 che di nuova edificazione per la variate 2.

Per la superficialità della falda idrica sono da escludersi locali in sottosuolo per la variante 2, da valutarsi in fase di progettazione esecutiva per la variante 1.

La variante 1 non è interessata da condizionamenti derivanti dal rischio idraulico, mentre per parte della variante 2 sono stati rilevati significativi condizionamenti alla edificazione, alle quali il progetto si dovrà adeguare considerando il battente idraulico atteso, da rivalutarsi sulla base di uno Studio Idrologico e Idraulico di dettaglio supportato da un rilievo topografico; allo stato delle conoscenze la messa in sicurezza idraulica può essere conseguita anche con la realizzazione di opere non strutturali.

Le norme per la tutela del reticolo idrografico superficiale e dell'invarianza idraulica prescrivono per la sola variante 2 che vengano esclusi aggravi delle condizioni per una ulteriore impermeabilizzazione dei suoli.

L'approfondimento delle indagini geologiche e delle prospezioni geognostiche deve fare riferimento al regolamento alle NTC 2018 e alla RT 1R/2022, per la variante 2 si ritiene che la classe di indagine sia la 4.

Eventuali modifiche al piano di indagine saranno meglio definite in fase di progettazione esecutiva.

Pistoia 25 novembre 2025

Dott. Geologo Leonardo Moretti
Iscritto all'Ordine dei Geologi della Toscana n. 312

Documento firmato digitalmente

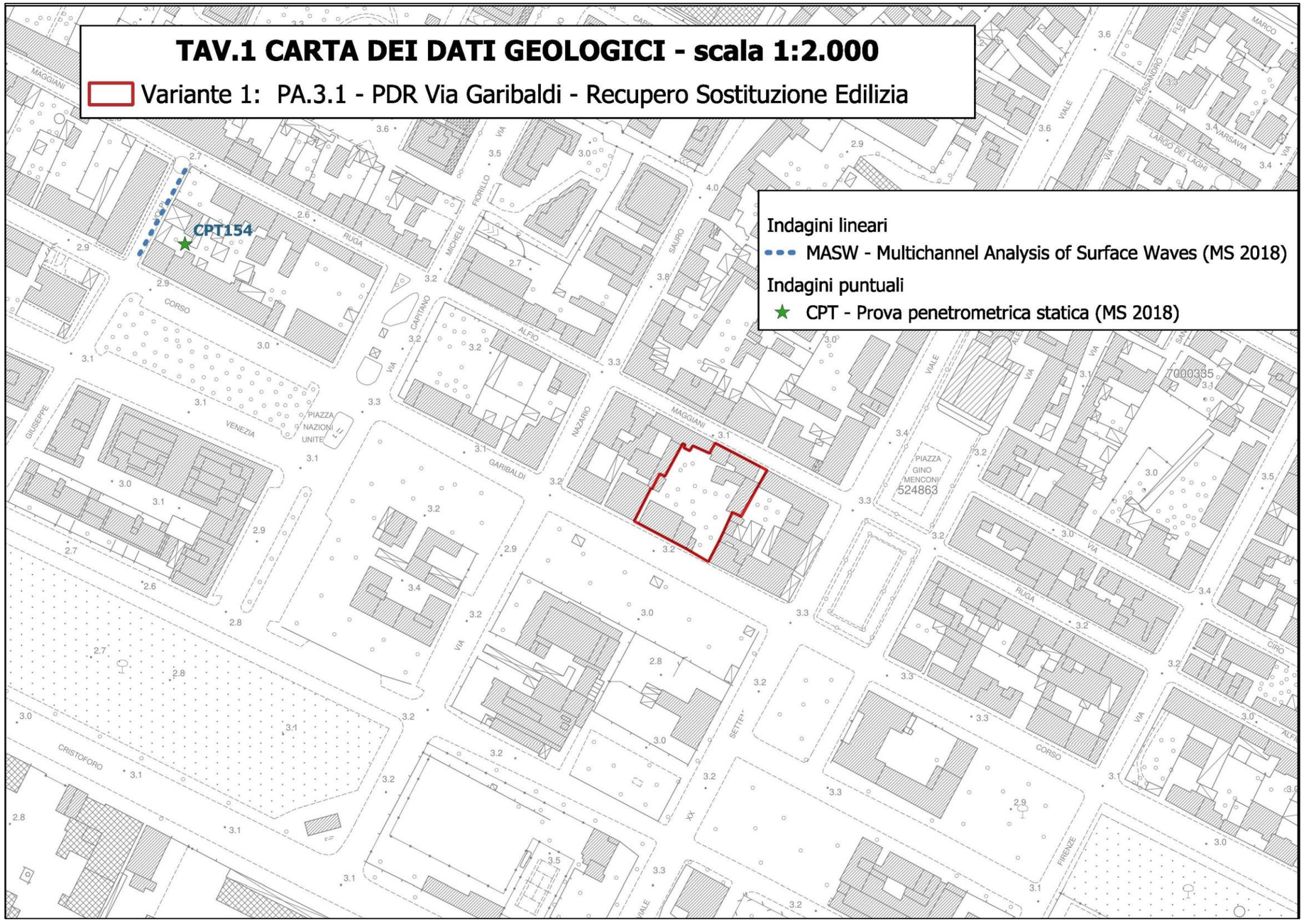
COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Allegato in testo:

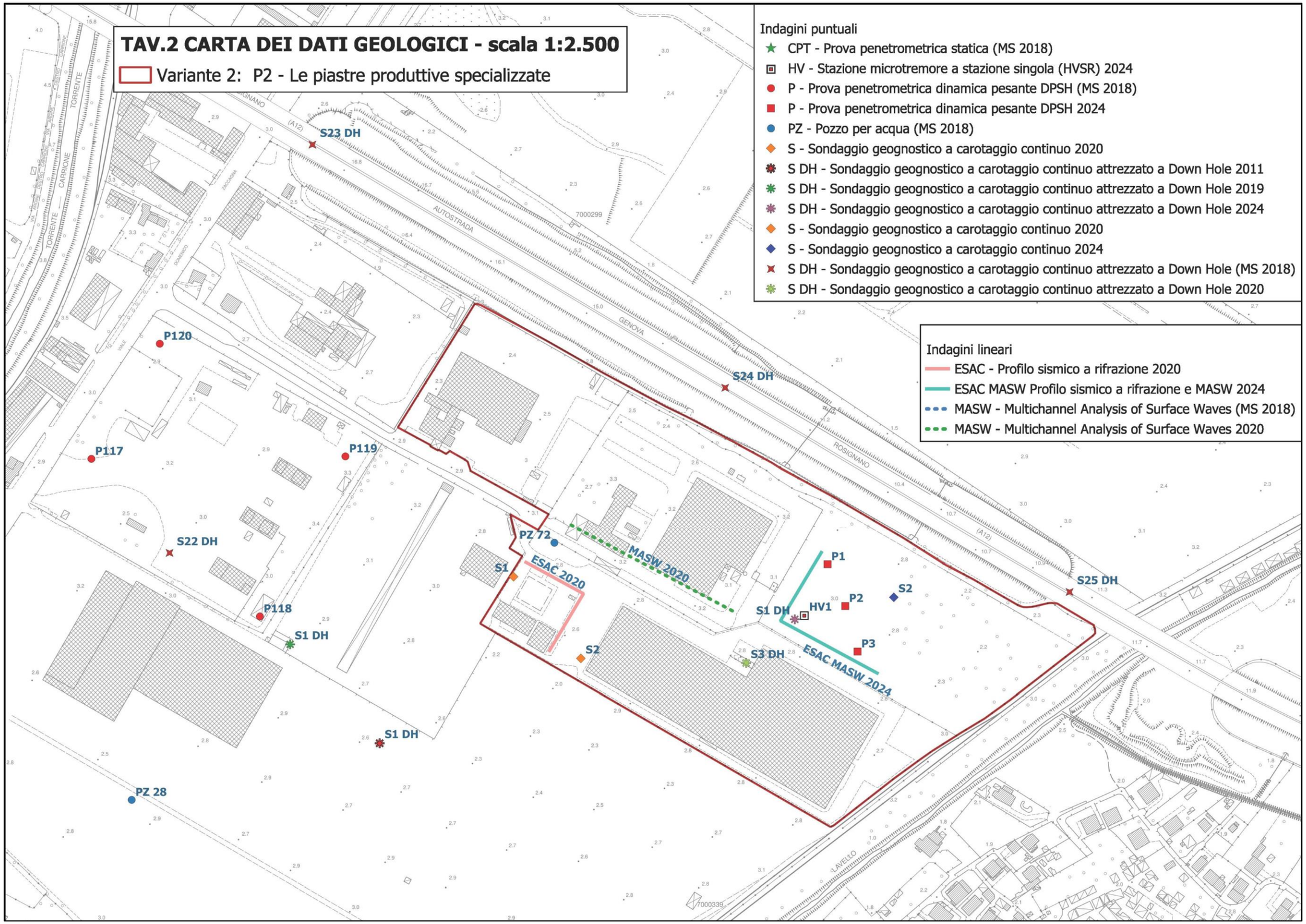
Tav.1 Carta dei dati geologici area variante 1

Tav.2 Carta dei dati geologici area variante 2

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE
AL PIANO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

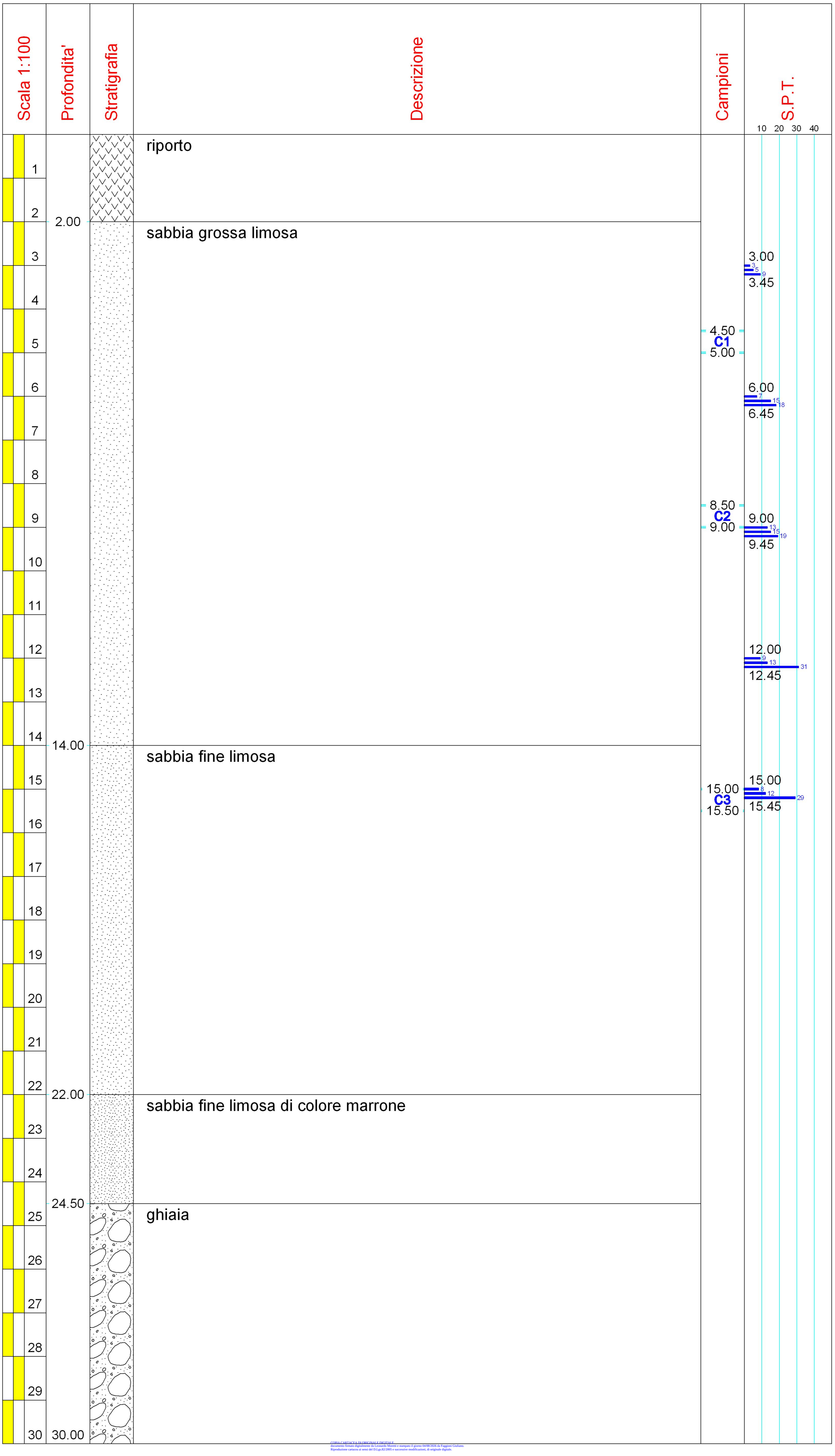
Allegato 1 - Sondaggio MESA 2011

Rilievi e analisi: Dott. Geol. Leonardo Moretti(D.R.E.Am. Italia)

NOVEMBRE 2025

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

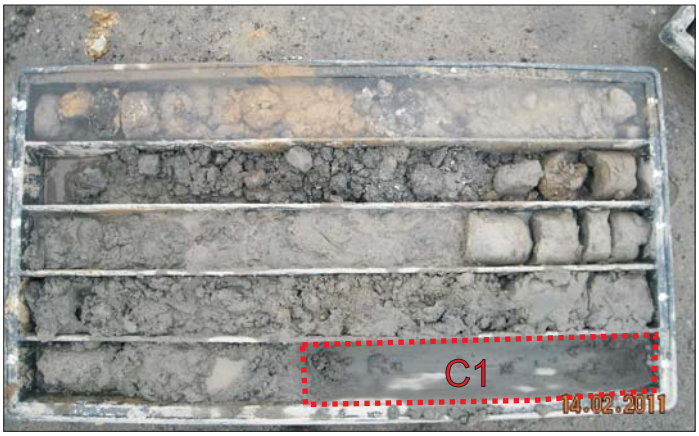
Commessa	Area retroportuale	**Sondaggio S1**
Committente	GPA Ingegneria ns. rif. 06gt11	
Comune	Carrara	Ditta esecutrice Mesa
Località	Viale G. da Terrazzano	Tipo carotiere Semplice
Quota	circa 2 m s.l.m.	Profondità rivestimento 30
		Fluido perforazione acqua
		Data esecuzione Febbraio. 2011

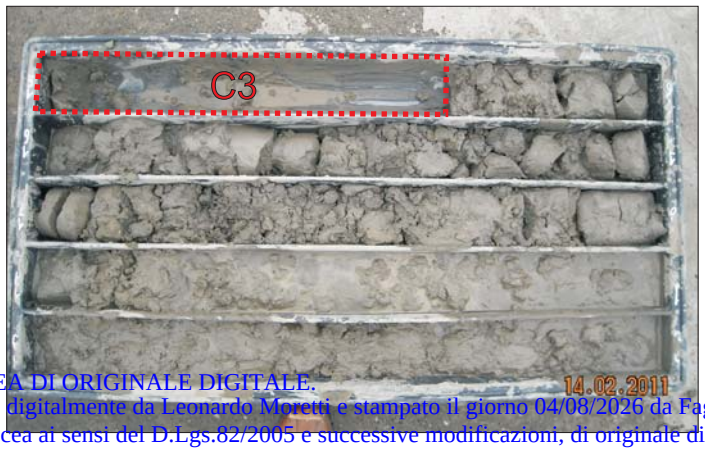


COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE -
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2025 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni. Il originale digitale.

Sondaggio n. 1

da 0.0 m a 20.0 m





COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Sondaggio n. 1

da 20.0 m a 30.0 m

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE
AL PIANO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

Allegato 2 – Down Hole IGEA 2011

Rilievi e analisi: Dott. Geol. Leonardo Moretti(D.R.E.Am. Italia)

NOVEMBRE 2025

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

IGEA S.A.S.

INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI

CODIFICA DOCUMENTO							REV.	FOGLIO
C	DOCUMENTI	2011	SAS2011	11	11	001	1	1

PROSPEZIONI SISMICHE DOWN HOLE IN ONDE P ED SH A MASSA

RELAZIONE TECNICA

IGEA sas

Dott. Geol. Guglielmo Braccesi

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROVATO	AUTOR.
1.0	18/02/11	C:/Documenti/2011/sas 2011/11_11_Mesa_DH Massa 2/Relazione DH.doc				

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs 82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

1 PREMESSA

Il giorno 16/02/2011 la soc. IGeA s.a.s. di Guglielmo Braccesi e C. è stata incaricata di svolgere un'indagine geofisica di sismica in foro tipo Down Hole a Massa, in un foro di sondaggio della profondità di 30 metri appositamente realizzato.

2 PROVA DOWN-HOLE (DH)

2.1 Scopo della prova

Lo scopo della prova consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di volume, di compressione (onde P) e di taglio (onde S), calcolando il tempo ad esse necessario per spostarsi tra due o più punti (sorgente e ricevitori) di cui è nota la distanza.

2.2 Campo d'applicazione della prova

La prova down-hole dovrebbe essere effettuata quando la profondità delle coperture da esplorare sono superiori a qualche metro e si rende necessaria soprattutto quando non si voglia ricorrere a delle indagini eccessivamente costose, ma si richiedano dei risultati di qualità e precisione da media a buona.
Teoricamente sarebbe opportuno spingere la prova fino ad incontrare il bedrock attraversandolo per uno spessore significativo, tenendo comunque presente che in alcuni contesti geologici l'affidabilità della prova con tecniche di interpretazione convenzionali oltre i 40 m di profondità è generalmente scarsa e l'energia generata dalla sorgente potrebbe non essere sufficiente all'univoca individuazione dei primi arrivi.

2.3 Ipotesi alla base della prova

Si suppone che il volume di terreno interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno di ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo ed isotropo. Qualora queste caratteristiche non siano verificate è necessario operare con più punti di energizzazione.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

2.4 Schema della prova

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno d'onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde SH). Mediante due ricevitori (geofoni tridimensionali) disposti nel terreno a profondità note, viene valutato l'istante di arrivo del treno di onde P e S, rispetto all'istante in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza (nota) tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e S.

2.5 Apparecchiatura

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si deve comporre delle seguenti parti:

– sistema sorgente
– sistema di ricezione
– sistema di acquisizione dati
– trigger

Sistema sorgente.

La sorgente è in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali). Per generare le onde di compressione P, si utilizzeranno i metodi classici quali caduta di un grave, cannoncino, mazza, etc.. Per generare le onde SH la sorgente è generalmente costituita da un parallelepipedo di legno e di forma tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità con una massa. E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpita sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile. Inoltre, data l'entità di energia generalmente prodotta, le deformazioni indotte nel terreno in prossimità della superficie sono inferiori a 10^{-2} % e decrescono con la profondità.

È necessario un buon accoppiamento fra parallelepipedo e terreno, cosa che si ottiene facilmente in terreni a granulometria fine; nel caso viceversa di terreni a granulometria più grossolana sarà necessario approntare delle piazzole realizzando uno strato di materiale fine al contatto con il parallelepipedo energizzante. Sono da evitare come punti di energizzazione zone in cui affiorano rocce compatte e superfici bitumate.

Va tenuto conto che minore è la superficie di accoppiamento parallelepipedo - terreno, più pulito e ricco in alte frequenze sarà il segnale, d'altra parte soprattutto con superfici di contatto ridotte è necessario verificare che il parallelepipedo non si infossi nel terreno poiché in tal caso si produrrebbero onde di compressione.

Sistema di ricezione.

Tale sistema si deve comporre di due (o più) ricevitori, ciascuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità orientato secondo le componenti di una terna cartesiana ortonormale e collocati all'interno di un unico contenitore di lunghezza circa 450 mm, in modo che uno dei tre trasduttori sia orientato secondo la lunghezza del contenitore (trasduttore verticale) e gli altri ad esso perpendicolari (trasduttori orizzontali). I trasduttori hanno appropriate caratteristiche di frequenza e sensitività tali da potere ricevere in maniera adeguata il treno d'onde prodotto dalla sorgente. La risposta in frequenza dei trasduttori non deve variare più del 5% su un campo di frequenze compreso tra metà e due volte la frequenza predominante del treno d'onde che si propaga all'interno del mezzo.

I ricevitori sono collegati secondo la loro lunghezza, in modo di fissarne la distanza verticale pari ad 1 metro e l'orientazione relativa (in modo che i trasduttori orizzontali siano paralleli e concordi a due a due) e in modo tale da potere anche controllare dalla superficie l'orientazione assoluta.

Il sistema di ancoraggio, per garantire un buon accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento, è stato realizzato mediante quattro pistoncini pneumatici collegati ad un compressore d'aria.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Trigger.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, consentendo a un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Sistema di acquisizione dati.

Si tratta di un sistema multicanale in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit. Il sistema è un sismografo marca AMBROGEO 12/24, le cui caratteristiche sono espresse di seguito:

Number of channels	*24*
Sampler interval	*0,296 msec*
A/D Conversion	*16 bit*
Amplifiers	
Input impedance	*1 KOhm*
Gain	*10 dB - 100 dB, step 1 dB*
Saturation tension	*+/- 2,3 V*
Saturation level	*100 dB*
Distorsion	*0,01%*
Sampler	*25 msec (191 points)*
	50 msec (383 points)
	100 msec (756 points)
	200 msec (1530 points)
	400 msec (3060 points)
	1000 msec (7560 points)
Sampling	*130 micro/sec*
Record lenght	*25-50 -10 -20 -400-800 millisec*
Filter low pass from	*50 to 950 Hz, step1 Hz*
Digital Filter (Fir) low pass	*1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz*
Digital Filter (Fir) high pass	*0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 Hz*
Frequency response	*7-950 Hz, filter at 950 Hz*

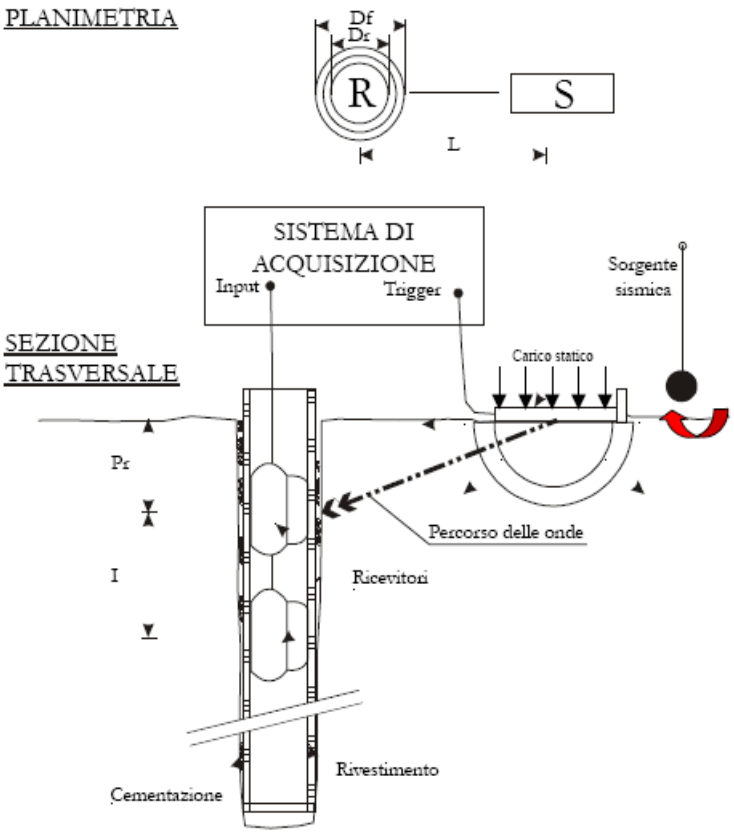
COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Dynamic range	*93 dB*
Noise	*0,66 uV rms, gain = 55 dB*
Crosstalk	*52 dB, gain = 55 dB*
Power	*12 V*

Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger. Poiché è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra, è auspicabile una strumentazione che preveda la funzione "inversione di polarità".

2.6 Modalità di preparazione della prova

L'esecuzione della prova down-hole deve essere preceduta da una fase preparatoria durante la quale viene realizzato il foro in cui alloggiare i ricevitori e vengono preparati gli strumenti di registrazione.



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

2.7 Modalità di esecuzione della prova

La prova si sviluppa secondo le seguenti fasi:

1. Dopo avere predisposto un opportuno piano d'appoggio la sorgente viene collocata sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza dal centro in genere compresa tra 1m e 5 m (da concordare con la direzione lavori) e orientata perpendicolarmente al raggio uscente dal foro. Per la produzione di onde P si energizza con massa battente ed impatto verticale; per la produzione di onde SH la sorgente (parallelepipedo, trave) viene fissata al terreno applicando sulla sua superficie un carico statico.
2. Il sistema, costituito dai due ricevitori (geofoni tridimensionali), equidistanti e con costante orientamento relativo, viene calato alla profondità desiderata collegandolo alla superficie mediante un sistema che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie.
3. Il sistema dei ricevitori viene orientato dalla superficie in modo tale che uno dei trasduttori orizzontali di ciascun ricevitore sia orientato parallelamente all'asse della sorgente e quindi alla direzione di polarizzazione delle onde S, in modo da massimizzarne l'ampiezza di ricezione ai ricevitori. Quindi i ricevitori vengono fissati alle pareti del tubo.
4. Viene attivata la registrazione (pre-trigger) delle vibrazioni rilevate e dai trasduttori che costituiscono i ricevitori con un opportuno anticipo rispetto all'attivazione della sorgente. Tale fase può essere evitata nel caso che la strumentazione consenta la registrazione del segnale all'istante di time-break cioè all'attivazione del segnale.
5. Viene attivata la sorgente, producendo una sollecitazione che, attivando il trigger, si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con vibrazioni di tipo P; in seguito si generano vibrazioni di tipo S, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale. Il tempo di registrazione deve essere tale da consentire la rappresentazione dei treni d'onda nella loro interezza. Poiché si debbono ricavare le onde SH, per la buona qualità dei dati si debbono produrre alla sorgente due onde di polarità opposta e sommare le registrazioni di ogni singolo ricevitore, in modo da individuare meglio l'istante di primo arrivo (metodo cross-over). Detta operazione deve essere eseguita in campagna, in fase di acquisizione, se lo strumento prevede l'inversione di polarità. Può essere eseguita registrando separatamente i files battuta destra - battuta sinistra, ma in questo caso sarà necessario un bilanciamento spettrale prima di procedere alla differenza delle tracce.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

In ogni caso la lunghezza di registrazione deve essere non limitata al primo arrivo ma a tutto il segnale fino ad un decadimento dell'ampiezza del 90% rispetto all'ampiezza massima.

2.8 Determinazione delle velocità

Per quanto riguarda l'interpretazione dei tracciati registrati durante la prova per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche, esistono varie tecniche nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza.

Per determinare il tempo di arrivo delle onde *P* e *S* ai ricevitori, si procede ad un'analisi visuale delle registrazioni delle vibrazioni rilevate dai trasduttori del ricevitore confrontate con il segnale di trigger (t_0) o inizio registrazione.

Pur essendo possibile operare con il sistema di pre-triggering si deve operare con il doppio sistema di energizzazione, percussione verticale per le onde P, percussione orizzontale per le SH, nelle registrazioni energizzate in verticale si valuterà il primo arrivo in P; nelle registrazioni energizzate con percussione orizzontale, sottratte le registrazioni "battuta destra-battuta sinistra", il primo arrivo sarà costituito dalle onde di taglio SH poiché eventuali onde di compressione provocate durante l'energizzazione tenderanno, con la differenza "battuta destra-battuta sinistra" a ridursi in ampiezza laddove le SH (che invertono in polarità a seconda della direzione di battuta) tenderanno a sommarsi aumentando così d'ampiezza.

Si ipotizza che il percorso delle onde tra sorgente e ricevitori sia rettilineo, trascurando i fenomeni di rifrazione che ne modificano il percorso. Poiché le onde sismiche prodotte dalla sorgente non si propagano esattamente in direzione verticale rispetto ai ricevitori, data la posizione della sorgente, è necessario correggere i tempi di arrivo stimati per tenere conto dell'inclinazione del percorso effettivo.

Indicata con *z* la profondità del ricevitore, con *d* la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore e con *R* la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro, con *t* il tempo determinato dalle tracce di registrazione, il tempo corretto risulta:

$$t^* = \frac{z}{d}t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}}t$$

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Dividendo la profondità a cui viene collocato il ricevitore per il tempo corretto si ricavano i valori di velocità per ciascuno dei ricevitori, in corrispondenza di ciascuna delle profondità considerate.

È anche possibile ricavare le velocità dividendo la differenza tra due profondità successive per la differenza tra i tempi determinati in corrispondenza di ciascuna delle profondità considerate e possono corrispondere allo stesso impulso (in tal caso le profondità corrispondono a quelle dei due o più ricevitori rigidamente collegati tra di loro e le velocità si definiscono velocità d'intervallo) o a due impulsi successivi (per cui le profondità sono quelle d'avanzamento della prova e le velocità calcolate si definiscono velocità di pseudo-intervallo).

Va rilevato che non sempre i tracciati registrati dai ricevitori sono chiari e univocamente interpretabili, per l'eventuale presenza di rifratte di ampiezze non trascurabili che, precedendo quelle dirette, ingannano sui reali tempi d'arrivo indicando velocità intervallari anomale.

Inoltre, talora in profondità l'istante di primo arrivo delle onde non è facilmente individuabile, sfruttando il fatto di disporre di più ricevitori, si può far riferimento ai tracciati registrati da ciascuno di essi ricercando dei punti caratteristici (picchi o valli) successivi al primo arrivo ritrovabili in entrambi i segnali e stimandone il ritardo e quindi ricavando la velocità d'intervallo (in tal caso affinché ad ogni picco dell'una registrazione corrispondano rispettivamente i picchi o le valli dell'altra è necessario che sia stata precedentemente stimato l'effetto dell'orientazione dei trasduttori rispetto alla direzione di propagazione delle onde e che sia noto se i trasduttori siano orientati in maniera concorde o discorde).

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

3 RISULTATI

Le indagini svolte hanno evidenziato la presenza di tre sismostrati che, dalla superficie verso la profondità, sono così riassumibili:

Strato	Prof. tetto (m)	Prof. base (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Spessore H (m)	Vs30 (m/s) $30/(\Sigma H_i/Vs_i)$	*v*
1	0	2	376	724	2	216.06	0.32
2	2	25	196	1910	23		0.49
3	25	30	309	2303	5		0.49

Per $\mathbf{V_{s30}}$ s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove *hi* e *Vi* indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

La stima della VS_{30} è stata valutata come da vigente normativa e conduce ad una velocità media, pari a 216 m/sec.

La Normativa Italiana (Ordinanza 3274), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa.
Vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Classe	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30}$ > 50 nei terreni a grana grossa e cu_{30} > 250 kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < $NSPT_{30}$ < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu_{30} < 250 kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30}$ < 15 nei terreni a grana grossa e cu_{30} < 70 kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E. Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{S30} inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu_{30} < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

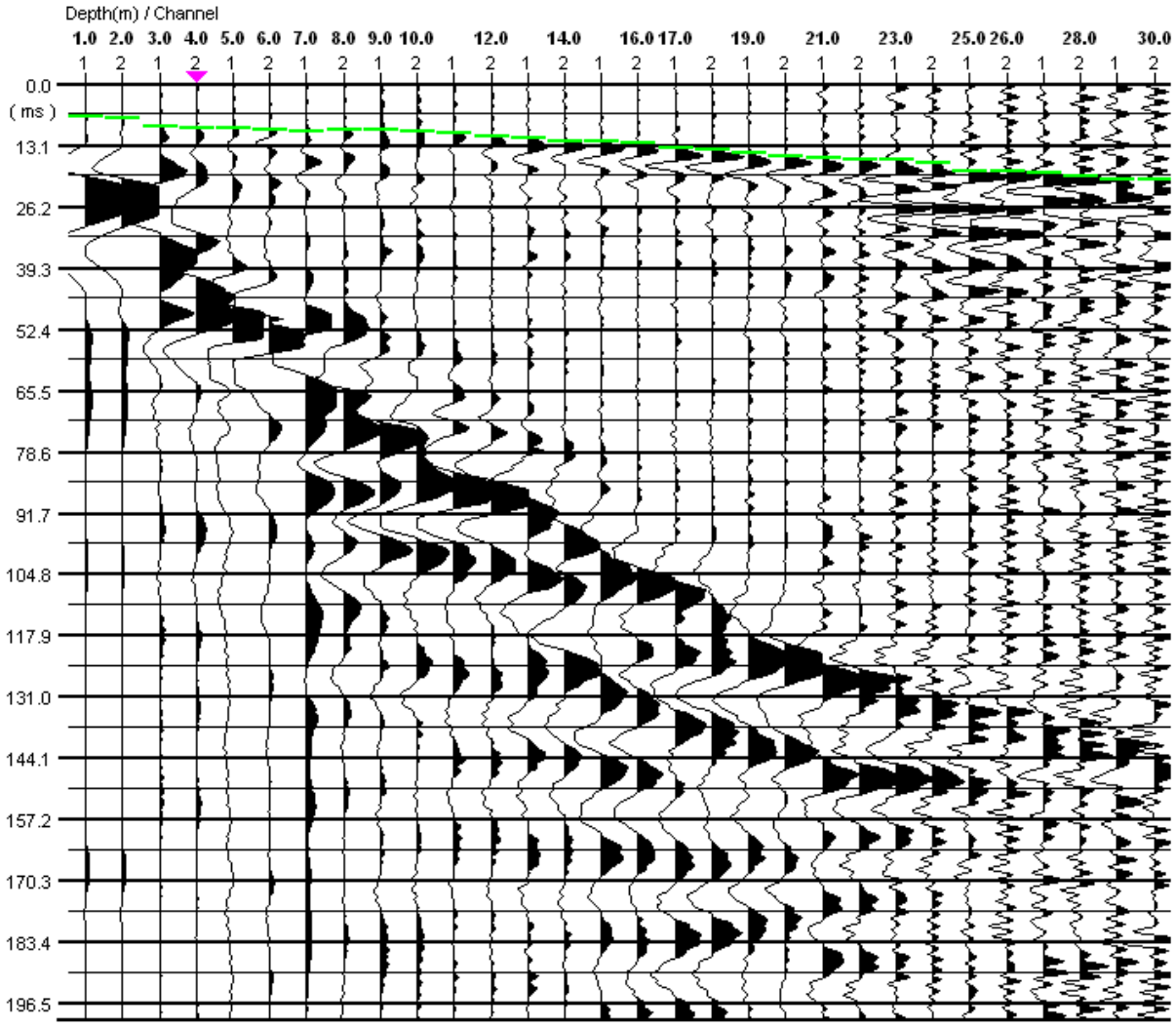
IGEA s.a.s.

Dott. Geol. Guglielmo Braccesi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

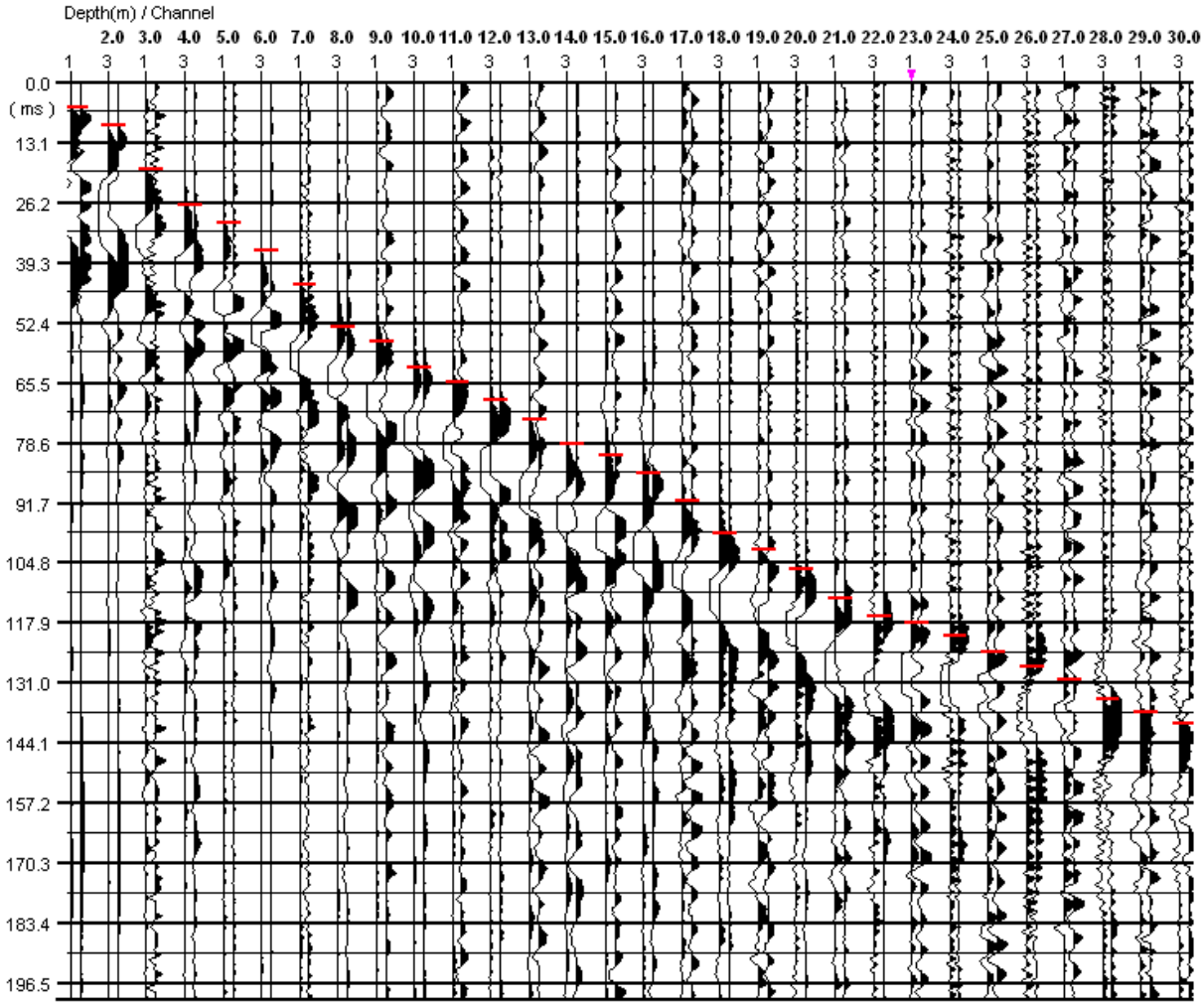
ALLEGATI

TRACCE ONDE P



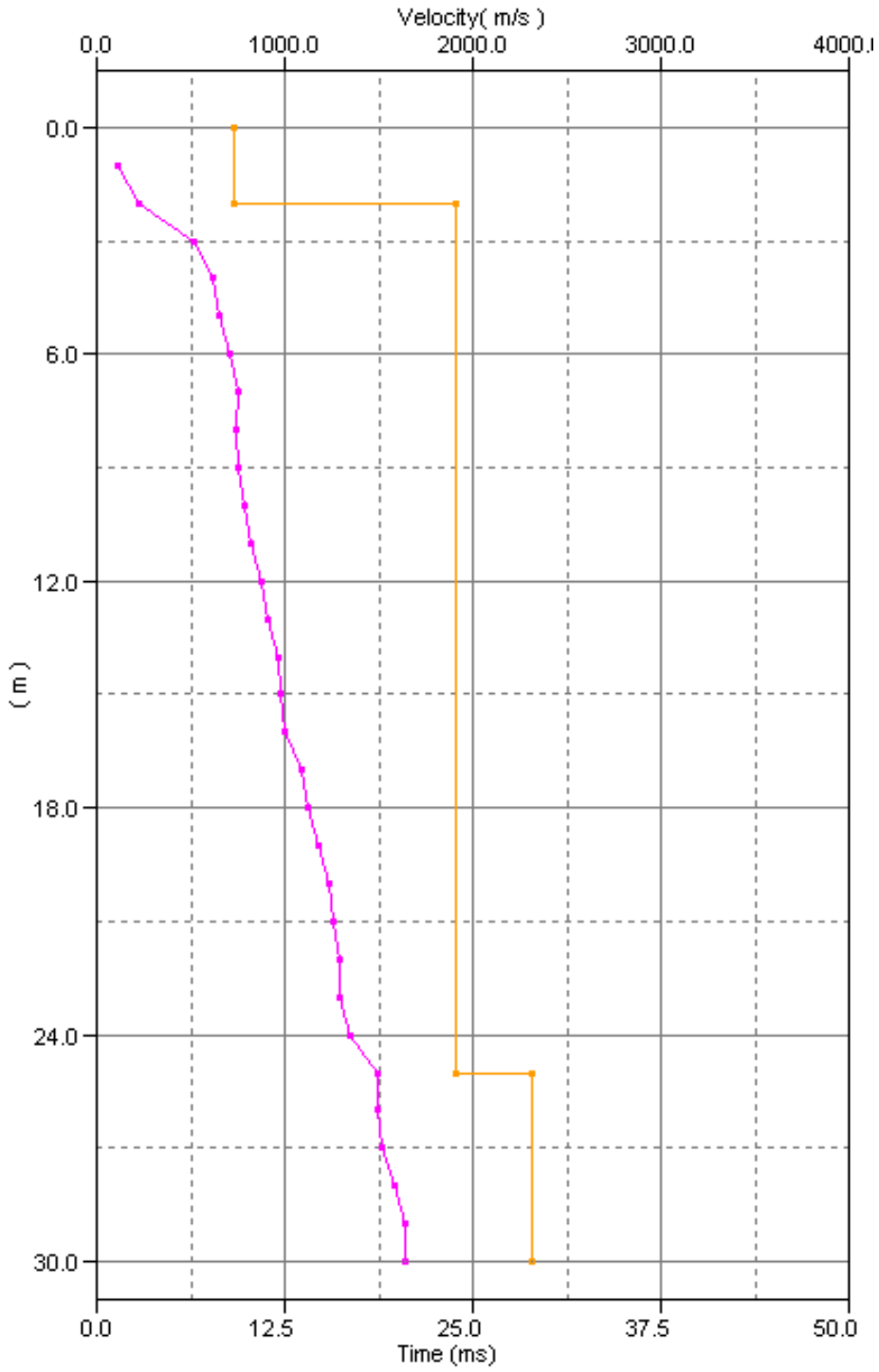
COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

TRACCE ONDE SH



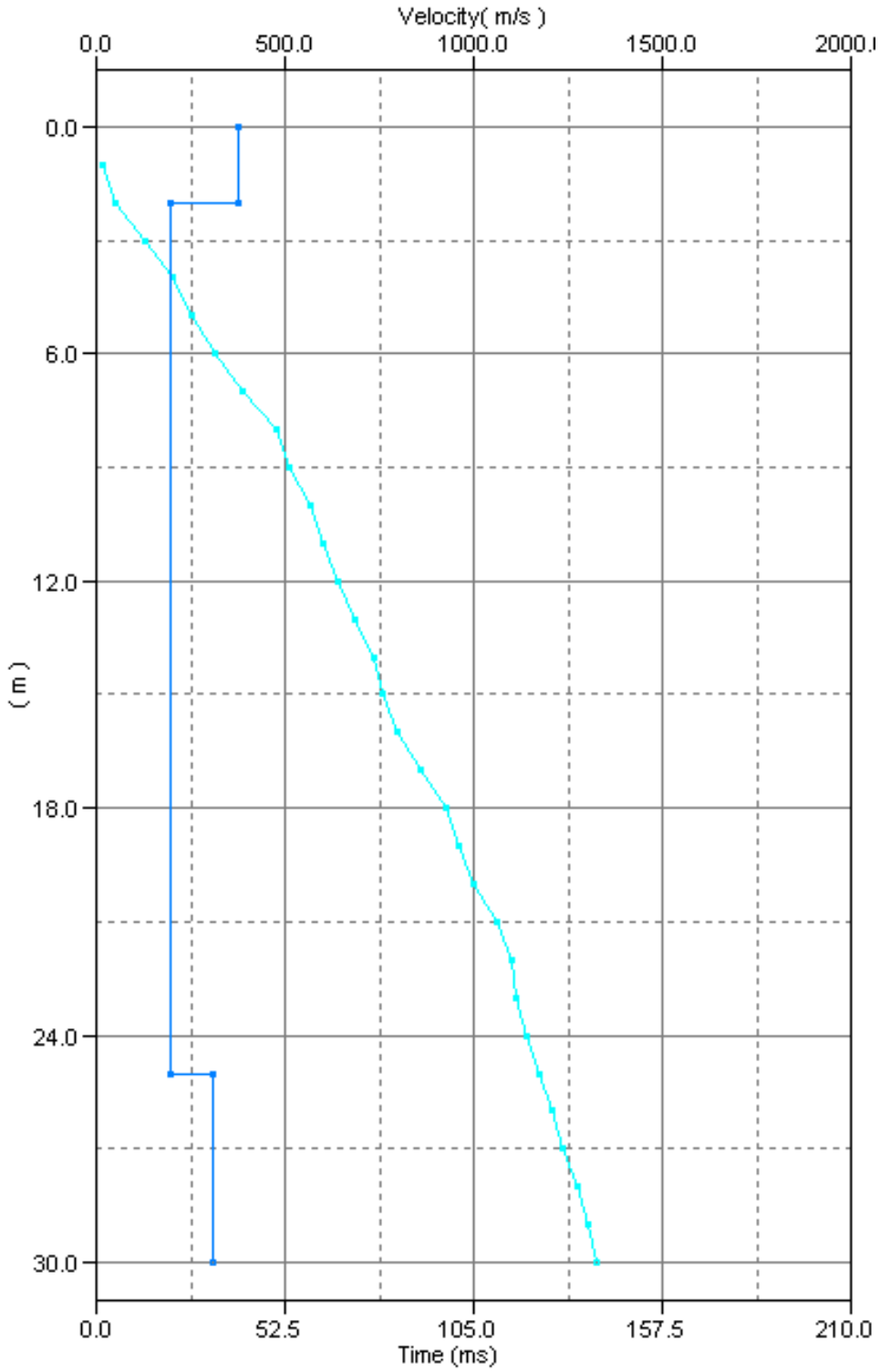
COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CURVE DI VELOCITÀ ONDE P



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CURVE DI VELOCITÀ ONDE SH



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE
AL PIANO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

Allegato 3 – Laboratorio geotecnico ELLETI 2011

Rilievi e analisi: Dott. Geol. Leonardo Moretti(D.R.E.Am. Italia)

NOVEMBRE 2025

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Verbale di accettazione n° **11011** del **15/2/11** Cod. campione **11011 04**
Committente **GPA Ingegneria s.r.l. - Viale della Repubblica, 279 - Prato**
Richiedente **Dr. Geol. Gianni Focardi**
Provenienza **Area retroportuale - Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **1** Profondità (m) **4,5 - 5,0**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione 24/2/11

Descrizione del campione:

sabbia debolmente limosa argillosa bruna, con inclusi ghiaiosi.

Classe di qualità **Q 5**

Fotografia del campione

(se richiesta)

Prove eseguite:		Cert. N°
Cont. acqua w	x	0130-11
Peso volume G	-	*
Peso spec. Gs	x	0131-11
Limiti cons. LC	-	*
Granulom. GR	x	0132-11
Compress. ELL	-	*
Edometrica ED	-	*
Permeabilità k	-	*
Triassiale TX	-	*
T. diretto TG	-	*
T. torsionale TT	-	*

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto			
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA IN FORMATO DIGITALE

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Fagioni Giuliana.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Certificato n° **0132-11** Data **4/3/11** Pagina **1/ 2**
Verbale di accettazione n° **11011** del **4/3/11** Cod. campione **11011 04**
Committente **GPA Ingegneria s.r.l. - Viale della Repubblica, 279 - Prato**
Richiedente **Dr. Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Avenza (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **1** Profondità (m) **4,5 - 5,0**

ANALISI GRANULOMETRICA

Date di prova: inizio 1/3/11 termine 4/3/11

Analisi granulometrica per setacciatura (via umida) (CNR-UNI A. V N.23)

Massa del materiale g = 441,32

Set. ASTM	Diam. mm	Peso %	Tratt. %	Pass. %
4"	101,6	0,00	0,00	100,0
2"	50,8	0,00	0,00	100,0
1"	25,4	0,00	0,00	100,0
3/4"	19	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,5	7,67	7,67	92,3
4	4,75	5,07	12,74	87,3
10	2,00	4,10	16,84	83,2
40	0,425	23,11	39,95	60,0
100	0,150	40,49	80,44	19,6
200	0,075	3,50	83,94	16,1

Analisi granulometrica per sedimentazione (AASHTO T 88-72)

Agente disperdente: esametafosfato di sodio 45,70 g/l

Idrometro: tipo 151 H

Massa del materiale g = 50,00

Materiale passante al setaccio ASTM 40
Peso specifico dei grani: 2,70

Temp. °C	Tempo min	Lettura densim.	Dimen. mm	Pass. %
14,5	0,5	1,0150	0,071	16,1
14,5	1	1,0135	0,051	14,5
14,5	2	1,0122	0,037	13,1
14,5	4	1,0110	0,026	11,8
14,5	8	1,0105	0,019	11,2
14,5	15	1,0100	0,014	10,7
14,5	30	1,0095	0,010	10,2
14,5	60	1,0085	0,007	9,1
14,5	120	1,0080	0,005	8,6
14,5	284	1,0072	0,003	7,7
14,5	454	1,0067	0,003	7,2
14,5	1379	1,0061	0,001	6,5

COPIA IN FORMATO DIGITALE

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

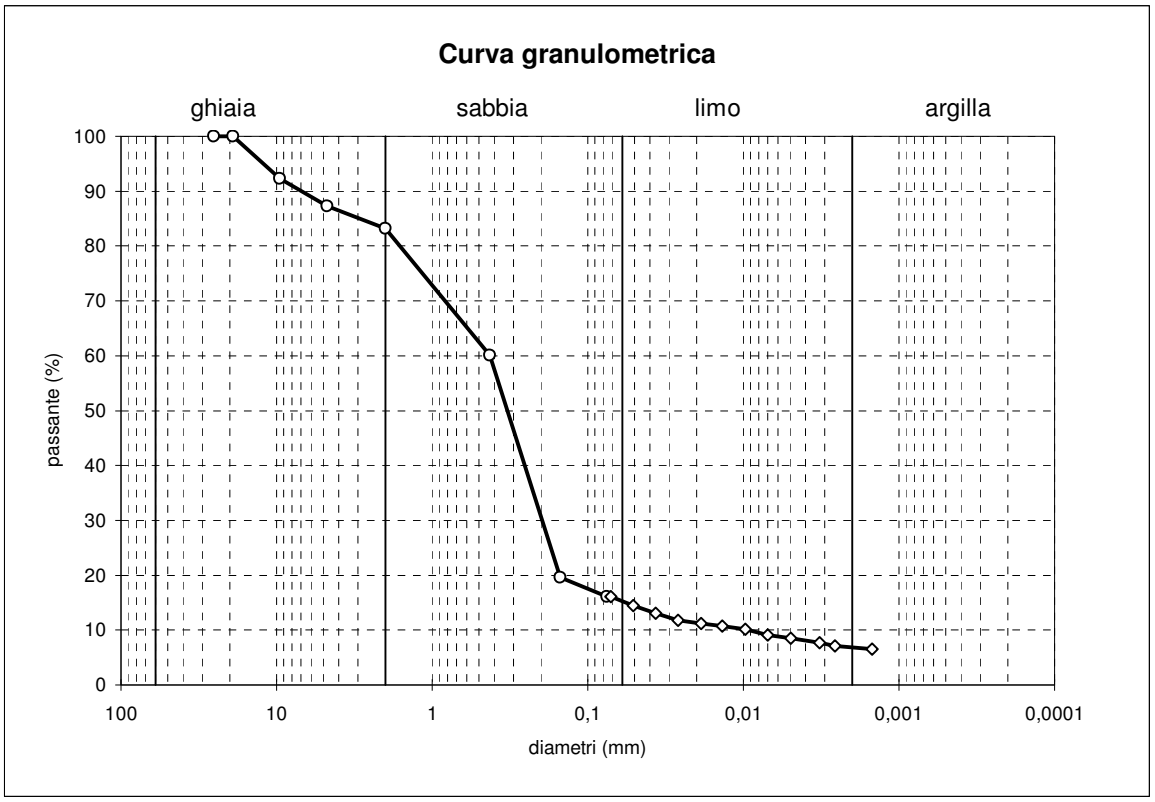
ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Certificato n°	**0132-11**	Data	**4/3/11**	Pagina	**2/ 2**
Verbale di accettazione n°	**11011**	Codice del campione n°		**11011**	**04**
Committente	**GPA Ingegneria s.r.l.**	Provenienza	**Avenza (MS)**		
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**4,5 - 5,0**

CURVA GRANULOMETRICA



Riepilogo dei risultati

Ciottoli	(> 60mm)	%	0
Ghiaia	(60 - 2 mm)	%	17
Sabbia	(2 - 0,060 mm)	%	68
Limo	(0,060-0,002 mm)	%	8
Argilla	(< 0,002 mm)	%	7

Coefficiente di uniformità : U (D60/D10) = 47

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COPIA IN FORMATO DIGITALE

ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Certificato n° **0131-11** Data **04/03/2011** Pagina **1/ 1**
Verbale di accettazione n° **11011** del **15/2/11** Cod. campione **11011 04**
Committente **GPA Ingegneria s.r.l. - Viale della Repubblica, 279 - Prato**
Richiedente **Dr. Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Avenza (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **1** Profondità (m) **4,5 - 5,0**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(CNR-UNI 10013)

Data di prova inizio 2/3/11 termine 3/3/11

Picnometro	g	53,43
Campione + picnometro	g	79,53
Camp.+ picnometro + acqua	g	168,58
Picnometro + acqua	g	152,16
Temperatura °C	°C	18,0
Fattore di correzione K		1,0004
Peso specifico	g/cm^3	**2,70**

COPIA IN FORMATO DIGITALE

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Certificato n° **0130-11** Data **04/03/2011** Pagina **1/ 1**
Verbale di accettazione n° **11011** del **15/2/11** Cod. campione **11011 04**
Committente **GPA Ingegneria s.r.l. - Viale della Repubblica, 279 - Prato**
Richiedente **Dr. Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Avenza (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **1** Profondità (m) **4,5 - 5,0**

CONTENUTO NATURALE DI ACQUA

(ASTM D2216)

Data di prova: inizio 24/2/11 fine 25/2/11

Tara	g	454,15
Massa terreno umido + tara	g	967,92
Massa terreno secco + tara	g	895,47
Contenuto di acqua	**%**	**16,4**

COPIA IN FORMATO DIGITALE

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Verbale di accettazione n° **11011** del **15/2/11** Cod. campione **11011 05**
Committente **GPA Ingegneria s.r.l. - Viale della Repubblica, 279 - Prato**
Richiedente **Dr. Geol. Gianni Focardi**
Provenienza **Area retroportuale - Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **30**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **2** Profondità (m) **8,5 - 9,0**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione 24/2/11

Descrizione del campione:

sabbia debolmente limosa argillosa bruna.

Classe di qualità **Q 5**

Fotografia del campione

(se richiesta)

Prove eseguite:		Cert. N°
Cont. acqua w	x	0133-11
Peso volume G	-	*
Peso spec. Gs	x	0134-11
Limiti cons. LC	-	*
Granulom. GR	x	0135-11
Compress. ELL	-	*
Edometrica ED	-	*
Permeabilità k	-	*
Triassiale TX	-	*
T. diretto TG	-	*
T. torsionale TT	-	*

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

	P.P.	V.T.
Alto		
Basso		

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA IN FORMATO DIGITALE

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Fagioni Giuliana.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Certificato n° **0135-11** Data **4/3/11** Pagina **1/ 2**
Verbale di accettazione n° **11011** del **4/3/11** Cod. campione **11011 05**
Committente **GPA Ingegneria s.r.l. - Viale della Repubblica, 279 - Prato**
Richiedente **Dr. Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Avenza (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **30**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **2** Profondità (m) **8,5 - 9,0**

ANALISI GRANULOMETRICA

Date di prova: inizio 1/3/11 termine 4/3/11

Analisi granulometrica per setacciatura
(via umida) (CNR-UNI A. V N.23)

Massa del materiale g = 327,27

Set. ASTM	Diam. mm	Peso %	Tratt. %	Pass. %
4"	101,6	0,00	0,00	100,0
2"	50,8	0,00	0,00	100,0
1"	25,4	0,00	0,00	100,0
3/4"	19	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,0
4	4,75	0,18	0,18	99,8
10	2,00	1,03	1,22	98,8
40	0,425	27,39	28,61	71,4
100	0,150	36,80	65,41	34,6
200	0,075	6,80	72,21	27,8

Analisi granulometrica per sedimentazione
(AASHTO T 88-72)

Agente disperdente: esametafosfato di sodio 45,70 g/l

Idrometro: tipo 151 H

Massa del materiale g = 50,00

Materiale passante al setaccio ASTM 40
Peso specifico dei grani: 2,71

Temp. °C	Tempo min	Lettura densim.	Dimen. mm	Pass. %
14,5	0,5	1,0170	0,070	27,8
14,5	1	1,0160	0,050	26,2
14,5	2	1,0145	0,036	23,7
14,5	4	1,0132	0,026	21,6
14,5	8	1,0120	0,018	19,6
14,5	15	1,0117	0,013	19,1
14,5	30	1,0105	0,010	17,2
14,5	60	1,0100	0,007	16,3
14,5	120	1,0090	0,005	14,7
14,5	283	1,0082	0,003	13,4
14,5	456	1,0079	0,003	12,9
14,5	1376	1,0070	0,001	11,4

COPIA IN FORMATO DIGITALE

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

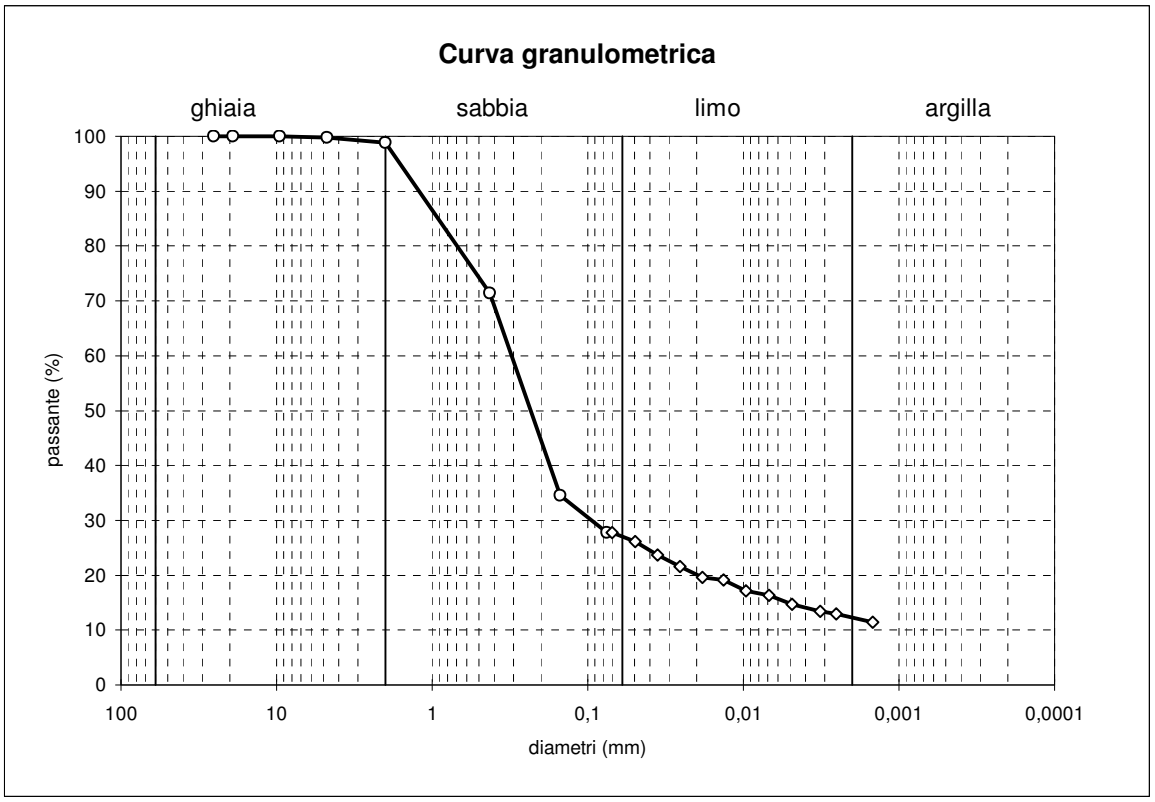
ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Certificato n°	**0135-11**	Data	**4/3/11**	Pagina	**2/ 2**
Verbale di accettazione n°	**11011**	Codice del campione n°		**11011**	**05**
Committente	**GPA Ingegneria s.r.l.**	Provenienza	**Avenza (MS)**		
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

CURVA GRANULOMETRICA



Riepilogo dei risultati

Ciottoli	(> 60mm)	%	0
Ghiaia	(60 - 2 mm)	%	1
Sabbia	(2 - 0,060 mm)	%	72
Limo	(0,060-0,002 mm)	%	15
Argilla	(< 0,002 mm)	%	12

Coefficiente di uniformità : U (D60/D10) = non determinabile

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA IN FORMATO DIGITALE

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Certificato n° **0134-11** Data **04/03/2011** Pagina **1/ 1**
Verbale di accettazione n° **11011** del **15/2/11** Cod. campione **11011 05**
Committente **GPA Ingegneria s.r.l. - Viale della Repubblica, 279 - Prato**
Richiedente **Dr. Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Avenza (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **30**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **2** Profondità (m) **8,5 - 9,0**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(CNR-UNI 10013)

Data di prova inizio 28/2/11 termine 1/3/11

Picnometro	g	42,78
Campione + picnometro	g	71,20
Camp.+ picnometro + acqua	g	160,37
Picnometro + acqua	g	142,44
Temperatura °C	°C	17,6
Fattore di correzione K		1,0005
Peso specifico	g/cm^3	**2,71**

COPIA IN FORMATO DIGITALE

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Certificato n°	**0133-11**	Data	**04/03/2011**	Pagina	**1/ 1**
Verbale di accettazione n°	**11011**	del	**15/2/11**	Cod. campione	**11011 05**
Committente	**GPA Ingegneria s.r.l. - Viale della Repubblica, 279 - Prato**				
Richiedente	**Dr. Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Avenza (MS)**		
Contenitore	**Fustella PVC**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**30**
Contrassegno	Sond. **1**	Camp. **2**	Profondità (m)	**8,5 - 9,0**	

CONTENUTO NATURALE DI ACQUA

(ASTM D2216)

Data di prova: inizio 24/2/11 fine 25/2/11

Tara	g	458,61
Massa terreno umido + tara	g	836,13
Massa terreno secco + tara	g	785,88
Contenuto di acqua	**%**	**15,4**

COPIA IN FORMATO DIGITALE

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Verbale di accettazione n° **11011** del **15/2/11** Cod. campione **11011 06**
Committente **GPA Ingegneria s.r.l. - Viale della Repubblica, 279 - Prato**
Richiedente **Dr. Geol. Gianni Focardi**
Provenienza **Area retroportuale - Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **3** Profondità (m) **15,0 - 15,5**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione 24/2/11

Descrizione del campione:

sabbia fine limosa argillosa bruna. Presenza di gusci fossili.

Classe di qualità **Q 5**

Fotografia del campione

(se richiesta)

Prove eseguite:		Cert. N°
Cont. acqua w	x	0136-11
Peso volume G	-	*
Peso spec. Gs	x	0137-11
Limiti cons. LC	-	*
Granulom. GR	x	0138-11
Compress. ELL	-	*
Edometrica ED	-	*
Permeabilità k	-	*
Triassiale TX	-	*
T. diretto TG	-	*
T. torsionale TT	-	*

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto			
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA IN FORMATO DIGITALE
COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Fagioni Giuliana.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Certificato n° **0138-11** Data **4/3/11** Pagina **1/ 2**
Verbale di accettazione n° **11011** del **4/3/11** Cod. campione **11011 06**
Committente **GPA Ingegneria s.r.l. - Viale della Repubblica, 279 - Prato**
Richiedente **Dr. Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Avenza (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **3** Profondità (m) **15,0 - 15,5**

ANALISI GRANULOMETRICA

Date di prova: inizio 1/3/11 termine 4/3/11

Analisi granulometrica per setacciatura
(via umida) (CNR-UNI A. V N.23)

Massa del materiale g = 290,26

Set. ASTM	Diam. mm	Peso %	Tratt. %	Pass. %
4"	101,6	0,00	0,00	100,0
2"	50,8	0,00	0,00	100,0
1"	25,4	0,00	0,00	100,0
3/4"	19	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,0
4	4,75	0,19	0,19	99,8
10	2,00	0,02	0,21	99,8
40	0,425	0,30	0,51	99,5
100	0,150	31,60	32,11	67,9
200	0,075	32,78	64,88	35,1

Analisi granulometrica per sedimentazione
(AASHTO T 88-72)

Agente disperdente: esametafosfato di sodio 45,70 g/l

Idrometro: tipo 151 H

Massa del materiale g = 50,00

Materiale passante al setaccio ASTM 40
Peso specifico dei grani: 2,73

Temp. °C	Tempo min	Lettura densim.	Dimen. mm	Pass. %
14,5	0,5	1,0200	0,067	35,1
14,5	1	1,0160	0,049	28,1
14,5	2	1,0145	0,036	25,5
14,5	4	1,0135	0,025	23,7
14,5	8	1,0122	0,018	21,4
14,5	15	1,0112	0,013	19,7
14,5	30	1,0105	0,010	18,4
14,5	60	1,0100	0,007	17,6
14,5	120	1,0090	0,005	15,8
14,5	278	1,0083	0,003	14,6
14,5	450	1,0080	0,003	14,0
14,5	1371	1,0072	0,001	12,6

COPIA IN FORMATO DIGITALE

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

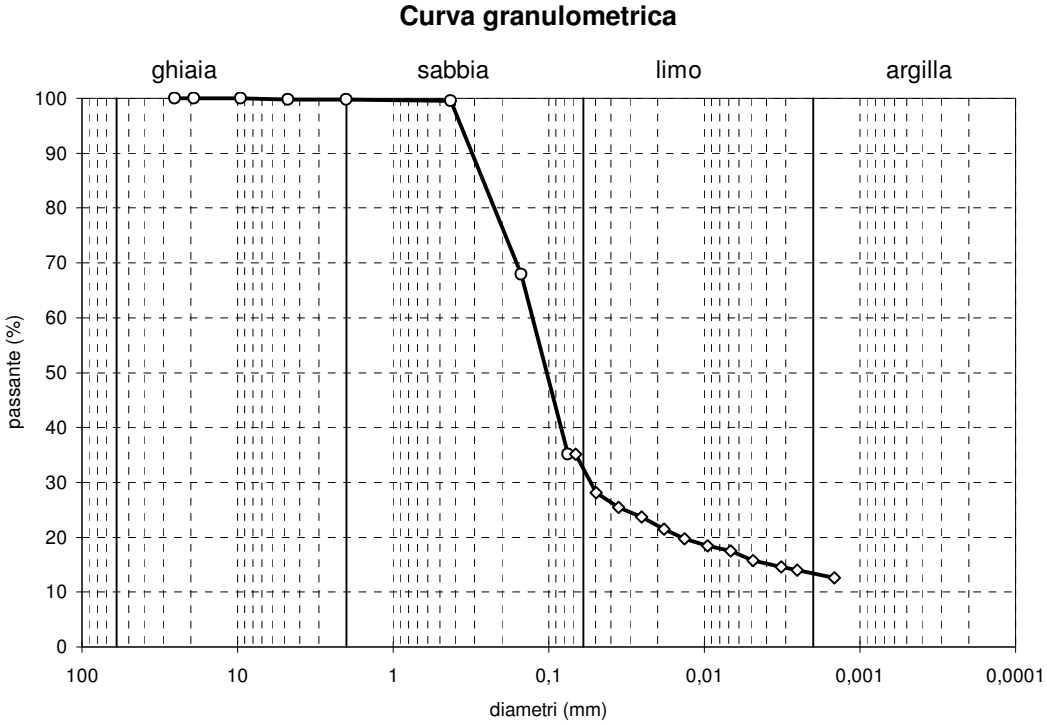
ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Certificato n°	**0138-11**	Data	**4/3/11**	Pagina	**2/ 2**
Verbale di accettazione n°	**11011**	Codice del campione n°		**11011**	**06**
Committente	**GPA Ingegneria s.r.l.**	Provenienza	**Avenza (MS)**		
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**15,0 - 15,5**

CURVA GRANULOMETRICA



Riepilogo dei risultati

Ciottoli	(> 60mm)	%	0
Ghiaia	(60 - 2 mm)	%	0
Sabbia	(2 - 0,060 mm)	%	68
Limo	(0,060-0,002 mm)	%	19
Argilla	(< 0,002 mm)	%	13

Coefficiente di uniformità : U (D60/D10) = non determinabile

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA IN FORMATO DIGITALE

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Certificato n° **0137-11** Data **04/03/2011** Pagina **1/ 1**
Verbale di accettazione n° **11011** del **15/2/11** Cod. campione **11011 06**
Committente **GPA Ingegneria s.r.l. - Viale della Repubblica, 279 - Prato**
Richiedente **Dr. Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Avenza (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **3** Profondità (m) **15,0 - 15,5**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(CNR-UNI 10013)

Data di prova inizio 2/3/11 termine 3/3/11

Picnometro	g	42,78
Campione + picnometro	g	70,91
Camp.+ picnometro + acqua	g	160,26
Picnometro + acqua	g	142,44
Temperatura °C	°C	17,2
Fattore di correzione K		1,0005
Peso specifico	g/cm^3	**2,73**

COPIA IN FORMATO DIGITALE

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 - Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n. 53361 del 06.05.05 e n. 50451 del 13.06.05

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel./Fax 055.6505508 - Cell. 348.8850949 - e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P.IVA-C.F.: 04390160481

Certificato n° **0136-11** Data **04/03/2011** Pagina **1/ 1**
Verbale di accettazione n° **11011** del **15/2/11** Cod. campione **11011 06**
Committente **GPA Ingegneria s.r.l. - Viale della Repubblica, 279 - Prato**
Richiedente **Dr. Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Avenza (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **3** Profondità (m) **15,0 - 15,5**

CONTENUTO NATURALE DI ACQUA

(ASTM D2216)

Data di prova: inizio 24/2/11 fine 25/2/11

Tara	g	458,16
Massa terreno umido + tara	g	812,05
Massa terreno secco + tara	g	748,42
Contenuto di acqua	**%**	**21,9**

COPIA IN FORMATO DIGITALE

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE
AL PIANO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

Allegato 4 – Sondaggio SONGEO 2019

Rilievi e analisi: Dott. Geol. Leonardo Moretti(D.R.E.Am. Italia)

NOVEMBRE 2025

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SONGEO SRL

Via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)
tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455
E mail info@songeo.it - ww.songeo.it
Certificazione UNI EN ISO 9001:2015 N° 17493 rilasciata da Certiquality

CERTIFICATO DI PROVA

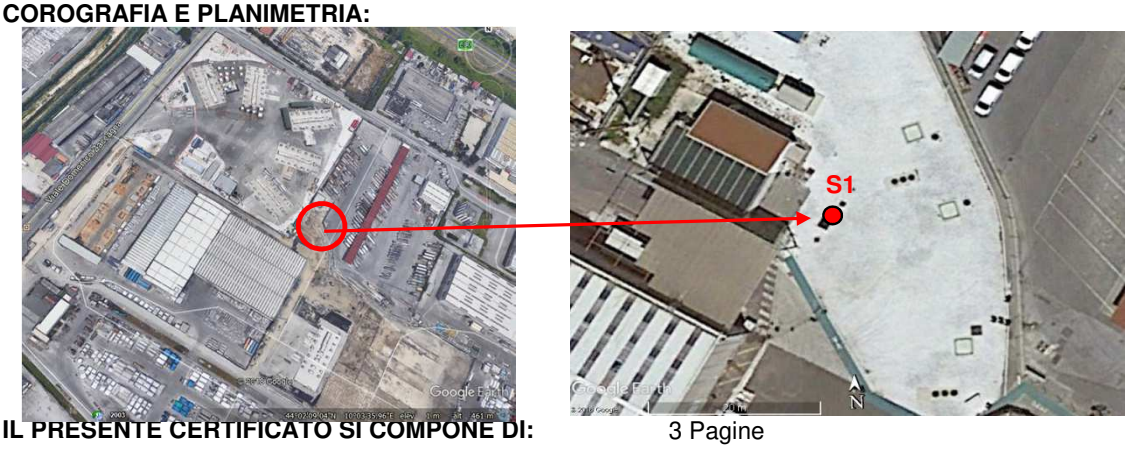
CERTIFICATO N°	05/19	data	04/02/2019	N° Commessa	04/19	data	21/01/2019

COMMITTENTE:	G.P.A. Ingegneria s.r.l.
LOCALITA':	Via Domenico Zaccagna 42, Avenza (MS)
CANTIERE:	Stabilimento Nuovo Pignone
Sondaggio N°:	S1
Specifiche di prova:	ASTM D 2488-90; AGI 1977
Attrezzatura:	CMV MK 420 (TR 600)
Metodo perforazione:	Carotaggio Continuo; PRO E01; PRO E02; PRO E03; PRO E06; PRO E08; PRO E12
Attrezzi:	Carotiere ϕ 101 mm, Rivestimenti ϕ 127 mm.

QUOTA INIZIO	p.c.
PROFONDITA' DEL SONDAGGIO	33,00 m da p.c.
PROFONDITA' DELLA FALDA	2,00 m da p.c.

ANNOTAZIONI:

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI: 3 Pagine

Sperimentatore

Direttore

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE DEL VENETO
Dott. Geol. Renato SACCHETTO n° 601

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SONGEO SRL
Via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)
tel. 0532 773136 - 0532 815683 fax 0532 776455
E mail info@songeo.it Sito www.songeo.it
Certificazione UNI EN ISO 9001:2015 N° 17493 rilasciata da Certiquality

ALLEGATO 1 - ANNO 2019

DATA ESECUZIONE	METODO PERFOR.	SONDAGGIO	
DAL 21/01/19 AL 23/01/19	Carotaggio continuo	N° S1	Pag. 2/3

QUOTA	ATTREZZI:	SONDA IDRAULICA
p.c.	Carotiere semplice ϕ 101 mm; Rivestimenti ϕ 127 mm.	CMV MK 420 (TR 600)

COMMITTENTE G.P.A. Ingegneria s.r.l.

LOCALITA' Stabilimento Nuovo Pignone, Avenza (MS)

TUBO PER DOWN-HOLE Tubo in PVC Ø 3", lunghezza 33 m.

NOTE

CAMPIONI
- SPT
- CAMPIONI RIMANEGGIATI
- CAMPIONI INDISTURBATI

LIVELLO ACQUA DATA	LIVELLO ACQUA MT. dal P.C.	PROF. FORO	PROF. RIVEST.	ASSISTENTI
21/01/19	2,00 m	33,00 m	33,00 m	A. Finetti

OPERATORI: R. Sacchetti

mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI TIPO	CAMPIONI NUM.	CAMPIONI PROF.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET kg/cm²	TORVANE kg/cm²	TUBO PER DOWN-HOLE
1	0,30					Materiale di riporto costituito da ghiaia eterometrica , sabbia e limo di			Boiacca
	0,50					Tessuto al tetto. Sabbia con argilla di colore marrone.			
	0,70								
2	1,70					Sabbia debolmente argillosa con ghiaia eterometrica. E' presente un blocco di calcestruzzo alla base.	2,20 1,40 1,40	0,18 0,2 0,08	
	2,10								
3	2,60					Argilla limosa di colore da marrone a marrone scuro.	1,00	0,4	
4			SH1		3,00 3,50	Argilla debolmente limosa di colore nocciola con patine da ossidazione colore ocra.	0 0 0	0,26 0,24 0,16	
			SPT1		3,50 3,95 6/6/8				
	4,50								
5	4,70					Argilla di colore grigio talvolta debolmente limosa. Presenti frustoli di sostanza organica.	0,5 0,2 0,1	0,06 0,12 0,18	
6						Limo sabbioso passante a sabbia debolmente limosa di colore grigio scuro. Talvolta presente ghiaia centimentrica sub arrotondata.	0,4		
7									
	7,50								
8			SH2		7,50 8,00	Sabbia / Sabbia debolmente limosa di colore marrone.	0,5 1,7	0,36	
9			SPT2		8,00 8,45 9/14/15	Sabbia fine / sabbia debolmente limosa di colore grigio passante a marrone.	0,7 0,5 0,7	0,12 0,12	
10	10,00					Sabbia con limo di colore grigio, talvolta sono presenti livelli abbondantemente sabbiosi.	0,1 0,1	0,1 0,16	
11	11,30					Limo debolmente sabbioso di colore grigio.	0,3 0,4	0,18 0,12	
	11,70					Sabbia grossolana passante a sabbia debolmente limosa di colore grigio scuro.	3,3 2,1	0,18 0,22 0,16	
12			SH3		12,00 12,50	Sabbia fine, talvolta debolmente limosa, di colore grigio chiaro.	0,9 1,3 3,7	0,36 0,16 0,2	Tubo cieco
13	13,40		SPT3		12,50 12,95 8/9/13				
14						Limo sabbioso e/o debolmente sabbioso di colore grigio.	0,4 0,3 0,7 0,7	0,56 0,12 0,2 0,16	
15	15,50								
16						Limo sabbioso e/o con sabbia di colore grigio scuro. sono talvolta presenti resti di conchiglie.	0,5	0,12	
							0,5	0,08	
17							0,4	0,16	
18							1,1	0,18	
19			SH4		18,00 18,50				
			SPT4		18,50 18,95 10/13/15		1,1	0,2	
20	20,50						2,6	0,24	

Certificato n°	05/19	data	04/02/19	N°COMMESSA	04/19	DATA	21/01/2019
Procedure di riferimento	ASTM D 2488-90; AGI 1977						
	responsabili	revisione	inizio lavori	21 gennaio 2019	fine lavori	23 gennaio 2019	
elaborazione	Dr. Andrea Finetti	0	responsabile cantiere	Dott. Geol. Sacchetti Renato			
verifica	Dr. Renato Sacchetti		direzione lavori	Dott. Geol. Gianni Focardi			
SPERIMENTATORE			DIRETTORE				

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SONGEO SRL
Via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)
tel. 0532 773136 - 0532 815683 fax 0532 776455
E mail info@songeo.it Sito www.songeo.it
Certificazione UNI EN ISO 9001:2015 N° 17493 rilasciata da Certiquality

ALLEGATO 1 - ANNO 2019

DATA ESECUZIONE	METODO PERFOR.	SONDAGGIO	
DAL 21/01/19 AL 23/01/19	Carotaggio continuo	N° S1	Pag. 3/3

QUOTA	ATTREZZI:	SONDA IDRAULICA
p.c.	Carotiere semplice ϕ 101 mm; Rivestimenti ϕ 127 mm.	CMV MK 420 (TR 600)

COMMITTENTE G.P.A. Ingegneria s.r.l.

LOCALITA' Stabilimento Nuovo Pignone, Avenza (MS)

TUBO PER DOWN-HOLE Tubo in PVC Ø 3", lunghezza 33 m.

NOTE

CAMPIONI
- SPT
- CAMPIONI RIMANEGGIATI
- CAMPIONI INDISTURBATI

LIVELLO ACQUA DATA	LIVELLO ACQUA MT. dal P.C.	PROF. FORO	PROF. RIVEST.	ASSISTENTI
21/01/19	2,00 m	33,00 m	33,00 m	A. Finetti

OPERATORI: R. Sacchetti

mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI TIPO	CAMPIONI NUM.	CAMPIONI PROF.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET kg/cm²	TORVANE kg/cm²
	20,55					Sabbia grossolana di colore giallo.	3,2	0,16
21						Argilla di colore nocciola/rossastro, debolmente limosa, passante a sabbia argillosa. Locali livelletti di ghiaia eterometrica.	1,0 1,5 1,2 0,2 1,3 0,7 1,1 1,3 0,7	0,4 0,62 0,16 0,4 0,2 0,42 0,56 0,24
22								
23	23,40							
24						Ghiaia eterometrica in matrice limoso argillosa di colore nocciola/rossastro. Sono presenti ciottoli grossolani a 23,50 metri.		
25	25,50							
26	25,80					Argilla limoso/sabbiosa di colore nocciola/rossastro con ghiaia alla base.	1,0 0,6 1,4	0,44 0,36 0,2
	26,50					Limo con sabbia di colore nocciola. E' presente ghiaia sino a 26 metri.		
27						Limo sabbioso passante a sabbia, talvolta debolmente limosa, di colore nocciola con ghiaia eterometrica		
28	28,50							
29	28,80							
	29,40					Limo di colore nocciola chiaro.	2,5	0,36
30						Argilla di colore nocciola con sfumature scure e puntinature nerastre. E' presente ghiaia alla base.	0,8 0,7 2,5	0,4 0,4 0,44 0,18
31						Limo sabbioso con ghiaia eterometrica, passante a sabbia limosa, di colore nocciola chiaro.	0,9 0,6	0,28 0,28
	31,50						0,1	0,2
32						Limo/limo sabbioso di colore nocciola.	0,5 2,0	0,2 1,2
	32,50						2,5	0,8
33	33,00					Argilla/argilla debolmente limosa di colore nocciola.	0,6 2,0	0,86 1,0
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								

TUBO PER DOWN-HOLE: Boiacca; Tubo cieco

Certificato n°	05/19	data	04/02/19	N°COMMESSA	04/19	DATA	21/01/2019
Procedure di riferimento	ASTM D 2488-90; AGI 1977						
	responsabili	revisione	inizio lavori	21 gennaio 2019	fine lavori	23 gennaio 2019	
elaborazione	Dr. Andrea Finetti	0	responsabile cantiere	Dott. Geol. Sacchetti Renato			
verifica	Dr. Renato Sacchetti		direzione lavori	Dott. Geol. Gianni Focardi			
SPERIMENTATORE			DIRETTORE				

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE DEL VENETO Dott. Geol. Renato Sacchetti

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

sondaggio 1 da 0,0 a 15,0 metri

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

sondaggio 1 da 15,0 a 33,0 metri

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE
AL PIANO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

Allegato 5 – Down Hole Danesi 2019

Rilievi e analisi: Dott. Geol. Leonardo Moretti(D.R.E.Am. Italia)

NOVEMBRE 2025

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Relazione indagine Downhole

Indagine sismica downhole eseguita con sismografo MAE mod. Sysmatrack dotato di 24 canali con digitalizzatore 24 bit per singolo canale
Array utilizzato:terna geofonica ortonormale da foro con sistema di fissaggio pneumatico.
Frequenza propria Geofoni: 4.5 Hz
Energizzazione: tramite mazza da 12 kg su piastra di allumino, e traversina di legno con grave (secondo le specifichespecifiche VEL)
Numero di campioni acquisiti per secondo: 7500
Lunghezza registrazione: 5200 campioni
Data di acquisizione: Marzo 2019

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Introduzione

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio (figura 1, 2).

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
- uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
- un trasduttore (*trigger*) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.

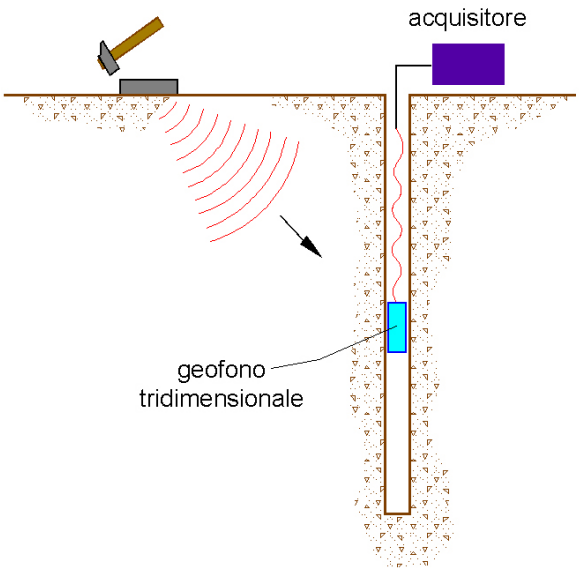


Figura 1 – Schema down hole ad un solo ricevitore

Durante la perforazione, per ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, i fori vengono sostenuti mediante fanghi bentonici e il loro diametro viene mantenuto piuttosto piccolo (mediamente 15 cm).

I fori vengono poi rivestiti mediante tubazioni, generalmente in PVC, e riempiti con una malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

Prime di ogni cosa, è però importante assicurarsi che il foro sia libero da strozzature e che il tubo di rivestimento non presenti lesioni.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Procedura sperimentale

La sorgente per le onde compressionali consiste in una piastra di alluminio che, dopo avere opportunamente predisposto il piano di appoggio, viene adagiata in superficie ad una distanza di 1,5 – 5 m. Per l'energizzazione delle onde S si pone invece una traversina alla stessa distanza della piastra dal foro e orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse foro posizionata sotto ad un autoveicolo, che fungerà da grave per il corretto accoppiamento al terreno. Alla sorgente è agganciato il trasduttore di velocità utilizzato come *trigger*.

Disponendo di tre ricevitori posti in posizione ortonormale, questi vengono collegati in modo da impedirne la rotazione relativa e da fissarne la distanza. Il primo dei due ricevitori viene raccordato ad una batteria di aste che ne permette l'orientamento dalla superficie e lo spostamento.

Una volta raggiunta la profondità di prova, i geofoni vengono orientati in modo che un trasduttore di ogni sensore sia diretto parallelamente all'asse della sorgente (orientamento assoluto).

A questo punto i ricevitori vengono assicurati alle pareti del tubo di rivestimento, la sorgente viene colpita in senso verticale (per generare onde di compressione P) o lateralmente (per generare onde di taglio SH) e, contemporaneamente, parte la registrazione del segnale di *trigger* e dei ricevitori.

Eseguite le registrazioni la profondità dei ricevitori viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta.

Interpretazione in down hole con il metodo diretto

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro (figura 3), r la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

$$1.0)\; t_{corr} = \frac{z}{r} t$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico $t_{corr} - z$ in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali (figura 4).

Ottenuti graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, e i seguenti parametri:

1) coefficiente di Poisson medio:

$$2.0)\; \nu_{medio} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

2) modulo di deformazione a taglio medio:

$$3.0)\; G_{medio} = \rho V_s^2$$

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

3) modulo di compressibilità edometrica medio:

$$4.0)\,E_{dmedio} = \rho V_p^2$$

4) modulo di Young medio:

$$5.0)\,E_{medio} = 2\rho V_s^2 (1+\nu)$$

5) modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$6.0)\,E_{vmedio} = \rho\left(V_p^2 - \frac{4}{3}V_s^2\right)$$

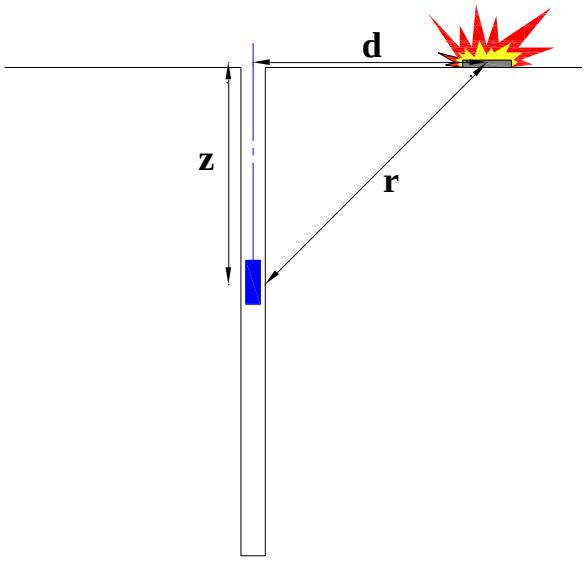


Figura 2 – Schema di down hole con metodo diretto

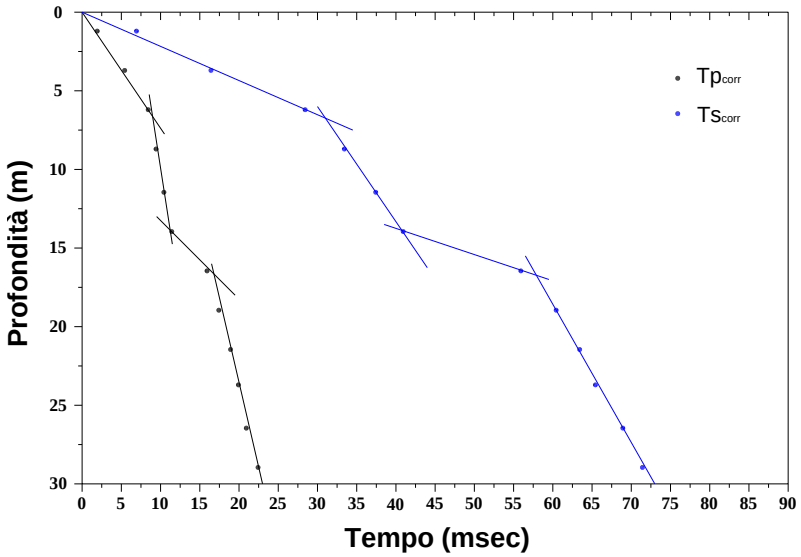


Figura 3 – Dromocrone

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

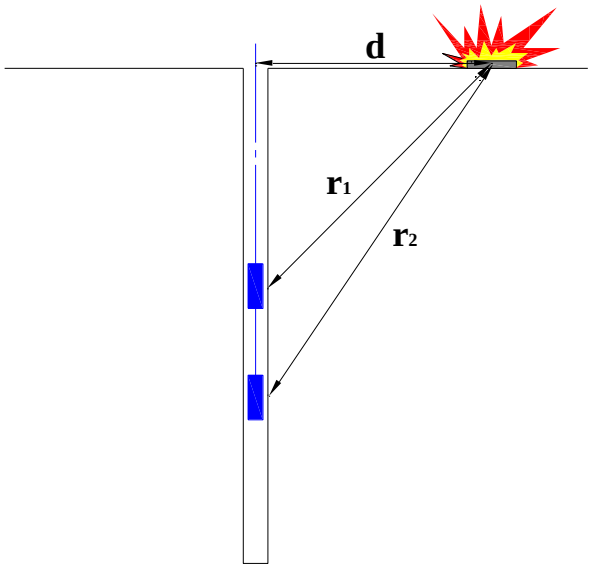


Figura 4 – Schema di down hole con metodo intervallo

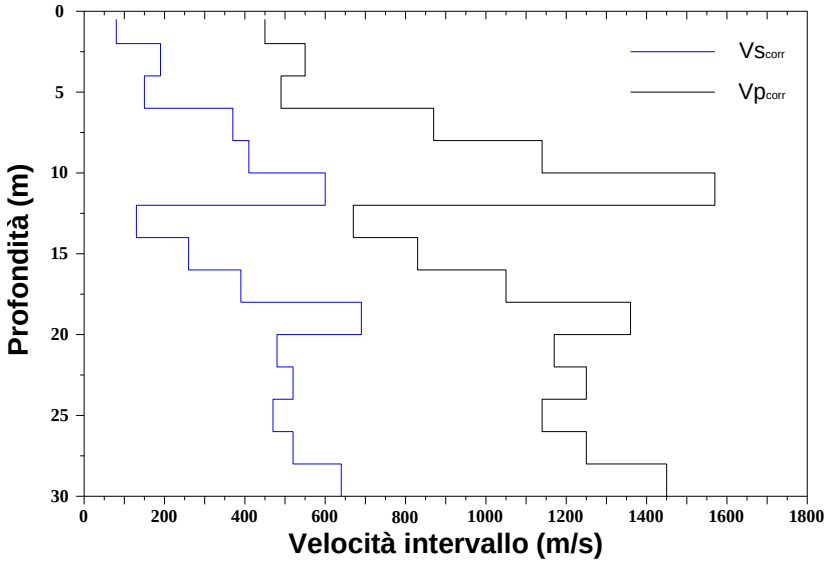


Figura 5 – Profilo delle velocità sismiche con metodo intervallo

Ambedue le procedure d'interpretazione sopra descritte sono comunque suscettibili di una critica fondamentale, cioè si basano sull'ipotesi che i percorsi delle onde siano rettilinei e coincidenti con quelli che collegano la sorgente ai ricevitori. Di solito ciò non è esatto, dato che, prima di giungere ai ricevitori, le onde subiscono fenomeni di rifrazione che ne modificano il percorso.

Relazione di calcolo

Descrizione:	DH Avenza GE
Committente:	gpa
Cantiere:	Avenza
Operatore prova:	AD
Responsabile prova:	AV
Data:	25/03/2019

Interpretazione delle misure

Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
2.7	27	1	

Dati misure down hole

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1.00	7.55	18.00
2	2.00	7.54	17.10
3	3.00	7.56	20.50
4	4.00	7.74	22.00
5	5.00	7.83	24.30
6	6.00	8.10	26.20
7	7.00	8.39	27.81
8	8.00	8.89	30.14
9	9.00	9.46	32.41
10	10.00	9.96	35.13
11	11.00	10.45	37.34
12	12.00	11.06	39.47
13	13.00	11.66	41.41
14	14.00	12.31	44.01
15	15.00	12.87	46.54
16	17.00	13.93	50.49
17	19.00	15.20	54.85
18	20.00	15.85	57.68
19	21.00	16.54	62.03
20	22.00	17.12	67.45
21	23.00	17.71	71.84
22	25.00	18.94	75.89
23	26.00	19.51	77.64
24	27.00	20.04	79.54
25	28.00	20.64	82.34
26	29.00	21.42	85.67
27	31.00	22.38	89.76

Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
2.8792	2.6222	6.2517
3.3601	4.4880	10.1784
4.0361	5.6193	15.2375
4.8260	6.4153	18.2347
5.6824	6.8897	21.3817
6.5795	7.3866	23.8924
7.5027	7.8279	25.9468
8.4433	8.4232	28.5574
9.3963	9.0610	31.0432
10.3581	9.6157	33.9155
11.3265	10.1488	36.2636
12.3000	10.7902	38.5073
13.2774	11.4164	40.5448
14.2580	12.0873	43.2137
15.2411	12.6664	45.8039
17.2131	13.7576	49.8650
19.1909	15.0488	54.3044

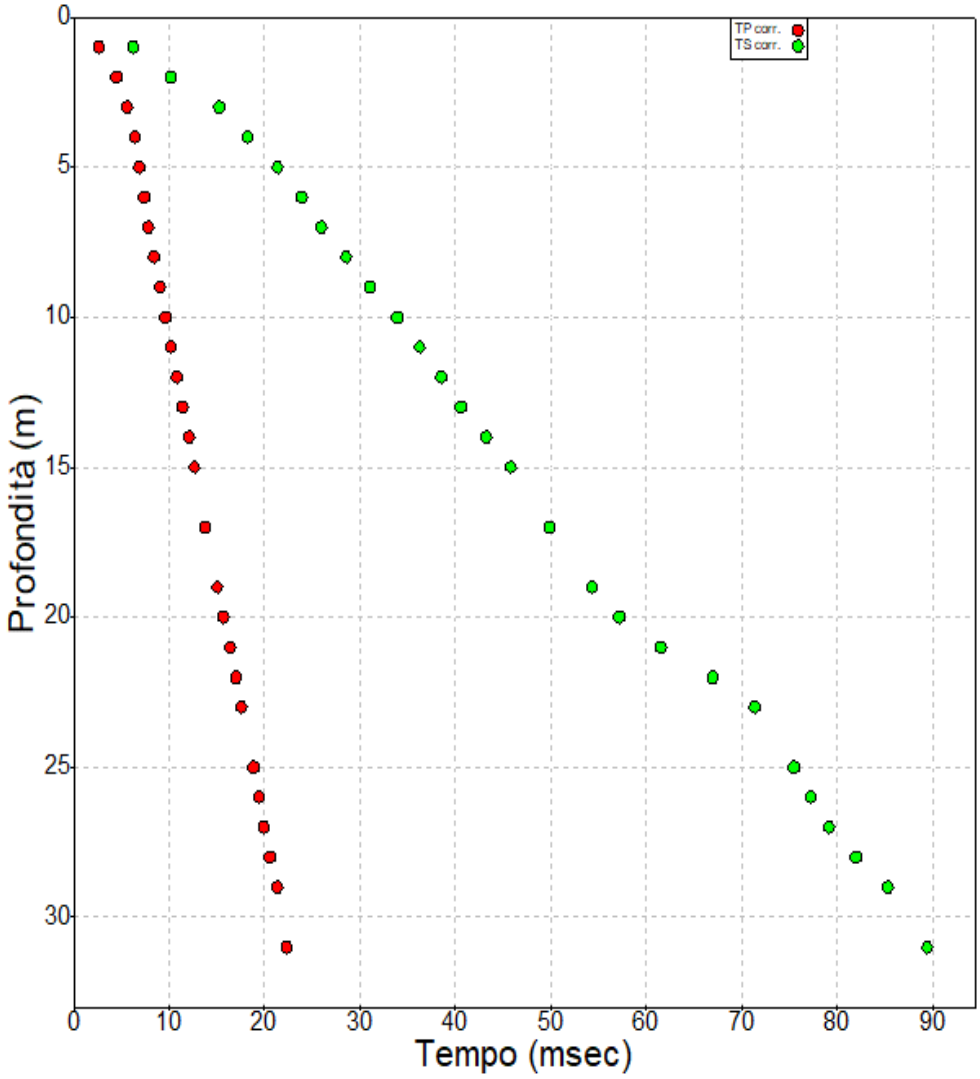
COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

20.1814	15.7075	57.1615
21.1729	16.4050	61.5236
22.1651	16.9925	66.9477
23.1579	17.5892	71.3501
25.1454	18.8305	75.4512
26.1398	19.4057	77.2247
27.1347	19.9406	79.1453
28.1299	20.5447	81.9598
29.1254	21.3278	85.3011
31.1174	22.2956	89.4215

Vp [m/s]	Vs [m/s]	g [kN/mc]	ni	G [MPa]	Ed [MPa]	E [MPa]	Ev [MPa]
381.36	159.96	20.64	0.3933	53.85	306.10	150.06	234.29
535.96	254.67	20.62	0.3542	136.37	603.99	369.34	422.17
883.94	197.66	19.08	0.4737	76.01	1520.21	224.03	1418.86
1256.28	333.64	20.67	0.4621	234.63	3326.54	686.11	3013.71
2107.93	317.76	20.27	0.4884	208.70	9184.29	621.26	8906.02
2012.48	398.30	20.89	0.4796	337.94	8627.42	1000.03	8176.83
2266.03	486.76	21.42	0.4758	517.52	11215.80	1527.51	10525.77
1679.83	383.05	20.51	0.4726	306.87	5901.68	903.79	5492.52
1567.89	402.29	20.59	0.4648	339.79	5161.39	995.45	4708.34
1802.78	348.15	19.99	0.4806	247.07	6624.87	731.62	6295.44
1875.82	425.88	20.63	0.4728	381.55	7402.20	1123.89	6893.47
1559.09	445.69	20.73	0.4555	419.90	5138.32	1222.33	4578.45
1596.94	490.80	21.00	0.4478	515.83	5461.05	1493.64	4773.27
1490.53	374.69	19.99	0.4663	286.18	4528.70	839.25	4147.13
1726.82	386.07	20.05	0.4737	304.74	6096.60	898.19	5690.29
1832.85	492.48	20.85	0.4611	515.66	7142.32	1506.86	6454.77
1548.95	450.51	20.46	0.4538	423.44	5005.64	1231.19	4441.05
1518.14	350.01	19.48	0.4719	243.35	4578.17	716.37	4253.71
1433.69	229.25	17.78	0.4869	95.29	3726.68	283.37	3599.63
1702.13	184.36	16.88	0.4941	58.50	4986.98	174.81	4908.97
1675.89	227.15	17.67	0.4906	92.97	5060.66	277.16	4936.70
1611.21	487.67	20.56	0.4496	498.60	5442.60	1445.54	4777.80
1738.52	563.86	21.02	0.4412	681.48	6478.46	1964.30	5569.81
1869.51	520.67	20.73	0.458	573.06	7388.12	1671.04	6624.04
1655.35	355.30	19.30	0.4759	248.44	5392.82	733.35	5061.57
1276.98	299.28	18.61	0.4709	169.97	3094.52	500.02	2867.89
2066.54	485.39	20.41	0.4708	490.35	8888.12	1442.41	8234.33

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Dromocrone



Metodo intervallo

Profondità di riferimento: 30 m

Vs,eq: 355.29 m/s

Sismostrati con metodo Intervallo

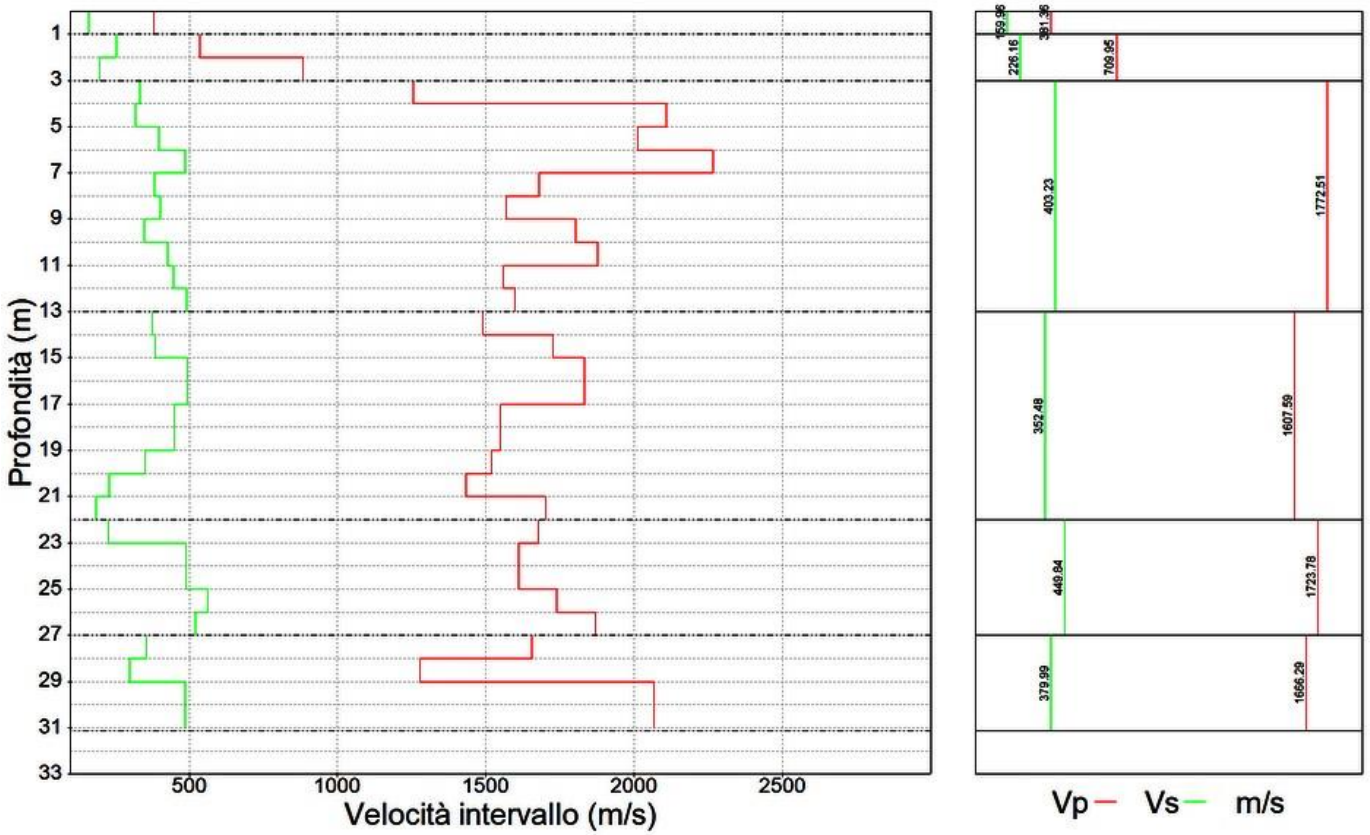
Descrizione [-]	Profondità [m]
	1
	3
	13
	22
	27
	31

Valori medi

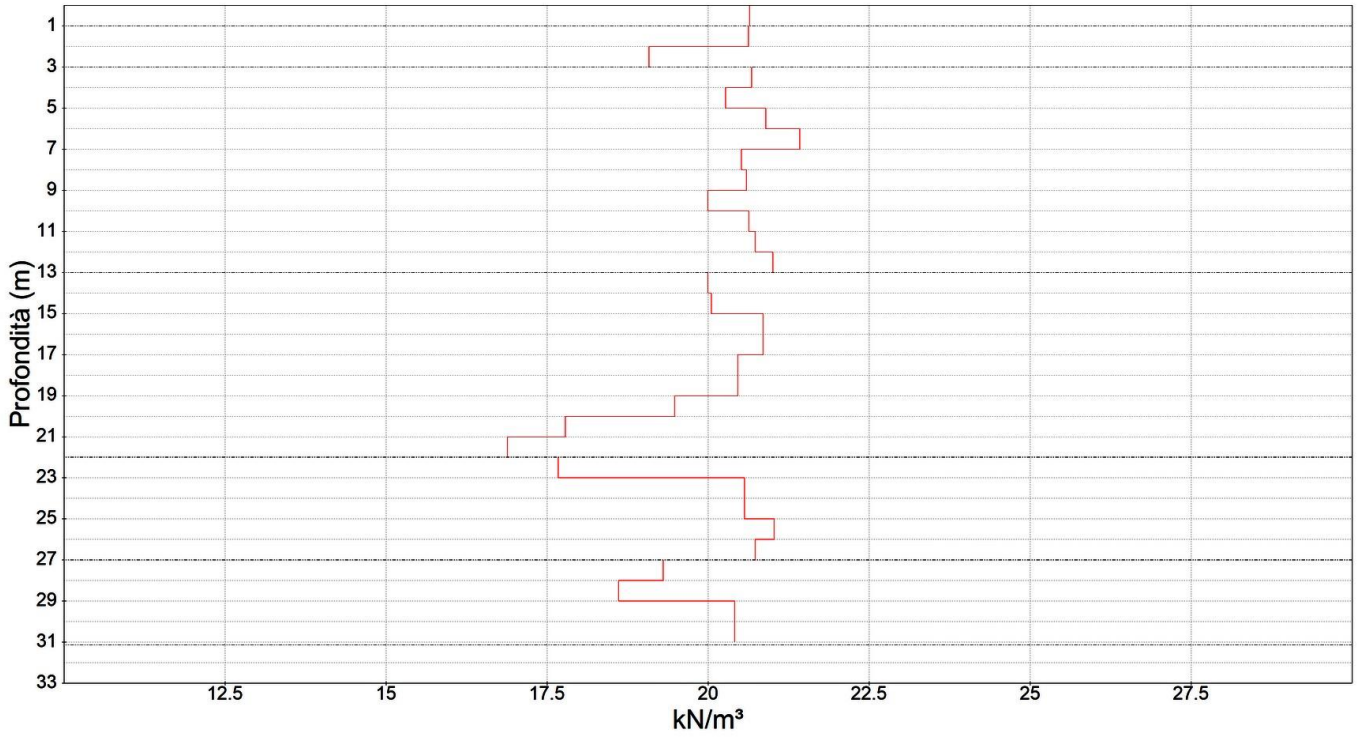
Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/m3]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
381.36	159.96	20.64	0.39	53.85	306.10	150.06	234.29
709.95	226.16	19.85	0.41	106.19	1062.10	296.68	920.52
1772.51	403.23	20.67	0.47	350.98	6804.36	1030.56	6336.38
1607.59	352.48	19.36	0.47	275.31	5152.16	807.15	4785.08
1723.78	449.84	20.00	0.46	461.53	6092.46	1339.51	5477.09
1666.29	379.99	19.44	0.47	302.92	5791.82	891.93	5387.93

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Profilo velocità di intervallo

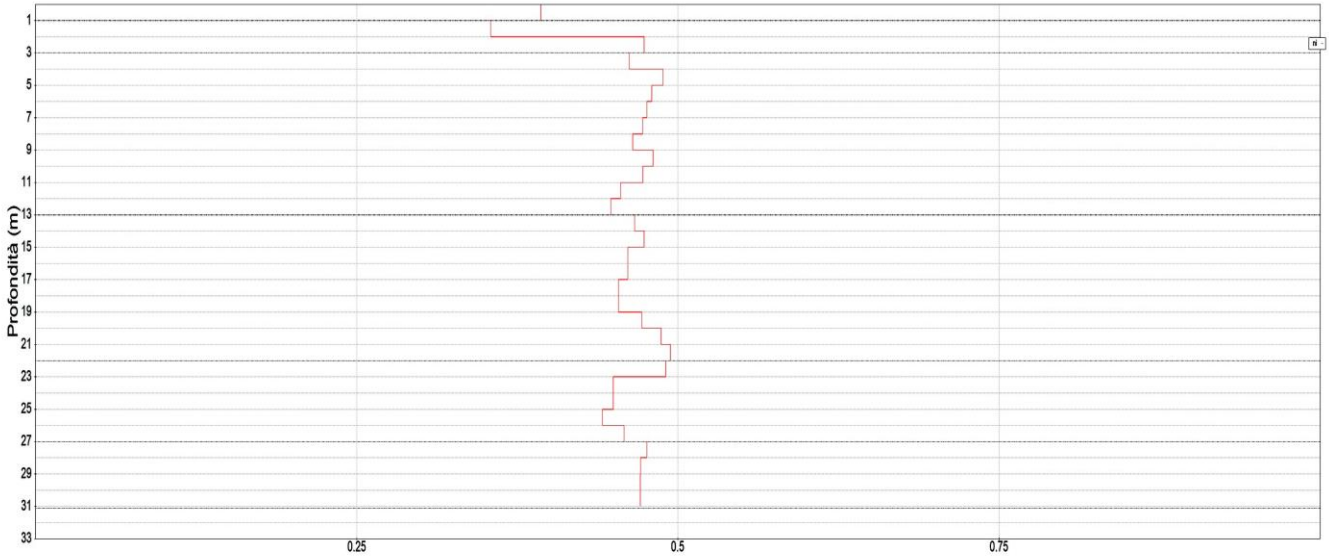


Profilo peso di volume di intervallo

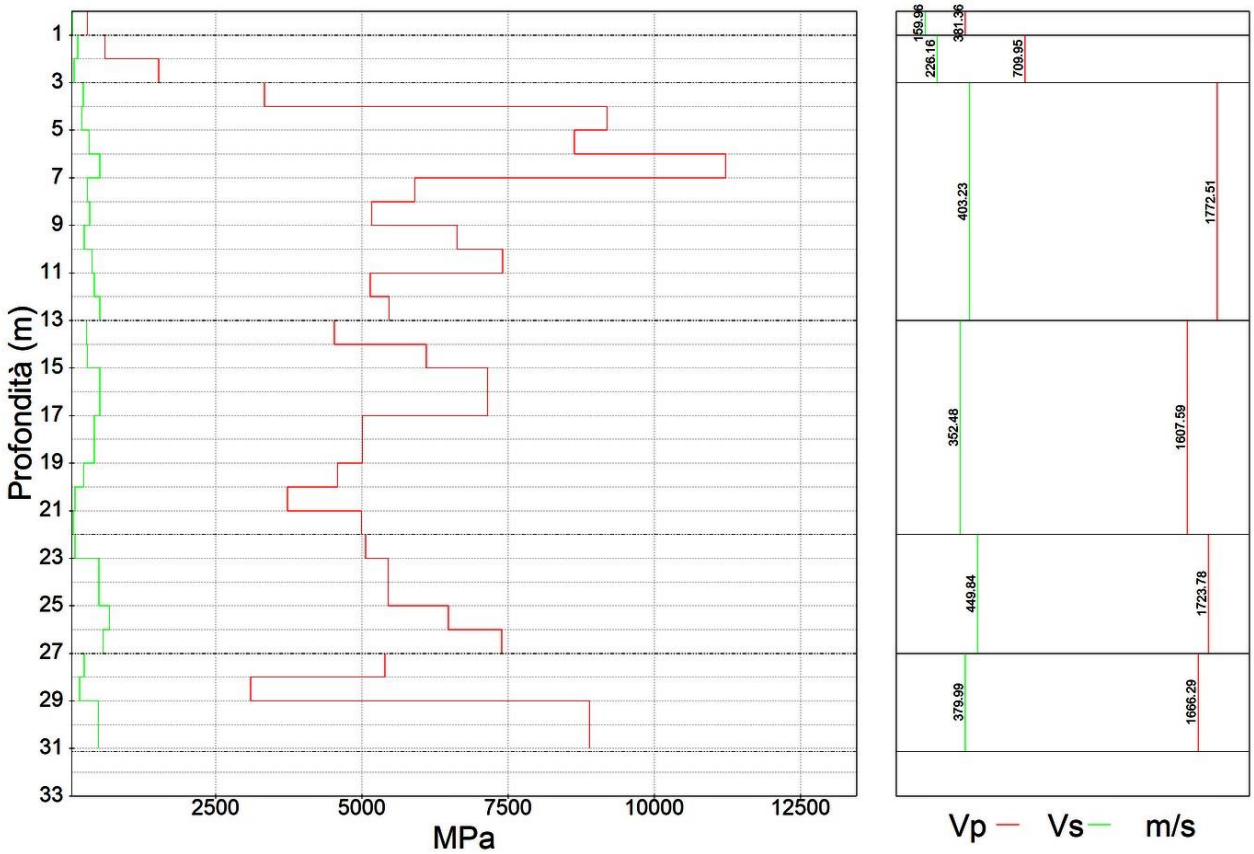


COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Profilo coefficiente di Poisson di intervallo

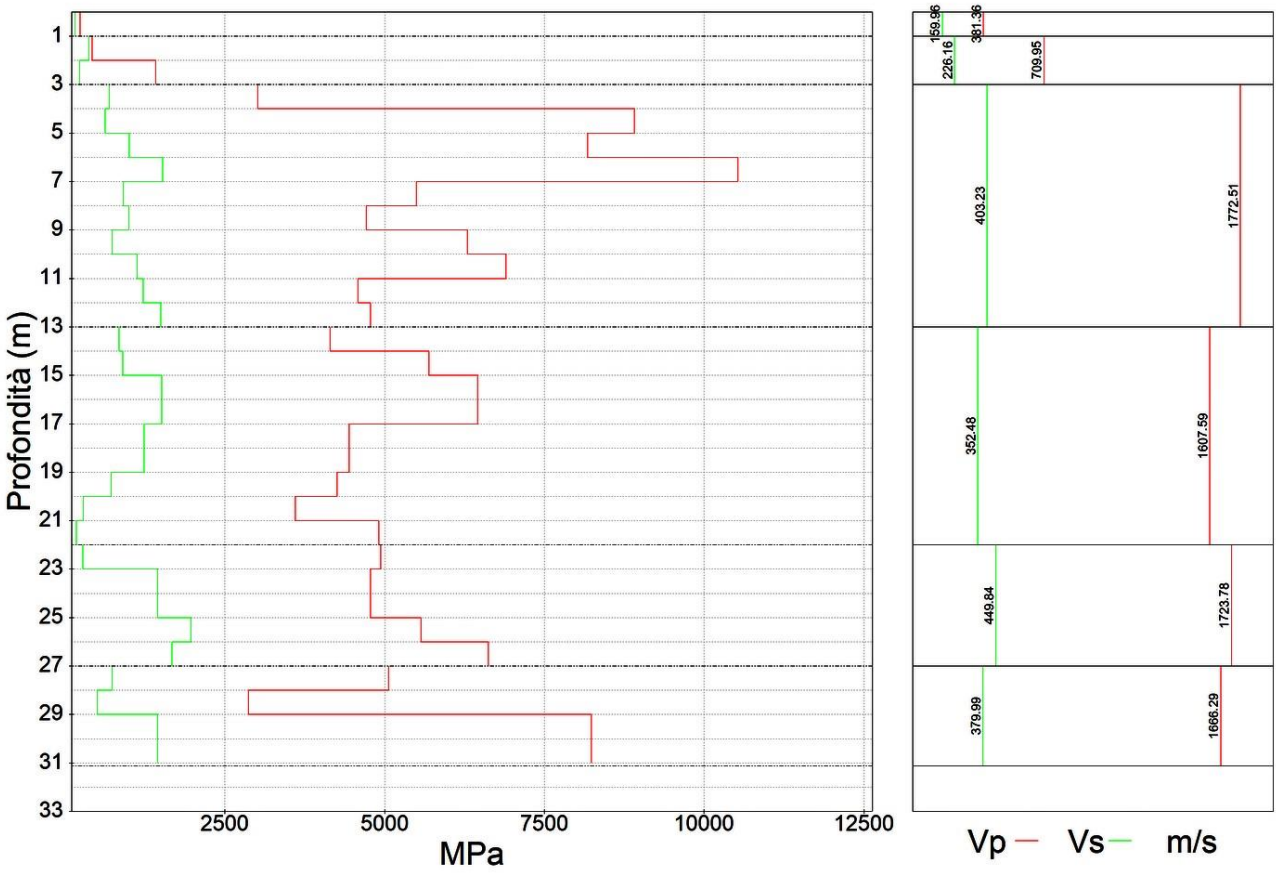


Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo



Relazione di calcolo

NOTA: Le misure sono state effettuate su un piazzale esterno prospicente alcuni capannoni industriali con lavorazioni in atto. Alcune misure hanno risentito di una quantità di rumore elevata, non evidenziata durante le fasi di acquisizione in campagna. Queste misure sono state trattate con filtraggi non lineari nel dominio delle frequenze, onde ricostruire una forma d'onda utile al riconoscimento del primo arrivo, il rumore ambientale non ha dunque inficiato la qualità del dato che risulta complessivamente di buona qualità.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE
AL PIANO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

Allegato 6 – Laboratorio geotecnico CNG 2019

Rilievi e analisi: Dott. Geol. Leonardo Moretti(D.R.E.Am. Italia)

NOVEMBRE 2025

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

GeotecnicaGeofisicaGeognostica

Songeo S.r.l.
per G.P.A. S.r.l.

Stabilimento Nuovo Pignone
Avenza (MS)

RISULTATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO
CAMPIONI INDISTURBATI

VERBALE DI ACCETTAZIONE:	848	DATA VERBALE :	13/02/19	IL DIRETTORE DEL LABORATORIO DOTT. RICCARDO RAMPI
COMMESSA:	745	DATA EMISSIONE CERTIFICATI:	12/03/19	

CNG S.r.l.
Sede Legale e Uffici Tecnici: Via Squinzano, 87 - 00133 - Roma
Tel/Fax 06 2018088 - WEB: www.congeo.it - E-mail: cng@congeo.it - PEC: cngsrl@pec.it
C. F. e P. I.V.A. 11215291003 - R.E.A. n. 1287827 - c.s. 10.000,00 i.v.
Azienda con Sistema Qualità Certificato N° 7289.A

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento generato originariamente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per G.P.A. S.r.l.

Stabilimento Nuovo Pignone

Avenza (MS)

Data: **12/03/2019**

N° Commessa **745**

N° Verbale **848**

QUADRO SINOTTICO DEI RISULTATI

DETERMINAZIONE												
		SONDAGGIO	1	1	1							
		CAMPIONE	SH1	SH2	SH4							
		da m	3,00	7,50	18,00							
		a m	3,50	8,00	18,50							
		N° laborat.	3161	3162	3163							
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W_n	(%)	14,3	17,9	28,3							
INDICE DEI VUOTI	e	(-)										
POROSITA'	n	(%)										
GRADO DI SATURAZIONE	S_r	(%)										
PESO DI VOLUME NATURALE	γ_n	(kN/m^3)	17,19	21,35	20,42							
PESO DI VOLUME SECCO	γ_d	(kN/m^3)	15,04	18,11	15,92							
PESO DI VOLUME SATURO	γ_{sat}	(kN/m^3)										
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	(kN/m^3)										
FRAZIONE GHIAIOSA	G	(%)	0,3	0,2								
FRAZIONE SABBIOSA	S	(%)	96,9	92,7								
FRAZIONE LIMO / ARGILLOSA	L/A	(%)	2,8	7,1								
FRAZIONE ARGILLOSA	A	(%)	/	/								
LIMITE DI LIQUIDITA'	W_L	(%)										
LIMITE DI PLASTICITA'	W_P	(%)										
INDICE DI PLASTICITA'	IP	(%)										
INDICE DI CONSISTENZA	IC	(-)										
LIMITE DI RITIRO	W_S	(%)										
CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. (S.I.)	U.S.C.S	(-)	SP	/	/							
CLASSIFICAZIONE AASHTO	AASHTO	(-)	A-1-b	A-3	/							
VANE TEST (MEDIA DI PIU' VALORI)		(kPa)	/	/	/							
POCKET PENETROMETER (MEDIA O RANGE DI PIU' VALORI)		(kPa)	/	/	/							
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA	σ	(kPa)										
	ε	(%)										
PROVA DI TAGLIO DIRETTO	c'	(kPa)	0	1	3							
	ϕ'	(°)	33	38	37							
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO	c_r	(kPa)										
	ϕ_r	(°)										
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE UU	c_u	(kPa)										
	ϕ_u	(°)										
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CIU	c	(kPa)										
	ϕ	(°)										
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CID	c'	(kPa)										
	ϕ'	(°)										
MODULO DI COMPRESSIBILITA' EDOMETRICA (kPa)	E	12.3/25(kPa)										
	E	25/49(kPa)										
	E	49/98(kPa)										
	E	98/196(kPa)										
	E	196/392(kPa)										
	E	392/785(kPa)										
	E	785/1569(kPa)										
	E	1569/3138(kPa)										
	E	3138/6276(kPa)										
COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE	Cv cm^2/sec	12.3/25(kPa)										
		25/49(kPa)										
		49/98(kPa)										
		98/196(kPa)										
		196/392(kPa)										
		392/785(kPa)										
		785/1569(kPa)										
		1569/3138(kPa)										
		3138/6276(kPa)										
PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO IN CELLA EDOMETRICA	RG	(kPa)										
PROVA PROCTOR	PR	γd (kN/m^3)										
		w (%)										
PROVA CBR	CBR	(a 2,5 mm)										
CONTENUTO IN CARBONATI TOTALI	CAT	(%)										
PROVA DI PERMEABILITA' IN CELLA EDOMETRICA	K	(m/sec)										

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ALLEGATO 3 - ANNO 2019

CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	**Songeo S.r.l.** **per G.P.A. S.r.l.**	SOND.: 1 CAMP.: SH1	PAGINA: 1
	Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	da m: 3,00 a m: 3,50	N° IDENTIFICATIVO INTERNO 3161
	DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIFICATI 12/03/19	

FOGLIO RIEPILOGATIVO DELLE CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICO-MECCANICHE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE CHIMICHE

FRAZIONE CARBONIO ORG. MEDIA (%)		REAZIONE DEL SUOLO (PH)		TENORE CARBONATI
SOSTANZA ORGANICA S.O.		TENORE SOLFATI		

CARATTERISTICHE FISICHE

UMIDITA' NATURALE	W_n	14,3	(%)	PESO DI VOLUME NATURALE	γ_n	17,19	(kN/m^3)
INDICE DEI VUOTI	**e**		(-)	PESO DI VOLUME SECCO	γ_d	15,04	(kN/m^3)
POROSITA'	**n**		(%)	PESO DI VOLUME SATURO	γ_{sat}		(kN/m^3)
GRADO DI SATURAZ.	S_r		(%)	PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s		(kN/m^3)

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE *(SECONDO UDDEN - WENTWORTH)*

SABBIA			**PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)** 2,9		
GHIAIA (%): 0,3	**SABBIA (%):** 96,9	**LIMO (%):** 2,8	**ARGILLA (%):** /	U.S.C.S.	AASHTO
64 - 2 mm	2 - 0,0625 mm	0,0625 - 0,0039 mm	< 0,0039 mm	**SP**	**A-1-b**

CARATTERISTICHE DI PLASTICITA' E PERMEABILITA'

CLASSIFICAZIONE SECONDO ABACO DI PLASTICITÀ		/	CONSISTENZA DEL MATERIALE SECONDO **IC**		
LIMITE DI LIQUIDITA'	W_L	(%)	LIMITE DI RITIRO	W_S	(%)
LIMITE DI PLASTICITA'	W_P	(%)	INDICE DI CONSISTENZA	**IC**	(-)
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**	(%)	ATTIVITA' (IP / %< 0,002mm)	**Ac**	(-)
PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		(kPa)	PERMEABILITA'	**k**	(m/sec)

CARATTERISTICHE MECCANICHE

VAN TEST		/ **Cu** (kPa)	POCKET PENETROMETER		/	**σf** (kPa)
ESPANSIONE LATERALE LIBERA			σ_f	(kPa)	**ε**	(%)
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.			VALORI DI PICCO		VALORI RESIDUI	
			C' 0	(kPa)	C_r	(kPa)
			ϕ' 33	(°)	ϕ_r	(°)
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE	CID		CIU		UU	
	C'	(kPa)	**C**	(kPa)	C_u	(kPa)
	ϕ'	(°)	**ϕ**	(°)	ϕ_u	(°)

CARATTERISTICHE EDOMETRICHE

DA **σ'** A **σ'** (kPa)	E_{ed} (kPa)	m_v (kPa^{-1})	c_v (cm^2/sec)	**k** (cm/sec)

INDICE CBR (2,5) (%) =	**CARATTERISTICHEOTTIMALI PROCTOR**	P.VOLUME SEC. γd (kN/m^3
INDICE CBR (5,0) (%) =	PESO DI VOL. UMIDO γn (kN/m^3)	UMIDITA' W (%)

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. **per G.P.A. S.r.l.**				SOND.: CAMP.:	1 SH1
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)				da m: a m:	3,00 3,50
N° VERBALE	848	N° COMMESSA	745	ID. INTERNO:	3161
DATA RICEVIMENTO CAMPIONE	13/02/19	DATA APERTURA CAMPIONE	19/02/19	DATA EMISSIONE CERTIFICATO	12/03/19

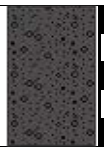
PAGINA: 2
PAGINA CERTIFICATO 1 di 1

SCHEDA CAMPIONE

CARATTERISTICHE DI CAMPIONAMENTO

TIPO DI PERFORAZIONE	ASTE E CAROTIERE	TIPO DI CAMPIONATORE	SHELBY
TIPO DI CONTENITORE	INOX	LUNGHEZZA CONTENITORE (cm)	50
LUNGHEZZA REALE CAMPIONE (cm)	50	DIAMETRO CAMPIONE (mm)	85

DESCRIZIONE ED ANALISI PRELIMINARI

POCKET(kPa)	V.TEST(kPa)	CAMPIONE	UBICAZIONE PROVE	DESCRIZIONE
/	/			Sabbia medio-grossolana, poco addensata, di colore nerastro.
/	/			
/	/			
/	/		← TD	
/	/			
/	/	Basso	STATO DICHIARATO DEL CAMPIONE: INDISTURBATO	REAZIONE ALL'HCl: VIVACE
SABBIA			CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981):	1

DETERMINAZIONI ESEGUITE

PROVE ESEGUITE		DATA INIZIO	DATA FINE	PROVE ESEGUITE	DATA INIZIO	DATA FINE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	X	19/02/19	24/02/19	PROVA TRIASSIALE TIPO CID		
PESO DI VOLUME NATURALE	X	21/02/19	23/02/19	PROVA DI COSTIPAMENTO PROCTOR		
PESO SPECIFICO DEI GRANULI				PROVA C.B.R.		
ANALISI GRANULOMETRICA	X	19/02/19	20/02/19	PROVA DI PERMEABILITA' IN EDOMETRO A CARICO VARIABILE		
LIMITI DI ATTERBERG				PROVA DI PERMEABILITA' IN CELLA TRIASSIALE		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.	X	21/02/19	26/02/19	PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO				DETERMINAZIONE PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA				PROVA DI RIGONFIAMENTO METODO HUDER-AMBERG		
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA				DETERMINAZIONE DEFORMAZIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA TRIASSIALE TIPO UU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI CARBONATI		
PROVA TRIASSIALE TIPO CIU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SOSTANZE ORGANICHE		
PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)				PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)		

NOTE

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. **per G.P.A. S.r.l.**			SOND.:	1	PAGINA: 3
			CAMP.:	SH1	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)			da m:	3,00	
			a m:	3,50	N° CERTIFICATO
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745		ID. INTERNO	3161	**12700 WN**
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19	DATA INIZIO PROVA 19/02/19	DATA FINE PROVA 24/02/19		

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE W_n

ASTM D 2216

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	SABBIA

PROVA DI RIFERIMENTO	W_1	W_2	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
PESO CAPS. (g)	28,93	28,91					29,20	29,11	29,38	
P.UMIDO+CAPS. (g)	79,99	77,87					89,18	84,63	72,29	
P.SECCO+CAPS. (g)	73,52	71,19					81,69	78,11	67,12	
W (%)	14,5	15,8					14,3	13,3	13,7	

PROVA DI RIFERIMENTO	ELL	ELL	ELL	UU	UU	UU	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
PESO CAPS. (g)										
P.UMIDO+CAPS. (g)										
P.SECCO+CAPS. (g)										
W (%)										

MEDIA VALORI Wn TRATTO PROVA TD	13,8 (%)	MEDIA VALORI Wn TRATTO PROVA Trx CID	/	MEDIA VALORI Wn TRATTO PROVA ELL	/	**Wn MEDIO TOTALE 14,3 (%)**

NOTE

I contenuti d'acqua naturale W_1 e W_2 si riferiscono all'apertura del campione.

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	**Songeo S.r.l.** **per G.P.A. S.r.l.** Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)		SOND.: 1 CAMP.: SH1 da m: 3,00 a m: 3,50	PAGINA: 4 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 N° CERTIFICATO **12701 PV**
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745		ID. INTERNO 3161	
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19	DATA INIZIO PROVA 21/02/19	DATA FINE PROVA 23/02/19	

PESO DI VOLUME NATURALE γ_n

ASTM D 2937

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	SABBIA

PROVA DI RIFERIMENTO	**γn_1**	**γn_2**	**ED**	**Trx CID**	**Trx CID**	**Trx CID**	**TD**	**TD**	**TD**	**Perm Trx**
VOL. FUST. (cm^3)							66,60	66,60	66,60	
P. FUST. (g)							50,40	50,40	50,40	
PESO TOTALE (g)							167,18	167,20	166,95	
γ_n (kN/m^3)							17,20	17,20	17,16	

PROVA DI RIFERIMENTO	**UU**	**UU**	**UU**	**ELL**	**ELL**	**ELL**	**PR. RIG.**	**HUDER-A.**	**RC**	**TTC**
VOL. FUST. (cm^3)										
P. FUST. (g)										
PESO TOTALE (g)										
γ_n (kN/m^3)										

MEDIA VALORI γ_n TRATTO PROVA TD	17,19 (kN/m^3)	MEDIA VALORI γ_n TRATTO PROVA Trx CID	/	MEDIA VALORI γ_n TRATTO PROVA ELL	/	**γ_n MEDIO TOTALE 17,19 (kN/m^3)**

NOTE

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	**Songeo S.r.l.** **per G.P.A. S.r.l.**		SOND.: 1 CAMP.: SH1	PAGINA: PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
	Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)		da m: 3,00 a m: 3,50	N° CERTIFICATO **PGR**
	N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO 3161	
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19	DATA INIZIO PROVA	DATA FINE PROVA	01/01/00

PESO SPECIFICO DEI GRANULI γ_s

ASTM D 854

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	SABBIA

NUMERO PICNOMETRO								
TEMPERATURA								
PESO PICNOMETRO + ACQUA								
PESO PICNOMETRO + ACQUA + TERRA								
PESO TERRA SECCA								
PESO SPECIFICO								
MEDIA γ_s (kN/m^3)				**#DIV/0!**				

NOTE

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l.			SOND.:	1	PAGINA: 5
per G.P.A. S.r.l.			CAMP.:	SH1	PAGINA CERTIFICATO
Stabilimento Nuovo Pignone			da m:	3,00	1 di 1
Avenza (MS)			a m:	3,50	N° CERTIFICATO
N° VERBALE	848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO	3161	**12702 GR**
RICEV. CAMP. 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19	DATA INIZIO PROVA	19/02/19	DATA FINE PROVA	20/02/19

ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE *(SECONDO UDDEN - WENTWORTH)*

CIOTTOLI %	**0,0**	**GHIAIA %**	**0,3**	**SABBIA %**	**96,9**	**LIMO E ARGILLA %**	**2,8**	**IND.GRUPPO**	**/**
D_{10} (mm)	0,259	**D_{30} (mm)**	0,350	**D_{50} (mm)**	0,466	**D_{60} (mm)**	0,529	**COEFF.DI UNIFORMITA'**	2,0
PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)		2,9	**PERCENT. ARGILLA < 0,002 mm**		/	**COEFF.DI CURVATURA**		0,9	
CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI DI UDDEN-WENTWORTH:						SABBIA			
CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981)		1	IND.	**CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI A.G.I.:**		SABBIA			
CLASSIFICAZIONE AASHTO		**A-1-b**				Ghiaia = 0,3%	Sabbia = 96,9%	LIMO/ARG.	2,8%
CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.		**SP**							

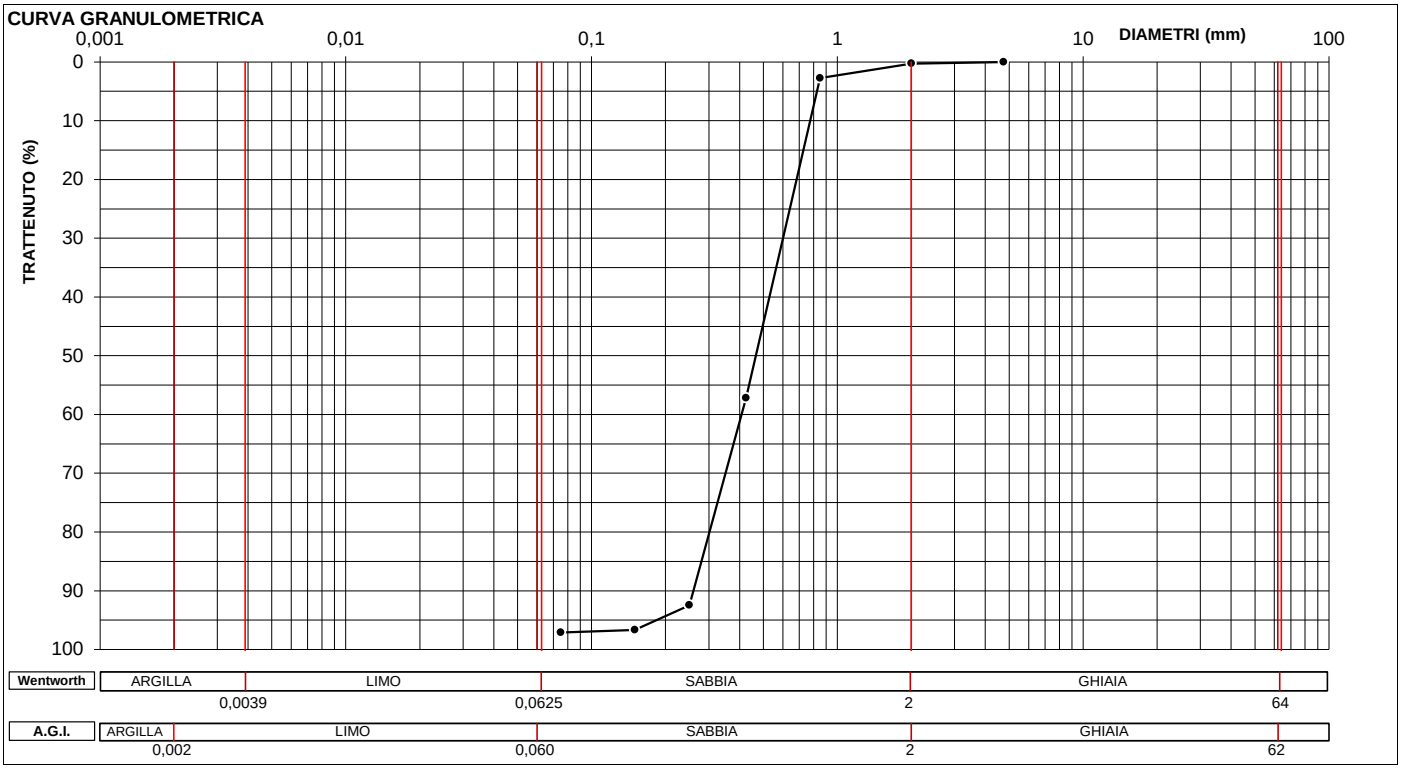
VAGLIATURA

Setacci	Diametri (mm)	Trattenuto (%)
12"	304,8000	0,00
6"	152,4000	0,00
3"	76,2000	0,00
2"	50,8000	0,00
1,5"	38,1000	0,00
1"	25,0000	0,00
3/4"	19,0000	0,00
3/8"	9,5000	0,00
4	4,7500	0,00
10	2,0000	0,27
20	0,8500	2,76
40	0,4250	57,18
60	0,2500	92,46
100	0,1500	96,66
200	0,0750	97,12

SEDIMENTAZIONE

Diametri (mm)	Trattenuto (%)

CURVA GRANULOMETRICA



LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. **per G.P.A. S.r.l.**	SOND.:	1	PAGINA: 6
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	CAMP.:	SH1	PAGINA ALLEGATO 1 di 2
	da m:	3,00	
	a m:	3,50	
DATA INIZIO PROVA 19/02/19	DATA FINE PROVA	20/02/19	

ANALISI GRANULOMETRICA

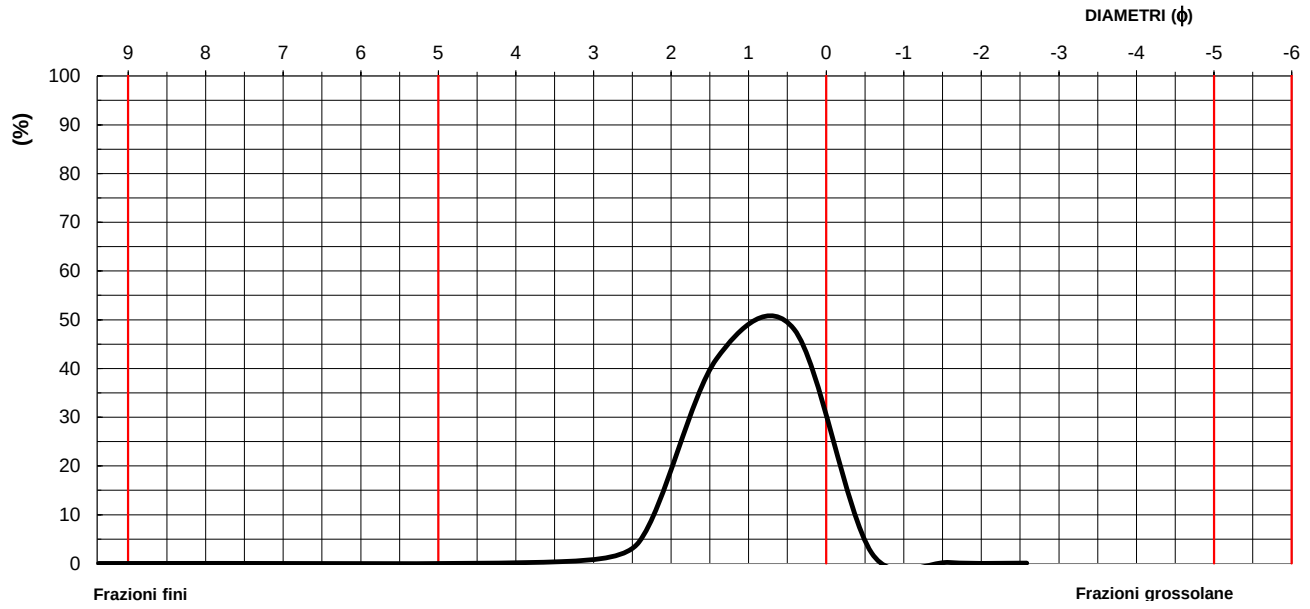
ASTM D 422

PARAMETRI STATISTICI *(SECONDO FOLK & WARD)*

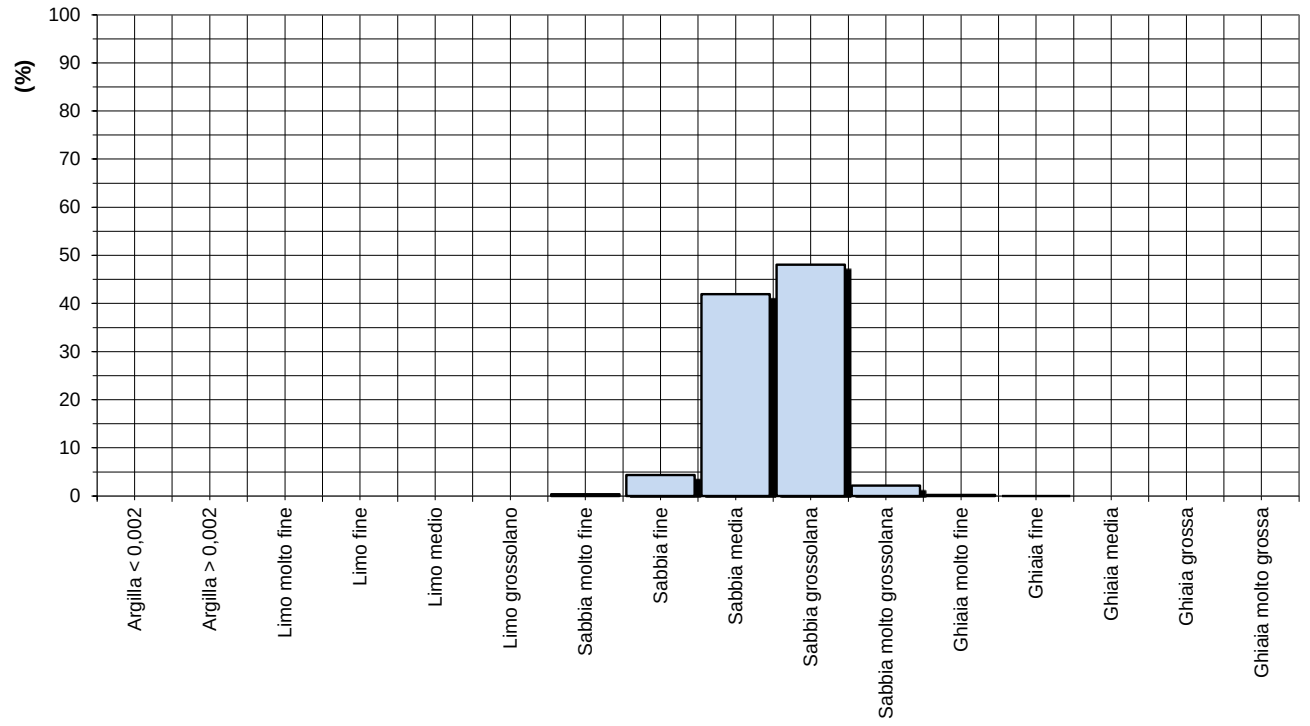
INDICE DI APPIATTIMENTO	K_G	0,9	curva mesocurtica	**Mean Size**	1,1
SIMMETRIA	Sk_I	0,2	curva asimmetrica positiva	**Median (ϕ)**	1,1
CLASSAZIONE	σ_I	0,7	sedimento moderatamente classato	**Classi modali (ϕ)**	
CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI A.G.I.: SABBIA				0,4	1,4

NOTE:

CURVA DI FREQUENZA SEMPLICE *(SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH)*



ISTOGRAMMA DI FREQUENZA SEMPLICE *(SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH)*



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

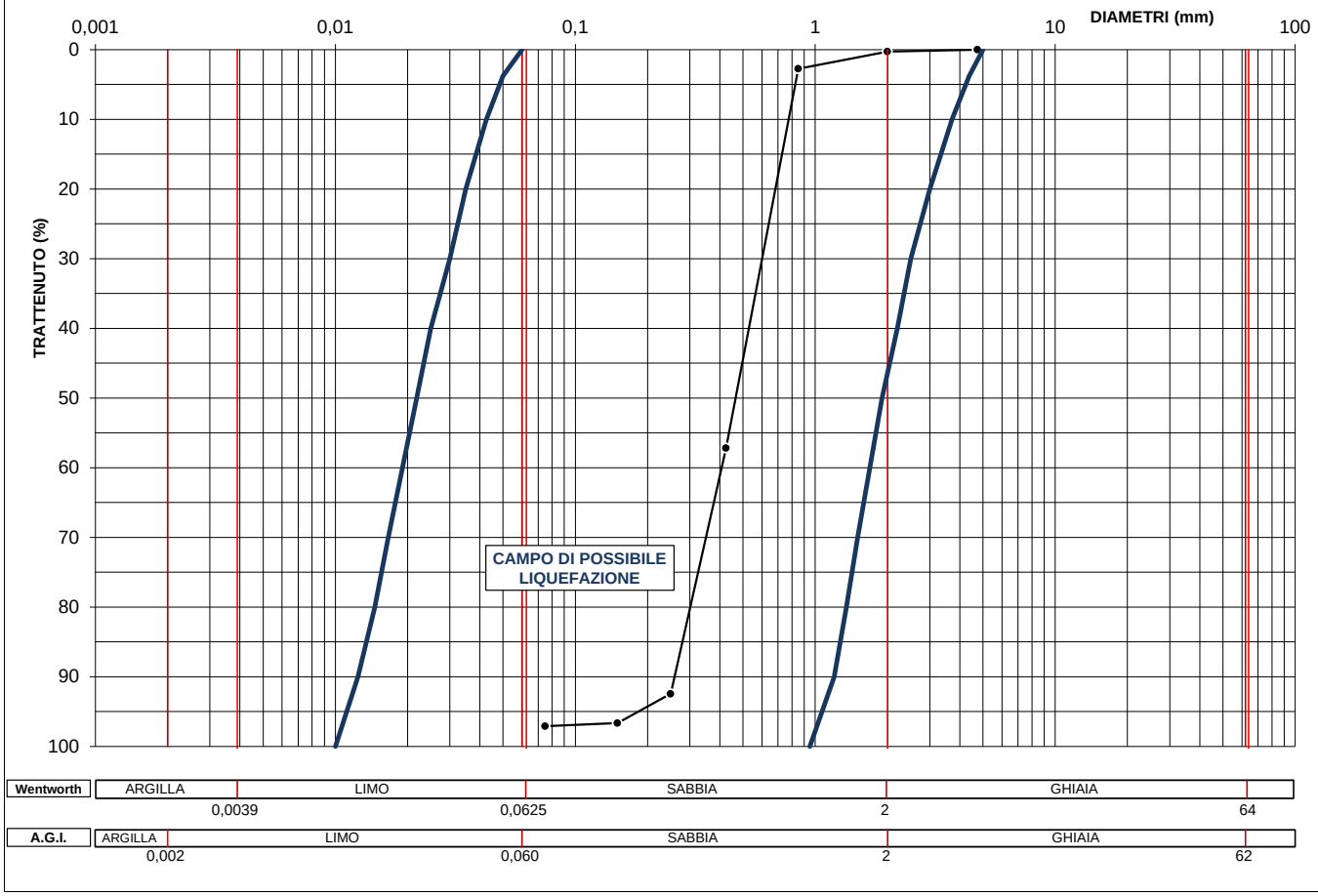
Songeo S.r.l. **per G.P.A. S.r.l.**	SOND.:	1	PAGINA: 7
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	CAMP.:	SH1	
	da m:	3,00	PAGINA ALLEGATO 2 di 2
	a m:	3,50	
DATA INIZIO PROVA 19/02/19	DATA FINE PROVA	20/02/19	

ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

VERIFICA GRANULOMETRICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

CURVA CON COEFFICIENTE DI UNIFORMITA' (Uc) < 3,5



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per **G.P.A. S.r.l.**	SOND.: 1	PAGINA: 8	
	CAMP.: SH1	PAGINA CERTIFICATO 1 di 3	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	da m: 3,00		
	a m: 3,50	N° CERTIFICATO **12703 TD**	
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO 3161	
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19	DATA INIZIO PROVA 21/02/19	DATA FINE PROVA 26/02/19

PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D. *ASTM D 3080*

CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE E AL TAGLIO

PROVINO	LATO	ALTEZZA	INIZIO CONS.	UMIDITA' NAT.	PESO DI VOL.	CONSOLIDAZIONE 24 h		FINE CONSOL.	VELOCITA'	VALORI DI SFORZO MAX.	
N°	L (mm)	H (mm)	VOL. (cm^3)	Wn (%)	γ_n (kN/m^3)	σ' (kPa)	CEDIM. (mm)	VOL. (cm^3)	(mm/min)	τ (kPa)	δ_t (mm)
1	60,00	18,50	66,60	14,3	17,20	98	0,380	65,2	0,05	67,61	4,236
2	60,00	18,50	66,60	13,3	17,20	196	0,852	63,5	0,05	117,45	5,818
3	60,00	18,50	66,60	13,7	17,16	294	0,925	63,3	0,05	193,65	6,301

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	INDISTURBATO	SABBIA

DIAGRAMMA SFORZO / DEFORMAZIONI

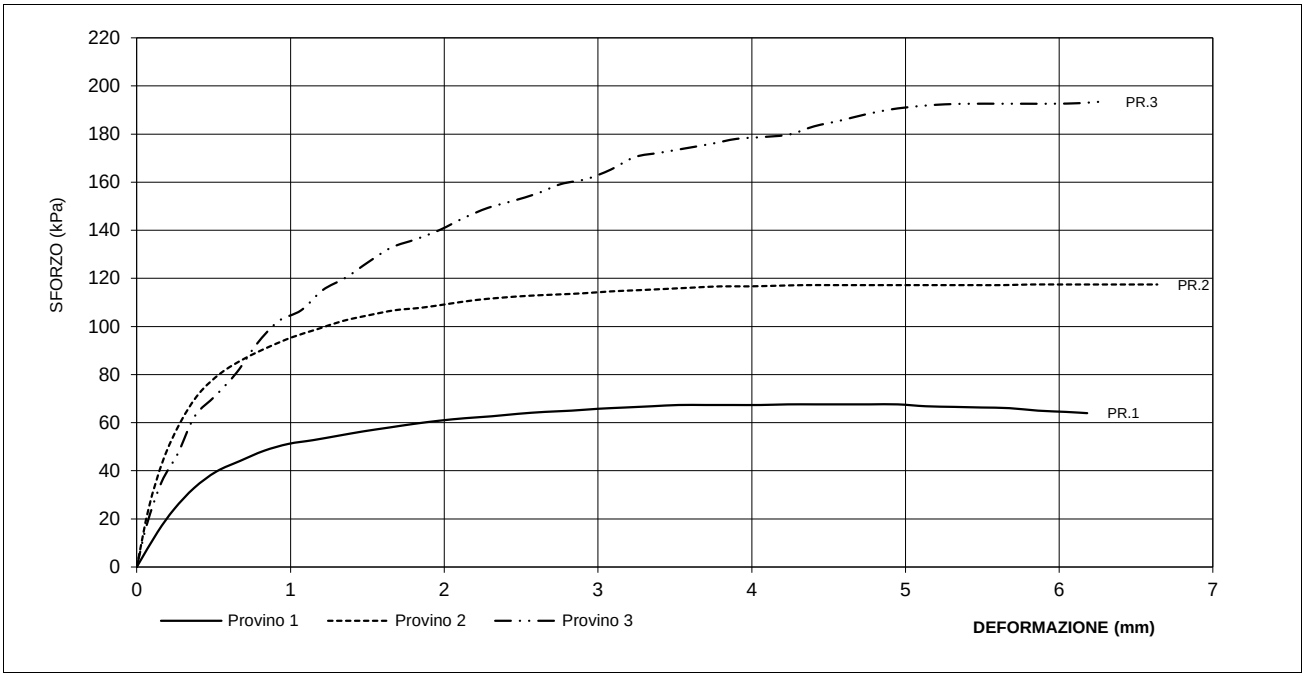
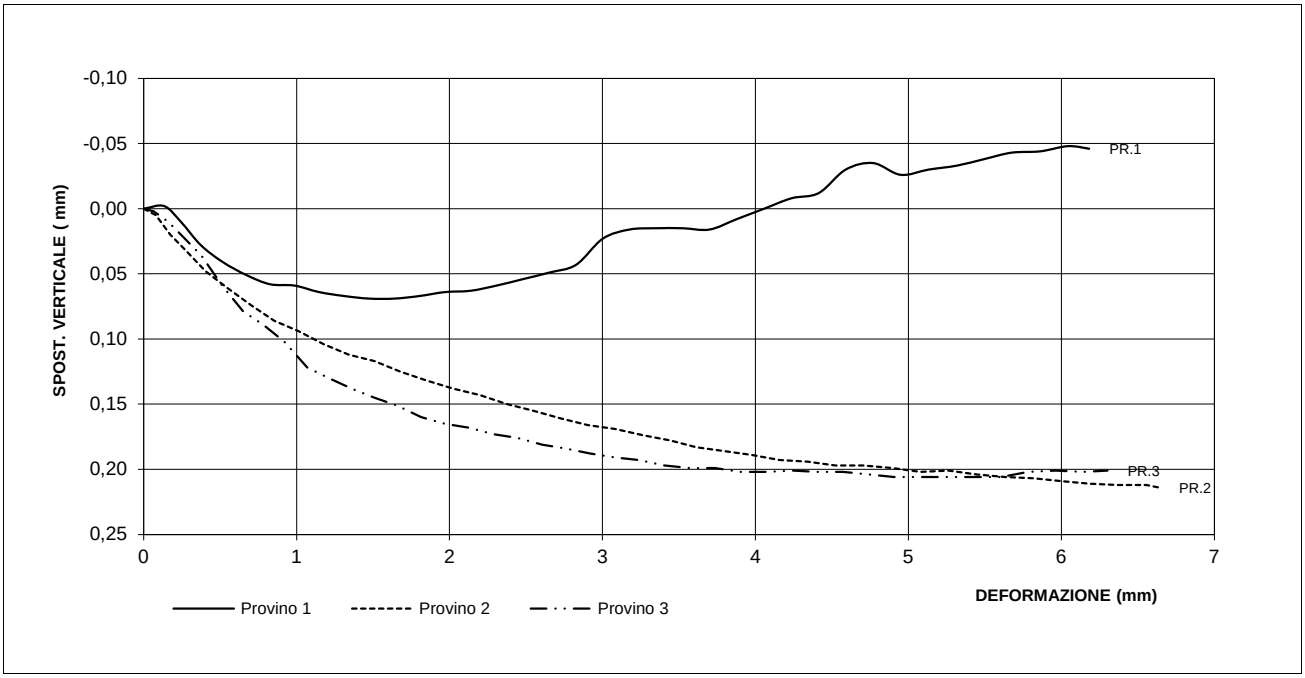


DIAGRAMMA SPOSTAMENTO VERTICALE / DEF.



LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per G.P.A. S.r.l.	SOND.: 1	PAGINA: 9	
	CAMP.: SH1	PAGINA CERTIFICATO 2 di 3	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	da m: 3,00		
	a m: 3,50	N° CERTIFICATO **12703 TD**	
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO 3161	

DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/02/19 | DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19 | DATA INIZIO PROVA 21/02/19 | DATA FINE PROVA 26/02/19

DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO

PROVINO 1 — **PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 98**

Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.
0,00	0,00	0,000	4,41	67,61	-0,012						
0,13	14,37	-0,002	4,59	67,61	-0,030						
0,24	24,03	0,010	4,77	67,61	-0,035						
0,37	32,90	0,028	4,95	67,61	-0,026						
0,52	39,68	0,041	5,13	66,82	-0,030						
0,67	44,12	0,051	5,32	66,56	-0,033						
0,83	48,30	0,058	5,49	66,30	-0,038						
0,99	51,17	0,059	5,68	66,04	-0,043						
1,15	52,73	0,064	5,86	65,00	-0,044						
1,31	54,56	0,067	6,04	64,48	-0,048						
1,47	56,39	0,069	6,18	63,95	-0,046						
1,64	57,95	0,069									
1,81	59,52	0,067									
1,97	60,82	0,064									
2,14	61,87	0,063									
2,31	62,65	0,059									
2,48	63,69	0,054									
2,65	64,48	0,049									
2,83	65,00	0,043									
3,00	65,78	0,023									
3,18	66,30	0,016									
3,35	66,82	0,015									
3,52	67,35	0,015									
3,70	67,35	0,016									
3,88	67,35	0,008									
4,06	67,35	0,000									
4,24	67,61	-0,008									

PROVINO 2 — **PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 196**

Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.
0,00	0,00	0,000	4,34	117,19	0,194						
0,08	24,81	0,005	4,52	117,19	0,197						
0,17	44,64	0,020	4,71	117,19	0,197						
0,28	60,04	0,033	4,90	117,19	0,199						
0,40	72,04	0,048	5,08	117,19	0,202						
0,55	80,66	0,061	5,26	117,19	0,201						
0,70	86,66	0,074	5,45	117,19	0,204						
0,85	91,35	0,086	5,63	117,19	0,206						
1,01	95,53	0,094	5,82	117,45	0,207						
1,18	98,92	0,104	6,00	117,45	0,209						
1,34	102,31	0,112	6,19	117,45	0,211						
1,51	104,66	0,117	6,37	117,45	0,212						
1,68	106,75	0,125	6,56	117,45	0,212						
1,85	107,80	0,132	6,64	117,45	0,214						
2,02	109,36	0,138									
2,20	110,93	0,143									
2,37	111,97	0,150									
2,55	112,75	0,155									
2,73	113,28	0,161									
2,91	113,80	0,166									
3,08	114,58	0,169									
3,27	115,10	0,174									
3,45	115,62	0,178									
3,61	116,15	0,183									
3,79	116,67	0,186									
3,98	116,67	0,189									
4,16	116,93	0,193									

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per G.P.A. S.r.l.	SOND.: 1	PAGINA: 10	
	CAMP.: SH1	PAGINA CERTIFICATO 3 di 3	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	da m: 3,00	N° CERTIFICATO	
	a m: 3,50	**12703 TD**	
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO 3161	

DATA RICEVIMENTO CAMP.	13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF.	12/03/19	DATA INIZIO PROVA 21/02/19	DATA FINE PROVA 26/02/19

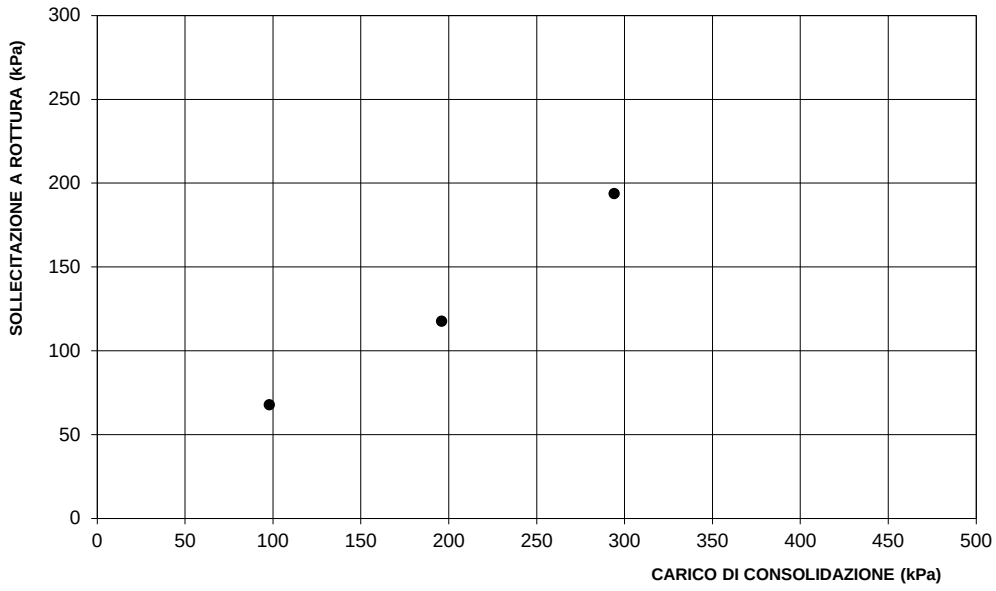
DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO

PROVINO 3 — **PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 294**

Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.
0,00	0,00	0,000	3,90	177,99	0,202						
0,07	17,50	0,002	4,07	178,78	0,202						
0,16	35,25	0,010	4,25	179,82	0,201						
0,27	47,25	0,023	4,41	183,21	0,202						
0,38	62,65	0,036	4,57	185,56	0,202						
0,51	71,26	0,059	4,74	188,17	0,204						
0,65	80,92	0,079	4,91	190,26	0,206						
0,78	92,66	0,089	5,08	191,56	0,206						
0,92	102,05	0,102	5,25	192,35	0,206						
1,07	106,75	0,122	5,43	192,61	0,206						
1,21	115,10	0,130	5,61	192,61	0,206						
1,36	120,32	0,138	5,78	192,61	0,202						
1,51	126,85	0,145	5,96	192,61	0,201						
1,66	132,85	0,151	6,14	192,87	0,202						
1,82	136,24	0,160	6,30	193,65	0,201						
1,97	140,15	0,165									
2,13	145,11	0,168									
2,28	149,29	0,173									
2,44	152,16	0,176									
2,61	155,29	0,181									
2,76	159,20	0,184									
2,93	161,29	0,188									
3,08	165,21	0,191									
3,24	170,43	0,193									
3,41	172,25	0,197									
3,57	174,08	0,199									
3,74	175,91	0,199									

NOTE

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO



LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

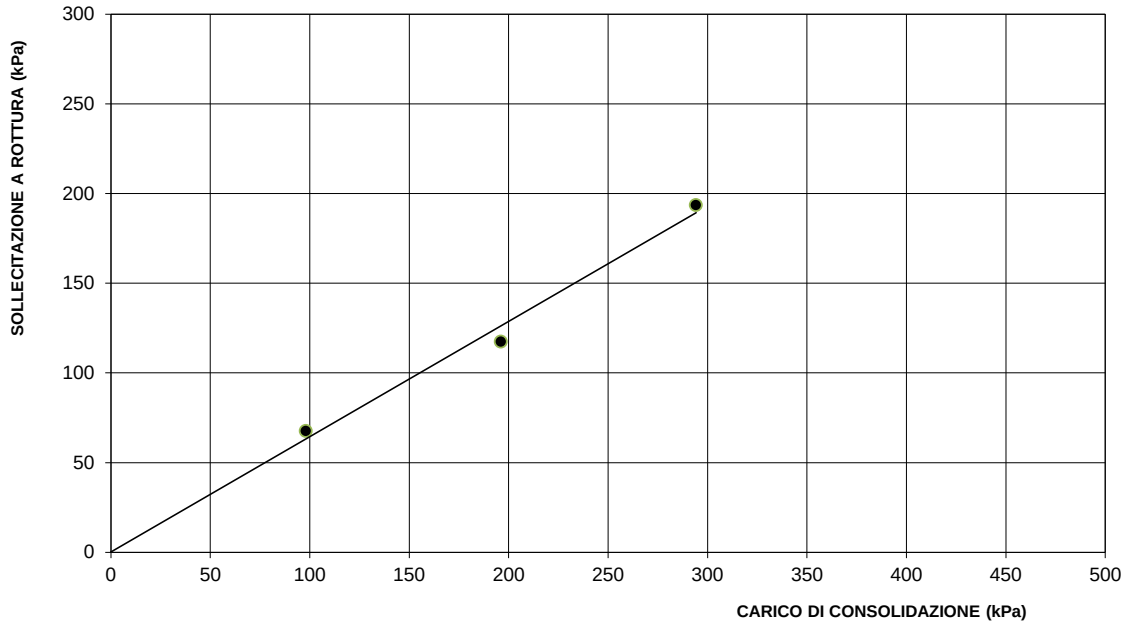
CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per G.P.A. S.r.l.		SOND.:	1	PAGINA: 11
		CAMP.:	SH1	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)		da m:	3,00	PAGINA ALLEGATO 1 DI 1
		a m:	3,50	
DATA INIZIO PROVA	21/02/19	DATA FINE PROVA	26/02/19	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.

ASTM D 3080

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO



RISULTATI TAGLIO DRENATO		NOTE
COESIONE EFFICACE (kPa)	0	LA RETTA DI INVILUPPO CHE PASSA PER I TRE PUNTI E' UNA LINEA DI INTERPOLAZIONE SENZA ALCUNA INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI.
ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE	33	

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ALLEGATO 3 - ANNO 2019

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. **per G.P.A. S.r.l.**	SOND.: 1 CAMP.: SH2	PAGINA: 12	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	da m: 7,50 a m: 8,00	N° IDENTIFICATIVO INTERNO 3162	
DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIFICATI 12/03/19		

FOGLIO RIEPILOGATIVO DELLE CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICO-MECCANICHE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE CHIMICHE

FRAZIONE CARBONIO ORG. MEDIA (%)		REAZIONE DEL SUOLO (PH)		TENORE CARBONATI
SOSTANZA ORGANICA S.O.		TENORE SOLFATI		

CARATTERISTICHE FISICHE

UMIDITA' NATURALE	W_n	17,9	(%)	PESO DI VOLUME NATURALE	γ_n	21,35	(kN/m^3)
INDICE DEI VUOTI	**e**		(-)	PESO DI VOLUME SECCO	γ_d	18,11	(kN/m^3)
POROSITA'	**n**		(%)	PESO DI VOLUME SATURO	γ_{sat}		(kN/m^3)
GRADO DI SATURAZ.	S_r		(%)	PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s		(kN/m^3)

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE *(SECONDO UDDEN - WENTWORTH)*

SABBIA DEB.LIMOSA (DEB.ARGILLOSA)			**PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)** 8,3		
GHIAIA (%): 0,2	**SABBIA (%):** 92,7	**LIMO (%):** 7,1	**ARGILLA (%):** /	U.S.C.S.	AASHTO
64 - 2 mm	2 - 0,0625 mm	0,0625 - 0,0039 mm	< 0,0039 mm	**/**	**A-3**

CARATTERISTICHE DI PLASTICITA' E PERMEABILITA'

CLASSIFICAZIONE SECONDO ABACO DI PLASTICITA		**/**	CONSISTENZA DEL MATERIALE SECONDO **IC**		
LIMITE DI LIQUIDITA'	W_L	(%)	LIMITE DI RITIRO	W_S	(%)
LIMITE DI PLASTICITA'	W_P	(%)	INDICE DI CONSISTENZA	**IC**	(-)
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**	(%)	ATTIVITA' (IP / %< 0,002mm)	**Ac**	(-)
PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		(kPa)	PERMEABILITA'	**k**	(m/sec)

CARATTERISTICHE MECCANICHE

VAN TEST	/	**Cu** (kPa)	POCKET PENETROMETER	/	**σf** (kPa)	
ESPANSIONE LATERALE LIBERA			σ_f	(kPa)	**ε**	(%)
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.			VALORI DI PICCO		VALORI RESIDUI	
			C' 1	(kPa)	C_r	(kPa)
			ϕ' 38	(°)	ϕ_r	(°)
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE	CID		CIU		UU	
	C'	(kPa)	**C**	(kPa)	C_u	(kPa)
	ϕ'	(°)	**ϕ**	(°)	ϕ_u	(°)

CARATTERISTICHE EDOMETRICHE

DA σ'	A σ'	E_{ed}	m_v	c_v	k
(kPa)		(kPa)	(kPa^{-1})	(cm^2/sec)	(cm/sec)

INDICE CBR (2,5) (%) =	**CARATTERISTICHEOTTIMALI PROCTOR**	P.VOLUME SEC. γd (kN/m^3
INDICE CBR (5,0) (%) =	PESO DI VOL. UMIDO γn (kN/m^3)	UMIDITA' W (%)

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. **per G.P.A. S.r.l.**				SOND.: CAMP.:	1 SH2
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)				da m: a m:	7,50 8,00
N° VERBALE	848	N° COMMESSA	745	ID. INTERNO:	3162
DATA RICEVIMENTO CAMPIONE	13/02/19	DATA APERTURA CAMPIONE	28/02/19	DATA EMISSIONE CERTIFICATO	12/03/19

PAGINA: 13
PAGINA CERTIFICATO 1 di 1

SCHEDA CAMPIONE

CARATTERISTICHE DI CAMPIONAMENTO

TIPO DI PERFORAZIONE	ASTE E CAROTIERE	TIPO DI CAMPIONATORE	SHELBY
TIPO DI CONTENITORE	INOX	LUNGHEZZA CONTENITORE (cm)	50
LUNGHEZZA REALE CAMPIONE (cm)	50	DIAMETRO CAMPIONE (mm)	85

DESCRIZIONE ED ANALISI PRELIMINARI

POCKET(kPa)	V.TEST(kPa)	CAMPIONE	UBICAZIONE PROVE	DESCRIZIONE
/	/			Sabbia debolmente limosa di colore grigio scuro. Si rinviene un livello di materiale organico fibroso.
/	/			
/	/			
/	/		← TD	
/	/			
/	/	Basso	STATO DICHIARATO DEL CAMPIONE: INDISTURBATO	REAZIONE ALL'HCl: DEBOLE
SABBIA DEB.LIMOSA (DEB.ARGILLOSA)			CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981):	1

DETERMINAZIONI ESEGUITE

PROVE ESEGUITE		DATA INIZIO	DATA FINE	PROVE ESEGUITE	DATA INIZIO	DATA FINE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	X	28/02/19	03/03/19	PROVA TRIASSIALE TIPO CID		
PESO DI VOLUME NATURALE	X	28/02/19	02/03/19	PROVA DI COSTIPAMENTO PROCTOR		
PESO SPECIFICO DEI GRANULI				PROVA C.B.R.		
ANALISI GRANULOMETRICA	X	28/02/19	01/03/19	PROVA DI PERMEABILITA' IN EDOMETRO A CARICO VARIABILE		
LIMITI DI ATTERBERG				PROVA DI PERMEABILITA' IN CELLA TRIASSIALE		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.	X	28/02/19	06/03/19	PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO				DETERMINAZIONE PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA				PROVA DI RIGONFIAMENTO METODO HUDER-AMBERG		
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA				DETERMINAZIONE DEFORMAZIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA TRIASSIALE TIPO UU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI CARBONATI		
PROVA TRIASSIALE TIPO CIU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SOSTANZE ORGANICHE		
PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)				PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)		

NOTE

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. **per G.P.A. S.r.l.**			SOND.:	1	PAGINA: 14
			CAMP.:	SH2	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)			da m:	7,50	
			a m:	8,00	N° CERTIFICATO
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745		ID. INTERNO	3162	**12704 WN**
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19	DATA INIZIO PROVA 28/02/19	DATA FINE PROVA 03/03/19		

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE W_n

ASTM D 2216

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	SABBIA DEB.LIMOSA (DEB.ARGILLOSA)

PROVA DI RIFERIMENTO	W_1	W_2	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
PESO CAPS. (g)	29,38	29,52					29,77	29,07	29,84	
P.UMIDO+CAPS. (g)	87,44	108,98					82,56	71,98	86,62	
P.SECCO+CAPS. (g)	77,65	93,64					75,44	66,53	79,21	
W (%)	20,3	23,9					15,6	14,5	15,0	

PROVA DI RIFERIMENTO	ELL	ELL	ELL	UU	UU	UU	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
PESO CAPS. (g)										
P.UMIDO+CAPS. (g)										
P.SECCO+CAPS. (g)										
W (%)										

MEDIA VALORI Wn TRATTO PROVA TD	15,0 (%)	MEDIA VALORI Wn TRATTO PROVA Trx CID	/	MEDIA VALORI Wn TRATTO PROVA ELL	/	**Wn MEDIO TOTALE 17,9 (%)**

NOTE

I contenuti d'acqua naturale W_1 e W_2 si riferiscono all'apertura del campione.

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	**Songeo S.r.l.** **per G.P.A. S.r.l.** Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)		SOND.: 1 CAMP.: SH2 da m: 7,50 a m: 8,00	PAGINA: 15 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 N° CERTIFICATO **12705 PV**
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO 3162		
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19	DATA INIZIO PROVA 28/02/19	DATA FINE PROVA 02/03/19	

PESO DI VOLUME NATURALE γ_n

ASTM D 2937

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	SABBIA DEB.LIMOSA (DEB.ARGILLOSA)

PROVA DI RIFERIMENTO	**γn_1**	**γn_2**	**ED**	**Trx CID**	**Trx CID**	**Trx CID**	**TD**	**TD**	**TD**	**Perm Trx**
VOL. FUST. (cm^3)							66,60	66,60	66,60	
P. FUST. (g)							50,40	50,40	50,40	
PESO TOTALE (g)							196,28	194,01	195,86	
γ_n (kN/m^3)							21,48	21,15	21,42	

PROVA DI RIFERIMENTO	**UU**	**UU**	**UU**	**ELL**	**ELL**	**ELL**	**PR. RIG.**	**HUDER-A.**	**RC**	**TTC**
VOL. FUST. (cm^3)										
P. FUST. (g)										
PESO TOTALE (g)										
γ_n (kN/m^3)										

MEDIA VALORI γ_n TRATTO PROVA TD	21,35 (kN/m³)	MEDIA VALORI γ_n TRATTO PROVA Trx CID	/	MEDIA VALORI γ_n TRATTO PROVA ELL	/	**γ_n MEDIO TOTALE 21,35 (kN/m³)**

NOTE

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l.			SOND.:	1	PAGINA: 16
per G.P.A. S.r.l.			CAMP.:	SH2	PAGINA CERTIFICATO
Stabilimento Nuovo Pignone			da m:	7,50	1 di 1
Avenza (MS)			a m:	8,00	N° CERTIFICATO
N° VERBALE	848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO	3162	**12706 GR**
RICEV. CAMP. 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19	DATA INIZIO PROVA 28/02/19	DATA FINE PROVA 01/03/19		

ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE *(SECONDO UDDEN - WENTWORTH)*

CIOTTOLI %	**0,0**	**GHIAIA %**	**0,2**	**SABBIA %**	**92,7**	**LIMO E ARGILLA %**	**7,1**	**IND.GRUPPO**	**/**
D_{10} (mm)	0,088	**D_{30} (mm)**	0,212	**D_{50} (mm)**	0,299	**D_{60} (mm)**	0,343	**COEFF.DI UNIFORMITA'**	3,9
PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)		8,3	**PERCENT. ARGILLA < 0,002 mm**		/	**COEFF.DI CURVATURA**		1,5	
CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI DI UDDEN-WENTWORTH:					SABBIA DEB.LIMOSA (DEB.ARGILLOSA)				
CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981)		1	IND.	**CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI A.G.I.:**		SABBIA DEB.LIMOSA (DEB.ARGILLOSA)			
CLASSIFICAZIONE AASHTO		**A-3**				Ghiaia = 0,2%	Sabbia = 92,9%	LIMO/ARG.	6,9%
CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.		**/**							

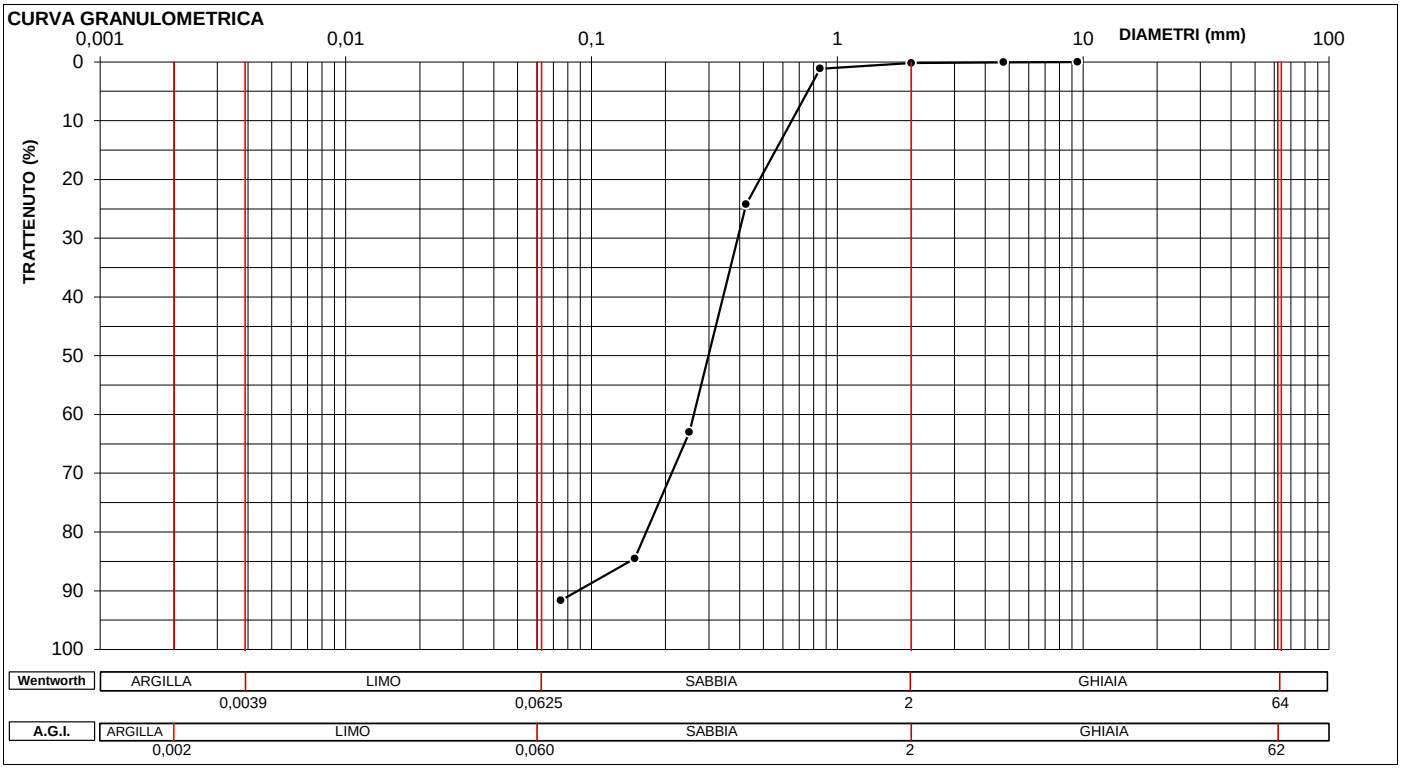
VAGLIATURA

Setacci	Diametri (mm)	Trattenuto (%)
12"	304,8000	0,00
6"	152,4000	0,00
3"	76,2000	0,00
2"	50,8000	0,00
1,5"	38,1000	0,00
1"	25,0000	0,00
3/4"	19,0000	0,00
3/8"	9,5000	0,00
4	4,7500	0,06
10	2,0000	0,19
20	0,8500	1,15
40	0,4250	24,25
60	0,2500	63,02
100	0,1500	84,53
200	0,0750	91,67

SEDIMENTAZIONE

Diametri (mm)	Trattenuto (%)

CURVA GRANULOMETRICA



NEL CASO IN CUI NON SIA STATA ESEGUITA LA PROVA SEDIMENTOMETRICA SI ESPRIME LA INDETERMINAZIONE DELLE CLASSI GRANULOMETRICHE CON DIAMETRO < 0,0625 mm PONENDO IL TERMINE ARGILLA TRA PARENTESI TONDE.

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. **per G.P.A. S.r.l.**	SOND.:	1	PAGINA: 17
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	CAMP.:	SH2	
	da m:	7,50	PAGINA ALLEGATO 1 di 2
	a m:	8,00	
DATA INIZIO PROVA 28/02/19	DATA FINE PROVA	01/03/19	

ANALISI GRANULOMETRICA

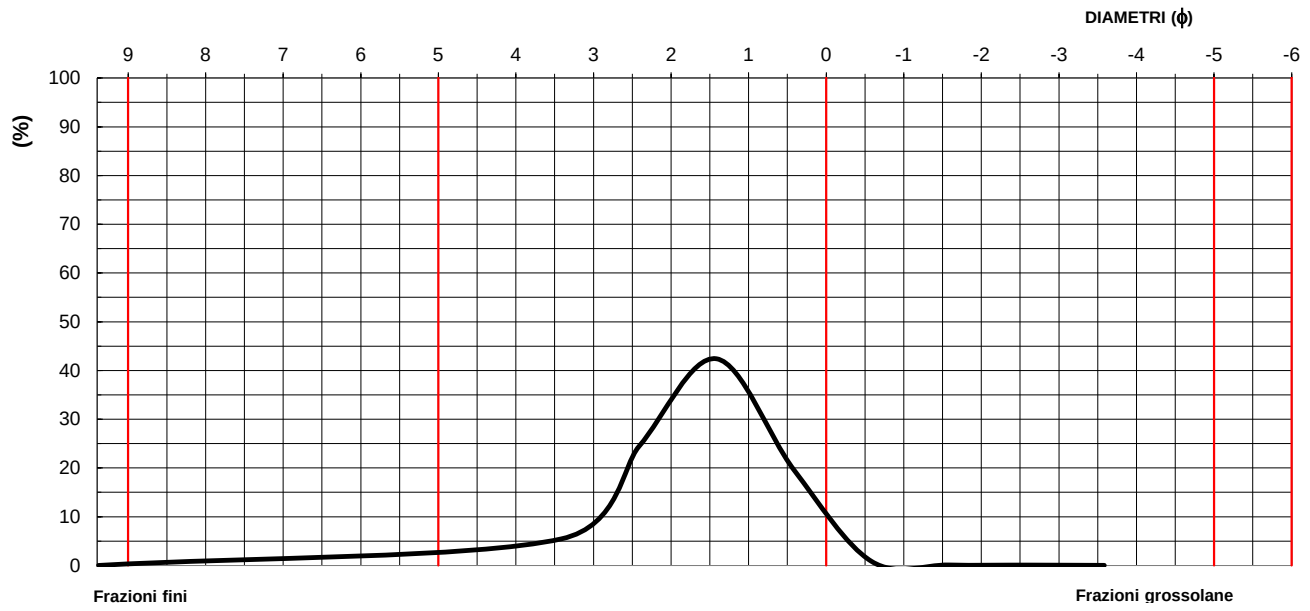
ASTM D 422

PARAMETRI STATISTICI *(SECONDO FOLK & WARD)*

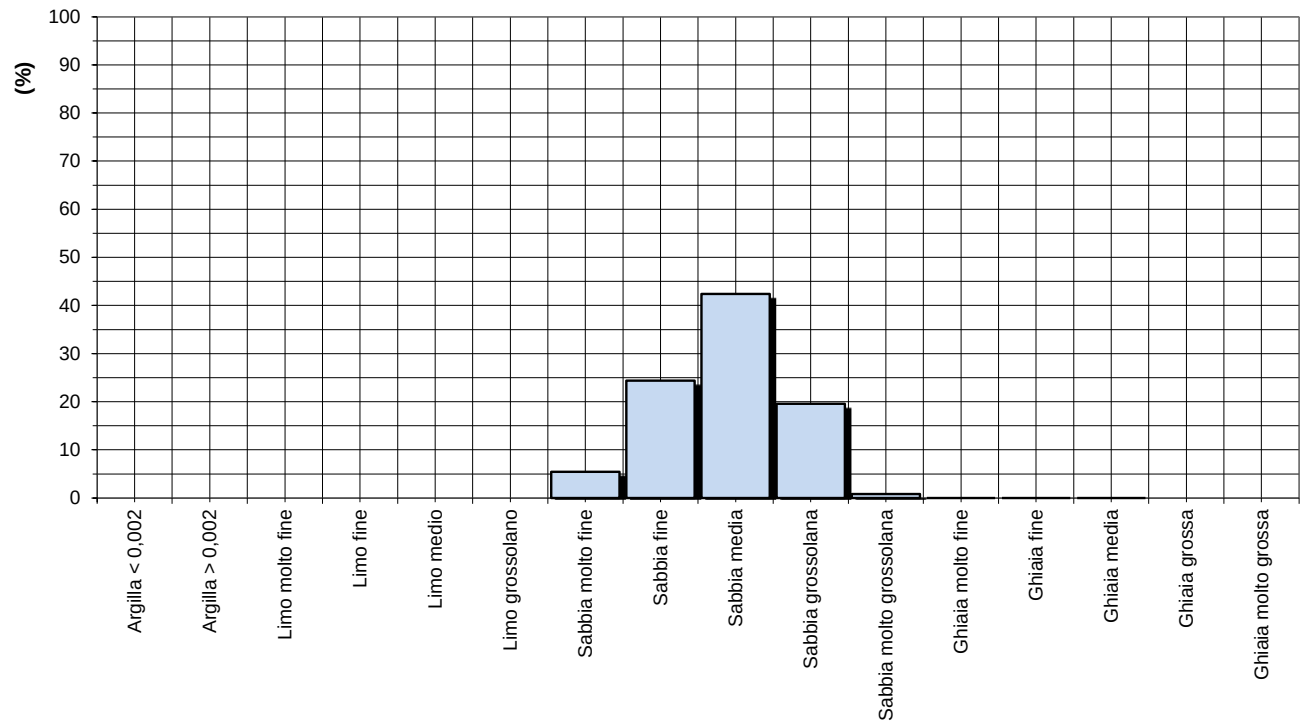
INDICE DI APPIATTIMENTO	K_G	1,3	curva leptocurtica	**Mean Size**	1,8
SIMMETRIA	Sk_I	0,2	curva asimmetrica positiva	**Median (ϕ)**	1,7
CLASSAZIONE	σ_I	1,0	sedimento poco classato	**Classi modali (ϕ)**	
CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI A.G.I.: SABBIA DEB.LIMOSA (DEB.ARGILLOSA)				1,4	2,4

NOTE:

CURVA DI FREQUENZA SEMPLICE *(SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH)*



ISTOGRAMMA DI FREQUENZA SEMPLICE *(SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH)*



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

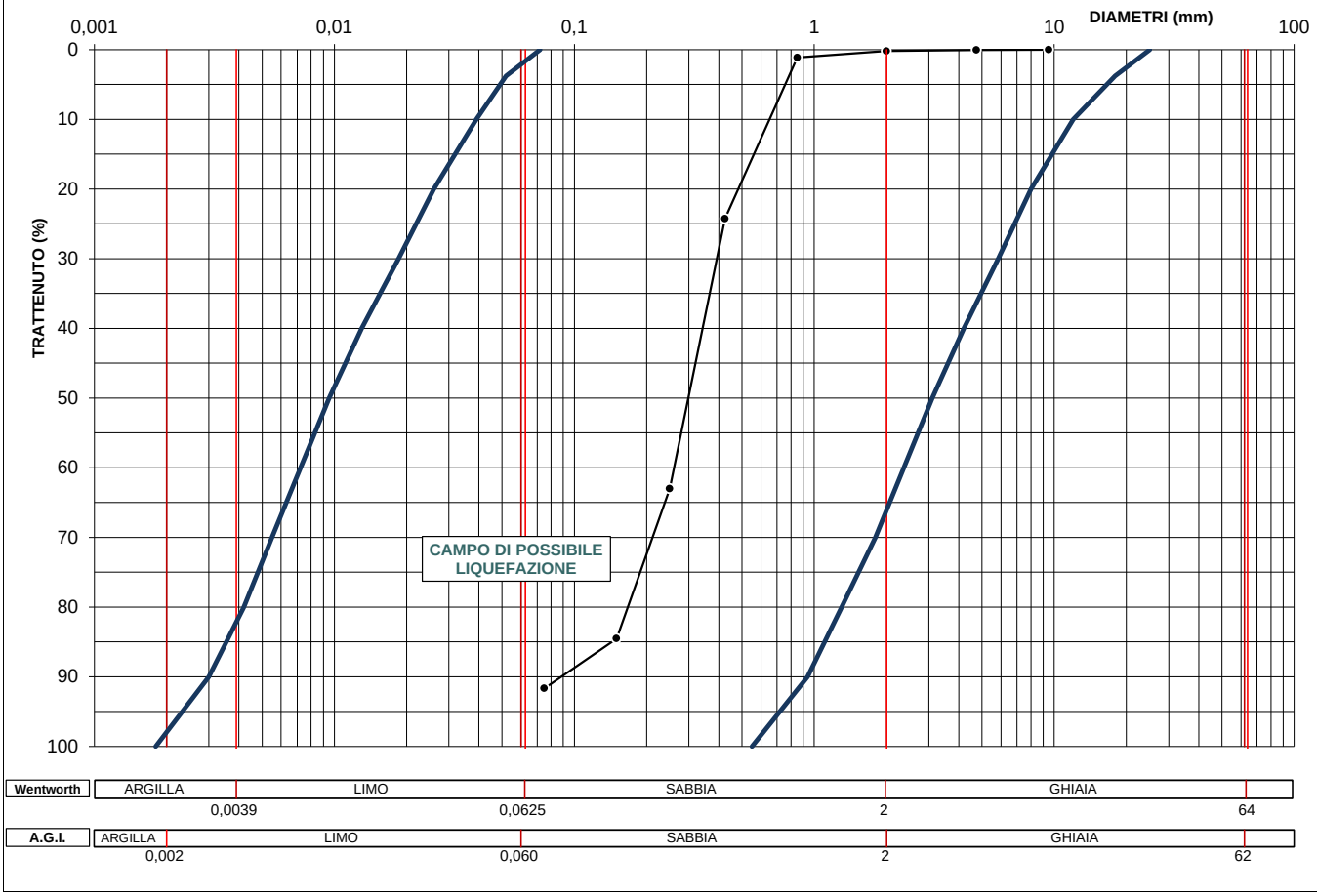
Songeo S.r.l.	SOND.:	1	PAGINA: 18
per G.P.A. S.r.l.	CAMP.:	SH2	
Stabilimento Nuovo Pignone	da m:	7,50	PAGINA ALLEGATO
Avenza (MS)	a m:	8,00	2 di 2
DATA INIZIO PROVA 28/02/19	DATA FINE PROVA	01/03/19	

ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

VERIFICA GRANULOMETRICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

CURVA CON COEFFICIENTE DI UNIFORMITA' (Uc) > 3,5



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per **G.P.A. S.r.l.**	SOND.: 1	PAGINA: 19	
	CAMP.: SH2	PAGINA CERTIFICATO 1 di 3	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	da m: 7,50	N° CERTIFICATO	
	a m: 8,00	**12707 TD**	

N° VERBALE	848	N° COMMESSA	745	ID. INTERNO	3162		
DATA RICEVIMENTO CAMP.	13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF.	12/03/19	DATA INIZIO PROVA	28/02/19	DATA FINE PROVA	06/03/19

PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D. *ASTM D 3080*

CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE E AL TAGLIO

PROVINO	LATO	ALTEZZA	INIZIO CONS.	UMIDITA' NAT.	PESO DI VOL.	CONSOLIDAZIONE 24 h		FINE CONSOL.	VELOCITA'	VALORI DI SFORZO MAX.	
N°	L (mm)	H (mm)	VOL. (cm^3)	Wn (%)	γ_n (kN/m^3)	σ' (kPa)	CEDIM. (mm)	VOL. (cm^3)	(mm/min)	τ (kPa)	δ_t (mm)
1	60,00	18,50	66,60	15,6	21,48	98	0,489	64,8	0,05	77,52	3,374
2	60,00	18,50	66,60	14,5	21,15	196	0,698	64,1	0,05	157,90	3,896
3	60,00	18,50	66,60	15,0	21,42	294	0,861	63,5	0,05	232,01	3,602

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	INDISTURBATO	SABBIA DEB.LIMOSA (DEB.ARGILLOSA)

DIAGRAMMA SFORZO / DEFORMAZIONI

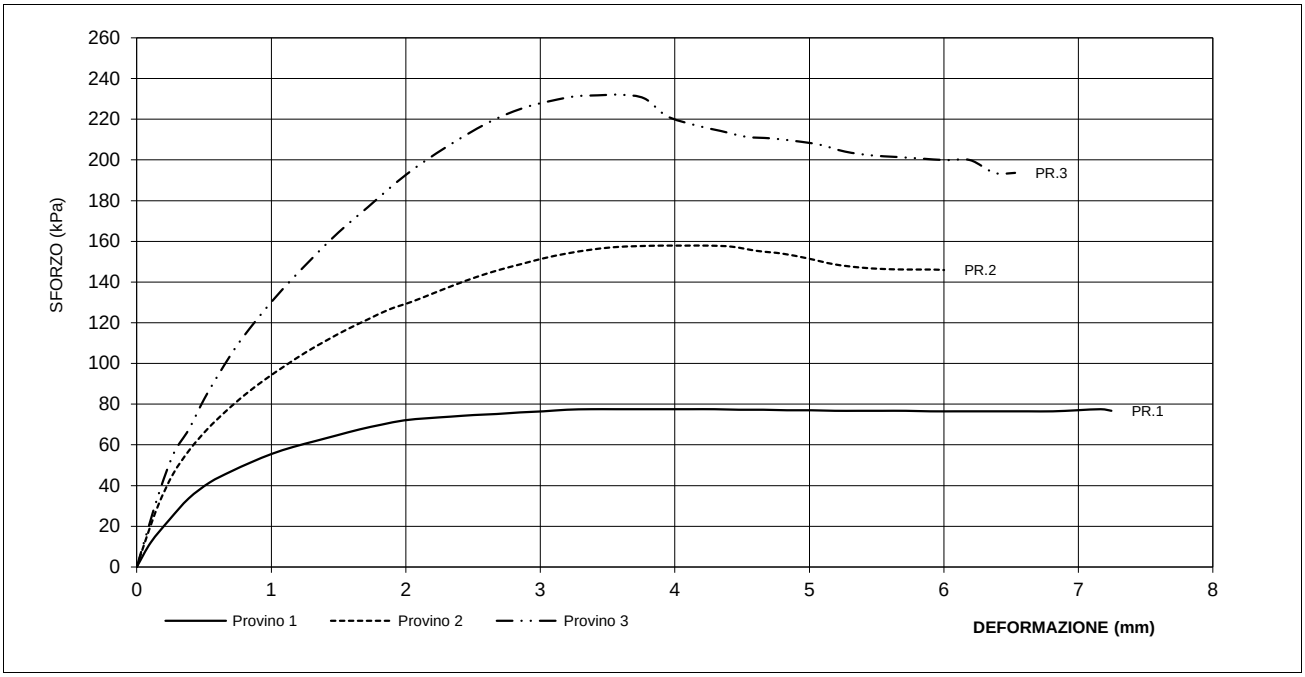
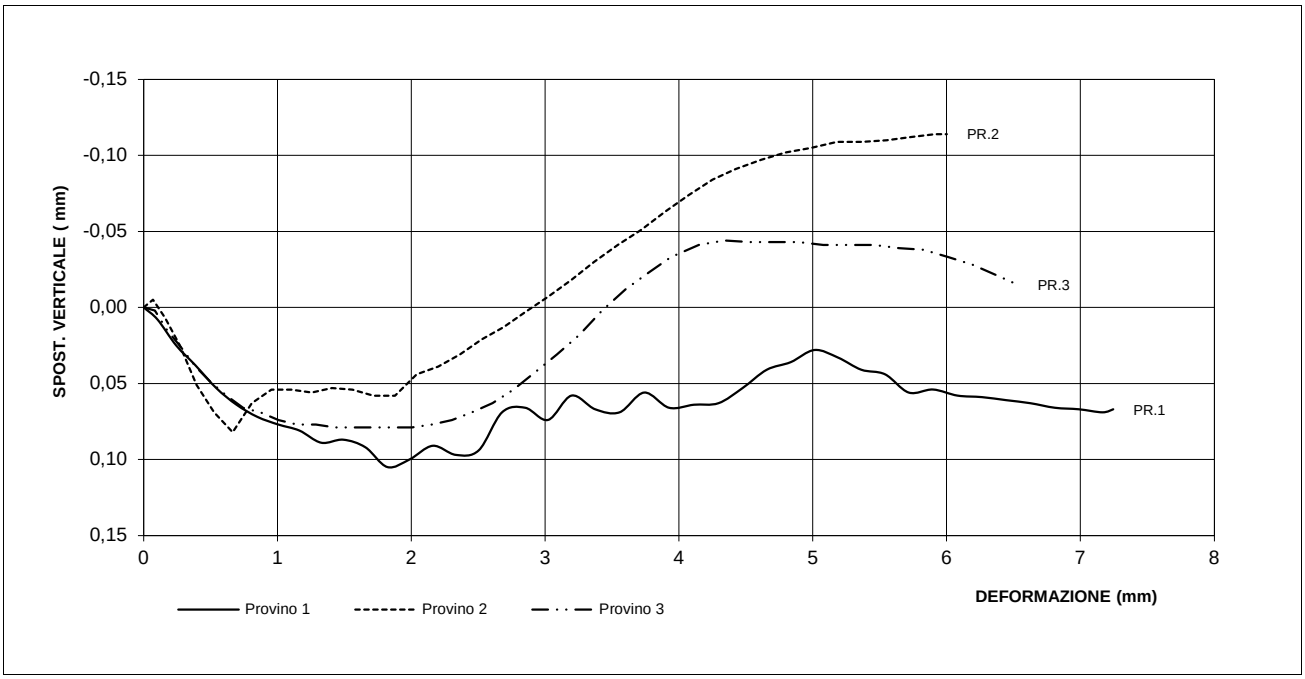


DIAGRAMMA SPOSTAMENTO VERTICALE / DEF.



LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per G.P.A. S.r.l.	SOND.: 1	PAGINA: 20	
	CAMP.: SH2	PAGINA CERTIFICATO 2 di 3	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	da m: 7,50		
	a m: 8,00	N° CERTIFICATO	
N° VERBALE 848 — N° COMMESSA 745	ID. INTERNO 3162	**12707 TD**	

DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/02/19 — DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19 — DATA INIZIO PROVA 28/02/19 — DATA FINE PROVA 06/03/19

DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO

PROVINO 1 — **PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 98**

Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.
0,00	0,00	0,000	4,48	77,26	0,053						
0,10	12,02	0,008	4,66	77,26	0,041						
0,24	23,24	0,025	4,84	77,00	0,036						
0,39	33,68	0,038	5,01	77,00	0,028						
0,54	41,51	0,053	5,19	76,74	0,033						
0,69	46,73	0,064	5,36	76,74	0,041						
0,85	51,43	0,072	5,54	76,74	0,044						
1,01	55,60	0,077	5,72	76,74	0,056						
1,16	59,00	0,081	5,90	76,48	0,054						
1,33	61,87	0,089	6,08	76,48	0,058						
1,49	64,74	0,087	6,26	76,48	0,059						
1,66	67,61	0,092	6,45	76,48	0,061						
1,82	69,96	0,105	6,63	76,48	0,063						
1,99	72,04	0,100	6,81	76,48	0,066						
2,16	73,09	0,091	6,99	77,00	0,067						
2,33	73,87	0,097	7,17	77,52	0,069						
2,50	74,65	0,094	7,25	76,74	0,067						
2,68	75,18	0,069									
2,85	75,96	0,066									
3,02	76,48	0,074									
3,20	77,26	0,058									
3,37	77,52	0,067									
3,56	77,52	0,069									
3,74	77,52	0,056									
3,93	77,52	0,066									
4,11	77,52	0,064									
4,30	77,52	0,063									

PROVINO 2 — **PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 196**

Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.
0,00	0,00	0,000	4,07	157,90	-0,074						
0,07	13,85	-0,005	4,25	157,90	-0,084						
0,16	30,55	0,007	4,42	157,38	-0,091						
0,27	45,69	0,025	4,61	155,29	-0,097						
0,39	57,69	0,051	4,80	153,98	-0,102						
0,53	67,87	0,069	4,99	151,64	-0,105						
0,67	76,74	0,082	5,18	148,77	-0,109						
0,81	84,83	0,063	5,37	147,20	-0,109						
0,95	92,14	0,054	5,55	146,42	-0,110						
1,10	98,92	0,054	5,73	146,16	-0,112						
1,26	105,45	0,056	5,91	146,16	-0,114						
1,41	111,19	0,053	6,00	145,90	-0,114						
1,56	116,67	0,054									
1,72	121,63	0,058									
1,88	126,58	0,058									
2,04	130,24	0,044									
2,20	134,41	0,039									
2,36	138,59	0,031									
2,53	142,50	0,021									
2,69	145,90	0,013									
2,85	148,77	0,003									
3,02	151,64	-0,007									
3,19	153,98	-0,018									
3,37	155,81	-0,030									
3,54	157,12	-0,041									
3,72	157,64	-0,051									
3,90	157,90	-0,063									

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per G.P.A. S.r.l.	SOND.: 1	PAGINA: 21	
	CAMP.: SH2	PAGINA CERTIFICATO 3 di 3	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	da m: 7,50	N° CERTIFICATO	
	a m: 8,00	**12707 TD**	
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO 3162	

DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/02/19 | DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19 | DATA INIZIO PROVA 28/02/19 | DATA FINE PROVA 06/03/19

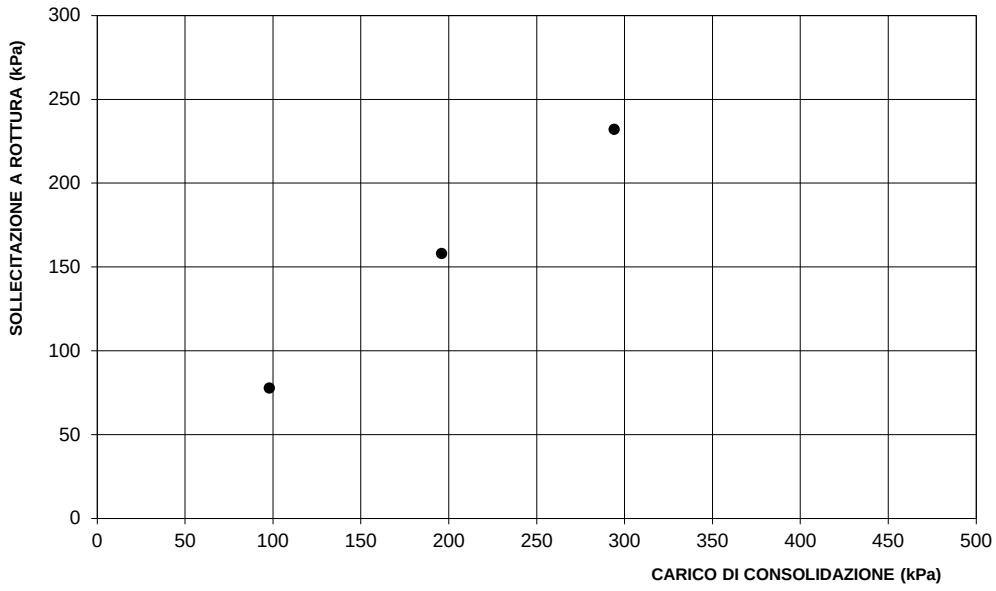
DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO

PROVINO 3 — **PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 294**

Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.
0,00	0,00	0,000	3,78	230,18	-0,023						
0,08	18,81	0,002	3,94	221,57	-0,033						
0,17	38,12	0,015	4,15	217,14	-0,041						
0,28	56,13	0,026	4,34	214,27	-0,044						
0,39	67,61	0,039	4,53	211,40	-0,043						
0,50	82,48	0,049	4,71	210,61	-0,043						
0,62	95,79	0,058	4,89	209,31	-0,043						
0,75	108,84	0,066	5,08	207,48	-0,041						
0,87	120,06	0,069	5,27	204,09	-0,041						
1,01	130,76	0,074	5,46	202,26	-0,041						
1,15	140,94	0,077	5,65	201,48	-0,039						
1,29	150,59	0,077	5,83	200,70	-0,038						
1,43	159,99	0,079	6,01	199,91	-0,033						
1,57	168,60	0,079	6,20	199,91	-0,028						
1,72	176,69	0,079	6,38	193,65	-0,021						
1,86	185,04	0,079	6,53	193,65	-0,015						
2,00	192,87	0,079									
2,15	199,91	0,077									
2,30	206,44	0,074									
2,45	212,44	0,069									
2,61	218,18	0,063									
2,76	222,88	0,054									
2,92	226,53	0,043									
3,09	229,14	0,031									
3,26	231,23	0,018									
3,43	231,75	0,002									
3,60	232,01	-0,012									

NOTE

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO



LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

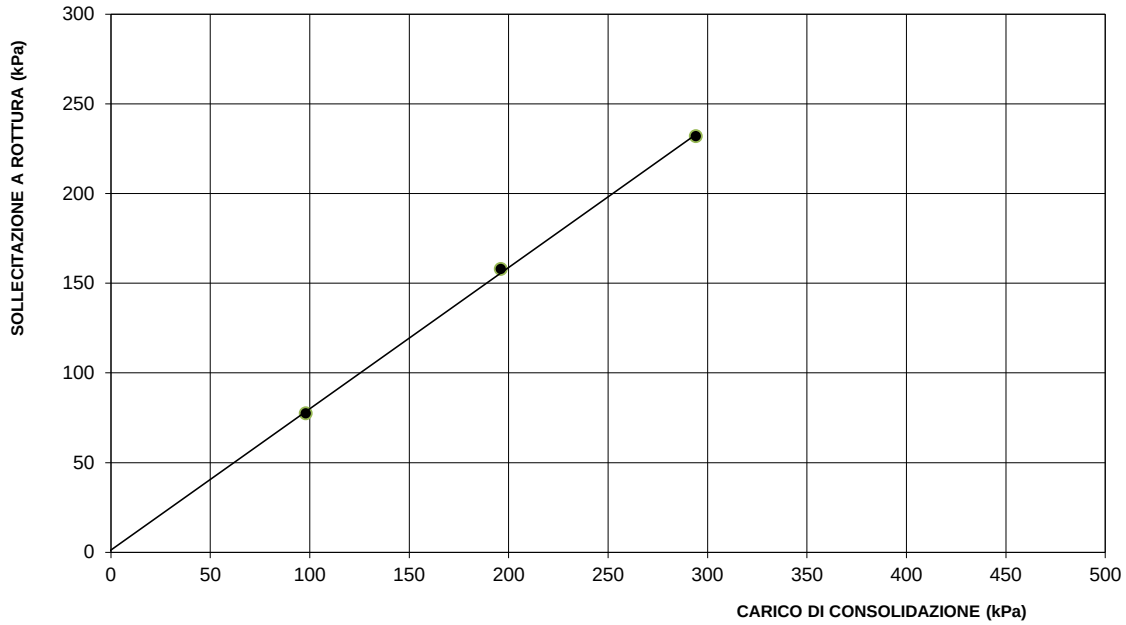
CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per G.P.A. S.r.l.		SOND.:	1	PAGINA: 22
		CAMP.:	SH2	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)		da m:	7,50	PAGINA ALLEGATO 1 DI 1
		a m:	8,00	
DATA INIZIO PROVA	28/02/19	DATA FINE PROVA	06/03/19	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.

ASTM D 3080

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO



RISULTATI TAGLIO DRENATO		NOTE
COESIONE EFFICACE (kPa)	1	LA RETTA DI INVILUPPO CHE PASSA PER I TRE PUNTI E' UNA LINEA DI INTERPOLAZIONE SENZA ALCUNA INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI.
ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE	38	

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ALLEGATO 3 - ANNO 2019

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. **per G.P.A. S.r.l.**	SOND.: 1 CAMP.: SH4	PAGINA: 23	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	da m: 18,00 a m: 18,50	N° IDENTIFICATIVO INTERNO 3163	
DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIFICATI 12/03/19		

FOGLIO RIEPILOGATIVO DELLE CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICO-MECCANICHE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE CHIMICHE

FRAZIONE CARBONIO ORG. MEDIA (%)		REAZIONE DEL SUOLO (PH)		TENORE CARBONATI
SOSTANZA ORGANICA S.O.		TENORE SOLFATI		

CARATTERISTICHE FISICHE

UMIDITA' NATURALE	W_n	28,3	(%)	PESO DI VOLUME NATURALE	γ_n	20,42	(kN/m^3)
INDICE DEI VUOTI	**e**		(-)	PESO DI VOLUME SECCO	γ_d	15,92	(kN/m^3)
POROSITA'	**n**		(%)	PESO DI VOLUME SATURO	γ_{sat}		(kN/m^3)
GRADO DI SATURAZ.	S_r		(%)	PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s		(kN/m^3)

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE *(SECONDO UDDEN - WENTWORTH)*

/			PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)		
GHIAIA (%):	**SABBIA (%):**	**LIMO (%):**	**ARGILLA (%):**	U.S.C.S.	AASHTO
64 - 2 mm	2 - 0,0625 mm	0,0625 - 0,0039 mm	< 0,0039 mm	**/**	**/**

CARATTERISTICHE DI PLASTICITA' E PERMEABILITA'

CLASSIFICAZIONE SECONDO ABACO DI PLASTICITA	**/**		CONSISTENZA DEL MATERIALE SECONDO **IC**		
LIMITE DI LIQUIDITA'	W_L	(%)	LIMITE DI RITIRO	W_S	(%)
LIMITE DI PLASTICITA'	W_P	(%)	INDICE DI CONSISTENZA	**IC**	(-)
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**	(%)	ATTIVITA' (IP / %< 0,002mm)	**Ac**	(-)
PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		(kPa)	PERMEABILITA'	**k**	(m/sec)

CARATTERISTICHE MECCANICHE

VAN TEST	/	**Cu** (kPa)	POCKET PENETROMETER		/	**σf** (kPa)
ESPANSIONE LATERALE LIBERA			σ_f	(kPa)	ε	(%)
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.			VALORI DI PICCO		VALORI RESIDUI	
			C' 3	(kPa)	C_r	(kPa)
			ϕ' 37	(°)	ϕ_r	(°)
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE	CID		CIU		UU	
	C'	(kPa)	**C**	(kPa)	C_u	(kPa)
	ϕ'	(°)	**ϕ**	(°)	ϕ_u	(°)

CARATTERISTICHE EDOMETRICHE

DA σ' (kPa)	A σ' (kPa)	E_{ed} (kPa)	m_v (kPa^{-1})	c_v (cm^2/sec)	k (cm/sec)

INDICE CBR (2,5) (%) =	**CARATTERISTICHEOTTIMALI PROCTOR**	P.VOLUME SEC. γd (kN/m^3
INDICE CBR (5,0) (%) =	PESO DI VOL. UMIDO γn (kN/m^3)	UMIDITA' W (%)

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. **per G.P.A. S.r.l.**			SOND.:	1	PAGINA: 24
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)			CAMP.:	SH4	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
			da m:	18,00	
			a m:	18,50	
N° VERBALE	848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO:	3163	
DATA RICEVIMENTO CAMPIONE	13/02/19	DATA APERTURA CAMPIONE 27/02/19	DATA EMISSIONE CERTIFICATO		12/03/19

SCHEDA CAMPIONE

CARATTERISTICHE DI CAMPIONAMENTO

TIPO DI PERFORAZIONE	ASTE E CAROTIERE	TIPO DI CAMPIONATORE	SHELBY
TIPO DI CONTENITORE	INOX	LUNGHEZZA CONTENITORE (cm)	50
LUNGHEZZA REALE CAMPIONE (cm)	50	DIAMETRO CAMPIONE (mm)	85

DESCRIZIONE ED ANALISI PRELIMINARI

POCKET(kPa)	V.TEST(kPa)	CAMPIONE	UBICAZIONE PROVE	DESCRIZIONE
/	/			Sabbia di colore grigio, addensata.
/	/		← TD	
/	/			
/	/			
/	/			
/	/	Basso	STATO DICHIARATO DEL CAMPIONE: INDISTURBATO	REAZIONE ALL'HCl: DEBOLE
			/	CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981): 1

DETERMINAZIONI ESEGUITE

PROVE ESEGUITE		DATA INIZIO	DATA FINE	PROVE ESEGUITE	DATA INIZIO	DATA FINE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	X	27/02/19	03/03/19	PROVA TRIASSIALE TIPO CID		
PESO DI VOLUME NATURALE	X	28/02/19	02/03/19	PROVA DI COSTIPAMENTO PROCTOR		
PESO SPECIFICO DEI GRANULI				PROVA C.B.R.		
ANALISI GRANULOMETRICA				PROVA DI PERMEABILITA' IN EDOMETRO A CARICO VARIABILE		
LIMITI DI ATTERBERG				PROVA DI PERMEABILITA' IN CELLA TRIASSIALE		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.	X	28/02/19	06/03/19	PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO				DETERMINAZIONE PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA				PROVA DI RIGONFIAMENTO METODO HUDER-AMBERG		
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA				DETERMINAZIONE DEFORMAZIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA TRIASSIALE TIPO UU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI CARBONATI		
PROVA TRIASSIALE TIPO CIU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SOSTANZE ORGANICHE		
PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)				PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)		

NOTE

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. **per G.P.A. S.r.l.**			SOND.:	1	PAGINA: 25
			CAMP.:	SH4	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)			da m:	18,00	
			a m:	18,50	N° CERTIFICATO
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745		ID. INTERNO	3163	**12708 WN**
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19	DATA INIZIO PROVA 27/02/19	DATA FINE PROVA 03/03/19		

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE W_n

ASTM D 2216

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	/

PROVA DI RIFERIMENTO	W_1	W_2	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
PESO CAPS. (g)	29,76	29,52					29,71	29,53	29,07	
P.UMIDO+CAPS. (g)	67,6	70,9					62,56	81,22	83,5	
P.SECCO+CAPS. (g)	58,51	60,99					54,01	72,69	73,21	
W (%)	31,6	31,5					35,2	19,8	23,3	

PROVA DI RIFERIMENTO	ELL	ELL	ELL	UU	UU	UU	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
PESO CAPS. (g)										
P.UMIDO+CAPS. (g)										
P.SECCO+CAPS. (g)										
W (%)										

MEDIA VALORI Wn TRATTO PROVA TD	26,1 (%)	MEDIA VALORI Wn TRATTO PROVA Trx CID	/	MEDIA VALORI Wn TRATTO PROVA ELL	/	**Wn MEDIO TOTALE 28,3 (%)**

NOTE

I contenuti d'acqua naturale W_1 e W_2 si riferiscono all'apertura del campione.

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	**Songeo S.r.l.** **per G.P.A. S.r.l.** Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)		SOND.: 1 CAMP.: SH4 da m: 18,00 a m: 18,50	PAGINA: 26 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 N° CERTIFICATO **12709 PV**
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO 3163		
DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19	DATA INIZIO PROVA 28/02/19	DATA FINE PROVA 02/03/19	

PESO DI VOLUME NATURALE γ_n

ASTM D 2937

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	/

PROVA DI RIFERIMENTO	**γn_1**	**γn_2**	**ED**	**Trx CID**	**Trx CID**	**Trx CID**	**TD**	**TD**	**TD**	**Perm Trx**
VOL. FUST. (cm^3)							66,60	66,60	66,60	
P. FUST. (g)							50,40	50,40	50,40	
PESO TOTALE (g)							188,07	188,34	190,74	
γ_n (kN/m^3)							20,27	20,31	20,66	

PROVA DI RIFERIMENTO	**UU**	**UU**	**UU**	**ELL**	**ELL**	**ELL**	**PR. RIG.**	**HUDER-A.**	**RC**	**TTC**
VOL. FUST. (cm^3)										
P. FUST. (g)										
PESO TOTALE (g)										
γ_n (kN/m^3)										

MEDIA VALORI γ_n TRATTO PROVA TD	20,42 (kN/m^3)	MEDIA VALORI γ_n TRATTO PROVA Trx CID	/	MEDIA VALORI γ_n TRATTO PROVA ELL	/	**γ_n MEDIO TOTALE 20,42 (kN/m^3)**

NOTE

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per **G.P.A. S.r.l.**	SOND.: 1	PAGINA: 27	
	CAMP.: SH4	PAGINA CERTIFICATO 1 di 3	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	da m: 18,00		
	a m: 18,50	N° CERTIFICATO **12710 TD**	
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO 3163	

DATA RICEVIMENTO CAMP.	13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF.	12/03/19	DATA INIZIO PROVA 28/02/19	DATA FINE PROVA 06/03/19

PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D. *ASTM D 3080*

CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE E AL TAGLIO

PROVINO	LATO	ALTEZZA	INIZIO CONS.	UMIDITA' NAT.	PESO DI VOL.	CONSOLIDAZIONE 24 h		FINE CONSOL.	VELOCITA'	VALORI DI SFORZO MAX.	
N°	L (mm)	H (mm)	VOL. (cm^3)	Wn (%)	γ_n (kN/m^3)	σ' (kPa)	CEDIM. (mm)	VOL. (cm^3)	(mm/min)	τ (kPa)	δ_t (mm)
1	60,00	18,50	66,60	35,2	20,27	98	0,439	65,0	0,05	83,03	4,983
2	60,00	18,50	66,60	19,8	20,31	196	0,858	63,5	0,05	141,97	3,659
3	60,00	18,50	66,60	23,3	20,66	294	0,941	63,2	0,05	232,12	4,525

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	INDISTURBATO	/

DIAGRAMMA SFORZO / DEFORMAZIONI

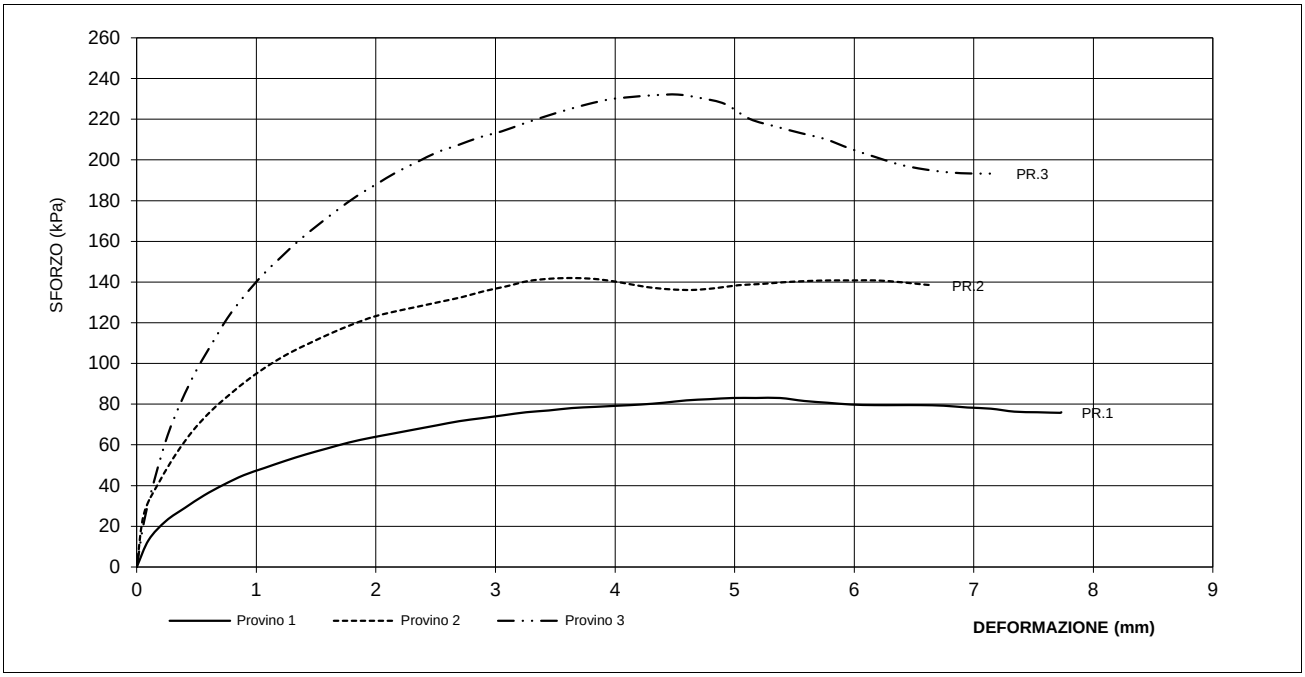
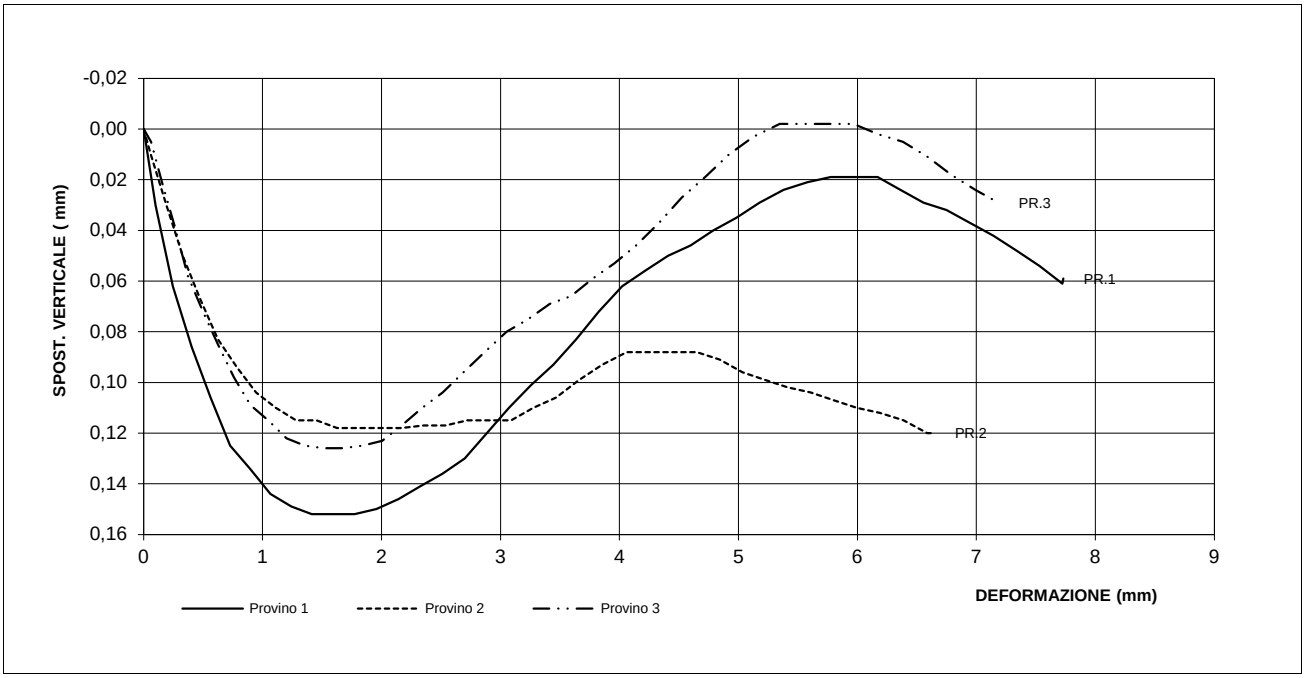


DIAGRAMMA SPOSTAMENTO VERTICALE / DEF.



LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per G.P.A. S.r.l.	SOND.: 1	PAGINA: 28	
	CAMP.: SH4	PAGINA CERTIFICATO 2 di 3	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	da m: 18,00		
	a m: 18,50	N° CERTIFICATO **12710 TD**	
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO 3163	

DATA RICEVIMENTO CAMP. 13/02/19 | DATA EMISSIONE CERTIF. 12/03/19 | DATA INIZIO PROVA 28/02/19 | DATA FINE PROVA 06/03/19

DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO

PROVINO 1 — **PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 98**

Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.
0,00	0,00	0,000	4,79	82,45	0,040						
0,10	13,30	0,030	4,98	83,03	0,035						
0,25	22,64	0,062	5,18	83,03	0,029						
0,40	29,06	0,086	5,38	83,03	0,024						
0,56	35,19	0,106	5,58	81,58	0,021						
0,73	40,44	0,125	5,78	80,70	0,019						
0,90	45,11	0,134	5,97	79,83	0,019						
1,07	48,61	0,144	6,17	79,53	0,019						
1,24	52,11	0,149	6,36	79,53	0,024						
1,41	55,32	0,152	6,56	79,53	0,029						
1,59	58,24	0,152	6,75	79,24	0,032						
1,77	61,15	0,152	6,95	78,37	0,037						
1,96	63,49	0,150	7,14	77,78	0,042						
2,14	65,53	0,146	7,34	76,32	0,048						
2,33	67,57	0,141	7,53	76,03	0,054						
2,51	69,61	0,136	7,72	75,74	0,061						
2,70	71,66	0,130	7,73	76,03	0,059						
2,89	73,11	0,120									
3,07	74,57	0,110									
3,26	76,03	0,101									
3,45	76,91	0,093									
3,64	78,07	0,083									
3,83	78,66	0,072									
4,02	79,24	0,062									
4,22	79,83	0,056									
4,41	80,70	0,050									
4,60	81,87	0,046									

PROVINO 2 — **PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 196**

Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.
0,00	0,00	0,000	4,65	136,14	0,088						
0,06	26,14	0,010	4,84	137,01	0,091						
0,19	42,19	0,030	5,03	138,47	0,096						
0,33	55,61	0,050	5,23	139,05	0,099						
0,47	67,28	0,067	5,42	139,93	0,102						
0,63	76,91	0,083	5,61	140,51	0,104						
0,78	85,08	0,094	5,80	140,80	0,107						
0,95	92,66	0,104	6,00	140,80	0,110						
1,11	99,37	0,110	6,19	140,80	0,112						
1,28	105,21	0,115	6,39	139,93	0,115						
1,45	110,17	0,115	6,59	138,76	0,120						
1,63	114,84	0,118	6,65	138,47	0,120						
1,80	119,21	0,118									
1,98	123,01	0,118									
2,17	125,63	0,118									
2,35	127,97	0,117									
2,54	130,30	0,117									
2,72	132,63	0,115									
2,91	135,55	0,115									
3,09	137,89	0,115									
3,28	140,51	0,110									
3,47	141,68	0,106									
3,66	141,97	0,099									
3,86	141,39	0,093									
4,06	139,64	0,088									
4,26	137,59	0,088									
4,46	136,43	0,088									

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per G.P.A. S.r.l.	SOND.: 1	PAGINA: 29	
	CAMP.: SH4	PAGINA CERTIFICATO 3 di 3	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	da m: 18,00	N° CERTIFICATO	
	a m: 18,50	**12710 TD**	
N° VERBALE 848	N° COMMESSA 745	ID. INTERNO 3163	

DATA RICEVIMENTO CAMP.	13/02/19	DATA EMISSIONE CERTIF.	12/03/19	DATA INIZIO PROVA 28/02/19	DATA FINE PROVA 06/03/19

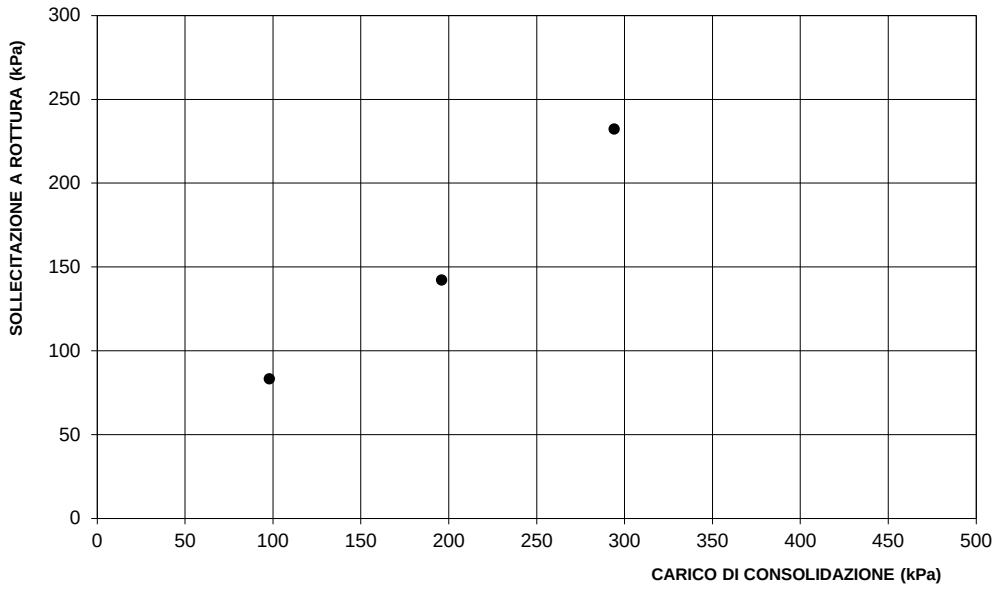
DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO

PROVINO 3 — **PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 294**

Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.	Def.	τ (kPa)	Def.Vert.
0,00	0,00	0,000	4,14	230,96	0,046						
0,06	22,35	0,005	4,33	231,83	0,037						
0,15	43,94	0,021	4,53	232,12	0,027						
0,26	64,65	0,038	4,72	230,37	0,019						
0,37	81,28	0,058	4,92	227,46	0,010						
0,50	96,46	0,072	5,13	220,16	0,003						
0,62	109,29	0,085	5,35	216,37	-0,002						
0,76	122,42	0,098	5,56	213,16	-0,002						
0,90	133,22	0,109	5,76	210,24	-0,002						
1,05	143,14	0,115	5,97	205,57	-0,002						
1,20	151,89	0,122	6,17	201,49	0,002						
1,36	160,35	0,125	6,38	197,70	0,005						
1,51	167,94	0,126	6,59	195,36	0,011						
1,67	175,23	0,126	6,79	193,90	0,018						
1,84	182,23	0,125	6,99	193,32	0,024						
2,00	188,07	0,123	7,19	193,32	0,029						
2,17	193,90	0,117									
2,34	198,86	0,110									
2,51	203,82	0,104									
2,69	207,33	0,096									
2,87	211,12	0,088									
3,05	214,04	0,080									
3,23	217,83	0,075									
3,41	221,33	0,069									
3,59	224,54	0,066									
3,78	227,46	0,059									
3,96	229,79	0,053									

NOTE

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO



LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

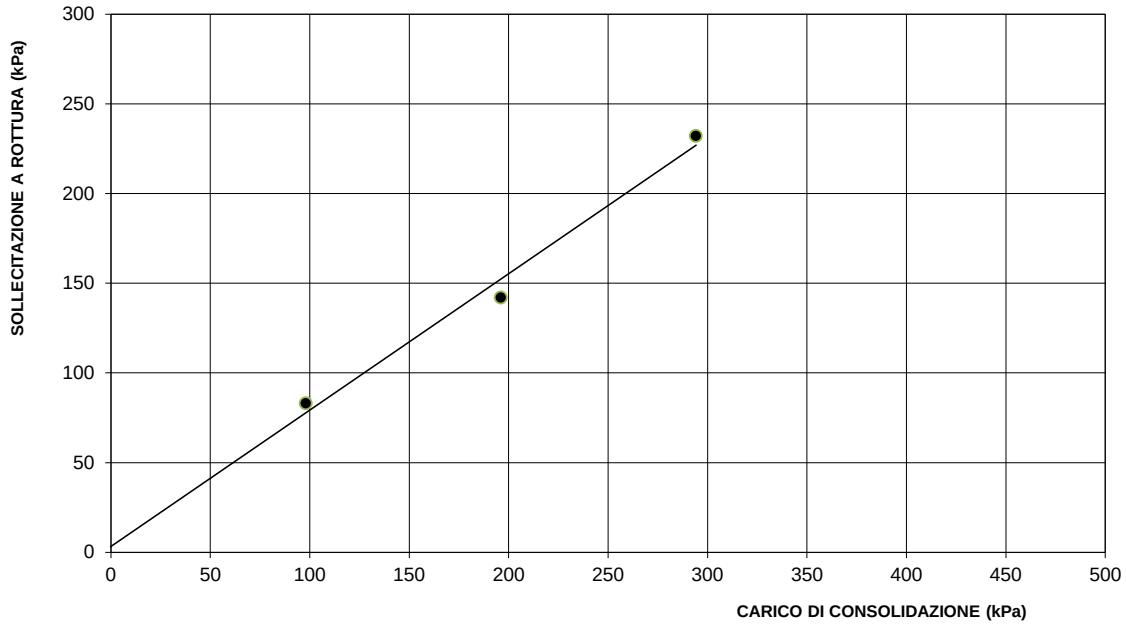
CNG S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Squinzano, 87 - 00133 Roma
Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it

Songeo S.r.l. per G.P.A. S.r.l.	SOND.: 1	PAGINA: 30	
Stabilimento Nuovo Pignone Avenza (MS)	CAMP.: SH4	da m: 18,00	a m: 18,50
DATA INIZIO PROVA 28/02/19	DATA FINE PROVA 06/03/19	PAGINA ALLEGATO 1 DI 1	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.

ASTM D 3080

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO



RISULTATI TAGLIO DRENATO		NOTE
COESIONE EFFICACE (kPa)	3	LA RETTA DI INVILUPPO CHE PASSA PER I TRE PUNTI E' UNA LINEA DI INTERPOLAZIONE SENZA ALCUNA INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI.
ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE	37	

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE
AL PIANO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

Allegato 7 – Sondaggi TECNA 2020

Rilievi e analisi: Dott. Geol. Leonardo Moretti(D.R.E.Am. Italia)

NOVEMBRE 2025

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

UBICAZIONE

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione vietata ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e del Regolamento UE 679/2016.

TECNA Srl
Sede Legale : Via Ser Gorello, 11/a - 52100 AREZZO - Cod. fiscale e Part. IVA: 01358250510
Uffici e Deposito : Via A. Grandi, 51 - 52100 AREZZO - tel: 0575 – 323501 - fax e tel: 0575 - 1979797
E-mail: info@geognostica.it - tecna@geognostica.it - Skype : tecna.ufficio - tecna.porta

ALLEGATO 4 STRATIGRAFIA

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 4542 del 13/04/2012

Committente	Località		Certificato n° / Data
GPA Nuovo Pignone	Avenza - Massa (MS)		194 del 13-08-2020
Cantiere	**Sondaggio n.**	**Inizio / Fine Esecuzione**	**Commessa n° / Data**
Indagini geognostiche	S 1	04-08-2020	101 del 10-07-2020

Responsabile di sito	Operatore	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Diametro perforazione / Diametro rivestimento
Geol Luigi Farini	Mongi	continuo	Beretta T44	101 mm - 127 mm

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.
			0.00					
		Terreno vegetale sabbioso-limoso di colore marrone con rari frammenti litici e	0.80					
1		Terreno detritico eterogeneo di riporto costituito da frammenti litici eterometrici di natura carbonatica prevalente, scorie nerastre, immersi in una matrice sabbiosolimosa di colore da marrone grigiastro a nerastro	2.10					
2		Limo sabbioso di colore grigiastro	2.40					
3		Deposito di sabbie dalla granulometria grossolana con orizzonti di spessore metrico rappresentati da sabbie a minore granulometria e con una rara matrice fine di natura limosa; localmente si rileva nel deposito la presenza di rari frammenti litici e ciottoli di piccole dimensioni e colore nerast		3-5-7 3.50 PC	3.00 R 3.50			
4								#1
5								5.00
6					6.00 R 6.50			
7								
8				3-6-8				
9				9.00 PC				
10								#2
11					10.50 R 11.00			10.00
12								
13								
14								#3
15				6-9-11				15.00
16				15.50 PC				
17								
18								
19								
20			20.50				(RM)	# 4
21		Limi sabbiosi e sabbie e ghiaie in matrice limosa di colore marrone rossiccio.						20.00
22			22.30				21.00	
23		Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone rossiccio con locali ciottoli e frammenti litici grossolani di natura eterogenea carbonatica	23.30			(CS) 23.00		# 5 23.00

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione:RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio:continuo
Sonda:Beretta T44

Responsabile di sito
Geol. Luigi Farini

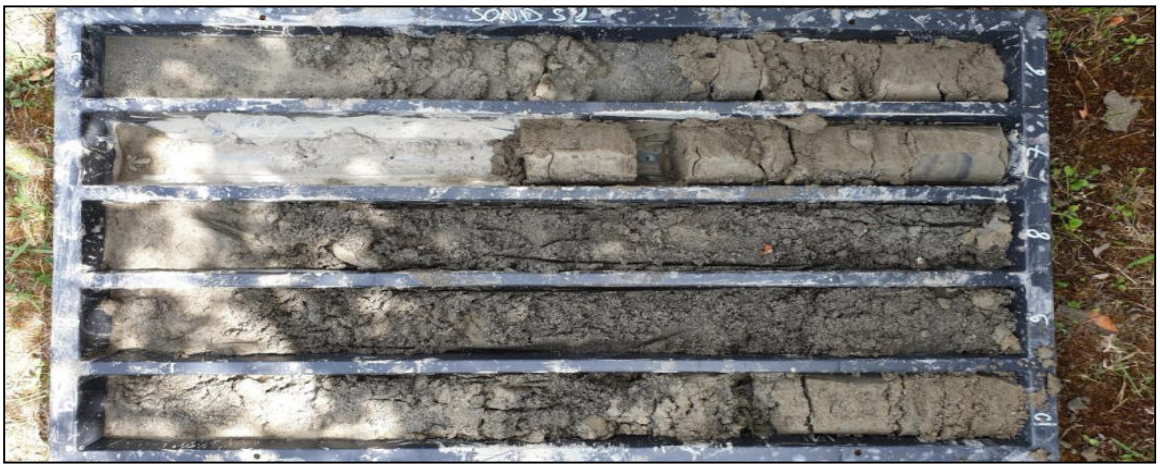
Direttore laboratorio
Dr. Moretti Giuliano

Campioni prelevati n° (data prelievo) 03 (04-08-2020)

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SI

Sondaggio S1 cassetta n°1 da 0,0 a 5,0 mt



Sondaggio S1 cassetta n°2 da 5,0 a 10,0 mt

Sondaggio S1 cassetta n°3 da 10,0 a 15,0 mt

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione vietata ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e del Regolamento UE 2016/679.

Sondaggio S1 cassetta n°4 da 15,0 a 20,0 mt

Sondaggio S1 cassetta n°5 da 20,0 a 23,3 mt

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione vietata ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e del Regolamento UE 679/2016.

TECNA Srl
Sede Legale : Via Ser Gorello, 11/a - 52100 AREZZO - Cod. fiscale e Part. IVA: 01358250510
Uffici e Deposito : Via A. Grandi, 51 - 52100 AREZZO - tel: 0575 – 323501 - fax e tel: 0575 - 1979797
E-mail: info@geognostica.it - tecna@geognostica.it - Skype : tecna.ufficio - tecna.porta
Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 4542 del 13/04/2012

ALLEGATO 4 STRATIGRAFIA

Committente	Località	Certificato n° / Data
GPA Nuovo Pignone	Avenza - Massa (MS)	195 del 13-08-2020
Cantiere	**Sondaggio n.**	**Inizio / Fine Esecuzione** / **Commessa n° / Data**
Indagini geognostiche	S 2	29-07-2020 30-07-2020 / 101 del 10-07-2020

Responsabile di sito	Operatore	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Diametro perforazione / Diametro rivestimento
Geol Luigi Farini	Mongi	continuo	Beretta T44	101 mm - 127 mm

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Piezometro
			0.00						I-(1
1–2		Asfalto, detrito di riporto eterogeneo con frammenti anche grossolani di marmo e ciottoli immersi in una matrice sabbioso-limosa di colore marrone a tratti grigiastro.	2.40						
3–18		Sabbie grossolane di colore grigiastro con orizzonti metrici a granulometria minore e con una frazione fine limosa; a tratti presenza di orizzonti centimetrici di ghiaia e ciottoli di colore nerastro di piccole dimensioni.	18.20	11-15-26 8.50 PC	3.50 R 4.00; 8.20 R 8.50; 15.00 R 15.50	(CS) 20.00	(RM) 20.00	#1 5.00; #2 10.00; #3 15.00; # 4 20.00	
18–20		Limo sabbioso a tratti debolmente argilloso di colore marrone rossiccio con raro ghiaietto di piccole dimensioni	20.00	11-17-27 15.50 PC					

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione:RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio:continuo Campioni prelevati n° (data prelievo) 03 (29-07-2020)

Sonda:Beretta T44

Responsabile di sito
Geol. Luigi Farini

Direttore laboratorio
Dr. Moretti Giuliano

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

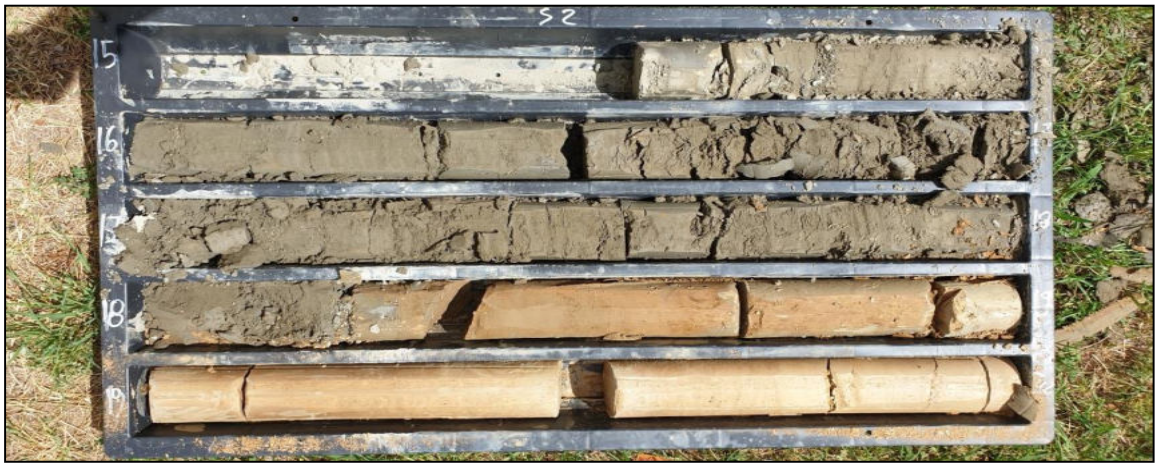
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA S2

Sondaggio S2 cassetta n°1 da 0,0 a 5,0 mt

Sondaggio S2 cassetta n°2 da 5,0 a 10,0 mt

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione vietata ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e del Regolamento UE 679/2016.

Sondaggio S2 cassetta n°3 da 10,0 a 15,0 mt



Sondaggio S2 cassetta n°4 da 15,0 a 20,0 mt

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione vietata ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e del Regolamento UE 679/2016.

TECNA Srl
Sede Legale : Via Ser Gorello, 11/a - 52100 AREZZO - Cod. fiscale e Part. IVA: 01358250510
Uffici e Deposito : Via A. Grandi, 51 - 52100 AREZZO - tel: 0575 – 323501 - fax e tel: 0575 - 1979797
E-mail: info@geognostica.it - tecna@geognostica.it - Skype : tecna.ufficio - tecna.porta
Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 4542 del 13/04/2012

ALLEGATO 4 STRATIGRAFIA

Committente	Località	Certificato n° / Data
GPA Nuovo Pignone	Avenza - Massa (MS)	196 del 13-08-2020
Cantiere	**Sondaggio n.**	**Inizio / Fine Esecuzione** / **Commessa n° / Data**
Indagini geognostiche	S 3	30-07-2020 / 101 del 10-07-2020

Responsabile di sito	Operatore	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Diametro perforazione / Diametro rivestimento
Geol Luigi Farini	Marco	continuo	Beretta T44	101 mm - 127 mm

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Down Hole
			0.00						I-(1
		Detrito di riporto eterogeneo di colore marrone costituito da frammenti litici di varia natura	0.40						
1		Detrito di riporto eterogeneo di colore nerastro e costituito da frammenti litici di	1.00						
2		Detrito di riporto eterogeneo di colore marrone grigiastro e costituito da frammenti litici di vari	2.10	1-1-1	3.00 R 3.30				
3		Sabbie grossolane di colore grigiastro con orizzonti metrici a granulometria minore		3.30 PC				# 1	
4		e con una frazione fine limosa; a tratti presenza di orizzonti centimetrici di ghiaia e						5.00	
5		ciottoli di colore nerastro di piccole dimensioni.							
6									
7									
8					8.50 R				
9				3-4-5	9.00			# 2	
10				9.50 PC				10.00	
11									
12									
13									
14								# 3	
15				5-9-11	15.00 R				
16				15.50 PC	15.50			15.00	
17									
18			19.00						
19		Ghiaie e ciottoli eterometrici ed eterogenei con dimensione talora grossolana			19.20 R			# 4	
20		(elementi carotati) immersi in una matrice limoso-argillosa di colore marrone		28-39-44	19.70			20.00	
21		rossiccio a tratti grigiastra		20.50 PC					
22									
23									
24								# 5	
25								25.00	
26									
27									
28									
29								# 6	
30								30.00	
31			31.20						
32		Deposito limo-sabbioso a tratti debolmente argilloso di colore marrone rossiccio con raro ghiaietto e, localmente, frammenti litici carbonatici di piccole dimensioni.					(RM)		
33			34.00			(CS)		# 7	
34						34.00	34.00	34.00	

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione:RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio:continuo Campioni prelevati n° (data prelievo) 04 (30-07-2020)

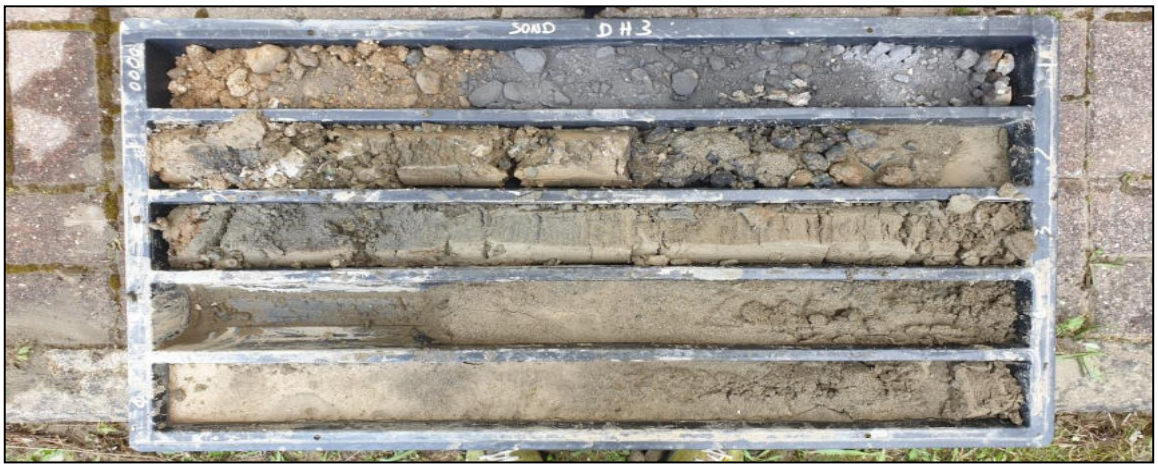
Sonda:Beretta T44

Responsabile di sito
Geol. Luigi Farini

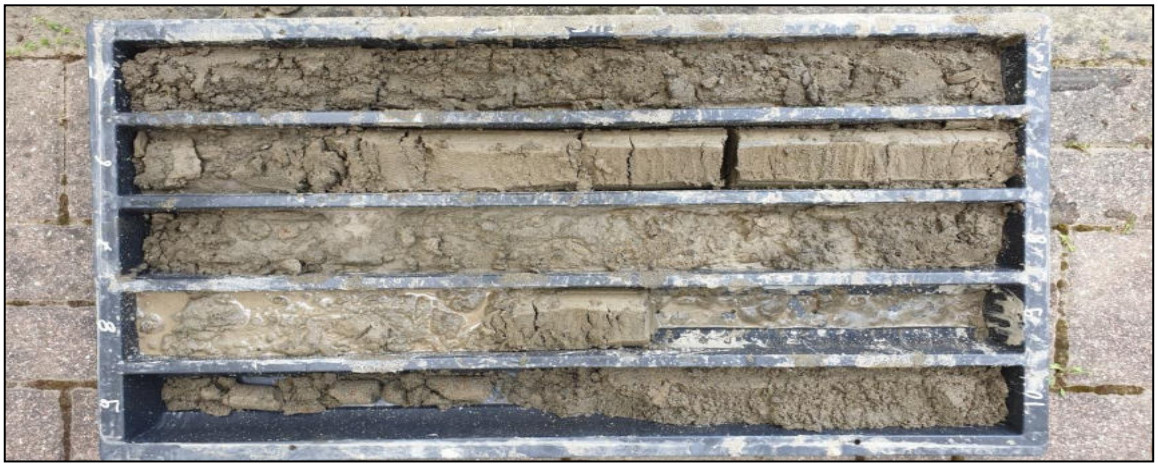
Direttore laboratorio
Dr. Moretti Giuliano

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA S3



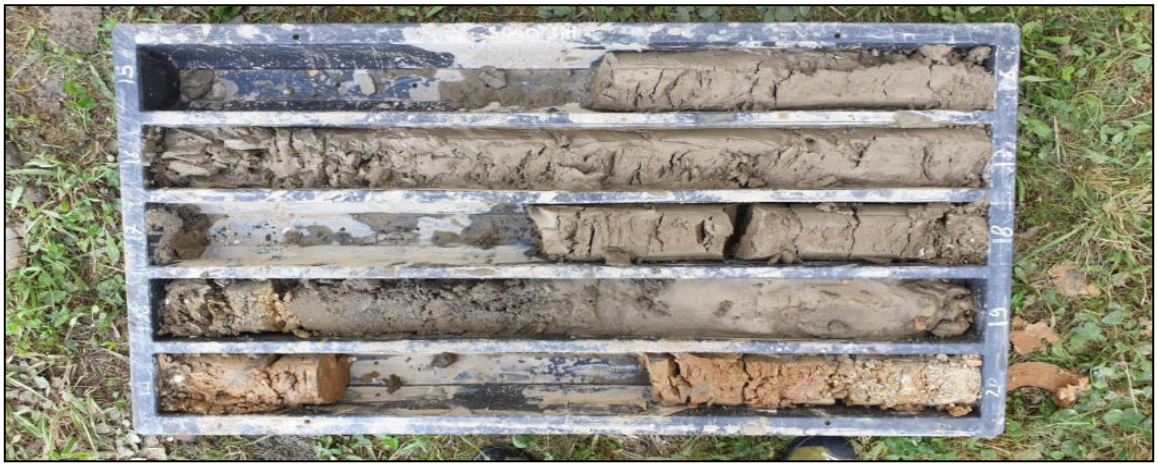
Sondaggio DH3 cassetta n°1 da 0,0 a 5,0 mt



Sondaggio DH3 cassetta n°2 da 5,0 a 10,0 mt

Sondaggio DH3 cassetta n°3 da 10,0 a 15,0 mt

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione vietata ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e del Regolamento UE 679/2016.



Sondaggio DH3 cassetta n°4 da 15,0 a 20,0 mt

Sondaggio DH3 cassetta n°5 da 20,0 a 25,0 mt

Sondaggio DH3 cassetta n°6 da 25,0 a 30,0 mt

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione vietata ai sensi del D.Lgs. 82/2005 e successive modificazioni e integrazioni.

Sondaggio DH3 cassetta n°7 da 30,0 a 34,0 mt

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione vietata ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e del Regolamento UE 2016/679.

TECNA Srl
Sede Legale : Via Ser Gorello, 11/a - 52100 AREZZO - Cod. fiscale e Part. IVA: 01358250510
Uffici e Deposito : Via A. Grandi, 51 - 52100 AREZZO - tel: 0575 – 323501 - fax e tel: 0575 - 1979797
E-mail: info@geognostica.it - tecna@geognostica.it - Skype : tecna.ufficio - tecna.porta

ALLEGATO 4 STRATIGRAFIA

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 4542 del 13/04/2012

Committente: GPA Nuovo Pignone	Località: Avenza - Massa (MS)		Certificato n° / Data: 197 del 27-08-2020
Cantiere: Indagini geognostiche	Sondaggio n.: S 4	Inizio / Fine Esecuzione: 30-07-2020	Commessa n° / Data: 101 del 10-07-2020
Responsabile di sito: Geol Luigi Farini	Operatore:	Tipo Carotaggio: continuo	Tipo Sonda: Beretta T44 — Diametro perforazione / Diametro rivestimento: 101 mm - 127 mm

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.
			0.00					
		Asfalto, detrito di riporto eterogeneo con frammenti anche grossolani di marmo e ciottoli immersi in una matrice sabbioso-limosa di colore marrone a tratti grigiastro.	0.50					
1		Terreno detritico eterogeneo di riporto costituito da frammenti litici eterometrici di natura carbonatica prevalente, scorie nerastre, immersi in una matrice sabbioso-limosa di colore da marrone grigiastro a nerastro.						
2			2.20					
		Deposito di sabbie dalla granulometria grossolana con orizzonti di spessore metrico rappresentati da sabbie a minore granulometria e con una rara matrice fine di natura limosa.						
3								
4					4.50 R			
				3.4.5				# 1
5				5.00 PC	5.00			5.00
6								
7								
8					8.50 R			
9					9.00			
			9.80	4-6-7				# 2
10		Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone.		10.00 PC				10.00
			11.00					
11		Sabbie grossolane di colore grigiastro con orizzonti metrici a granulometria minore e con una frazione fine limosa;					(RM)	
12								
13				8-11-17	13.00 R			
				13.50 PC	13.50			
14							13.50	
			15.00			(CS)		# 3
15						15.00		15.00

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione:RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio:continuo

Sonda:Beretta T44

Responsabile di sito
Geol. Luigi Farini

Direttore laboratorio
Dr. Moretti Giuliano

Campioni prelevati n° (data prelievo) 03 (10-08-2020)

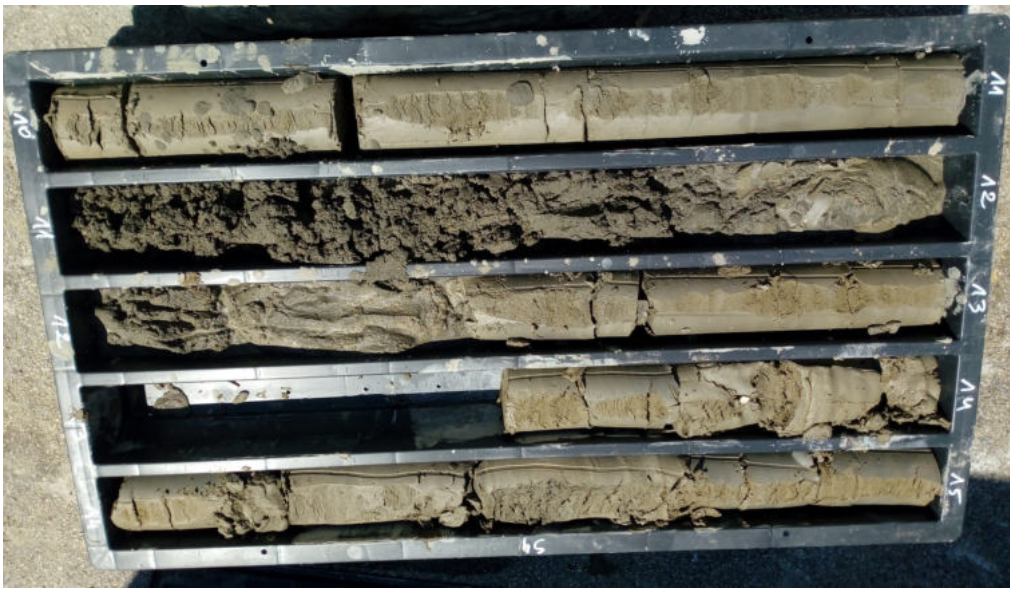
COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA S4

Sondaggio S4 cassetta n°1 da 0,0 a 5,0 mt

Sondaggio S4 cassetta n°2 da 5,0 a 10,0 mt

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione vietata ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e del Regolamento UE 679/2016.



Sondaggio S4 cassetta n°3 da 10,0 a 15,0 mt

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione vietata ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e del Regolamento UE 679/2016.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE
AL PIANO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

Allegato 8 – Indagini sismiche – Down Hole Danesi 2020

Rilievi e analisi: Dott. Geol. Leonardo Moretti(D.R.E.Am. Italia)

NOVEMBRE 2025

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ALESSANDRO DANESI
STUDIO GEOLOGICO

tel. +39 0586 669482
fax. +39 0586 069164
email. studio@alessandrodanesi.com
C.F. DNSLSN77R01I726M
P.I. 01476130495
Centro direzionale VELATHRI
Via dell'Industria, snc
57023 – CECINA

COMUNE DI CARRARA

PROVINCIA DI MASSA CARRARA

COMMITTENTE: GPA SRL

ELABORATI:

RELAZIONE GEOFISICA SULLE INDAGINI ESEGUITE

RIF.	*DATA*
INDAGINI SISMICHE EX GASPARI MENOTTI	**31/08/2020**

PROFESSIONISTA INCARICATO:

DR. GEOL. ALESSANDRO DANESI

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL. ALESSANDRO DANESI N° 1349
Sez. A

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

INDICE

1 PREMESSA 2
1.1 INDAGINI ESEGUITE 2
2 TIPOLOGIE INDAGINE ED ELABORAZIONE 4
2.1 Sismica a rifrazione 4
2.1.1 Acquisizione dati 4
2.1.2 Interpretazione profilo Sismica a rifrazione 4
2.2 MASW 5
2.2.1 Linea 1 6
2.3 ESAC 12
2.3.1 Risultati 12
2.3.2 Conclusioni 15
2.4 DOWNHOLE 16
2.4.1 Procedura sperimentale 16
2.4.2 Interpretazione in down hole con il metodo diretto 17
2.4.3 Risultati Misure Down Hole 19
3 CONCLUSIONI E COMMENTO ALLE INDAGINI 24

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

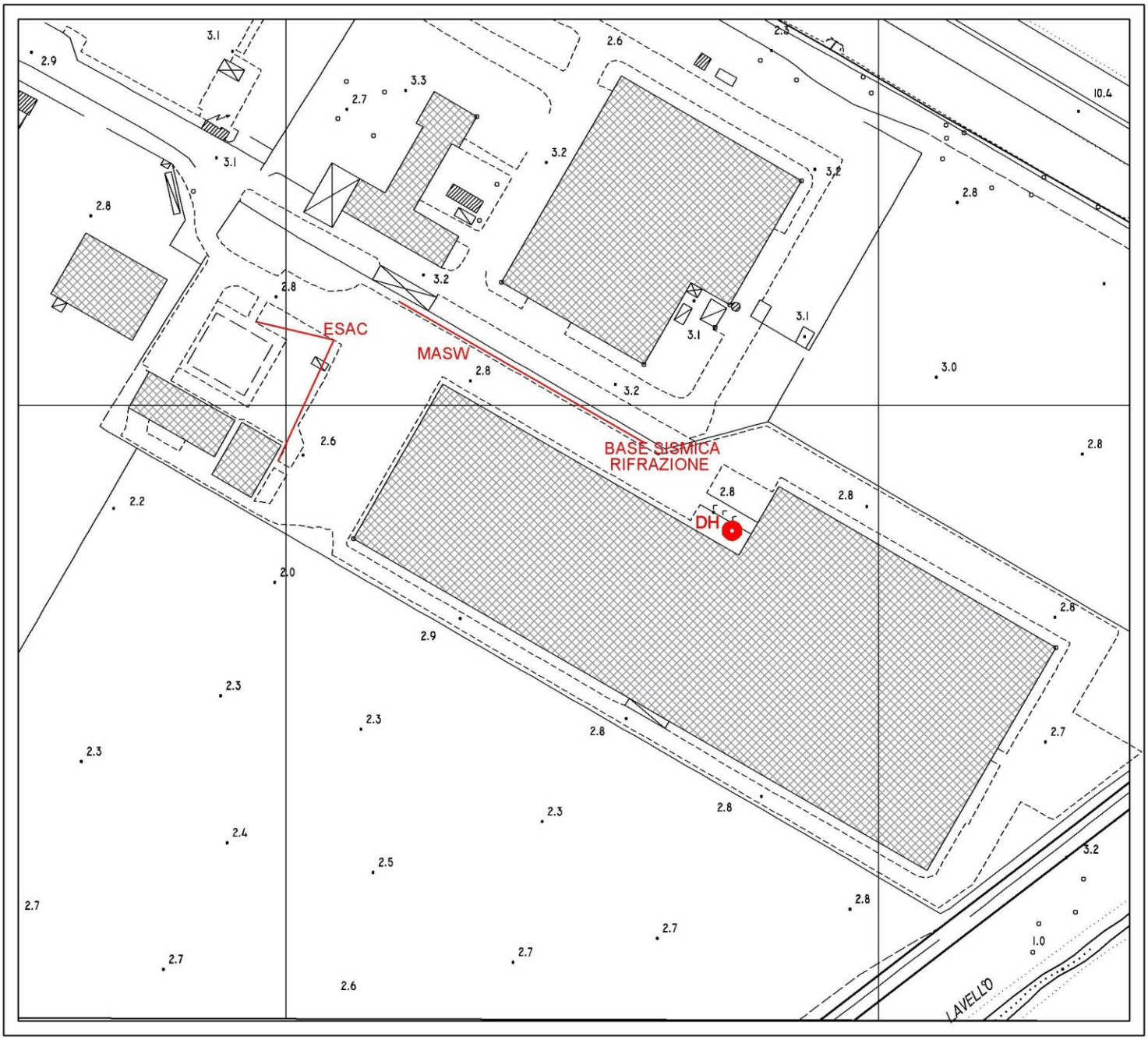
1 PREMESSA

Su incarico della Società GPA Srl è stata effettuata l'indagine sismica descritta nella presente relazione, al fine di fornire una valutazione sulla qualità del substrato di fondazione ed i parametri sismici sito specifici per un'area industriale sito in loc. Avenza attualmente occupata da capannoni ed edifici ex "Gaspari Menotti". Le indagini sono state estese nelle aree di interesse edilizio per i progettisti, la cui ubicazione è presente in allegato.

1.1 INDAGINI ESEGUITE

- Una prospezione sismica a rifrazione denominata Linea 1 in onde P ed Sh della lunghezza complessiva di 110 metri (spari esterni compresi).
- Una indagine di tipo MASW denominata Masw 1 di lunghezza pari a 96 metri.
- Una indagine di tipo ESAC con due bracci ortogonali con lunghezze di 46 e 24 metri rispettivamente denominata ESAC 1 di lunghezza pari a 70 metri.
- Una indagine DownHole eseguita nel foro di sondaggio S3 fino alla profondità di 32 metri da p.c.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.



- Fig. 1 ubicazione indagini ni scala 1:500

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

2 TIPOLOGIE INDAGINE ED ELABORAZIONE

Lo scopo della prospezione sismica è quello di definire la porzione dei litotipi sedimentari determinandone la velocità delle onde di taglio per la corretta verifica a liquefazione e Risposta sismica locale caratterizzando sismicamente il sito di intervento. Le valutazioni relative alle onde di taglio hanno fornito una valutazione sulle caratteristiche sismostratigrafiche, sulla risposta locale e sulle caratteristiche geotecniche (per piccole deformazioni) dei terreni investigati.

2.1 Sismica a rifrazione

2.1.1 Acquisizione dati

I profili sismico a rifrazione è stato eseguito energizzando (su una piastra in hdpe con una mazza da 12 Kg) ad intervalli regolari lungo uno stendimento di 24 sensori detti geofoni: lo stendimento multicanale viene denominato base sismica. L'unione di più basi sismiche lungo uno stesso allineamento costituisce il profilo sismico.

In allegato è riportata l'ubicazione dei profili acquisiti.

I geofoni sono stati disposti con una distanza intergeofonica di 4 metri. Questo ha consentito di avere una buona risoluzione laterale ed una sufficiente profondità di investigazione, compatibilmente con le contingenze logistiche.

La lunghezza complessiva delle prospezioni a rifrazione viene riportata come la lunghezza degli stendimenti (geofoni 1 - 24) sommata ai due tiri esterni ad essa. Per avere un dettaglio della risoluzione quanto più possibile elevata sono stati acquisiti i dati relativi a 11 punti di battuta (per profili sismici a rifrazione).

Le registrazioni sono state acquisite mediante un sismografo digitale ad alta risoluzione, il MAE Sysmatrack a 24 canali e con convertitore analogico-digitale a 24 Bit, interfacciato ad una unità di elaborazione con CPU ad elevata frequenza di clock, grazie alla quale si sono potuti verificare i sismogrammi e le l'analisi nel "time domain" per osservare il comportamento delle varie frequenze.

La qualità dei segnali è risultata buona vista la assenza di rumore ambientale con ottimo rapporto S/N.

Durante tutta la acquisizione si è analizzato in real time lo spettro lineare in frequenza del rumore tramite FFT, per escluderlo dalle registrazioni tramite opportuno filtraggio eseguito in fase di post processing.

2.1.2 Interpretazione profilo Sismica a rifrazione

L'interpretazione dei dati è stata ottenuta mediante l'ausilio di un programma di calcolo software.

I tempi di arrivo delle onde letti in corrispondenza di ciascun geofono permettono di ricostruire dei diagrammi dei tempi di arrivo in funzione della distanza dal punto di tiro detti dromocrone. L'interpretazione delle dromocrone su monitor, che permette di eseguire modifiche ed aggiustamenti continui dell'interpretazione, consente di definire un modello della stratigrafia del terreno, basato sulle variazioni della velocità delle onde di compressione.

Dopo aver assegnato ogni tratto delle dromocrone al primo strato ed ai sottostanti eventuali rifrattori, vengono calcolati i tempi di intercetta, le distanze critiche (punti di rottura delle curve, corrispondenti all'arrivo contemporaneo di onde dirette e rifratte) e tramite formule specifiche

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

vengono calcolate in prima approssimazione velocità e spessori sotto i punti di battuta interni ed estremi allo stendimento.

A questo punto vengono esaminate tutte le coppie possibili di dromocrone presenti e vengono cercati dei tratti di dromocrone coniugate corrispondenti al medesimo orizzonte: per ognuna delle coppie che ha dato esito positivo vengono calcolati i tempi reciproci.

In seguito, sono state calcolate le velocità di propagazione reali e gli spessori sotto ogni geofono utilizzando il Metodo Reciproco di Hawkins (Delay Time) ed il Metodo Reciproco Generalizzato (GRM) Palmer 1981 che forniscono un modello inziale per la successiva interpretazione di tipo tomografico (avendo eseguito almeno 7 energizzazioni) che consente una visualizzazione del profilo di velocità in base a bande colorimetriche che rappresentano differenti velocità della sottosuperficie.

Lo scopo della prospezione sismica è quello di definire la porzione dei litotipi alterati e rimaneggiati in seguito al movimento gravitativo sul substrato in posto inalterato. Le valutazioni relative alle onde di taglio hanno fornito una valutazione sulla geometria del movimento franoso, sulle caratteristiche sismostratigrafiche e geotecniche dei terreni investigati.

Per i risultati grafici si rimanda all'allegato dove viene mostrata l'interpretazione della prospezione e nella tavola riassuntiva sono riportati:

- la sezione interpretativa del profilo: (in questo grafico è riportato in dettaglio l'andamento dei vari orizzonti individuati);
- la sezione derivante dall'elaborazione tomografica dei profili a rifrazione

Gli spessori si possono misurare direttamente in ogni sezione. Si ricorda che l'errore caratteristico del metodo rimane generalmente all'interno del 10÷20% dello spessore individuato.

2.2 MASW

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 rigidezza.

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

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

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:

$$v = \lambda \times v$$

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 rigidezza.

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.

Di seguito si riportano i risultati delle varie linee sismiche masw i cui dati sono stati integrati nella tavola sismica interpretativa.

2.2.1 Linea 1

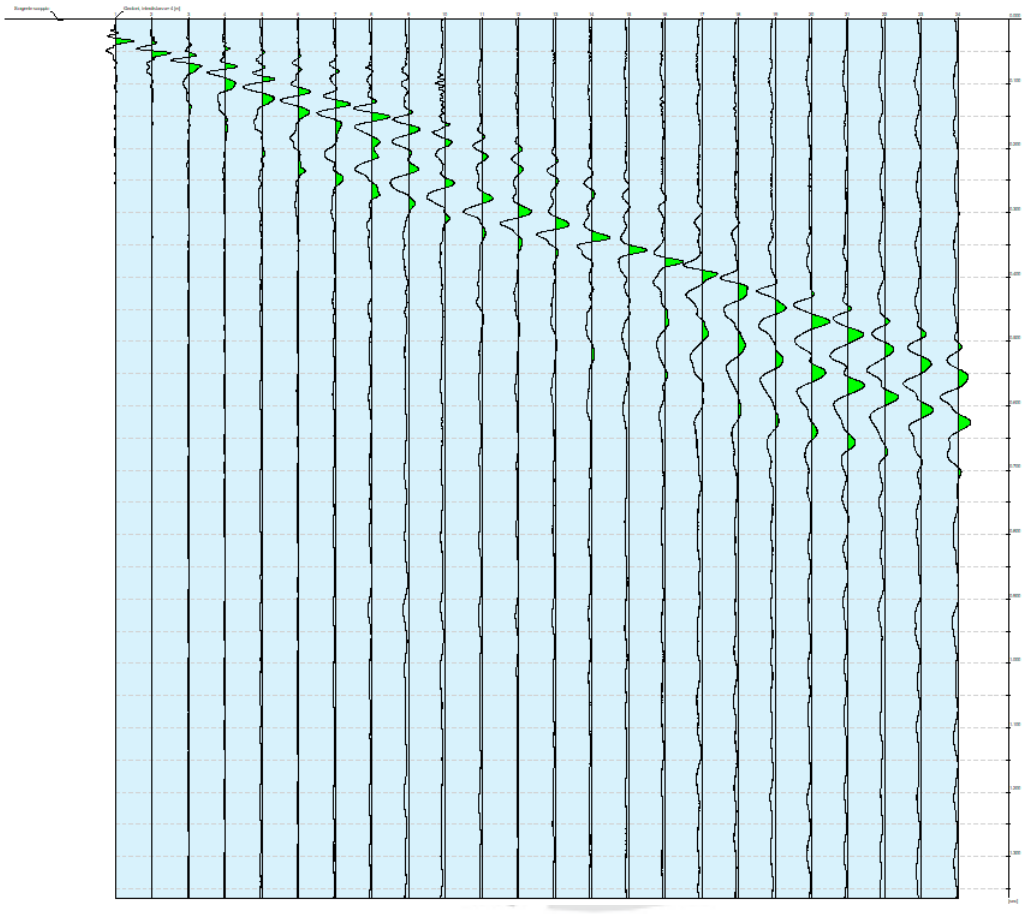
Dati generali

Committente	GPA Srl
Cantiere	Avenza
Operatore	LT
Responsabile	AD
Data	27/08/2020 12:07

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1365.4
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	0.267

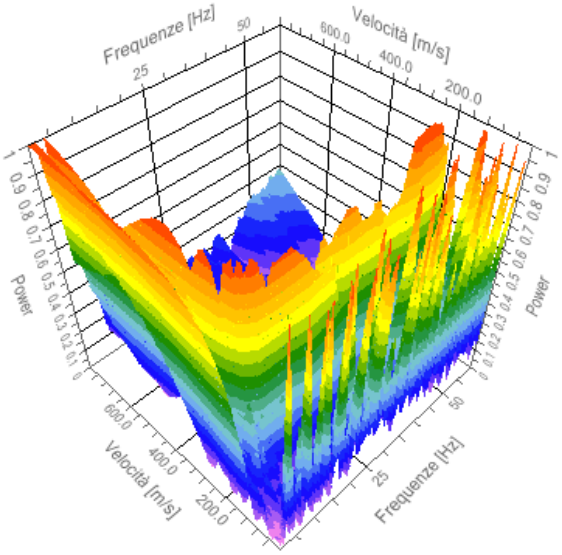


Analisi spettrale

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

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Spettro Velocità di fase - Frequenze

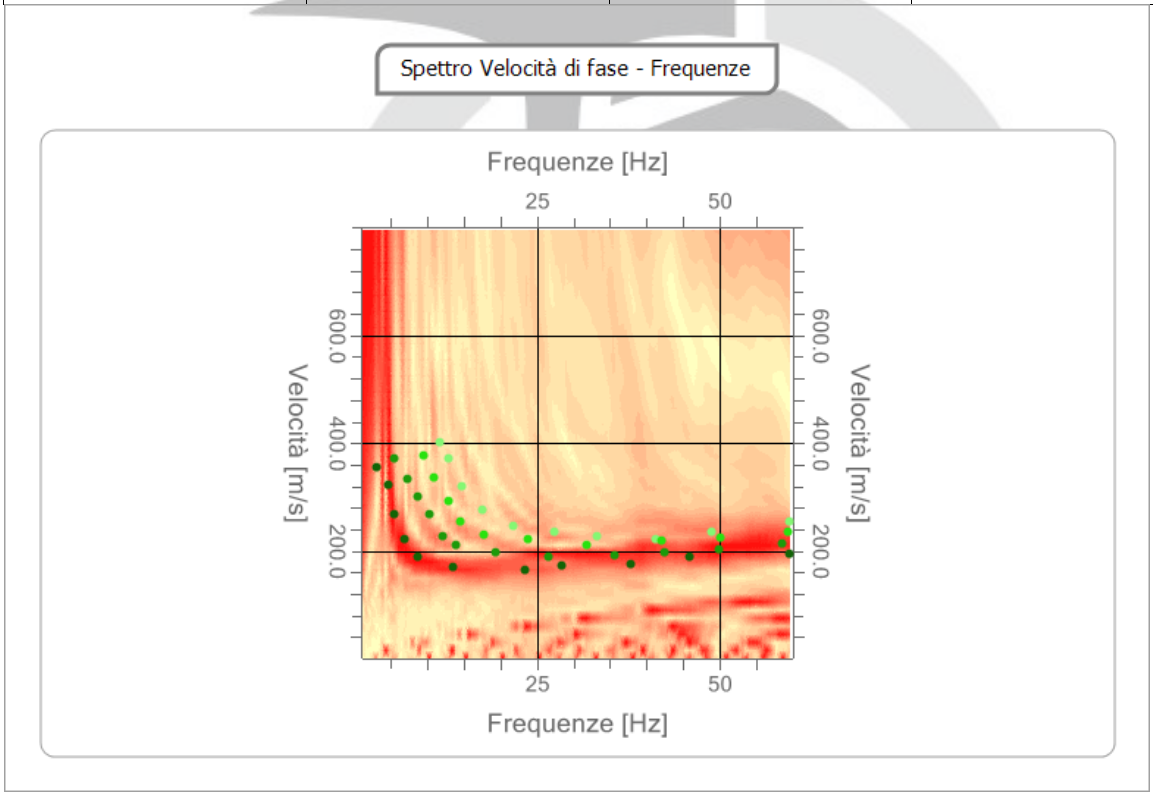


Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.1	355.6	0
2	4.6	322.9	0
3	5.5	371.9	1
4	5.5	269.0	0
5	6.9	223.2	0
6	7.3	332.7	1
7	8.7	188.9	0
8	8.7	300.0	1
9	9.5	376.8	2
10	10.2	267.3	1
11	10.8	337.6	2
12	11.8	403.0	3
13	12.1	228.1	1
14	12.8	291.8	2
15	13.0	371.9	3
16	13.6	170.9	0
17	13.9	211.8	1
18	14.5	254.3	2
19	14.7	321.3	3
20	17.6	277.1	3
21	17.7	231.4	2
22	19.4	198.7	1
23	21.8	247.7	3
24	23.4	164.4	0
25	23.8	221.6	2

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

26	26.6	188.9	1
27	27.5	236.3	3
28	28.3	172.6	0
29	31.8	211.8	2
30	33.3	226.5	3
31	35.7	192.2	1
32	37.9	175.8	0
33	41.2	221.6	3
34	42.1	218.3	2
35	42.5	197.1	1
36	46.0	188.9	0
37	48.9	234.7	3
38	49.8	202.0	1
39	50.2	224.9	2
40	58.5	215.0	1
41	59.4	234.7	2
42	59.5	254.3	3
43	59.6	195.4	0

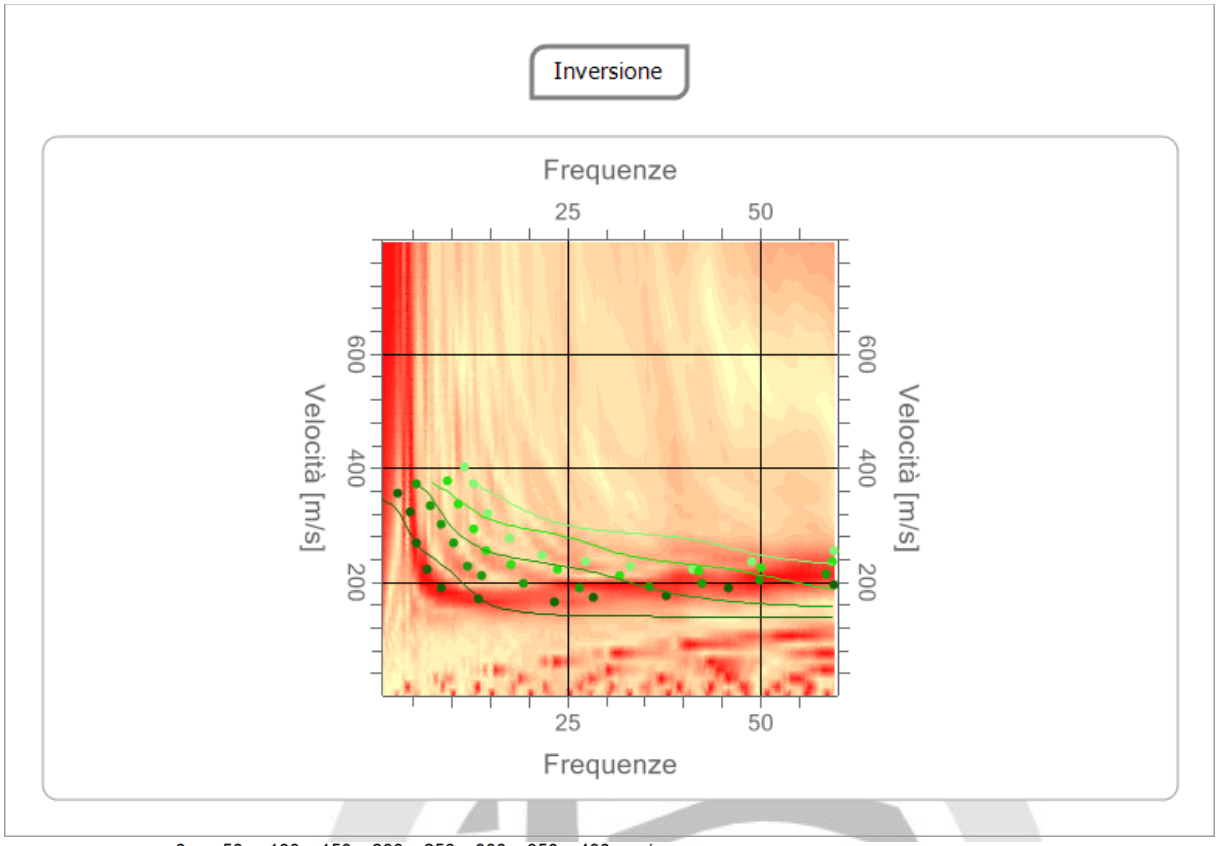


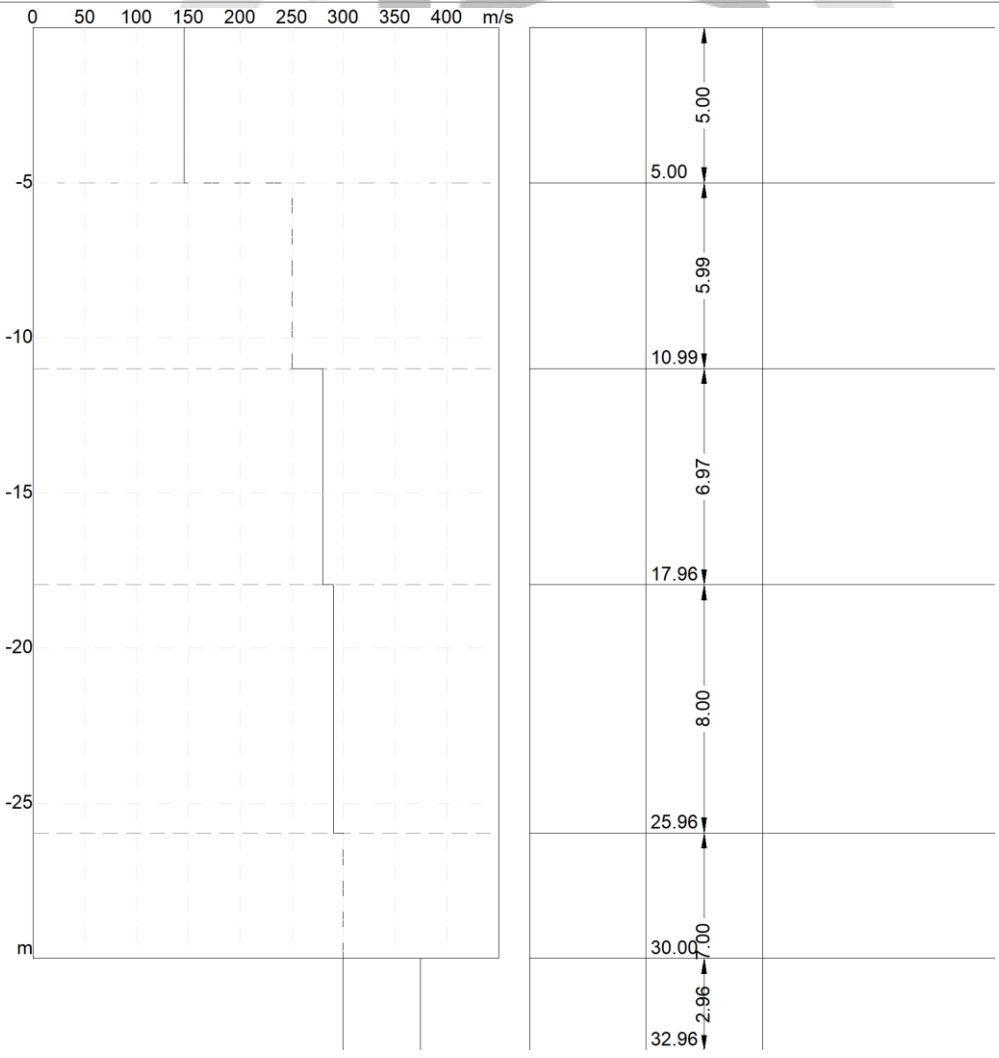
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		5.00	5.00	1800.0	0.44	No	446.0	146.0
2		10.99	5.99	1800.0	0.45	Si	829.2	250.0
3		17.96	6.97	1800.0	0.45	Si	928.7	280.0
4		25.96	8.00	1800.0	0.45	Si	962.6	290.2
5		32.96	7.00	1800.0	0.45	Si	995.0	300.0
6		oo	oo	1800.0	0.40	Si	917.3	374.5

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Percentuale di errore	2.291 %
Fattore di disadattamento della soluzione	0.173





COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Risultati

Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	**223.68**
Categoria del suolo	C

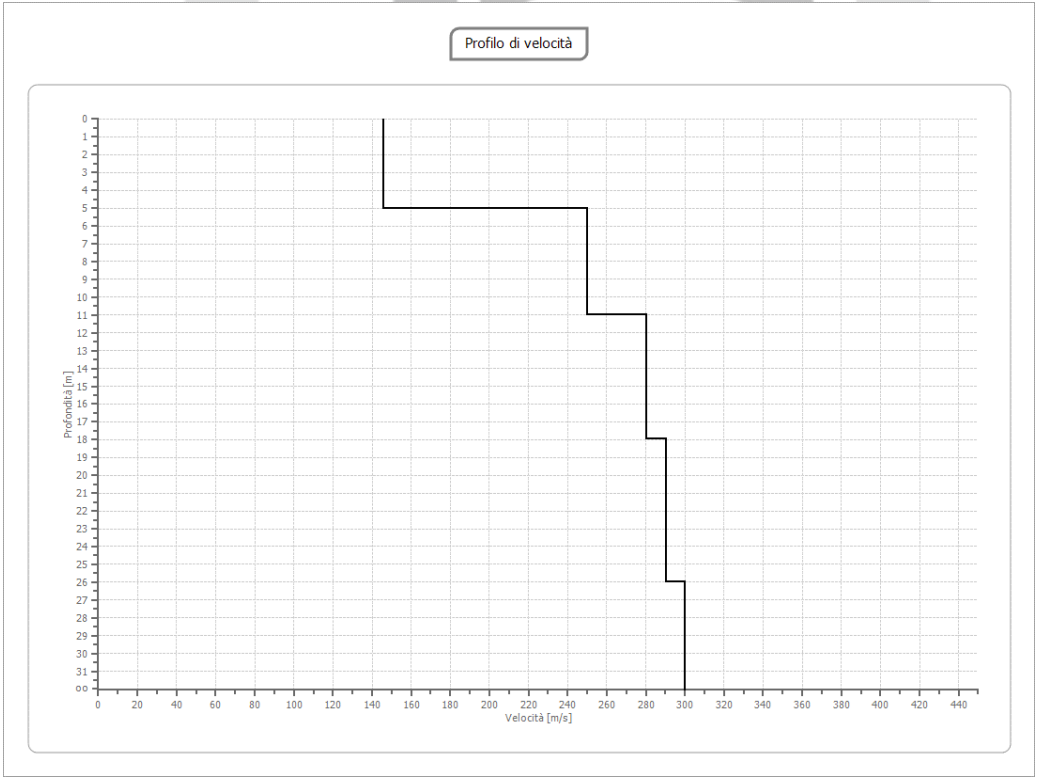
Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento del-le proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s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

La Vseq MASW è pari a: 223 m/sec

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	5.00	5.00	145.98	445.99	1800.00	0.44	60.57	565.30	484.54	174.44	N/A	492.51
2	10.99	5.99	250.00	829.16	1800.00	0.45	74.50	819.53	720.19	216.06	55	828.65
3	17.96	6.97	280.00	928.65	1850.00	0.45	85.11	936.21	822.73	246.82	41	1157.76
4	25.96	8.00	290.22	962.55	1900.00	0.45	85.25	937.80	824.12	247.24	27	1162.70
5	32.96	7.00	300.00	994.99	2000.00	0.45	119.08	1309.89	1151.12	345.34	51	2692.19

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



NB Si ricorda che le indagini MASW difficilmente riescono a raggiungere profondità di 30 metri con la dovuta precisione. Per questo motivo si è deciso di affiancare a questo tipo di indagine anche una ESAC che al contrario ha poca definizione alle alte frequenze ma riesce a risolvere dati fino a frequenze più basse e dunque a restituire dati anche oltre ai 30 metri (al di sotto della quota fondale) prescritti dalla normativa.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

2.3 ESAC

Le indagini ESAC sono state eseguite per verificare eventuali amplificazioni sismiche che si potessero presentare localmente. Questo tipo di indagini sono basate sulla acquisizione passiva lungo un array ad “L” con acquisizione lunga circa 30 minuti. Tramite un software di elaborazione si esegue una interpolazione lungo i massimi della curva f-k.

Questo picking è funzionale alla inversione dei dati che determinerà una stratigrafia sismica fino a profondità dipendenti dalle frequenze naturali.

L’acquisizione di segnali esac si è reso necessario per cercare di approfondire il dato della masw che in contesti analoghi ha un decadimento della definizione sotto ai 15-20 metri dal piano campagna.

2.3.1 Risultati

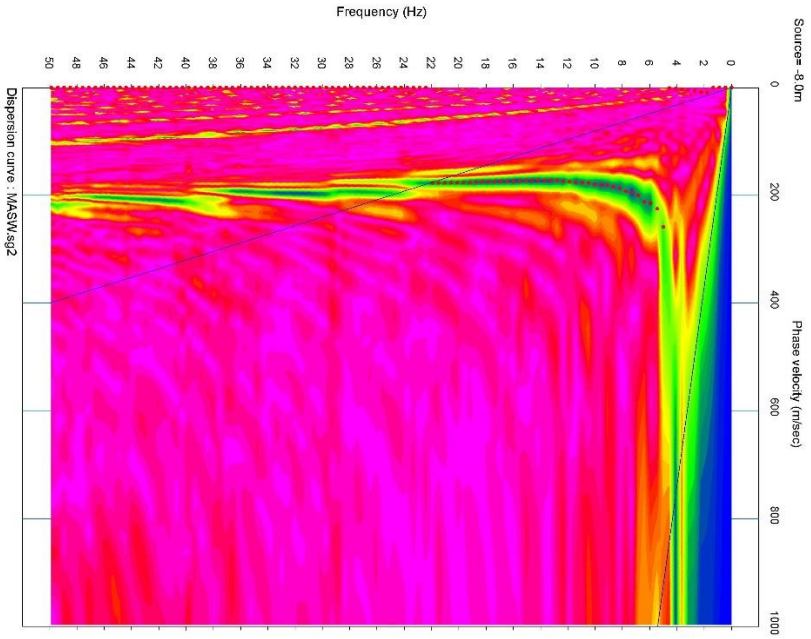


Fig. 2 elaborazione MASW

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

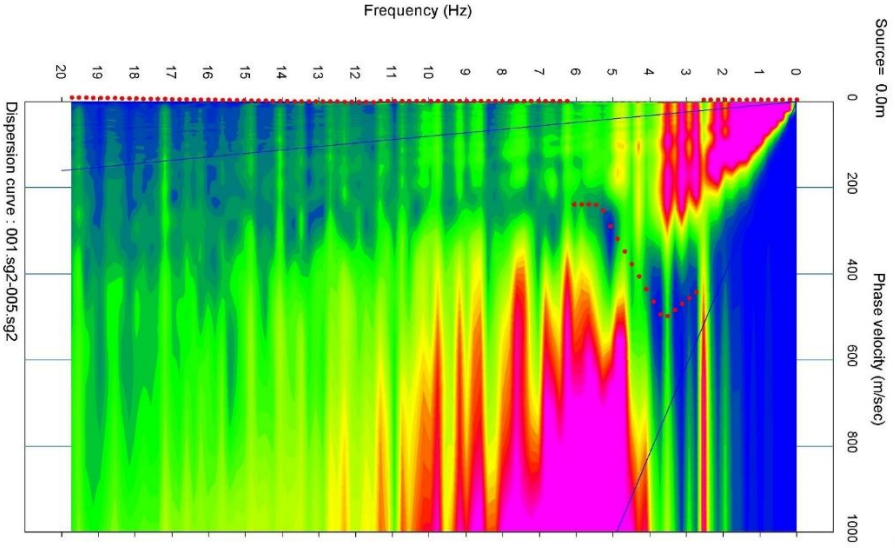


Fig. 3 elaborazione ESAC

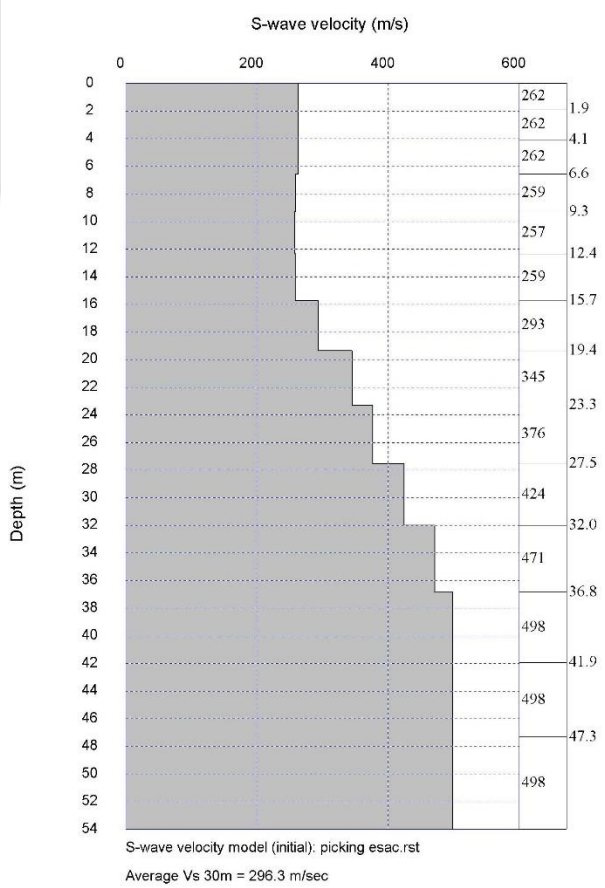


Fig. 4 Sismostratigrafia ESAC

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

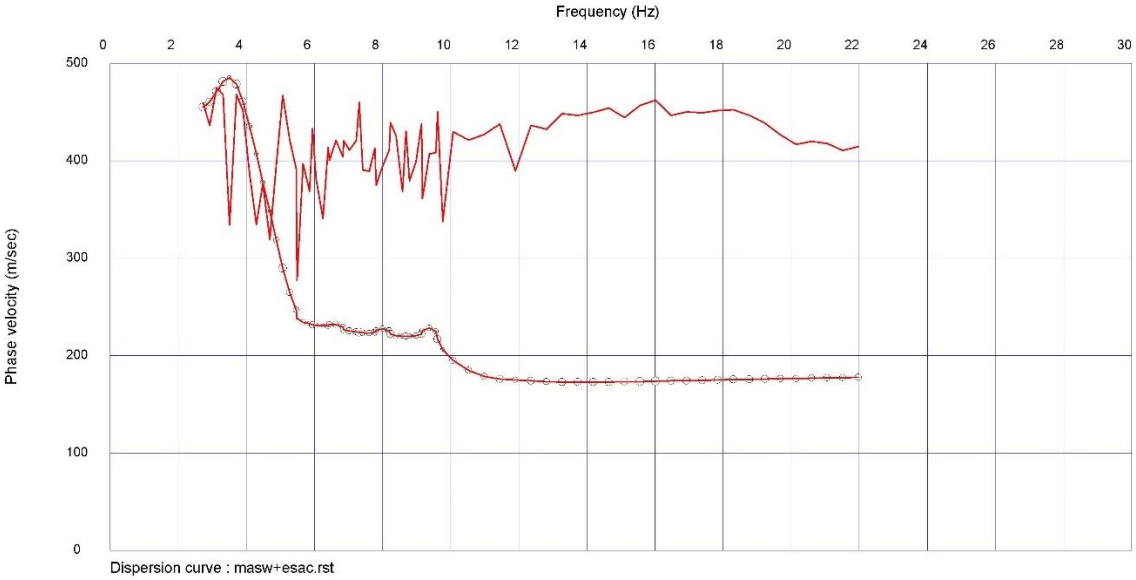


Fig. 5: Picking MASW+ESAC

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

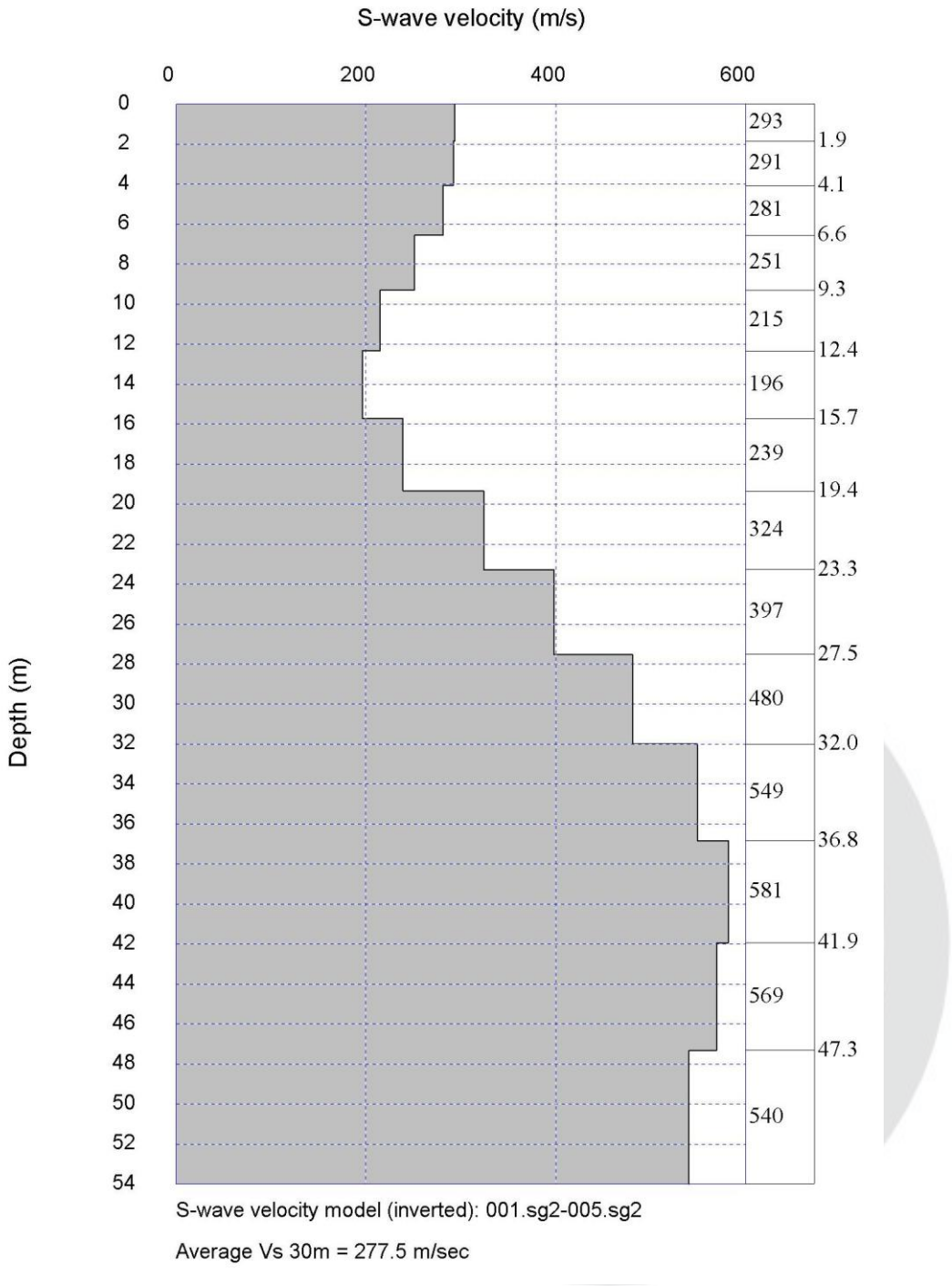


Fig. 6: Sismostratigrafia MASW+ESAC

2.3.2 Conclusioni

Le acquisizioni incrociate della MASW con la ESAC ha consentito di ottenere una sismostratigrafia affidabile sia nei primi metri della sottosuperficie (grazie alla ottima qualità della MASW) sia a profondità elevate, fino circa a 60 metri di profondità (grazie al buon dataset ESAC).

Si nota come la Vseq relativa alla ESAC è più alta e più simile alla Vseq della Downhole dato che come noto in letteratuira la MASW tende a sottostimare la Vseq.

La Vseq ESAC è pari a: 277 m/sec

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

2.4 DOWNHOLE

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio (figura 1, 2).

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
- uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
- un trasduttore (*trigger*) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.

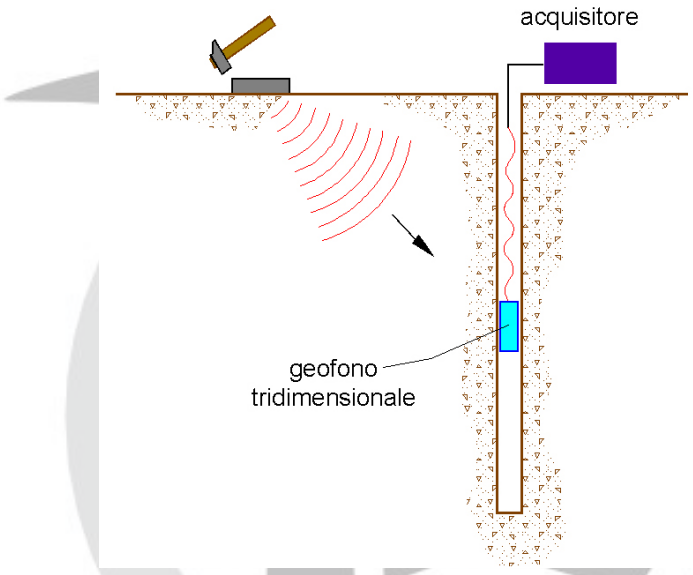


Figura 1 – Schema down hole ad un solo ricevitore

Durante la perforazione, per ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, i fori vengono sostenuti mediante fanghi bentonici e il loro diametro viene mantenuto piuttosto piccolo (mediamente 15 cm).

I fori vengono poi rivestiti mediante tubazioni, generalmente in PVC, e riempiti con una malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

Prime di ogni cosa, è però importante assicurarsi che il foro sia libero da strozzature e che il tubo di rivestimento non presenti lesioni.

2.4.1 Procedura sperimentale

La sorgente per le onde compressionali consiste in una piastra di alluminio che, dopo avere opportunamente predisposto il piano di appoggio, viene adagiata in superficie ad una distanza di 1,5 – 5 m. Per l'energizzazione delle onde S si pone invece una traversina alla stessa distanza della piastra dal foro e orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse foro posizionata sotto ad un autoveicolo,

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

che fungerà da grave per il corretto accoppiamento al terreno. Alla sorgente è agganciato il trasduttore di velocità utilizzato come *trigger*.

Disponendo di tre ricevitori posti in posizione ortonormale, questi vengono collegati in modo da impedirne la rotazione relativa e da fissarne la distanza. Il primo dei due ricevitori viene raccordato ad una batteria di aste che ne permette l'orientamento dalla superficie e lo spostamento.

Una volta raggiunta la profondità di prova, i geofoni vengono orientati in modo che un trasduttore di ogni sensore sia diretto parallelamente all'asse della sorgente (orientamento assoluto).

A questo punto i ricevitori vengono assicurati alle pareti del tubo di rivestimento, la sorgente viene colpita in senso verticale (per generare onde di compressione P) o lateralmente (per generare onde di taglio SH) e, contemporaneamente, parte la registrazione del segnale di *trigger* e dei ricevitori.

Eseguite le registrazioni la profondità dei ricevitori viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta.

2.4.2 Interpretazione in down hole con il metodo diretto

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro (figura 3), r la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

$$1.0)\; t_{corr} = \frac{z}{r} t$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico t_{corr} – z in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali (figura 4).

Ottenuti graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, e i seguenti parametri:

- coefficiente di Poisson medio:

$$2.0)\; \nu_{medio} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

- modulo di deformazione a taglio medio:

$$3.0)\; G_{medio} = \rho V_s^2$$

- modulo di compressibilità edometrica medio:

$$4.0)\; E_{dmedio} = \rho V_p^2$$

- modulo di Young medio:

$$5.0)\; E_{medio} = 2\rho V_s^2 (1+\nu)$$

- modulo di compressibilità volumetrica medio:

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

$$6.0) E_{v\,medio} = \rho\left(V_p^2 - \frac{4}{3}V_s^2\right)$$

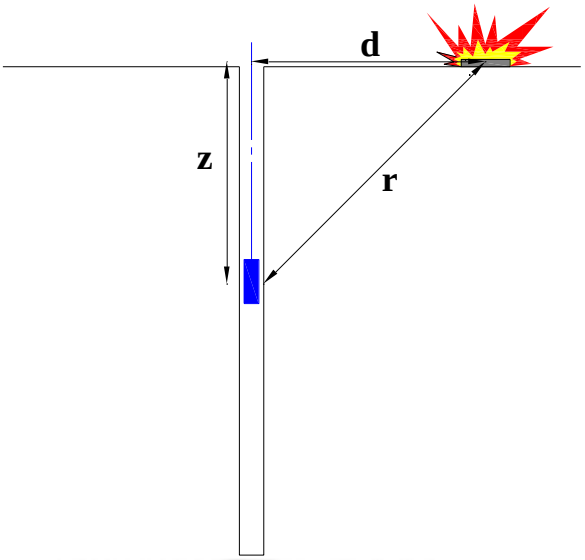


Figura 2 – Schema di down hole con metodo diretto

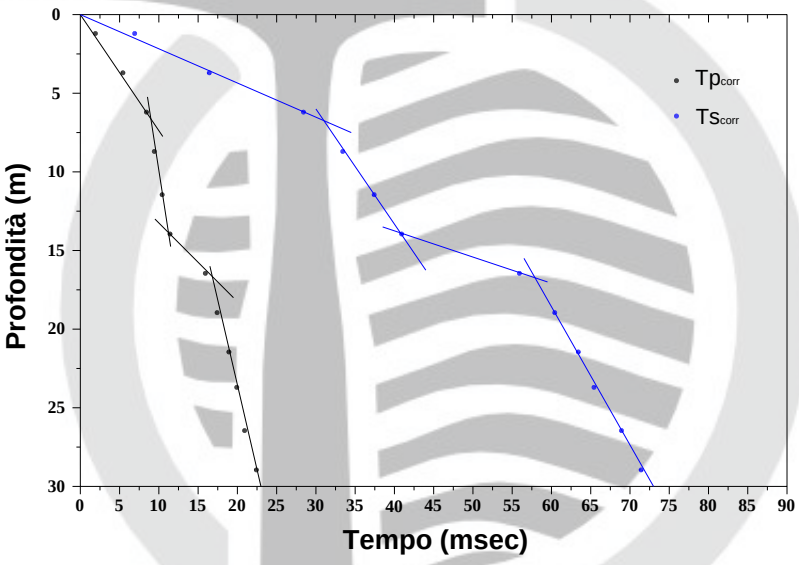


Figura 3 – Dromocrone

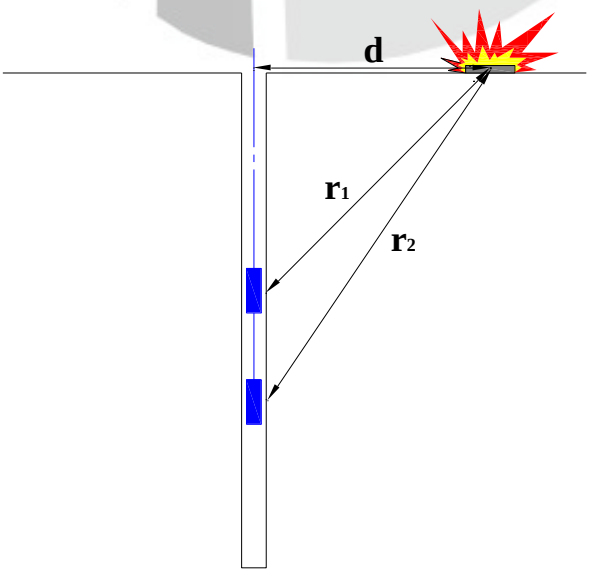


Figura 4 – Schema di down hole con metodo intervallo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

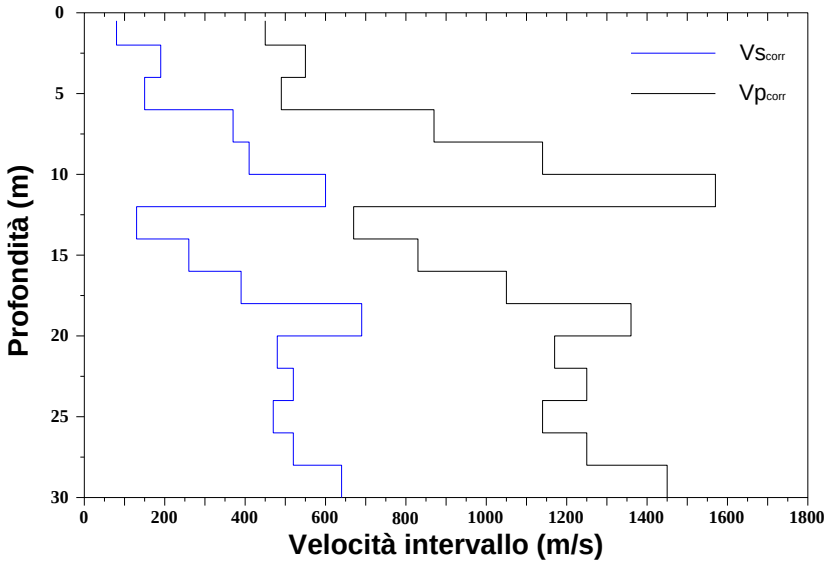


Figura 5 – Profilo delle velocità sismiche con metodo intervallo

Ambedue le procedure d'interpretazione sopra descritte sono comunque suscettibili di una critica fondamentale, cioè si basano sull'ipotesi che i percorsi delle onde siano rettilinei e coincidenti con quelli che collegano la sorgente ai ricevitori. Di solito ciò non è esatto, dato che, prima di giungere ai ricevitori, le onde subiscono fenomeni di rifrazione che ne modificano il percorso.

Nella tabella riassuntiva sono indicati i parametri sopra descritti rappresentativi per le indagini acquisite, ottenuti utilizzando i valori delle velocità delle onde di compressione Vp e delle onde di taglio Vs misurati.

2.4.3 Risultati Misure Down Hole

Descrizione: AVENZA gaspari menotti

Cantiere: S3

Operatore prova: AD

Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
2	29	1	

Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1.00	2.50	10.00
2	2.00	3.80	17.00
3	3.00	4.00	25.00
4	4.00	5.00	27.00
5	5.00	5.60	29.45
6	6.00	5.90	33.21
7	7.00	6.30	37.32

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

8	8.00	6.90	42.00
9	9.00	7.52	44.87
10	10.00	8.21	47.79
11	11.00	8.91	50.00
12	12.00	9.50	53.00
13	13.00	10.09	56.00
14	14.00	10.87	59.50
15	15.00	11.49	62.80
16	16.00	12.04	66.00
17	17.00	12.69	69.50
18	18.00	13.11	73.50
19	19.00	13.65	75.23
20	20.00	14.11	77.65
21	22.00	14.98	79.98
22	24.00	15.87	82.34
23	26.00	16.93	85.23
24	27.00	17.43	87.23
25	28.00	18.10	90.31
26	29.00	18.60	92.21
27	30.00	19.40	93.87
28	31.00	20.21	96.32
29	32.00	20.87	98.00

Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
2.2361	1.1180	4.4721
2.8284	2.6870	12.0208
3.6056	3.3282	20.8013
4.4721	4.4721	24.1495
5.3852	5.1995	27.3436
6.3246	5.5972	31.5058
7.2801	6.0576	35.8841
8.2462	6.6940	40.7460
9.2195	7.3409	43.8015
10.1980	8.0506	46.8620
11.1803	8.7663	49.1935
12.1655	9.3707	52.2789
13.1530	9.9727	55.3488
14.1421	10.7608	58.9020
15.1328	11.3892	62.2491
16.1245	11.9470	65.4903
17.1172	12.6031	69.0240
18.1108	13.0298	73.0505
19.1050	13.5750	74.8167
20.0998	14.0400	77.2646
22.0907	14.9185	79.6515
24.0832	15.8152	82.0556
26.0768	16.8801	84.9790
27.0740	17.3824	86.9917
28.0713	18.0540	90.0805

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

29.0689	18.5559	91.9915
30.0666	19.3570	93.6621
31.0645	20.1681	96.1202
32.0624	20.8294	97.8092

Metodo diretto

Profondità di riferimento: 30 m
VS,eq: 319.53 m/s

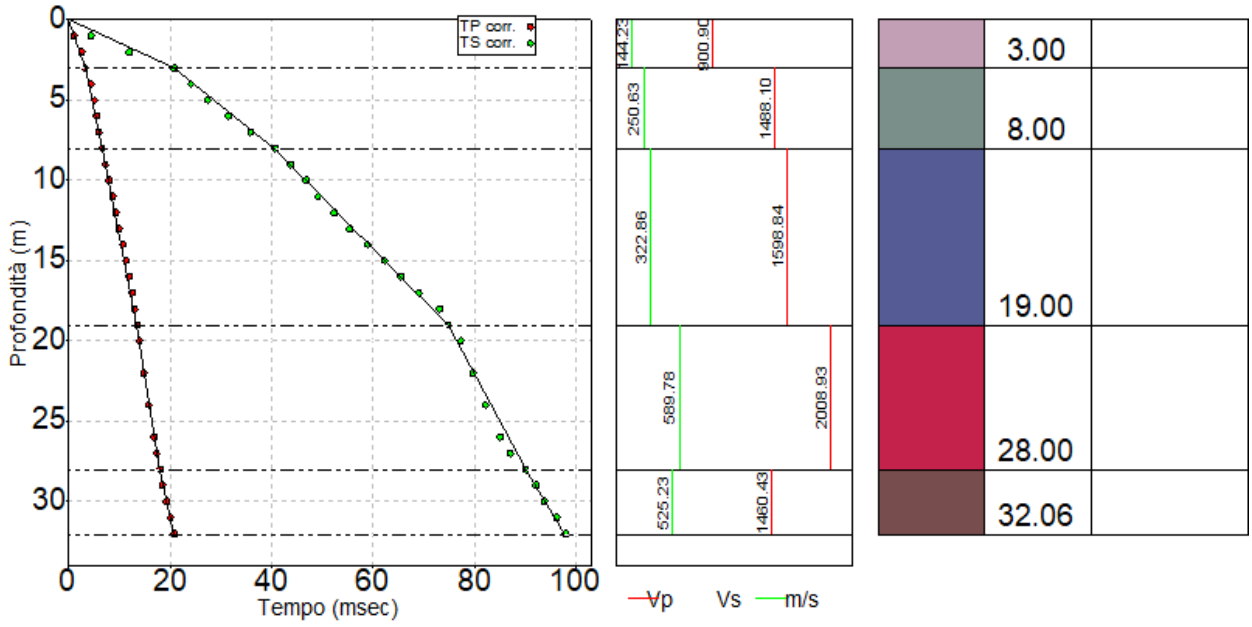
Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
	3
	8
	19
	28
	32.06

Valori medi

Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
900.9	144.23	17.63	0.49	37.39	1458.94	111.2	1409.08
1488.1	250.63	19.29	0.49	123.55	4355.69	367.05	4190.95
1598.84	322.86	19.59	0.48	208.23	5106.4	615.84	4828.75
2008.93	589.78	21.8	0.45	773.09	8969.77	2246.35	7938.99
1460.43	525.23	22	0.43	618.81	4784.39	1764.5	3959.31

Dromocrone



METODO INTERVALLO
Metodo intervallo

Profondità di riferimento: 30 m
Vs,eq: 333.46 m/s

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

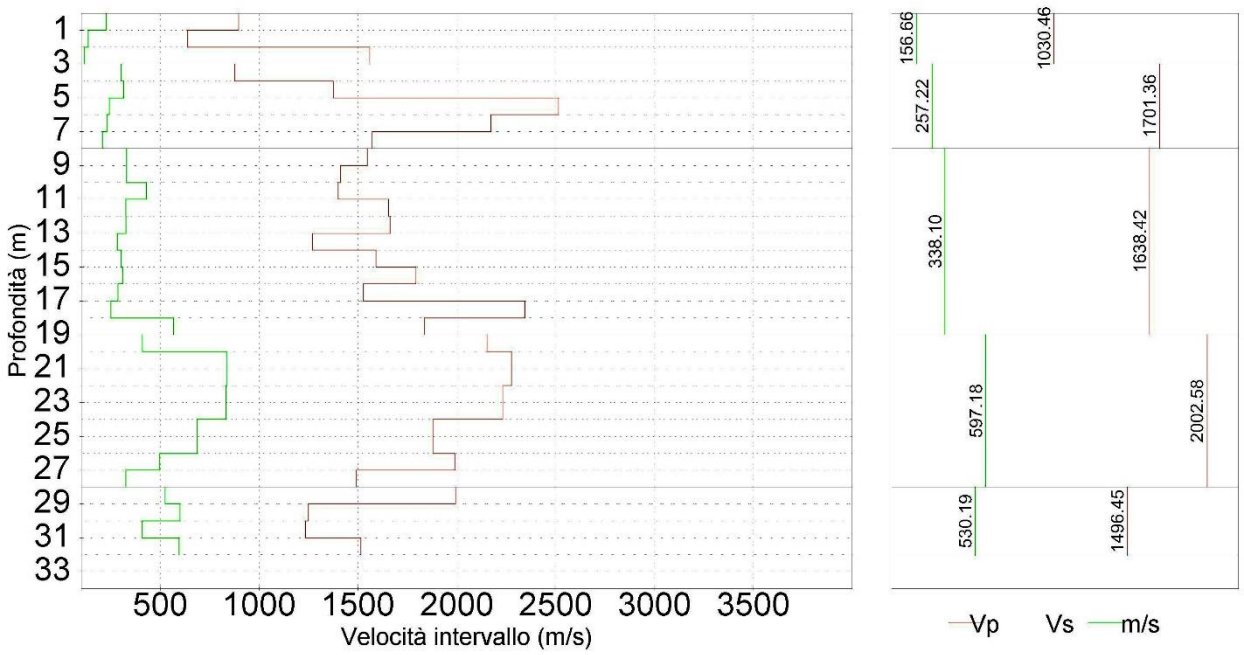
Sismostrati con metodo Intervallo

Descrizione [-]	Profondità [m]
	3
	8
	19
	28
	32.06

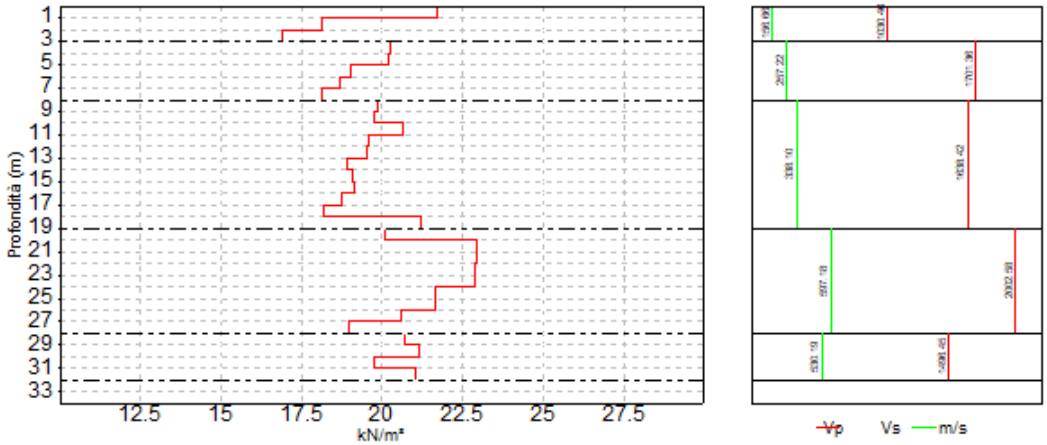
Valori medi

Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/m3]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
1030.46	156.66	18.92	0.48	55.20	2238.59	162.62	2164.99
1701.36	257.22	19.27	0.48	135.26	6262.22	398.01	6081.87
1638.42	338.10	19.52	0.47	246.73	5467.09	723.87	5138.12
2002.58	597.18	21.18	0.45	892.22	8930.58	2554.38	7740.95
1496.45	530.19	20.66	0.42	609.13	4927.60	1714.80	4115.42

Profilo velocità di intervallo

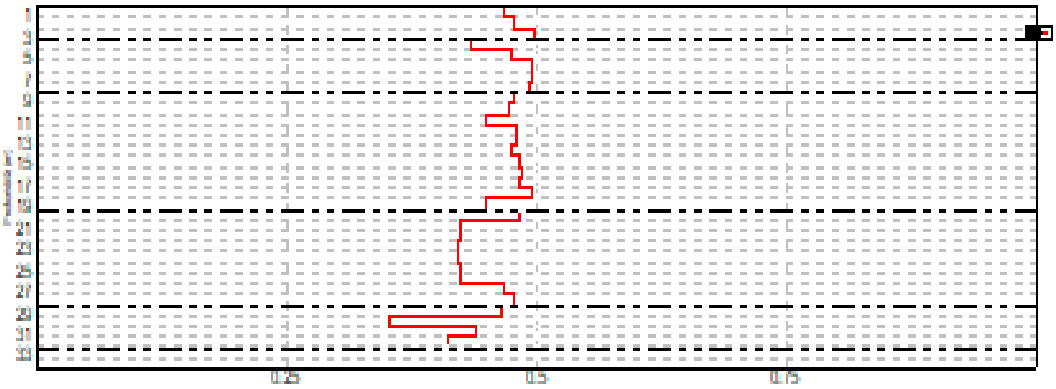


Profilo peso di volume di intervallo



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Profilo coefficiente di Poisson di intervallo



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

3 CONCLUSIONI E COMMENTO ALLE INDAGINI

Le indagini eseguite hanno consentito di ricostruire l'andamento degli strati identificati nelle indagini in situ estendendo la conoscenza della sottosuperificie lateralmente alle indagini distruttive.

Le varie tipologie di indagine hanno restituito differenti risultati.

Le indagini ESAC hanno permesso di escludere la presenza di fenomeni di amplificazione significativi, infatti si può notare come siano assenti dei contrasti di impedenza elevati entro al range di frequenze ingegneristiche. Questo dato è sostanzialmente confermato dall'analisi di risposta sismica locale che ha restituito una amplificazione relativamente bassa e dovuta sostanzialmente al diverso grado di smorzamento dei terreni che costituiscono la stratigrafia locale.

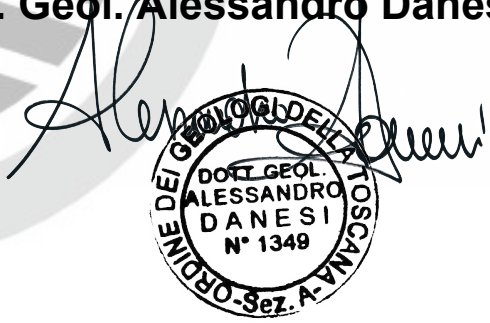
L'indagine DownHole ha consentito di avere una stratigrafia sismica molto affidabile, utilizzata come base per l'analisi di risposta sismica locale, nel settore Sud nell'area baricentraica dell'edificio principale. I risultati sono sovrapponibili alle osservazioni delle indagini in situ e hanno confermato la ottima qualità geotecnica dei terreni sede di fondazione.

Le indagini a rifrazione sono risultate di buona qualità, soprattutto per quanto riguarda le onde di compressione, infatti le onde Sh hanno sofferto di una quantità di rumore ambientale dovuto essenzialmente ai macchinari industriali operanti all'interno degli edifici prospicenti le aree di indagine. Per questo motivo si è scelto di proporre le elaborazioni effettuate con le indagini MASW e ESAC (meno sensibili al rumore ambientale registrando le onde si superficie) che hanno consentito di correlare i valori di Vp con quelli di Vs nelle sezioni interpretative riportate nella tavola allegata.

I dati nel loro complesso sono risultati di buona qualità e molto coerenti sia con le indagini in situ che tra le varie tipologie di misure sismiche.

Cecina, 31/08/2020

Dr. Geol. Alessandro Danesi



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE
AL PIANO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

Allegato 9 – Laboratorio geotecnico ELLETI 2020

Rilievi e analisi: Dott. Geol. Leonardo Moretti(D.R.E.Am. Italia)

NOVEMBRE 2025

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

CERTIFICATO N° **044-20** DATA **22/09/20** PAGINA **1 / 118**

VERBALE DI ACCETTAZIONE: **20040** DATA **02/09/20**

COMMITTENTE **GPA Ingegneria**
Via Leone X, 3
Firenze

RICHIEDENTE **Geol. Gianni Focardi**

PROVENIENZA (dIchiarata) **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

NUMERO CAMPIONI **10**

ELENCO PROVE ESEGUITE

Contrassegno			Codice campione		Codici delle prove eseguite, oggetto del certificato															
Sond.	Camp.	Prof.																		
1	1	3,0-3,5	20040	01	-	G	Gs	-	-	-	-	-	TG	ED	-	-	-	-	-	-
1	2	6,0-6,5	20040	02	-	G	Gs	-	-	-	-	-	TG	ED	-	-	-	-	-	-
3	1	3,0-3,3	20040	03	-	G	Gs	Gr	-	-	-	-	TG	ED	-	-	-	-	-	-
3	2	8,5-9,0	20040	04	-	G	Gs	Gr	-	-	-	-	TG	ED	-	-	-	-	-	-
3	3	15,0-15,5	20040	05	-	-	Gs	Gr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	4	17,0-17,5	20040	06	-	-	Gs	Gr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	5	19,2-19,7	20040	07	-	G	Gs	Gr	-	-	-	-	TG	-	-	-	-	-	-	-
4	1	4,5-5,0	20040	08	-	G	Gs	-	-	-	-	-	TG	ED	-	-	-	-	-	-
4	2	8,5-9,0	20040	09	-	G	Gs	-	-	-	-	-	TG	ED	-	-	-	-	-	-
4	3	13,0-13,5	20040	10	-	G	-	-	-	-	-	-	TG	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Simbologia: w=contenuto di acqua; G=peso di volume; Gs=peso specifico; GR=granulometria; LC= limite liquido e limite plastico; LR = limite di ritiro; BM= Blu di metilene; ELL= compres- sione semplice; TG= taglio diretto; ED= prova edometrica; RIG= prova di rigonfiamento; TX=prova triassiale; TT= taglio torsionale; K=permeabilità; CH= analisi chimiche; PC=prova di costipamento; cbr= CBR.

OSSERVAZIONI

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**2 / 118**		
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**						
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**						
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**						
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**31**		
Contrassegno	Sond. **1**	Camp. **1**	Profondità (m)	**3,0 - 3,5**			

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **2/9/20**

Descrizione del campione:

Sabbia limosa grigia, poco addensata.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto	ED	80	
	TG	100	
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/9/20**	Pagina	**3 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004001 -G**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**31**
Contrassegno	Sond. **1**	Camp. **1**	Profondità (m)	**3,0 - 3,5**	

PESO DI VOLUME

(UNI CEN ISO/TS 17892/2)

Data di prova: **02/09/2020**

Peso del terreno	g	3607,0
Volume del terreno	cm^3	1747,7
Massa specifica	g/cm^3	2,06
Peso di volume	kN/m^3	**20,2**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**4 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004001 - Gs**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**31**
Contrassegno	Sond. **1**	Camp. **1**	Profondità (m)	**3,0 - 3,5**	

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **4/9/20** termine **5/9/20**

Picnometro	g	45,78
Campione + picnometro	g	71,65
Camp.+ picnometro + acqua	g	163,59
Picnometro + acqua	g	147,29
Temperatura ℃	℃	25,0
Fattore di correzione K		0,9988
Peso specifico	g/cm^3	**2,70**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **5 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **02/09/20** Prova numero **2004001 -TG/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **31**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **1** Profondità (m) **3,0 - 3,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN 17892-10)

Data di prova inizio **8/9/20** termine **11/9/20**

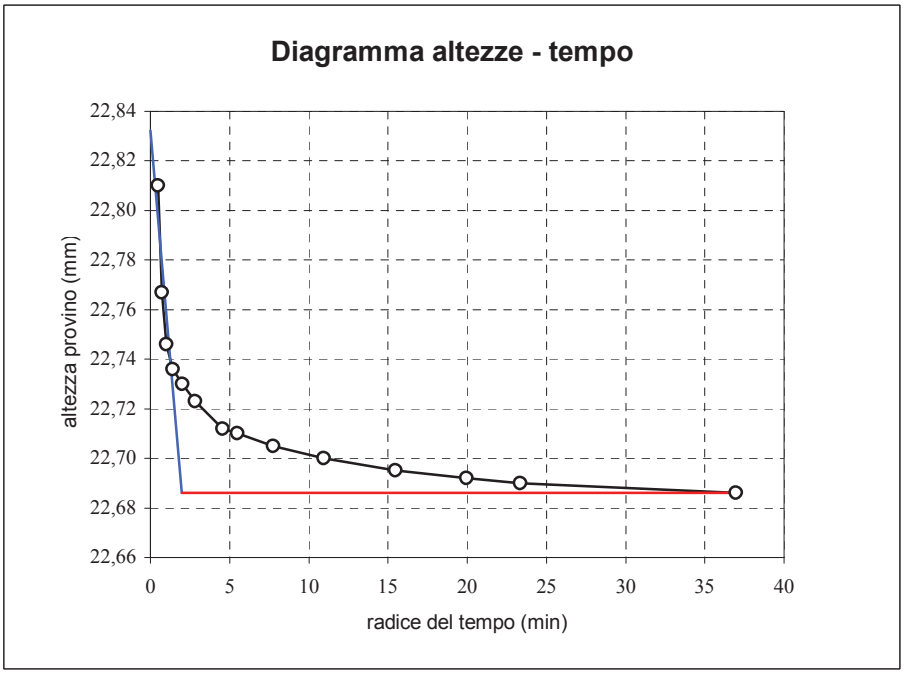
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **1**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sezione cm^2 36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	23,41	23,00
0,25	23,22	22,81
0,5	23,18	22,77
1	23,16	22,75
2	23,15	22,74
4	23,14	22,73
8	23,13	22,72
21	23,12	22,71
30	23,12	22,71
60	23,12	22,71
120	23,11	22,70
240	23,11	22,70
398	23,10	22,69
545	23,10	22,69
1367	23,10	22,69



Tempo di consolidazione t_{100} 4 min
Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,1229 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**6 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004001 -TG/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

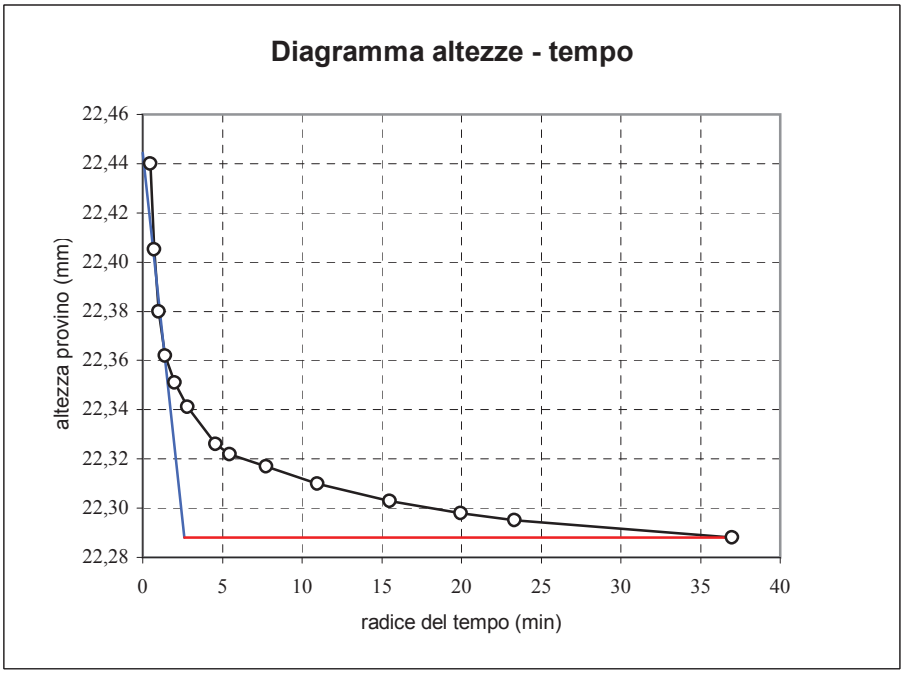
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **2**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	9,63	23,00
0,25	9,07	22,44
0,5	9,04	22,41
1	9,01	22,38
2	8,99	22,36
4	8,98	22,35
8	8,97	22,34
21	8,96	22,33
30	8,95	22,32
60	8,95	22,32
120	8,94	22,31
240	8,93	22,30
398	8,93	22,30
545	8,93	22,30
1367	8,92	22,29



Tempo di consolidazione t_{100} 7 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0687 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**7 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004001 -TG/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

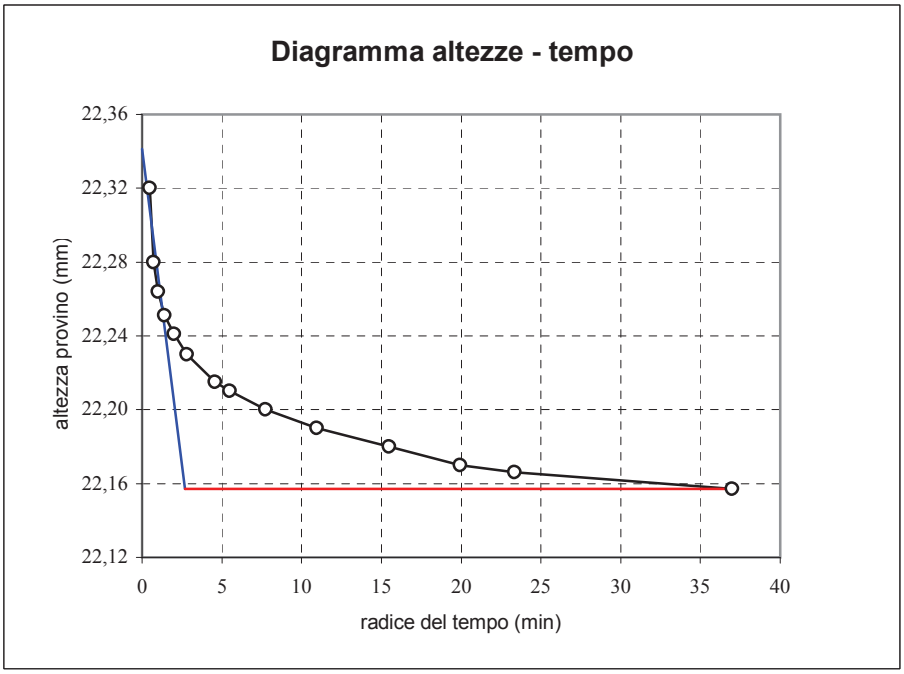
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **3**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	7,58	23,00
0,25	6,90	22,32
0,5	6,86	22,28
1	6,84	22,26
2	6,83	22,25
4	6,82	22,24
8	6,81	22,23
21	6,80	22,22
30	6,79	22,21
60	6,78	22,20
120	6,77	22,19
240	6,76	22,18
398	6,75	22,17
545	6,75	22,17
1367	6,74	22,16



Tempo di consolidazione t_{100} 7 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0661 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**8 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004001 -TG/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **1**

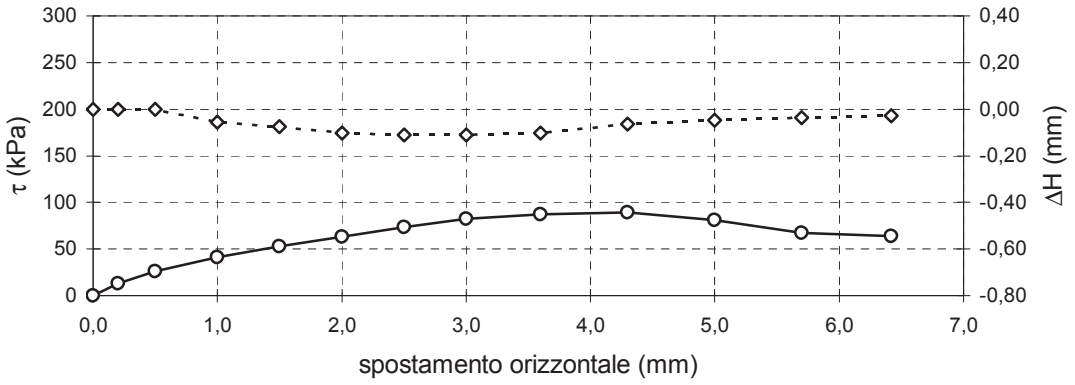
Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	23
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	89
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
e = deformazione provino (%)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,087	0,00	13
0,50	0,168	0,00	26
1,00	0,269	-0,06	41
1,50	0,345	-0,07	53
2,00	0,413	-0,10	63
2,50	0,481	-0,11	74
3,00	0,539	-0,11	83
3,60	0,570	-0,10	87
4,30	0,581	-0,07	89
5,00	0,527	-0,05	81
5,70	0,437	-0,04	67
6,42	0,416	-0,03	64

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/2020**	Pagina	**9 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004001 -TG/5**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **2**

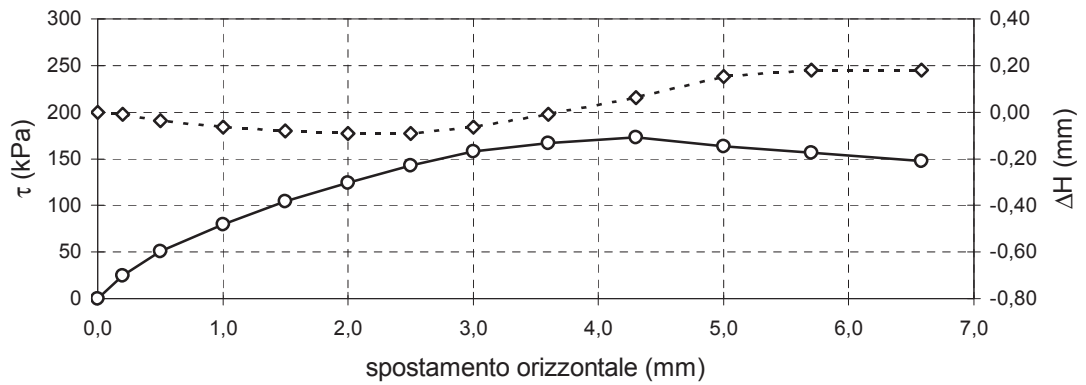
Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	23
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	173
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,097	-0,01	25
0,50	0,199	-0,04	51
1,00	0,313	-0,06	80
1,50	0,41	-0,08	104
2,00	0,49	-0,09	125
2,50	0,561	-0,09	143
3,00	0,62	-0,06	158
3,60	0,656	-0,01	167
4,30	0,681	0,06	173
5,00	0,643	0,15	164
5,70	0,616	0,18	157
6,58	0,58	0,18	147

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**10 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004001 -TG/6**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **3**

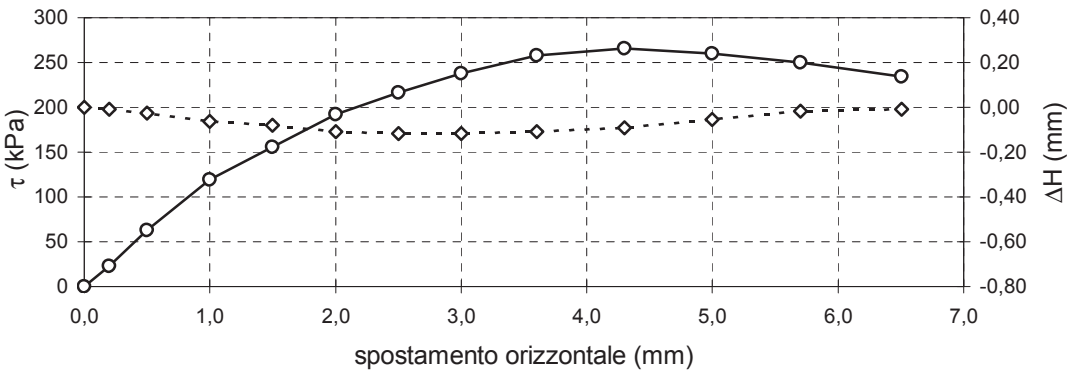
Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	23
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	266
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,050	-0,01	23
0,50	0,136	-0,03	63
1,00	0,257	-0,06	119
1,50	0,336	-0,08	156
2,00	0,414	-0,11	192
2,50	0,467	-0,12	217
3,00	0,513	-0,12	238
3,60	0,555	-0,11	258
4,30	0,573	-0,09	266
5,00	0,561	-0,05	260
5,70	0,539	-0,02	250
6,51	0,505	-0,01	234

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**11 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004001 -TG/7**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Dimensioni iniziali : altezza 2,30 cm sezione 36,00 cm^2

PESO DI VOLUME

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa del terreno	g	172,92	171,72	170,76	172,50	171,70	169,25
Volume del terreno	cm^3	82,80	82,80	82,80	81,56	80,96	79,73
Massa specifica	g/cm^3	2,09	2,07	2,06	2,11	2,12	2,12
Peso di volume	kN/m^3	20,48	20,34	20,23	20,74	20,80	20,82

CONTENUTO DI ACQUA

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa terreno umido	g	172,92	171,72	170,76	172,50	171,70	169,25
Massa terreno secco	g	144,44	144,16	142,31	144,44	144,16	142,31
Contenuto di acqua	%	19,72	19,12	19,99	19,43	19,10	18,93

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/09/20** Pagina **12 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** Prova numero / pagina prova **2004001 - ED/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **31**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **1** Profondità (m) **3,0 - 3,5**

PROVA EDOMETRICA (UNI CEN 17892-5)

Data di prova inizio **2/9/20** termine **17/9/20**

Dimensioni iniziali del provino

sezione	cm^2	20
altezza	cm	2,00
volume iniziale	cm^3	40,00

Parametri fisici iniziali e dopo la prova.

		iniziale	finale
umidità	%	19,67	17,60
peso di volume	kN/m^3	19,9	21,1
indice dei vuoti		0,596	0,476

Peso specifico dei grani Gs = 2,70

Cedimenti (DH) e indice dei vuoti (e) relativi alle pressioni indicate con permanenza del carico di 24 ore.

Coefficiente di compressibilità volumetrica (mv) e modulo edometrico (Eed) relativi al campo di pressione compreso tra il valo- re indicato in tabella e quello precedente.

Press kPa	DH mm	e	mv kPa^{-1}	E ed kPa
0	0,000	0,596	*	*
12,3	0,115	0,587	4,69E-04	2132
25	0,175	0,582	2,46E-04	4063
49	0,257	0,576	1,69E-04	5927
98	0,365	0,567	1,12E-04	8964
196	0,492	0,557	6,60E-05	15162
392	0,651	0,544	4,16E-05	24064
785	0,876	0,526	2,96E-05	33733
1569	1,164	0,503	1,92E-05	52095
3138	1,580	0,470	1,41E-05	71045
785	1,562	0,471	*	*
196	1,541	0,473	*	*
49	1,529	0,474	*	*
12,3	1,508	0,476	*	*

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**13 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**		Prova numero / pagina prova		**2004001 - ED/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,5**

PROVA EDOMETRICA

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)

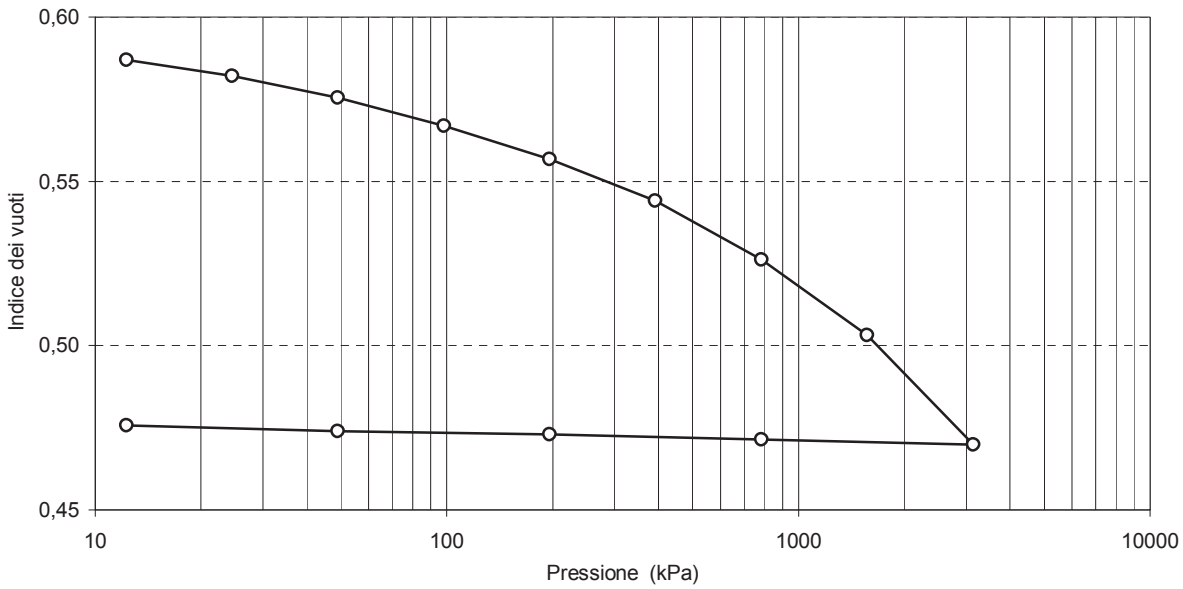
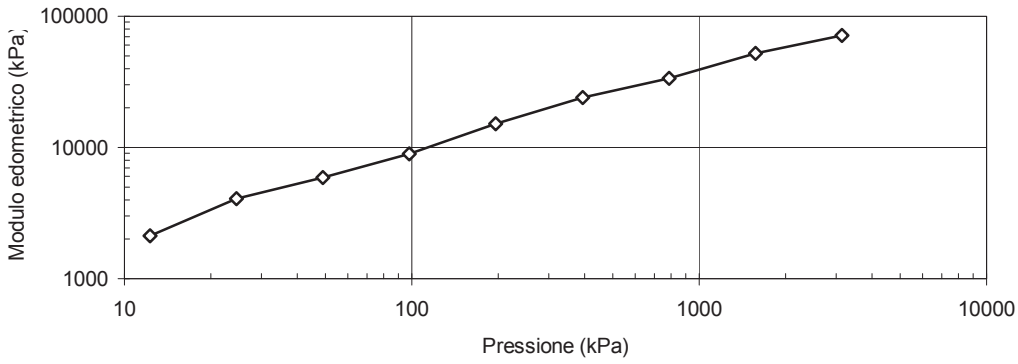


Diagramma modulo edometrico- pressioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**14 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004001 - ED/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,5**

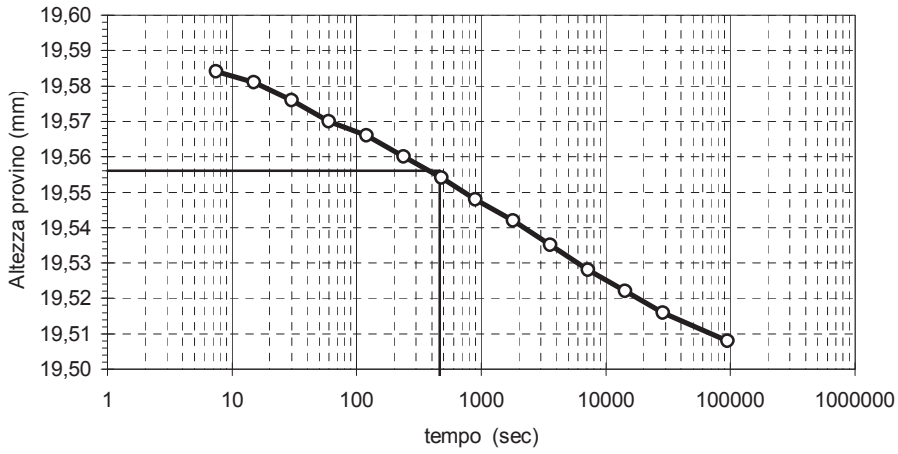
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		98	kPa
Pressione durante la prova		196	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	463	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,56	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	4,1E-04	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	2,6E-09	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	6,635	19,64
7,5	6,584	19,58
15	6,581	19,58
30	6,576	19,58
60	6,570	19,57
120	6,566	19,57
240	6,560	19,56
480	6,554	19,55
900	6,548	19,55
1800	6,542	19,54
3600	6,535	19,54
7200	6,528	19,53
14400	6,522	19,52
28800	6,516	19,52
94620	6,508	19,51

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**15 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004001 - ED/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,5**

PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

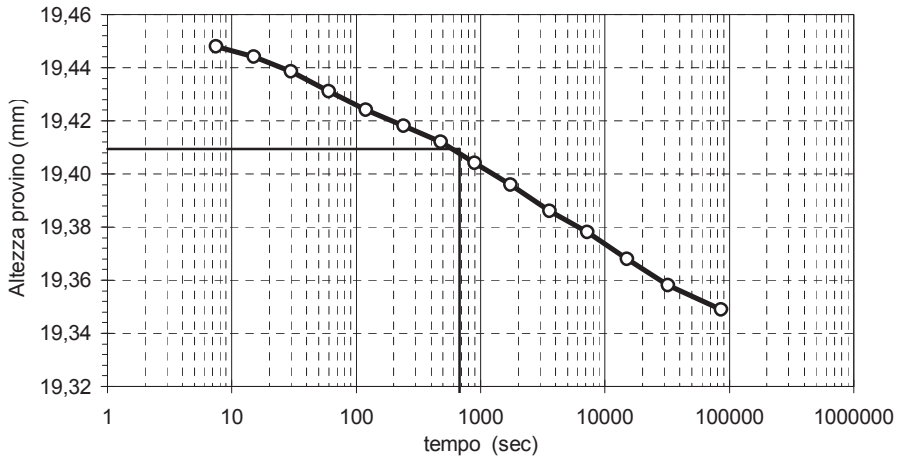
Pressione iniziale	196	kPa
Pressione durante la prova	392	kPa

Tempo di consolidazione	t_{50} =	676	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,41	mm

Coefficiente di consolidazione	c_v =	2,7E-04	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	1,1E-09	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	6,508	19,51
7,5	6,448	19,45
15	6,444	19,44
30	6,439	19,44
60	6,431	19,43
120	6,424	19,42
240	6,418	19,42
480	6,412	19,41
900	6,404	19,40
1740	6,396	19,40
3600	6,386	19,39
7200	6,378	19,38
15000	6,368	19,37
32100	6,358	19,36
85980	6,349	19,35

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**16 / 118**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**				
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**				
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**39**
Contrassegno	Sond. **1**	Camp. **2**	Profondità (m)	**6,0 - 6,5**	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **2/9/20**

Descrizione del campione:

Sabbia limosa grigio bruna, poco addensata.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto			
	ED	60	
	TG	80	
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/9/20**	Pagina	**17 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004002 -G**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**39**
Contrassegno	Sond. **1**	Camp. **2**	Profondità (m)	**6,0 - 6,5**	

PESO DI VOLUME

(UNI CEN ISO/TS 17892/2)

Data di prova: **02/09/2020**

Peso del terreno	g	4687,0
Volume del terreno	cm^3	2213,1
Massa specifica	g/cm^3	2,12
Peso di volume	kN/m^3	**20,8**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**18 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004002 - Gs**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**39**
Contrassegno	Sond. **1**	Camp.	**2**	Profondità (m)	**6,0 - 6,5**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **4/9/20** termine **5/9/20**

Picnometro	g	42,76
Campione + picnometro	g	68,70
Camp.+ picnometro + acqua	g	160,37
Picnometro + acqua	g	144,03
Temperatura ℃	℃	25,0
Fattore di correzione K		0,9988
Peso specifico	g/cm^3	**2,70**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **19 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **02/09/20** Prova numero **2004002 -TG/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **39**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **2** Profondità (m) **6,0 - 6,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN 17892-10)

Data di prova inizio **9/9/20** termine **12/9/20**

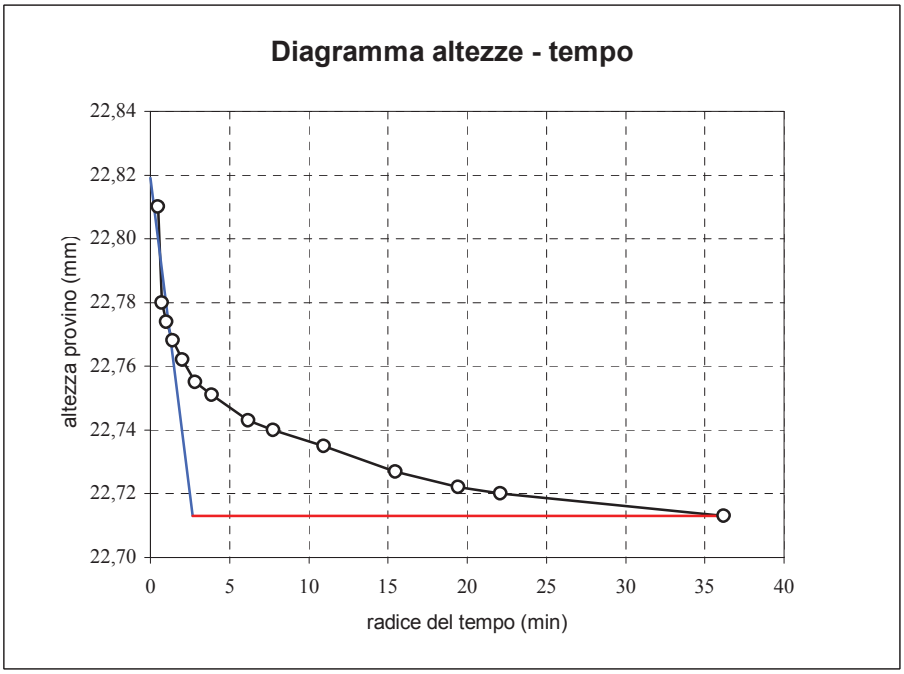
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **1**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sezione cm^2 36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	23,91	23,00
0,25	23,72	22,81
0,5	23,69	22,78
1	23,68	22,77
2	23,68	22,77
4	23,67	22,76
8	23,67	22,76
15	23,66	22,75
38	23,65	22,74
60	23,65	22,74
120	23,65	22,74
240	23,64	22,73
378	23,63	22,72
488	23,63	22,72
1310	23,62	22,71



Tempo di consolidazione t_{100} 7 min
Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0669 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**20 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004002 -TG/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**6,0 - 6,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

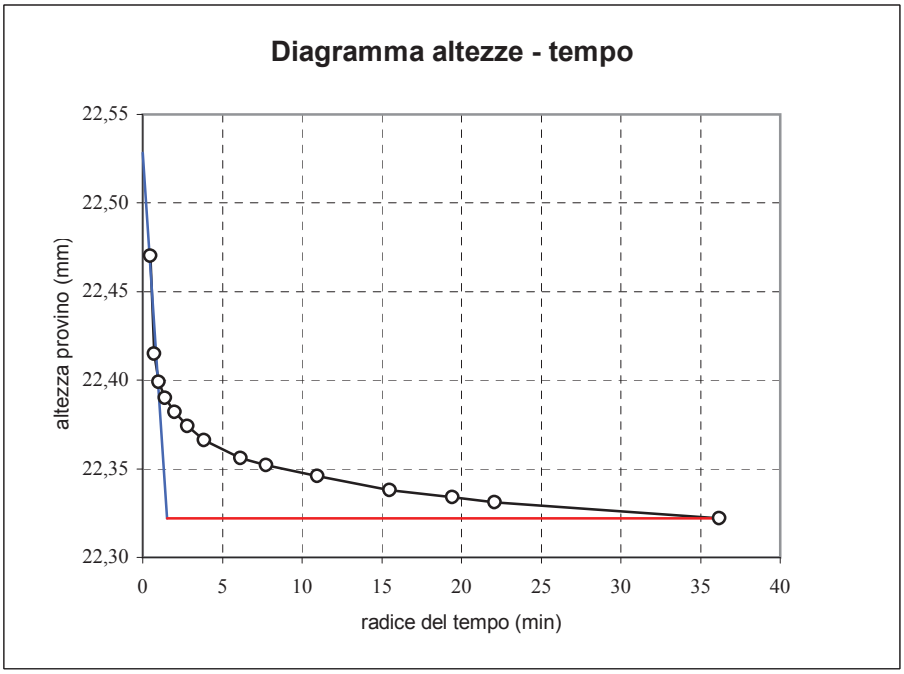
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **2**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	8,38	23,00
0,25	7,85	22,47
0,5	7,80	22,42
1	7,78	22,40
2	7,77	22,39
4	7,76	22,38
8	7,75	22,37
15	7,75	22,37
38	7,74	22,36
60	7,73	22,35
120	7,73	22,35
240	7,72	22,34
378	7,71	22,33
488	7,71	22,33
1310	7,70	22,32



Tempo di consolidazione t_{100} 2 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,2061 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**21 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004002 -TG/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**6,0 - 6,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

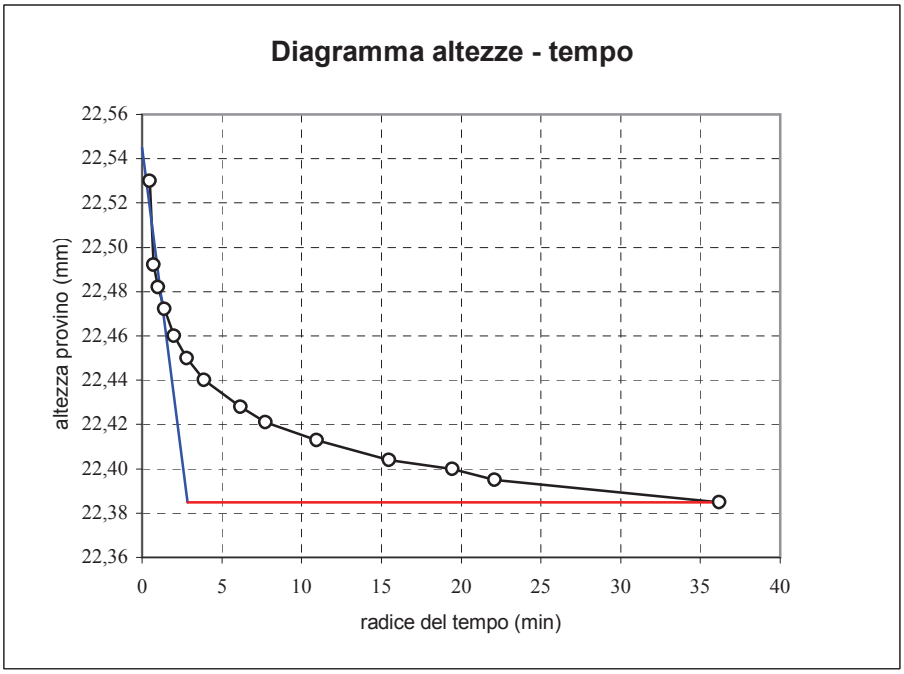
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **3**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	4,86	23,00
0,25	4,39	22,53
0,5	4,35	22,49
1	4,34	22,48
2	4,33	22,47
4	4,32	22,46
8	4,31	22,45
15	4,30	22,44
38	4,29	22,43
60	4,28	22,42
120	4,27	22,41
240	4,26	22,40
378	4,26	22,40
488	4,26	22,40
1310	4,25	22,39



Tempo di consolidazione t_{100} 8 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0585 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**22 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004002 -TG/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**6,0 - 6,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **1**

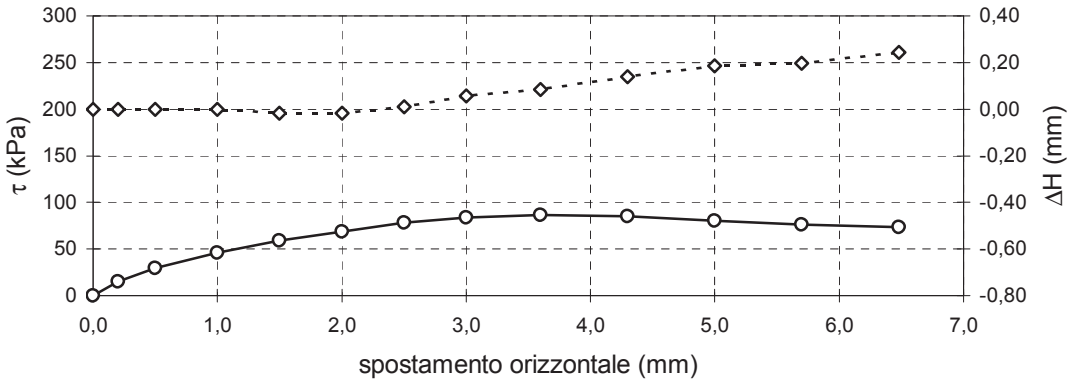
Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	86
Spostamento orizz. a rottura	mm	3,60

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
e = deformazione provino (%)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,097	0,00	15
0,50	0,193	0,00	30
1,00	0,300	0,00	46
1,50	0,383	-0,02	59
2,00	0,447	-0,02	69
2,50	0,511	0,01	78
3,00	0,545	0,06	84
3,60	0,564	0,08	86
4,30	0,557	0,14	85
5,00	0,523	0,19	80
5,70	0,495	0,20	76
6,48	0,478	0,24	73

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/2020**	Pagina	**23 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004002 -TG/5**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**6,0 - 6,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **2**

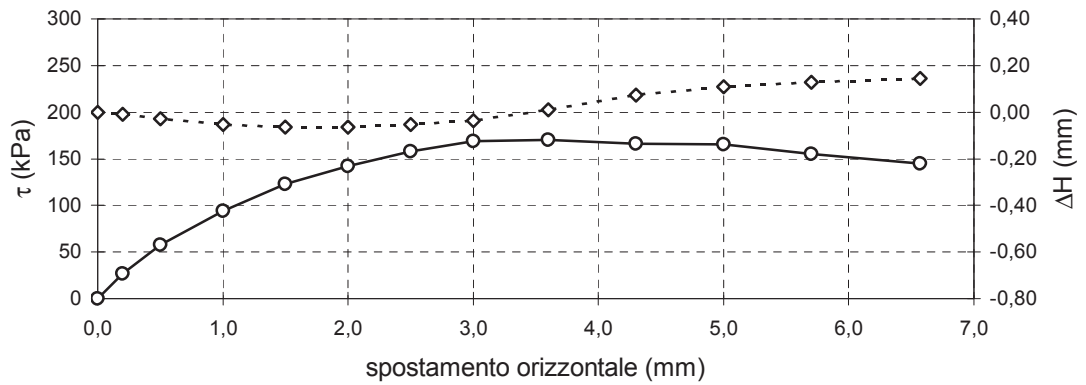
Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	170
Spostamento orizz. a rottura	mm	3,60

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,106	-0,01	27
0,50	0,226	-0,03	57
1,00	0,369	-0,05	94
1,50	0,482	-0,06	123
2,00	0,559	-0,06	142
2,50	0,622	-0,05	158
3,00	0,663	-0,04	169
3,60	0,67	0,01	170
4,30	0,653	0,07	166
5,00	0,652	0,11	166
5,70	0,609	0,13	155
6,57	0,57	0,15	145

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**24 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004002 -TG/6**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**6,0 - 6,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **3**

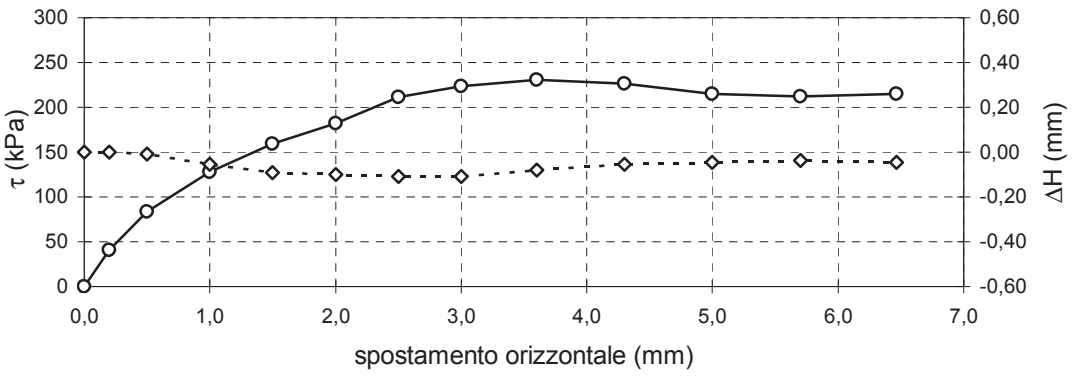
Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	231
Spostamento orizz. a rottura	mm	3,60

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,087	0,00	40
0,50	0,180	-0,01	84
1,00	0,276	-0,05	128
1,50	0,343	-0,09	159
2,00	0,393	-0,10	182
2,50	0,455	-0,11	211
3,00	0,482	-0,11	224
3,60	0,497	-0,08	231
4,30	0,488	-0,05	226
5,00	0,463	-0,05	215
5,70	0,457	-0,04	212
6,46	0,463	-0,05	215

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**25 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004002 -TG/7**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**6,0 - 6,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Dimensioni iniziali : altezza 2,30 cm sezione 36,00 cm^2

PESO DI VOLUME

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa del terreno	g	177,05	177,93	177,13	178,26	177,14	175,14
Volume del terreno	cm^3	82,80	82,80	82,80	82,70	80,94	80,41
Massa specifica	g/cm^3	2,14	2,15	2,14	2,16	2,19	2,18
Peso di volume	kN/m^3	20,97	21,07	20,98	21,14	21,46	21,36

CONTENUTO DI ACQUA

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa terreno umido	g	177,05	177,93	177,13	178,26	177,14	175,14
Massa terreno secco	g	151,79	153,09	150,62	151,79	153,09	150,62
Contenuto di acqua	%	16,64	16,23	17,60	17,44	15,71	16,28

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/09/20** Pagina **26 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** Prova numero / pagina prova **2004002 - ED/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **39**
Contrassegno Sond. **1** Camp. **2** Profondità (m) **6,0 - 6,5**

PROVA EDOMETRICA (UNI CEN 17892-5)

Data di prova inizio **2/9/20** termine **17/9/20**

Dimensioni iniziali del provino

sezione	cm^2	20
altezza	cm	2,00
volume iniziale	cm^3	40,00

Parametri fisici iniziali e dopo la prova.

		iniziale	finale
umidità	%	15,43	13,42
peso di volume	kN/m^3	20,7	22,0
indice dei vuoti		0,478	0,363

Peso specifico dei grani Gs = 2,70

Cedimenti (DH) e indice dei vuoti (e) relativi alle pressioni indicate con permanenza del carico di 24 ore.

Coefficiente di compressibilità volumetrica (mv) e modulo edometrico (Eed) relativi al campo di pressione compreso tra il valo- re indicato in tabella e quello precedente.

Press kPa	DH mm	e	mv kPa^{-1}	E ed kPa
0	0,000	0,478	*	*
12,3	0,110	0,470	4,49E-04	2229
25	0,178	0,465	2,79E-04	3586
49	0,275	0,458	2,00E-04	5010
98	0,407	0,448	1,36E-04	7327
196	0,576	0,435	8,80E-05	11369
392	0,762	0,422	4,88E-05	20482
785	1,001	0,404	3,17E-05	31575
1569	1,309	0,381	2,07E-05	48394
3138	1,688	0,353	1,29E-05	77381
785	1,680	0,354	*	*
196	1,635	0,357	*	*
49	1,585	0,361	*	*
12,3	1,560	0,363	*	*

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**27 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**		Prova numero / pagina prova		**2004002 - ED/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**6,0 - 6,5**

PROVA EDOMETRICA

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)

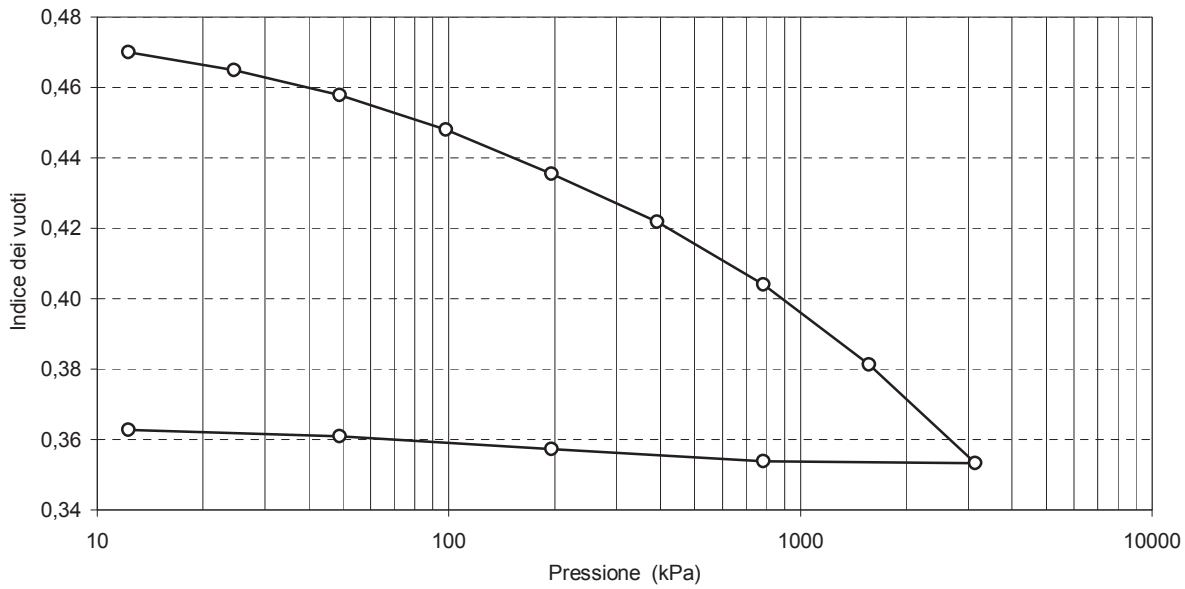
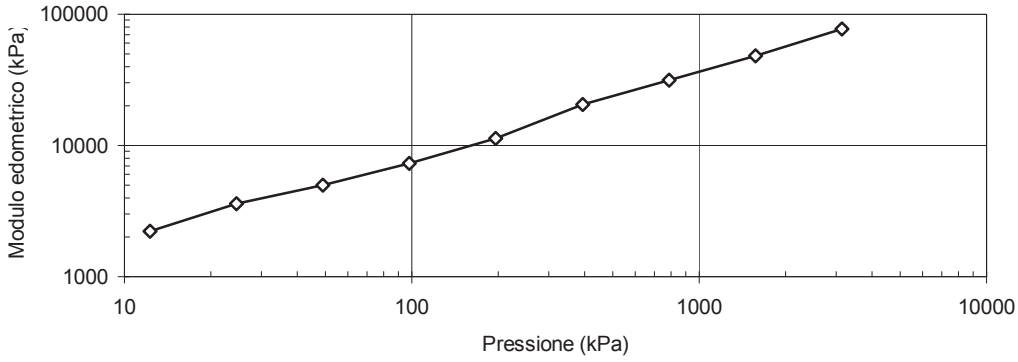


Diagramma modulo edometrico- pressioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**28 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**		Prova numero / pagina prova		**2004002 - ED/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**6,0 - 6,5**

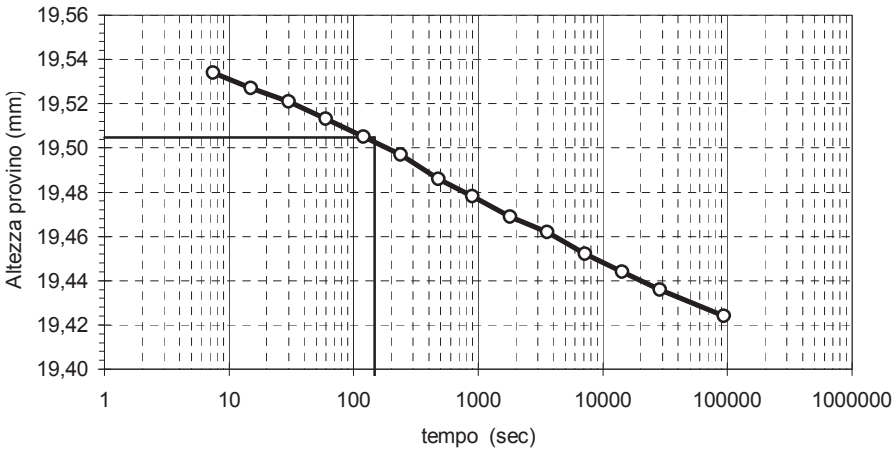
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		98	kPa
Pressione durante la prova		196	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	148	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,50	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	1,3E-03	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	1,1E-08	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	6,733	19,59
7,5	6,674	19,53
15	6,667	19,53
30	6,661	19,52
60	6,653	19,51
120	6,645	19,51
240	6,637	19,50
480	6,626	19,49
900	6,618	19,48
1800	6,609	19,47
3600	6,602	19,46
7200	6,592	19,45
14400	6,584	19,44
28800	6,576	19,44
94440	6,564	19,42

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**29 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**		Prova numero / pagina prova		**2004002 - ED/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**1**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**6,0 - 6,5**

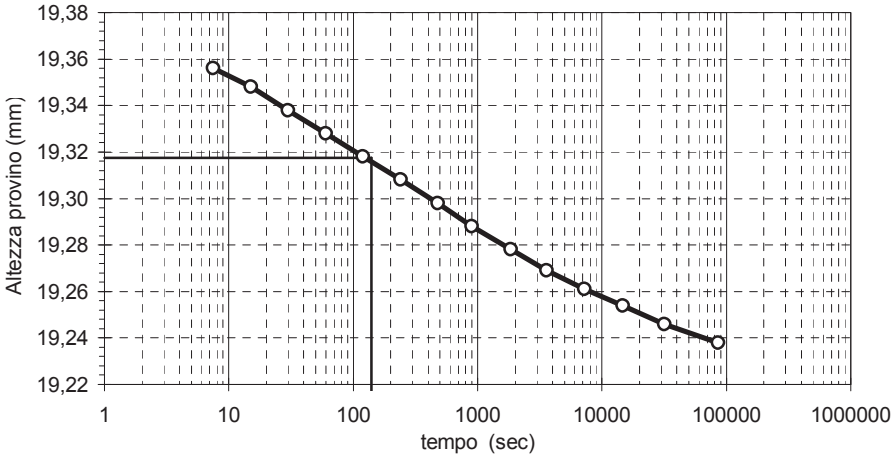
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		196	kPa
Pressione durante la prova		392	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	140	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,32	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	1,3E-03	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	6,3E-09	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	6,564	19,42
7,5	6,496	19,36
15	6,488	19,35
30	6,478	19,34
60	6,468	19,33
120	6,458	19,32
240	6,448	19,31
480	6,438	19,30
900	6,428	19,29
1860	6,418	19,28
3600	6,409	19,27
7200	6,401	19,26
14700	6,394	19,25
31800	6,386	19,25
85740	6,378	19,24

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**30 / 118**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**				
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**				
Contenitore	**Fustella PVC**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**30**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp. **1**	Profondità (m)	**3,0 - 3,3**	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **2/9/20**

Descrizione del campione:

Sabbia debolmente limosa argillosa grigia, addensata.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto	ED	180	
	TG	210	
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/9/20**	Pagina	**31 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004003 -G**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Contenitore	**Fustella PVC**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**30**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp.	**1**	Profondità (m)	**3,0 - 3,3**

PESO DI VOLUME

(UNI CEN ISO/TS 17892/2)

Data di prova: **02/09/2020**

Peso del terreno	g	3542,0
Volume del terreno	cm^3	1679,7
Massa specifica	g/cm^3	2,11
Peso di volume	kN/m^3	**20,7**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**32 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004003 - Gs**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella PVC**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**30**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp.	**1**	Profondità (m)	**3,0 - 3,3**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **8/9/20** termine **9/9/20**

Picnometro	g	45,79
Campione + picnometro	g	71,53
Camp.+ picnometro + acqua	g	163,43
Picnometro + acqua	g	147,20
Temperatura ℃	℃	25,0
Fattore di correzione K		0,9988
Peso specifico	g/cm^3	**2,70**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **33 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **2/9/20** Prova numero **2004003 - GR 1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **30**
Contrassegno Sond. **3** Camp. **1** Profondità (m) **3,0 - 3,3**

ANALISI GRANULOMETRICA

Date di prova: inizio **2/9/20** termine **11/9/20**

Analisi granulometrica per setacciatura
(via umida) (CNR-UNI A. V N.23)

Massa del materiale g = 392,73

Set. ASTM	Diam. mm	Peso %	Tratt. %	Pass. %
3"	76,2	0,00	0,00	100,0
2"	50,8	0,00	0,00	100,0
1,5"	38,1	0,00	0,00	100,0
3/4"	19	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,0
4	4,75	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,01	0,01	100,0
40	0,425	3,29	3,30	96,7
100	0,150	61,47	64,77	35,2
200	0,075	10,02	74,80	25,2

Analisi granulometrica per sedimentazione
(AASHTO T 88-72)

Agente disperdente: esametafosfato di sodio 45,70 g/l

Idrometro: tipo 151 H

Massa del materiale g = 50,00

Materiale passante al setaccio ASTM 40
Peso specifico dei grani: 2,70

Temp. ℃	Tempo min	Lettura densim.	Dimen. mm	Pass. %
24,5	0,33	1,0113	0,082	25,2
24,5	1	1,0098	0,048	21,9
24,5	2	1,0092	0,034	20,5
24,5	4	1,0083	0,024	18,5
24,5	8	1,0076	0,017	17,0
24,5	15	1,0072	0,013	16,1
24,5	30	1,0068	0,009	15,2
24,5	60	1,0061	0,006	13,6
24,5	120	1,0055	0,005	12,3
24,5	240	1,0051	0,003	11,4
24,5	575	1,0048	0,002	10,7
24,3	1454	1,0044	0,001	9,8

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

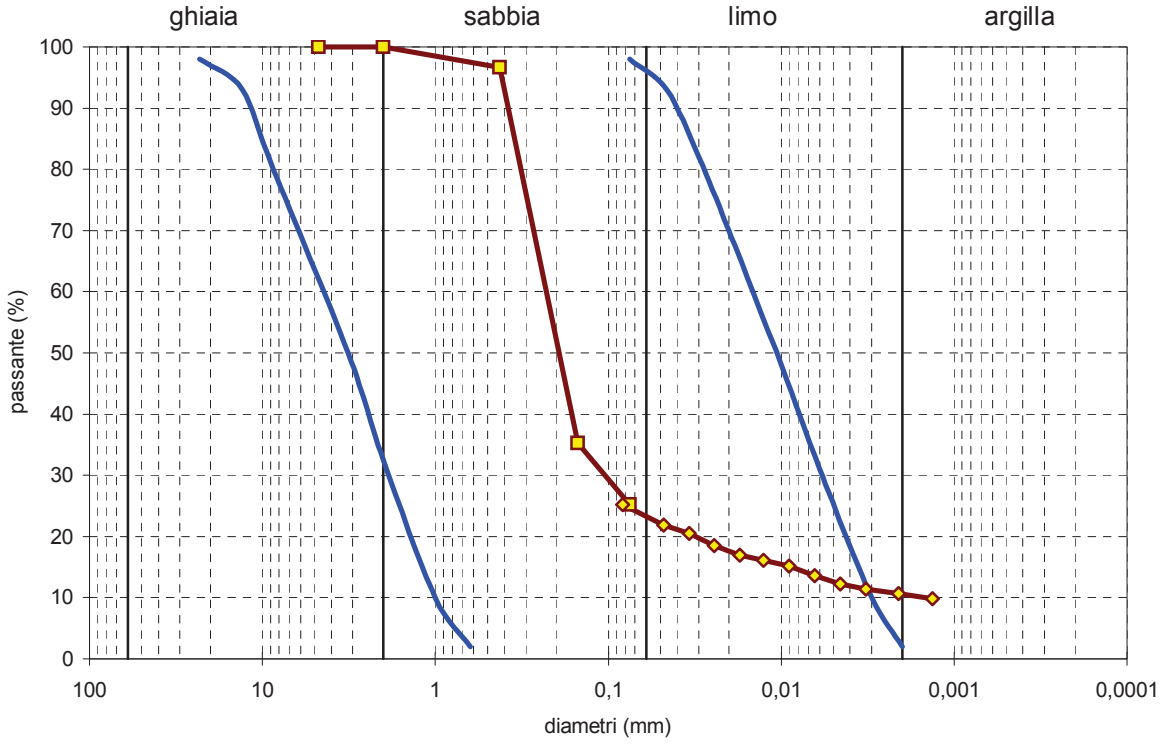
ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**34 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004003 - GR 2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,3**

CURVA GRANULOMETRICA



Riepilogo dei risultati

Ciottoli	(> 60mm)	%	**0**
Ghiaia	(60 - 2 mm)	%	**0**
Sabbia	(2 - 0,060 mm)	%	**77**
Limo	(0,060-0,002 mm)	%	**12**
Argilla	(< 0,002 mm)	%	**11**

Coefficiente di uniformità : **U (D60/D10) =** **147**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **35 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **02/09/20** Prova numero **2004003 -TG/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **30**
Contrassegno Sond. **3** Camp. **1** Profondità (m) **3,0 - 3,3**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN 17892-10)

Data di prova inizio **10/9/20** termine **14/9/20**

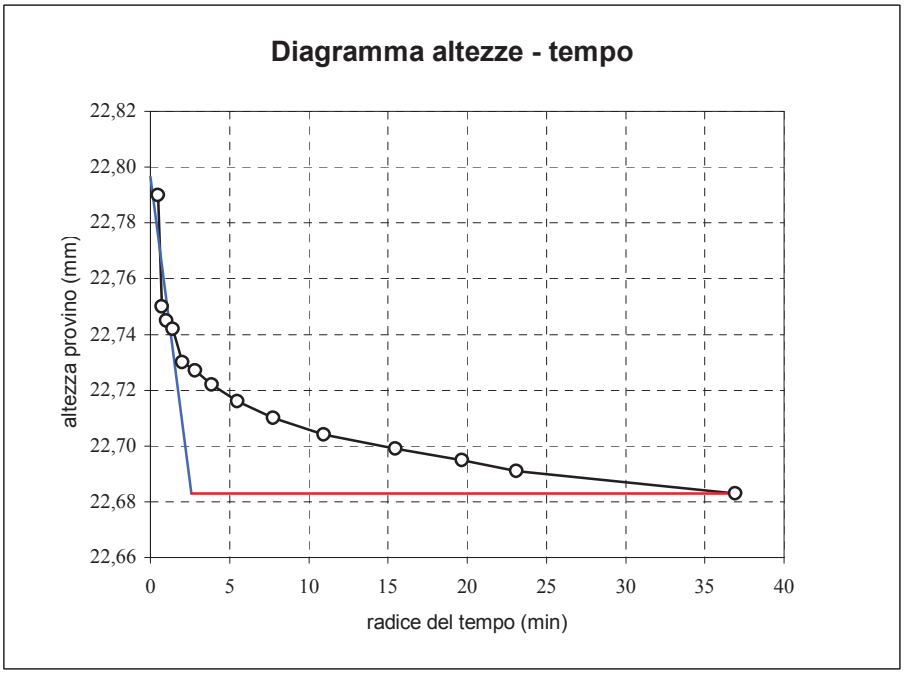
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **1**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sezione cm^2 36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	23,53	23,00
0,25	23,32	22,79
0,5	23,28	22,75
1	23,28	22,75
2	23,27	22,74
4	23,26	22,73
8	23,26	22,73
15	23,25	22,72
30	23,25	22,72
60	23,24	22,71
120	23,23	22,70
240	23,23	22,70
387	23,23	22,70
535	23,22	22,69
1365	23,21	22,68



Tempo di consolidazione t_{100} 7 min
Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0709 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**36 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004003 -TG/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,3**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

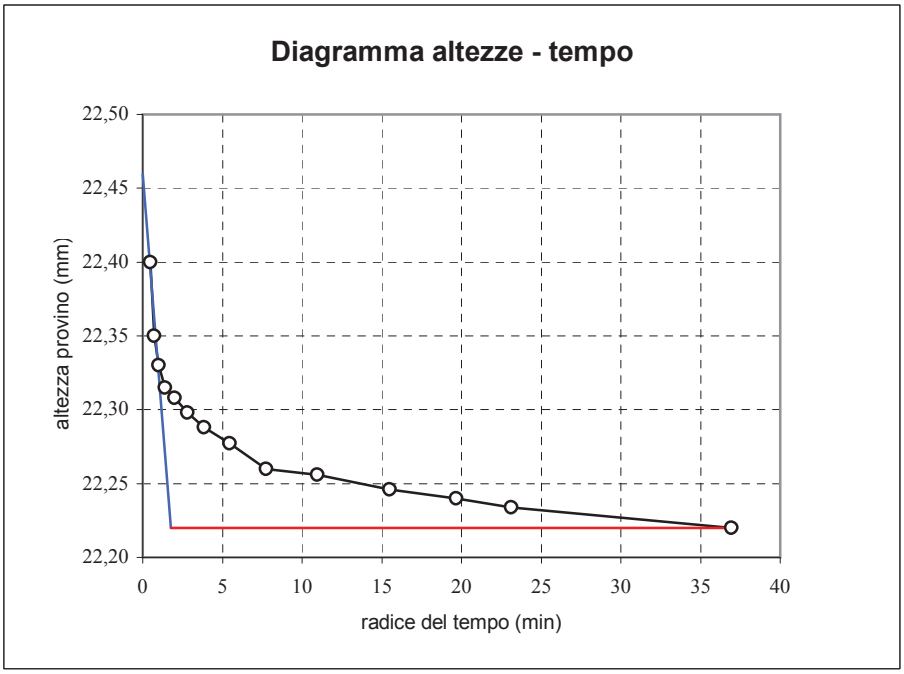
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **2**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	9,43	23,00
0,25	8,83	22,40
0,5	8,78	22,35
1	8,76	22,33
2	8,75	22,32
4	8,74	22,31
8	8,73	22,30
15	8,72	22,29
30	8,71	22,28
60	8,69	22,26
120	8,69	22,26
240	8,68	22,25
387	8,67	22,24
535	8,66	22,23
1365	8,65	22,22



Tempo di consolidazione t_{100} 3 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,1506 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**37 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004003 -TG/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,3**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

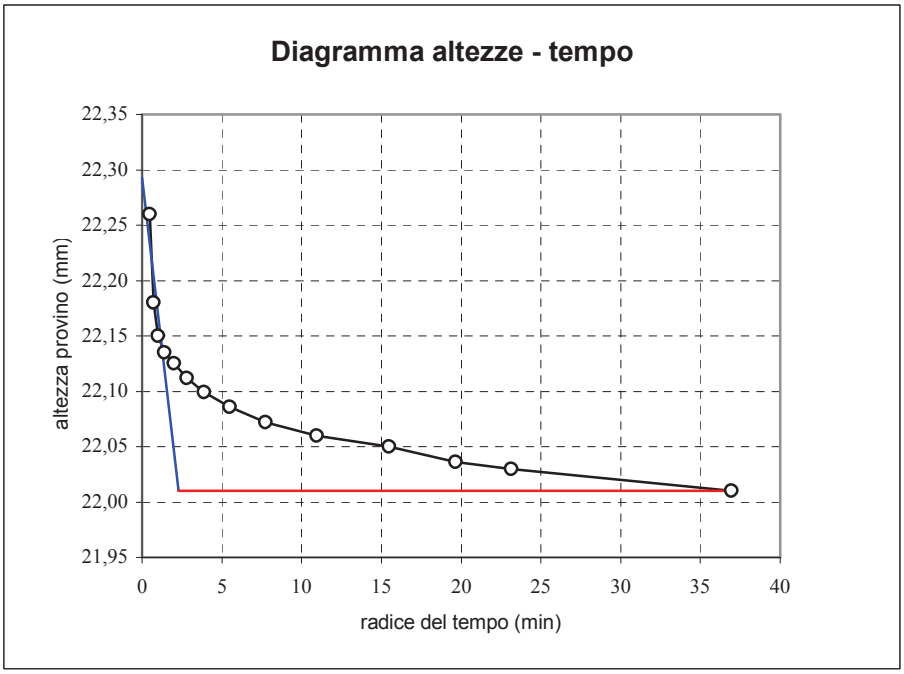
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **3**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	7,99	23,00
0,25	7,25	22,26
0,5	7,17	22,18
1	7,14	22,15
2	7,13	22,14
4	7,12	22,13
8	7,10	22,11
15	7,09	22,10
30	7,08	22,09
60	7,06	22,07
120	7,05	22,06
240	7,04	22,05
387	7,03	22,04
535	7,02	22,03
1365	7,00	22,01



Tempo di consolidazione t_{100} 5 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0898 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**38 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004003 -TG/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,3**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **1**

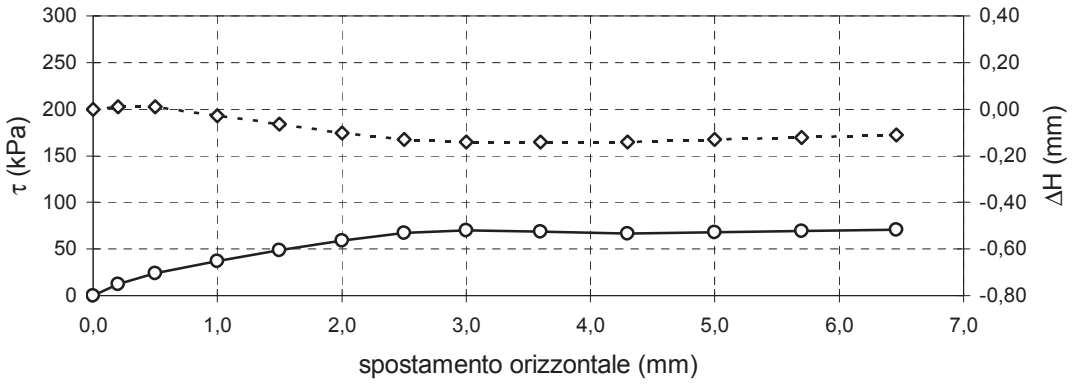
Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	23
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	71
Spostamento orizz. a rottura	mm	6,46

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
e = deformazione provino (%)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,080	0,01	12
0,50	0,157	0,01	24
1,00	0,242	-0,03	37
1,50	0,318	-0,07	49
2,00	0,384	-0,10	59
2,50	0,439	-0,13	67
3,00	0,456	-0,14	70
3,60	0,446	-0,14	68
4,30	0,436	-0,14	67
5,00	0,442	-0,13	68
5,70	0,451	-0,12	69
6,46	0,460	-0,11	71

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/2020**	Pagina	**39 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004003 -TG/5**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,3**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **2**

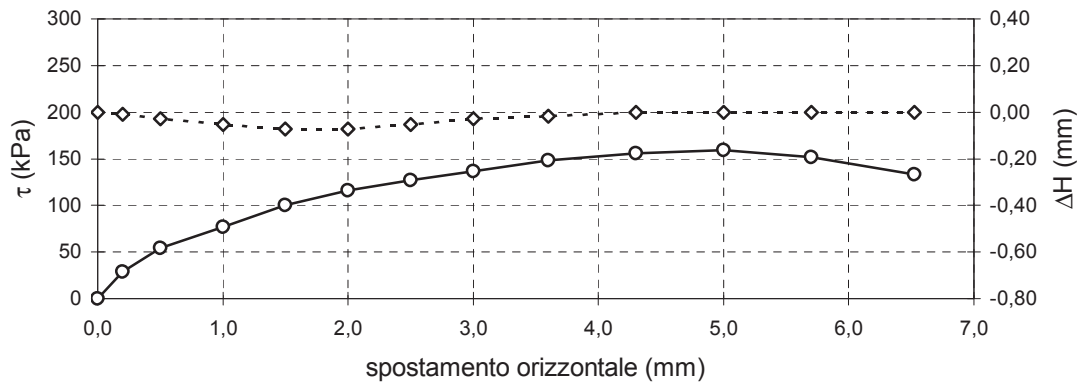
Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	23
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	159
Spostamento orizz. a rottura	mm	5,00

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,114	-0,01	29
0,50	0,214	-0,03	54
1,00	0,303	-0,05	77
1,50	0,395	-0,07	100
2,00	0,455	-0,07	116
2,50	0,499	-0,05	127
3,00	0,536	-0,03	136
3,60	0,584	-0,02	148
4,30	0,613	0,00	156
5,00	0,626	0,00	159
5,70	0,598	0,00	152
6,52	0,523	0,00	133

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**40 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004003 -TG/6**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,3**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **3**

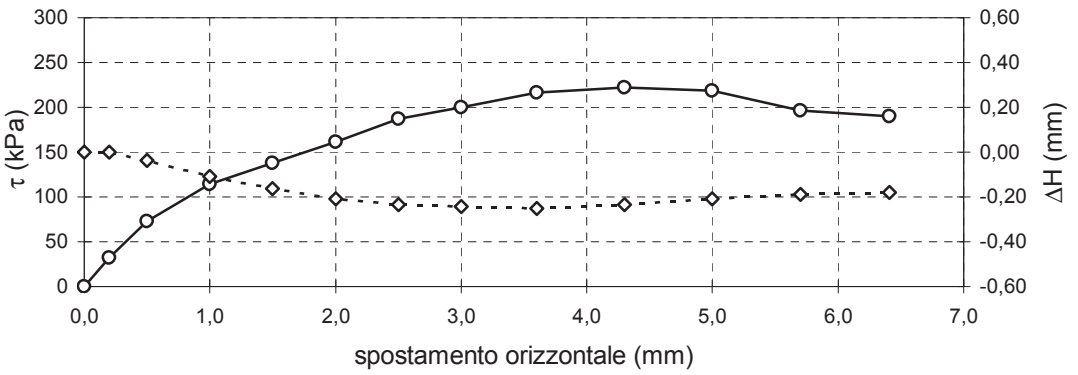
Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	23
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	222
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,070	########	32
0,50	0,157	-0,04	73
1,00	0,246	-0,11	114
1,50	0,297	-0,16	138
2,00	0,348	-0,21	161
2,50	0,404	-0,23	187
3,00	0,431	-0,24	200
3,60	0,467	-0,25	217
4,30	0,478	-0,23	222
5,00	0,471	-0,21	219
5,70	0,423	-0,19	196
6,41	0,410	-0,18	190

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**41 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004003 -TG/7**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,3**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Dimensioni iniziali : altezza 2,30 cm sezione 36,00 cm^2

PESO DI VOLUME

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa del terreno	g	176,00	173,82	173,87	174,74	170,16	170,42
Volume del terreno	cm^3	82,80	82,80	82,80	81,23	79,99	78,52
Massa specifica	g/cm^3	2,13	2,10	2,10	2,15	2,13	2,17
Peso di volume	kN/m^3	20,85	20,59	20,59	21,10	20,86	21,29

CONTENUTO DI ACQUA

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa terreno umido	g	176,00	173,82	173,87	174,74	170,16	170,42
Massa terreno secco	g	150,37	144,27	146,40	150,37	144,27	146,40
Contenuto di acqua	%	17,04	20,48	18,76	16,21	17,95	16,41

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/09/20** Pagina **42 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** Prova numero / pagina prova **2004003 - ED/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **30**
Contrassegno Sond. **3** Camp. **1** Profondità (m) **3,0 - 3,3**

PROVA EDOMETRICA (UNI CEN 17892-5)

Data di prova inizio **2/9/20** termine **17/9/20**

Dimensioni iniziali del provino

sezione	cm^2	20
altezza	cm	2,00
volume iniziale	cm^3	40,00

Parametri fisici iniziali e dopo la prova.

		iniziale	finale
umidità	%	16,31	14,13
peso di volume	kN/m^3	20,6	21,8
indice dei vuoti		0,494	0,387

Peso specifico dei grani Gs = 2,70

Cedimenti (DH) e indice dei vuoti (e) relativi alle pressioni indicate con permanenza del carico di 24 ore.

Coefficiente di compressibilità volumetrica (mv) e modulo edometrico (Eed) relativi al campo di pressione compreso tra il valo- re indicato in tabella e quello precedente.

Press kPa	DH mm	e	mv kPa^{-1}	E ed kPa
0	0,000	0,494	*	*
12,3	0,052	0,490	2,12E-04	4715
25	0,137	0,484	3,48E-04	2877
49	0,238	0,476	2,07E-04	4822
98	0,384	0,465	1,51E-04	6637
196	0,548	0,453	8,53E-05	11730
392	0,710	0,441	4,25E-05	23550
785	0,934	0,424	2,96E-05	33780
1569	1,215	0,403	1,88E-05	53231
3138	1,595	0,375	1,29E-05	77565
785	1,578	0,376	*	*
196	1,525	0,380	*	*
49	1,485	0,383	*	*
12,3	1,426	0,387	*	*

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**43 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**		Prova numero / pagina prova		**2004003 - ED/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,3**

PROVA EDOMETRICA

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)

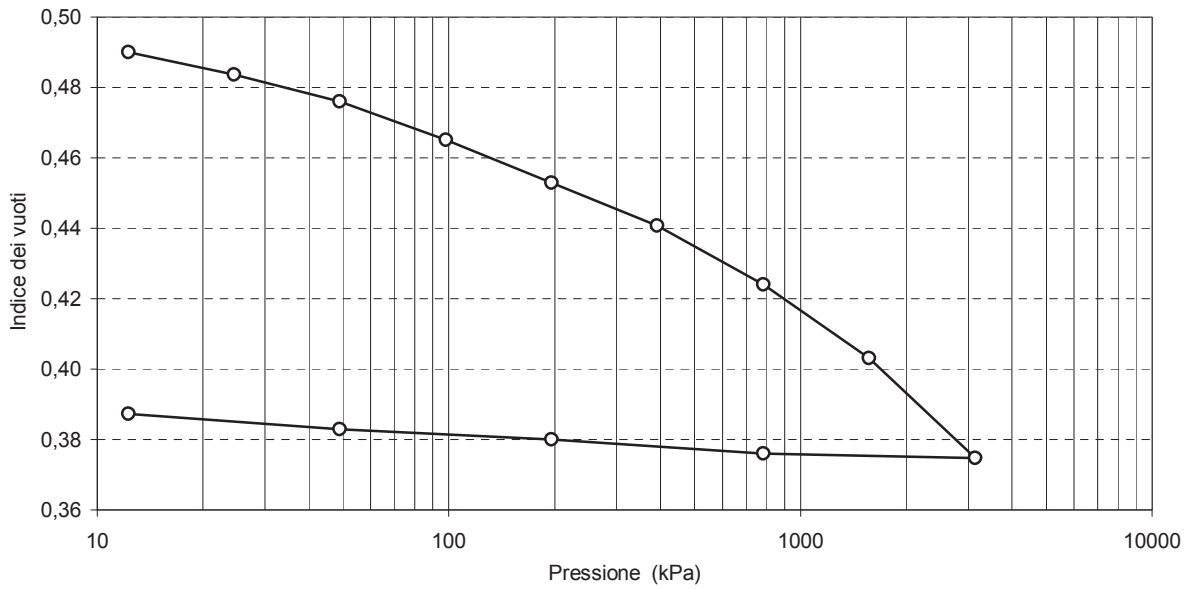
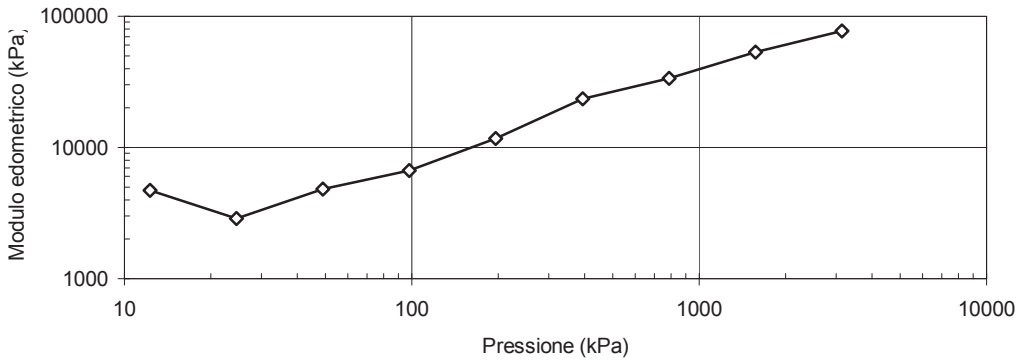


Diagramma modulo edometrico- pressioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**44 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**		Prova numero / pagina prova		**2004003 - ED/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,3**

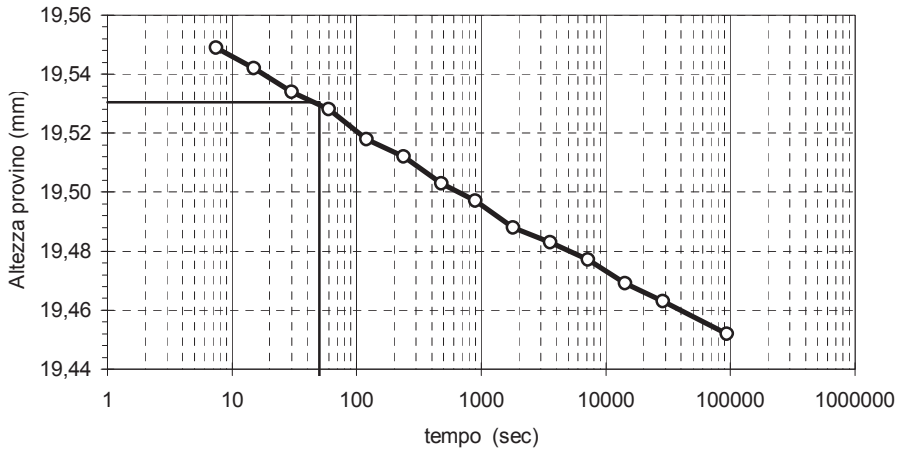
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		98	kPa
Pressione durante la prova		196	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	50	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,53	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	3,7E-03	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	3,1E-08	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	7,116	19,62
7,5	7,049	19,55
15	7,042	19,54
30	7,034	19,53
60	7,028	19,53
120	7,018	19,52
240	7,012	19,51
480	7,003	19,50
900	6,997	19,50
1800	6,988	19,49
3600	6,983	19,48
7200	6,977	19,48
14400	6,969	19,47
28800	6,963	19,46
94260	6,952	19,45

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**45 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004003 - ED/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,0 - 3,3**

PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

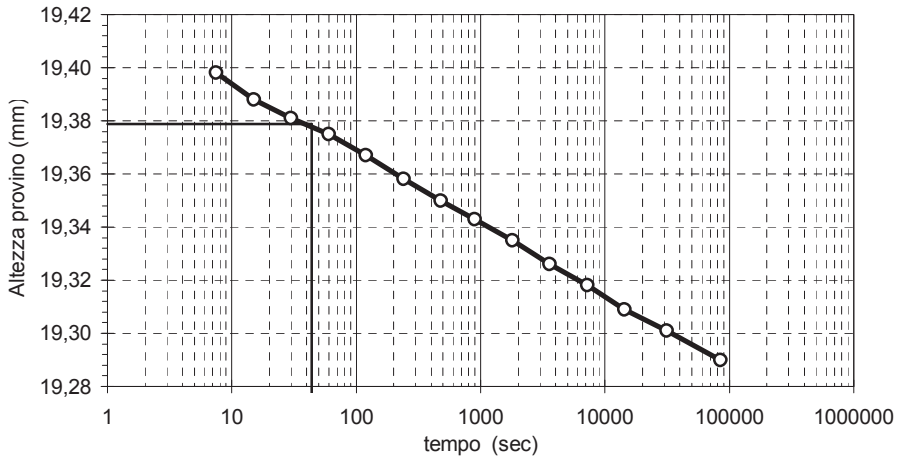
Pressione iniziale	196	kPa
Pressione durante la prova	392	kPa

Tempo di consolidazione	t_{50} =	44	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,38	mm

Coefficiente di consolidazione	c_v =	4,2E-03	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	1,8E-08	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	6,952	19,45
7,5	6,898	19,40
15	6,888	19,39
30	6,881	19,38
60	6,875	19,38
120	6,867	19,37
240	6,858	19,36
480	6,850	19,35
900	6,843	19,34
1800	6,835	19,34
3600	6,826	19,33
7200	6,818	19,32
14400	6,809	19,31
31500	6,801	19,30
85440	6,790	19,29

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**46 / 118**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**				
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**				
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**31**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp. **2**	Profondità (m)	**8,5 - 9,0**	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **2/9/20**

Descrizione del campione:

Sabbia debolmente limosa argillosa grigia. Presenza di ghiaia nella parte bassa del campione.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto	ED	100	
	TG	130	
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/9/20**	Pagina	**47 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004004 -G**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**31**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp.	**2**	Profondità (m)	**8,5 - 9,0**

PESO DI VOLUME

(UNI CEN ISO/TS 17892/2)

Data di prova: **02/09/2020**

Peso del terreno	g	3625,0
Volume del terreno	cm^3	1776,1
Massa specifica	g/cm^3	2,04
Peso di volume	kN/m^3	**20,0**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**48 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004004 - Gs**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**31**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp.	**2**	Profondità (m)	**8,5 - 9,0**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **8/9/20** termine **9/9/20**

Picnometro	g	42,73
Campione + picnometro	g	68,15
Camp.+ picnometro + acqua	g	159,98
Picnometro + acqua	g	144,02
Temperatura ℃	℃	26,5
Fattore di correzione K		0,9984
Peso specifico	g/cm^3	**2,68**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **49 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **2/9/20** Prova numero **2004004 - GR 1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **31**
Contrassegno Sond. **3** Camp. **2** Profondità (m) **8,5 - 9,0**

ANALISI GRANULOMETRICA

Date di prova: inizio **2/9/20** termine **11/9/20**

Analisi granulometrica per setacciatura
(via umida) (CNR-UNI A. V N.23)

Massa del materiale g = 442,12

Set. ASTM	Diam. mm	Peso %	Tratt. %	Pass. %
3"	76,2	0,00	0,00	100,0
2"	50,8	0,00	0,00	100,0
1,5"	38,1	0,00	0,00	100,0
3/4"	19	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,5	0,79	0,79	99,2
4	4,75	0,40	1,19	98,8
10	2,00	0,57	1,77	98,2
40	0,425	5,68	7,45	92,5
100	0,150	50,31	57,76	42,2
200	0,075	14,84	72,60	27,4

Analisi granulometrica per sedimentazione
(AASHTO T 88-72)

Agente disperdente: esametafosfato di sodio 45,70 g/l

Idrometro: tipo 151 H

Massa del materiale g = 50,00

Materiale passante al setaccio ASTM 40
Peso specifico dei grani: 2,68

Temp. ℃	Tempo min	Lettura densim.	Dimen. mm	Pass. %
24,5	0,4	1,0110	0,075	27,4
24,5	1	1,0099	0,048	24,7
24,5	2	1,0094	0,034	23,4
24,5	4	1,0085	0,024	21,2
24,5	8	1,0079	0,017	19,7
24,5	15	1,0077	0,013	19,2
24,5	30	1,0070	0,009	17,4
24,5	60	1,0063	0,006	15,7
24,5	120	1,0058	0,005	14,4
24,5	240	1,0053	0,003	13,2
24,5	571	1,0050	0,002	12,5
24,3	1449	1,0046	0,001	11,5

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

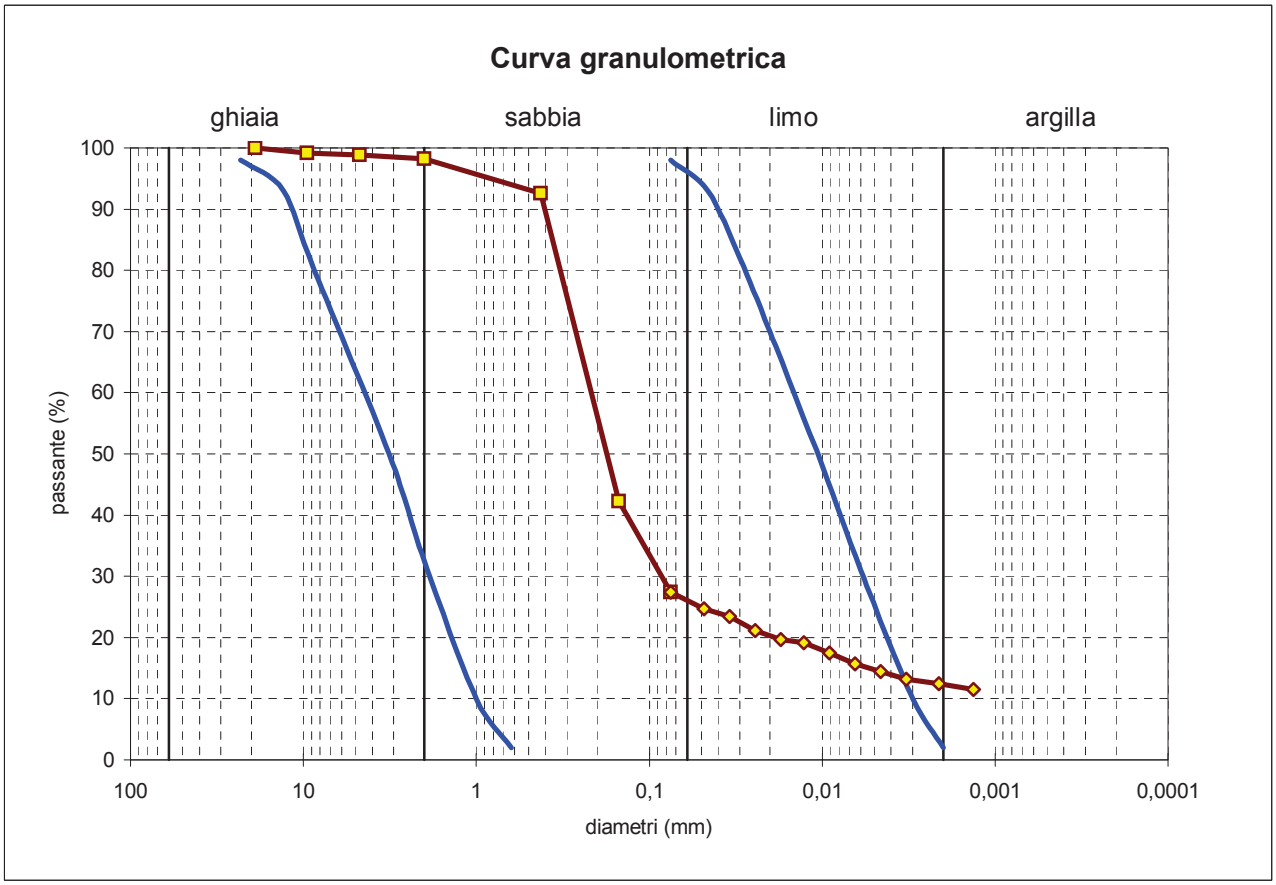
ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**50 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004004 - GR 2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

CURVA GRANULOMETRICA



Riepilogo dei risultati

Ciottoli	(> 60mm)	%	**0**
Ghiaia	(60 - 2 mm)	%	**2**
Sabbia	(2 - 0,060 mm)	%	**73**
Limo	(0,060-0,002 mm)	%	**13**
Argilla	(< 0,002 mm)	%	**12**

Coefficiente di uniformità : U (D60/D10) = n.d.

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **51 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **02/09/20** Prova numero **2004004 -TG/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **31**
Contrassegno Sond. **3** Camp. **2** Profondità (m) **8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN 17892-10)

Data di prova inizio **11/9/20** termine **16/9/20**

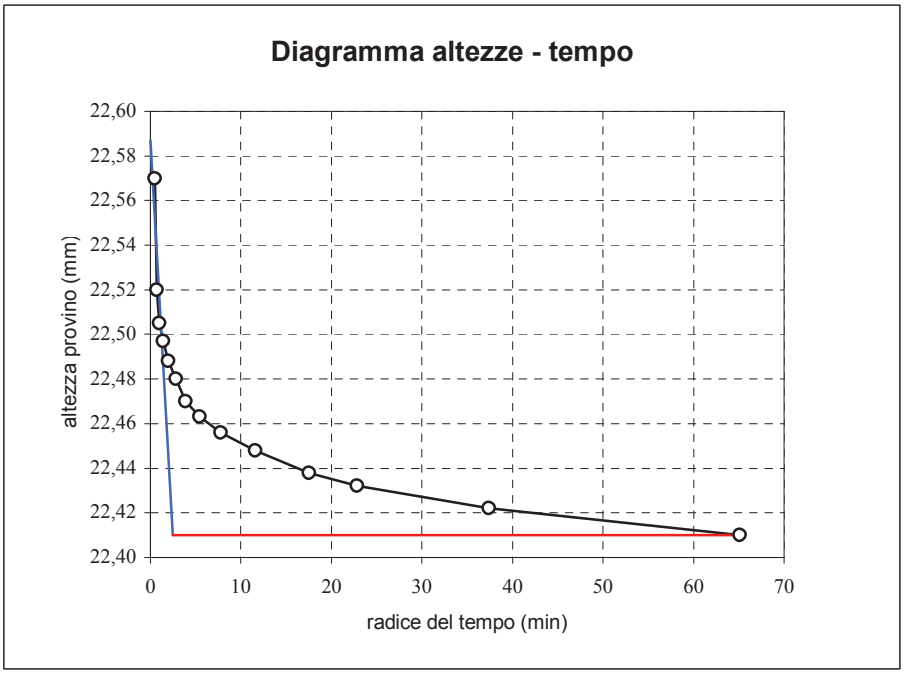
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **1**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sezione cm^2 36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	23,75	23,00
0,25	23,32	22,57
0,5	23,27	22,52
1	23,26	22,51
2	23,25	22,50
4	23,24	22,49
8	23,23	22,48
15	23,22	22,47
30	23,21	22,46
60	23,21	22,46
135	23,20	22,45
307	23,19	22,44
520	23,18	22,43
1401	23,17	22,42
4240	23,16	22,41



Tempo di consolidazione t_{100} 6 min
Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0755 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**52 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004004 -TG/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

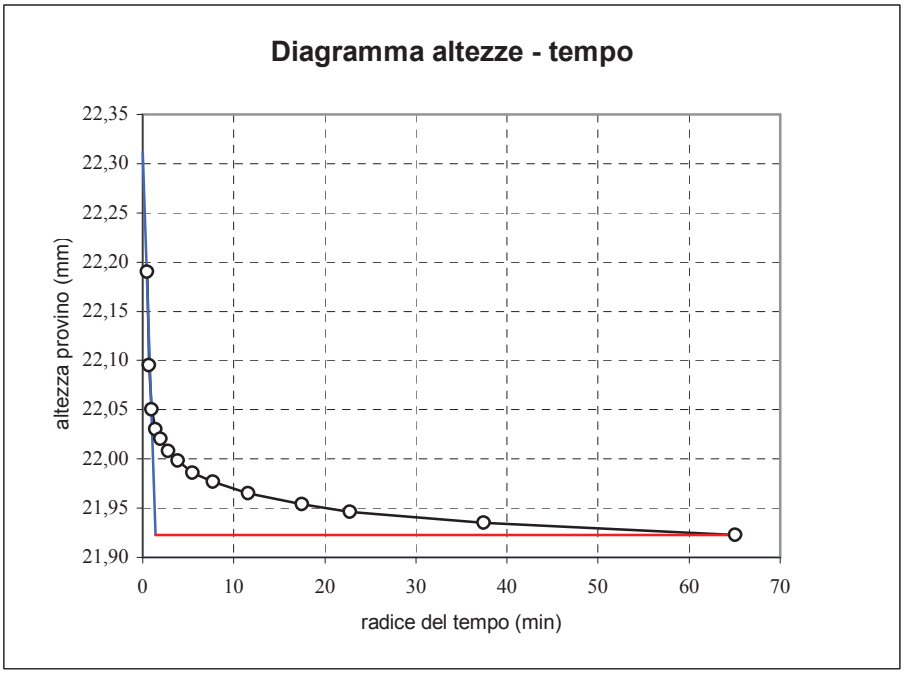
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **2**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	9,23	23,00
0,25	8,42	22,19
0,5	8,33	22,10
1	8,28	22,05
2	8,26	22,03
4	8,25	22,02
8	8,24	22,01
15	8,23	22,00
30	8,22	21,99
60	8,21	21,98
135	8,20	21,97
307	8,18	21,95
520	8,18	21,95
1401	8,17	21,94
4240	8,15	21,92



Tempo di consolidazione t_{100} 2 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,2309 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**53 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004004 -TG/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

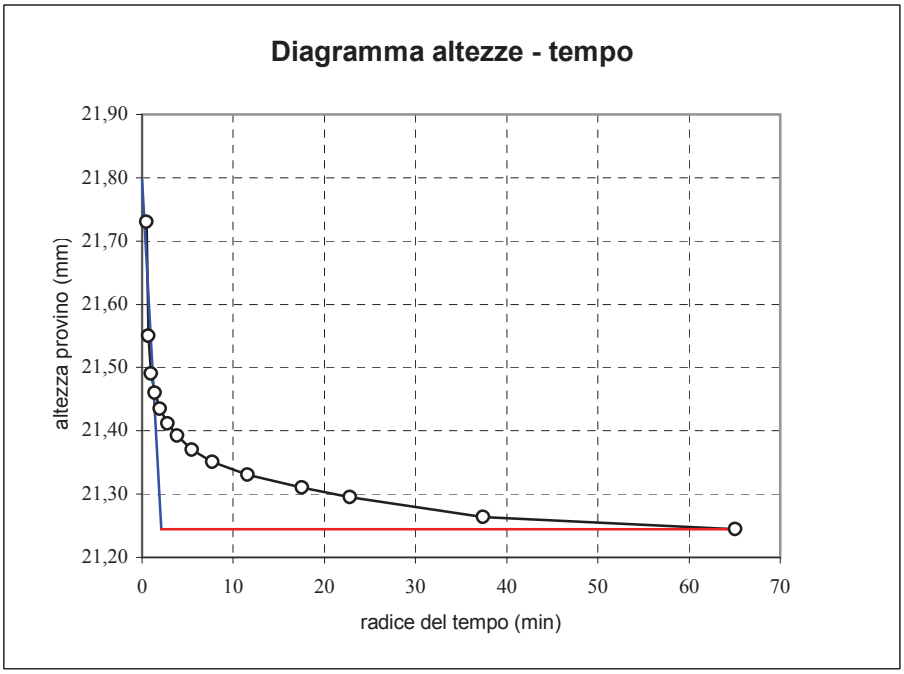
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **3**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	5,62	23,00
0,25	4,35	21,73
0,5	4,17	21,55
1	4,11	21,49
2	4,08	21,46
4	4,06	21,44
8	4,03	21,41
15	4,01	21,39
30	3,99	21,37
60	3,97	21,35
135	3,95	21,33
307	3,93	21,31
520	3,92	21,30
1401	3,88	21,26
4240	3,87	21,25



Tempo di consolidazione t_{100} 4 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,1082 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**54 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004004 -TG/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **1**

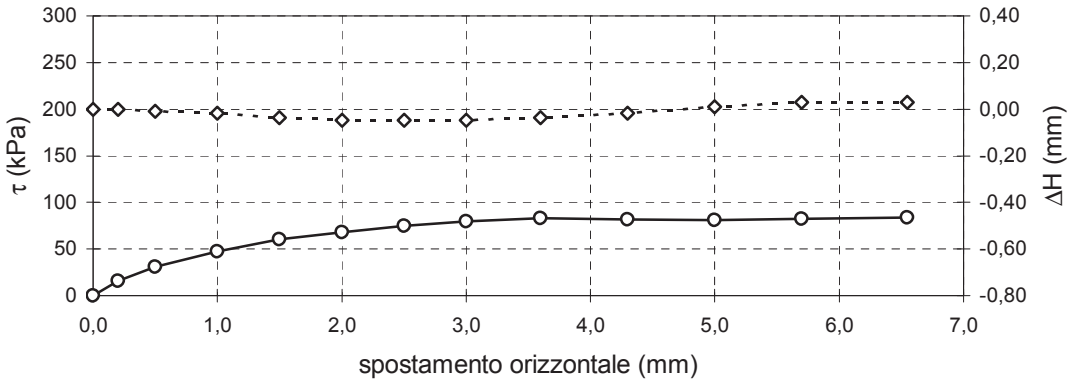
Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	70
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	84
Spostamento orizz. a rottura	mm	6,55

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
e = deformazione provino (%)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,103	0,00	16
0,50	0,202	-0,01	31
1,00	0,310	-0,02	48
1,50	0,392	-0,04	60
2,00	0,443	-0,05	68
2,50	0,486	-0,05	75
3,00	0,520	-0,05	80
3,60	0,541	-0,04	83
4,30	0,531	-0,02	81
5,00	0,529	0,01	81
5,70	0,536	0,03	82
6,55	0,548	0,03	84

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/2020**	Pagina	**55 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004004 -TG/5**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **2**

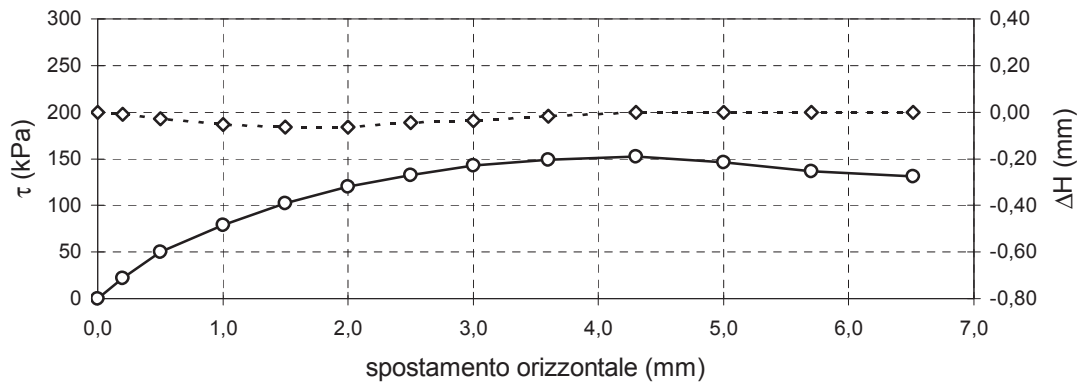
Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	70
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	153
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,087	-0,01	22
0,50	0,198	-0,03	50
1,00	0,311	-0,05	79
1,50	0,402	-0,06	102
2,00	0,473	-0,06	120
2,50	0,522	-0,05	133
3,00	0,561	-0,04	143
3,60	0,587	-0,02	149
4,30	0,6	0,00	153
5,00	0,574	0,00	146
5,70	0,537	0,00	137
6,52	0,515	0,00	131

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**56 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004004 -TG/6**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **3**

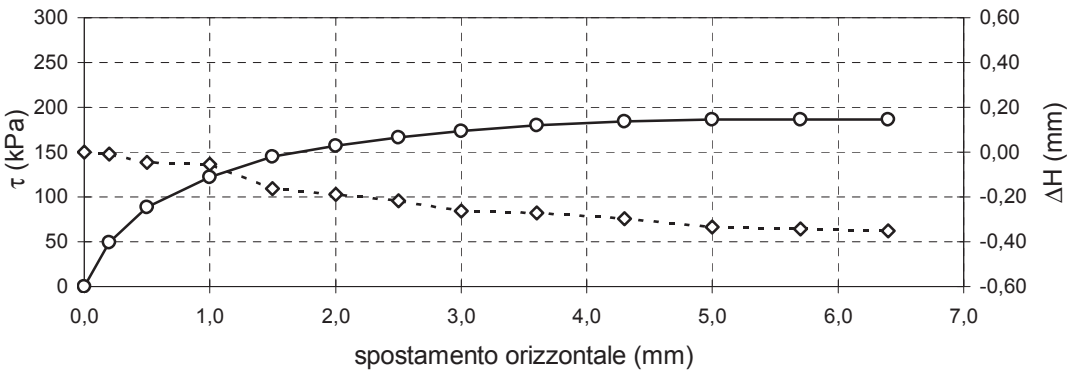
Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	70
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	187
Spostamento orizz. a rottura	mm	5,70

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,106	-0,01	49
0,50	0,191	-0,05	89
1,00	0,263	-0,05	122
1,50	0,312	-0,16	145
2,00	0,339	-0,19	157
2,50	0,358	-0,22	166
3,00	0,374	-0,26	174
3,60	0,388	-0,27	180
4,30	0,397	-0,30	184
5,00	0,401	-0,33	186
5,70	0,402	-0,34	187
6,40	0,401	-0,35	186

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**57 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004004 -TG/7**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Dimensioni iniziali : altezza 2,30 cm sezione 36,00 cm^2

PESO DI VOLUME

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa del terreno	g	167,30	168,81	160,46	167,39	168,04	156,19
Volume del terreno	cm^3	82,80	82,80	82,80	80,78	78,92	75,08
Massa specifica	g/cm^3	2,02	2,04	1,94	2,07	2,13	2,08
Peso di volume	kN/m^3	19,82	19,99	19,01	20,32	20,88	20,40

CONTENUTO DI ACQUA

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa terreno umido	g	167,30	168,81	160,46	167,39	168,04	156,19
Massa terreno secco	g	138,16	142,21	129,44	138,16	142,21	129,44
Contenuto di acqua	%	21,09	18,70	23,96	21,16	18,16	20,67

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/09/20** Pagina **58 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** Prova numero / pagina prova **2004004 - ED/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **31**
Contrassegno Sond. **3** Camp. **2** Profondità (m) **8,5 - 9,0**

PROVA EDOMETRICA (UNI CEN 17892-5)

Data di prova inizio **2/9/20** termine **18/9/20**

Dimensioni iniziali del provino

sezione	cm^2	20
altezza	cm	2,00
volume iniziale	cm^3	40,00

Parametri fisici iniziali e dopo la prova.

		iniziale	finale
umidità	%	19,70	16,77
peso di volume	kN/m^3	20,1	21,2
indice dei vuoti		0,568	0,450

Peso specifico dei grani Gs = 2,68

Cedimenti (DH) e indice dei vuoti (e) relativi alle pressioni indicate con permanenza del carico di 24 ore.

Coefficiente di compressibilità volumetrica (mv) e modulo edometrico (Eed) relativi al campo di pressione compreso tra il valo- re indicato in tabella e quello precedente.

Press kPa	DH mm	e	mv kPa^{-1}	E ed kPa
0	0,000	0,568	*	*
12,3	0,020	0,566	8,16E-05	12258
25	0,050	0,564	1,22E-04	8164
49	0,120	0,558	1,43E-04	6987
98	0,241	0,549	1,24E-04	8056
196	0,403	0,536	8,36E-05	11961
392	0,643	0,517	6,24E-05	16015
785	0,915	0,496	3,58E-05	27916
1569	1,277	0,467	2,42E-05	41361
3138	1,765	0,429	1,66E-05	60200
785	1,676	0,436	*	*
196	1,620	0,441	*	*
49	1,540	0,447	*	*
12,3	1,502	0,450	*	*

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

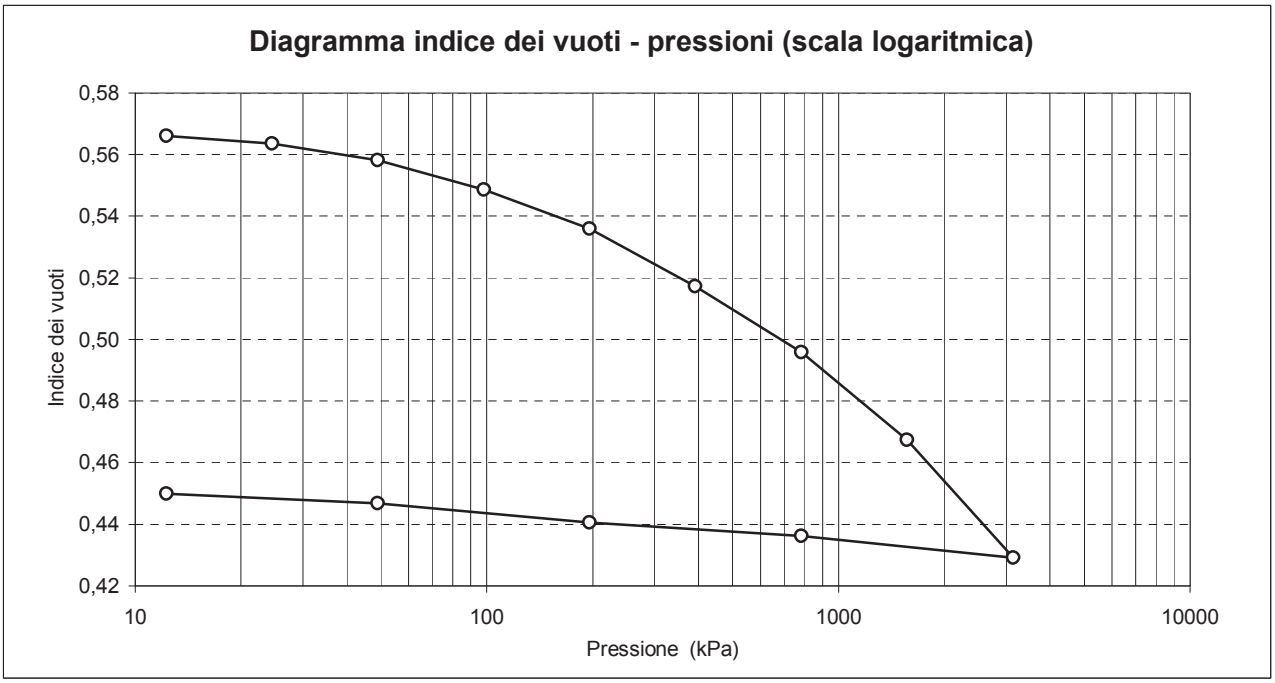
ELLE TI
Laboratorio Terre srl

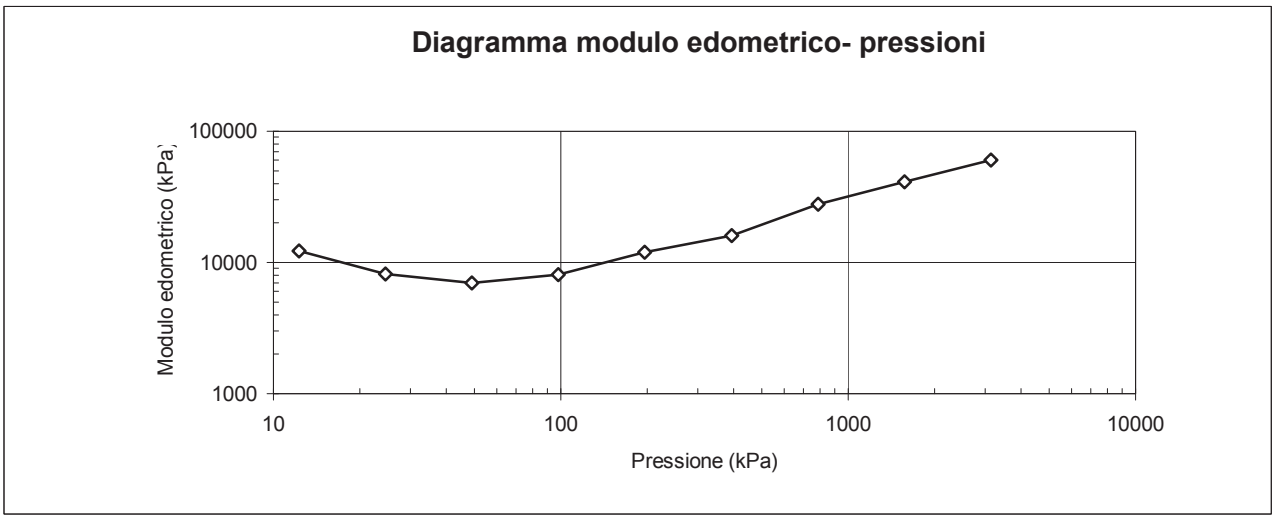
Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**59 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**		Prova numero / pagina prova		**2004004 - ED/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA EDOMETRICA





il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**60 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**		Prova numero / pagina prova		**2004004 - ED/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

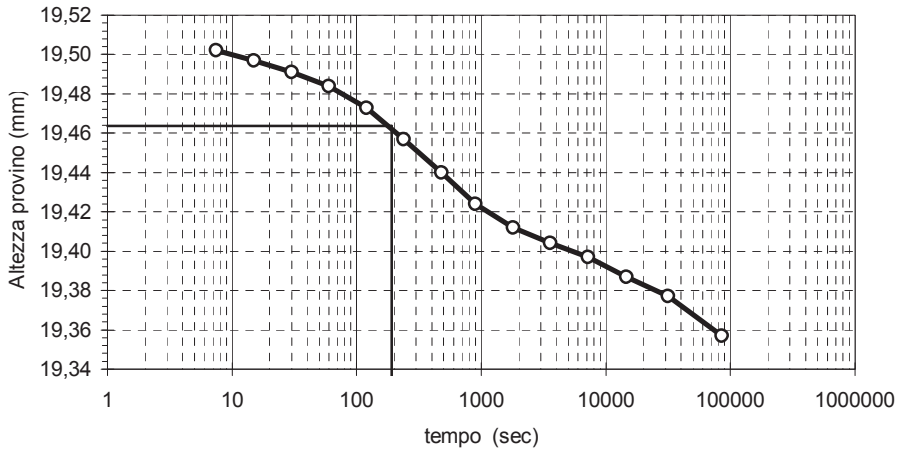
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		196	kPa
Pressione durante la prova		392	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	190	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,46	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	9,80E-04	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	6,0E-09	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	5,637	19,60
7,5	5,542	19,50
15	5,537	19,50
30	5,531	19,49
60	5,524	19,48
120	5,513	19,47
240	5,497	19,46
480	5,480	19,44
900	5,464	19,42
1800	5,452	19,41
3600	5,444	19,40
7200	5,437	19,40
14700	5,427	19,39
31500	5,417	19,38
85320	5,397	19,36

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**61 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004004 - ED/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

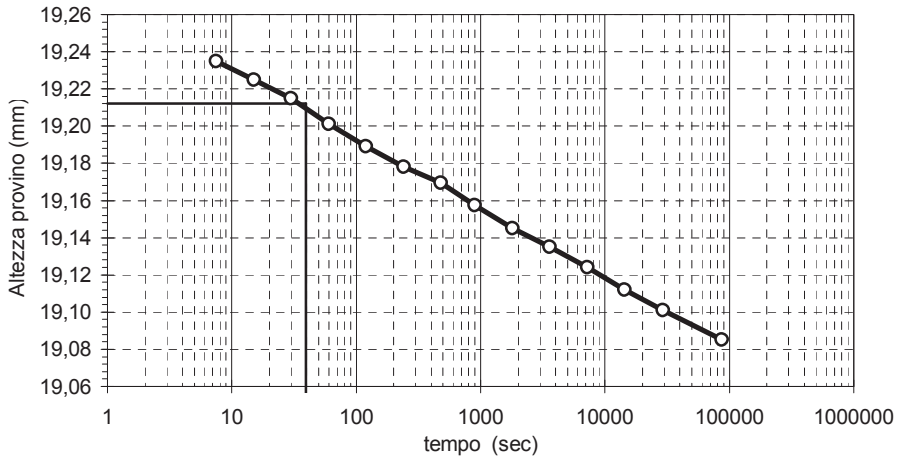
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		392	kPa
Pressione durante la prova		785	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	39	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,21	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	4,6E-03	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	1,6E-08	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	5,397	19,36
7,5	5,275	19,24
15	5,265	19,23
30	5,255	19,22
60	5,241	19,20
120	5,229	19,19
240	5,218	19,18
480	5,209	19,17
900	5,198	19,16
1800	5,185	19,15
3600	5,175	19,14
7200	5,164	19,12
14400	5,152	19,11
29340	5,141	19,10
86760	5,125	19,09

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**62 / 118**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**				
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**				
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**34**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp. **3**	Profondità (m)	**15,0 - 15,5**	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **10/9/20**

Descrizione del campione:

Sabbia fine limosa, debolmente argillosa, grigio bruna.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto			
		150	
		200	
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**63 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004005 - Gs**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**34**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp. **3**	Profondità (m)	**15,0 - 15,5**	

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **16/9/20** termine **17/9/20**

Picnometro	g	42,75
Campione + picnometro	g	68,37
Camp.+ picnometro + acqua	g	160,17
Picnometro + acqua	g	144,00
Temperatura ℃	℃	26,5
Fattore di correzione K		0,9984
Peso specifico	g/cm^3	**2,71**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **64 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **2/9/20** Prova numero **2004005 - GR 1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **34**
Contrassegno Sond. **3** Camp. **3** Profondità (m) **15,0 - 15,5**

ANALISI GRANULOMETRICA

Date di prova: inizio **10/9/20** termine **18/9/20**

Analisi granulometrica per setacciatura
(via umida) (CNR-UNI A. V N.23)

Massa del materiale g = 390,94

Set. ASTM	Diam. mm	Peso %	Tratt. %	Pass. %
3"	76,2	0,00	0,00	100,0
2"	50,8	0,00	0,00	100,0
1,5"	38,1	0,00	0,00	100,0
3/4"	19	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,0
4	4,75	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,00	0,00	100,0
40	0,425	0,04	0,04	100,0
100	0,150	13,85	13,89	86,1
200	0,075	48,83	62,72	37,3

Analisi granulometrica per sedimentazione
(AASHTO T 88-72)

Agente disperdente: esametafosfato di sodio 45,70 g/l

Idrometro: tipo 151 H

Massa del materiale g = 50,00

Materiale passante al setaccio ASTM 40
Peso specifico dei grani: 2,71

Temp. ℃	Tempo min	Lettura densim.	Dimen. mm	Pass. %
24,5	0,4	1,0140	0,073	37,3
24,5	1	1,0112	0,047	29,8
24,5	2	1,0100	0,034	26,6
24,5	4	1,0090	0,024	24,0
24,5	8	1,0086	0,017	22,9
24,5	15	1,0078	0,013	20,8
24,5	30	1,0068	0,009	18,1
24,5	60	1,0062	0,006	16,5
24,5	120	1,0057	0,005	15,2
24,5	240	1,0049	0,003	13,0
24,5	535	1,0045	0,002	12,0
24,3	1483	1,0040	0,001	10,7

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

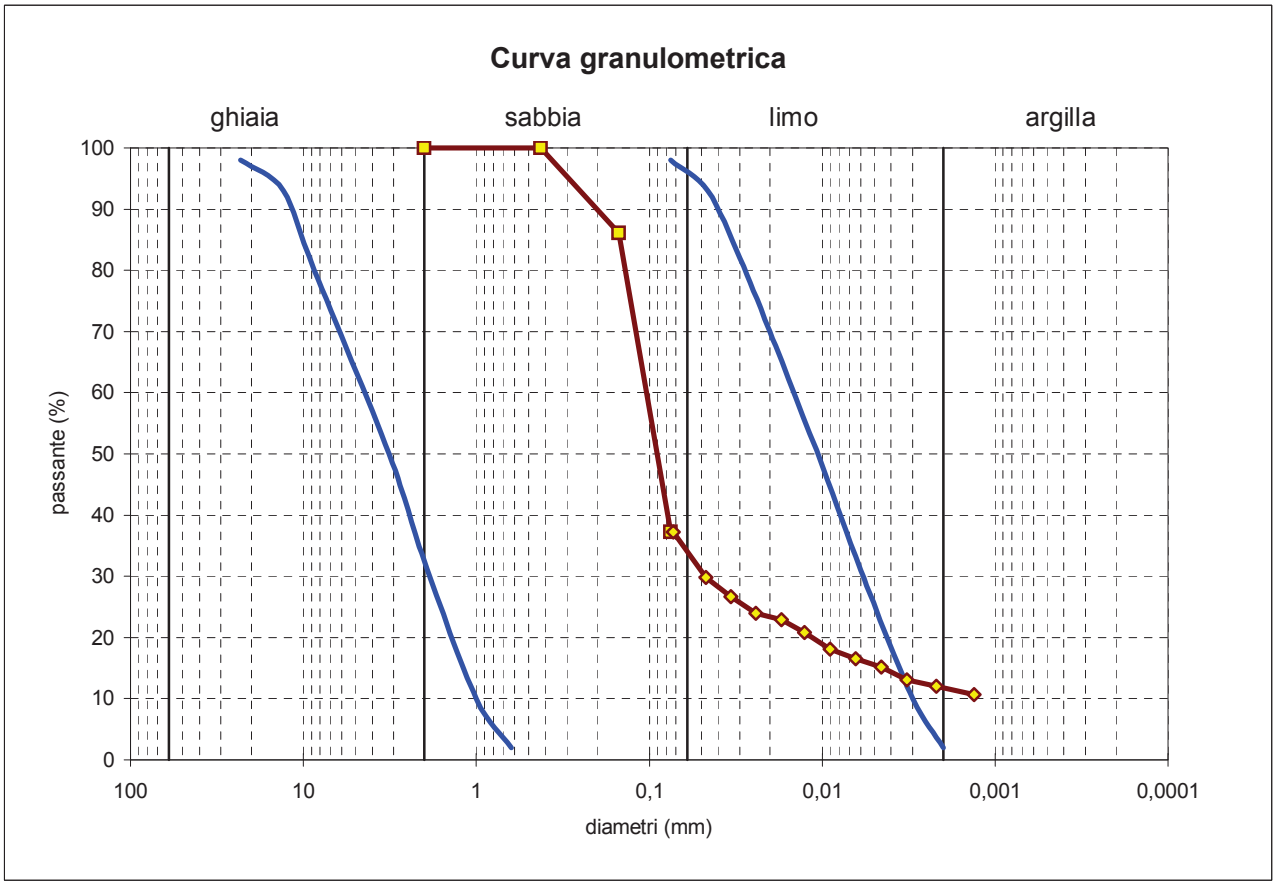
ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**65 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004005 - GR 2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**15,0 - 15,5**

CURVA GRANULOMETRICA



Riepilogo dei risultati

Ciottoli	(> 60mm)	%	**0**
Ghiaia	(60 - 2 mm)	%	**0**
Sabbia	(2 - 0,060 mm)	%	**67**
Limo	(0,060-0,002 mm)	%	**21**
Argilla	(< 0,002 mm)	%	**12**

Coefficiente di uniformità : U (D60/D10) = n.d.

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**66 / 118**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**				
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**				
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**37**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp. **4**	Profondità (m)	**17,0 - 17,5**	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **10/9/20**

Descrizione del campione:

Sabbia fine limosa, debolmente argillosa, grigio bruna.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto			
		150	
		200	
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**67 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004006 - Gs**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**37**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp.	**4**	Profondità (m)	**17,0 - 17,5**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **16/9/20** termine **17/9/20**

Picnometro	g	40,87
Campione + picnometro	g	67,20
Camp.+ picnometro + acqua	g	158,68
Picnometro + acqua	g	142,02
Temperatura ℃	℃	26,5
Fattore di correzione K		0,9984
Peso specifico	g/cm^3	**2,72**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **68 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **2/9/20** Prova numero **2004006 - GR 1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **37**
Contrassegno Sond. **3** Camp. **4** Profondità (m) **17,0 - 17,5**

ANALISI GRANULOMETRICA

Date di prova: inizio **10/9/20** termine **18/9/20**

Analisi granulometrica per setacciatura
(via umida) (CNR-UNI A. V N.23)

Massa del materiale g = 445,33

Set. ASTM	Diam. mm	Peso %	Tratt. %	Pass. %
3"	76,2	0,00	0,00	100,0
2"	50,8	0,00	0,00	100,0
1,5"	38,1	0,00	0,00	100,0
3/4"	19	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,0
4	4,75	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,03	0,03	99,97
40	0,425	0,13	0,16	99,84
100	0,150	19,30	19,46	80,54
200	0,075	47,98	67,43	32,57

Analisi granulometrica per sedimentazione
(AASHTO T 88-72)

Agente disperdente: esametafosfato di sodio 45,70 g/l

Idrometro: tipo 151 H

Massa del materiale g = 50,00

Materiale passante al setaccio ASTM 40
Peso specifico dei grani: 2,72

Temp. ℃	Tempo min	Lettura densim.	Dimen. mm	Pass. %
24,5	0,4	1,0120	0,074	32,6
24,5	1	1,0095	0,048	25,8
24,5	2	1,0088	0,034	23,8
24,5	4	1,0078	0,024	21,2
24,5	8	1,0072	0,017	19,5
24,5	15	1,0069	0,013	18,7
24,5	30	1,0061	0,009	16,6
24,5	60	1,0056	0,006	15,2
24,5	120	1,0050	0,005	13,6
24,5	240	1,0045	0,003	12,2
24,5	531	1,0042	0,002	11,4
24,3	1480	1,0040	0,001	10,9

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

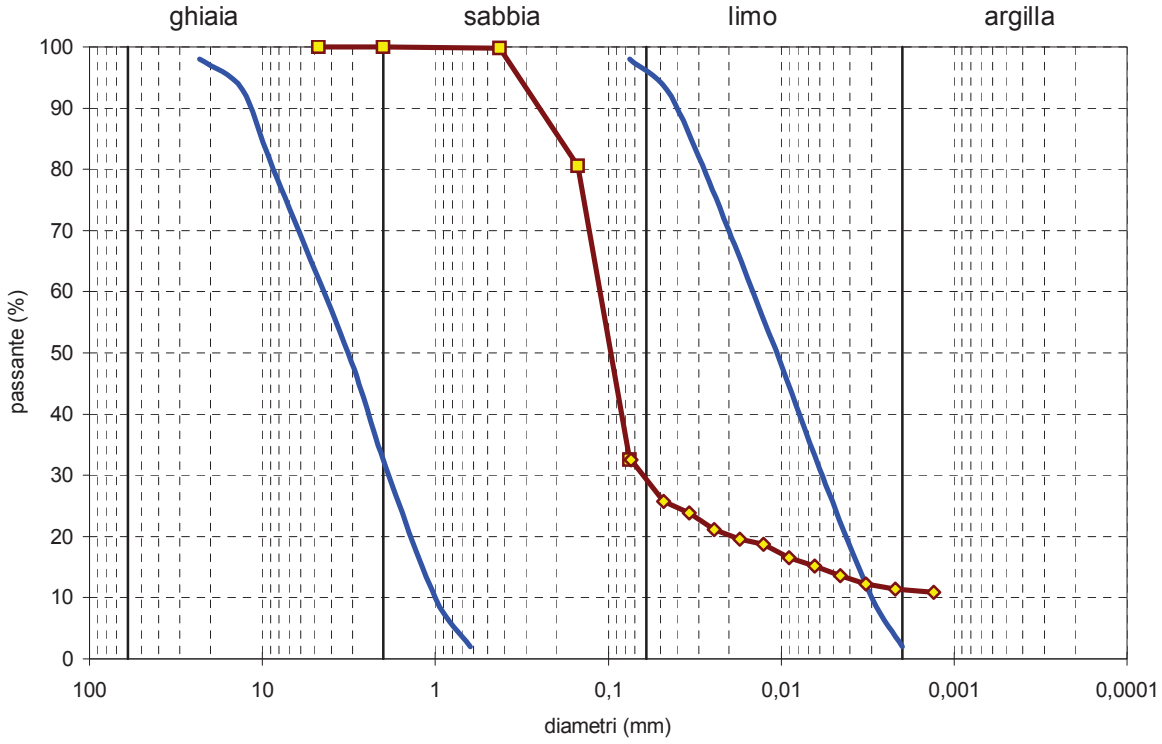
ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**69 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004006 - GR 2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**4**	Prof. (metri)	**17,0 - 17,5**

CURVA GRANULOMETRICA



Riepilogo dei risultati

Ciottoli	(> 60mm)	%	**0**
Ghiaia	(60 - 2 mm)	%	**0**
Sabbia	(2 - 0,060 mm)	%	**71**
Limo	(0,060-0,002 mm)	%	**18**
Argilla	(< 0,002 mm)	%	**11**

Coefficiente di uniformità : U (D60/D10) = n.d.

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**70 / 118**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**				
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**				
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**29**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp. **5**	Profondità (m)	**19,2 - 19,7**	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **15/9/20**

Descrizione del campione:

Limo sabbioso marrone chiaro cipria con argilla.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto	TG	100	
		130	
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/9/20**	Pagina	**71 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004007 -G**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**29**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp. **5**	Profondità (m)	**19,2 - 19,7**	

PESO DI VOLUME

(UNI CEN ISO/TS 17892/2)

Data di prova: **15/09/2020**

Peso del terreno	g	3295,0
Volume del terreno	cm^3	1674,0
Massa specifica	g/cm^3	1,97
Peso di volume	kN/m^3	**19,3**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**72 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004007 - Gs**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**29**
Contrassegno	Sond. **3**	Camp.	**5**	Profondità (m)	**19,2 - 19,7**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **18/9/20** termine **19/9/20**

Picnometro	g	39,42
Campione + picnometro	g	65,46
Camp.+ picnometro + acqua	g	155,74
Picnometro + acqua	g	139,20
Temperatura ℃	℃	24,5
Fattore di correzione K		0,999
Peso specifico	g/cm^3	**2,74**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **73 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **2/9/20** Prova numero **2004007 - GR 1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **29**
Contrassegno Sond. **3** Camp. **5** Profondità (m) **19,2 - 19,7**

ANALISI GRANULOMETRICA

Date di prova: inizio **15/9/20** termine **22/9/20**

Analisi granulometrica per setacciatura
(via umida) (CNR-UNI A. V N.23)

Massa del materiale g = 392,37

Set. ASTM	Diam. mm	Peso %	Tratt. %	Pass. %
3"	76,2	0,00	0,00	100,0
2"	50,8	0,00	0,00	100,0
1,5"	38,1	0,00	0,00	100,0
3/4"	19	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,5	0,94	0,94	99,1
4	4,75	0,00	0,94	99,1
10	2,00	0,05	0,99	99,0
40	0,425	0,73	1,73	98,3
100	0,150	8,16	9,89	90,1
200	0,075	13,45	23,34	76,7

Analisi granulometrica per sedimentazione
(AASHTO T 88-72)

Agente disperdente: esametafosfato di sodio 45,70 g/l

Idrometro: tipo 151 H

Massa del materiale g = 50,00

Materiale passante al setaccio ASTM 40
Peso specifico dei grani: 2,74

Temp. ℃	Tempo min	Lettura densim.	Dimen. mm	Pass. %
23,5	0,33	1,0285	0,068	76,7
23,5	1	1,0250	0,041	67,2
23,5	2	1,0235	0,029	63,2
23,5	4	1,0215	0,021	57,8
23,5	8	1,0200	0,015	53,8
23,5	15	1,0186	0,011	50,0
23,5	30	1,0170	0,008	45,7
23,5	60	1,0151	0,006	40,6
23,5	120	1,0137	0,004	36,9
23,5	240	1,0122	0,003	32,8
23,5	510	1,0110	0,002	29,6
23,5	1401	1,0095	0,001	25,6

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

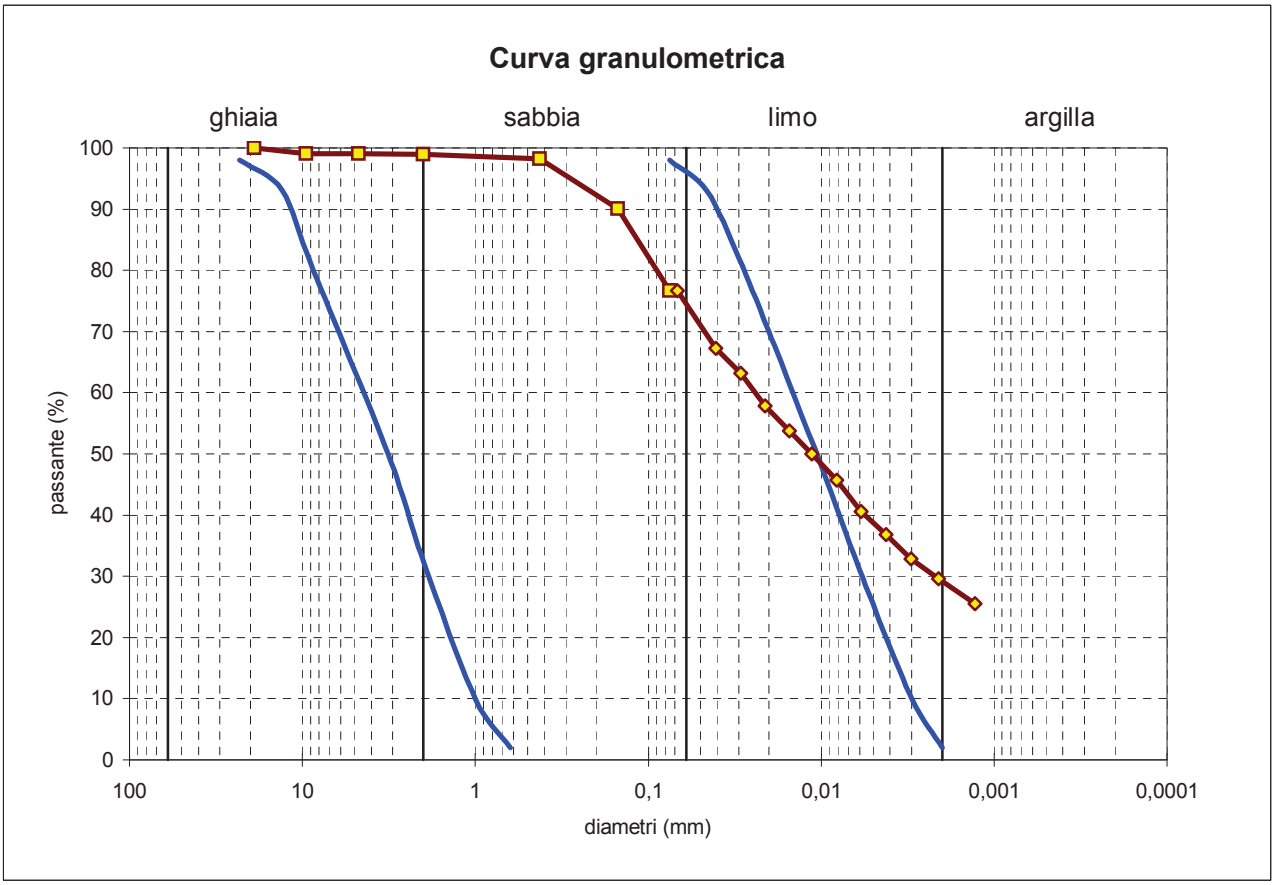
ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**74 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004007 - GR 2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**5**	Prof. (metri)	**19,2 - 19,7**

CURVA GRANULOMETRICA



Riepilogo dei risultati

Ciottoli	(> 60mm)	%	**0**
Ghiaia	(60 - 2 mm)	%	**1**
Sabbia	(2 - 0,060 mm)	%	**25**
Limo	(0,060-0,002 mm)	%	**45**
Argilla	(< 0,002 mm)	%	**29**

Coefficiente di uniformità : U (D60/D10) = n.d.

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **75 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **02/09/20** Prova numero **2004007 -TG/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **29**
Contrassegno Sond. **3** Camp. **5** Profondità (m) **19,2 - 19,7**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN 17892-10)

Data di prova inizio **16/9/20** termine **19/9/20**

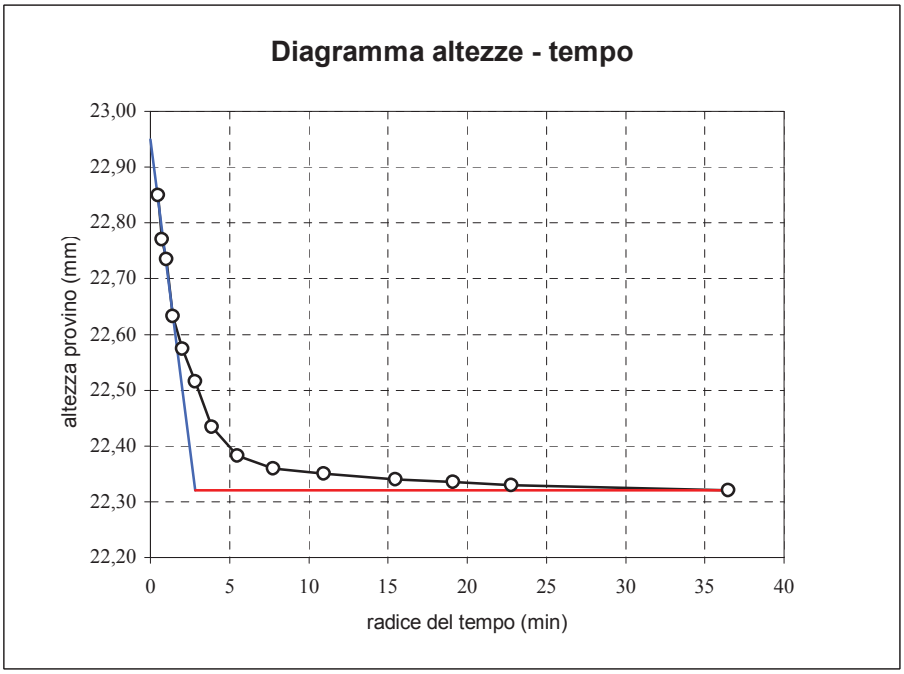
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **1**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sezione cm^2 36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	24,07	23,00
0,25	23,92	22,85
0,5	23,84	22,77
1	23,81	22,74
2	23,70	22,63
4	23,64	22,57
8	23,59	22,52
15	23,50	22,43
30	23,45	22,38
60	23,43	22,36
120	23,42	22,35
240	23,41	22,34
365	23,41	22,34
520	23,40	22,33
1330	23,39	22,32



Tempo di consolidazione t_{100} 8 min
Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0596 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**76 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004007 -TG/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**5**	Prof. (metri)	**19,2 - 19,7**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

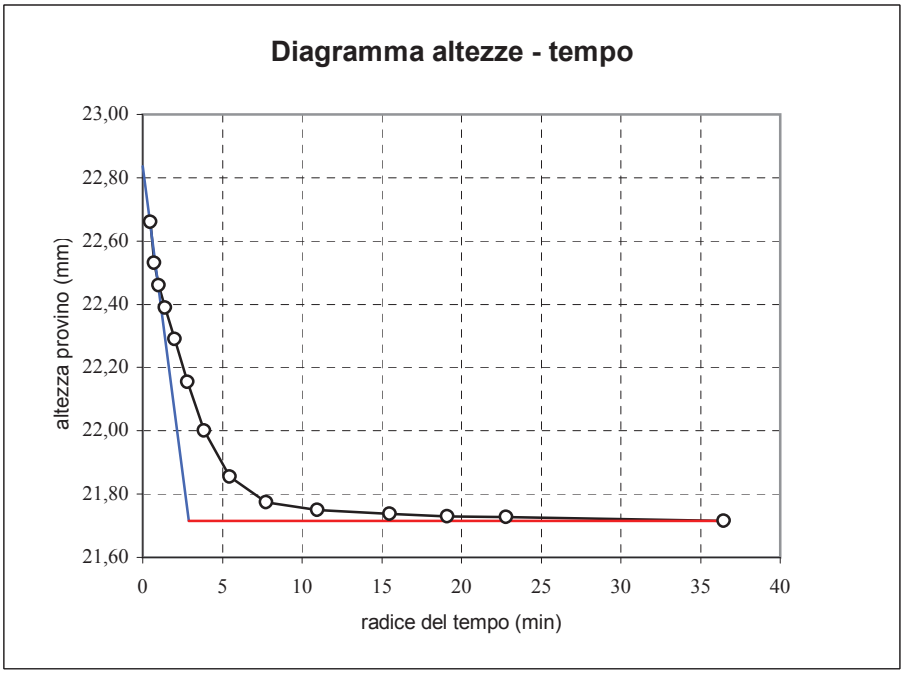
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **2**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	9,06	23,00
0,25	8,72	22,66
0,5	8,59	22,53
1	8,52	22,46
2	8,45	22,39
4	8,35	22,29
8	8,22	22,16
15	8,06	22,00
30	7,92	21,86
60	7,84	21,78
120	7,81	21,75
240	7,80	21,74
365	7,79	21,73
520	7,79	21,73
1330	7,78	21,72



Tempo di consolidazione t_{100} 8 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,057 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**77 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004007 -TG/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**5**	Prof. (metri)	**19,2 - 19,7**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

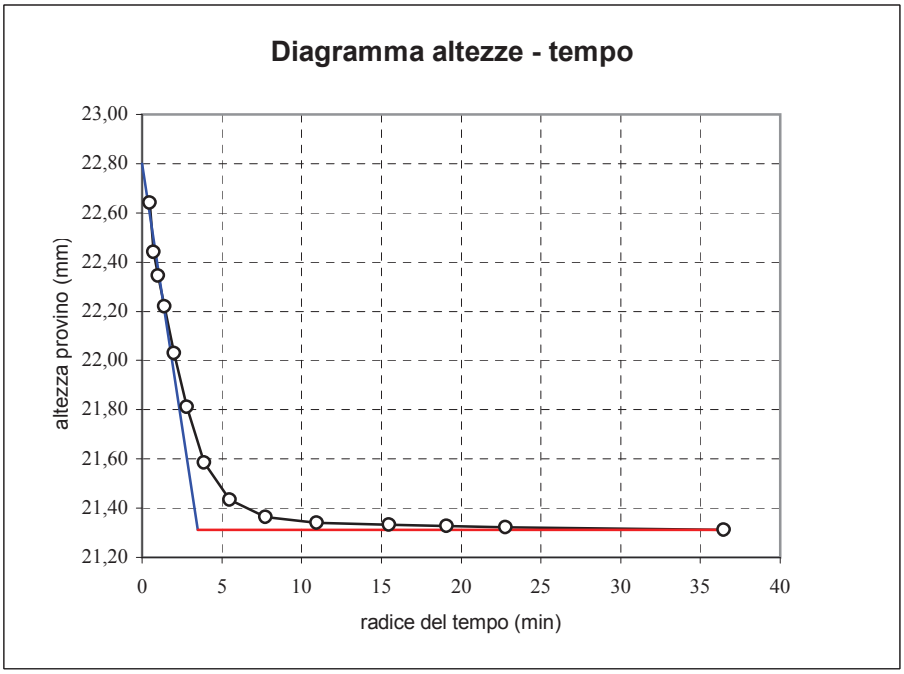
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **3**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	6,29	23,00
0,25	5,93	22,64
0,5	5,73	22,44
1	5,64	22,35
2	5,51	22,22
4	5,32	22,03
8	5,10	21,81
15	4,88	21,59
30	4,72	21,43
60	4,66	21,37
120	4,63	21,34
240	4,62	21,33
365	4,62	21,33
520	4,61	21,32
1330	4,60	21,31



Tempo di consolidazione t_{100} 12 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0392 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**78 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004007 -TG/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**5**	Prof. (metri)	**19,2 - 19,7**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **1**

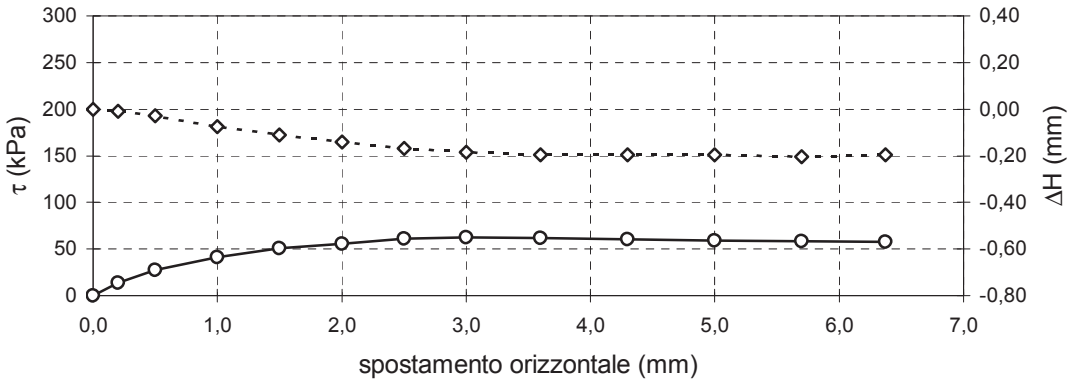
Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	63
Spostamento orizz. a rottura	mm	3,00

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
e = deformazione provino (%)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,090	-0,01	14
0,50	0,181	-0,03	28
1,00	0,270	-0,07	41
1,50	0,330	-0,11	51
2,00	0,364	-0,14	56
2,50	0,397	-0,17	61
3,00	0,409	-0,19	63
3,60	0,405	-0,20	62
4,30	0,395	-0,20	61
5,00	0,386	-0,20	59
5,70	0,380	-0,20	58
6,37	0,374	-0,20	57

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/2020**	Pagina	**79 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004007 -TG/5**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**5**	Prof. (metri)	**19,2 - 19,7**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **2**

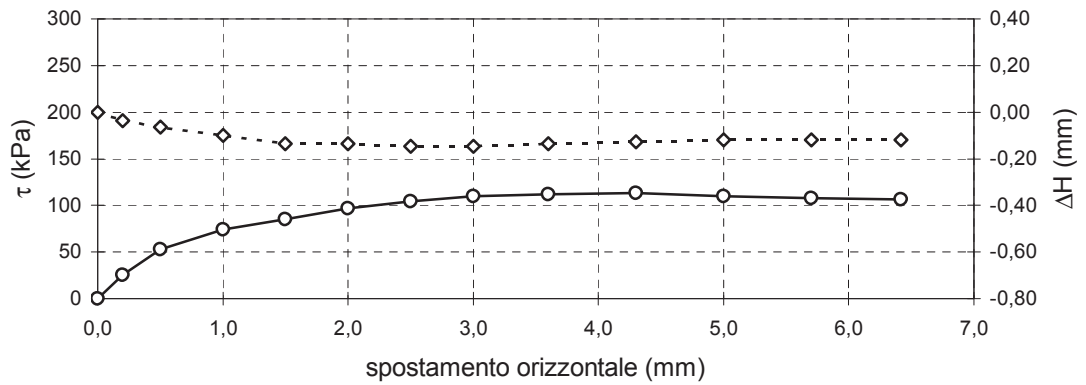
Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	113
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,101	-0,04	26
0,50	0,208	-0,06	53
1,00	0,291	-0,10	74
1,50	0,335	-0,14	85
2,00	0,381	-0,14	97
2,50	0,411	-0,15	105
3,00	0,432	-0,15	110
3,60	0,441	-0,14	112
4,30	0,445	-0,13	113
5,00	0,432	-0,12	110
5,70	0,423	-0,12	108
6,42	0,418	-0,12	106

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**80 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004007 -TG/6**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**5**	Prof. (metri)	**19,2 - 19,7**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **3**

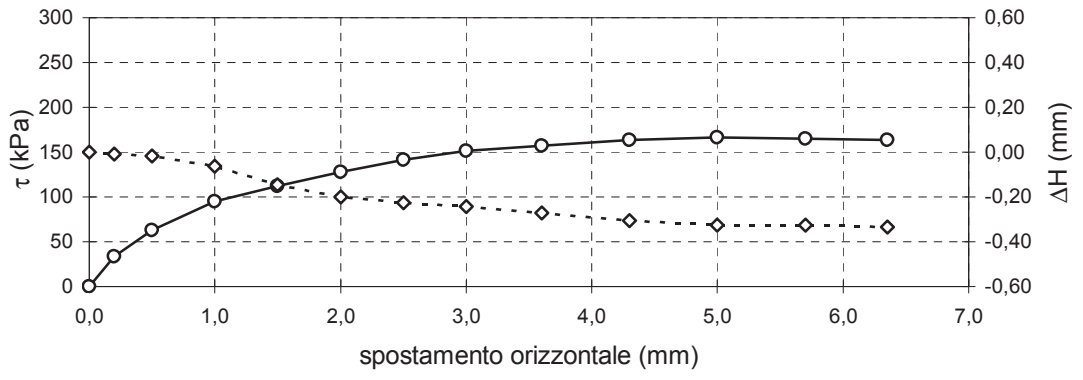
Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	167
Spostamento orizz. a rottura	mm	5,00

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,072	-0,01	33
0,50	0,136	-0,02	63
1,00	0,204	-0,06	95
1,50	0,242	-0,14	112
2,00	0,275	-0,20	128
2,50	0,304	-0,23	141
3,00	0,326	-0,24	151
3,60	0,338	-0,27	157
4,30	0,352	-0,31	163
5,00	0,359	-0,32	167
5,70	0,356	-0,32	165
6,35	0,352	-0,33	163

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**81 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004007 -TG/7**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**3**	Campione n°	**5**	Prof. (metri)	**19,2 - 19,7**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Dimensioni iniziali : altezza 2,30 cm sezione 36,00 cm^2

PESO DI VOLUME

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa del terreno	g	162,87	163,06	162,99	161,39	159,99	157,45
Volume del terreno	cm^3	82,80	82,80	82,80	79,60	77,71	75,39
Massa specifica	g/cm^3	1,97	1,97	1,97	2,03	2,06	2,09
Peso di volume	kN/m^3	19,29	19,31	19,30	19,88	20,19	20,48

CONTENUTO DI ACQUA

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa terreno umido	g	162,87	163,06	162,99	161,39	159,99	157,45
Massa terreno secco	g	129,07	129,72	129,31	129,07	129,72	129,31
Contenuto di acqua	%	26,19	25,70	26,05	25,04	23,33	21,76

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**82 / 118**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**				
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**				
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**37**
Contrassegno	Sond. **4**	Camp. **1**	Profondità (m)	**4,5 - 5,0**	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **2/9/20**

Descrizione del campione:

Sabbia limosa grigia, addensata.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto	ED	250	
	TG	200	
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/9/20**	Pagina	**83 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004008 -G**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**37**
Contrassegno	Sond. **4**	Camp. **1**	Profondità (m)	**4,5 - 5,0**	

PESO DI VOLUME

(UNI CEN ISO/TS 17892/2)

Data di prova: **02/09/2020**

Peso del terreno	g	4136,0
Volume del terreno	cm^3	1929,3
Massa specifica	g/cm^3	2,14
Peso di volume	kN/m^3	**21,0**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**		Data	**22/09/20**		Pagina	**84 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004008 - Gs**	
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**						
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**			Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**		Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**37**	
Contrassegno		Sond. **4**	Camp.	**1**	Profondità (m)	**4,5 - 5,0**	

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **8/9/20** termine **9/9/20**

Picnometro	g	40,86
Campione + picnometro	g	66,79
Camp.+ picnometro + acqua	g	158,78
Picnometro + acqua	g	142,42
Temperatura ℃	℃	26,5
Fattore di correzione K		0,9984
Peso specifico	g/cm^3	**2,71**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **85 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **02/09/20** Prova numero **2004008 -TG/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **37**
Contrassegno Sond. **4** Camp. **1** Profondità (m) **4,5 - 5,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN 17892-10)

Data di prova inizio **14/9/20** termine **17/9/20**

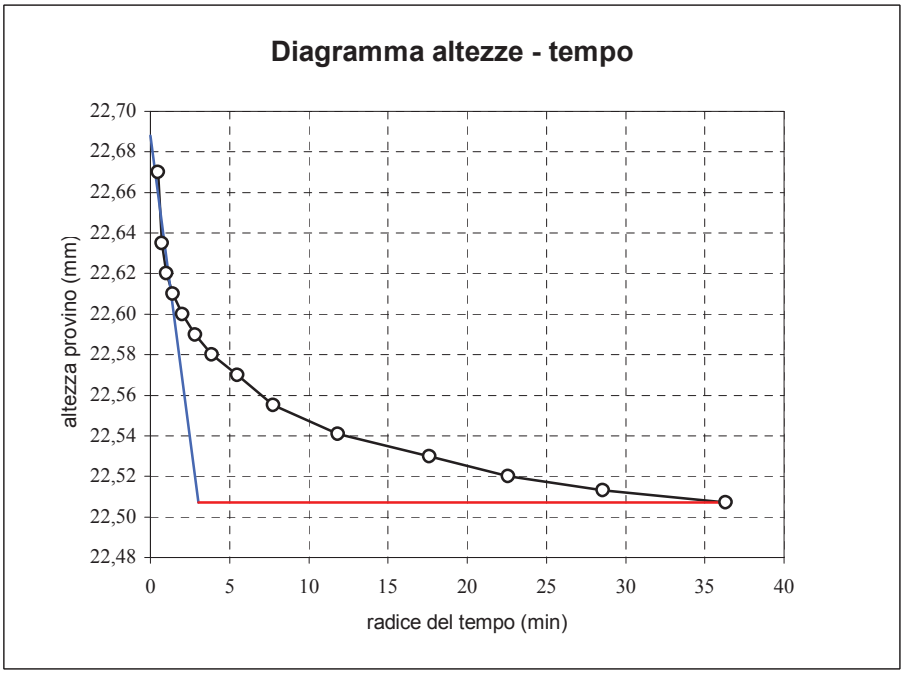
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **1**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sezione cm^2 36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	24,93	23,00
0,25	24,60	22,67
0,5	24,57	22,64
1	24,55	22,62
2	24,54	22,61
4	24,53	22,60
8	24,52	22,59
15	24,51	22,58
30	24,50	22,57
60	24,49	22,56
140	24,47	22,54
310	24,46	22,53
510	24,45	22,52
815	24,44	22,51
1320	24,44	22,51



Tempo di consolidazione t_{100} 9 min
Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,052 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**86 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004008 -TG/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**4,5 - 5,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

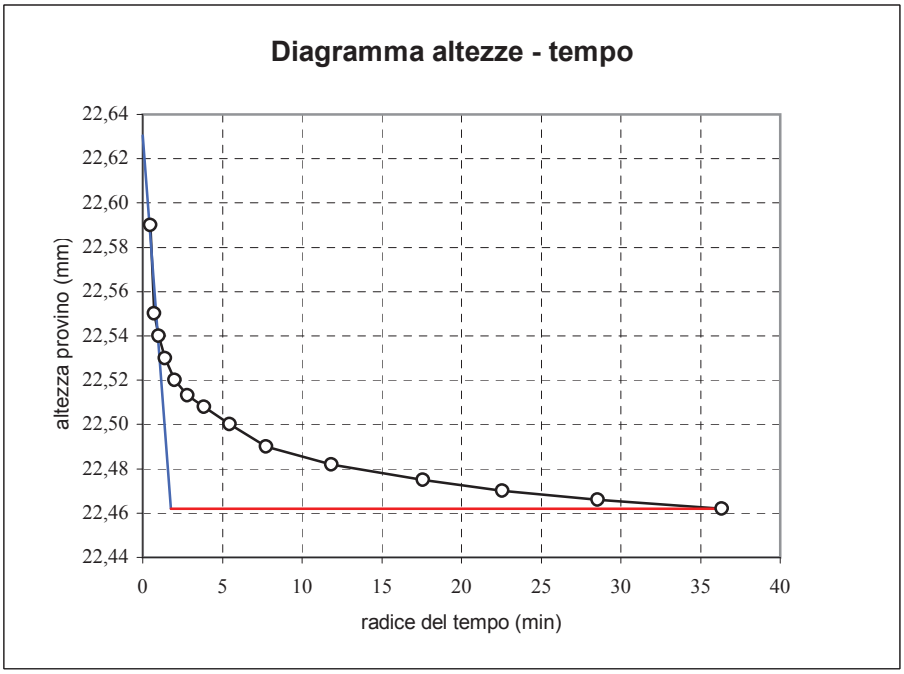
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **2**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	9,74	23,00
0,25	9,33	22,59
0,5	9,29	22,55
1	9,28	22,54
2	9,27	22,53
4	9,26	22,52
8	9,25	22,51
15	9,25	22,51
30	9,24	22,50
60	9,23	22,49
140	9,22	22,48
310	9,22	22,48
510	9,21	22,47
815	9,21	22,47
1320	9,20	22,46



Tempo di consolidazione t_{100} 3 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,1524 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**87 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004008 -TG/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**4,5 - 5,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

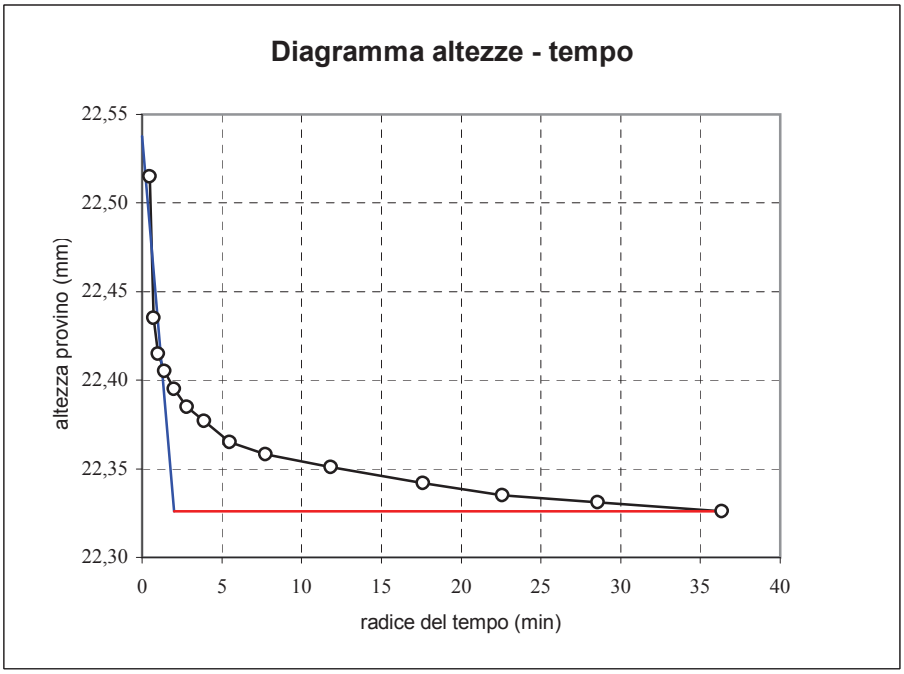
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **3**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	7,14	23,00
0,25	6,65	22,52
0,5	6,57	22,44
1	6,55	22,42
2	6,54	22,41
4	6,53	22,40
8	6,52	22,39
15	6,51	22,38
30	6,50	22,37
60	6,49	22,36
140	6,49	22,35
310	6,48	22,34
510	6,47	22,34
815	6,47	22,33
1320	6,46	22,33



Tempo di consolidazione t_{100} 4 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,1166 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**88 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004008 -TG/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**4,5 - 5,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **1**

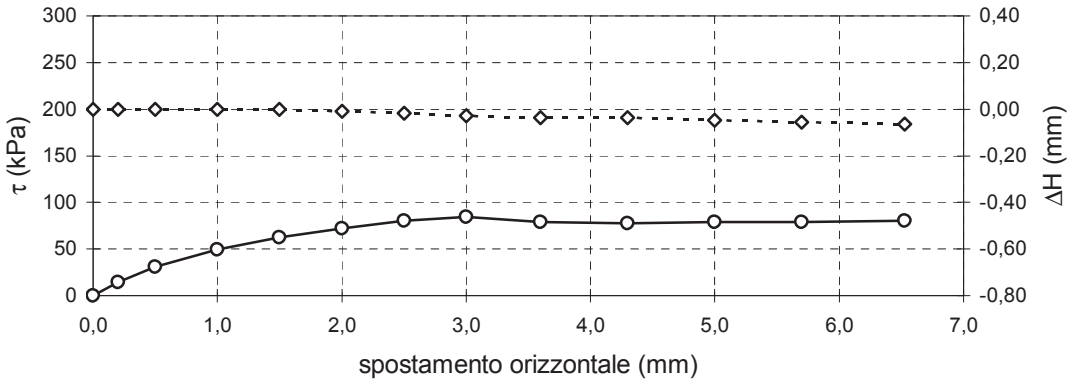
Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	85
Spostamento orizz. a rottura	mm	3,00

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
e = deformazione provino (%)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,096	0,00	15
0,50	0,200	0,00	31
1,00	0,321	0,00	49
1,50	0,406	0,00	62
2,00	0,469	-0,01	72
2,50	0,522	-0,02	80
3,00	0,553	-0,03	85
3,60	0,514	-0,04	79
4,30	0,507	-0,04	78
5,00	0,517	-0,05	79
5,70	0,517	-0,06	79
6,52	0,524	-0,07	80

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/2020**	Pagina	**89 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004008 -TG/5**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**4,5 - 5,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **2**

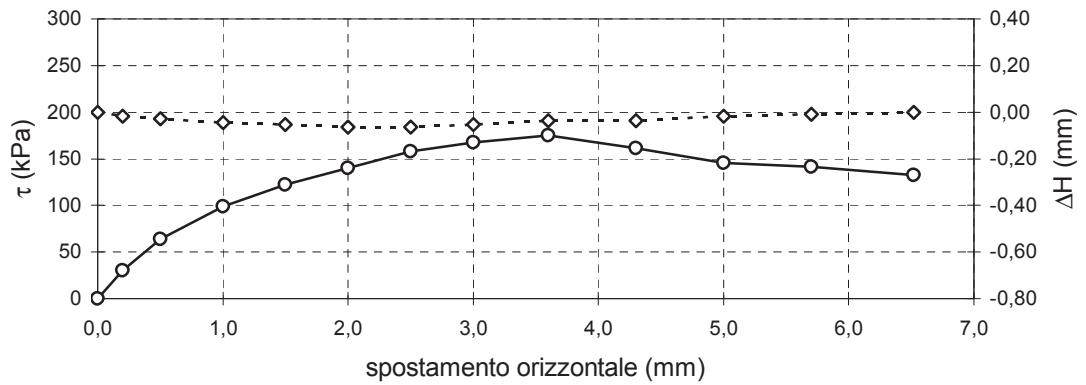
Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	175
Spostamento orizz. a rottura	mm	3,60

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,12	-0,02	31
0,50	0,25	-0,03	64
1,00	0,389	-0,05	99
1,50	0,48	-0,05	122
2,00	0,551	-0,06	140
2,50	0,62	-0,06	158
3,00	0,66	-0,05	168
3,60	0,688	-0,04	175
4,30	0,635	-0,04	161
5,00	0,572	-0,02	145
5,70	0,556	-0,01	141
6,52	0,521	0,00	132

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**90 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004008 -TG/6**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**4,5 - 5,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **3**

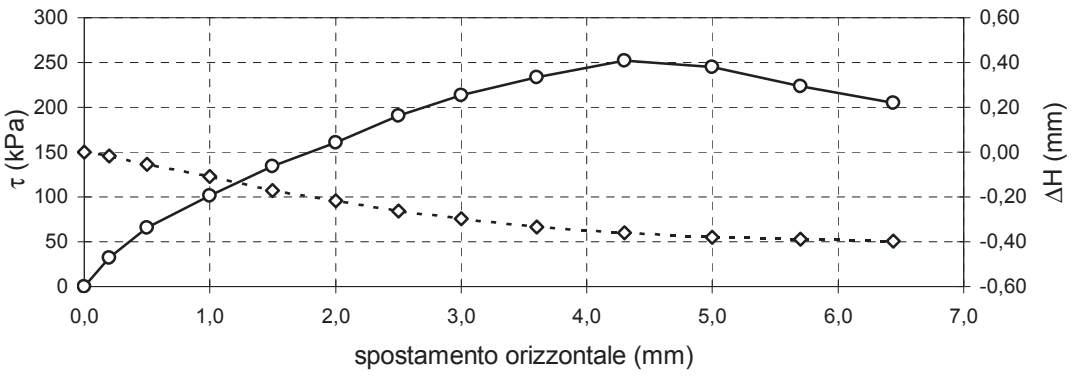
Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	252
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,069	-0,02	32
0,50	0,142	-0,05	66
1,00	0,218	-0,11	101
1,50	0,289	-0,17	134
2,00	0,347	-0,22	161
2,50	0,411	-0,26	191
3,00	0,460	-0,30	213
3,60	0,504	-0,33	234
4,30	0,543	-0,36	252
5,00	0,528	-0,38	245
5,70	0,482	-0,39	224
6,44	0,441	-0,40	205

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**91 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004008 -TG/7**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**4,5 - 5,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Dimensioni iniziali : altezza 2,30 cm sezione 36,00 cm^2

PESO DI VOLUME

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa del terreno	g	177,29	175,51	179,23	179,24	175,19	176,79
Volume del terreno	cm^3	82,80	82,80	82,80	80,77	80,86	78,79
Massa specifica	g/cm^3	2,14	2,12	2,16	2,22	2,17	2,24
Peso di volume	kN/m^3	21,00	20,79	21,23	21,76	21,25	22,01

CONTENUTO DI ACQUA

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa terreno umido	g	177,29	175,51	179,23	179,24	175,19	176,79
Massa terreno secco	g	156,24	149,65	155,65	156,24	149,65	155,65
Contenuto di acqua	%	13,47	17,28	15,15	14,72	17,07	13,58

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/09/20** Pagina **92 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** Prova numero / pagina prova **2004008 - ED/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **37**
Contrassegno Sond. **4** Camp. **1** Profondità (m) **4,5 - 5,0**

PROVA EDOMETRICA (UNI CEN 17892-5)

Data di prova inizio **2/9/20** termine **18/9/20**

Dimensioni iniziali del provino

sezione	cm^2	20
altezza	cm	2,00
volume iniziale	cm^3	40,00

Parametri fisici iniziali e dopo la prova.

		iniziale	finale
umidità	%	14,03	12,56
peso di volume	kN/m^3	21,2	22,3
indice dei vuoti		0,429	0,340

Peso specifico dei grani Gs = 2,71

Cedimenti (DH) e indice dei vuoti (e) relativi alle pressioni indicate con permanenza del carico di 24 ore.

Coefficiente di compressibilità volumetrica (mv) e modulo edometrico (Eed) relativi al campo di pressione compreso tra il valo- re indicato in tabella e quello precedente.

Press kPa	DH mm	e	mv kPa^{-1}	E ed kPa
0	0,000	0,429	*	*
12,3	0,032	0,427	1,31E-04	7661
25	0,080	0,423	1,96E-04	5099
49	0,158	0,418	1,60E-04	6261
98	0,272	0,410	1,17E-04	8534
196	0,404	0,400	6,82E-05	14656
392	0,597	0,386	5,01E-05	19961
785	0,785	0,373	2,48E-05	40389
1569	1,066	0,353	1,86E-05	53647
3138	1,406	0,329	1,14E-05	87378
785	1,360	0,332	*	*
196	1,332	0,334	*	*
49	1,282	0,337	*	*
12,3	1,245	0,340	*	*

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**93 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**		Prova numero / pagina prova		**2004008 - ED/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**4,5 - 5,0**

PROVA EDOMETRICA

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)

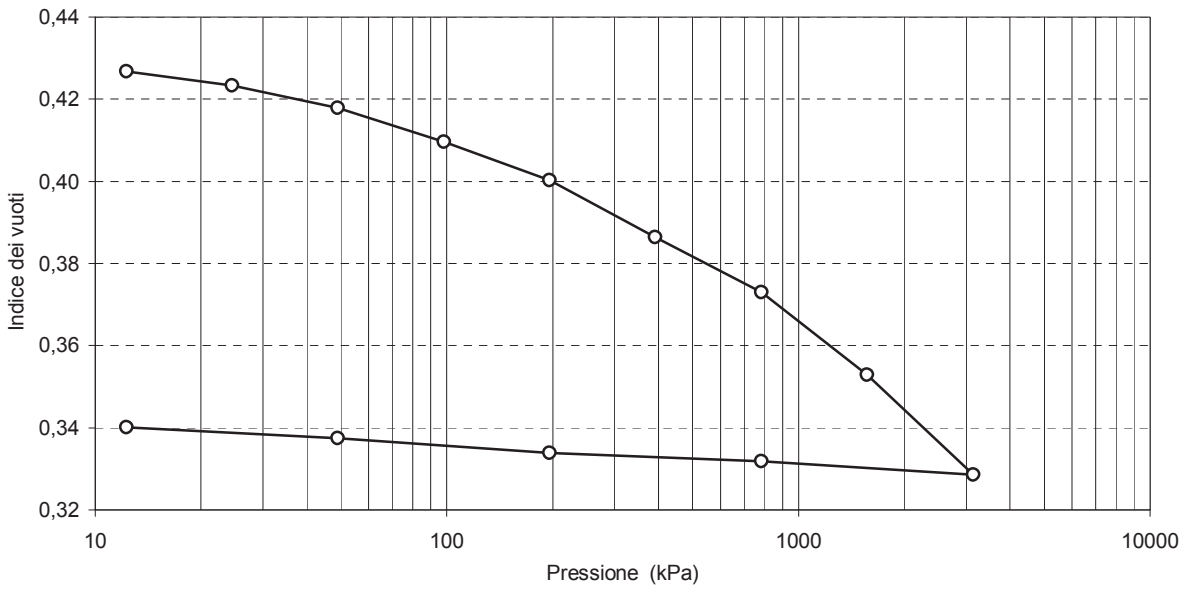
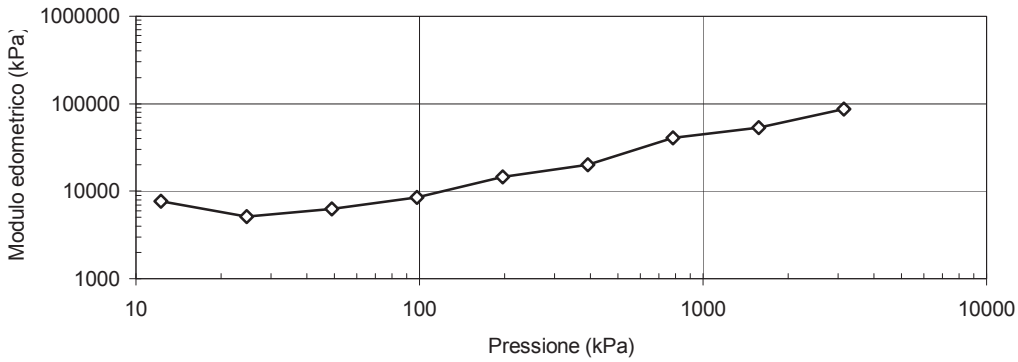


Diagramma modulo edometrico- pressioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**94 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004008 - ED/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**4,5 - 5,0**

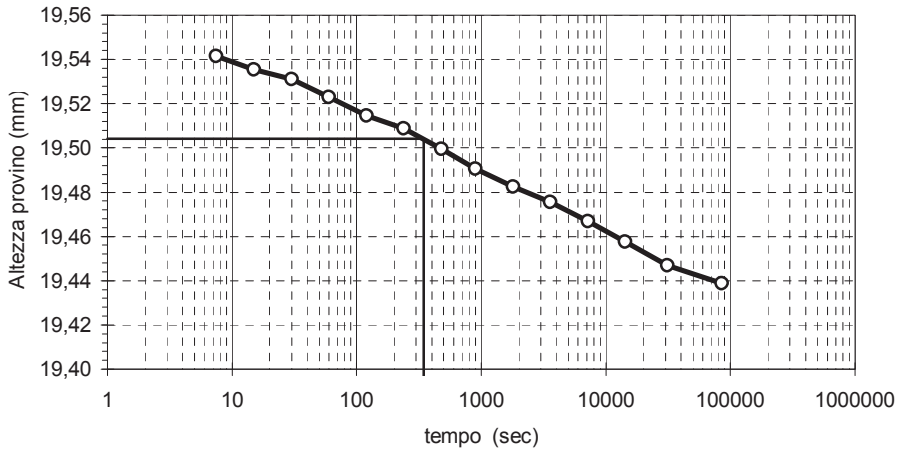
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		196	kPa
Pressione durante la prova		392	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	343	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,50	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	5,5E-04	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	2,2E-09	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	9,096	19,60
7,5	9,041	19,54
15	9,035	19,54
30	9,031	19,53
60	9,023	19,52
120	9,014	19,51
240	9,009	19,51
480	8,999	19,50
900	8,990	19,49
1800	8,983	19,48
3600	8,975	19,48
7200	8,967	19,47
14400	8,957	19,46
31200	8,947	19,45
85200	8,939	19,44

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**95 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004008 - ED/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**4,5 - 5,0**

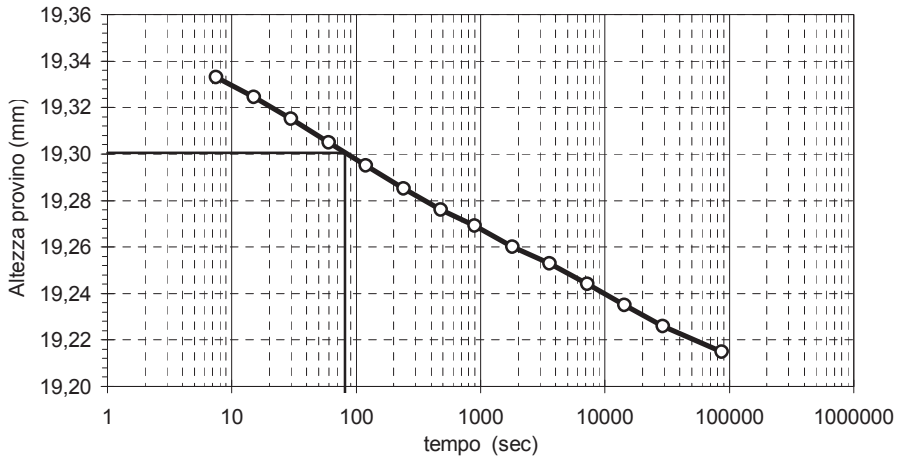
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		392	kPa
Pressione durante la prova		785	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	82	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,30	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	2,3E-03	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	5,5E-09	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	8,903	19,40
7,5	8,833	19,33
15	8,825	19,32
30	8,815	19,32
60	8,805	19,31
120	8,795	19,30
240	8,785	19,29
480	8,776	19,28
900	8,769	19,27
1800	8,760	19,26
3600	8,753	19,25
7200	8,744	19,24
14400	8,735	19,24
29220	8,726	19,23
86640	8,715	19,22

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**96 / 118**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**				
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**				
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**40**
Contrassegno	Sond. **4**	Camp. **2**	Profondità (m)	**8,5 - 9,0**	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **2/9/20**

Descrizione del campione:

Sabbia limosa grigia, addensata.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto	ED	310	
	TG	320	
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/9/20**	Pagina	**97 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004009 -G**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**40**
Contrassegno	Sond. **4**	Camp.	**2**	Profondità (m)	**8,5 - 9,0**

PESO DI VOLUME

(UNI CEN ISO/TS 17892/2)

Data di prova: **02/09/2020**

Peso del terreno	g	3705,0
Volume del terreno	cm^3	1747,7
Massa specifica	g/cm^3	2,12
Peso di volume	kN/m^3	**20,8**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**98 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004009 - Gs**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**40**
Contrassegno	Sond. **4**	Camp.	**2**	Profondità (m)	**8,5 - 9,0**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **8/9/20** termine **9/9/20**

Picnometro	g	39,41
Campione + picnometro	g	66,24
Camp.+ picnometro + acqua	g	158,12
Picnometro + acqua	g	141,26
Temperatura °C	°C	26,5
Fattore di correzione K		0,9984
Peso specifico	g/cm^3	**2,69**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **99 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **02/09/20** Prova numero **2004009 -TG/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **40**
Contrassegno Sond. **4** Camp. **2** Profondità (m) **8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN 17892-10)

Data di prova inizio **15/9/20** termine **18/9/20**

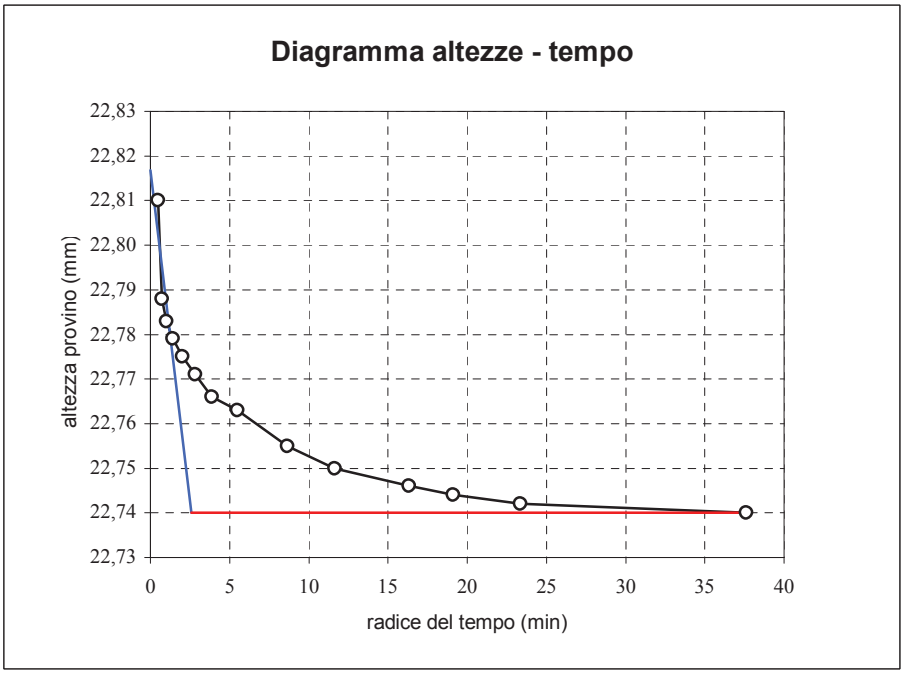
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **1**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sezione cm^2 36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	23,73	23,00
0,25	23,54	22,81
0,5	23,52	22,79
1	23,51	22,78
2	23,51	22,78
4	23,51	22,78
8	23,50	22,77
15	23,50	22,77
30	23,49	22,76
75	23,49	22,76
135	23,48	22,75
267	23,48	22,75
365	23,47	22,74
545	23,47	22,74
1415	23,47	22,74



Tempo di consolidazione t_{100} 7 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0703 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**100 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004009 -TG/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

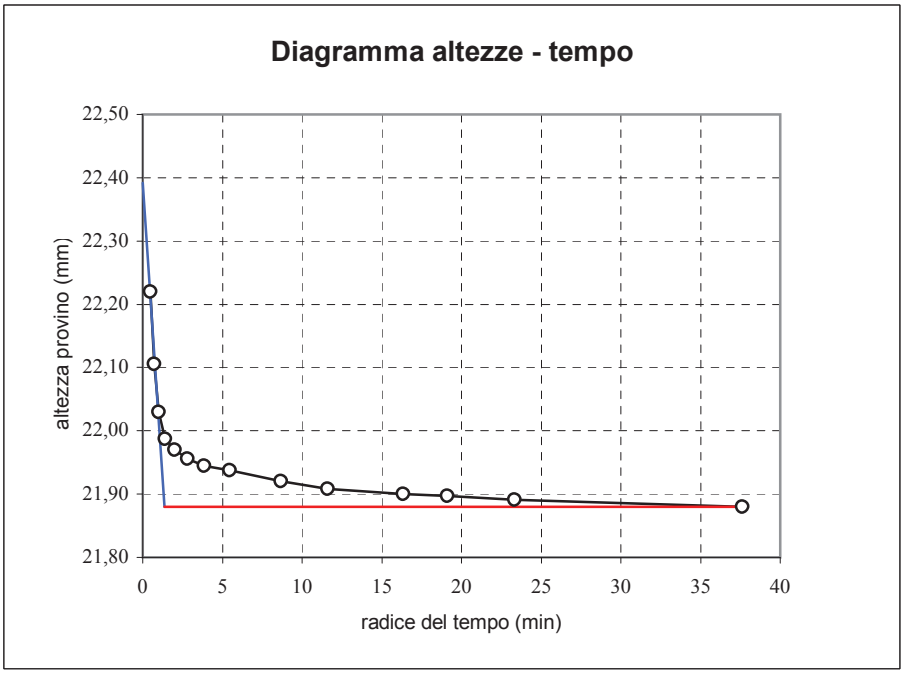
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **2**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	9,28	23,00
0,25	8,50	22,22
0,5	8,39	22,11
1	8,31	22,03
2	8,27	21,99
4	8,25	21,97
8	8,24	21,96
15	8,23	21,95
30	8,22	21,94
75	8,20	21,92
135	8,19	21,91
267	8,18	21,90
365	8,18	21,90
545	8,17	21,89
1415	8,16	21,88



Tempo di consolidazione t_{100} 2 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,2492 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**101 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004009 -TG/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

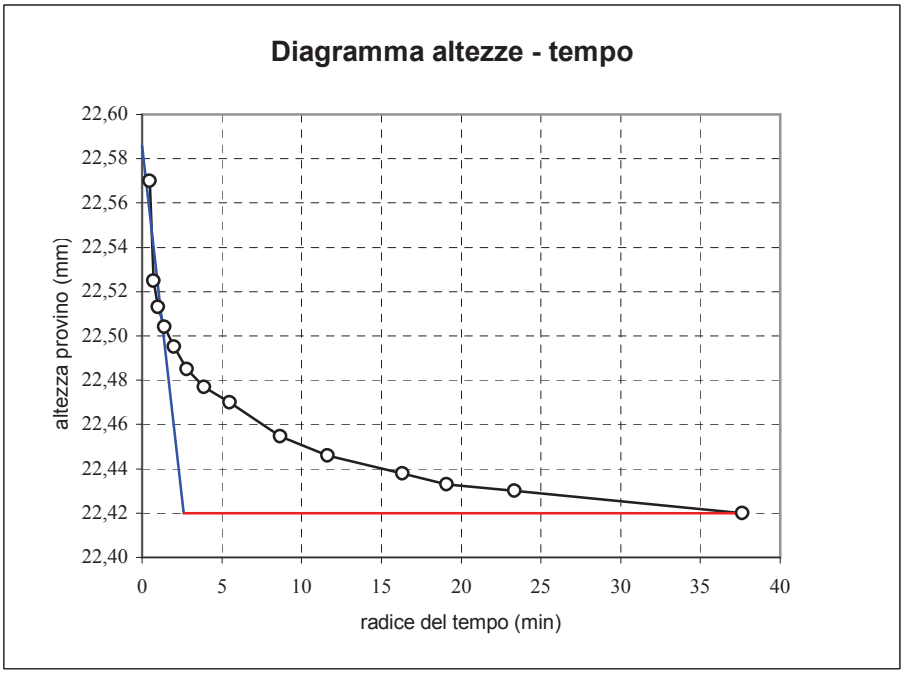
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **3**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	5,26	23,00
0,25	4,83	22,57
0,5	4,79	22,53
1	4,77	22,51
2	4,76	22,50
4	4,76	22,50
8	4,75	22,49
15	4,74	22,48
30	4,73	22,47
75	4,71	22,45
135	4,71	22,45
267	4,70	22,44
365	4,69	22,43
545	4,69	22,43
1415	4,68	22,42



Tempo di consolidazione t_{100} 7 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0699 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**102 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004009 -TG/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **1**

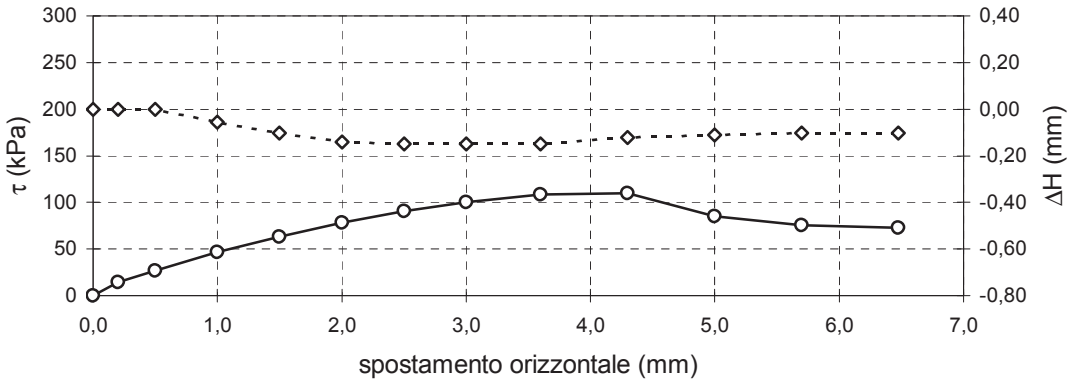
Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	24
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	110
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
e = deformazione provino (%)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,095	0,00	15
0,50	0,173	0,00	27
1,00	0,303	-0,06	46
1,50	0,413	-0,10	63
2,00	0,510	-0,14	78
2,50	0,593	-0,15	91
3,00	0,655	-0,15	100
3,60	0,707	-0,15	108
4,30	0,719	-0,12	110
5,00	0,5571	-0,11	85
5,70	0,493	-0,10	76
6,48	0,476	-0,10	73

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/2020**	Pagina	**103 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004009 -TG/5**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **2**

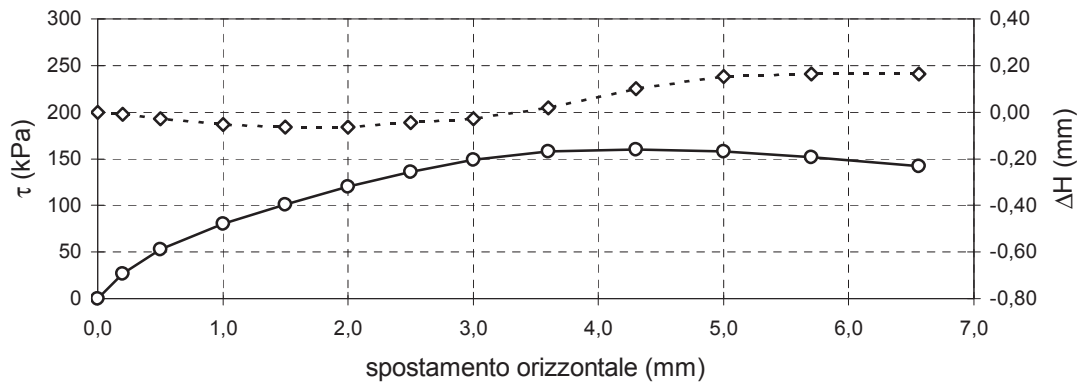
Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	24
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	160
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,105	-0,01	27
0,50	0,208	-0,03	53
1,00	0,316	-0,05	80
1,50	0,398	-0,06	101
2,00	0,473	-0,06	120
2,50	0,534	-0,05	136
3,00	0,585	-0,03	149
3,60	0,622	0,02	158
4,30	0,629	0,10	160
5,00	0,622	0,15	158
5,70	0,596	0,16	152
6,56	0,559	0,16	142

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**104 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004009 -TG/6**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **3**

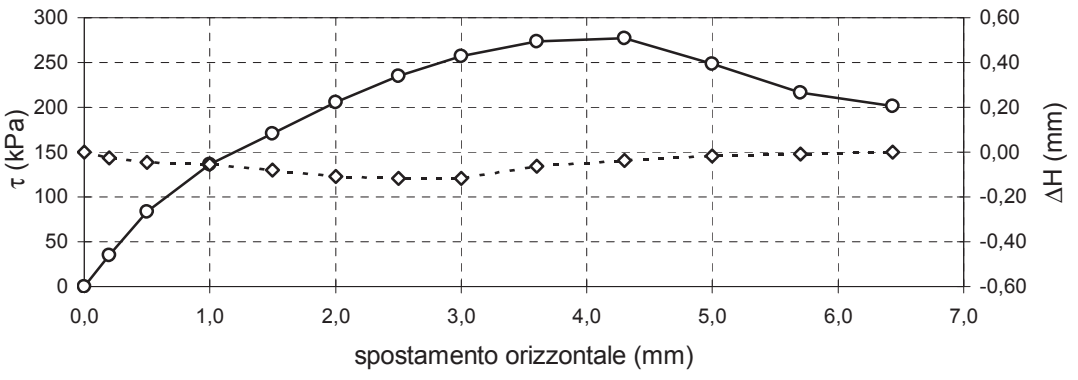
Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	24
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	277
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,075	-0,03	35
0,50	0,179	-0,05	83
1,00	0,293	-0,05	136
1,50	0,368	-0,08	171
2,00	0,444	-0,11	206
2,50	0,506	-0,12	235
3,00	0,555	-0,12	257
3,60	0,590	-0,06	274
4,30	0,597	-0,04	277
5,00	0,535	-0,02	248
5,70	0,467	-0,01	217
6,43	0,434	0,00	201

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**105 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004009 -TG/7**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Dimensioni iniziali : altezza 2,30 cm sezione 36,00 cm^2

PESO DI VOLUME

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa del terreno	g	176,57	173,21	178,26	177,12	171,46	178,98
Volume del terreno	cm^3	82,80	82,80	82,80	81,47	79,42	80,71
Massa specifica	g/cm^3	2,13	2,09	2,15	2,17	2,16	2,22
Peso di volume	kN/m^3	20,91	20,52	21,11	21,32	21,17	21,75

CONTENUTO DI ACQUA

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa terreno umido	g	176,57	173,21	178,26	177,12	171,46	178,98
Massa terreno secco	g	152,32	146,62	156,52	152,32	146,62	156,52
Contenuto di acqua	%	15,92	18,14	13,89	16,28	16,94	14,35

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/09/20** Pagina **106 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** Prova numero / pagina prova **2004009 - ED/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **40**
Contrassegno Sond. **4** Camp. **2** Profondità (m) **8,5 - 9,0**

PROVA EDOMETRICA (UNI CEN 17892-5)

Data di prova inizio **2/9/20** termine **18/9/20**

Dimensioni iniziali del provino

sezione	cm^2	20
altezza	cm	2,00
volume iniziale	cm^3	40,00

Parametri fisici iniziali e dopo la prova.

		iniziale	finale
umidità	%	14,90	13,14
peso di volume	kN/m^3	20,8	22,0
indice dei vuoti		0,457	0,353

Peso specifico dei grani Gs = 2,69

Cedimenti (DH) e indice dei vuoti (e) relativi alle pressioni indicate con permanenza del carico di 24 ore.

Coefficiente di compressibilità volumetrica (mv) e modulo edometrico (Eed) relativi al campo di pressione compreso tra il valo- re indicato in tabella e quello precedente.

Press kPa	DH mm	e	mv kPa^{-1}	E ed kPa
0	0,000	0,457	*	*
12,3	0,044	0,454	1,79E-04	5572
25	0,089	0,450	1,84E-04	5436
49	0,154	0,446	1,33E-04	7510
98	0,277	0,437	1,26E-04	7911
196	0,467	0,423	9,82E-05	10180
392	0,704	0,406	6,19E-05	16165
785	0,996	0,384	3,86E-05	25922
1569	1,351	0,358	2,38E-05	41998
3138	1,777	0,327	1,46E-05	68689
785	1,702	0,333	*	*
196	1,614	0,339	*	*
49	1,519	0,346	*	*
12,3	1,425	0,353	*	*

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**107 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**		Prova numero / pagina prova		**2004009 - ED/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

PROVA EDOMETRICA

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)

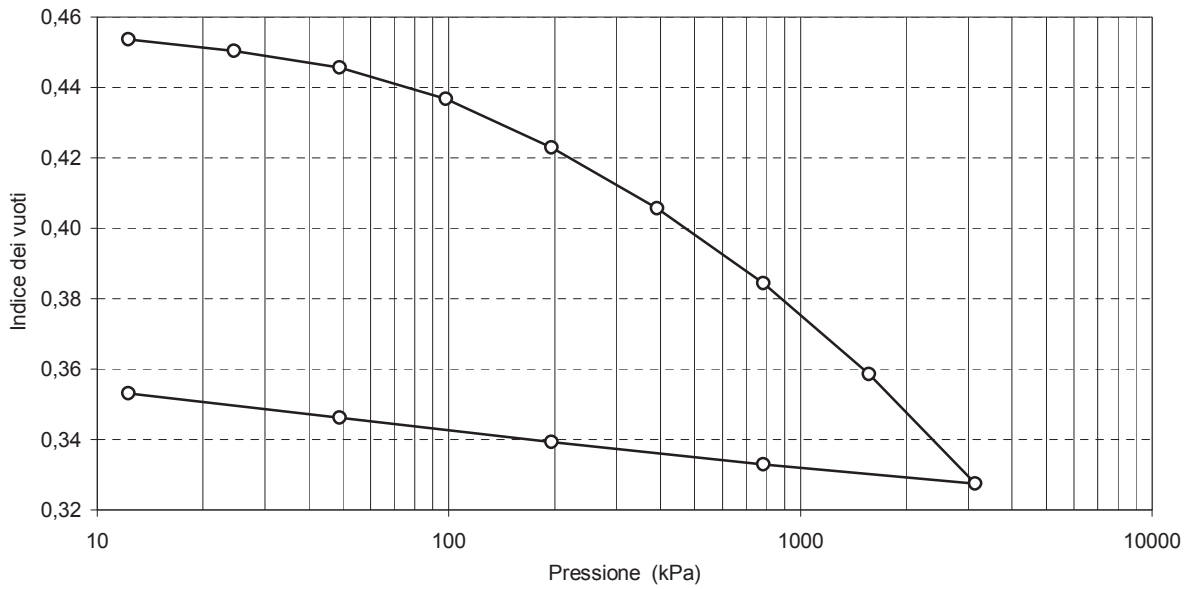
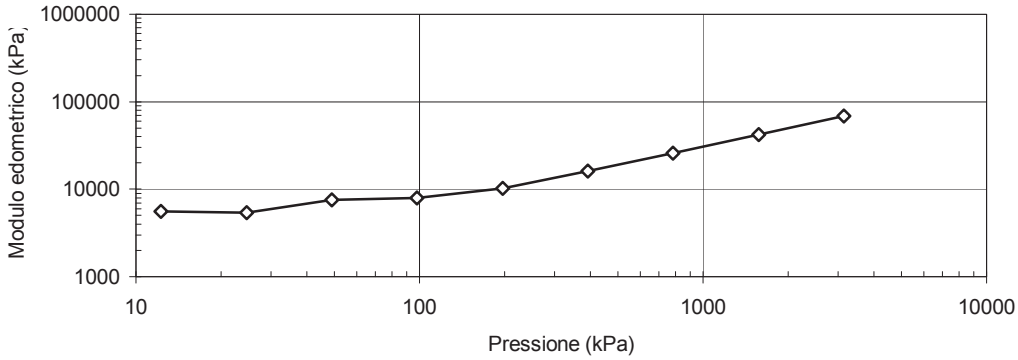


Diagramma modulo edometrico- pressioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**108 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004009 - ED/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

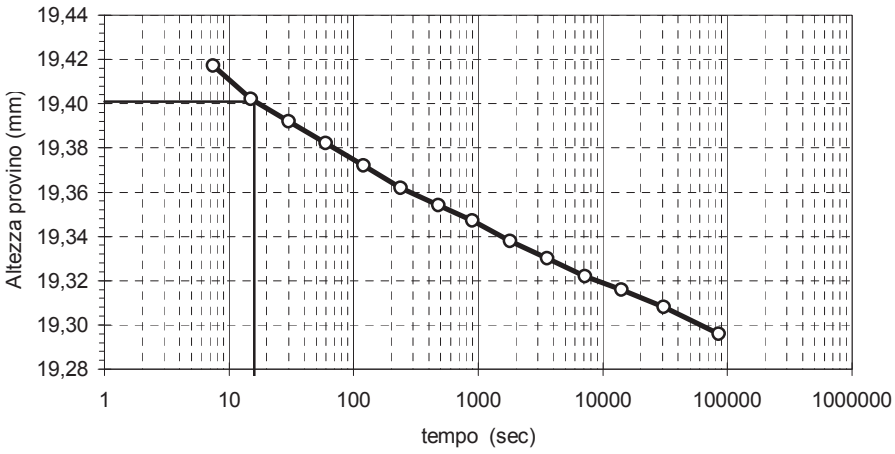
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		196	kPa
Pressione durante la prova		392	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	16	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,40	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	1,2E-02	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	7,1E-08	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	4,213	19,53
7,5	4,097	19,42
15	4,082	19,40
30	4,072	19,39
60	4,062	19,38
120	4,052	19,37
240	4,042	19,36
480	4,034	19,35
900	4,027	19,35
1800	4,018	19,34
3600	4,010	19,33
7200	4,002	19,32
14100	3,996	19,32
30900	3,988	19,31
85080	3,976	19,30

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**109 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004009 - ED/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,5 - 9,0**

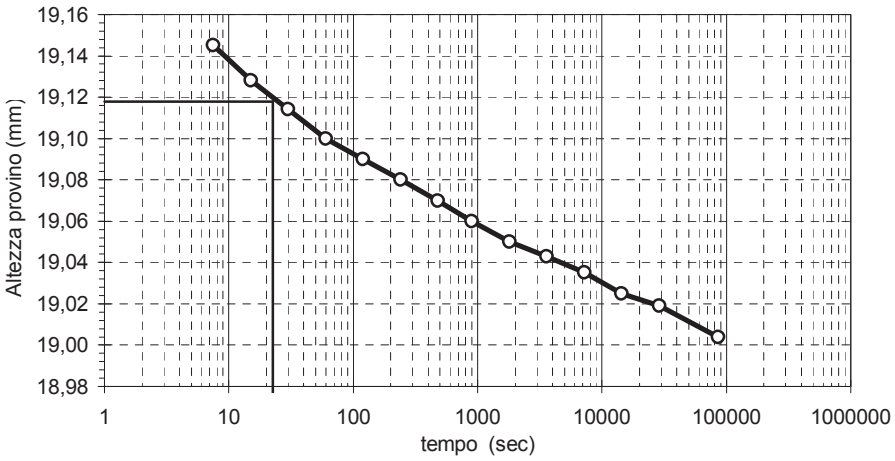
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		392	kPa
Pressione durante la prova		785	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	23	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,12	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	8,0E-03	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	3,0E-08	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	3,976	19,30
7,5	3,825	19,15
15	3,808	19,13
30	3,794	19,11
60	3,780	19,10
120	3,770	19,09
240	3,760	19,08
480	3,750	19,07
900	3,740	19,06
1800	3,730	19,05
3600	3,723	19,04
7200	3,715	19,04
14400	3,705	19,03
29100	3,699	19,02
86460	3,684	19,00

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**110 / 118**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**				
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**				
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**33**
Contrassegno	Sond. **4**	Camp. **3**	Profondità (m)	**13,0 - 13,5**	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **16/9/20**

Descrizione del campione:

Sabbia limosa grigia, ben addensata.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

Alto

TG

Basso

P.P.	V.T.
320	
330	

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/9/20**	Pagina	**111 / 118**
Verbale di accettazione n°	**20040**	del	**2/9/20**	Prova numero	**2004010 -G**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**33**
Contrassegno	Sond. **4**	Camp.	**3**	Profondità (m)	**13,0 - 13,5**

PESO DI VOLUME

(UNI CEN ISO/TS 17892/2)

Data di prova: **16/09/2020**

Peso del terreno	g	1878,0
Volume del terreno	cm^3	877,1
Massa specifica	g/cm^3	2,14
Peso di volume	kN/m^3	**21,0**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **044-20** Data **22/9/20** Pagina **112 / 118**
Verbale di accettazione n° **20040** del **02/09/20** Prova numero **2004010 -TG/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **33**
Contrassegno Sond. **4** Camp. **3** Profondità (m) **13,0 - 13,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN 17892-10)

Data di prova inizio **17/9/20** termine **21/9/20**

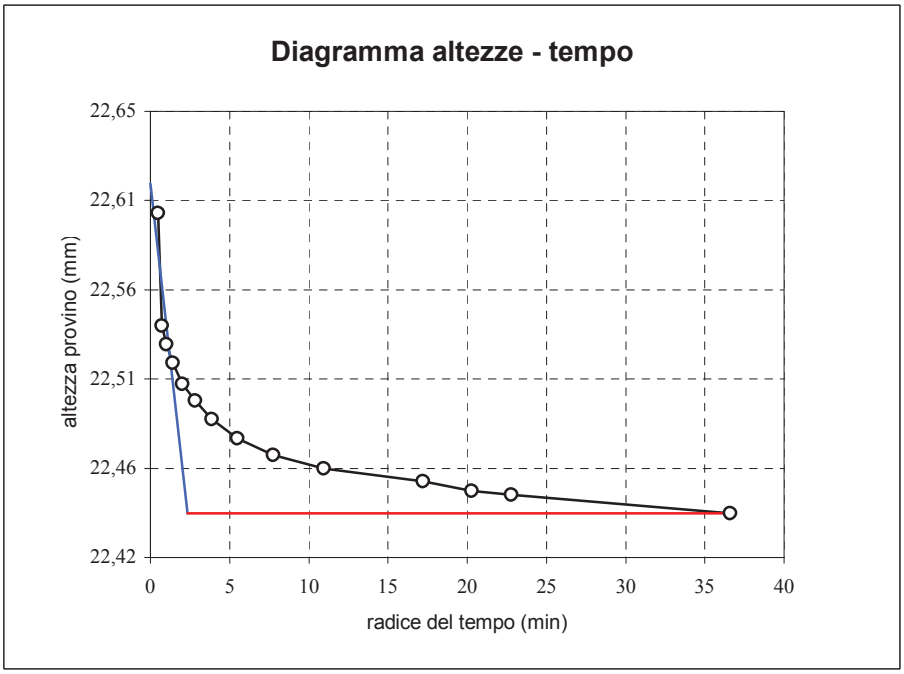
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **1**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sezione cm^2 36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	24,20	23,00
0,25	23,80	22,60
0,5	23,74	22,54
1	23,73	22,53
2	23,72	22,52
4	23,71	22,51
8	23,70	22,50
15	23,69	22,49
30	23,68	22,48
60	23,67	22,47
120	23,66	22,46
296	23,66	22,46
412	23,65	22,45
520	23,65	22,45
1341	23,64	22,44



Tempo di consolidazione t_{100} 5 min
Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0866 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**113 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004010 -TG/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**13,0 - 13,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

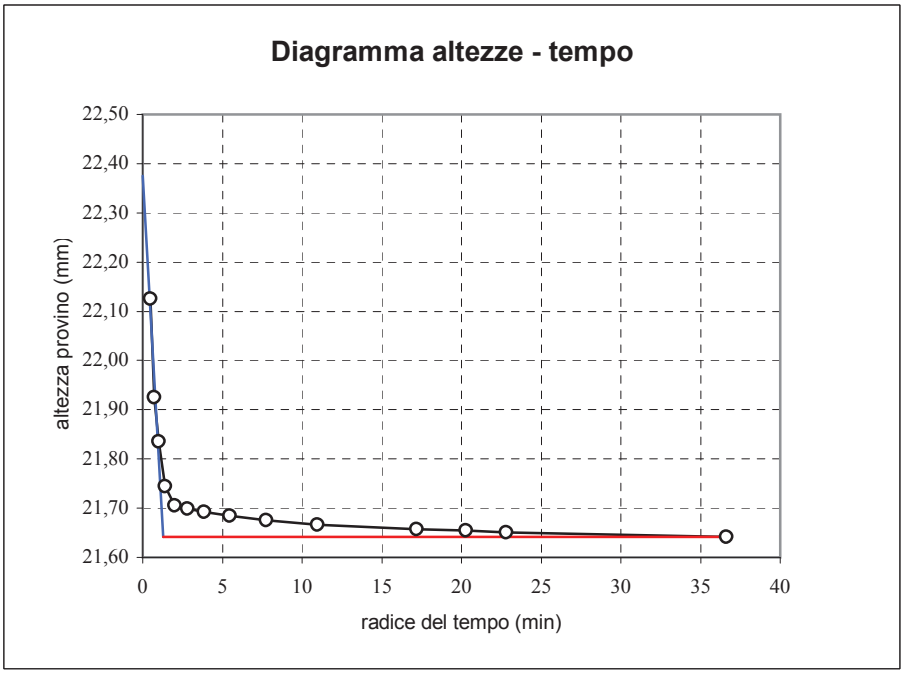
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **2**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	9,86	23,00
0,25	8,98	22,13
0,5	8,78	21,93
1	8,69	21,84
2	8,60	21,75
4	8,56	21,71
8	8,55	21,70
15	8,55	21,69
30	8,54	21,68
60	8,53	21,68
120	8,52	21,67
296	8,51	21,66
412	8,51	21,65
520	8,51	21,65
1341	8,50	21,64



Tempo di consolidazione t_{100} 2 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,2776 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**114 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004010 -TG/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**13,0 - 13,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

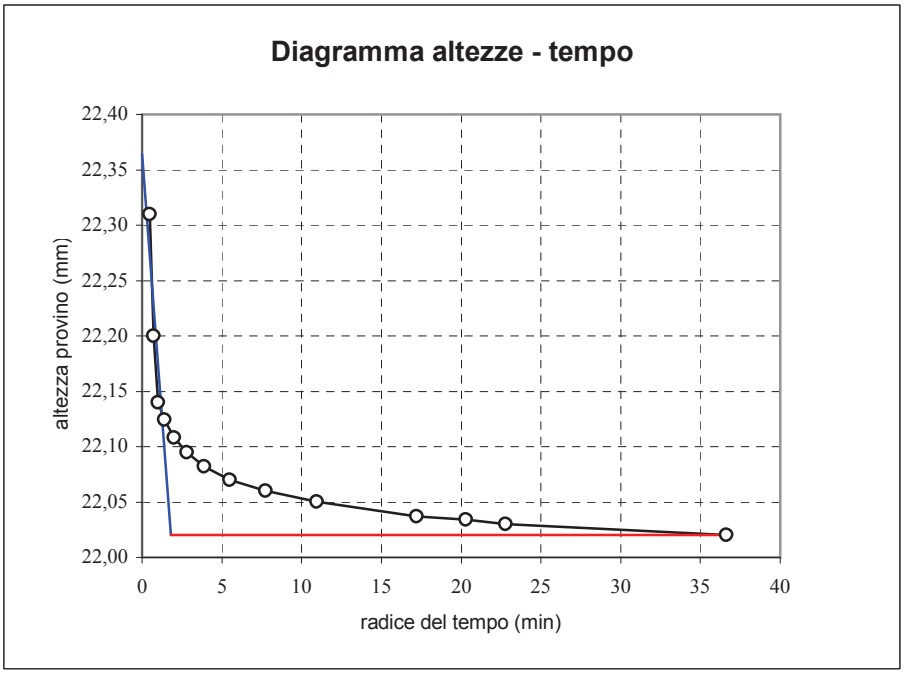
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **3**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	5,44	23,00
0,25	4,75	22,31
0,5	4,64	22,20
1	4,58	22,14
2	4,56	22,12
4	4,55	22,11
8	4,54	22,10
15	4,52	22,08
30	4,51	22,07
60	4,50	22,06
120	4,49	22,05
296	4,48	22,04
412	4,47	22,03
520	4,47	22,03
1341	4,46	22,02



Tempo di consolidazione t_{100} 3 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,1418 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**115 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004010 -TG/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**13,0 - 13,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **1**

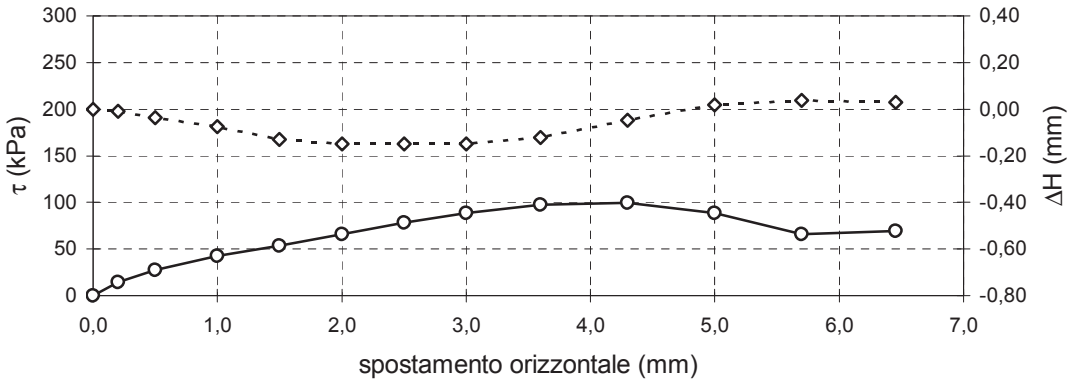
Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	100
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
e = deformazione provino (%)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,094	-0,01	14
0,50	0,181	-0,04	28
1,00	0,278	-0,07	43
1,50	0,351	-0,13	54
2,00	0,428	-0,15	66
2,50	0,509	-0,15	78
3,00	0,578	-0,15	89
3,60	0,635	-0,12	97
4,30	0,651	-0,05	100
5,00	0,579	0,02	89
5,70	0,431	0,04	66
6,45	0,453	0,03	69

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/2020**	Pagina	**116 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004010 -TG/5**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**13,0 - 13,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **2**

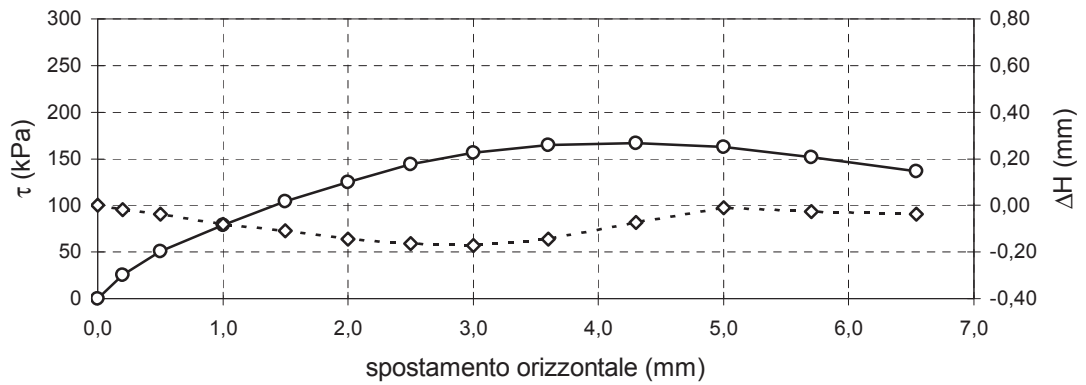
Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	167
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,099	-0,02	25
0,50	0,201	-0,04	51
1,00	0,31	-0,08	79
1,50	0,411	-0,11	105
2,00	0,492	-0,15	125
2,50	0,568	-0,16	144
3,00	0,6159	-0,17	157
3,60	0,6489	-0,15	165
4,30	0,656	-0,07	167
5,00	0,6395	-0,01	163
5,70	0,597	-0,03	152
6,54	0,538	-0,04	137

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**117 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004010 -TG/6**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**13,0 - 13,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **3**

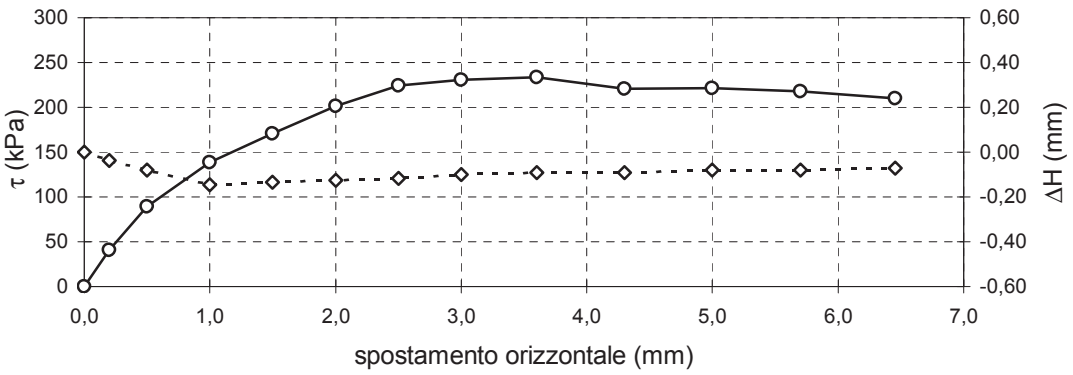
Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	233
Spostamento orizz. a rottura	mm	3,60

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,088	-0,04	41
0,50	0,193	-0,08	90
1,00	0,299	-0,14	139
1,50	0,368	-0,14	171
2,00	0,434	-0,13	201
2,50	0,484	-0,12	225
3,00	0,497	-0,10	231
3,60	0,503	-0,09	233
4,30	0,476	-0,09	221
5,00	0,477	-0,08	221
5,70	0,469	-0,08	218
6,45	0,453	-0,07	210

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**044-20**	Data	**22/09/20**	Pagina	**118 / 118**
Verbale di accettazione n°		**20040**	Prova numero / pagina prova		**2004010 -TG/7**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**4**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**13,0 - 13,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Dimensioni iniziali : altezza 2,30 cm sezione 36,00 cm^2

PESO DI VOLUME

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa del terreno	g	176,05	177,85	179,35	175,74	173,96	176,42
Volume del terreno	cm^3	82,80	82,80	82,80	80,89	77,77	78,98
Massa specifica	g/cm^3	2,13	2,15	2,17	2,17	2,24	2,23
Peso di volume	kN/m^3	20,85	21,06	21,24	21,31	21,94	21,91

CONTENUTO DI ACQUA

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa terreno umido	g	176,05	177,85	179,35	175,74	173,96	176,42
Massa terreno secco	g	150,61	152,86	154,87	150,61	152,86	154,87
Contenuto di acqua	%	16,89	16,35	15,81	16,69	13,80	13,91

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **1** Campione n° **1** Prof. m **3,0 - 3,5**

CODICE CAMPIONE **20040 01**

Descrizione del campione:

Sabbia limosa grigia, poco addensata.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		**20,2**
	Peso specifico dei granuli		**2,70**
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	-
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	-
	sabbia	%	-
	limo	%	-
	argilla	%	-
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	-
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		**41**
	coesione (kPa)		**0**
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		0,110
	Indice di rigonfiamento c_s		0,002
	Pressione di preconsolidazione		n.d.
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA DI TAGLIO

Committente: GPA Ingegneria

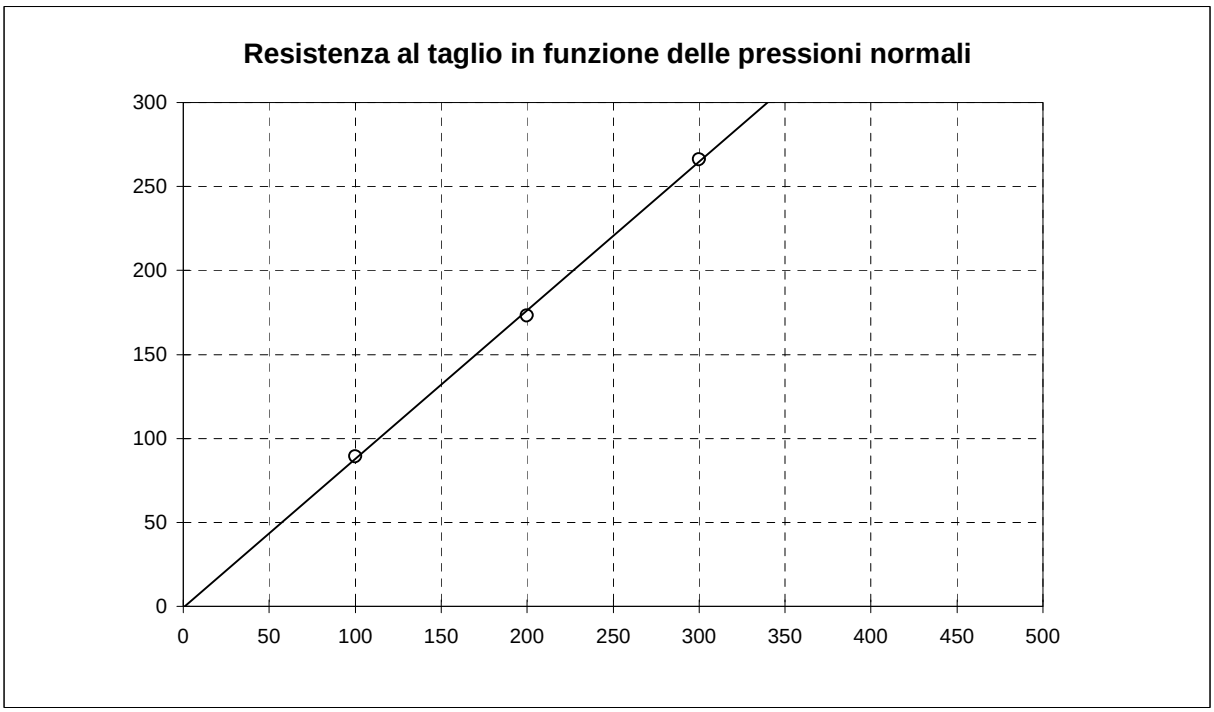
Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 1 Campione n° 1 Prof. m 3,0 - 3,5

STATO TENSIONALE A ROTTURA

Prova numero		1	2	3	
Pressione normale	kPa	100	200	300	
Resistenza al taglio	kPa	89	173	266	
Deformazione a rottura	mm	4,30	4,30	4,30	



Coesione = 0 kPa Angolo di attrito interno 41 °

Coefficiente di correlazione della retta: 0,9998

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA EDOMETRICA -

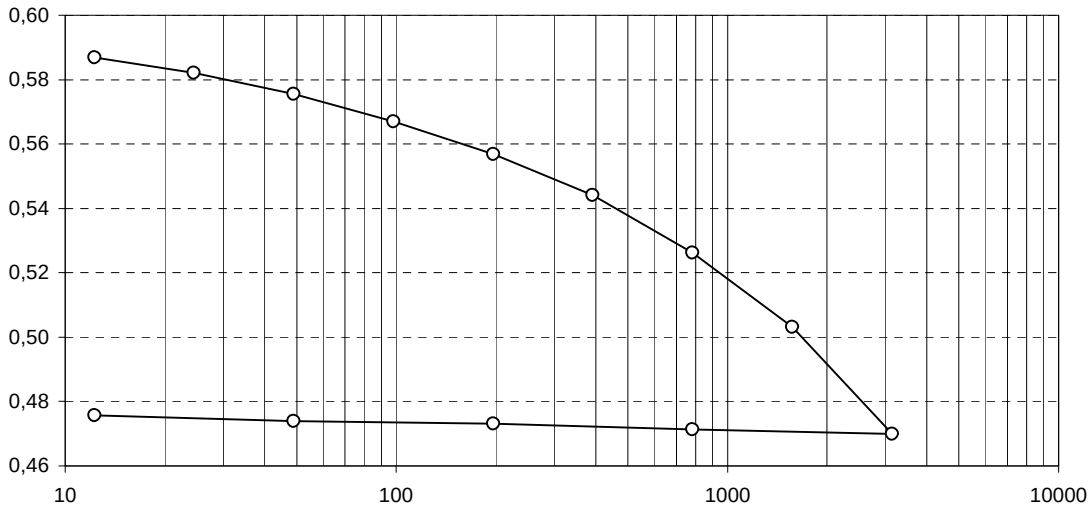
Committente: GPA Ingegneria

Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 1 Campione n° 1 Prof. m 3,0 - 3,5

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)



Press kPa	DH mm	e	mv kPa $^{-1}$	E ed kPa
0	0,000	0,596	*	*
12	0,115	0,587	4,69E-04	2132
25	0,175	0,582	2,46E-04	4063
49	0,257	0,576	1,69E-04	5927
98	0,365	0,567	1,12E-04	8964
196	0,492	0,557	6,60E-05	15162
392	0,651	0,544	4,16E-05	24064
785	0,876	0,526	2,96E-05	33733
1569	1,164	0,503	1,92E-05	52095
3138	1,580	0,470	1,41E-05	71045

Indice di compressione Cc		0,110
Indice di decompressione Cs		0,002
Pressione di preconsolidazione s'_p	kPa	n.d.
Pressione di rigonfiamento s_r	kPa	*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **1** Campione n° **2** Prof. m **6,0 - 6,5**

CODICE CAMPIONE **20040 02**

Descrizione del campione:

Sabbia limosa grigio bruna, poco addensata.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		**20,8**
	Peso specifico dei granuli		**2,70**
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	-
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	-
	sabbia	%	-
	limo	%	-
	argilla	%	-
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	_ -
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		**36**
	coesione (kPa)		**18**
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		0,093
	Indice di rigonfiamento c_s		0,004
	Pressione di preconsolidazione		n.d.
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA DI TAGLIO

Committente: GPA Ingegneria

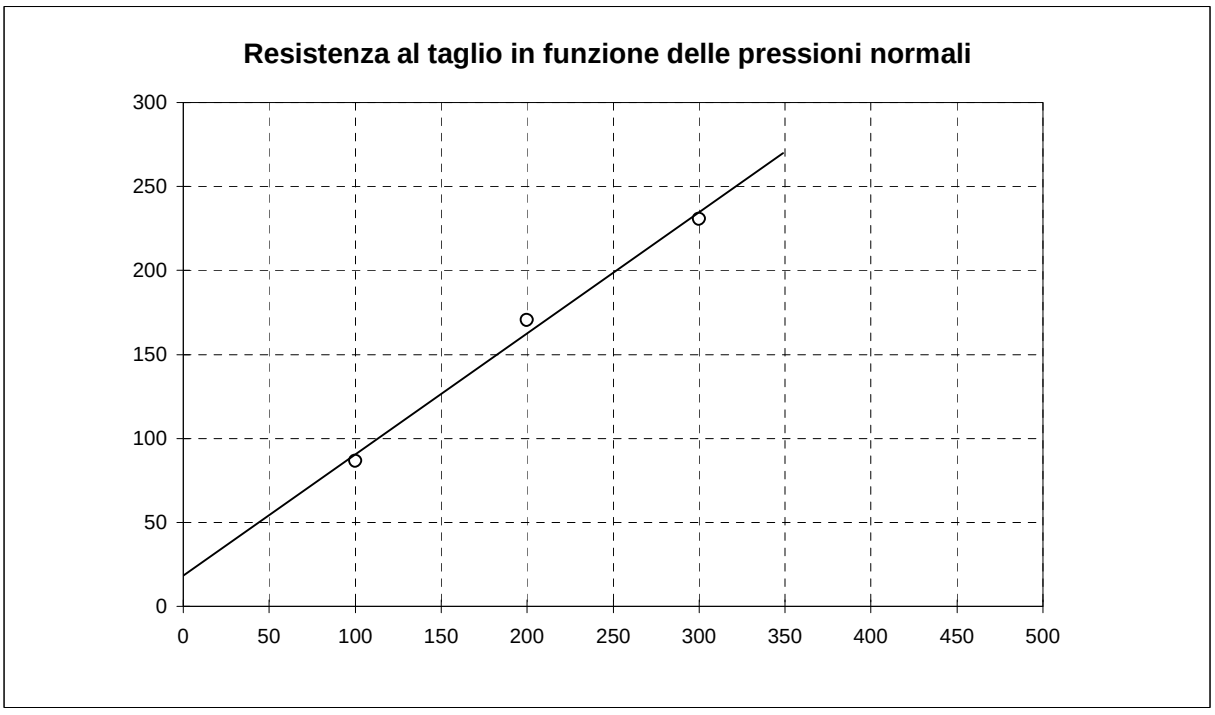
Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 1 Campione n° 2 Prof. m 6,0 - 6,5

STATO TENSIONALE A ROTTURA

Prova numero		1	2	3	
Pressione normale	kPa	100	200	300	
Resistenza al taglio	kPa	86	170	231	
Deformazione a rottura	mm	3,60	3,60	3,60	



Coesione = 18 kPa Angolo di attrito interno 36 °

Coefficiente di correlazione della retta: 0,9968

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA EDOMETRICA -

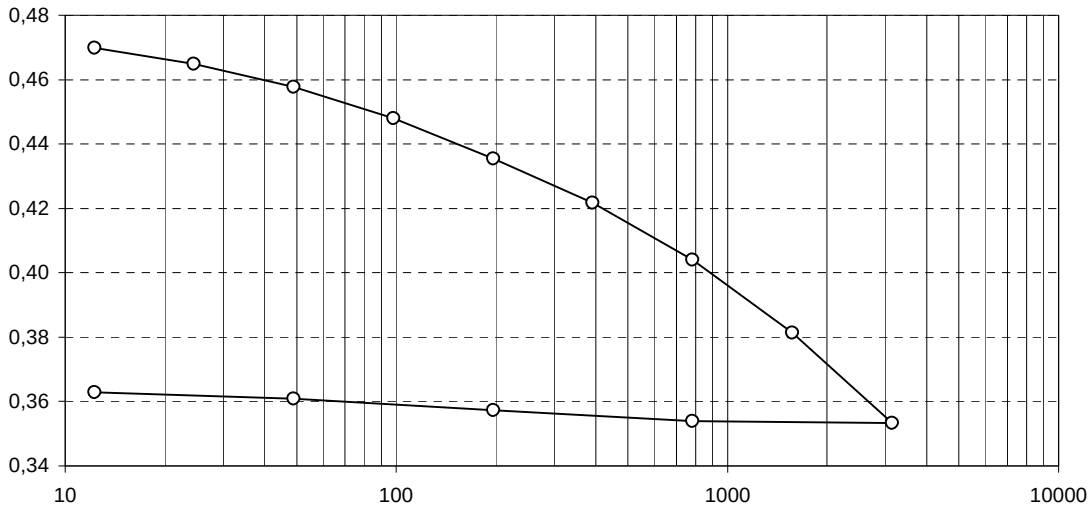
Committente: GPA Ingegneria

Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 1 Campione n° 2 Prof. m 6,0 - 6,5

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)



Press kPa	DH mm	e	mv kPa $^{-1}$	E ed kPa
0	0,000	0,478	*	*
12	0,110	0,470	4,49E-04	2229
25	0,178	0,465	2,79E-04	3586
49	0,275	0,458	2,00E-04	5010
98	0,407	0,448	1,36E-04	7327
196	0,576	0,435	8,80E-05	11369
392	0,762	0,422	4,88E-05	20482
785	1,001	0,404	3,17E-05	31575
1569	1,309	0,381	2,07E-05	48394
3138	1,688	0,353	1,29E-05	77381

Indice di compressione Cc		0,093
Indice di decompressione Cs		0,004
Pressione di preconsolidazione s'_p	kPa	n.d.
Pressione di rigonfiamento s_r	kPa	*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **3** Campione n° **1** Prof. m **3,0 - 3,3**

CODICE CAMPIONE **20040 03**

Descrizione del campione:

Sabbia debolmente limosa argillosa grigia, addensata.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		**20,7**
	Peso specifico dei granuli		**2,70**
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	**25**
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	**0**
	sabbia	%	**77**
	limo	%	**12**
	argilla	%	**11**
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	_ -
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		**37**
	coesione (kPa)		**0**
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		0,094
	Indice di rigonfiamento c_s		0,005
	Pressione di preconsolidazione		n.d.
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA DI TAGLIO

Committente: GPA Ingegneria

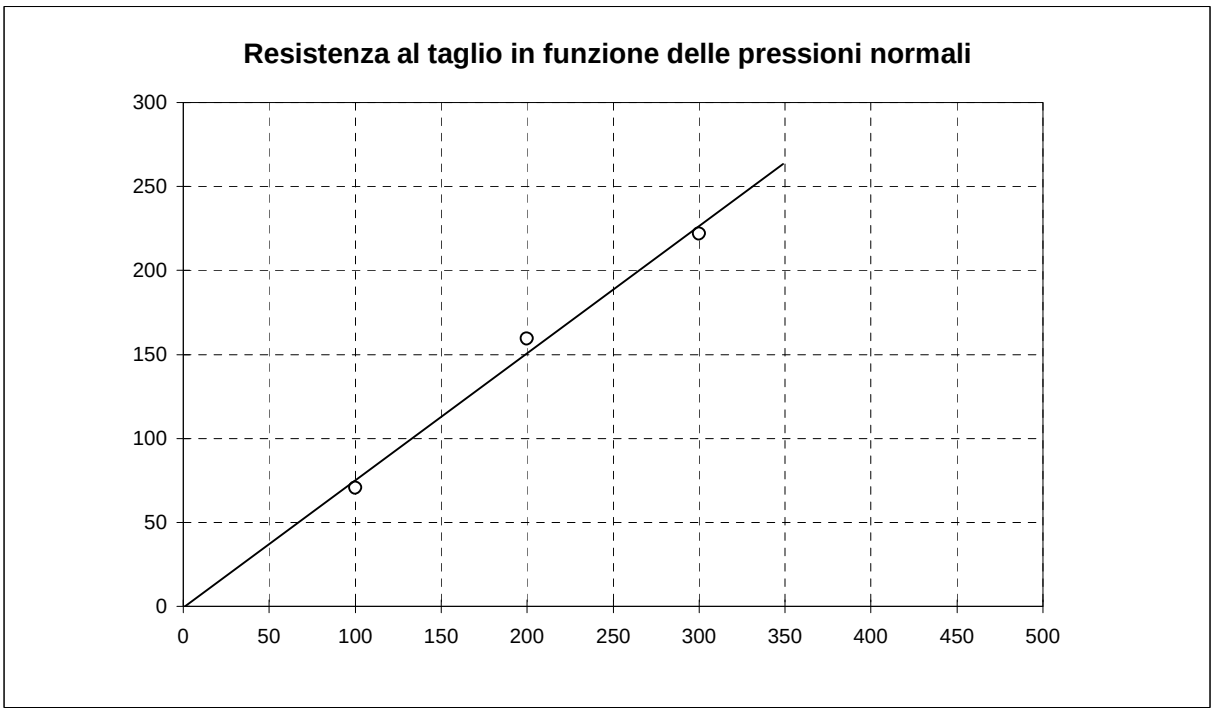
Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 3 Campione n° 1 Prof. m 3,0 - 3,3

STATO TENSIONALE A ROTTURA

Prova numero		1	2	3	
Pressione normale	kPa	100	200	300	
Resistenza al taglio	kPa	71	159	222	
Deformazione a rottura	mm	6,46	5,00	4,30	



Coesione = 0 kPa Angolo di attrito interno 37 °

Coefficiente di correlazione della retta: 0,9980

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA EDOMETRICA -

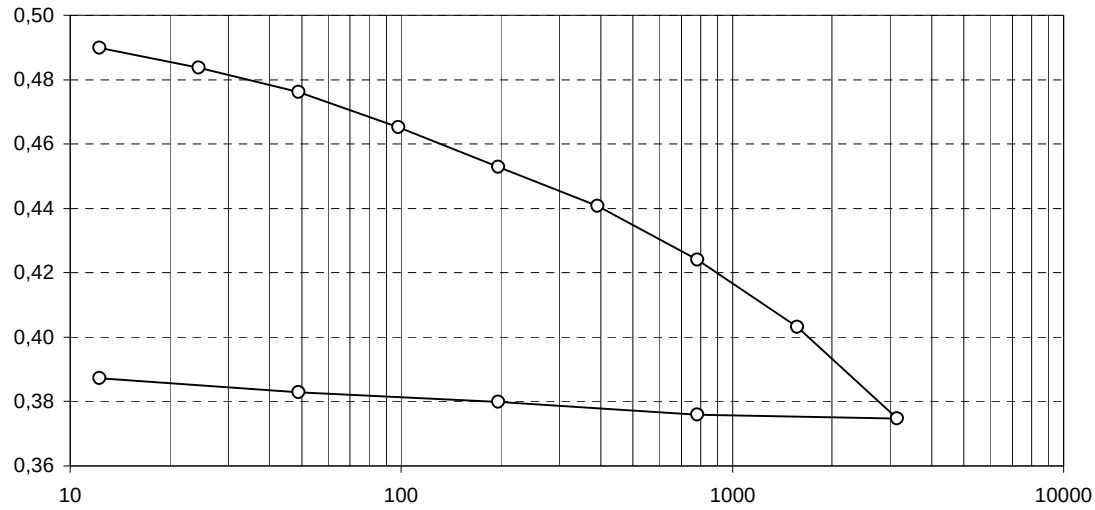
Committente: GPA Ingegneria

Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 3 Campione n° 1 Prof. m 3,0 - 3,3

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)



Press kPa	DH mm	e	mv kPa $^{-1}$	E ed kPa
0	0,000	0,494	*	*
12	0,052	0,490	2,12E-04	4715
25	0,137	0,484	3,48E-04	2877
49	0,238	0,476	2,07E-04	4822
98	0,384	0,465	1,51E-04	6637
196	0,548	0,453	8,53E-05	11730
392	0,710	0,441	4,25E-05	23550
785	0,934	0,424	2,96E-05	33780
1569	1,215	0,403	1,88E-05	53231
3138	1,595	0,375	1,29E-05	77565

Indice di compressione Cc		0,094
Indice di decompressione Cs		0,005
Pressione di preconsolidazione s'_p	kPa	n.d.
Pressione di rigonfiamento s_r	kPa	*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **3** Campione n° **2** Prof. m **8,5 - 9,0**

CODICE CAMPIONE **20040 04**

Descrizione del campione:

Sabbia debolmente limosa argillosa grigia. Presenza di ghiaia nella parte bassa del campione.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		**20,0**
	Peso specifico dei granuli		**2,68**
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	**27**
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	**2**
	sabbia	%	**73**
	limo	%	**13**
	argilla	%	**12**
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	_ -
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		**27**
	coesione (kPa)		**39**
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		0,127
	Indice di rigonfiamento c_s		0,009
	Pressione di preconsolidazione		n.d.
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA DI TAGLIO

Committente: GPA Ingegneria

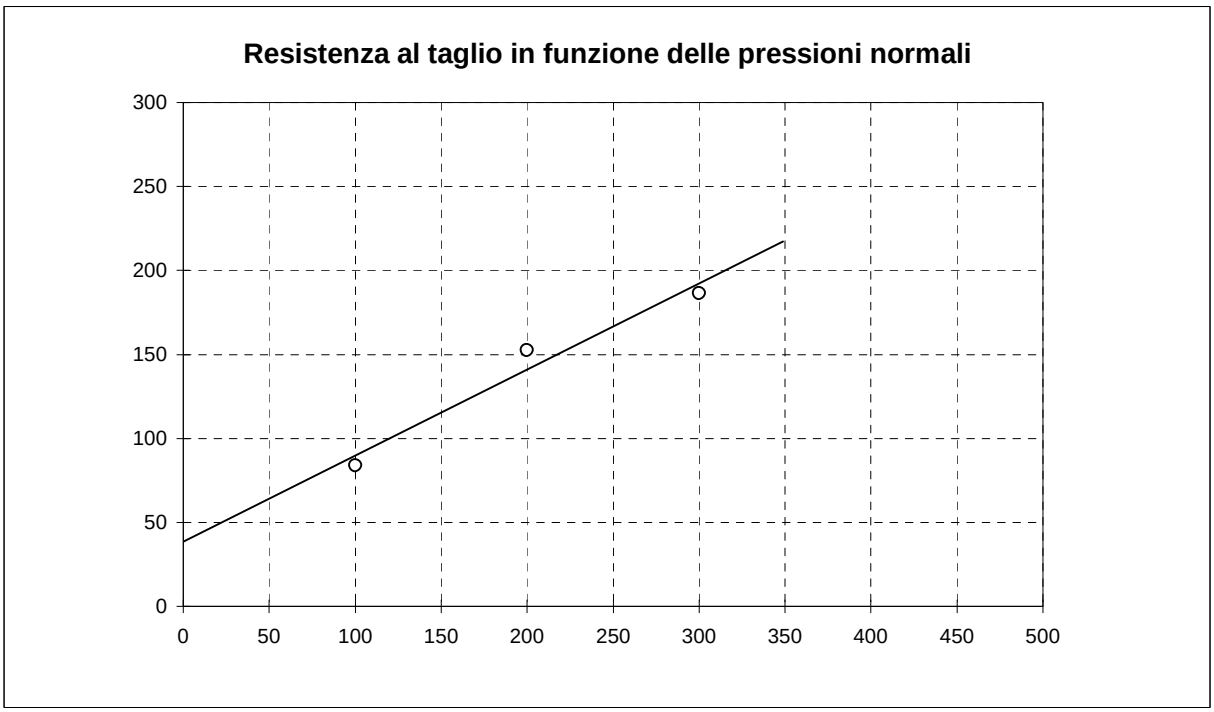
Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 3 Campione n° 2 Prof. m 8,5 - 9,0

STATO TENSIONALE A ROTTURA

Prova numero		1	2	3	
Pressione normale	kPa	100	200	300	
Resistenza al taglio	kPa	84	153	187	
Deformazione a rottura	mm	6,55	4,30	5,70	



Coesione = 39 kPa Angolo di attrito interno 27 °

Coefficiente di correlazione della retta: 0,9841

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA EDOMETRICA -

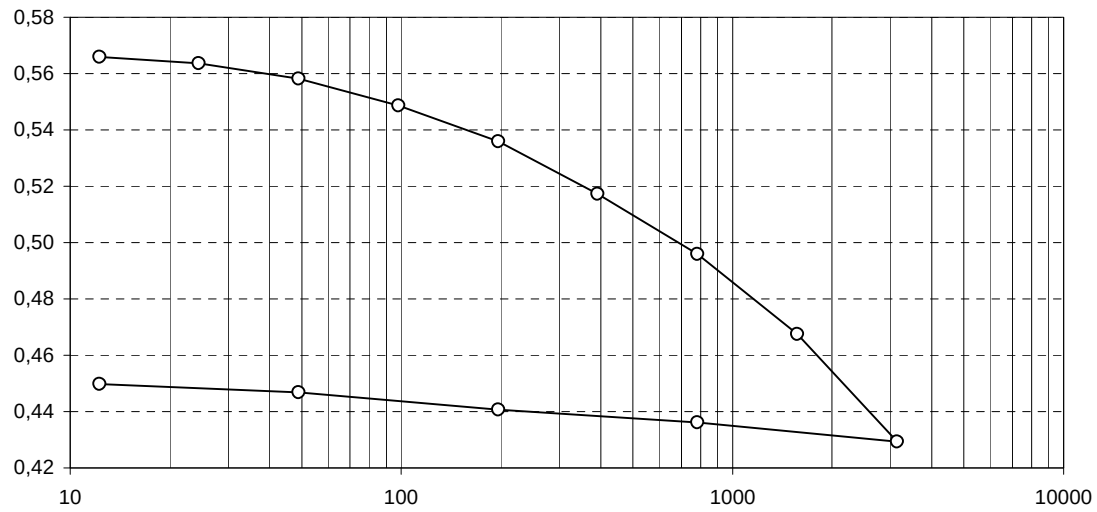
Committente: GPA Ingegneria

Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 3 Campione n° 2 Prof. m 8,5 - 9,0

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)



Press kPa	DH mm	e	mv kPa $^{-1}$	E ed kPa
0	0,000	0,568	*	*
12	0,020	0,566	8,16E-05	12258
25	0,050	0,564	1,22E-04	8164
49	0,120	0,558	1,43E-04	6987
98	0,241	0,549	1,24E-04	8056
196	0,403	0,536	8,36E-05	11961
392	0,643	0,517	6,24E-05	16015
785	0,915	0,496	3,58E-05	27916
1569	1,277	0,467	2,42E-05	41361
3138	1,765	0,429	1,66E-05	60200

Indice di compressione Cc		0,127
Indice di decompressione Cs		0,009
Pressione di preconsolidazione s'_p	kPa	n.d.
Pressione di rigonfiamento s_r	kPa	*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **3** Campione n° **3** Prof. m **15,0 - 15,5**

CODICE CAMPIONE **20040 05**

Descrizione del campione:

Sabbia fine limosa, debolmente argillosa, grigio bruna.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		-
	Peso specifico dei granuli		**2,71**
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	**37**
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	**0**
	sabbia	%	**67**
	limo	%	**21**
	argilla	%	**12**
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	_ -
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		-
	coesione (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		-
	Indice di rigonfiamento c_s		-
	Pressione di preconsolidazione		-
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **3** Campione n° **4** Prof. m **17,0 - 17,5**

CODICE CAMPIONE **20040 06**

Descrizione del campione:

Sabbia fine limosa, debolmente argillosa, grigio bruna.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		-
	Peso specifico dei granuli		**2,72**
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	**33**
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	**0**
	sabbia	%	**71**
	limo	%	**18**
	argilla	%	**11**
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	_ -
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		-
	coesione (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		-
	Indice di rigonfiamento c_s		-
	Pressione di preconsolidazione		-
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **3** Campione n° **5** Prof. m **19,2 - 19,7**

CODICE CAMPIONE **20040 07**

Descrizione del campione:

Limo sabbioso marrone chiaro cipria con argilla.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		**19,3**
	Peso specifico dei granuli		**2,74**
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	**77**
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	**1**
	sabbia	%	**25**
	limo	%	**45**
	argilla	%	**29**
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	_ -
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		**27**
	coesione (kPa)		**10**
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		-
	Indice di rigonfiamento c_s		-
	Pressione di preconsolidazione		-
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA DI TAGLIO

Committente: GPA Ingegneria

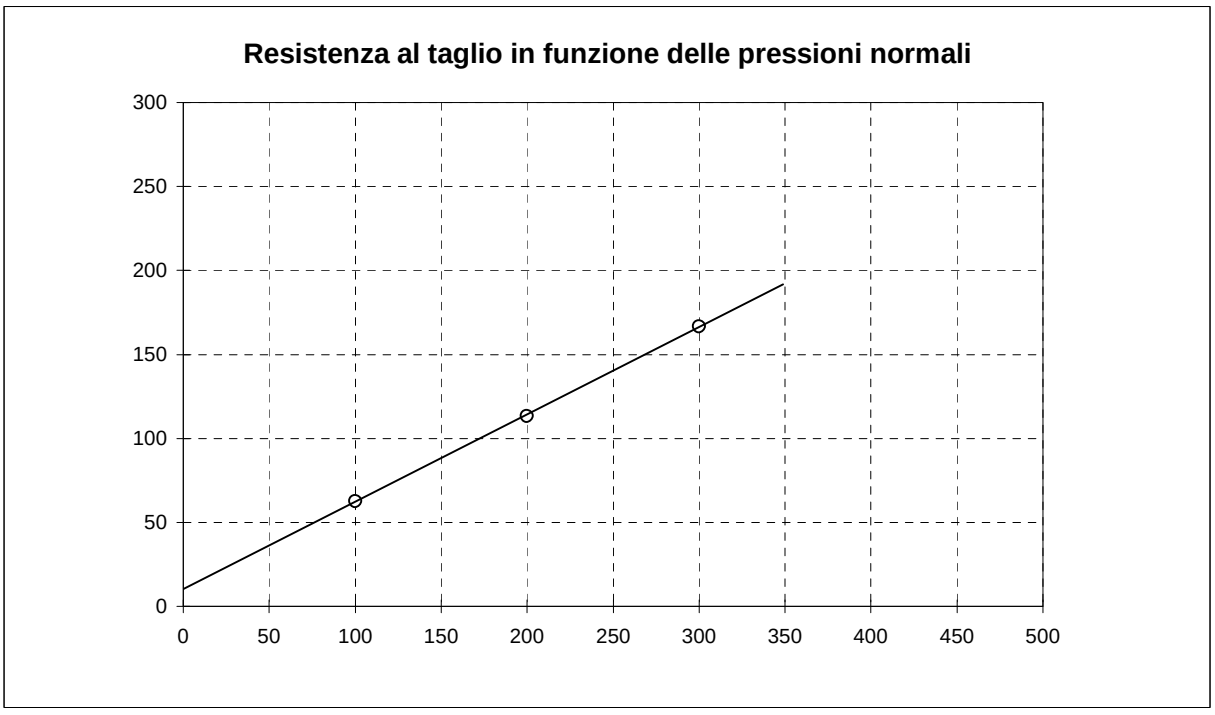
Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 3 Campione n° 5 Prof. m 19,2 - 19,7

STATO TENSIONALE A ROTTURA

Prova numero		1	2	3	
Pressione normale	kPa	100	200	300	
Resistenza al taglio	kPa	63	113	167	
Deformazione a rottura	mm	3,00	4,30	5,00	



Coesione = 10 kPa Angolo di attrito interno 27 °

Coefficiente di correlazione della retta: 0,9989

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **4** Campione n° **1** Prof. m **4,5 - 5,0**

CODICE CAMPIONE **20040 08**

Descrizione del campione:

Sabbia limosa grigia, addensata.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		**21,0**
	Peso specifico dei granuli		**2,71**
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	-
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	-
	sabbia	%	-
	limo	%	-
	argilla	%	-
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	_ -
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		**40**
	coesione (kPa)		**3**
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		0,081
	Indice di rigonfiamento c_s		0,005
	Pressione di preconsolidazione		n.d.
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA DI TAGLIO

Committente: GPA Ingegneria

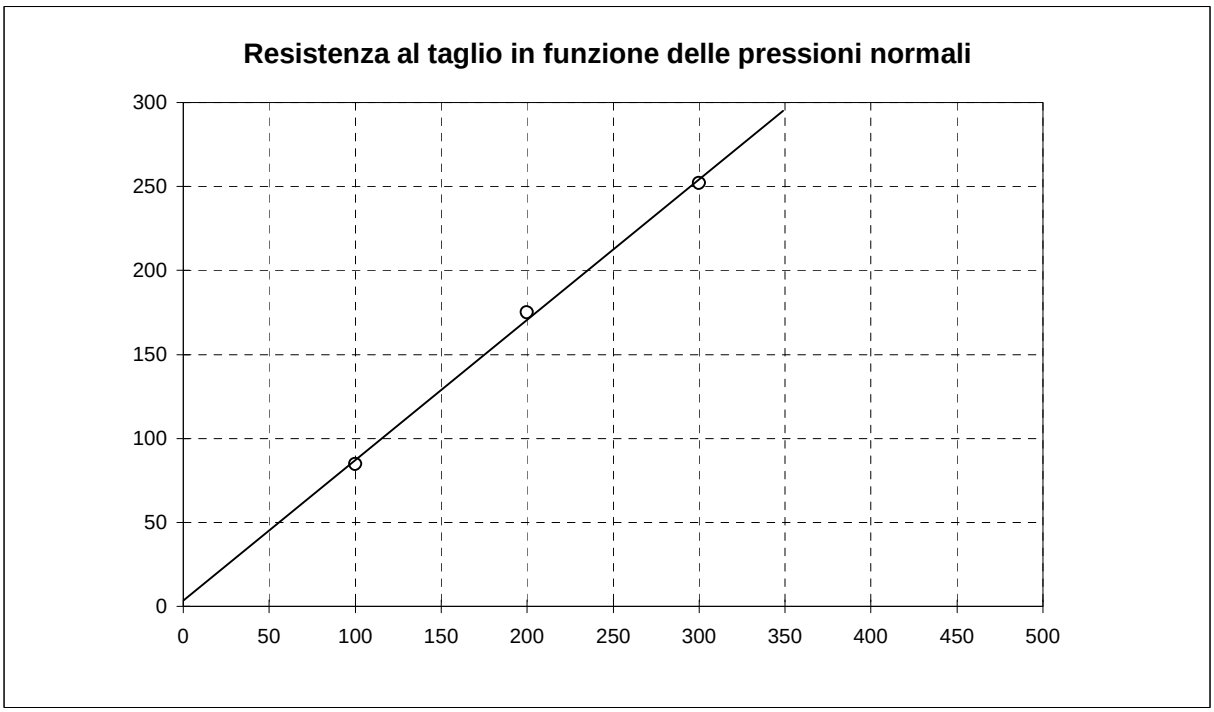
Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 4 Campione n° 1 Prof. m 4,5 - 5,0

STATO TENSIONALE A ROTTURA

Prova numero		1	2	3	
Pressione normale	kPa	100	200	300	
Resistenza al taglio	kPa	85	175	252	
Deformazione a rottura	mm	3,00	3,60	4,30	



Coesione = 3 kPa Angolo di attrito interno 40 °

Coefficiente di correlazione della retta: 0,9996

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA EDOMETRICA -

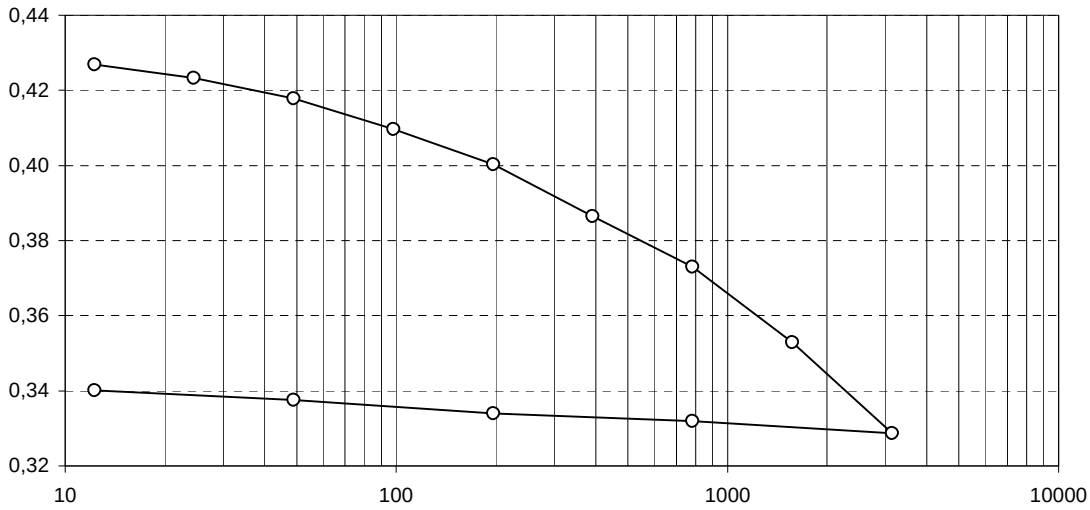
Committente: GPA Ingegneria

Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 4 Campione n° 1 Prof. m 4,5 - 5,0

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)



Press kPa	DH mm	e	mv kPa $^{-1}$	E ed kPa
0	0,000	0,429	*	*
12	0,032	0,427	1,31E-04	7661
25	0,080	0,423	1,96E-04	5099
49	0,158	0,418	1,60E-04	6261
98	0,272	0,410	1,17E-04	8534
196	0,404	0,400	6,82E-05	14656
392	0,597	0,386	5,01E-05	19961
785	0,785	0,373	2,48E-05	40389
1569	1,066	0,353	1,86E-05	53647
3138	1,406	0,329	1,14E-05	87378

Indice di compressione Cc		0,081
Indice di decompressione Cs		0,005
Pressione di preconsolidazione s'_p	kPa	n.d.
Pressione di rigonfiamento s_r	kPa	*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **4** Campione n° **2** Prof. m **8,5 - 9,0**

CODICE CAMPIONE **20040 09**

Descrizione del campione:

Sabbia limosa grigia, addensata.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		**20,8**
	Peso specifico dei granuli		**2,69**
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	-
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	-
	sabbia	%	-
	limo	%	-
	argilla	%	-
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	-
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		**40**
	coesione (kPa)		**16**
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		0,103
	Indice di rigonfiamento c_s		0,011
	Pressione di preconsolidazione		n.d.
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA DI TAGLIO

Committente: GPA Ingegneria

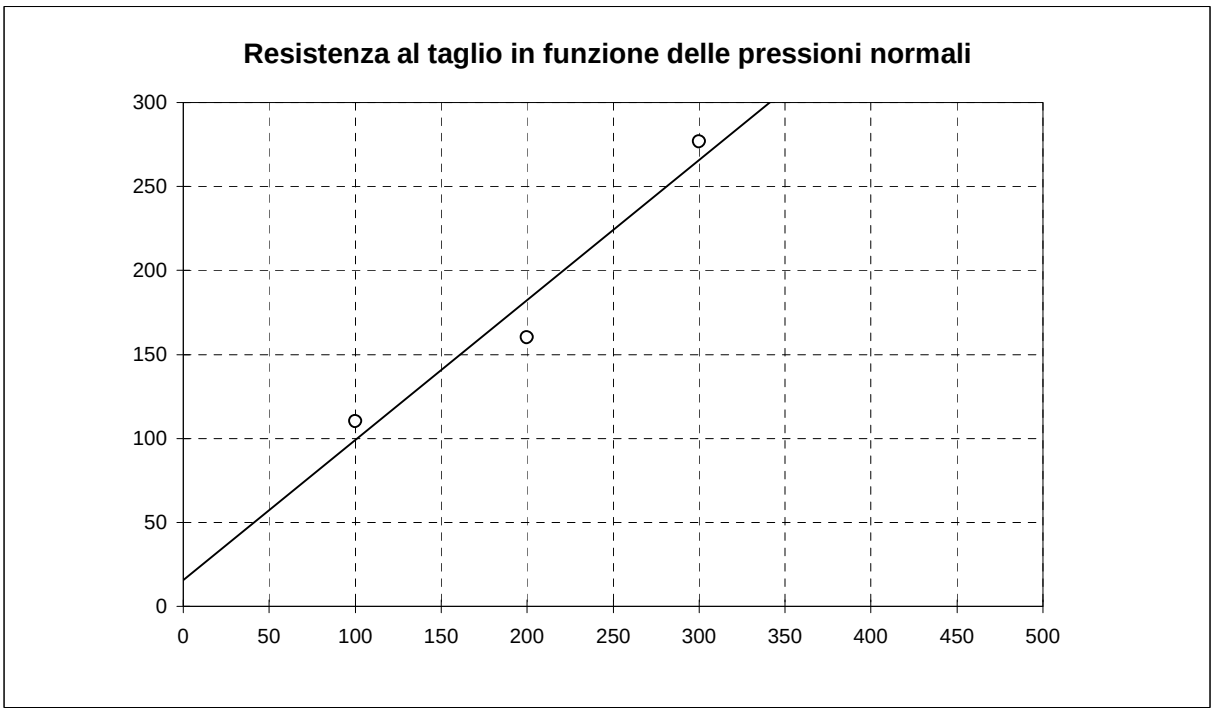
Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 4 Campione n° 2 Prof. m 8,5 - 9,0

STATO TENSIONALE A ROTTURA

Prova numero		1	2	3	
Pressione normale	kPa	100	200	300	
Resistenza al taglio	kPa	110	160	277	
Deformazione a rottura	mm	4,30	4,30	4,30	



Coesione = 16 kPa Angolo di attrito interno 40 °

Coefficiente di correlazione della retta: 0,9895

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA EDOMETRICA -

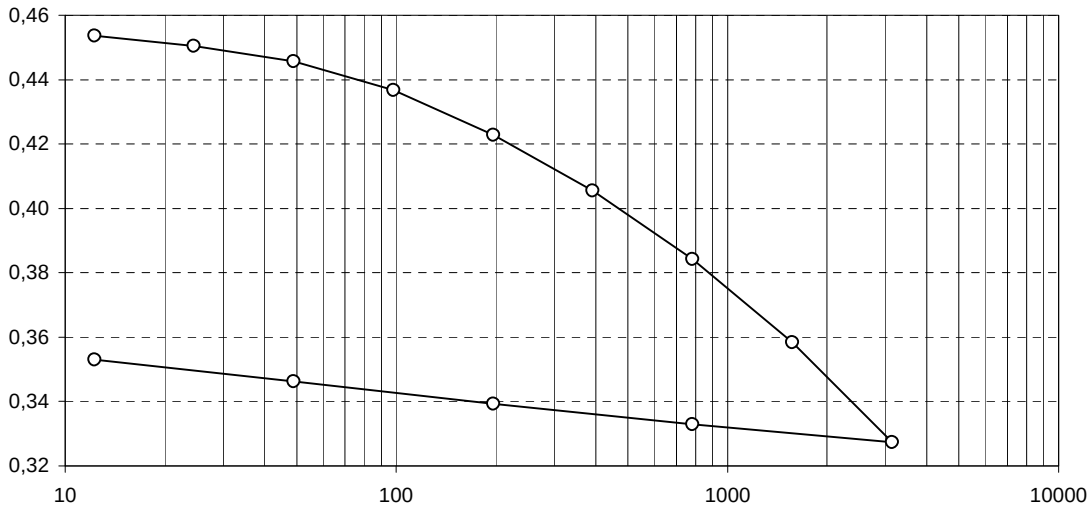
Committente: GPA Ingegneria

Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 4 Campione n° 2 Prof. m 8,5 - 9,0

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)



Press kPa	DH mm	e	mv kPa $^{-1}$	E ed kPa
0	0,000	0,457	*	*
12	0,044	0,454	1,79E-04	5572
25	0,089	0,450	1,84E-04	5436
49	0,154	0,446	1,33E-04	7510
98	0,277	0,437	1,26E-04	7911
196	0,467	0,423	9,82E-05	10180
392	0,704	0,406	6,19E-05	16165
785	0,996	0,384	3,86E-05	25922
1569	1,351	0,358	2,38E-05	41998
3138	1,777	0,327	1,46E-05	68689

Indice di compressione Cc		0,103
Indice di decompressione Cs		0,011
Pressione di preconsolidazione s'_p	kPa	n.d.
Pressione di rigonfiamento s_r	kPa	*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **4** Campione n° **3** Prof. m **13,0 - 13,5**

CODICE CAMPIONE **20040 10**

Descrizione del campione:

Sabbia limosa grigia, ben addensata.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		**21,0**
	Peso specifico dei granuli		-
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	-
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	-
	sabbia	%	-
	limo	%	-
	argilla	%	-
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	-
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		**34**
	coesione (kPa)		**33**
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		-
	Indice di rigonfiamento c_s		-
	Pressione di preconsolidazione		-
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA DI TAGLIO

Committente: GPA Ingegneria

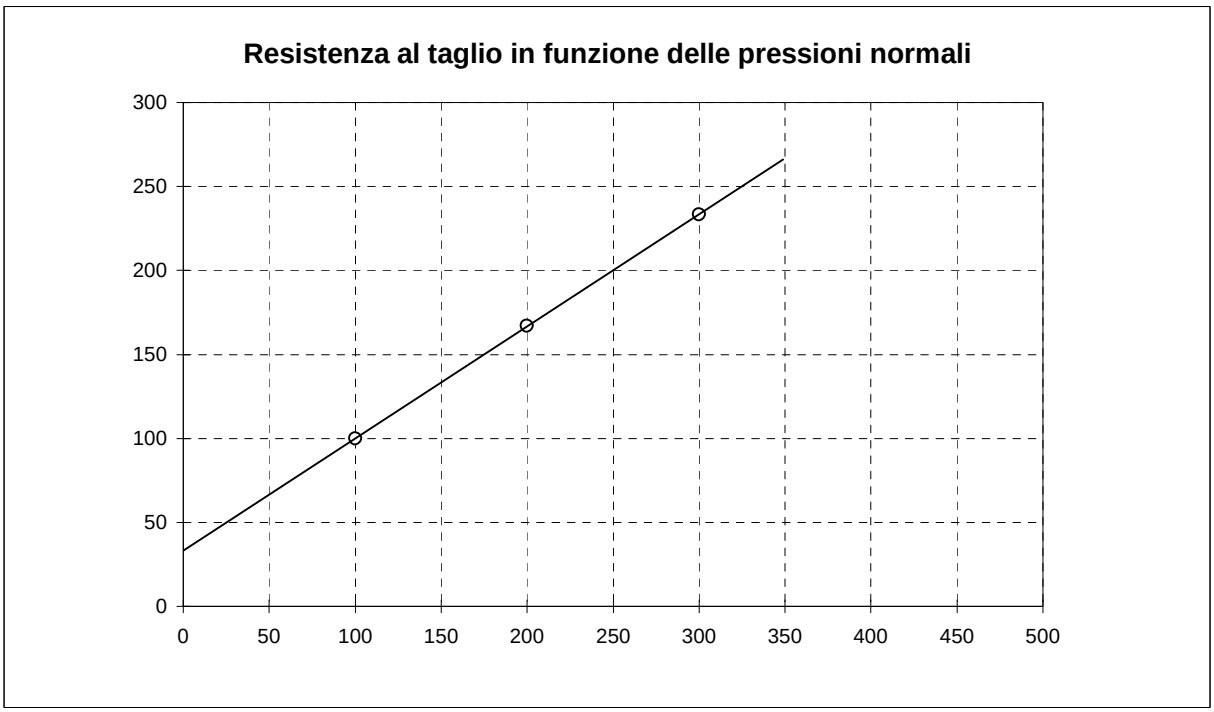
Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 4 Campione n° 3 Prof. m 13,0 - 13,5

STATO TENSIONALE A ROTTURA

Prova numero		1	2	3	
Pressione normale	kPa	100	200	300	
Resistenza al taglio	kPa	100	167	233	
Deformazione a rottura	mm	4,30	4,30	3,60	



Coesione = 33 kPa Angolo di attrito interno 34 °

Coefficiente di correlazione della retta: 0,9945

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

CERTIFICATO N° **042-20** DATA **14/08/20** PAGINA **1 / 43**

VERBALE DI ACCETTAZIONE: **20037** DATA **03/08/20**

COMMITTENTE **GPA Ingegneria**
Via Leone X, 3
Firenze

RICHIEDENTE **Geol. Gianni Focardi**

PROVENIENZA (dIchiarata) **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

NUMERO CAMPIONI **3**

ELENCO PROVE ESEGUITE

Contrassegno			Codice campione		Codici delle prove eseguite, oggetto del certificato															
Sond.	Camp.	Prof.																		
2	1	3,5-4,0	20037	01	-	G	Gs	Gr	-	-	-	-	TG	-	-	-	-	-	-	-
2	2	8,2-8,5	20037	02	-	G	Gs	Gr	-	-	-	-	TG	ED	-	-	-	-	-	-
2	3	15,0-15,5	20037	03	-	G	Gs	-	-	-	-	-	TG	ED	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Simbologia: w=contenuto di acqua; G=peso di volume; Gs=peso specifico; GR=granulometria; LC= limite liquido e limite plastico; LR = limite di ritiro; BM= Blu di metilene; ELL= compres- sione semplice; TG= taglio diretto; ED= prova edometrica; RIG= prova di rigonfiamento; TX=prova triassiale; TT= taglio torsionale; K=permeabilità; CH= analisi chimiche; PC=prova di costipamento; cbr= CBR.

OSSERVAZIONI

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**2 / 43**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**				
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**				
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**97**	Lunghezza (cm)	**54**
Contrassegno	Sond. **2**	Camp. **1**	Profondità (m)	**3,5 - 4,0**	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **3/8/20**

Descrizione del campione:

Sabbia grigia medio grossa. Presenza di inclusi ghiaiosi (marmo).

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto	TG		
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/8/20**	Pagina	**3 / 43**
Verbale di accettazione n°	**20037**	del	**3/8/20**	Prova numero	**2003701 -G**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**97**	Lunghezza (cm)	**54**
Contrassegno	Sond. **2**	Camp. **1**	Profondità (m)	**3,5 - 4,0**	

PESO DI VOLUME

(UNI CEN ISO/TS 17892/2)

Data di prova: **03/08/2020**

Peso del terreno	g	6017,0
Volume del terreno	cm^3	3064,2
Massa specifica	g/cm^3	1,96
Peso di volume	kN/m^3	**19,3**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**4 / 43**
Verbale di accettazione n°	**20037**	del	**3/8/20**	Prova numero	**2003701 - Gs**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**97**	Lunghezza (cm)	**54**
Contrassegno	Sond. **2**	Camp.	**1**	Profondità (m)	**3,5 - 4,0**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **5/8/20** termine **6/8/20**

Picnometro	g	40,89
Campione + picnometro	g	66,67
Camp.+ picnometro + acqua	g	156,39
Picnometro + acqua	g	140,22
Temperatura ℃	℃	27,5
Fattore di correzione K		0,9981
Peso specifico	g/cm^3	**2,68**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **042-20** Data **14/8/20** Pagina **5 / 43**
Verbale di accettazione n° **20037** del **3/8/20** Prova numero **2003701 - GR 1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **97** Lunghezza (cm) **54**
Contrassegno Sond. **2** Camp. **1** Profondità (m) **3,5 - 4,0**

ANALISI GRANULOMETRICA

Date di prova: inizio **4/8/20** termine **11/8/20**

Analisi granulometrica per setacciatura
(via umida) (CNR-UNI A. V N.23)

Massa del materiale g = 332,72

Set. ASTM	Diam. mm	Peso %	Tratt. %	Pass. %
3"	76,2	0,00	0,00	100,0
2"	50,8	0,00	0,00	100,0
1,5"	38,1	0,00	0,00	100,0
3/4"	19	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,5	1,73	1,73	98,3
4	4,75	0,09	1,82	98,2
10	2,00	0,24	2,06	97,9
40	0,425	22,49	24,55	75,4
100	0,150	68,31	92,86	7,1
200	0,075	2,54	95,40	4,6

Analisi granulometrica per sedimentazione
(AASHTO T 88-72)

Agente disperdente: esametafosfato di sodio 45,70 g/l

Idrometro: tipo 151 H

Massa del materiale g = 50,00

Materiale passante al setaccio ASTM 40
Peso specifico dei grani: 2,68

Temp. ℃	Tempo min	Lettura densim.	Dimen. mm	Pass. %
26	0,5	1,0035	0,071	4,6
26	1	1,0033	0,051	4,3
26	2	1,0032	0,036	4,2
26	4	1,0031	0,025	4,1
26	8	1,0030	0,018	3,9
26	15	1,0029	0,013	3,8
26	30	1,0028	0,009	3,7
26	60	1,0027	0,007	3,5
26	120	1,0026	0,005	3,4
26	240	1,0025	0,003	3,3
26	550	1,0025	0,002	3,2
26	1442	1,0024	0,001	3,2

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

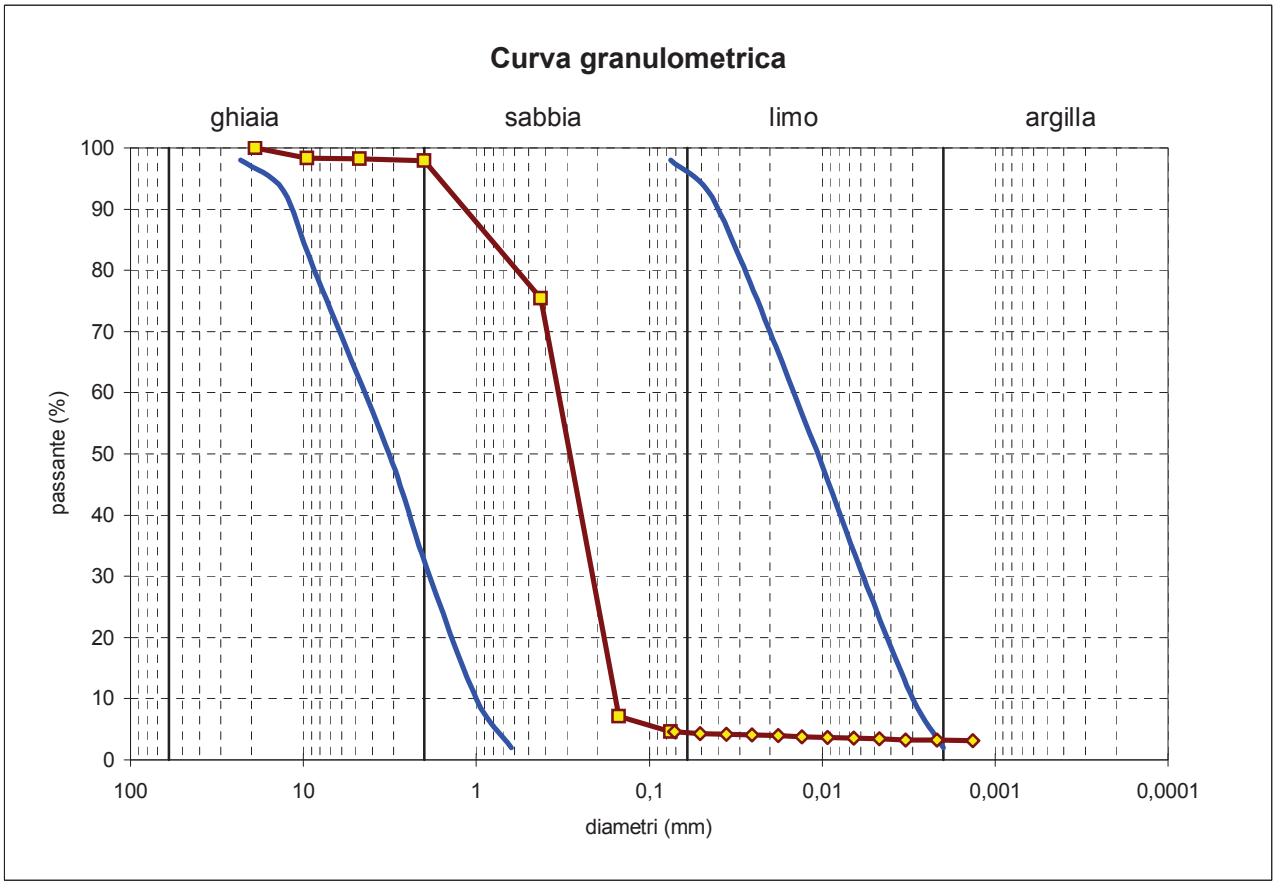
ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**6 / 43**
Verbale di accettazione n°	**20037**	del	**3/8/20**	Prova numero	**2003701 - GR 2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,5 - 4,0**

CURVA GRANULOMETRICA



Riepilogo dei risultati

Ciottoli	(> 60mm)	%	**0**
Ghiaia	(60 - 2 mm)	%	**2**
Sabbia	(2 - 0,060 mm)	%	**93**
Limo	(0,060-0,002 mm)	%	**2**
Argilla	(< 0,002 mm)	%	**3**

Coefficiente di uniformità : **U (D60/D10) =** **2**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **042-20** Data **14/8/20** Pagina **7 / 43**
Verbale di accettazione n° **20037** del **03/08/20** Prova numero **2003701 -TG/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **97** Lunghezza (cm) **54**
Contrassegno Sond. **2** Camp. **1** Profondità (m) **3,5 - 4,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN 17892-10)

Data di prova inizio **4/8/20** termine **7/8/20**

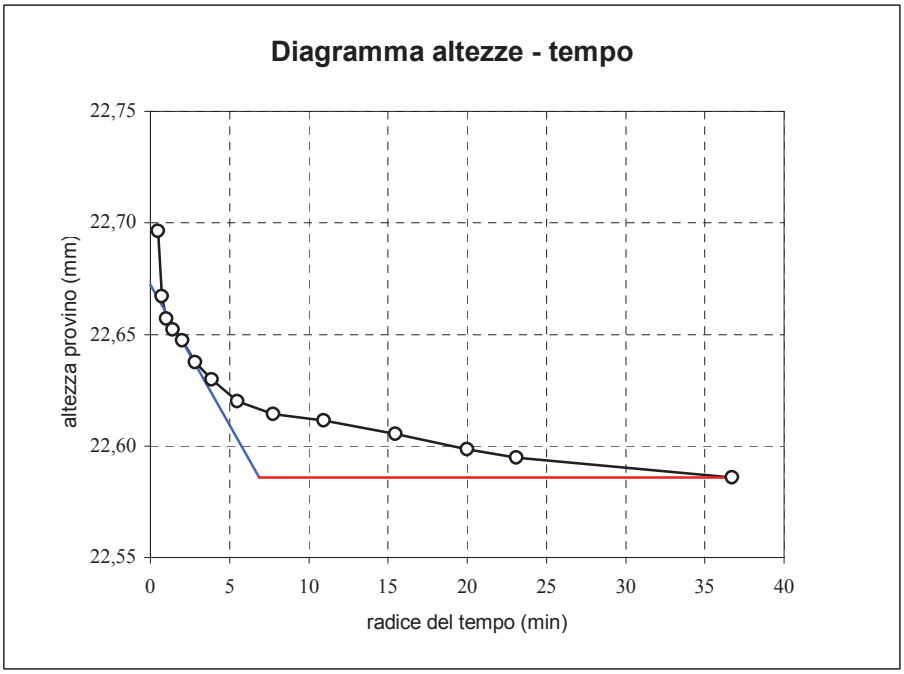
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **1**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sezione cm^2 36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	23,54	23,00
0,25	23,23	22,70
0,5	23,20	22,67
1	23,19	22,66
2	23,19	22,65
4	23,18	22,65
8	23,17	22,64
15	23,16	22,63
30	23,15	22,62
60	23,15	22,61
120	23,14	22,61
240	23,14	22,60
400	23,13	22,60
535	23,13	22,59
1350	23,12	22,58



Tempo di consolidazione t_{100} 47 min
Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,01 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**8 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003701 -TG/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,5 - 4,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

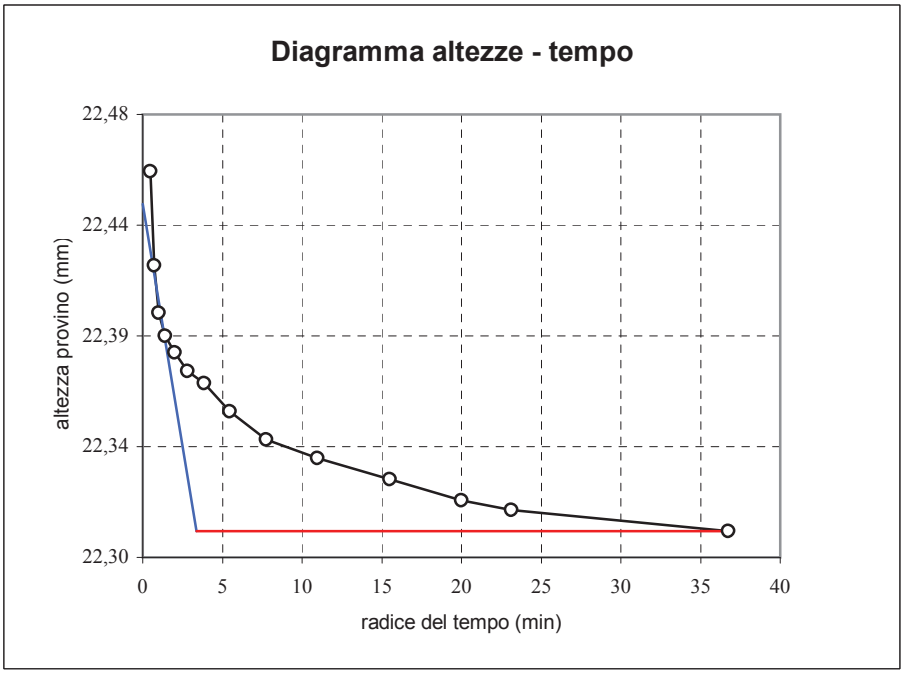
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **2**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	10,49	23,00
0,25	9,95	22,46
0,5	9,91	22,42
1	9,89	22,40
2	9,88	22,39
4	9,87	22,38
8	9,87	22,38
15	9,86	22,37
30	9,85	22,36
60	9,84	22,35
120	9,83	22,34
240	9,82	22,33
400	9,81	22,32
535	9,81	22,32
1350	9,80	22,31



Tempo di consolidazione t_{100} 11 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0414 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**9 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003701 -TG/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,5 - 4,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

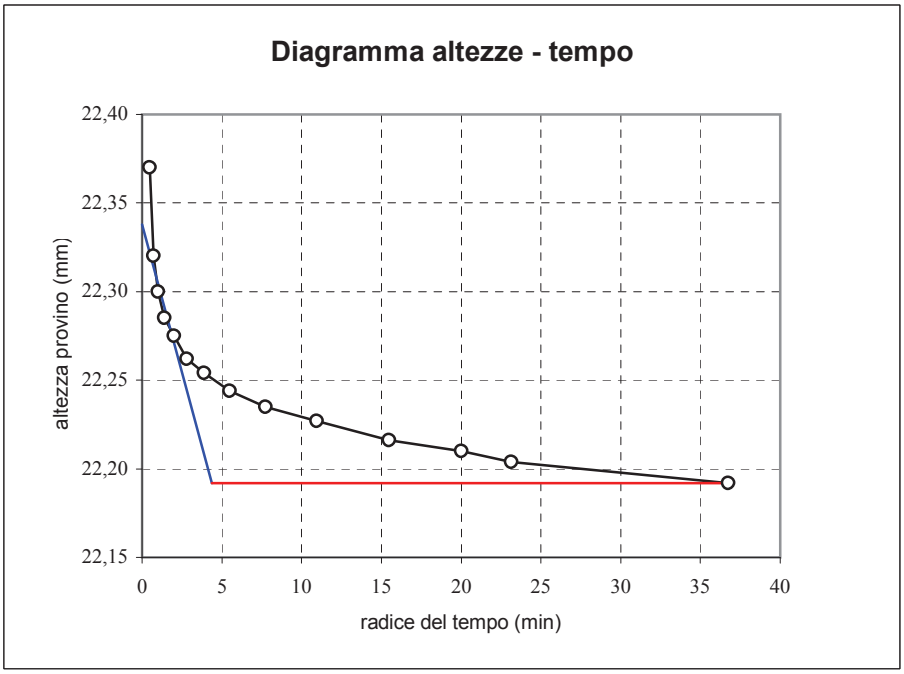
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **3**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	8,33	23,00
0,25	7,70	22,37
0,5	7,65	22,32
1	7,63	22,30
2	7,62	22,29
4	7,61	22,28
8	7,59	22,26
15	7,58	22,25
30	7,57	22,24
60	7,57	22,24
120	7,56	22,23
240	7,55	22,22
400	7,54	22,21
535	7,53	22,20
1350	7,52	22,19



Tempo di consolidazione t_{100} 19 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0248 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**10 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003701 -TG/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,5 - 4,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **1**

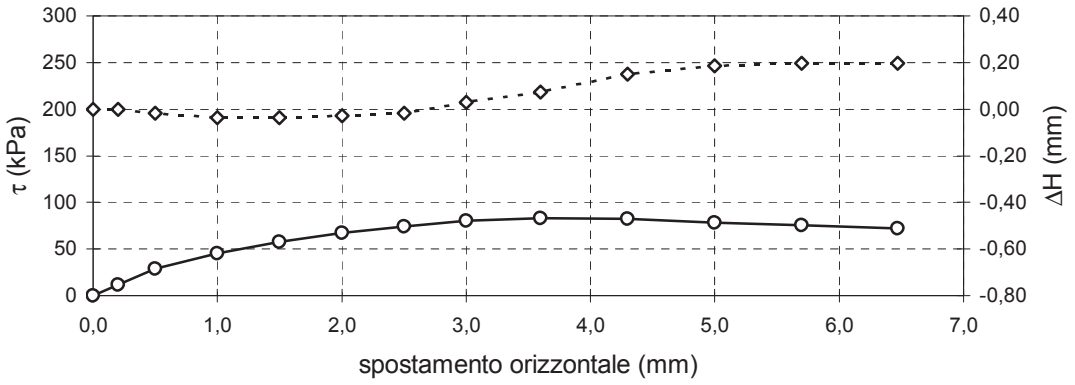
Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	83
Spostamento orizz. a rottura	mm	3,60

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
e = deformazione provino (%)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,076	0,00	12
0,50	0,187	-0,02	29
1,00	0,294	-0,04	45
1,50	0,376	-0,04	58
2,00	0,437	-0,03	67
2,50	0,484	-0,02	74
3,00	0,523	0,03	80
3,60	0,543	0,07	83
4,30	0,538	0,15	82
5,00	0,5124	0,19	79
5,70	0,493	0,20	76
6,47	0,471	0,20	72

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/2020**	Pagina	**11 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003701 -TG/5**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,5 - 4,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **2**

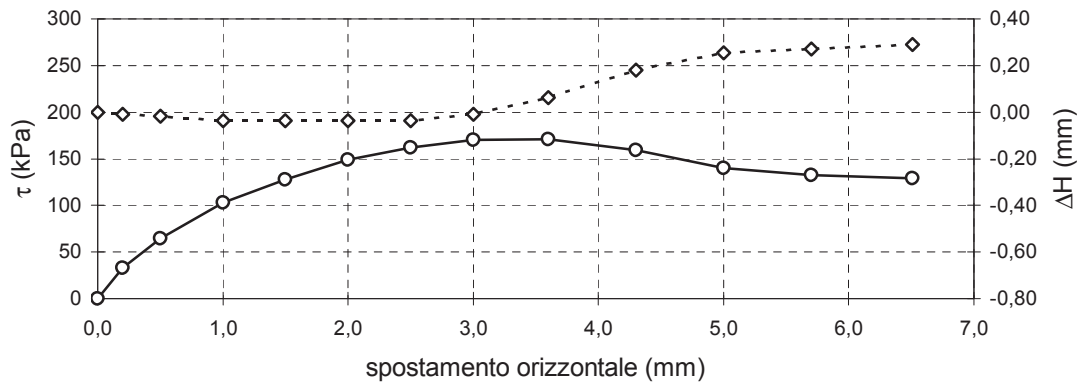
Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	171
Spostamento orizz. a rottura	mm	3,60

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,1304	-0,01	33
0,50	0,253	-0,02	64
1,00	0,406	-0,04	103
1,50	0,5015	-0,04	128
2,00	0,587	-0,04	149
2,50	0,6365	-0,04	162
3,00	0,6691	-0,01	170
3,60	0,6714	0,06	171
4,30	0,6264	0,18	159
5,00	0,5499	0,25	140
5,70	0,5218	0,27	133
6,51	0,5072	0,29	129

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**12 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003701 -TG/6**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,5 - 4,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **3**

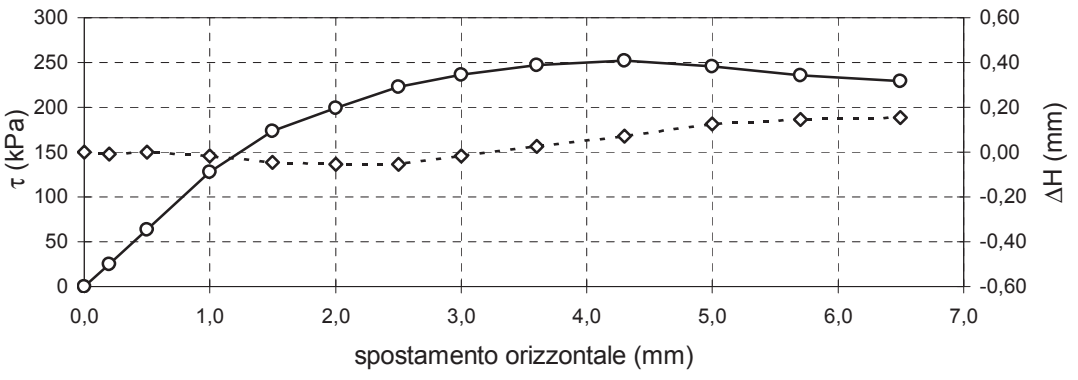
Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	252
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,054	-0,01	25
0,50	0,137	0,00	63
1,00	0,275	-0,02	128
1,50	0,374	-0,05	174
2,00	0,430	-0,05	199
2,50	0,480	-0,05	223
3,00	0,509	-0,02	236
3,60	0,533	0,03	247
4,30	0,544	0,07	252
5,00	0,530	0,13	246
5,70	0,507	0,14	235
6,49	0,494	0,15	229

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**13 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003701 -TG/7**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**1**	Prof. (metri)	**3,5 - 4,0**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Dimensioni iniziali : altezza 2,30 cm sezione 36,00 cm^2

PESO DI VOLUME

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa del terreno	g	164,13	165,00	162,75	167,28	167,08	161,36
Volume del terreno	cm^3	82,80	82,80	82,80	82,05	81,46	80,50
Massa specifica	g/cm^3	1,98	1,99	1,97	2,04	2,05	2,00
Peso di volume	kN/m^3	19,44	19,54	19,28	19,99	20,12	19,66

CONTENUTO DI ACQUA

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa terreno umido	g	164,13	165,00	162,75	167,28	167,08	161,36
Massa terreno secco	g	136,05	136,62	129,18	136,05	136,62	129,18
Contenuto di acqua	%	20,64	20,77	25,99	22,95	22,30	24,91

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**14 / 43**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**				
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**				
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**29**
Contrassegno	Sond. **2**	Camp. **2**	Profondità (m)	**8,2 - 8,5**	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **3/8/20**

Descrizione del campione:

Sabbia fine limosa, grigio scura.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto	TG	150	
	ED		
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/8/20**	Pagina	**15 / 43**
Verbale di accettazione n°	**20037**	del	**3/8/20**	Prova numero	**2003702 -G**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**29**
Contrassegno	Sond. **2**	Camp. **2**	Profondità (m)	**8,2 - 8,5**	

PESO DI VOLUME

(UNI CEN ISO/TS 17892/2)

Data di prova: **03/08/2020**

Peso del terreno	g	3265,0
Volume del terreno	cm^3	1594,5
Massa specifica	g/cm^3	2,05
Peso di volume	kN/m^3	**20,1**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**16 / 43**
Verbale di accettazione n°	**20037**	del	**3/8/20**	Prova numero	**2003702 - Gs**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**29**
Contrassegno	Sond. **2**	Camp.	**2**	Profondità (m)	**8,2 - 8,5**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **8/8/20** termine **9/8/20**

Picnometro	g	39,42
Campione + picnometro	g	67,47
Camp.+ picnometro + acqua	g	158,97
Picnometro + acqua	g	141,12
Temperatura ℃	℃	28,5
Fattore di correzione K		0,9979
Peso specifico	g/cm^3	**2,74**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **042-20** Data **14/8/20** Pagina **17 / 43**
Verbale di accettazione n° **20037** del **3/8/20** Prova numero **2003702 - GR 1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **29**
Contrassegno Sond. **2** Camp. **2** Profondità (m) **8,2 - 8,5**

ANALISI GRANULOMETRICA

Date di prova: inizio **5/8/20** termine **11/8/20**

Analisi granulometrica per setacciatura
(via umida) (CNR-UNI A. V N.23)

Massa del materiale g = 392,87

Set. ASTM	Diam. mm	Peso %	Tratt. %	Pass. %
3"	76,2	0,00	0,00	100,0
2"	50,8	0,00	0,00	100,0
1,5"	38,1	0,00	0,00	100,0
3/4"	19	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,0
4	4,75	0,09	0,09	99,9
10	2,00	0,24	0,32	99,7
40	0,425	10,08	10,40	89,6
100	0,150	45,89	56,29	43,7
200	0,075	13,12	69,40	30,6

Analisi granulometrica per sedimentazione
(AASHTO T 88-72)

Agente disperdente: esametafosfato di sodio 45,70 g/l

Idrometro: tipo 151 H

Massa del materiale g = 50,00

Materiale passante al setaccio ASTM 40
Peso specifico dei grani: 2,74

Temp. ℃	Tempo min	Lettura densim.	Dimen. mm	Pass. %
26	0,5	1,0123	0,064	30,6
26	1	1,0105	0,046	26,1
26	2	1,0095	0,033	23,6
26	4	1,0088	0,024	21,9
26	8	1,0081	0,017	20,1
26	15	1,0076	0,012	18,9
26	30	1,0069	0,009	17,2
26	60	1,0060	0,006	14,9
26	120	1,0052	0,004	12,9
26	240	1,0047	0,003	11,7
26	546	1,0045	0,002	11,2
26	1438	1,0043	0,001	10,7

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

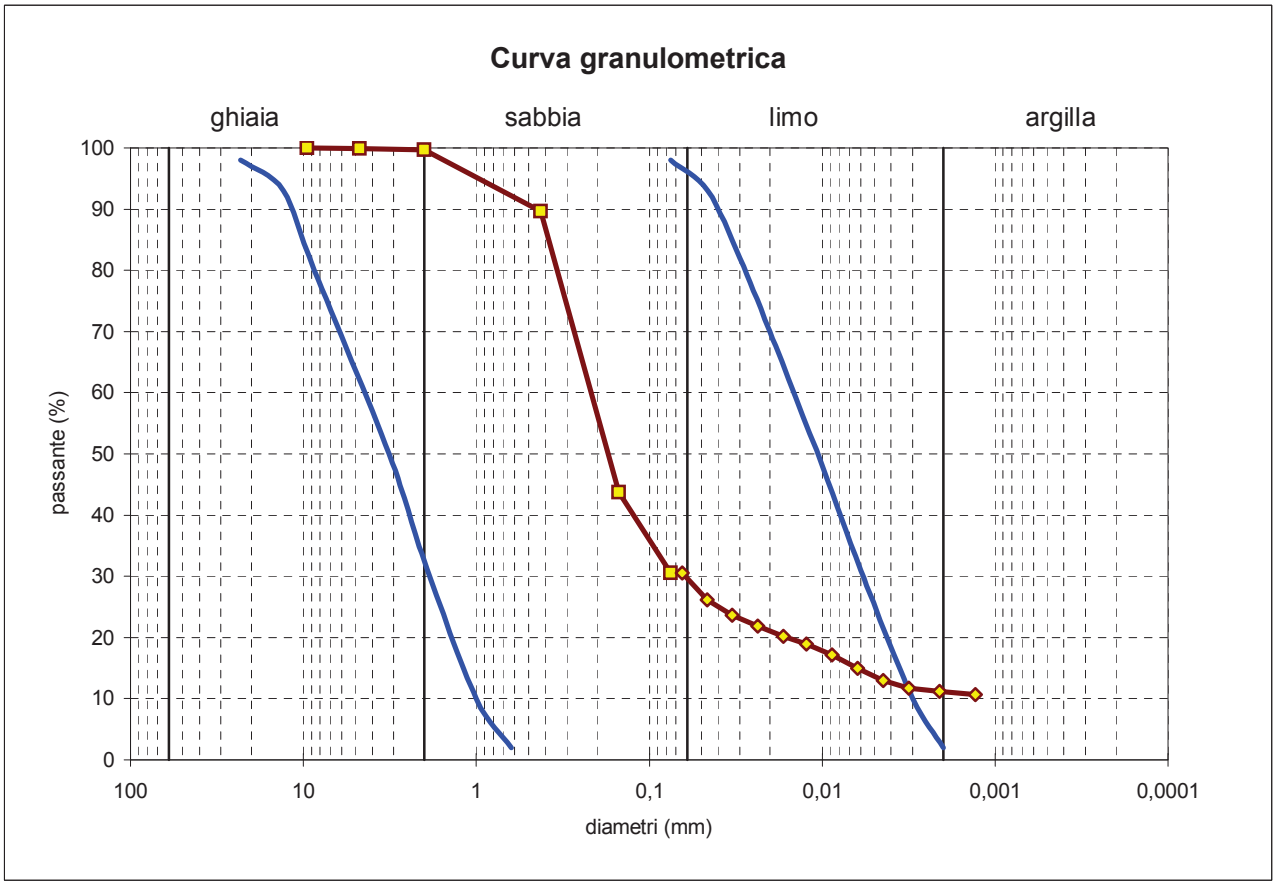
ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**18 / 43**
Verbale di accettazione n°	**20037**	del	**3/8/20**	Prova numero	**2003702 - GR 2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,2 - 8,5**

CURVA GRANULOMETRICA



Riepilogo dei risultati

Ciottoli	(> 60mm)	%	**0**
Ghiaia	(60 - 2 mm)	%	**0**
Sabbia	(2 - 0,060 mm)	%	**70**
Limo	(0,060-0,002 mm)	%	**19**
Argilla	(< 0,002 mm)	%	**11**

Coefficiente di uniformità : U (D60/D10) = n. det.

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **042-20** Data **14/8/20** Pagina **19 / 43**
Verbale di accettazione n° **20037** del **03/08/20** Prova numero **2003702 -TG/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **29**
Contrassegno Sond. **2** Camp. **2** Profondità (m) **8,2 - 8,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN 17892-10)

Data di prova inizio **5/8/20** termine **8/8/20**

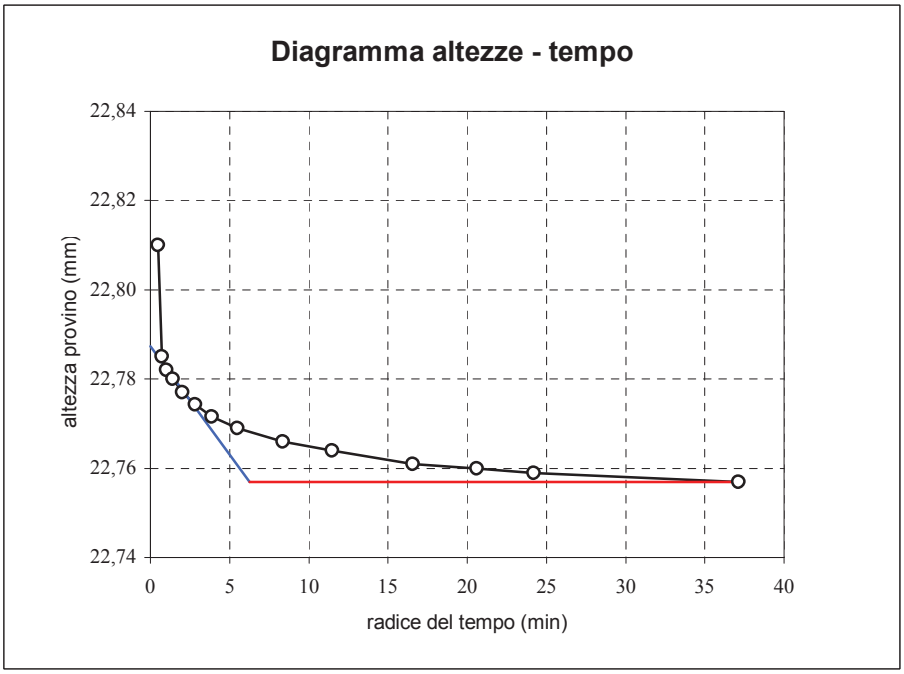
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **1**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sezione cm^2 36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	23,77	23,00
0,25	23,58	22,81
0,5	23,56	22,79
1	23,55	22,78
2	23,55	22,78
4	23,55	22,78
8	23,54	22,77
15	23,54	22,77
30	23,54	22,77
70	23,54	22,77
132	23,53	22,76
275	23,53	22,76
425	23,53	22,76
586	23,53	22,76
1380	23,53	22,76



Tempo di consolidazione t_{100} 39 min
Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0121 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**20 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003702 -TG/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,2 - 8,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

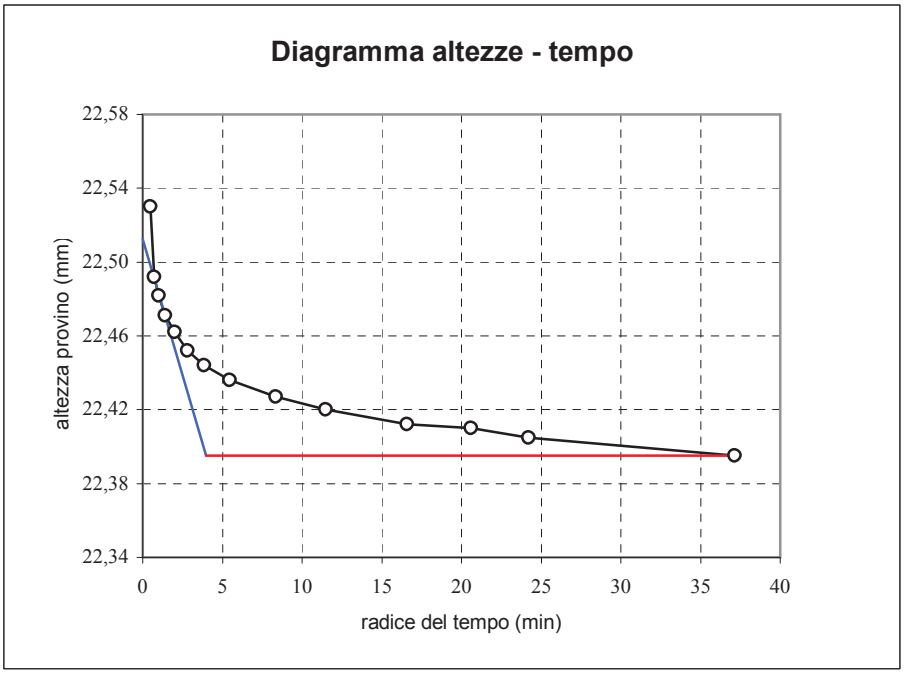
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **2**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	9,02	23,00
0,25	8,55	22,53
0,5	8,51	22,49
1	8,50	22,48
2	8,49	22,47
4	8,48	22,46
8	8,47	22,45
15	8,46	22,44
30	8,46	22,44
70	8,45	22,43
132	8,44	22,42
275	8,43	22,41
425	8,43	22,41
586	8,43	22,41
1380	8,42	22,40



Tempo di consolidazione t_{100} 16 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0298 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**21 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003702 -TG/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,2 - 8,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

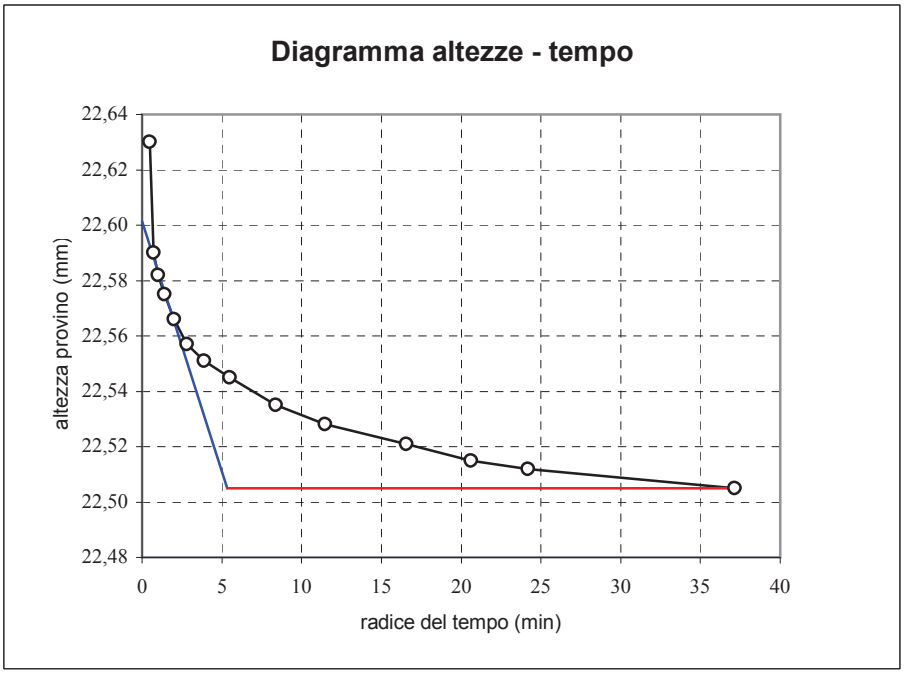
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **3**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	5,17	23,00
0,25	4,80	22,63
0,5	4,76	22,59
1	4,75	22,58
2	4,75	22,58
4	4,74	22,57
8	4,73	22,56
15	4,72	22,55
30	4,72	22,55
70	4,71	22,54
132	4,70	22,53
275	4,69	22,52
425	4,69	22,52
586	4,68	22,51
1380	4,68	22,51



Tempo di consolidazione t_{100} 28 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0166 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**22 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003702 -TG/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,2 - 8,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **1**

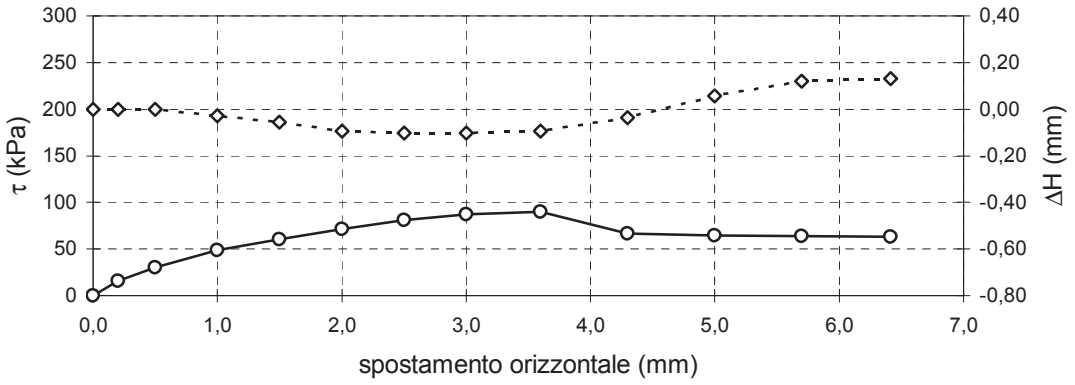
Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	23
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	90
Spostamento orizz. a rottura	mm	3,60

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
e = deformazione provino (%)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,102	0,00	16
0,50	0,198	0,00	30
1,00	0,316	-0,03	48
1,50	0,396	-0,06	61
2,00	0,465	-0,09	71
2,50	0,527	-0,10	81
3,00	0,570	-0,10	87
3,60	0,588	-0,09	90
4,30	0,436	-0,04	67
5,00	0,421	0,06	65
5,70	0,416	0,12	64
6,41	0,413	0,13	63

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/2020**	Pagina	**23 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003702 -TG/5**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,2 - 8,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **2**

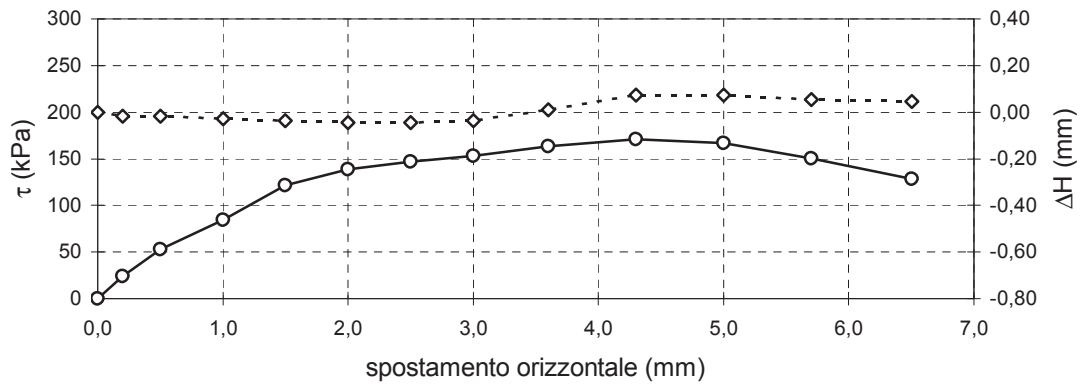
Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	23
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	171
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,095	-0,02	24
0,50	0,208	-0,02	53
1,00	0,331	-0,03	84
1,50	0,479	-0,04	122
2,00	0,546	-0,05	139
2,50	0,5781	-0,05	147
3,00	0,601	-0,04	153
3,60	0,642	0,01	163
4,30	0,673	0,07	171
5,00	0,657	0,07	167
5,70	0,59	0,05	150
6,51	0,505	0,05	128

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**24 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003702 -TG/6**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,2 - 8,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **3**

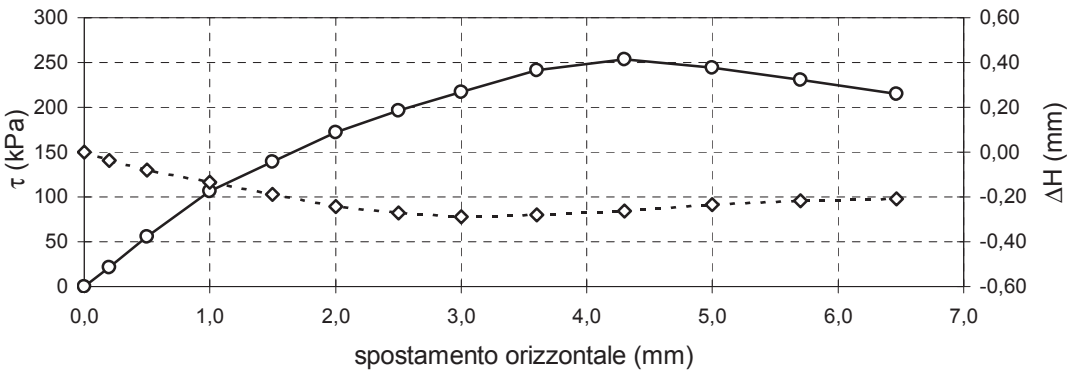
Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	23
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	253
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,047	-0,04	22
0,50	0,119	-0,08	55
1,00	0,229	-0,14	106
1,50	0,301	-0,19	140
2,00	0,371	-0,24	172
2,50	0,424	-0,27	197
3,00	0,469	-0,29	217
3,60	0,520	-0,28	241
4,30	0,546	-0,26	253
5,00	0,526	-0,23	244
5,70	0,497	-0,22	230
6,46	0,463	-0,21	215

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**25 / 43**
Verbale di accettazione n°	**20037**	Prova numero / pagina prova			**2003702 -TG/7**
Committente	**GPA Ingegneria**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,2 - 8,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Dimensioni iniziali : altezza 2,30 cm sezione 36,00 cm^2

PESO DI VOLUME

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa del terreno	g	167,12	169,97	168,49	171,23	171,69	169,85
Volume del terreno	cm^3	82,80	82,80	82,80	82,43	80,80	80,19
Massa specifica	g/cm^3	2,02	2,05	2,03	2,08	2,12	2,12
Peso di volume	kN/m^3	19,79	20,13	19,96	20,37	20,84	20,77

CONTENUTO DI ACQUA

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa terreno umido	g	167,12	169,97	168,49	171,23	171,69	169,85
Massa terreno secco	g	139,89	142,94	141,09	139,89	142,94	141,09
Contenuto di acqua	%	19,47	18,91	19,42	22,40	20,11	20,38

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **042-20** Data **14/08/20** Pagina **26 / 43**
Verbale di accettazione n° **20037** Prova numero / pagina prova **2003702 - ED/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **29**
Contrassegno Sond. **2** Camp. **2** Profondità (m) **8,2 - 8,5**

PROVA EDOMETRICA (UNI CEN 17892-5)

Data di prova inizio **3/12/13** termine **14/8/20**

Dimensioni iniziali del provino

sezione	cm^2	20
altezza	cm	2,00
volume iniziale	cm^3	40,00

Parametri fisici iniziali e dopo la prova.

		iniziale	finale
umidità	%	19,55	17,21
peso di volume	kN/m^3	20,0	21,4
indice dei vuoti		0,610	0,472

Peso specifico dei grani Gs = 2,74

Cedimenti (DH) e indice dei vuoti (e) relativi alle pressioni indicate con permanenza del carico di 24 ore.

Coefficiente di compressibilità volumetrica (mv) e modulo edometrico (Eed) relativi al campo di pressione compreso tra il valo- re indicato in tabella e quello precedente.

Press kPa	DH mm	e	mv kPa^{-1}	E ed kPa
0	0,000	0,610	*	*
12,3	0,040	0,607	1,63E-04	6129
25	0,103	0,602	2,57E-04	3884
49	0,205	0,594	2,09E-04	4782
98	0,340	0,583	1,39E-04	7190
196	0,498	0,570	8,20E-05	12202
392	0,715	0,553	5,67E-05	17627
785	1,012	0,529	3,93E-05	25471
1569	1,409	0,497	2,67E-05	37523
3138	1,963	0,452	1,90E-05	52654
785	1,940	0,454	*	*
196	1,865	0,460	*	*
49	1,781	0,467	*	*
12,3	1,712	0,472	*	*

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

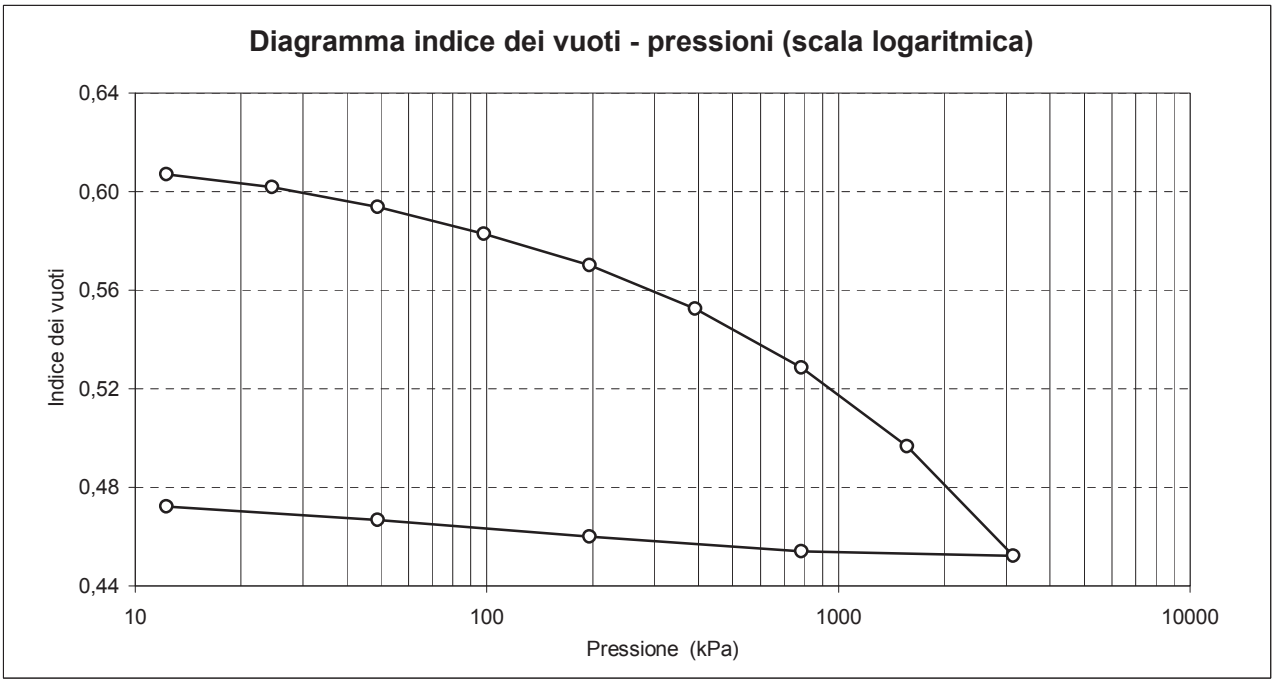
ELLE TI
Laboratorio Terre srl

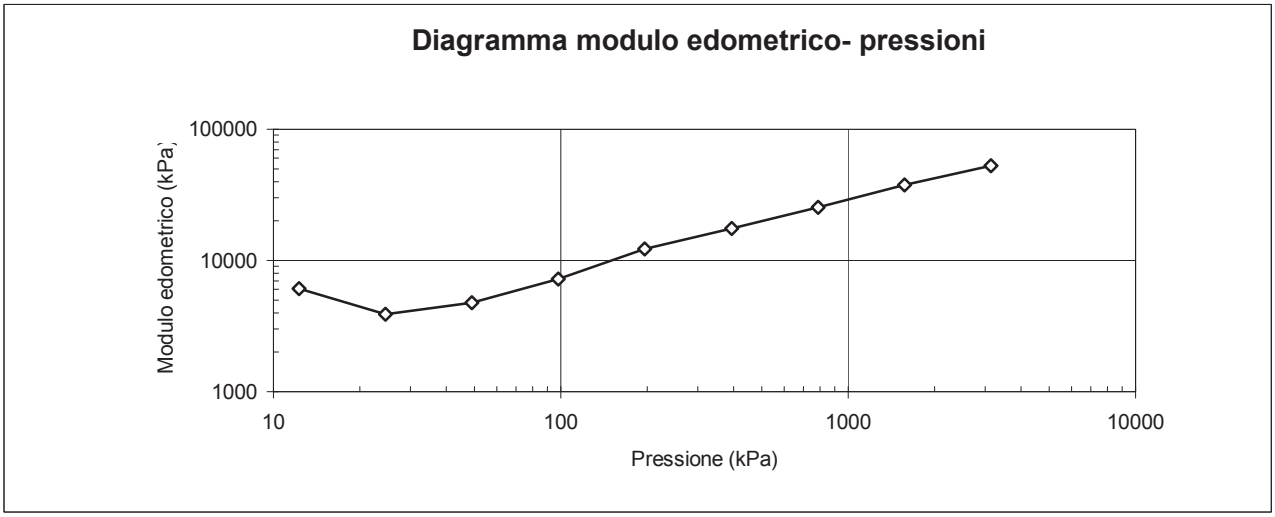
Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**27 / 43**
Verbale di accettazione n°	**20037**		Prova numero / pagina prova		**2003702 - ED/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,2 - 8,5**

PROVA EDOMETRICA





il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**28 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003702 - ED/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,2 - 8,5**

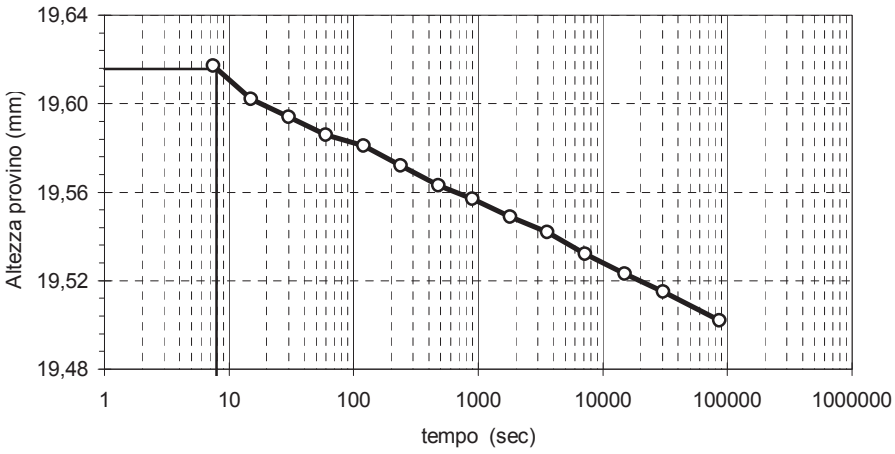
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		98	kPa
Pressione durante la prova		196	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	8	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,62	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	2,38E-02	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	1,9E-07	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	6,830	19,66
7,5	6,787	19,62
15	6,772	19,60
30	6,764	19,59
60	6,756	19,59
120	6,751	19,58
240	6,742	19,57
480	6,733	19,56
900	6,727	19,56
1800	6,719	19,55
3600	6,712	19,54
7200	6,702	19,53
15000	6,693	19,52
30600	6,685	19,52
86220	6,672	19,50

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**29 / 43**
Verbale di accettazione n°	**20037**		Prova numero / pagina prova		**2003702 - ED/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**2**	Prof. (metri)	**8,2 - 8,5**

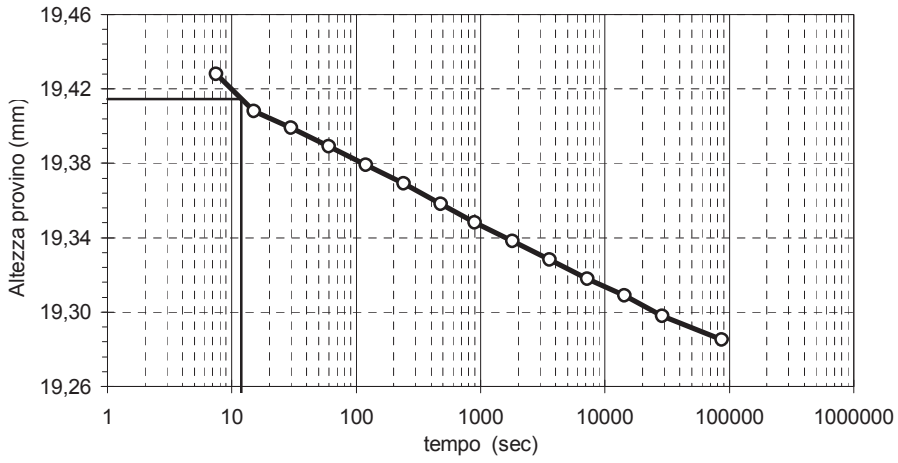
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		196	kPa
Pressione durante la prova		392	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	12	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,41	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	1,55E-02	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	8,6E-08	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	6,672	19,50
7,5	6,598	19,43
15	6,578	19,41
30	6,569	19,40
60	6,559	19,39
120	6,549	19,38
240	6,539	19,37
480	6,528	19,36
900	6,518	19,35
1800	6,508	19,34
3600	6,498	19,33
7200	6,488	19,32
14400	6,479	19,31
28800	6,468	19,30
87180	6,455	19,29

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**30 / 43**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**				
Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**				
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**44**
Contrassegno	Sond. **2**	Camp. **3**	Profondità (m)	**15,0 - 15,5**	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **3/8/20**

Descrizione del campione:

Sabbia fine limosa, grigia.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto	TG	200	
	ED	150	
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Gianni Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/8/20**	Pagina	**31 / 43**
Verbale di accettazione n°	**20037**	del	**3/8/20**	Prova numero	**2003703 -G**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**44**
Contrassegno	Sond. **2**	Camp. **3**	Profondità (m)	**15,0 - 15,5**	

PESO DI VOLUME

(UNI CEN ISO/TS 17892/2)

Data di prova: **03/08/2020**

Peso del terreno	g	4861,0
Volume del terreno	cm^3	2496,8
Massa specifica	g/cm^3	1,95
Peso di volume	kN/m^3	**19,1**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**32 / 43**
Verbale di accettazione n°	**20037**	del	**3/8/20**	Prova numero	**2003703 - Gs**
Committente	**GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**				
Richiedente	**Geol. Gianni Focardi**	Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**		
Contenitore	**Fustella acciaio**	Diametro (mm)	**85**	Lunghezza (cm)	**44**
Contrassegno	Sond. **2**	Camp.	**3**	Profondità (m)	**15,0 - 15,5**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **6/8/20** termine **7/8/20**

Picnometro	g	45,78
Campione + picnometro	g	73,71
Camp.+ picnometro + acqua	g	164,86
Picnometro + acqua	g	147,19
Temperatura °C	°C	28,0
Fattore di correzione K		0,998
Peso specifico	g/cm^3	**2,72**

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **042-20** Data **14/8/20** Pagina **33 / 43**
Verbale di accettazione n° **20037** del **03/08/20** Prova numero **2003703 -TG/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **44**
Contrassegno Sond. **2** Camp. **3** Profondità (m) **15,0 - 15,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN 17892-10)

Data di prova inizio **6/8/20** termine **7/8/20**

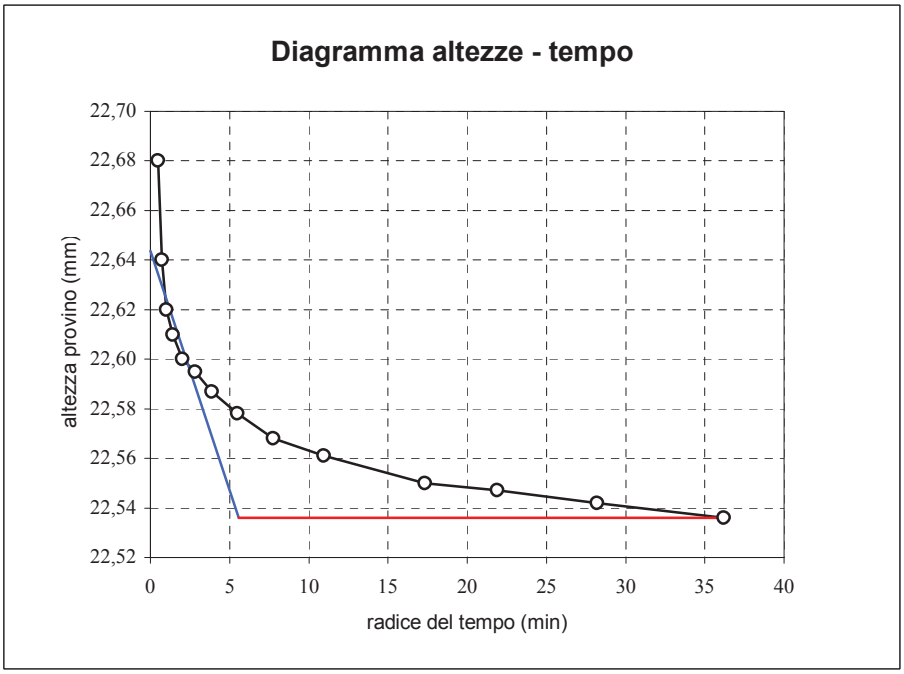
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **1**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sezione cm^2 36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	23,48	23,00
0,25	23,16	22,68
0,5	23,12	22,64
1	23,10	22,62
2	23,09	22,61
4	23,08	22,60
8	23,08	22,60
15	23,07	22,59
30	23,06	22,58
60	23,05	22,57
120	23,04	22,56
300	23,03	22,55
480	23,03	22,55
795	23,02	22,54
1310	23,02	22,54



Tempo di consolidazione t_{100} 31 min
Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0151 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**34 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003703 -TG/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**15,0 - 15,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

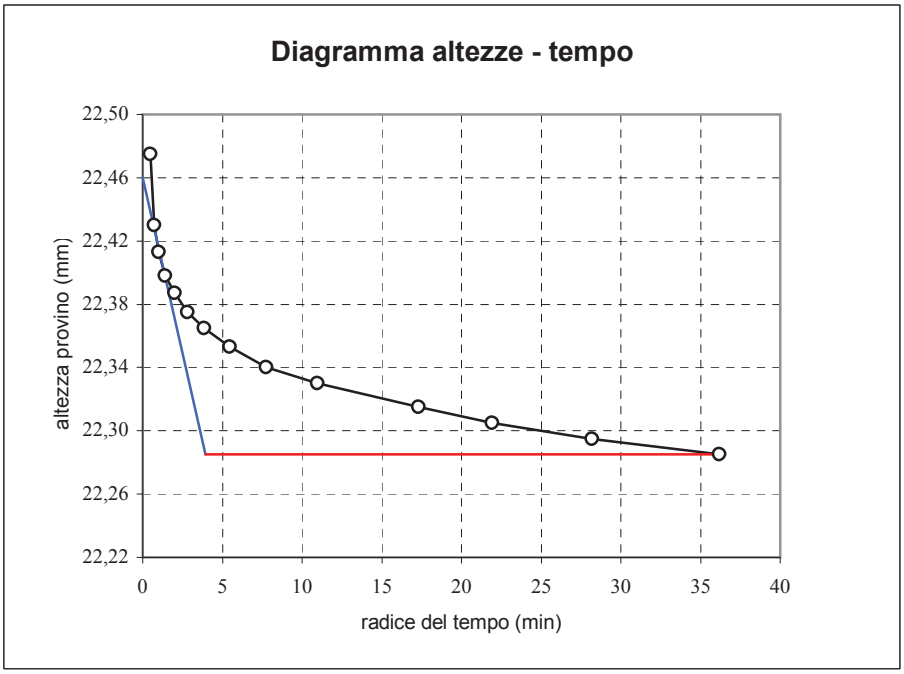
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **2**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	9,38	23,00
0,25	8,85	22,48
0,5	8,81	22,43
1	8,79	22,41
2	8,77	22,40
4	8,76	22,39
8	8,75	22,38
15	8,74	22,37
30	8,73	22,35
60	8,72	22,34
120	8,71	22,33
300	8,69	22,32
480	8,68	22,31
795	8,67	22,30
1310	8,66	22,29



Tempo di consolidazione t_{100} 15 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0307 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**35 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003703 -TG/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**15,0 - 15,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

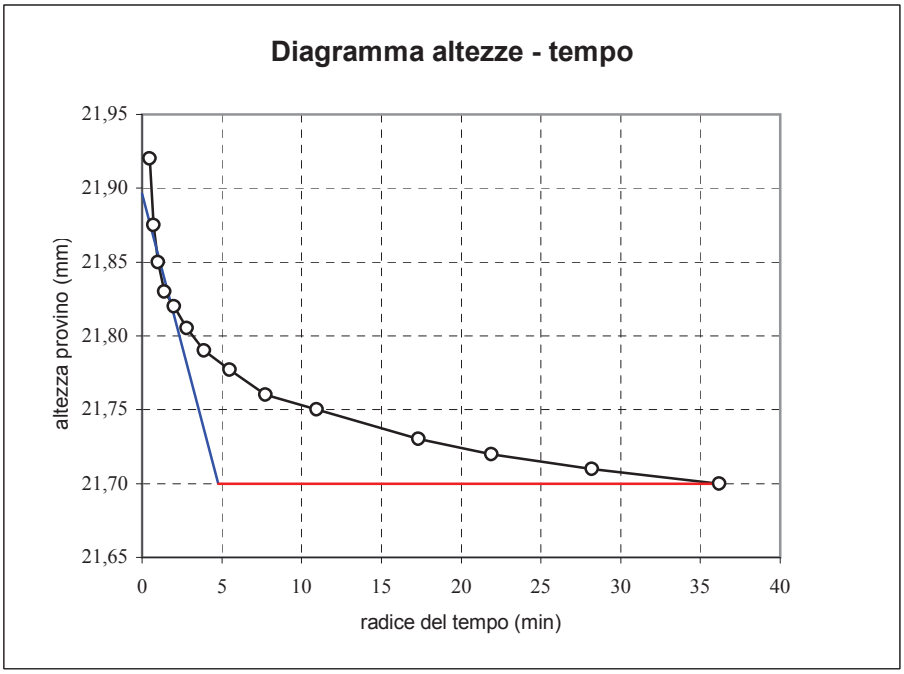
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **3**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	8,23	23,00
0,25	7,15	21,92
0,5	7,11	21,88
1	7,08	21,85
2	7,06	21,83
4	7,05	21,82
8	7,04	21,81
15	7,02	21,79
30	7,01	21,78
60	6,99	21,76
120	6,98	21,75
300	6,96	21,73
480	6,95	21,72
795	6,94	21,71
1310	6,93	21,70



Tempo di consolidazione t_{100} 23 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) < 0,0206 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**36 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003703 -TG/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**15,0 - 15,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **1**

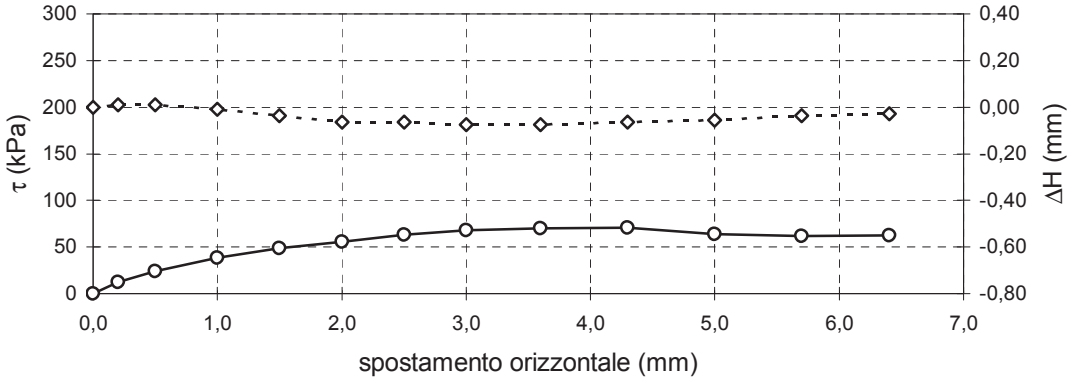
Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	21
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	71
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
e = deformazione provino (%)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,080	0,01	12
0,50	0,156	0,01	24
1,00	0,250	-0,01	38
1,50	0,316	-0,04	48
2,00	0,362	-0,07	56
2,50	0,413	-0,07	63
3,00	0,442	-0,07	68
3,60	0,457	-0,07	70
4,30	0,463	-0,07	71
5,00	0,4158	-0,06	64
5,70	0,402	-0,04	62
6,41	0,405	-0,03	62

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/2020**	Pagina	**37 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003703 -TG/5**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**15,0 - 15,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **2**

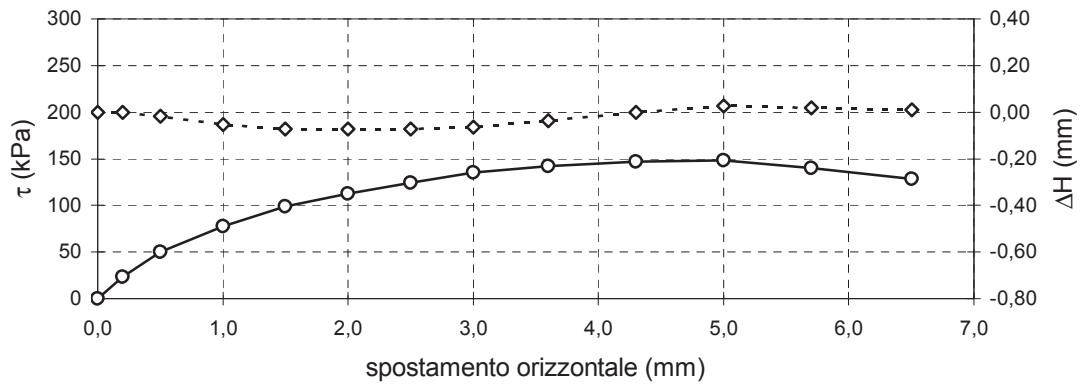
Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	21
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	148
Spostamento orizz. a rottura	mm	5,00

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,093	0,00	24
0,50	0,197	-0,02	50
1,00	0,305	-0,05	78
1,50	0,389	-0,07	99
2,00	0,443	-0,07	113
2,50	0,49	-0,07	125
3,00	0,531	-0,06	135
3,60	0,559	-0,04	142
4,30	0,579	0,00	147
5,00	0,583	0,03	148
5,70	0,55	0,02	140
6,51	0,506	0,01	129

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**38 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003703 -TG/6**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**15,0 - 15,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **3**

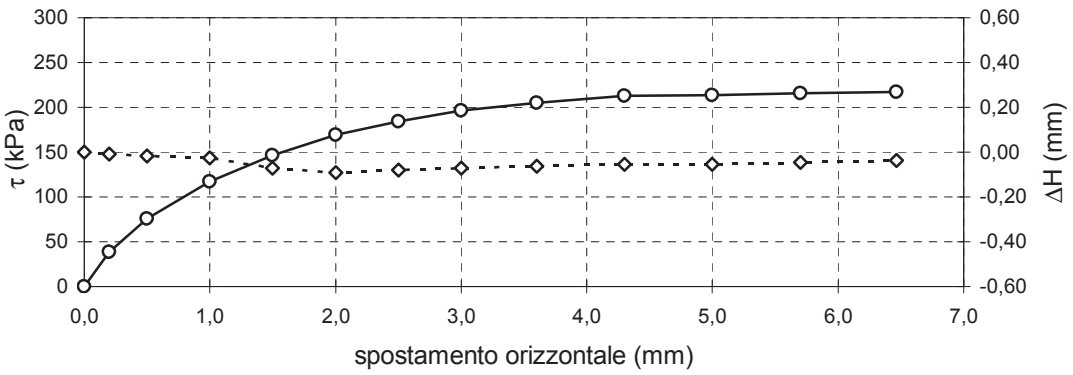
Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	21
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	217
Spostamento orizz. a rottura	mm	6,47

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)
Din = lettura dinamometro (mm)
DH = variazione di altezza del provino (mm)
t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,083	-0,01	39
0,50	0,163	-0,02	76
1,00	0,253	-0,03	117
1,50	0,315	-0,07	146
2,00	0,366	-0,09	170
2,50	0,397	-0,08	184
3,00	0,423	-0,07	196
3,60	0,441	-0,06	205
4,30	0,458	-0,05	213
5,00	0,460	-0,05	214
5,70	0,465	-0,05	216
6,47	0,467	-0,04	217

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**39 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003703 -TG/7**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**15,0 - 15,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Dimensioni iniziali : altezza 2,30 cm sezione 36,00 cm^2

PESO DI VOLUME

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa del terreno	g	160,19	156,33	158,18	161,17	155,93	155,36
Volume del terreno	cm^3	82,80	82,80	82,80	81,02	80,26	77,98
Massa specifica	g/cm^3	1,93	1,89	1,91	1,99	1,94	1,99
Peso di volume	kN/m^3	18,97	18,52	18,74	19,51	19,05	19,54

CONTENUTO DI ACQUA

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa terreno umido	g	160,19	156,33	158,18	161,17	155,93	155,36
Massa terreno secco	g	126,83	119,81	122,50	126,83	119,81	122,50
Contenuto di acqua	%	26,30	30,48	29,13	27,08	30,15	26,82

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **042-20** Data **14/08/20** Pagina **40 / 43**
Verbale di accettazione n° **20037** Prova numero / pagina prova **2003703 - ED/1**
Committente **GPA Ingegneria - Via Leone X, 3 - Firenze**
Richiedente **Geol. Gianni Focardi** Provenienza **Loc. Avenza - Carrara (MS)**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **44**
Contrassegno Sond. **2** Camp. **3** Profondità (m) **15,0 - 15,5**

PROVA EDOMETRICA (UNI CEN 17892-5)

Data di prova inizio **3/12/13** termine **14/8/20**

Dimensioni iniziali del provino

sezione	cm^2	20
altezza	cm	2,00
volume iniziale	cm^3	40,00

Parametri fisici iniziali e dopo la prova.

		iniziale	finale
umidità	%	21,97	19,83
peso di volume	kN/m^3	19,4	20,8
indice dei vuoti		0,676	0,538

Peso specifico dei grani Gs = 2,72

Cedimenti (DH) e indice dei vuoti (e) relativi alle pressioni indicate con permanenza del carico di 24 ore.

Coefficiente di compressibilità volumetrica (mv) e modulo edometrico (Eed) relativi al campo di pressione compreso tra il valo- re indicato in tabella e quello precedente.

Press kPa	DH mm	e	mv kPa^{-1}	E ed kPa
0	0,000	0,676	*	*
12,3	0,055	0,671	2,24E-04	4467
25	0,110	0,667	2,25E-04	4436
49	0,205	0,659	1,95E-04	5133
98	0,329	0,648	1,28E-04	7828
196	0,478	0,636	7,72E-05	12947
392	0,672	0,619	5,07E-05	19737
785	0,953	0,596	3,71E-05	26981
1569	1,307	0,566	2,37E-05	42212
3138	1,818	0,523	1,74E-05	57398
785	1,787	0,526	*	*
196	1,753	0,529	*	*
49	1,710	0,533	*	*
12,3	1,638	0,538	*	*

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**41 / 43**
Verbale di accettazione n°	**20037**		Prova numero / pagina prova		**2003703 - ED/2**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**15,0 - 15,5**

PROVA EDOMETRICA

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)

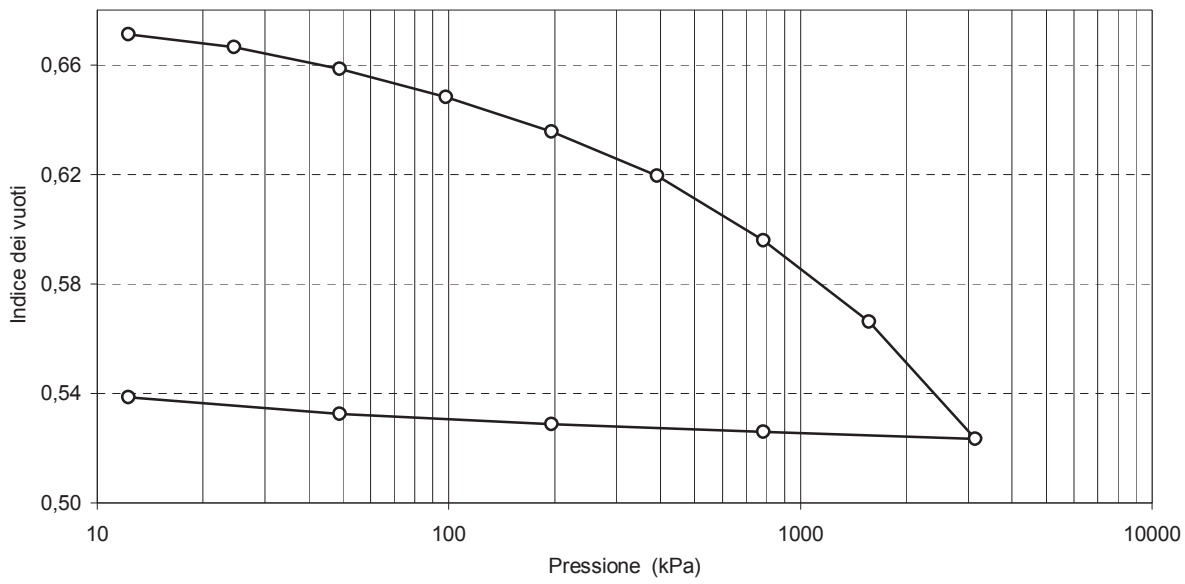
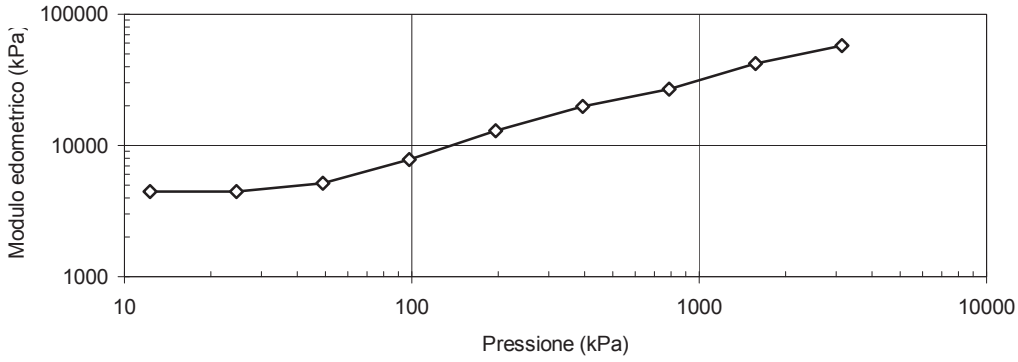


Diagramma modulo edometrico- pressioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**42 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003703 - ED/3**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**15,0 - 15,5**

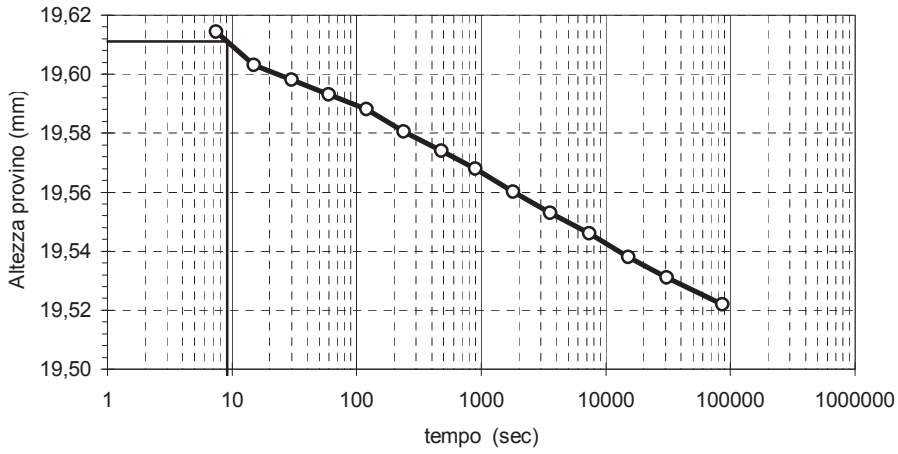
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		98	kPa
Pressione durante la prova		196	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	9	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,61	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	2,08E-02	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	1,6E-07	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	6,171	19,67
7,5	6,114	19,61
15	6,103	19,60
30	6,098	19,60
60	6,093	19,59
120	6,088	19,59
240	6,080	19,58
480	6,074	19,57
900	6,068	19,57
1800	6,060	19,56
3600	6,053	19,55
7380	6,046	19,55
15120	6,038	19,54
30780	6,031	19,53
86220	6,022	19,52

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELLE TI
Laboratorio Terre srl

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	**042-20**	Data	**14/08/20**	Pagina	**43 / 43**
Verbale di accettazione n°		**20037**	Prova numero / pagina prova		**2003703 - ED/4**
Committente	**GPA Ingegneria**		Provenienza	**Loc. Avenza - Carrara (MS)**	
Sondaggio n°	**2**	Campione n°	**3**	Prof. (metri)	**15,0 - 15,5**

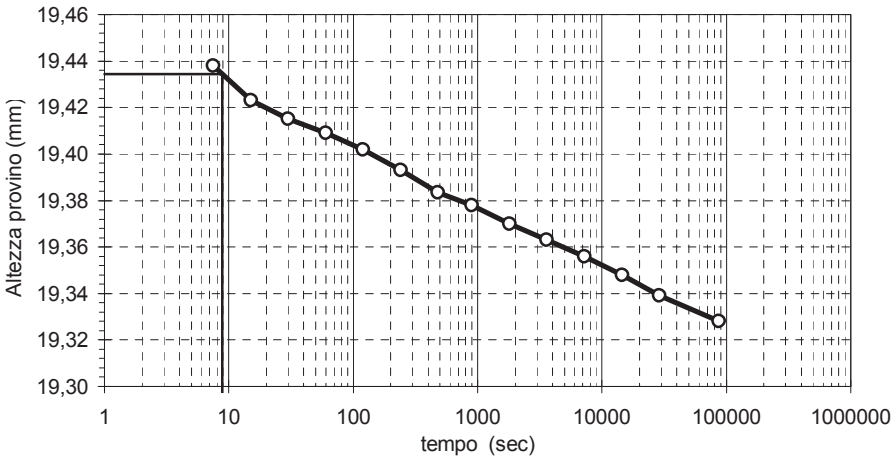
PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale		196	kPa
Pressione durante la prova		392	kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} =	9	sec
Altezza media del provino	H_M =	19,43	mm
Coefficiente di consolidazione	c_v =	2,09E-02	cm^2/sec
Coefficiente di permeabilità	k =	1,0E-07	cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	6,022	19,52
7,5	5,938	19,44
15	5,923	19,42
30	5,915	19,42
60	5,909	19,41
120	5,902	19,40
240	5,893	19,39
480	5,884	19,38
900	5,878	19,38
1800	5,870	19,37
3600	5,863	19,36
7200	5,856	19,36
14520	5,848	19,35
28800	5,839	19,34
87300	5,828	19,33

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **2** Campione n° **1** Prof. m **3,5 - 4,0**

CODICE CAMPIONE **20037 01**

Descrizione del campione:

Sabbia grigia medio grossa. Presenza di inclusi ghiaiosi (marmo).

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		**19,3**
	Peso specifico dei granuli		**2,68**
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	**5**
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	**2**
	sabbia	%	**93**
	limo	%	**2**
	argilla	%	**3**
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	_ -
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		**40**
	coesione (kPa)		**0**
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		-
	Indice di rigonfiamento c_s		-
	Pressione di preconsolidazione		-
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA DI TAGLIO

Committente: GPA Ingegneria

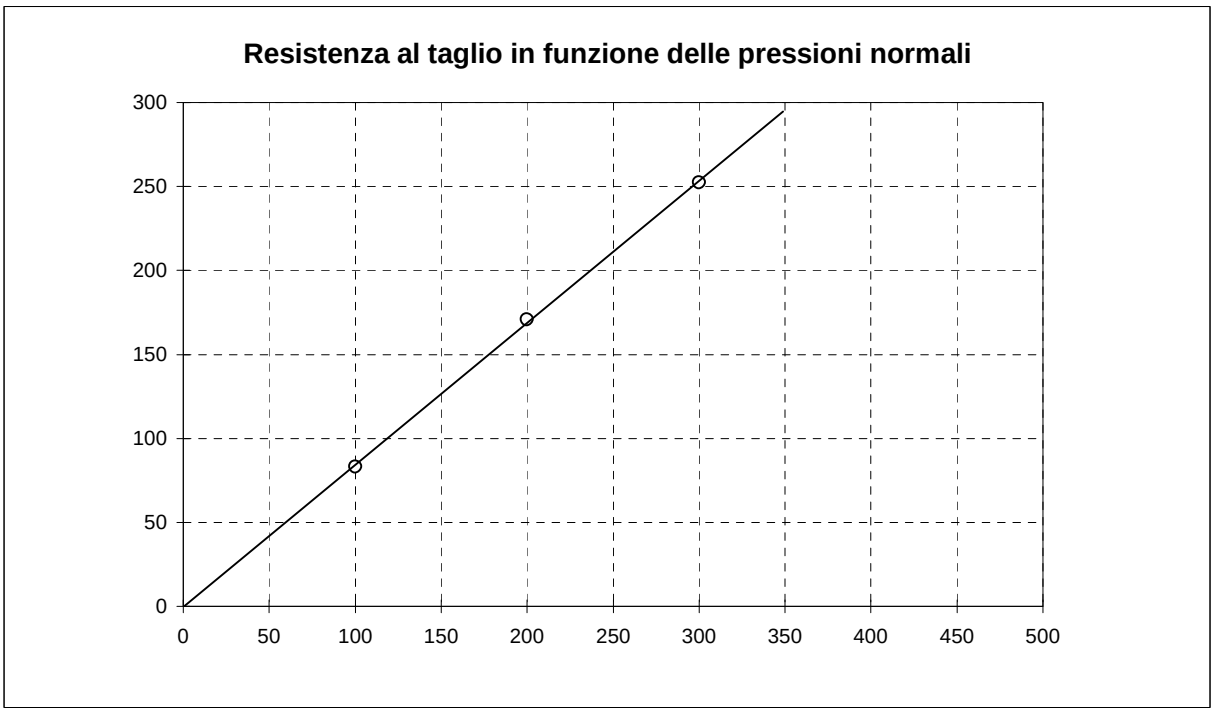
Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 2 Campione n° 1 Prof. m 3,5 - 4,0

STATO TENSIONALE A ROTTURA

Prova numero		1	2	3	
Pressione normale	kPa	100	200	300	
Resistenza al taglio	kPa	83	171	252	
Deformazione a rottura	mm	3,60	3,60	4,30	



Coesione = 0 kPa Angolo di attrito interno 40 °

Coefficiente di correlazione della retta: 0,9999

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **2** Campione n° **2** Prof. m **8,2 - 8,5**

CODICE CAMPIONE **20037 02**

Descrizione del campione:

Sabbia fine limosa, grigio scura.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		**20,1**
	Peso specifico dei granuli		**2,74**
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	**31**
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	**0**
	sabbia	%	**70**
	limo	%	**19**
	argilla	%	**11**
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	_ -
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		**39**
	coesione (kPa)		**8**
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		0,148
	Indice di rigonfiamento c_s		0,008
	Pressione di preconsolidazione		n.det.
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA DI TAGLIO

Committente: GPA Ingegneria

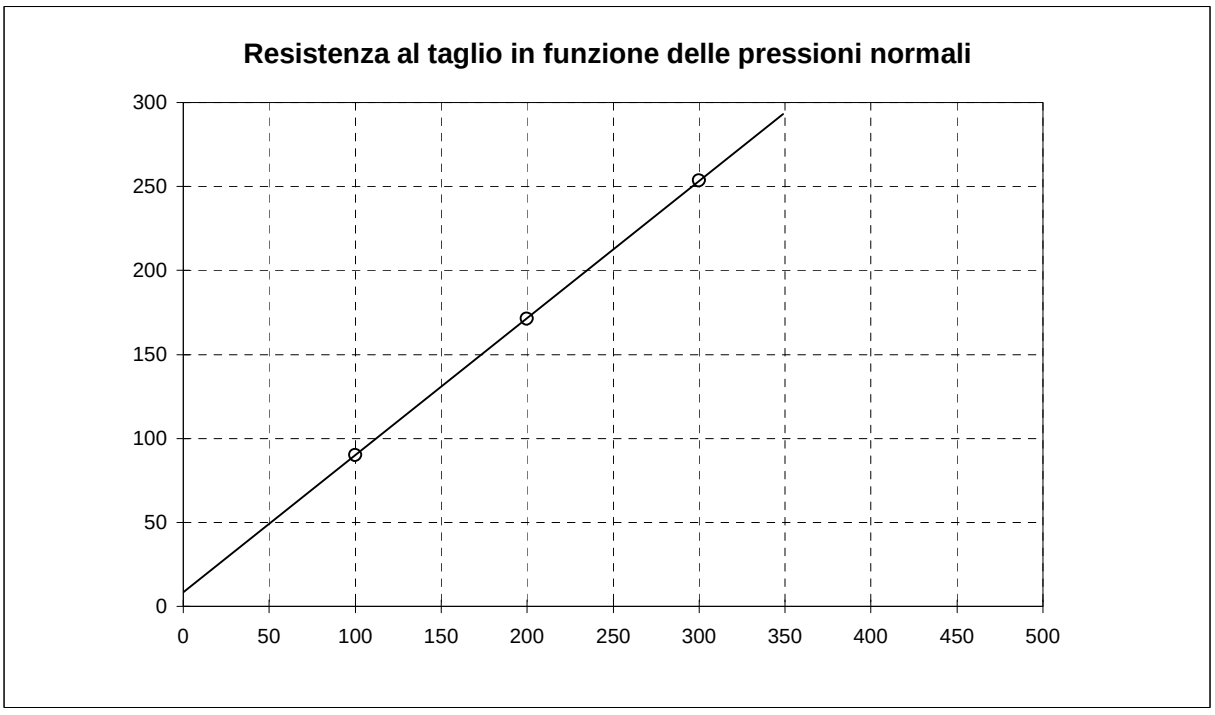
Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 2 Campione n° 2 Prof. m 8,2 - 8,5

STATO TENSIONALE A ROTTURA

Prova numero		1	2	3	
Pressione normale	kPa	100	200	300	
Resistenza al taglio	kPa	90	171	253	
Deformazione a rottura	mm	3,60	4,30	4,30	



Coesione = 8 kPa Angolo di attrito interno 39 °

Coefficiente di correlazione della retta: 0,9997

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA EDOMETRICA -

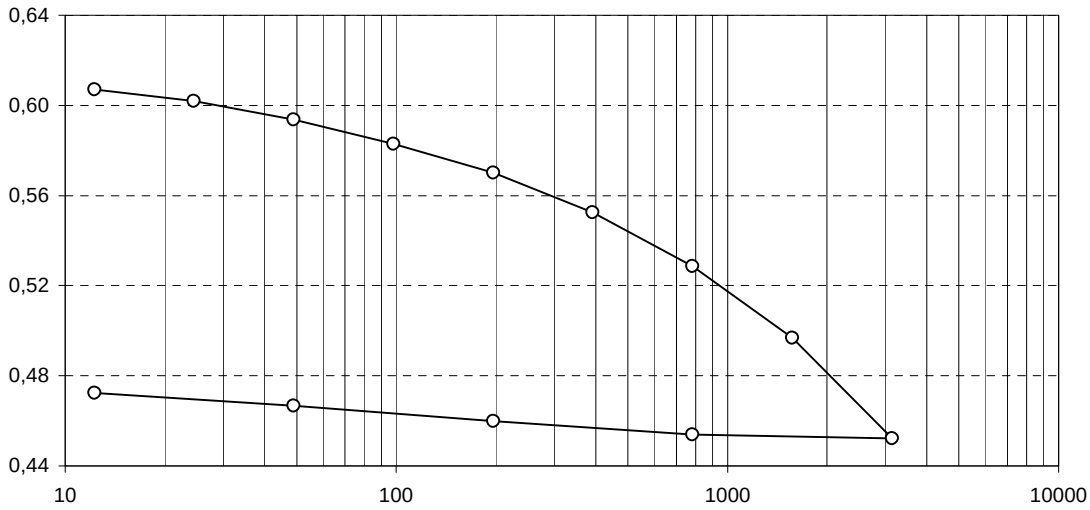
Committente: GPA Ingegneria

Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 2 Campione n° 2 Prof. m 8,2 - 8,5

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)



Press kPa	DH mm	e	mv kPa $^{-1}$	E ed kPa
0	0,000	0,610	*	*
12	0,040	0,607	0,000	6129
25	0,103	0,602	2,57E-04	3884
49	0,205	0,594	2,09E-04	4782
98	0,340	0,583	1,39E-04	7190
196	0,498	0,570	8,20E-05	12202
392	0,715	0,553	5,67E-05	17627
785	1,012	0,529	3,93E-05	25471
1569	1,409	0,497	2,67E-05	37523
3138	1,963	0,452	1,90E-05	52654

Indice di compressione Cc		0,148
Indice di decompressione Cs		0,008
Pressione di preconsolidazione s'_p	kPa	n.det.
Pressione di rigonfiamento s_r	kPa	*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

IL PRESENTE DOCUMENTO (AD USO INTERNO) NON SOSTITUISCE IL CERTIFICATO DI PROVA

Committente: **GPA Ingegneria**

Dati del campione:

Provenienza: **Loc. Avenza - Carrara (MS)**

Sondaggio n° **2** Campione n° **3** Prof. m **15,0 - 15,5**

CODICE CAMPIONE **20037 03**

Descrizione del campione:

Sabbia fine limosa, grigia.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %		-
	Peso di volume kN/m^3		**19,1**
	Peso specifico dei granuli		**2,72**
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3		-
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità		-
	Limite di plasticità		-
	Limite di ritiro		-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200	%	-
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia	%	-
	sabbia	%	-
	limo	%	-
	argilla	%	-
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)		-	_ -
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)		-
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)		**36**
	coesione (kPa)		**0**
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)		-
	coesione eff. (kPa)		-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)		-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)		-
	coesione di picco (kPa)		-
	angolo di attrito residuo (gradi)		-
	coesione residua (kPa)		-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c		0,142
	Indice di rigonfiamento c_s		0,006
	Pressione di preconsolidazione		n.det.
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)		-

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA DI TAGLIO

Committente: GPA Ingegneria

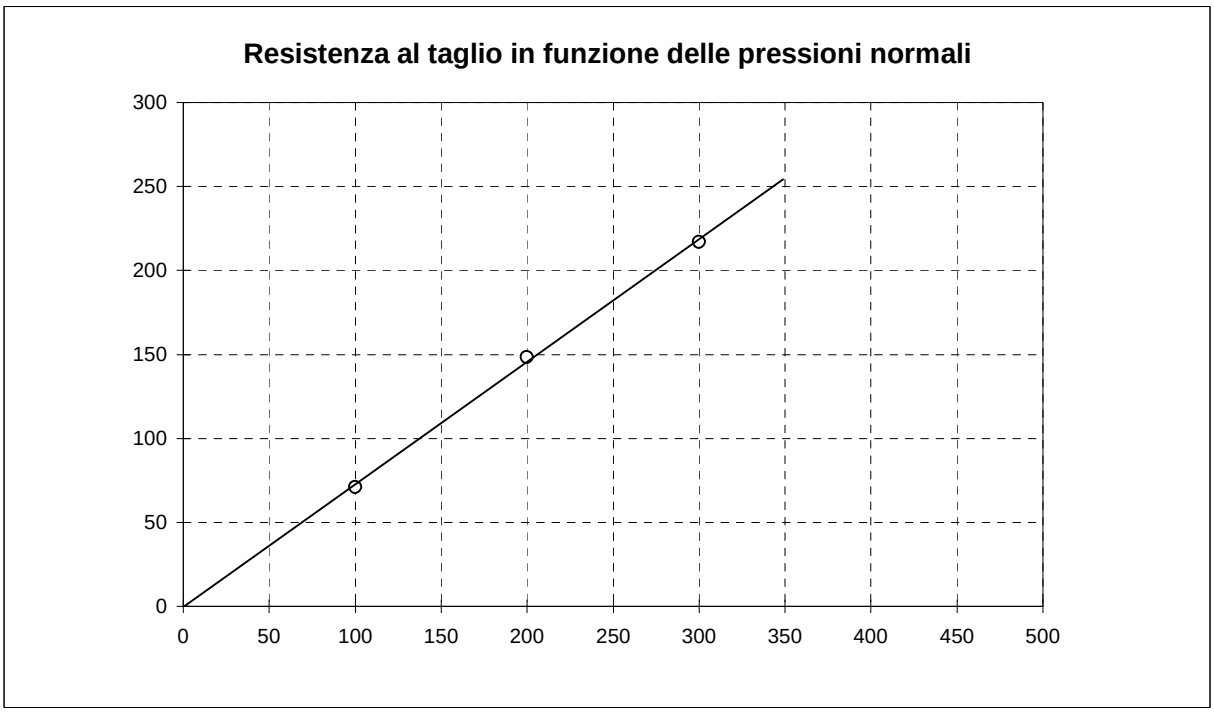
Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 2 Campione n° 3 Prof. m 15,0 - 15,5

STATO TENSIONALE A ROTTURA

Prova numero		1	2	3	
Pressione normale	kPa	100	200	300	
Resistenza al taglio	kPa	71	148	217	
Deformazione a rottura	mm	4,30	5,00	6,47	



Coesione = 0 kPa Angolo di attrito interno 36 °

Coefficiente di correlazione della retta: 0,9998

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA EDOMETRICA -

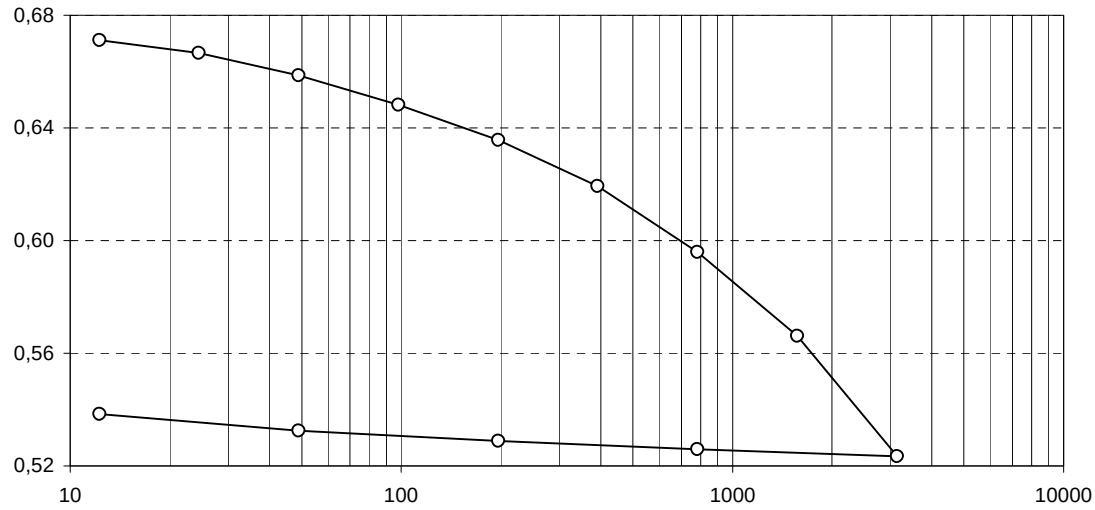
Committente: GPA Ingegneria

Dati del campione:

Provenienza: Loc. Avenza - Carrara (MS)

Sondaggio n° 2 Campione n° 3 Prof. m 15,0 - 15,5

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)



Press kPa	DH mm	e	mv kPa $^{-1}$	E ed kPa
0	0,000	0,676	*	*
12	0,055	0,671	0,000	4467
25	0,110	0,667	2,25E-04	4436
49	0,205	0,659	1,95E-04	5133
98	0,329	0,648	1,28E-04	7828
196	0,478	0,636	7,72E-05	12947
392	0,672	0,619	5,07E-05	19737
785	0,953	0,596	3,71E-05	26981
1569	1,307	0,566	2,37E-05	42212
3138	1,818	0,523	1,74E-05	57398

Indice di compressione Cc		0,142
Indice di decompressione Cs		0,006
Pressione di preconsolidazione s'_p	kPa	n.det.
Pressione di rigonfiamento s_r	kPa	*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE
AL PIANO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

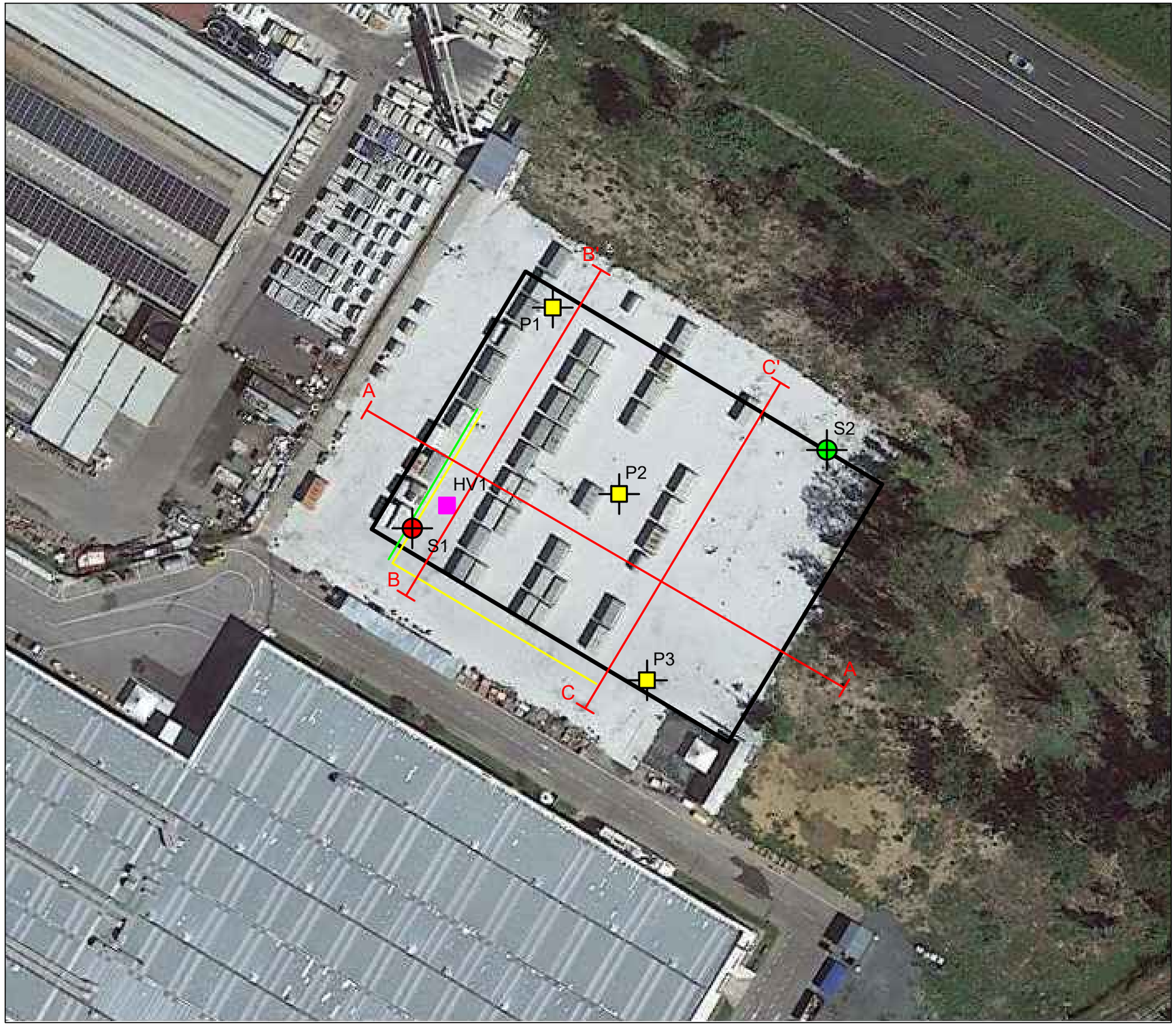
REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

Allegato 10 – Sondaggi GAIA 2024

Rilievi e analisi: Dott. Geol. Leonardo Moretti(D.R.E.Am. Italia)

NOVEMBRE 2025

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.



UBICAZIONE INDAGINI

LEGENDA

S1 — Sondaggio geognostico attrezzato con Down-hole

S2 — Sondaggio geognostico attrezzato con piezometro

P1 — Prova penetrometrica DPSH

Indagine sismica MASW

Indagine sismica ESAC

HV1 — Prova sismica HVSR

Area di sedime nuovo fabbricato

A — A' traccia sezione geologico-tecnica

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMMITTENTE:	LUNG. SONDAGGIO:	TIPO CAROTAGGIO:	CERTIFICATO n°:	OPERATORE:	INDAGINE:	COORDINATE:	TIPO SONDA:	PAGINA:	INIZIO / FINE:
Aero Service Technologies srl	30.00 metri	Sondaggio a carotaggio continuo	1	M. Vannozzi	Nuovo capannone Carrara	44.035751° N 10.065743° E	MAIT	1 di 1	22.11.24 / 25.11.24

NOTE:

SONDAGGIO: **S1**

Foto cassette catalogatrici

Scala (m)	Metodo perforaz.	Down Hole	Stratigrafia	Strati principali	Descrizione litologia	R.Q.D. (%)	Quota livello strato da p.c. (m)	Spess. strato (m)	Percent. di recupero	Poket	Torvane	SPT Profondità (m)	SPT (n°colpi) (ϕ)	Permeabilità (cm/s)	Prelievo campioni n°	Prelievo campioni Prof. (m)	Prelievo campioni Tipo	Percentuali granulometriche (%) Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Limiti di Atterberg (%) LL	LP	Ip	γ kN/mc	Taglio diretto CD / Triassiale CU ϕ' (°)	C' (kPa)	W (%)	USCS
p.c.																													
0,5	RM 127 W																												
1,0																													
1,5				1	Ciottoli, ghiaia e sabbia con poca matrice fine e resti di laterizi			2.10	100																					
2,0							2.10																						
2,5																													
3,0												1 3.00	PA (3-5-4) 26.7°																
3,5															CR1	4.70	R	0.00	81.61	15.11	3.27								
4,0																4.80													
4,5																													
5,0																													
5,5																													
6,0																													
6,5																													
7,0																													
7,5																													
8,0																													
8,5																													
9,0																													
9,5																													
10,0																													
10,5																													
11,0																													
11,5																													
12,0																													
12,5																													
13,0																													
13,5																													
14,0																													
14,5																													
15,0																12.70													
15,5																													
16,0																													
16,5							16.70																						
17,0				2	Alternanza di sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi debolmente argillosi di colore grigio, verso la base si rileva la presenza di conchiglie. A tetto da 2.10 a 2.50 limo argilloso grigio-ocra			14.60	100			2 7.50	PA (1-4-6) 26.5°		CI1	9.00	S	0.00	79.36	16.02	9.63	17.6	n.p.	n.p.	18.90	*Compressione edometrica 31.5	3.3	27.07	SM
17,5																9.50													
18,0																													
18,5																													
19,0																													
19,5																													
20,0																													
20,5																													
21,0																													
21,5																													
22,0																													
22,5																													
23,0																													
23,5																													
24,0																													
24,5																													
25,0																													
25,5																													
26,0																													
26,5																													
27,0																													
27,5																													
28,0																													
28,5																													
29,0																													
29,5																													
30,0																													
	RM 127, CS 101 W			3	Limo con argilla sabbioso, di colore nocciola-ocra, con raro ghiaietto alternato con livelli di ghiaia in matrice limo argillosa Livelli ghiaiosi: 17.80-18.00; 19.50-19.75; 21.00-22.50; 25.20-27.50; 28.45-29.20; 29.90-30.00			13.30	100			4 19.50	PC (18-11-9) 28.0°		CI2	16.50	S	0.43	21.63	48.69	29.25	30.5	22.8	7.7	19.63	*Compressione edometrica 28.3	10.8	23.00	ML-CL
																17.00													
															CI3	24.00	S	0.00	23.19	49.97	23.83	31.7	20.7	11.1	21.01	29.3	6.9	19.37	CL
																24.50													
												5 25.50	PC (30/r)																
					FINE CAROTAGGIO 30.00 METRI		30.00																							

PROVE SPT: PA punta aperta, PC punta chiusa;

CAMPIONI: S pareti sottili, O osterberg, M mazier, R rimaneggiato, RS rimaneggiato da SPT

RIVESTIMENTO: RM rivestimento metallico, FB fanghi bentonitici

PERFORAZIONE: CS carotiere semplice, CD carotiere doppio, EC elica continua, DN distruzione di nucleo, D corona diamante, W corona Widia

PERMEABILITA': LF prova Le Franc, LG prova Lugeon

PLT*: vedi certificati prove di laboratorio

prof. / res. alla compressione monoassiale (kg/cm²) Prova sclerometrica con martello di Schmidt

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMMITTENTE:	LUNG. SONDAGGIO:	TIPO CAROTAGGIO:	CERTIFICATO n°:	OPERATORE:	INDAGINE:	COORDINATE:	TIPO SONDA:	PAGINA:	INIZIO / FINE:
Aero Service Technologies srl	20.00 metri	Sondaggio a carotaggio continuo	1	M. Vannozzi	Nuovo capannone Carrara	44.035886° N 10.066738° E	MAIT	1 di 1	22.11.24 / 25.11.24

NOTE:

SONDAGGIO: **S2**

Foto cassette catalogatrici

Scala (m)	Metodo perforaz.	Piezometro	Stratigrafia	Strati principali	Descrizione litologia	R.Q.D. (%)	Quota livello strato da p.c. (m)	Spess. strato (m)	Percent. di recupero	Poket	Torvane	SPT Profondità (m)	SPT (n°colpi) (ϕ)	Permeabilità (cm/s)	Prelievo campioni n°	Prelievo campioni Prof. (m)	Prelievo campioni Tipo	Percentuali granulometriche (%) Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Limiti di Atterberg (%) LL	LP	Ip	γ kN/mc	Taglio diretto CD / Triassiale CU ϕ' (°)	C' (kPa)	W (%)	USCS
p.c.																													
0,5	RM 127 W																												
1,0				1	Ciottoli, ghiaia e sabbia con poca matrice fine e resti di laterizi, alla base livello di limo sabbioso argilloso di colore ocra		1.30	1.30	100						CI1	2.10	S	16.4	14.44	42.12	27.02	35.1	18.4	16.7	17.65	*Compressione edometrica 27.2	12.8	21.14	CL
1,5																2.80													
2,0															CI2	4.50	S	0.00	87.29	8.10	4.62	25.5	n.p.	n.p.	19.49	*Compressione edometrica 33.0	1.0	21.12	SM
2,5																5.00													
3,0															CR1	7.00	R	0.00	77.46	16.42	6.12								
3,5																7.20													
4,0												1	7.50 PA	(2-4-6) 26.5°															
4,5																													
5,0																													
5,5																													
6,0																													
6,5																													
7,0																													
7,5																													
8,0																													
8,5																													
9,0																													
9,5																													
10,0																													
10,5	RM 127, CS 101 W																												
11,0																													
11,5																													
12,0																													
12,5																													
13,0																													
13,5																													
14,0																													
14,5																													
15,0																													
15,5																													
16,0																													
16,5																													
17,0																													
17,5																													
18,0				3	Limi con argilla sabbioso, di colore nocciola-ocra, con raro ghiaietto alternato con livelli di ghiaia in matrice limo argillosa Livelli ghiaiosi: 16.00-17.70; 18.10-18.50; 19.50-20.00		16.00	4.00	100																		
18,5																													
19,0																													
19,5																													
20,0												3	16.50 PA	(20-18-15) 32.5°															
							20.00																						

FINE CAROTAGGIO 20.00 METRI

PROVE SPT: PA punta aperta, PC punta chiusa;

CAMPIONI: S pareti sottili, O osterberg, M mazier, R rimaneggiato, RS rimaneggiato da SPT

RIVESTIMENTO: RM rivestimento metallico, ES fanghi bentonitici

PERFORAZIONE: CS carotiere semplice, CD carotiere doppio, EC elica continua, DN distruzione di nucleo, D corona diamante, W corona Widia

PERMEABILITA': LF prova Le Franc, LG prova Lugeon

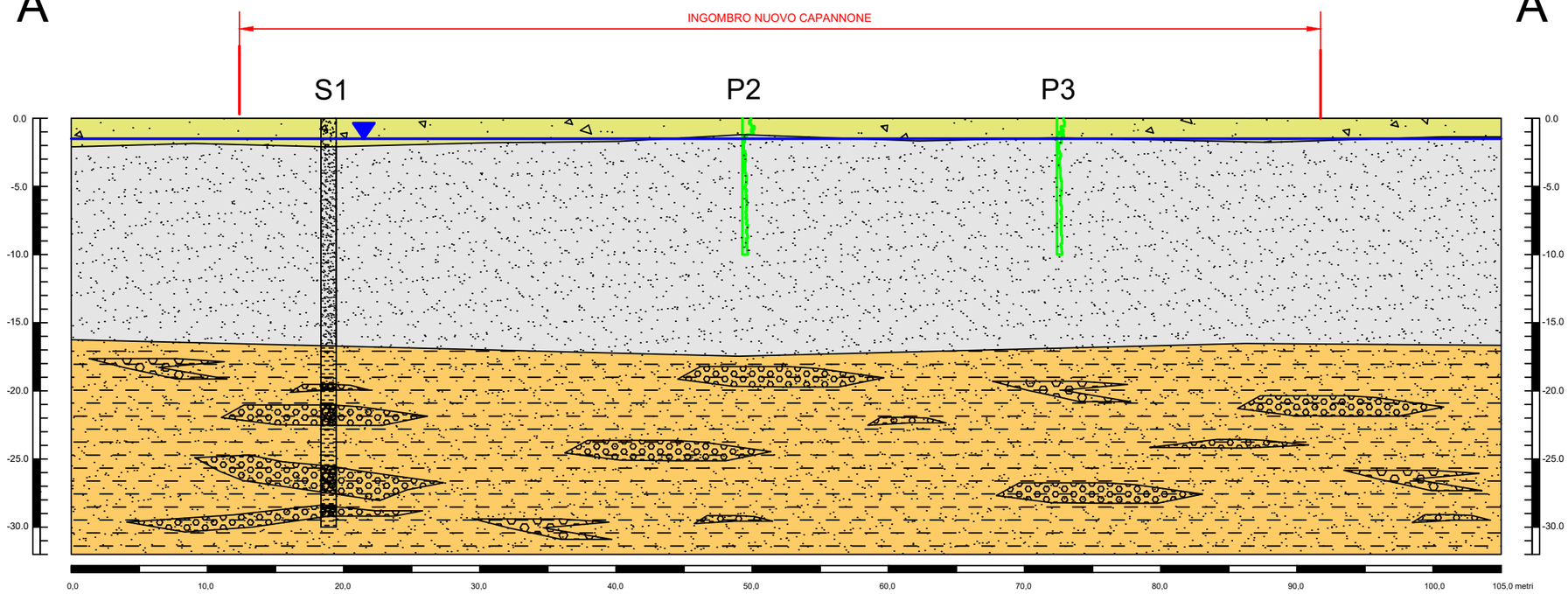
PLT: vedi certificati prove di laboratorio

prof. / res. alla compressione monoassiale (daN/q) Prova sclerometrica con martello di Schmidt

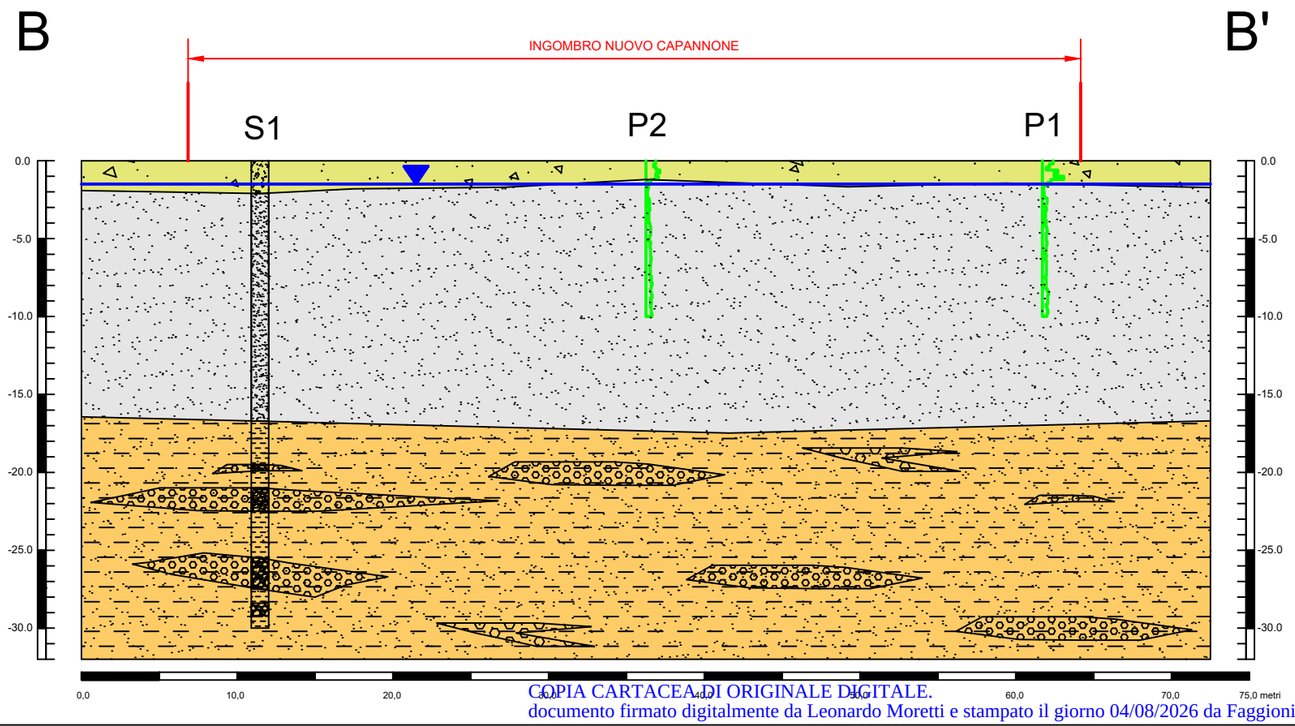
COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SEZIONE GEOLOGICO-TECNICHE INTERPRETATIVE

SEZIONE A-A'



SEZIONE B-B'



LEGENDA

STRATO 1
ϕ = 31.0°
γ = 1.90 t/m^3
C = 0.0 kg/cm^2

STRATO 2
ϕ = 29.3°
γ = 1.90 t/m^3
C = 0.0 kg/cm^2

STRATO 3
ϕ = 30.0°
γ = 2.10 t/m^3
C = 0.0 kg/cm^2

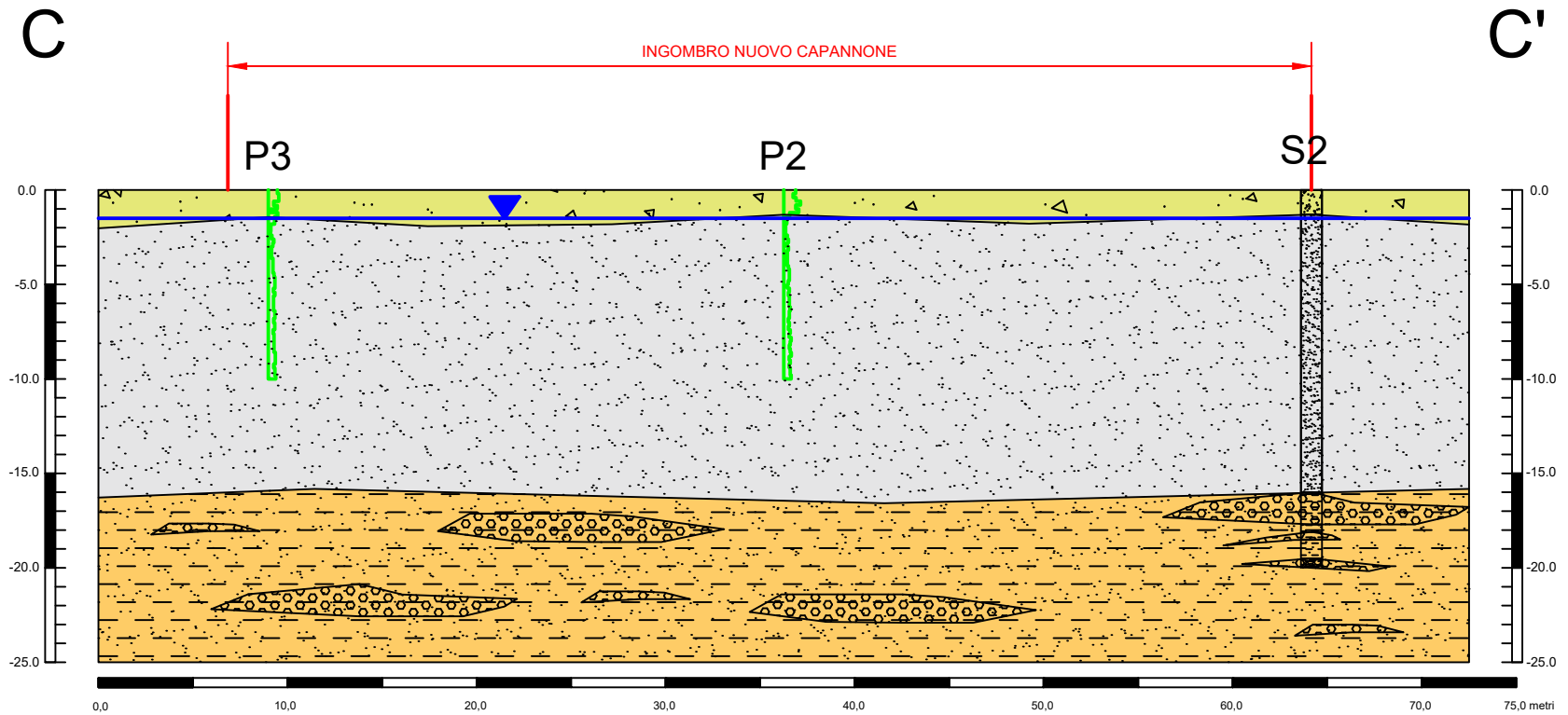
Prova penetrometrica dinamica DPSH

Livello falda

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SEZIONE GEOLOGICO-TECNICHE INTERPRETATIVE

SEZIONE C-C'



LEGENDA

STRATO 1
ϕ = 31.0°
γ = 1.90 t/m^3
C = 0.0 kg/cm^2

STRATO 2
ϕ = 29.3°
γ = 1.90 t/m^3
C = 0.0 kg/cm^2

STRATO 3
ϕ = 30.0°
γ = 2.10 t/m^3
C = 0.0 kg/cm^2

Prova penetrometrica dinamica DPSH

Livello falda

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Posizione sondaggio S1

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CASSETTE CATALOGATRICI SONDAGGIO S1

P.c. - 5 m

5 - 10 m

10 - 15 m

15-20 m

20 - 25 m

25 - 30 m

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

CASSETTE CATALOGATRICI SONDAGGIO S2

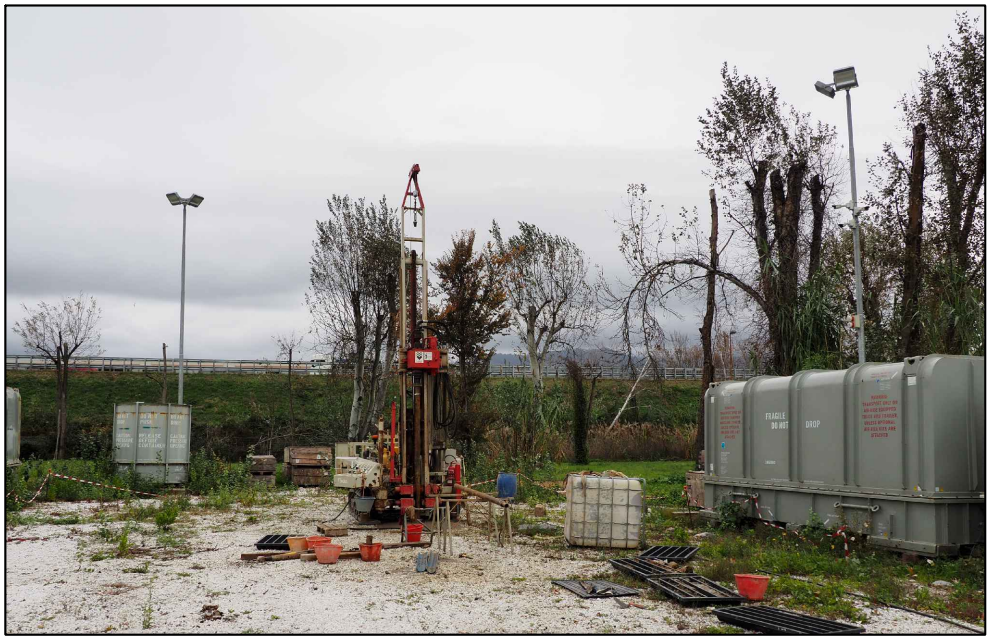
P.c. - 5 m

5 - 10 m

10 - 15 m

15-20 m

Posizione sondaggio S2



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE
AL PIANO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

Allegato 11 – Indagini sismiche GAIA 2024

Rilievi e analisi: Dott. Geol. Leonardo Moretti(D.R.E.Am. Italia)

NOVEMBRE 2025

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

RELAZIONE TECNICA

Committente: Aero Service Technologies Italy S.r.l.

Località: Viale Domenico Zaccagna – Carrara

Data Indagine: 09/12/2024

Codice lavoro: 241209a

INDAGINE SISMICA ESAC

INDAGINI SISMICHE MASW

INDAGINI SISMICHE HVSR

INDAGINE SISMICA DOWN HOLE

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.r.l.

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail:info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 13/12/2024

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Sommario

PREMESSA 3
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR 6
GENERALITA' 6
ELABORAZIONE DEI DATI HVSR 9
INDAGINE ESAC - METODOLOGIA E ACQUISIZIONE 12
INDAGINI MASW – METODOLOGIA E AQUISIZIONE 13
ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI ESAC MASW E HVSR 16
PROSPEZIONI SISMICHE DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO – GENERALITA' 19
INDAGINI EFFETTUATE 21

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Legs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

PREMESSA

Per incarico della Aero Service Technologies Italy S.r.l., sono state eseguite Indagini geofisiche in Viale Zaccagna, nel Comune di Carrara.

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Sono state eseguite una serie di indagini simiche passive ESAC (Extended Spatial Auto Correlation), è stata inoltre effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), sono inoltre state eseguite una serie di misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio - HVSR), è stata eseguita una prospezione sismica tipo DOWNHOLE.

L'approccio seguito per l'inversione dei dati è stato di tipo olistico (analisi congiunte dei dataset acquisiti) in modo tale da meglio vincolare il profilo di vS risultante del sottosuolo indagato, risolvere la non-univocità delle soluzioni possibili e, non ultimo, validare l'interpretazione dei dati e verificare la coerenza del modello proposto con tutti i dataset sismici acquisiti. In quest'ottica, nelle schede seguenti, abbiamo proposto un unico modello di sottosuolo per ogni sito d'indagine (senza considerare la variabilità sismostratigrafica latero-verticale, sicuramente presente seppur di entità minima); tale modello è il più coerente possibile rispetto a tutte le varie indagini sito-specifiche effettuate.

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata per le indagini lineari è costituita da un Sismografo P.A.S.I. modello GEA24

• un sistema di energizzazione (MASW) in grado di produrre onde elastiche ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali; la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 kg;

• un sistema di trigger (MASW): consistente in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui si colpisce la base di battuta.

• un sistema di ricezione costituito (ESAC e MASW) da 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz.

La strumentazione utilizzata per le misure dei microtremori ambientali è un prospettore sismico SARA "SR04 GeoBox" a 3 canali completo di geofono 3D da superficie, che presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: 300 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato in giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

UBICAZIONI INDAGINI ESEGUITE

ESAC1 – MASW1 – HVSR1 – DH1

Indagine ESAC - MASW

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Indagine DOWN HOLE

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Legs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

GENERALITA'

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo sono:

• ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;

• ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;

• la stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori.

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di:

- dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremori;
- dal percorso dell'onda dalle sorgenti s fino alla posizione x del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;
- dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

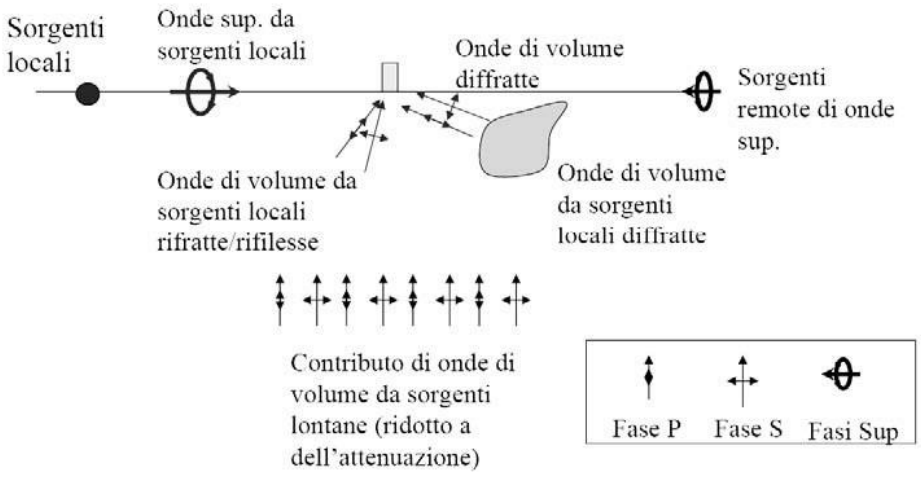
Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato in giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.



Modalità di generazione e propagazione di microtremore

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni.

Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato in giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

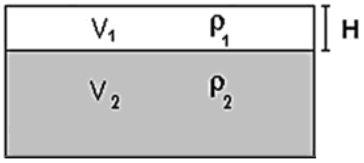
sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche del metodo HVSR sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema della figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche.

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza (fr) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a (*equazione 1*):

$$(fr) = Vs1/4H$$

$$(fr) = Vp1/4H$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione 1.

L'utilità delle misure H/V risiede quindi nella possibilità di ricavare empiricamente la frequenza di sito e, a fianco di curve di dispersione date da misure *MASW*, a vincolare il modello V_S specie in profondità.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE DEI DATI HVSR

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell' onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati raccolti impiega il software *winMASW Academy* in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (*Site effects assessment using ambient excitations, 2005*).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale.

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

1. la registrazione viene suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
2. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
3. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
4. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato, che gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti" e che la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

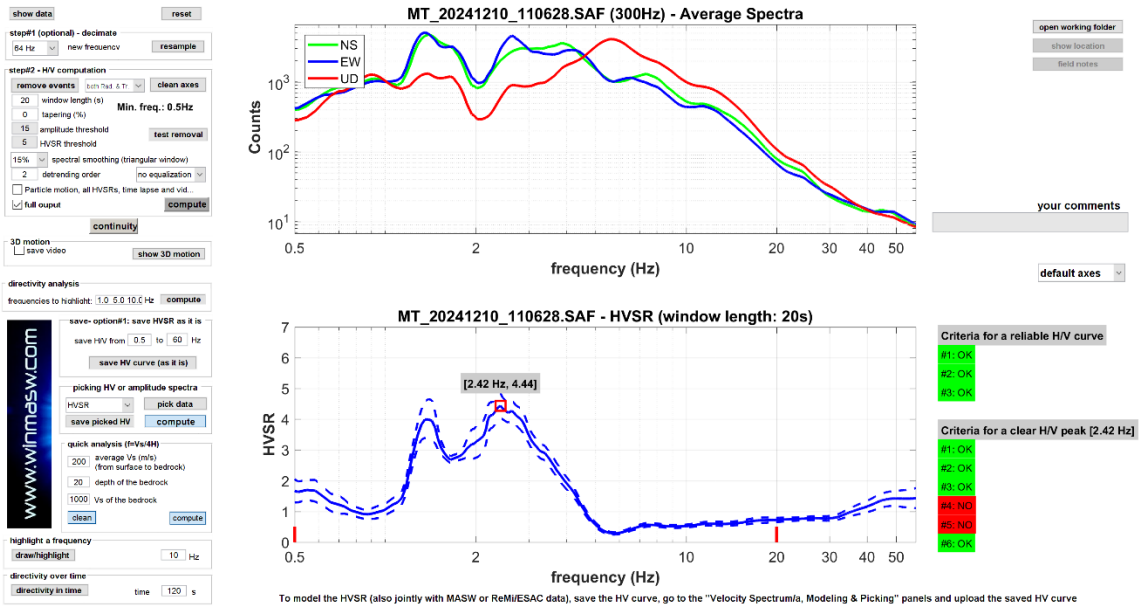
Viene riportata anche la check-list proposta dalla procedura SESAME per l'ottenimento di una curva H/V affidabile.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Legs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

HVSR_1

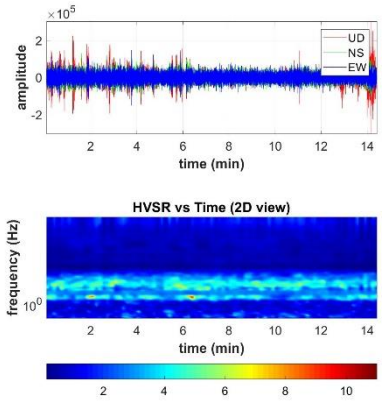
Dataset: MT_20241210_110628.SAF
Sampling frequency (Hz): 300
Window length (sec): 20
Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz
Length of analysed dataset (min): 15.0
Tapering (%): 0
Smoothing (%): 15

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

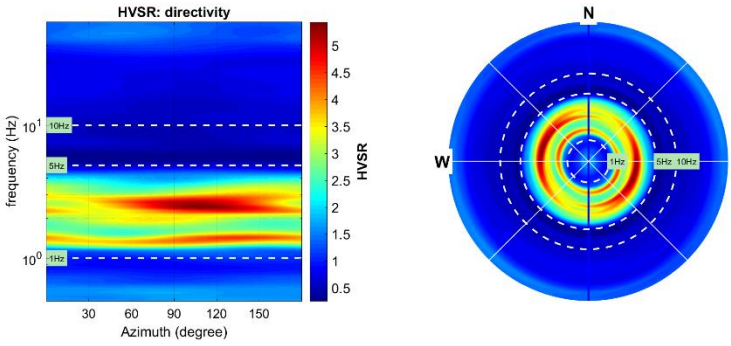


COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

PERSISTENZA H/V



DIREZIONALITA' H/V



In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 2.4
Peak HVSR value: 4.4

=== Criteria for a reliable H/V curve ==========
#1. [f0 > 10/Lw]: 2.418 > 0.5 (OK)
#2. [nc > 200]: 4207 > 200 (OK)
#3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ==========
#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 0.7Hz (OK)
#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 3.8Hz (OK)
#3. [A0 > 2]: 4.4 > 2 (OK)
#4. [fpeak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (NO)
#5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 0.495 > 0.121 (NO)
#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.776 < 1.58 (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities. Remember that SESAMEcriteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

INDAGINE ESAC - METODOLOGIA E ACQUISIZIONE

La tecnica ESAC è indicata per l'analisi di dati di sismica passiva raccolti secondo una geometria di acquisizione bidimensionale. I geofoni non sono cioè disposti lungo una linea retta bensì secondo geometrie bidimensionali quali ad esempio configurazioni a L, a croce, a T ecc.

La possibilità di analizzare dati di sismica passiva acquisiti con array 2D consente di non aver problemi relativi alla direttività del segnale.

La tecnica è finalizzata alla definizione della curva di dispersione effettiva della componente verticale delle vibrazioni ambientali (onde superficiali) da misure su sensori distribuiti sulla superficie del terreno. Le informazioni relative alle caratteristiche del sottosuolo vengono ottenute a partire da una analisi di correlazione fra i segnali registrati dai diversi sensori alle diverse frequenze (funzione di coerenza).

La maggiore differenza rispetto ai metodi attivi è che in questo caso, il fronte di propagazione dell'onda misurata su due sensori viene da direzioni diverse (e incognite) quindi le velocità di fase misurate tramite l'analisi di coerenza sono velocità apparenti (sempre maggiori o uguali alle velocità di fase reali).

Si dimostra però che esaminando le differenze di fase (matrice cross-spettrale) osservate su una distribuzione di sensori non allineati è possibile identificare la direzione di provenienza dell'onda. Le procedure ESAC sono basate sul risultato di Aki (1959) secondo il quale la funzione di correlazione media fra le registrazioni di un rumore isotropo effettuate su sensori verticali distribuiti nelle diverse direzioni a parità distanza r da un sensore centrale, ha una forma nota (Funzione di Bessel di ordine 0).

La forma di questa funzione di Bessel ad una data frequenza ed una data distanza r è controllata dal valore della velocità di fase. Si tratta di un metodo "robusto" grazie alla regolarizzazione imposta dalla applicazione della funzione di Bessel, ma rischia di fornire risultati errati in presenza di una sorgente dominante e quando la misura è effettuata con stendimenti lineari. Proprio per questi motivi e poiché le analisi svolte assumono la presenza di onde piane, è bene eseguire contestualmente analisi di dati di sismica attiva tipo MASW, per verificare i risultati ottenuti.

Acquisizione dei dati:

• registrazioni effettuate di 30 minuti.

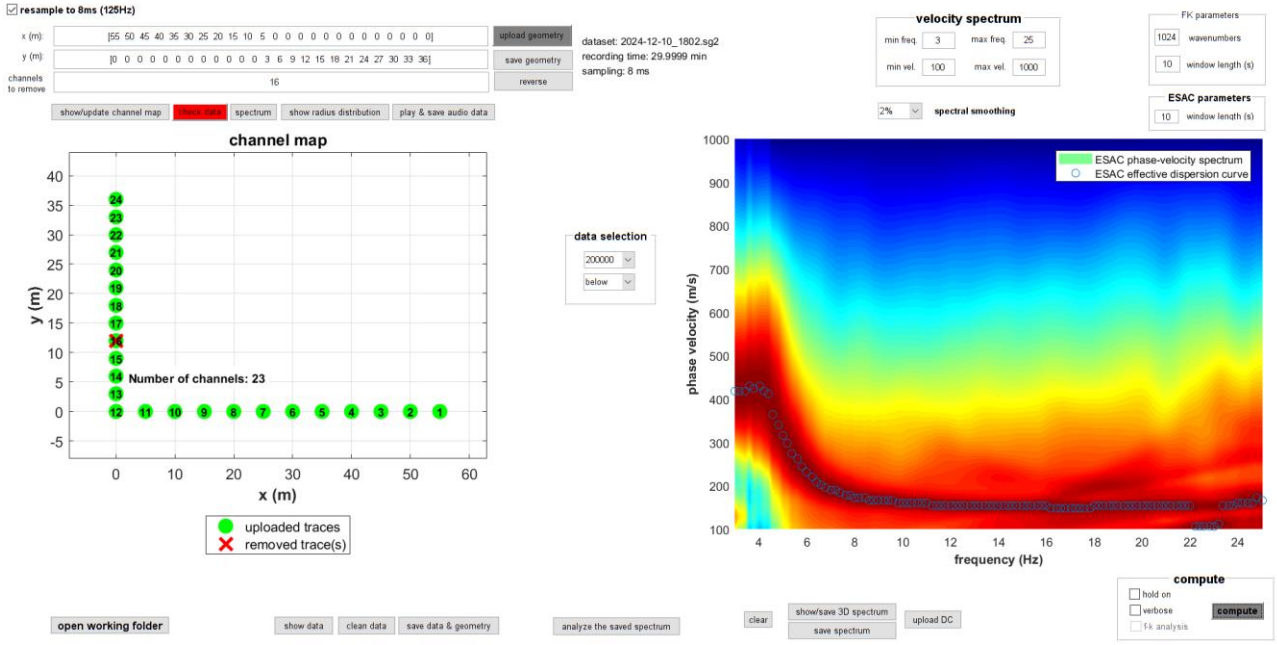
• sono state approntate antenne sismiche con 24 canali e a forma di L; 12 geofoni (dal 1 al 12) da una parte spaziati di 5m e 12 geofoni (dal 13 al 24) dall'altra spaziati di 3m.

Sul tratto di stendimento con geofoni dal 13 al 24 e caratterizzato da un passo intergeofonico di 3 m, sono state effettuate acquisizioni in sismica superficiale attiva mediante la tecnica MASW.

Le elaborazioni sono state eseguite utilizzando il software winMASW® Academy 2018 (Eliosoft.it).

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato in giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ESAC 1



ESAC1: a sinistra geometria dello stendimento. a destra spettro della velocità di fase grezzo relativo alla componente Z dell'onda di Rayleigh acquisita.

INDAGINI MASW – METODOLOGIA E AQUISIZIONE

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

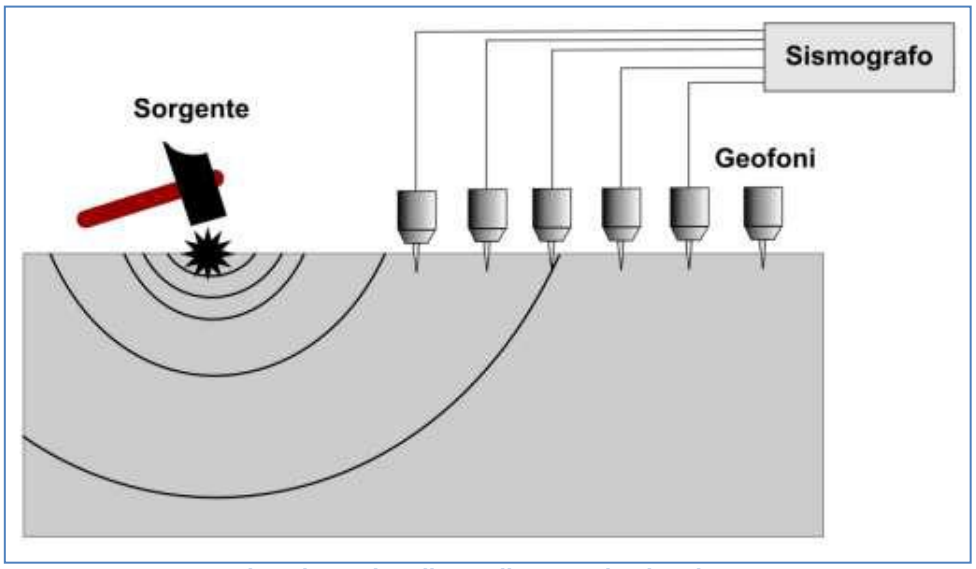
fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidezza del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidezza del suolo.

Negli ultimi decenni l'analisi delle onde di superficie si è dimostrata un utile strumento per la determinazione del profilo verticale VS non più solamente per studi di carattere crostale (e.g. Evison et al., 1959) ma anche per indagini *near surface* (Stokoe et al., 1988; Glangeaud et al., 1999; Park et al., 1999; Xia et al., 1999; 2004; Shtivelman, 1999; 2002; Foti et al., 2000; Louie, 2001; O'Neill et al., 2006; Dal Moro et al., 2007; Dal Moro & Pipan, 2007).

La sismica a rifrazione ad onde di corpo (P ed S) ha così trovato una valida integrazione, in grado di superare i limiti connessi al canale a bassa velocità (*Low Velocity Layer - LVL*) ed allo strato nascosto (*blind layer*).

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

Per l'acquisizione dei dati per indagini MASW deve essere effettuato uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale per generare onde di Rayleigh e/o una "di taglio" per quelle di Love.



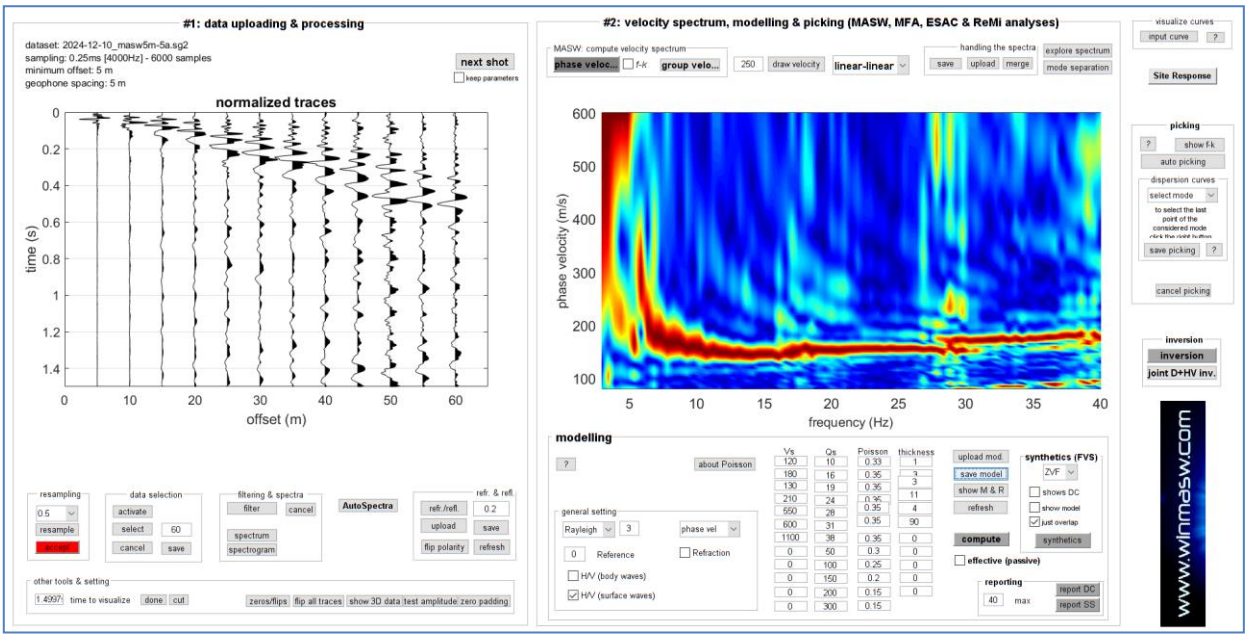
Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Sono state eseguite n°1 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh (componente verticale ZVF).

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato in giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Legs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

MASW1

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW1	
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	5 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 10m
Sorgente	mazza da 10kg



MASW1 Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI ESAC MASW E HVSR

I dati ESAC acquisiti sono stati elaborati utilizzando il software *winMASW Academy*.

L'analisi dei dati è stata quindi svolta considerando congiuntamente, la curva di dispersione delle onde di Rayleigh (MASW) e rapporto spettrale H/V della registrazione HVSR e la curva di dispersione ottenuta con l' indagine sismica ESAC.

ESAC1 – MASW1 – HVSR1

MODELLO ipotizzato

Vs (m/s): 120, 180, 130, 210, 550, 600, 1100
Thickness (m): 1.0, 3.0, 3.0, 11.0, 4.0, 90.0

Vs model (Vs30 & VsE: 248 248 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	120	1	1
2	180	3	4
3	130	3	7
4	210	11	18
5	550	4	22
6	600	90	112
7	1100	0	0

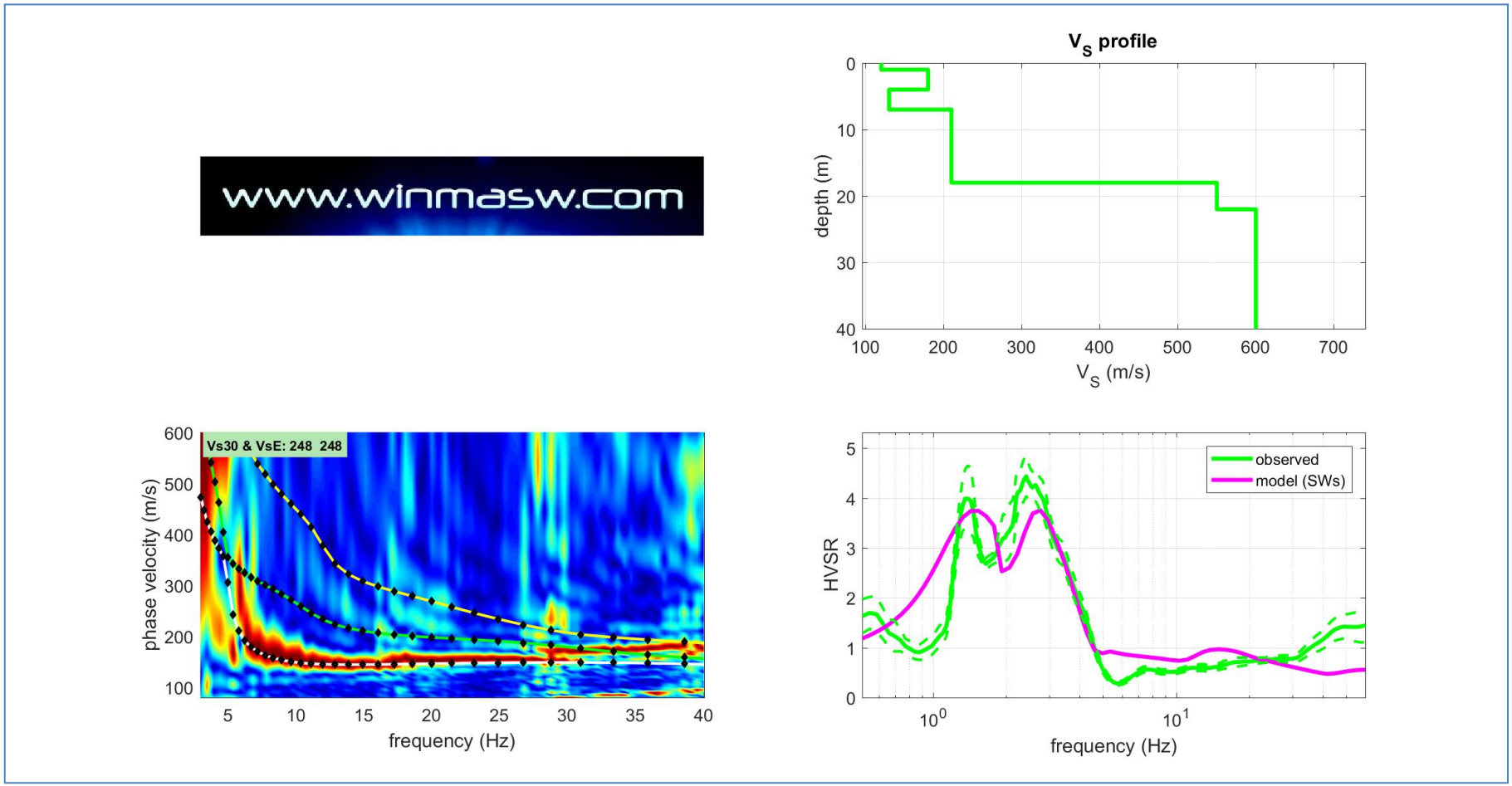
Density (gr/cm3) (approximate values): 1.71 1.82 1.74 1.85 2.09 2.11 2.26
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 25 59 29 82 631 759 2729
Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities
Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson
Vp (m/s): 238 375 271 437 1145 1249 2290
Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

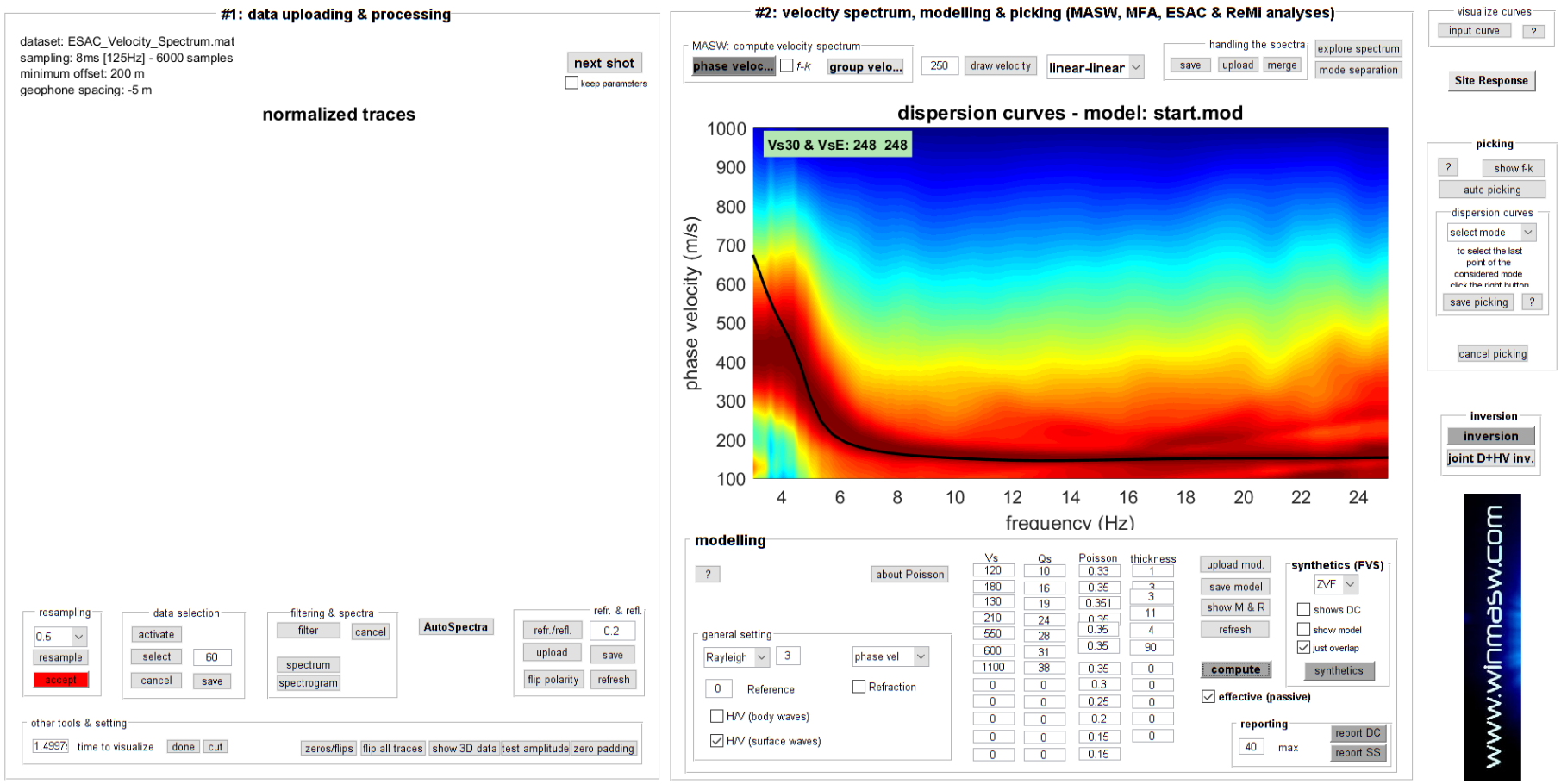
Vs30 and VsE (m/s): 248 248

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato in giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.



MASW3-HVSR27 - Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione del modello di sottosuolo ipotizzato; Sulla destra in basso in verde le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Maretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni di originale digitale.

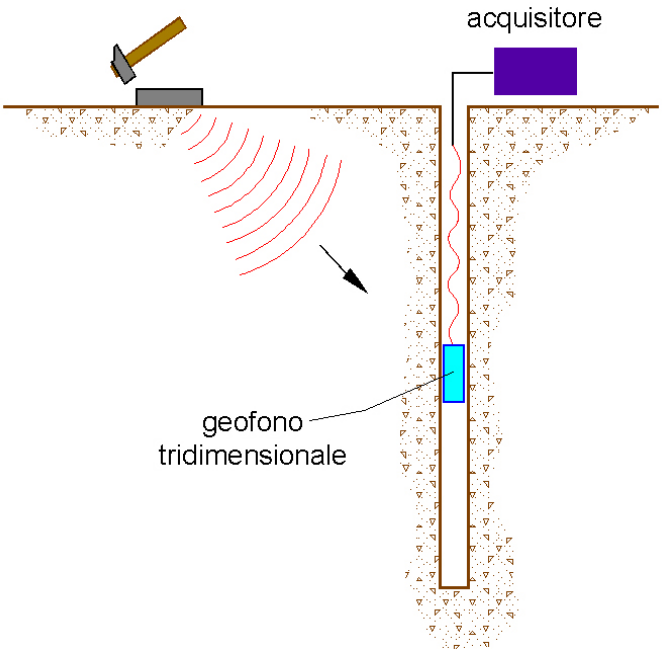


ESAC1 – Sulla destra Spettro di velocità di fase sperimentale con sovrapposta la curva di dispersione effettiva del modello di sottosuolo ipotizzato.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Maretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni di originale digitale.

PROSPEZIONI SISMICHE DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO – GENERALITA'

La prova downhole consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno d'onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde SH). Mediante tre ricevitori (geofoni) disposti nel terreno, a profondità note, viene valutato l'istante di arrivo del treno di onde P e S, rispetto all'istante in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza (nota) tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e S.



Schema Down Hole

Come sorgenti energizzanti sono stati utilizzati: per le onde P una mazza da 10 kg con piattello di battuta; per le onde SH un parallelepipedo (traversina) di legno percosso sulle estremità opposte da una mazza da 10 kg.

Le sorgenti (onde P ed onde SH) sono state disposte perpendicolarmente ad un raggio uscente dal foro di sondaggio, ad una distanza di circa 3 m.

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico *Ambrogeo Echo 24/2010* a 24 bit.

Una volta determinata con qualche misura di prova l'orientazione assoluta più efficace del sistema per massimizzare l'ampiezza di ricezione dei ricevitori e la registrazione di tracce in opposizione di fase, sono state effettuate misure ogni metro di profondità.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Per quanto riguarda l'interpretazione dei tracciati e la determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche, si è proceduto con un'analisi visuale delle registrazioni, individuando direttamente su ciascuna traccia il tempo di primo arrivo o ricorrendo a tecniche d'interpolazione ricercando punti caratteristici (picchi o valli) successivi al primo arrivo quando questo non era chiaramente individuabile.

Mediante un'applicazione su foglio elettronico Excel (vedi tabulati allegati), i tempi letti sono stati quindi corretti in funzione dello scarto di trigger (in più o in meno rispetto al tempo di trigger medio) ed infine corretti in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro ed alla profondità di acquisizione) attraverso la formula:

$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cdot t$$

dove z è la profondità del ricevitore, d è la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore, R la distanza superficiale tra sorgente ed il centro del foro, t il tempo determinato dalle tracce di registrazione e t* il tempo corretto.

Le velocità dei vari strati sono state quindi determinate con la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo-profondità, dove ogni punto rappresenta la media dei tempi registrati da entrambi i geofoni (direzione x e direzione y) alla stessa profondità.

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Legs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

INDAGINI EFFETTUATE

Geometria del sistema di acquisizione:

distanza foro - sorgente onde SH: m 3.5

distanza foro - sorgente onde P: m 3.5

Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1,00	4,00	12,00
2	2,00	4,50	20,00
3	3,00	5,00	25,00
4	4,00	5,50	30,00
5	5,00	6,10	35,80
6	6,00	6,50	42,00
7	7,00	7,00	51,00
8	8,00	7,60	54,90
9	9,00	8,00	59,00
10	10,00	8,40	61,60
11	11,00	9,70	67,00
12	12,00	10,50	71,50
13	13,00	10,80	75,00
14	14,00	11,20	79,00
15	15,00	11,60	85,00
16	16,00	12,00	89,00
17	17,00	12,60	95,80
18	18,00	13,30	99,10
19	19,00	13,50	100,00
20	20,00	14,00	101,30
21	21,00	14,80	103,20
22	22,00	15,40	104,30
23	23,00	16,60	108,00
24	24,00	17,00	110,30
25	25,00	17,40	111,40
26	26,00	17,90	112,80
27	27,00	18,20	114,00
28	28,00	18,90	116,00
29	29,00	19,30	118,00
30	30,00	19,80	119,30

Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
3,6401	1,0989	3,2967
4,0311	2,2326	9,9228
4,6098	3,2540	16,2698
5,3151	4,1392	22,5773
6,1033	4,9973	29,3285
6,9462	5,6146	36,2787
7,8262	6,2610	45,6158
8,7321	6,9628	50,2970

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

9,6566	7,4560	54,9883
10,5948	7,9284	58,1417
11,5434	9,2434	63,8460
12,5000	10,0800	68,6400
13,4629	10,4287	72,4212
14,4309	10,8656	76,6413
15,4029	11,2966	82,7765
16,3783	11,7228	86,9441
17,3566	12,3412	93,8320
18,3371	13,0555	97,2781
19,3197	13,2766	98,3453
20,3039	13,7904	99,7836
21,2897	14,5986	101,7959
22,2767	15,2087	103,0046
23,2648	16,4111	106,7708
24,2539	16,8221	109,1455
25,2438	17,2320	110,3241
26,2345	17,7400	111,7916
27,2259	18,0490	113,0541
28,2179	18,7541	115,1042
29,2104	19,1610	117,1499
30,2035	19,6666	118,4963

Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
	4
	7
	18
	30

Valori medi

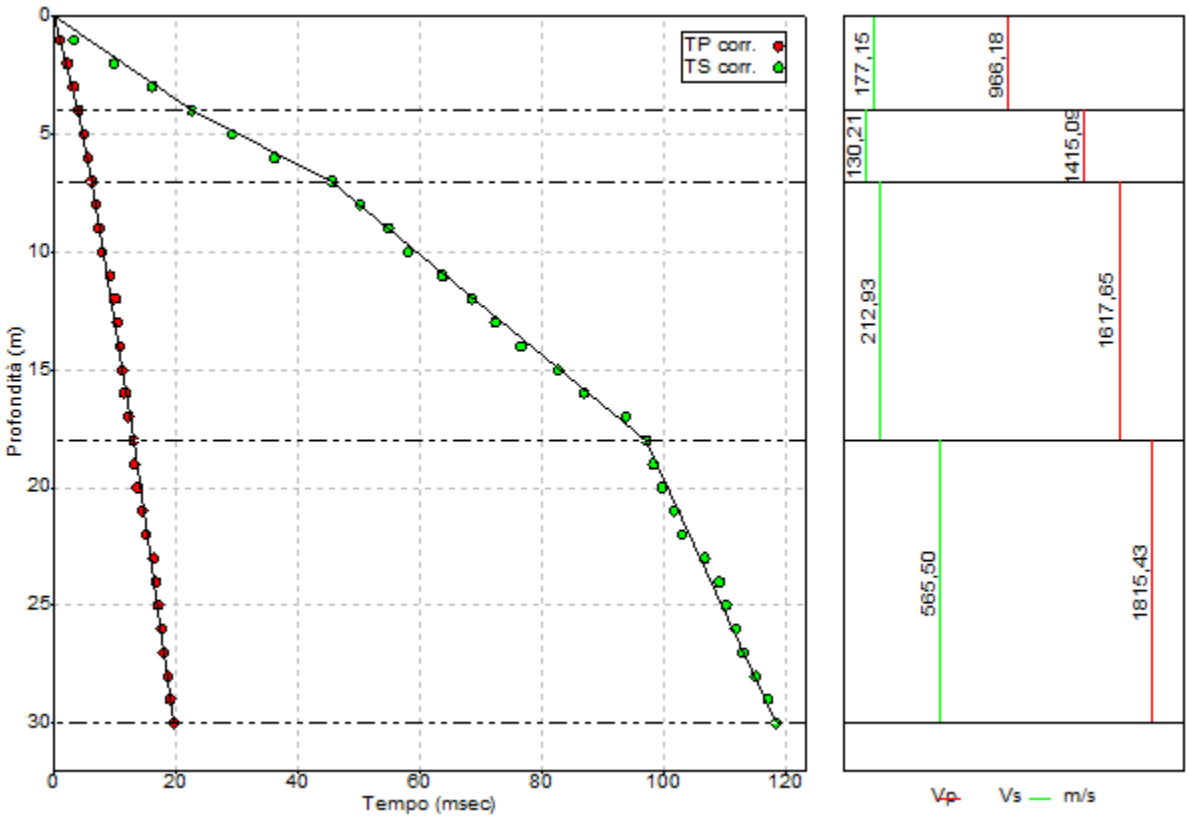
Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
966,18	177,15	18,14	0,48	58,06	1727,08	172,16	1649,67
1415,09	130,21	17,22	0,5	29,77	3516,39	89,06	3476,7
1617,65	212,93	17,96	0,49	83,03	4792,08	247,62	4681,37
1815,43	565,5	21,49	0,45	700,65	7220,83	2026,65	6286,64

Profondità di riferimento: *30 m*

VS30: *253,16 m/s*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Legs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Dromocrone



****

San Giuliano Terme (PI),

13 dicembre 2024

GAIA Servizi S.r.l.

Dott. Jacopo Martini

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Legs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

COMUNE DI CARRARA

VARIANTE SEMPLIFICATA E PUNTUALE
AL PIANO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

REPERTORIO DEI DATI GEOLOGICI

Allegato 12 – Laboratorio geotecnico SGL 2024

Rilievi e analisi: Dott. Geol. Leonardo Moretti(D.R.E.Am. Italia)

NOVEMBRE 2025

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 13/12/2024

Certificato n° 3843

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 9.00-9.50 m**
Verbale: 160	**Data: 09/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2488-09a- D4648-10**
Note:	**Rep: 24/224**

Contenitore del campione	**X**	**Inox**		**PVC**
		Vetro		**Sacchetto**

Dimensioni del campione		**<2"**	**X**	**<4"**
		<3"		**>4"**

Condizioni del materiale	**X**	**Buone**		**Rammollito**
		Mediocri		**Strati piegati**
		Cattive		**Rimaneggiato**

FOTO DEL CAMPIONE

Descrizione del campione

Qualità del campione: Q5

Campione di 58 cm di lunghezza.
Sabbia limosa debolmente argillosa di colore marrone.

Consistenza (kPa)	**cm**	**Scissometro**		**Penetrometro**
Alto		**kPa**		**kPa**
	0-10	**5**		**50**
	10-20	**10**		**50**
	20-30	**5**	**TG**	**60**
	30-40	**10**	**TG**	**100**
	40-50	**5**	**TG**	**100**
	50-60	**10**	**ED**	**70**
	60-70			
Basso	**70-80**			
	80-90			

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Daniele Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3844

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CI1
Profondità: 9.00-9.50 m
Data esecuzione: 10-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D421-07/D422-07
Rep: 24/224

M (gr) = 206.71

Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
100	0.00	0.00	0.00	100.00
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	0.00	0.00	0.00	100.00
12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
2.00	0.04	0.02	0.02	99.98
1.00	0.26	0.13	0.15	99.85
0.425	1.11	0.54	0.68	99.32
0.180	104.05	50.34	51.02	48.98
0.075	48.24	23.34	74.36	25.64
Fondo	53.01			

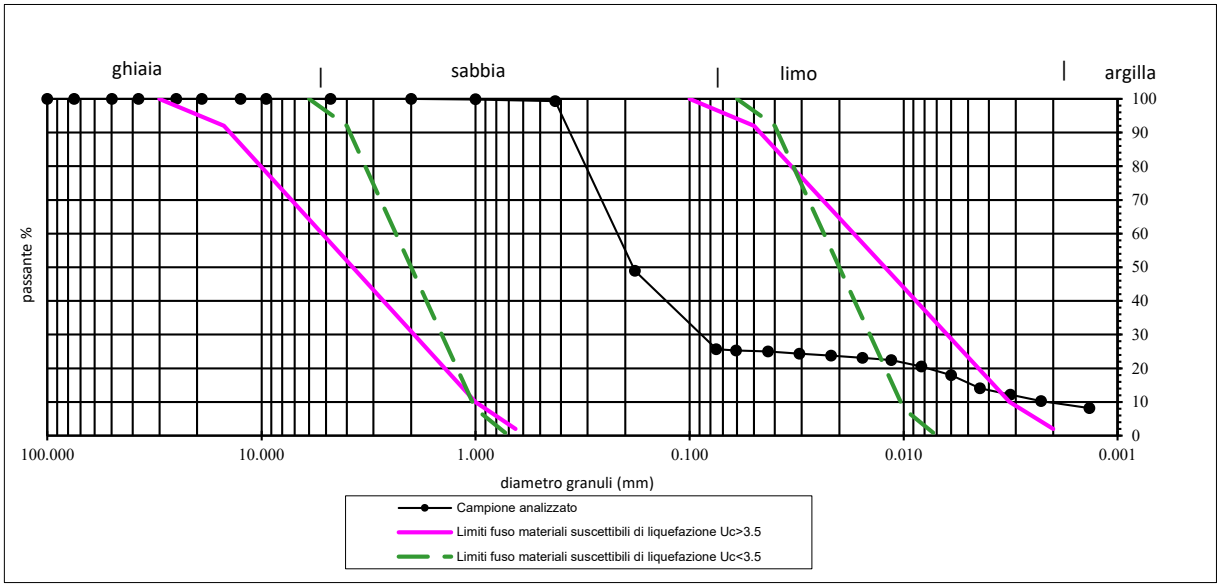
Analisi con areometro

Areometro n°	**1**
Areometro tipo	**152 H**
Dispersivo	*esametafosfato di sodio*
Correz. dispersivo Cd	**-1**
Correz. menisco Cm	**0.5**
Correz. temperatura Ct	**-4+0,25*T**
Campione secco Psp (g)	**40**
Peso spec.f<0 ,074 (Gs) =	**2.72**
Costante K =	**1.000**

Tempo **min**	Temperatura **°C**	Lettura **R**	Lettura corr. **R'=R+Cm**	Corr. Temp. **Ct**	f grani **mm**	Lettura ridotta **R"=R'+Cd+Ct**	% Parziale **KR"**	% Somma **KR"X**
0.5	18.0	39.5	40.0	0.50	0.0606	39.50	98.77	25.33
1	18.0	39.0	39.5	0.50	0.0430	39.00	97.52	25.01
2	18.0	38.0	38.5	0.50	0.0306	38.00	95.02	24.37
4	18.0	37.0	37.5	0.50	0.0218	37.00	92.52	23.73
8	18.0	36.0	36.5	0.50	0.0156	36.00	90.02	23.08
15	18.0	35.0	35.5	0.50	0.0114	35.00	87.52	22.44
30	18.0	32.0	32.5	0.50	0.0083	32.00	80.02	20.52
60	18.0	28.0	28.5	0.50	0.0060	28.00	70.01	17.95
120	18.0	22.0	22.5	0.50	0.0044	22.00	55.01	14.11
240	18.0	19.0	19.5	0.50	0.0032	19.00	47.51	12.18
480	18.0	16.0	16.5	0.50	0.0023	16.00	40.01	10.26
1440	17.0	13.0	13.5	0.25	0.0014	12.75	31.88	8.18

Classificazione	**USCS**	**CNR-UNI**
	SM	

% ghiaia	**% sabbia**	**% limo**	**% argilla**
0.00	**74.36**	**16.02**	**9.63**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Eugenio Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

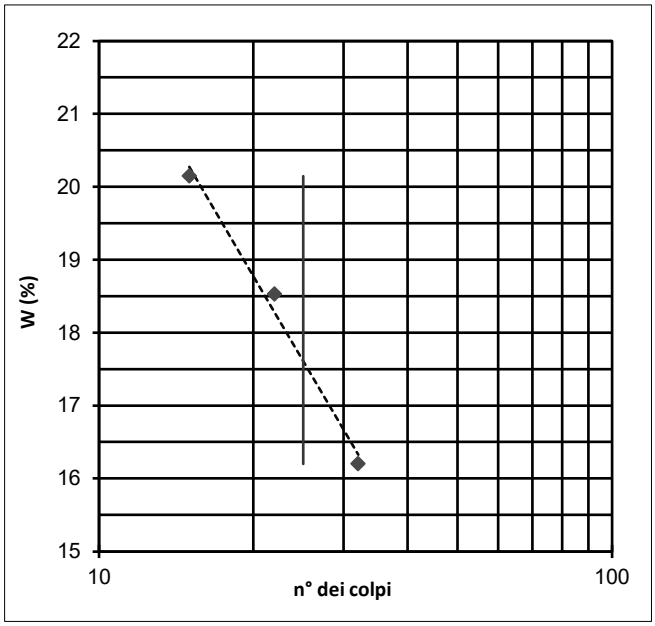
Data emissione: 13/12/2024
Certificato n° 3845

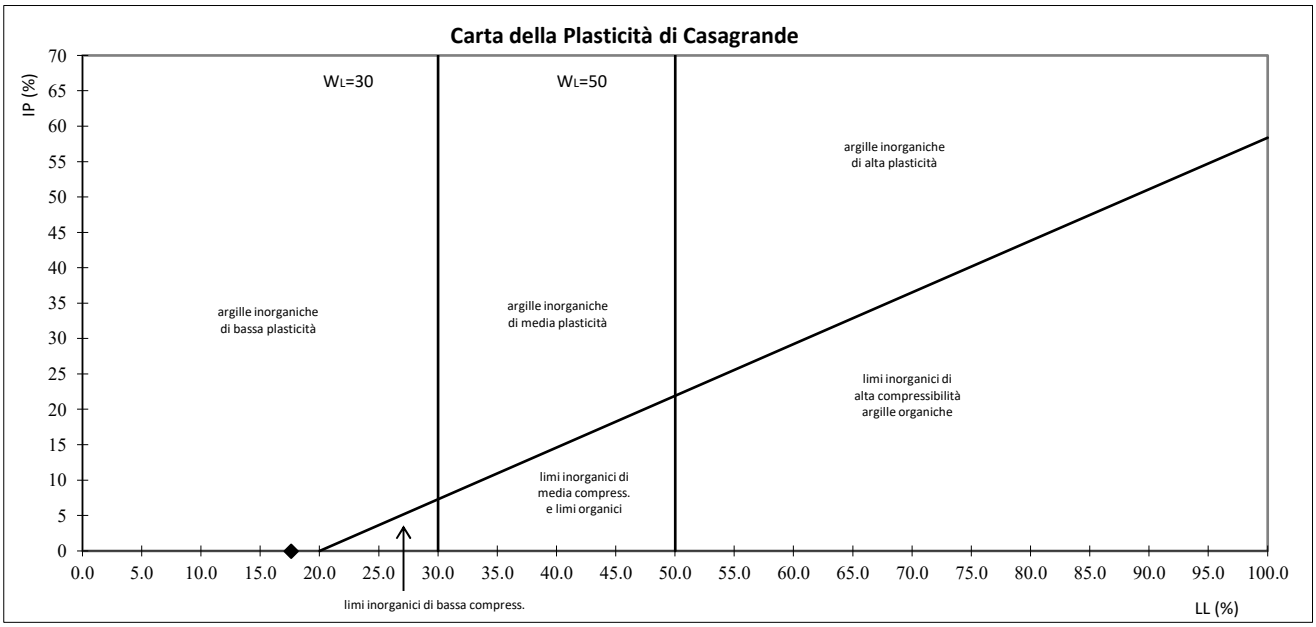
LIMITI DI CONSISTENZA

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CI1
Profondità: 9.00-9.50 m
Data di esecuzione: 12-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D4318-10
Rep: 24/224

Limite liquido		**LL (%) =**	**17.6**
Contenitore	34	2	12
Massa umida + t (g)	58.65	58.11	57.11
Massa secca + t (g)	56.22	56.22	55.54
Massa acqua contenuta (g)	2.43	1.89	1.57
Tara t (g)	44.16	46.02	45.85
Massa secca netta (g)	12.06	10.20	9.69
Contenuto d'acqua W (%)	20.15	18.53	16.20
Numero colpi	15	22	32
Limite plastico		**LP (%) =**	**N.P.**
Contenitore			
Massa umida + t (g)			
Massa secca + t (g)			
Massa acqua contenuta (g)			
Tara t (g)			
Massa secca (g)			
Contenuto d'acqua W (%)			
Indice di Plasticità	*(LL-LP) =*	**IP**	**N.P.**





Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Certificato n° 3847

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 9.00-9.50 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione: 10-11/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM e BS**
Note:	**Rep: 24/224**

Contenuto d'acqua	**ASTM D 2216-10**	**W (%) =**	**27.07**
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	1591.56	785.25	863.20
Massa lorda secca (g)	1253.38	620.30	685.01
Massa acqua contenuta (g)	338.18	164.95	178.19
Tara (g)	14.86	15.25	16.32
Massa netta secca (g)	1238.52	605.05	668.69
Contenuto d'acqua W (%)	27.31	27.26	26.65

Peso di volume naturale	**BS 1377 Part 2**	**γ n (kN/m3) =**	**18.90**
Contenitore	A	B	C
Massa umida + stampo (g)	155.46	153.92	151.54
Massa dello stampo (g)	45.16	45.69	43.09
Massa terreno netta umida (g)	110.30	108.23	108.45
Volume dello stampo (cm^3)	56.54	56.54	56.54
Peso di volume naturale (kN/m^3)	19.13	18.77	18.81

Peso specifico dei grani	**ASTM D 854-10**	**Gs (Mg/m3) =**	
Prova n°			
Volume picnometro (cm^3)			
Massa picnometro (g)			
Massa picnometro + terra (g)			
Massa terra netta (g)			
Massa picn. + terra + acqua (g)			
Massa terra + acqua (g)			
Tempo di ebollizione (min)			
Peso specifico (Mg/m^3)			
Temperatura (°C)			
Densita' acqua (Mg/m^3)			
Costante K			
Peso specifico **T = 20°C**			

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE		
Contenuto d'acqua naturale	**W (%)**	**27.07**
Peso di volume naturale	**γ n (kN/m3)**	**18.90**
Peso di volume secco	**γ d (kN/m3)**	**14.88**
Peso di volume saturo	**γ s (kN/m3)**	
Peso specifico dei grani	**Gs (Mg/m3)**	
Porosita'	**n (%)**	
Indice dei pori	**e**	
Grado di saturazione	**Sr (%)**	

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti, stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*		
Sondaggio - Campione	*S1-CI1*	Tipo provino	*Indisturbato*
Certificato	*3847- 13/12/2024*		
Peso specifico	*2.72 (Stimato)*	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio	*Macchina di Taglio con Geodatalog*		

CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	*1*	*2*	*3*
Profondità prelievo (m)	*9.20*	*9.30*	*9.40*
Altezza (mm)	*20.0*	*20.0*	*20.0*
Diametro (mm)	*60.0*	*60.0*	*60.0*
Sezione (mm²)	*2827.4*	*2827.4*	*2827.4*
Umidità (misura diretta) (%)	*27*	*30*	*29*
Umidità (trimming) (%)			
Densità secca (g)	*86.6*	*83.2*	*84.1*
Densità umida (kN/m³)	*19.13*	*18.78*	*18.81*
Densità secca (kN/m³)	*15.02*	*14.43*	*14.59*
Indice dei vuoti	*0.776*	*0.849*	*0.829*
Grado di saturazione (%)	*96*	*96*	*95*

FASE DI TAGLIO			
Velocità fase di taglio (mm/min)	*0.006472*	*0.006299*	*0.006396*
Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)			
Pressione verticale (kPa)	*100*	*150*	*200*
Tensione di taglio (kPa)	*67*	*91*	*128*
Spostamento orizzontale (mm)	*3.05*	*2.74*	*3.27*
Def. verticale (mm)	*-0.245*	*-0.139*	*-0.018*

CONDIZIONI FINALI			
Contenuto d'acqua (%)	*25*	*27*	*27*
Densità umida (kN/m³)	*19.22*	*19.04*	*19.34*
Densità secca (kN/m³)	*15.42*	*14.99*	*15.28*

Coesione (kPa)	*3.3*
Angolo di resistenza al taglio (°)	*31.5*

Commenti / variazioni delle procedure:			
Grado di saturazione finale (%)	*100*	*100*	*100*

Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

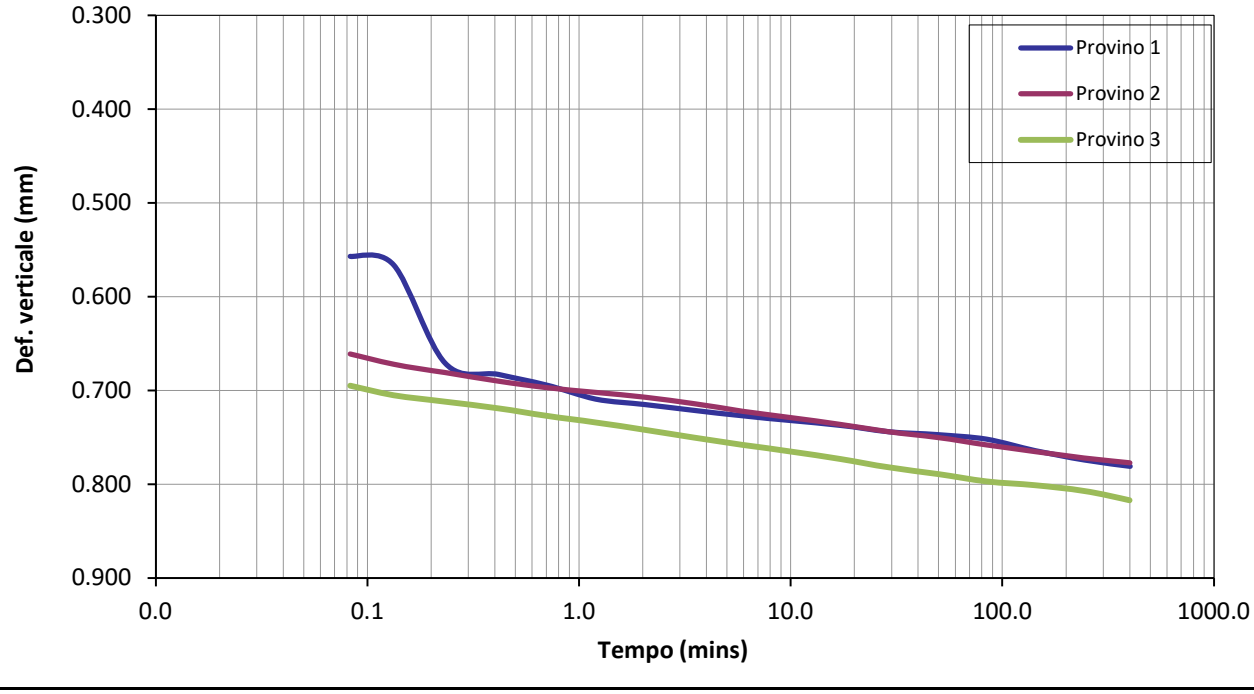
Servizi Geotecnici Liguri Srl

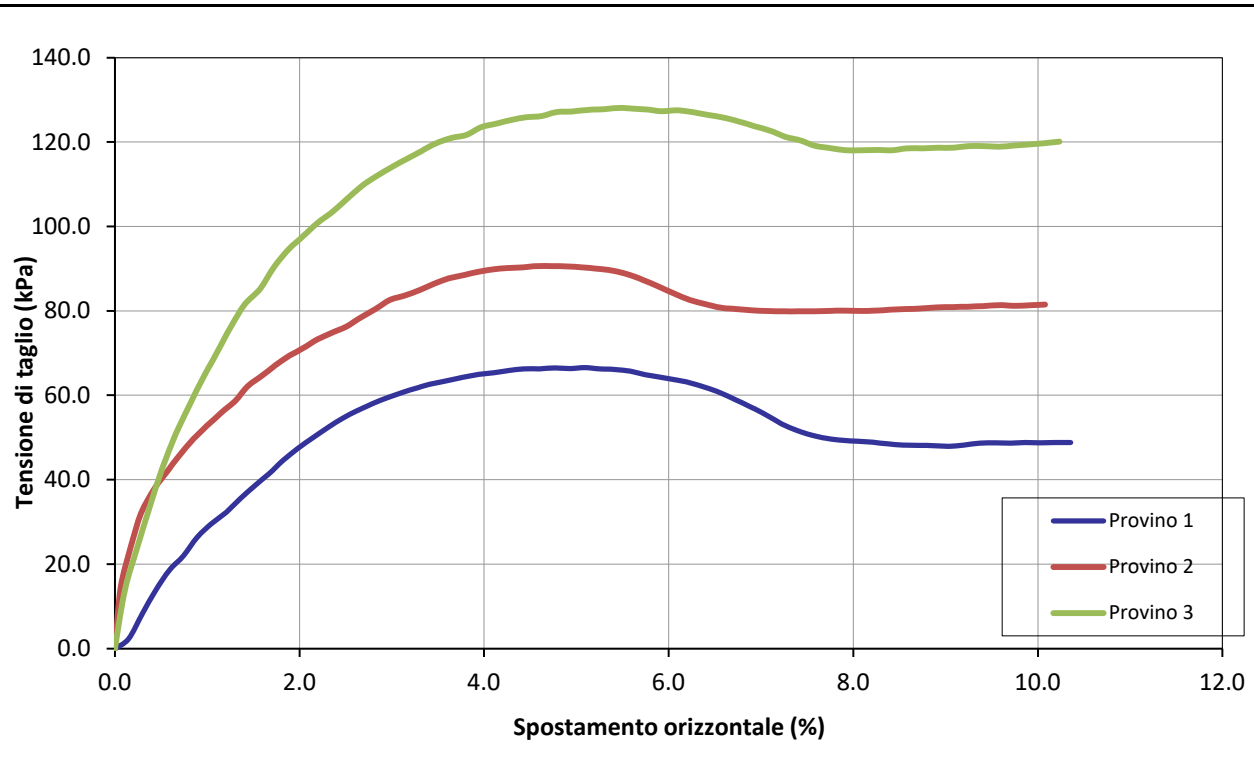
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1, 2, 3*
Sondaggio - Campione	*S1-CI1*	Profondità prelievo (m)	*9.20, 9.30, 9.40*





Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

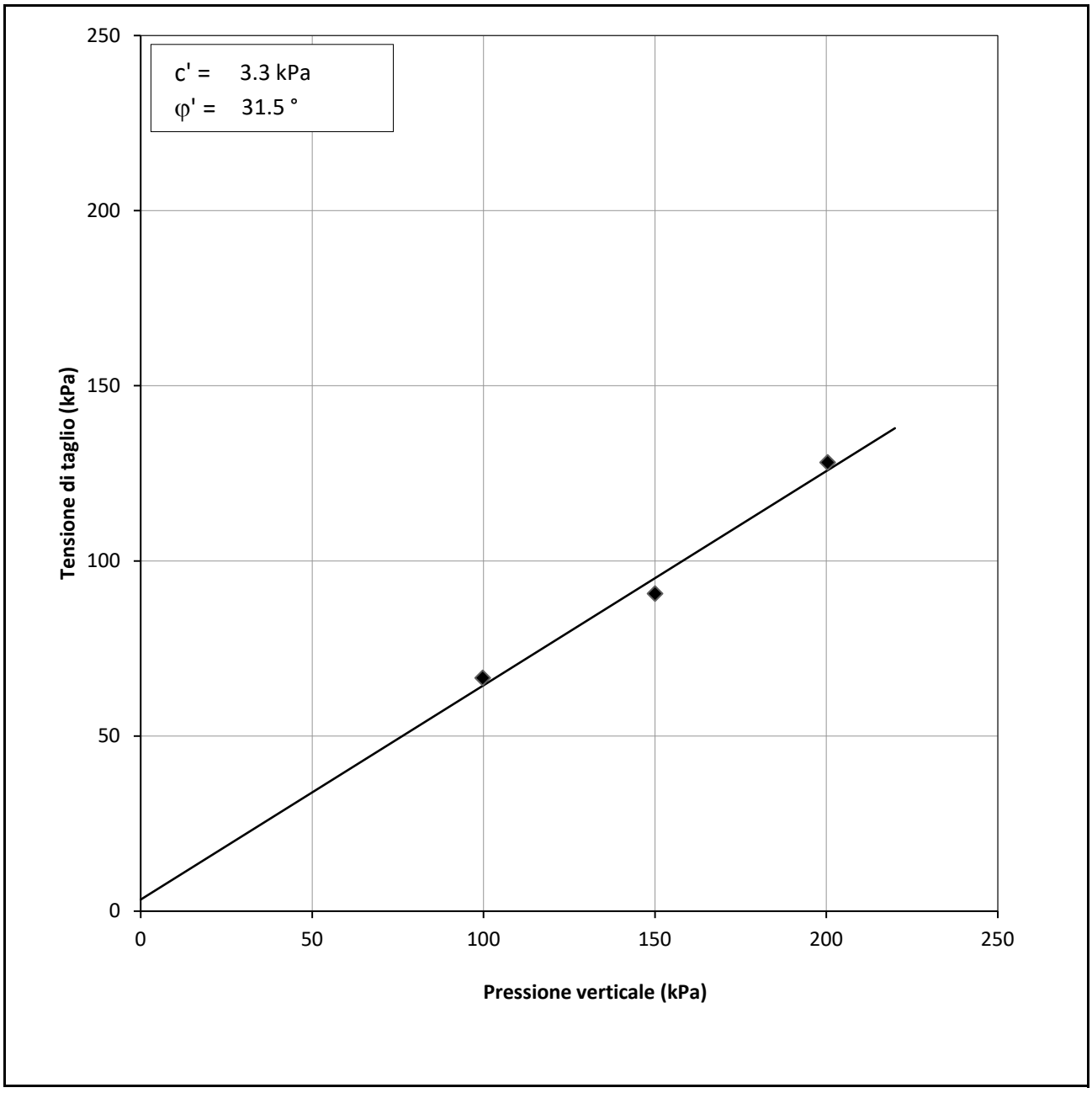
Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1, 2, 3*
Sondaggio - Campione	*S1-CI1*	Profondità prelievo (m)	*9.20, 9.30, 9.40*



Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1*
Sondaggio - Campione	*S1-CI1*	Profondità prelievo (m)	*9.20*

PROVINO 1 — **Pressione verticale (kPa)** ***100***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	*0.018*	*0.05*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*0.046*	*0.14*	*6.6*	*0.028*	*0.09*	*6.6*	*2.3*
30.00	*0.062*	*0.23*	*23.2*	*0.044*	*0.18*	*23.2*	*8.2*
45.00	*0.075*	*0.31*	*38.6*	*0.057*	*0.26*	*38.6*	*13.7*
60.00	*0.080*	*0.41*	*52.7*	*0.062*	*0.36*	*52.7*	*18.6*
75.00	*0.090*	*0.50*	*62.1*	*0.072*	*0.45*	*62.1*	*22.0*
90.00	*0.092*	*0.59*	*74.6*	*0.074*	*0.54*	*74.6*	*26.4*
105.00	*0.096*	*0.68*	*83.5*	*0.078*	*0.63*	*83.5*	*29.5*
120.00	*0.098*	*0.77*	*91.4*	*0.080*	*0.72*	*91.4*	*32.3*
135.00	*0.100*	*0.87*	*100.6*	*0.082*	*0.82*	*100.6*	*35.6*
150.00	*0.100*	*0.96*	*109.1*	*0.082*	*0.91*	*109.1*	*38.6*
165.00	*0.102*	*1.05*	*117.1*	*0.084*	*1.00*	*117.1*	*41.4*
180.00	*0.103*	*1.14*	*126.1*	*0.085*	*1.09*	*126.1*	*44.6*
195.00	*0.103*	*1.24*	*134.2*	*0.085*	*1.19*	*134.2*	*47.5*
210.00	*0.103*	*1.34*	*141.5*	*0.085*	*1.29*	*141.5*	*50.0*
225.00	*0.103*	*1.44*	*148.4*	*0.085*	*1.39*	*148.4*	*52.5*
240.00	*0.103*	*1.53*	*154.4*	*0.085*	*1.48*	*154.4*	*54.6*
255.00	*0.103*	*1.63*	*159.4*	*0.085*	*1.58*	*159.4*	*56.4*
270.00	*0.103*	*1.73*	*164.2*	*0.085*	*1.68*	*164.2*	*58.1*
285.00	*0.102*	*1.83*	*168.2*	*0.084*	*1.78*	*168.2*	*59.5*
300.00	*0.102*	*1.92*	*171.7*	*0.084*	*1.87*	*171.7*	*60.7*
315.00	*0.099*	*2.02*	*174.8*	*0.081*	*1.97*	*174.8*	*61.8*
330.00	*0.094*	*2.12*	*177.6*	*0.076*	*2.07*	*177.6*	*62.8*
345.00	*0.078*	*2.22*	*179.5*	*0.060*	*2.17*	*179.5*	*63.5*
360.00	*0.070*	*2.32*	*181.8*	*0.052*	*2.26*	*181.8*	*64.3*
375.00	*0.055*	*2.42*	*183.7*	*0.037*	*2.37*	*183.7*	*65.0*
390.00	*0.042*	*2.52*	*184.7*	*0.024*	*2.46*	*184.7*	*65.3*
405.00	*0.034*	*2.61*	*186.4*	*0.016*	*2.56*	*186.4*	*65.9*
420.00	*0.024*	*2.71*	*187.3*	*0.006*	*2.66*	*187.3*	*66.3*
435.00	*0.010*	*2.81*	*187.4*	*-0.008*	*2.76*	*187.4*	*66.3*
450.00	*0.002*	*2.91*	*188.0*	*-0.016*	*2.86*	*188.0*	*66.5*
465.00	*-0.011*	*3.01*	*187.6*	*-0.029*	*2.96*	*187.6*	*66.4*
480.00	*-0.027*	*3.10*	*188.2*	*-0.045*	*3.05*	*188.2*	*66.6*
495.00	*-0.039*	*3.20*	*187.4*	*-0.057*	*3.15*	*187.4*	*66.3*
510.00	*-0.045*	*3.30*	*187.0*	*-0.063*	*3.25*	*187.0*	*66.1*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Gabriele.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1*
Sondaggio - Campione	*S1-CI1*	Profondità prelievo (m)	*9.20*

PROVINO 1 — **Pressione verticale (kPa)** ***100***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*-0.054*	*3.40*	*185.8*	*-0.072*	*3.35*	*185.8*	*65.7*
540.00	*-0.072*	*3.50*	*183.5*	*-0.090*	*3.45*	*183.5*	*64.9*
555.00	*-0.078*	*3.60*	*181.8*	*-0.096*	*3.55*	*181.8*	*64.3*
570.00	*-0.083*	*3.69*	*180.1*	*-0.101*	*3.64*	*180.1*	*63.7*
585.00	*-0.087*	*3.79*	*178.0*	*-0.105*	*3.74*	*178.0*	*63.0*
600.00	*-0.098*	*3.89*	*174.9*	*-0.116*	*3.84*	*174.9*	*61.9*
615.00	*-0.097*	*3.99*	*171.3*	*-0.115*	*3.94*	*171.3*	*60.6*
630.00	*-0.103*	*4.08*	*166.8*	*-0.121*	*4.03*	*166.8*	*59.0*
645.00	*-0.103*	*4.18*	*161.9*	*-0.121*	*4.13*	*161.9*	*57.3*
660.00	*-0.103*	*4.28*	*156.7*	*-0.121*	*4.23*	*156.7*	*55.4*
675.00	*-0.103*	*4.39*	*150.6*	*-0.121*	*4.34*	*150.6*	*53.3*
690.00	*-0.103*	*4.48*	*146.2*	*-0.121*	*4.43*	*146.2*	*51.7*
705.00	*-0.103*	*4.58*	*143.0*	*-0.121*	*4.53*	*143.0*	*50.6*
720.00	*-0.103*	*4.68*	*140.8*	*-0.121*	*4.63*	*140.8*	*49.8*
735.00	*-0.103*	*4.78*	*139.5*	*-0.121*	*4.73*	*139.5*	*49.3*
750.00	*-0.103*	*4.88*	*138.8*	*-0.121*	*4.83*	*138.8*	*49.1*
765.00	*-0.103*	*4.98*	*138.2*	*-0.121*	*4.93*	*138.2*	*48.9*
780.00	*-0.102*	*5.07*	*137.1*	*-0.120*	*5.02*	*137.1*	*48.5*
795.00	*-0.103*	*5.17*	*136.4*	*-0.121*	*5.12*	*136.4*	*48.3*
810.00	*-0.103*	*5.28*	*136.1*	*-0.121*	*5.23*	*136.1*	*48.1*
825.00	*-0.097*	*5.37*	*136.0*	*-0.115*	*5.32*	*136.0*	*48.1*
840.00	*-0.091*	*5.47*	*135.6*	*-0.109*	*5.42*	*135.6*	*47.9*
855.00	*-0.088*	*5.57*	*136.3*	*-0.106*	*5.52*	*136.3*	*48.2*
870.00	*-0.085*	*5.67*	*137.6*	*-0.103*	*5.62*	*137.6*	*48.7*
885.00	*-0.080*	*5.78*	*137.8*	*-0.098*	*5.72*	*137.8*	*48.8*
900.00	*-0.074*	*5.87*	*137.6*	*-0.092*	*5.82*	*137.6*	*48.7*
915.00	*-0.066*	*5.97*	*138.1*	*-0.084*	*5.92*	*138.1*	*48.8*
930.00	*-0.052*	*6.07*	*137.7*	*-0.070*	*6.01*	*137.7*	*48.7*
945.00	*-0.050*	*6.16*	*138.1*	*-0.068*	*6.11*	*138.1*	*48.8*
960.00	*-0.046*	*6.26*	*138.1*	*-0.064*	*6.21*	*138.1*	*48.8*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Gabriella.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*2*
Sondaggio - Campione	*S1-CI1*	Profondità prelievo (m)	*9.3*

PROVINO 2 **Pressione verticale (kPa)** ***150***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	*0.004*	*0.02*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*0.012*	*0.06*	*41.0*	*0.008*	*0.04*	*41.0*	*14.5*
30.00	*0.022*	*0.12*	*67.9*	*0.018*	*0.10*	*67.9*	*24.0*
45.00	*0.025*	*0.19*	*90.4*	*0.021*	*0.17*	*90.4*	*32.0*
60.00	*0.032*	*0.27*	*107.0*	*0.028*	*0.26*	*107.0*	*37.8*
75.00	*0.041*	*0.36*	*118.6*	*0.037*	*0.34*	*118.6*	*41.9*
90.00	*0.047*	*0.44*	*129.3*	*0.043*	*0.42*	*129.3*	*45.7*
105.00	*0.050*	*0.53*	*140.5*	*0.046*	*0.51*	*140.5*	*49.7*
120.00	*0.053*	*0.62*	*149.5*	*0.049*	*0.60*	*149.5*	*52.9*
135.00	*0.057*	*0.71*	*157.8*	*0.053*	*0.69*	*157.8*	*55.8*
150.00	*0.064*	*0.80*	*165.8*	*0.060*	*0.78*	*165.8*	*58.6*
165.00	*0.065*	*0.88*	*175.9*	*0.061*	*0.86*	*175.9*	*62.2*
180.00	*0.067*	*0.98*	*183.0*	*0.063*	*0.96*	*183.0*	*64.7*
195.00	*0.068*	*1.06*	*189.9*	*0.064*	*1.04*	*189.9*	*67.2*
210.00	*0.068*	*1.16*	*196.3*	*0.064*	*1.14*	*196.3*	*69.4*
225.00	*0.068*	*1.24*	*201.3*	*0.064*	*1.22*	*201.3*	*71.2*
240.00	*0.068*	*1.33*	*207.0*	*0.064*	*1.31*	*207.0*	*73.2*
255.00	*0.068*	*1.43*	*211.4*	*0.064*	*1.41*	*211.4*	*74.8*
270.00	*0.068*	*1.52*	*215.7*	*0.064*	*1.50*	*215.7*	*76.3*
285.00	*0.068*	*1.62*	*221.9*	*0.064*	*1.60*	*221.9*	*78.5*
300.00	*0.068*	*1.71*	*227.5*	*0.064*	*1.69*	*227.5*	*80.5*
315.00	*0.068*	*1.81*	*233.6*	*0.064*	*1.79*	*233.6*	*82.6*
330.00	*0.068*	*1.90*	*236.4*	*0.064*	*1.88*	*236.4*	*83.6*
345.00	*0.068*	*2.00*	*240.3*	*0.064*	*1.98*	*240.3*	*85.0*
360.00	*0.068*	*2.09*	*244.4*	*0.064*	*2.07*	*244.4*	*86.5*
375.00	*0.068*	*2.19*	*248.0*	*0.064*	*2.17*	*248.0*	*87.7*
390.00	*0.068*	*2.29*	*250.2*	*0.064*	*2.27*	*250.2*	*88.5*
405.00	*0.068*	*2.39*	*252.6*	*0.064*	*2.37*	*252.6*	*89.3*
420.00	*0.067*	*2.48*	*254.1*	*0.063*	*2.46*	*254.1*	*89.9*
435.00	*0.067*	*2.57*	*254.9*	*0.063*	*2.55*	*254.9*	*90.1*
450.00	*0.066*	*2.67*	*255.4*	*0.062*	*2.65*	*255.4*	*90.3*
465.00	*0.065*	*2.76*	*256.3*	*0.061*	*2.74*	*256.3*	*90.6*
480.00	*0.066*	*2.86*	*256.2*	*0.062*	*2.84*	*256.2*	*90.6*
495.00	*0.064*	*2.96*	*256.1*	*0.060*	*2.94*	*256.1*	*90.6*
510.00	*0.061*	*3.06*	*255.4*	*0.057*	*3.04*	*255.4*	*90.3*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*2*
Sondaggio - Campione	*S1-CI1*	Profondità prelievo (m)	*9.3*

PROVINO 2 **Pressione verticale (kPa)** ***150***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*0.061*	*3.15*	*254.5*	*0.057*	*3.13*	*254.5*	*90.0*
540.00	*0.061*	*3.25*	*253.2*	*0.057*	*3.23*	*253.2*	*89.6*
555.00	*0.059*	*3.36*	*250.6*	*0.055*	*3.34*	*250.6*	*88.6*
570.00	*0.059*	*3.45*	*247.0*	*0.055*	*3.43*	*247.0*	*87.4*
585.00	*0.060*	*3.55*	*242.5*	*0.056*	*3.54*	*242.5*	*85.8*
600.00	*0.059*	*3.66*	*237.8*	*0.055*	*3.64*	*237.8*	*84.1*
615.00	*0.059*	*3.76*	*233.5*	*0.055*	*3.74*	*233.5*	*82.6*
630.00	*0.059*	*3.86*	*230.7*	*0.055*	*3.84*	*230.7*	*81.6*
645.00	*0.062*	*3.96*	*228.3*	*0.058*	*3.94*	*228.3*	*80.7*
660.00	*0.066*	*4.06*	*227.5*	*0.062*	*4.04*	*227.5*	*80.5*
675.00	*0.072*	*4.16*	*226.5*	*0.068*	*4.14*	*226.5*	*80.1*
690.00	*0.083*	*4.26*	*226.1*	*0.079*	*4.24*	*226.1*	*80.0*
705.00	*0.090*	*4.37*	*225.9*	*0.086*	*4.35*	*225.9*	*79.9*
720.00	*0.095*	*4.46*	*225.9*	*0.091*	*4.44*	*225.9*	*79.9*
735.00	*0.101*	*4.57*	*226.0*	*0.097*	*4.55*	*226.0*	*79.9*
750.00	*0.106*	*4.66*	*226.2*	*0.102*	*4.64*	*226.2*	*80.0*
765.00	*0.109*	*4.76*	*226.4*	*0.105*	*4.74*	*226.4*	*80.1*
780.00	*0.114*	*4.86*	*226.1*	*0.110*	*4.84*	*226.1*	*80.0*
795.00	*0.120*	*4.96*	*226.3*	*0.116*	*4.94*	*226.3*	*80.0*
810.00	*0.125*	*5.06*	*227.1*	*0.121*	*5.04*	*227.1*	*80.3*
825.00	*0.131*	*5.16*	*227.4*	*0.127*	*5.14*	*227.4*	*80.4*
840.00	*0.138*	*5.26*	*227.8*	*0.134*	*5.25*	*227.8*	*80.6*
855.00	*0.140*	*5.36*	*228.5*	*0.136*	*5.34*	*228.5*	*80.8*
870.00	*0.143*	*5.47*	*228.8*	*0.139*	*5.45*	*228.8*	*80.9*
885.00	*0.154*	*5.56*	*229.0*	*0.150*	*5.55*	*229.0*	*81.0*
900.00	*0.158*	*5.66*	*229.5*	*0.154*	*5.64*	*229.5*	*81.2*
915.00	*0.163*	*5.76*	*230.1*	*0.159*	*5.74*	*230.1*	*81.4*
930.00	*0.167*	*5.87*	*229.7*	*0.163*	*5.85*	*229.7*	*81.2*
945.00	*0.175*	*5.97*	*230.0*	*0.171*	*5.95*	*230.0*	*81.4*
960.00	*0.180*	*6.07*	*230.4*	*0.176*	*6.05*	*230.4*	*81.5*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*3*
Sondaggio - Campione	*S1-CI1*	Profondità prelievo (m)	*9.4*

PROVINO 3 **Pressione verticale (kPa)** ***200***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	*0.010*	*0.01*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*0.012*	*0.07*	*38.9*	*0.002*	*0.06*	*38.9*	*13.8*
30.00	*0.022*	*0.15*	*67.3*	*0.012*	*0.14*	*67.3*	*23.8*
45.00	*0.036*	*0.22*	*91.7*	*0.026*	*0.22*	*91.7*	*32.4*
60.00	*0.053*	*0.32*	*120.9*	*0.043*	*0.31*	*120.9*	*42.8*
75.00	*0.067*	*0.40*	*143.8*	*0.057*	*0.40*	*143.8*	*50.9*
90.00	*0.080*	*0.50*	*164.0*	*0.070*	*0.49*	*164.0*	*58.0*
105.00	*0.096*	*0.58*	*181.1*	*0.086*	*0.57*	*181.1*	*64.0*
120.00	*0.103*	*0.67*	*197.7*	*0.093*	*0.66*	*197.7*	*69.9*
135.00	*0.115*	*0.76*	*216.0*	*0.105*	*0.76*	*216.0*	*76.4*
150.00	*0.124*	*0.85*	*230.4*	*0.114*	*0.84*	*230.4*	*81.5*
165.00	*0.129*	*0.95*	*240.9*	*0.119*	*0.94*	*240.9*	*85.2*
180.00	*0.135*	*1.04*	*255.6*	*0.125*	*1.03*	*255.6*	*90.4*
195.00	*0.141*	*1.14*	*267.6*	*0.131*	*1.13*	*267.6*	*94.6*
210.00	*0.143*	*1.23*	*276.1*	*0.133*	*1.22*	*276.1*	*97.6*
225.00	*0.147*	*1.32*	*285.0*	*0.137*	*1.32*	*285.0*	*100.8*
240.00	*0.157*	*1.42*	*292.5*	*0.147*	*1.41*	*292.5*	*103.5*
255.00	*0.157*	*1.52*	*301.3*	*0.147*	*1.51*	*301.3*	*106.6*
270.00	*0.159*	*1.61*	*309.8*	*0.149*	*1.60*	*309.8*	*109.6*
285.00	*0.173*	*1.71*	*316.5*	*0.163*	*1.70*	*316.5*	*111.9*
300.00	*0.173*	*1.81*	*322.6*	*0.163*	*1.80*	*322.6*	*114.1*
315.00	*0.173*	*1.91*	*328.1*	*0.163*	*1.90*	*328.1*	*116.0*
330.00	*0.181*	*2.00*	*333.3*	*0.171*	*1.99*	*333.3*	*117.9*
345.00	*0.181*	*2.10*	*338.6*	*0.171*	*2.09*	*338.6*	*119.8*
360.00	*0.184*	*2.19*	*342.1*	*0.174*	*2.19*	*342.1*	*121.0*
375.00	*0.185*	*2.29*	*344.0*	*0.175*	*2.28*	*344.0*	*121.7*
390.00	*0.185*	*2.39*	*349.3*	*0.175*	*2.38*	*349.3*	*123.5*
405.00	*0.185*	*2.49*	*351.8*	*0.175*	*2.49*	*351.8*	*124.4*
420.00	*0.185*	*2.59*	*354.2*	*0.175*	*2.58*	*354.2*	*125.3*
435.00	*0.188*	*2.68*	*355.9*	*0.178*	*2.67*	*355.9*	*125.9*
450.00	*0.189*	*2.78*	*356.7*	*0.179*	*2.78*	*356.7*	*126.2*
465.00	*0.189*	*2.88*	*359.4*	*0.179*	*2.87*	*359.4*	*127.1*
480.00	*0.189*	*2.98*	*359.8*	*0.179*	*2.97*	*359.8*	*127.3*
495.00	*0.189*	*3.08*	*360.9*	*0.179*	*3.08*	*360.9*	*127.7*
510.00	*0.192*	*3.18*	*361.4*	*0.182*	*3.17*	*361.4*	*127.8*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Raggi Cinzia.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*3*
Sondaggio - Campione	*S1-CI1*	Profondità prelievo (m)	*9.4*

PROVINO 3 **Pressione verticale (kPa)** ***200***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*0.192*	*3.28*	*362.2*	*0.182*	*3.27*	*362.2*	*128.1*
540.00	*0.193*	*3.38*	*361.8*	*0.183*	*3.37*	*361.8*	*128.0*
555.00	*0.195*	*3.48*	*361.0*	*0.185*	*3.47*	*361.0*	*127.7*
570.00	*0.198*	*3.56*	*360.0*	*0.188*	*3.56*	*360.0*	*127.3*
585.00	*0.198*	*3.67*	*360.6*	*0.188*	*3.66*	*360.6*	*127.5*
600.00	*0.198*	*3.77*	*359.3*	*0.188*	*3.76*	*359.3*	*127.1*
615.00	*0.201*	*3.87*	*357.4*	*0.191*	*3.86*	*357.4*	*126.4*
630.00	*0.200*	*3.96*	*355.8*	*0.190*	*3.96*	*355.8*	*125.8*
645.00	*0.201*	*4.06*	*353.2*	*0.191*	*4.05*	*353.2*	*124.9*
660.00	*0.202*	*4.17*	*349.9*	*0.192*	*4.16*	*349.9*	*123.8*
675.00	*0.205*	*4.27*	*346.9*	*0.195*	*4.26*	*346.9*	*122.7*
690.00	*0.208*	*4.37*	*342.9*	*0.198*	*4.36*	*342.9*	*121.3*
705.00	*0.208*	*4.47*	*340.3*	*0.198*	*4.46*	*340.3*	*120.3*
720.00	*0.215*	*4.56*	*336.8*	*0.205*	*4.55*	*336.8*	*119.1*
735.00	*0.215*	*4.67*	*335.2*	*0.205*	*4.66*	*335.2*	*118.5*
750.00	*0.215*	*4.76*	*333.9*	*0.205*	*4.75*	*333.9*	*118.1*
765.00	*0.227*	*4.86*	*333.8*	*0.217*	*4.85*	*333.8*	*118.1*
780.00	*0.227*	*4.97*	*334.0*	*0.217*	*4.96*	*334.0*	*118.1*
795.00	*0.228*	*5.06*	*333.8*	*0.218*	*5.06*	*333.8*	*118.1*
810.00	*0.244*	*5.16*	*335.2*	*0.234*	*5.15*	*335.2*	*118.5*
825.00	*0.245*	*5.26*	*335.1*	*0.235*	*5.25*	*335.1*	*118.5*
840.00	*0.245*	*5.36*	*335.5*	*0.235*	*5.35*	*335.5*	*118.7*
855.00	*0.250*	*5.46*	*335.5*	*0.240*	*5.45*	*335.5*	*118.7*
870.00	*0.263*	*5.56*	*336.6*	*0.253*	*5.55*	*336.6*	*119.0*
885.00	*0.263*	*5.66*	*336.6*	*0.253*	*5.65*	*336.6*	*119.0*
900.00	*0.270*	*5.75*	*336.2*	*0.260*	*5.74*	*336.2*	*118.9*
915.00	*0.286*	*5.86*	*337.0*	*0.276*	*5.85*	*337.0*	*119.2*
930.00	*0.286*	*5.95*	*337.8*	*0.276*	*5.94*	*337.8*	*119.5*
945.00	*0.287*	*6.05*	*338.5*	*0.277*	*6.04*	*338.5*	*119.7*
960.00	*0.299*	*6.15*	*339.7*	*0.289*	*6.14*	*339.7*	*120.1*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Raggi Cinzia.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3905

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024

Sondaggio: S1
Campione: CI1
Profondità: 9.00-9.50 m
Data esecuzione prova: 09-23/12/2024
Specifica di prova: ASTM D2435-96
Rep: 24/224

Caratteristiche generali

Sezione provino	**19.63**	cm^2
Altezza iniziale provino	**20.00**	mm
Altezza finale provino	**16.44**	mm

Massa tara + provino umido iniziale	**134.46**	g
Massa tara	**60.31**	g
Massa tara + provino umido finale	**129.45**	g
Tara N.	**A**	
Massa tara finale	**60.31**	g
Massa tara + provino secco	**118.62**	g

Massa provino umido iniziale	**74.15**	g
Massa provino umido finale	**69.14**	g
Massa provino secco	**58.31**	g

Peso specifico	**2.72**	Mg/m^3

Contenuto d'acqua iniziale	**27.17**	%
Contenuto d'acqua finale	**18.57**	%

Densità umida iniziale	**18.52**	kN/m^3
Densità umida finale	**21.01**	kN/m^3
Densità secca iniziale	**14.57**	kN/m^3
Densità secca finale	**17.72**	kN/m^3

Indice dei vuoti iniziale	**0.831**	
Indice dei vuoti finale	**0.505**	
Saturazione iniziale	**88.88**	%
Saturazione finale	**99.96**	%

Tabella riassuntiva

Pressione	Ɛ	e	M	Mv	Cv	Metodo	K	Calfa
kPa	%		MPa	MPa-1	cm2/sec		m/sec	
fase di carico/scarico								
0.00	0.00	0.831						
12.5	0.21	0.828	5.95	0.168				
25	0.70	0.819	2.55	0.392				
50	1.53	0.803	3.01	0.332				
100	2.63	0.783	4.55	0.220	5.312E-03	Taylor	1.15E-09	
200	4.45	0.750	5.49	0.182	4.679E-03	Taylor	8.35E-10	
400	6.87	0.706	8.26	0.121	3.127E-03	Taylor	3.71E-10	
800	10.31	0.643	11.63	0.086				
1600	14.79	0.561	17.86	0.056				
3200	19.92	0.467	31.19	0.032				
800	19.32	0.478						
200	18.69	0.489						
50	18.00	0.502						
12.5	17.30	0.515						

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

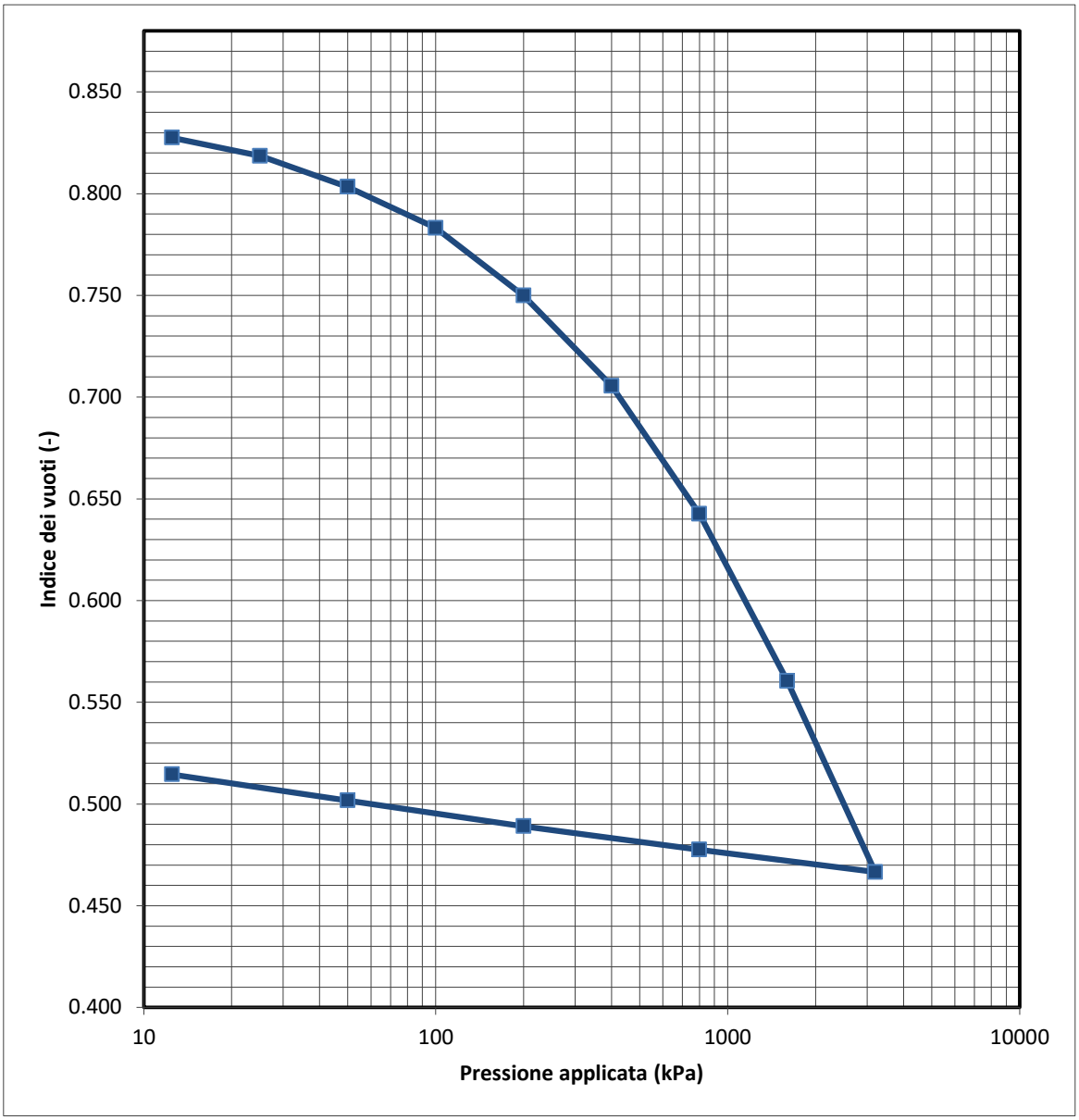
Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3905

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 9.00-9.50 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

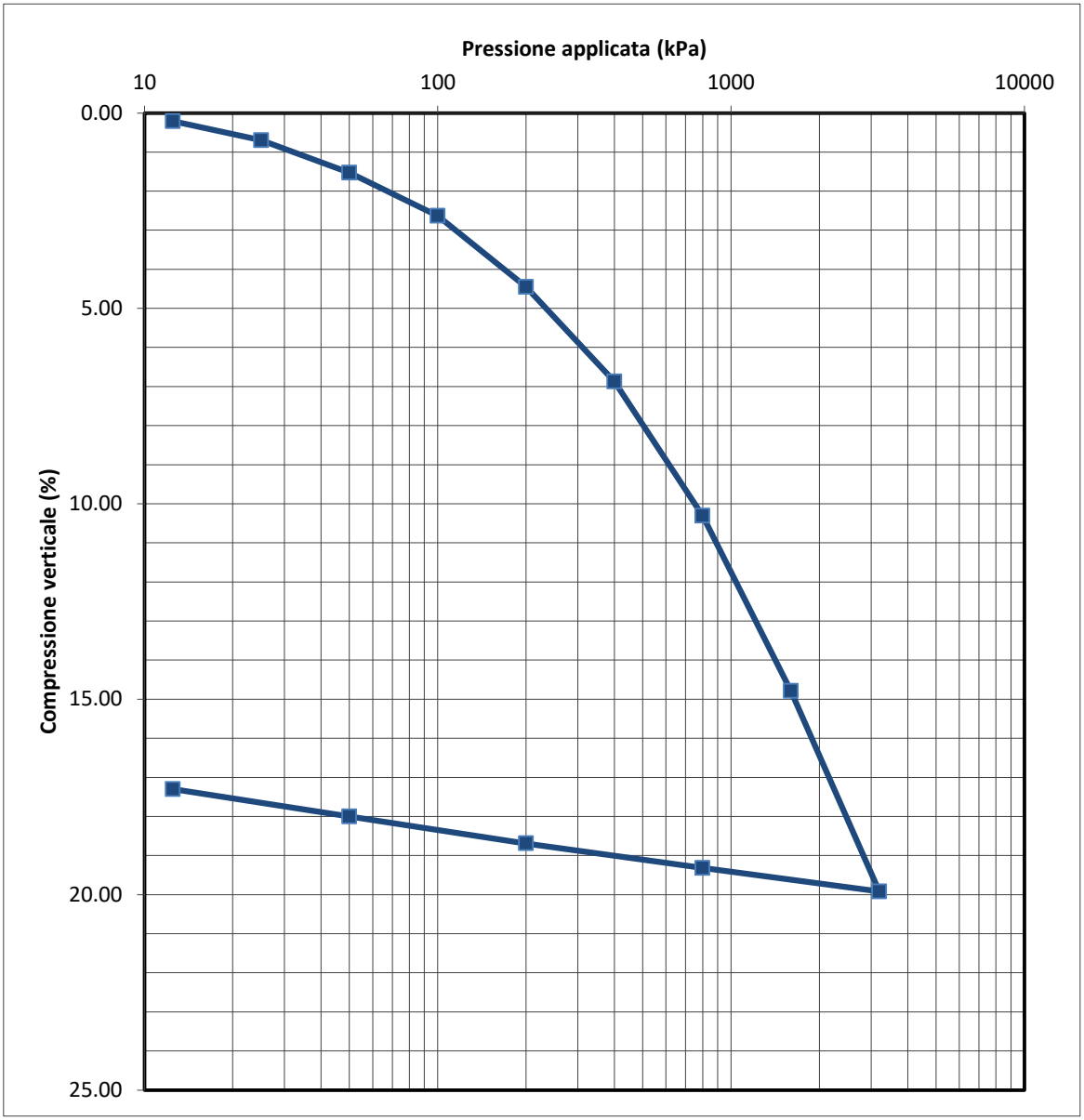
Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3905

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 9.00-9.50 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

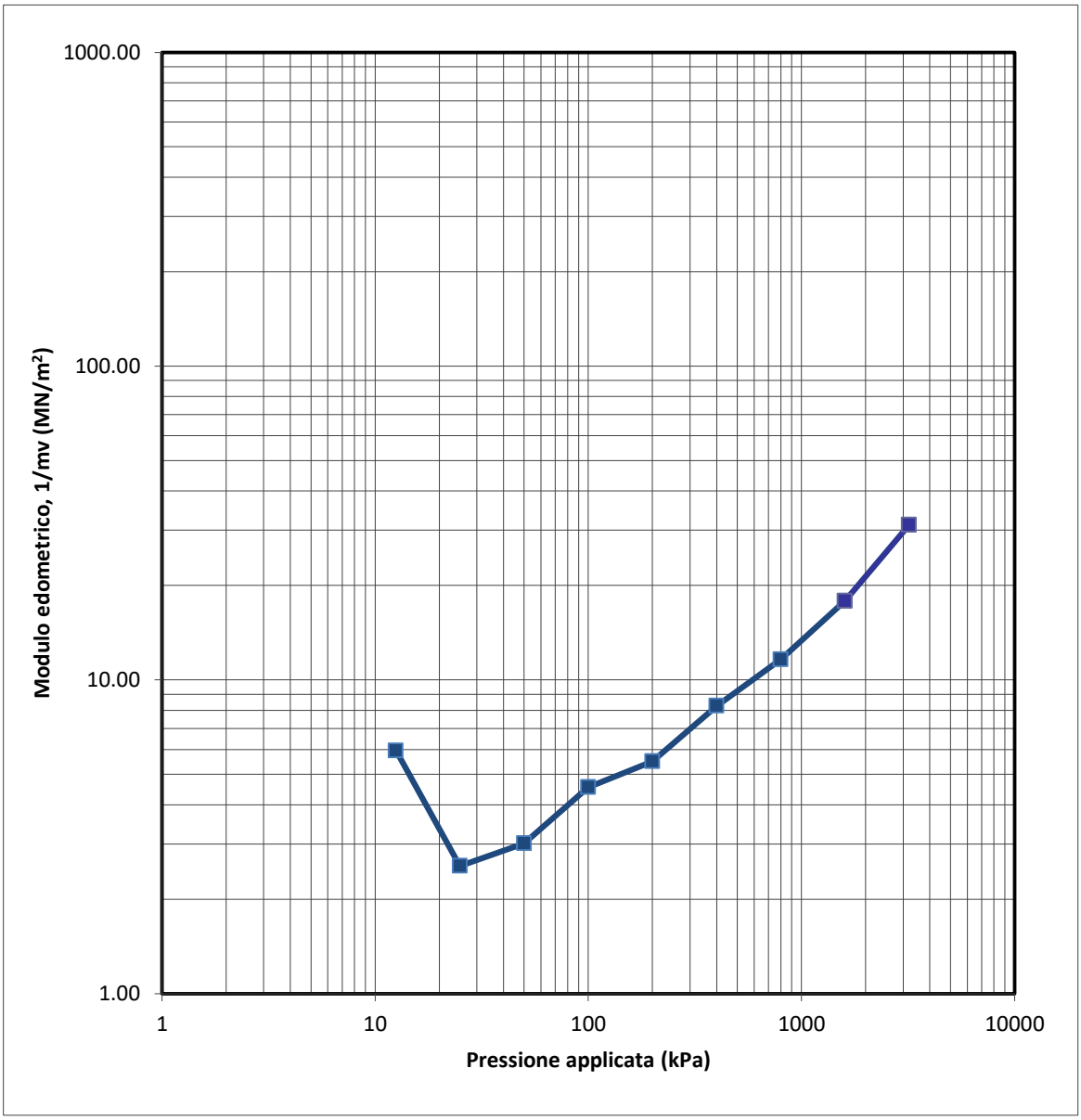
Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3905

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 9.00-9.50 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

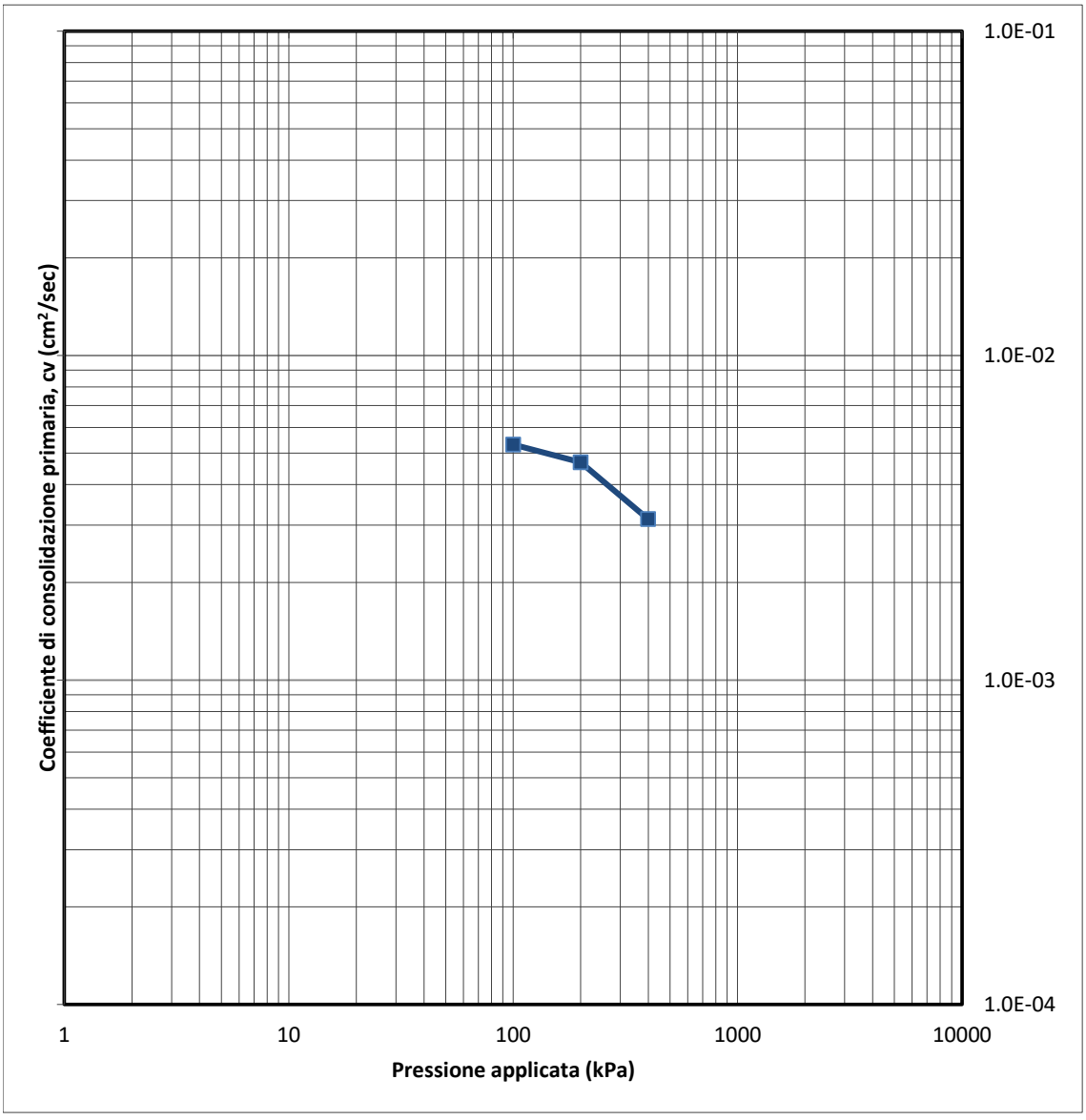
Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3905

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 9.00-9.50 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 13/12/2024

Certificato n° 3848

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 16.50 - 17.00 m**
Verbale: 160	**Data: 09/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2488-09a- D4648-10**
Note:	**Rep: 24/224**

Contenitore del campione	**X**	**Inox**		**PVC**
		Vetro		**Sacchetto**

Dimensioni del campione		**<2"**	**X**	**<4"**
		<3"		**>4"**

Condizioni del materiale	**X**	**Buone**		**Rammollito**
		Mediocri		**Strati piegati**
		Cattive		**Rimaneggiato**

FOTO DEL CAMPIONE

Descrizione del campione — Qualità del campione: Q5

Campione di 54 cm di lunghezza.
Limo con argilla sabbioso e raro ghiaietto di colore marrone.

Consistenza (kPa)	**cm**	**Scissometro**		**Penetrometro**
Alto		**kPa**		**kPa**
	0-10	**30**	**TG**	**50**
	10-20	**20**	**TG**	**80**
	20-30	**5**	**TG-ED**	**70**
	30-40	**10**		**50**
	40-50	**10**		**110**
	50-60	**10**		**160**
	60-70			
Basso	**70-80**			
	80-90			

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Daniele Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3849

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CI2
Profondità: 16.50 - 17.00 m
Data esecuzione: 10-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D421-07/D422-07
Rep: 24/224

M (gr) = 128.88

Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
100	0.00	0.00	0.00	100.00
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	0.00	0.00	0.00	100.00
12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
4.75	0.55	0.43	0.43	99.57
2.00	0.36	0.28	0.71	99.29
1.00	0.28	0.22	0.92	99.08
0.425	0.53	0.41	1.33	98.67
0.180	4.61	3.58	4.91	95.09
0.075	22.10	17.15	22.06	77.94
Fondo	100.45			

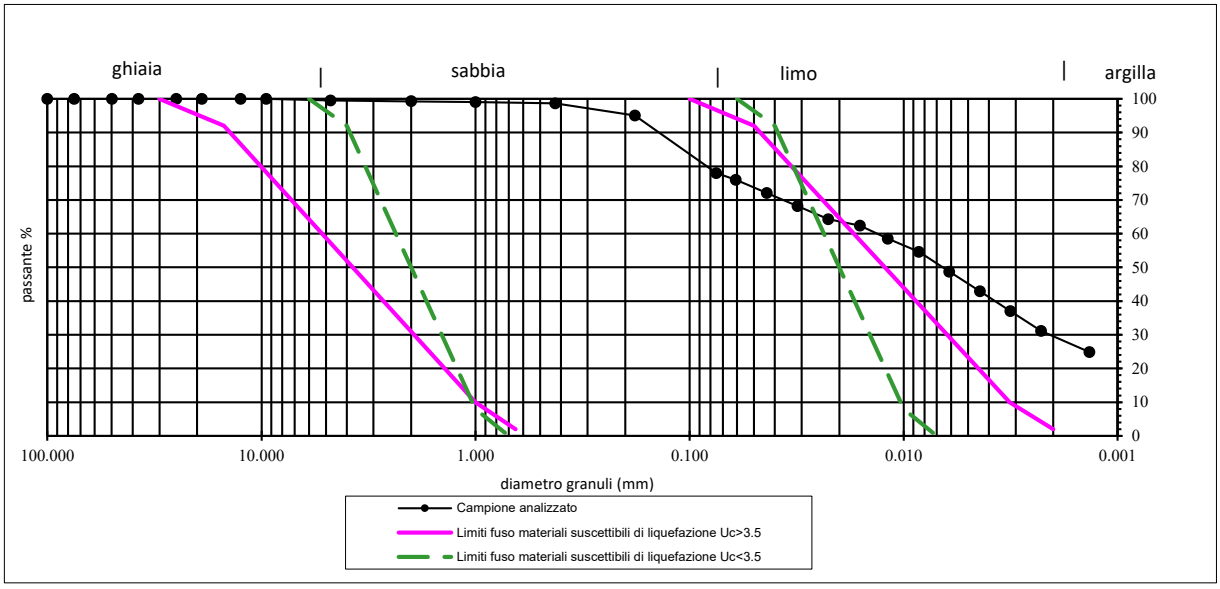
Analisi con areometro

Areometro n°	**1**
Areometro tipo	**152 H**
Dispersivo	*esametafosfato di sodio*
Correz. dispersivo Cd	**-1**
Correz. menisco Cm	**0.5**
Correz. temperatura Ct	**-4+0,25*T**
Campione secco Psp (g)	**40**
Peso spec.f<0 ,074 (Gs) =	**2.72**
Costante K =	**1.000**

Tempo **min**	Temperatura **°C**	Lettura **R**	Lettura corr. **R'=R+Cm**	Corr. Temp. **Ct**	f grani **mm**	Lettura ridotta **R"=R'+Cd+Ct**	% Parziale **KR"**	% Somma **KR"X**
0.5	18.0	39.0	39.5	0.50	0.0608	39.00	97.52	76.01
1	18.0	37.0	37.5	0.50	0.0437	37.00	92.52	72.11
2	18.0	35.0	35.5	0.50	0.0313	35.00	87.52	68.21
4	18.0	33.0	33.5	0.50	0.0225	33.00	82.52	64.31
8	18.0	32.0	32.5	0.50	0.0160	32.00	80.02	62.37
15	18.0	30.0	30.5	0.50	0.0118	30.00	75.02	58.47
30	18.0	28.0	28.5	0.50	0.0085	28.00	70.01	54.57
60	18.0	25.0	25.5	0.50	0.0061	25.00	62.51	48.72
120	18.0	22.0	22.5	0.50	0.0044	22.00	55.01	42.88
240	18.0	19.0	19.5	0.50	0.0032	19.00	47.51	37.03
480	18.0	16.0	16.5	0.50	0.0023	16.00	40.01	31.18
1440	17.0	13.0	13.5	0.25	0.0014	12.75	31.88	24.85

Classificazione	**USCS**	**CNR-UNI**
	ML-CL	

% ghiaia	**% sabbia**	**% limo**	**% argilla**
0.43	**21.63**	**48.69**	**29.25**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Eugenio Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

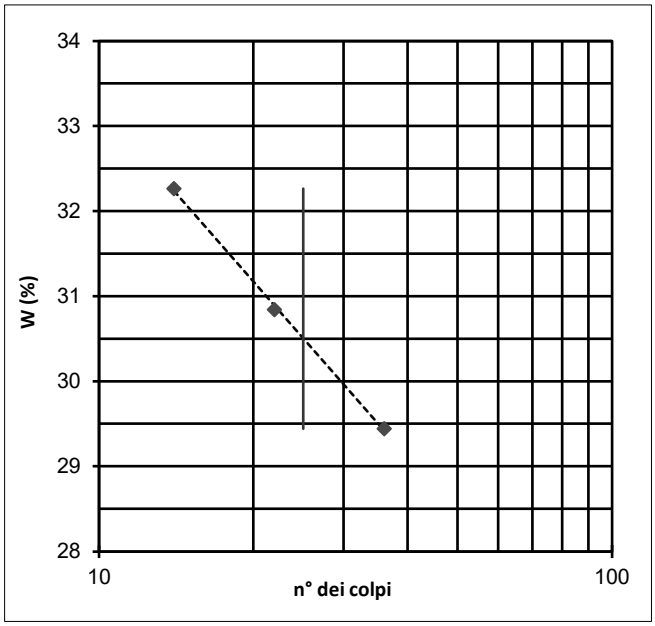
Data emissione: 13/12/2024
Certificato n° 3850

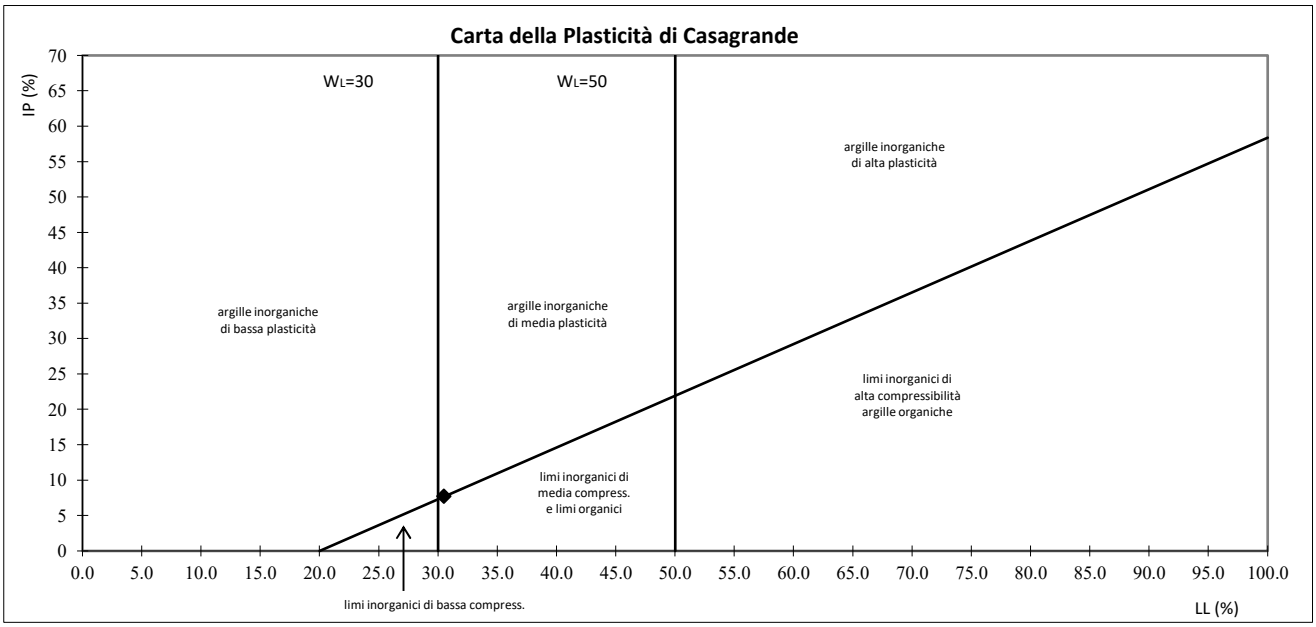
LIMITI DI CONSISTENZA

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CI2
Profondità: 16.50 - 17.00 m
Data di esecuzione: 12-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D4318-10
Rep: 24/224

Limite liquido		**LL (%) =**	**30.5**
Contenitore	12	25	11
Massa umida + t (g)	57.44	58.11	57.11
Massa secca + t (g)	54.62	54.81	54.21
Massa acqua contenuta (g)	2.82	3.30	2.90
Tara t (g)	45.88	44.11	44.36
Massa secca netta (g)	8.74	10.70	9.85
Contenuto d'acqua W (%)	32.27	30.84	29.44
Numero colpi	14	22	36
Limite plastico		**LP (%) =**	**22.8**
Contenitore		s	e
Massa umida + t (g)		18.36	17.22
Massa secca + t (g)		16.66	15.76
Massa acqua contenuta (g)		1.70	1.46
Tara t (g)		9.22	9.32
Massa secca (g)		7.44	6.44
Contenuto d'acqua W (%)		22.85	22.67
Indice di Plasticità	*(LL-LP) =*	**IP**	**7.7**





Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Certificato n° 3851

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 16.50 - 17.00 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione: 09-10/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM e BS**
Note:	**Rep: 24/224**

Contenuto d'acqua	**ASTM D 2216-10**	**W (%) =**	**23.00**
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	769.30	1203.02	741.25
Massa lorda secca (g)	628.10	985.25	605.20
Massa acqua contenuta (g)	141.20	217.77	136.05
Tara (g)	22.26	15.23	20.17
Massa netta secca (g)	605.84	970.02	585.03
Contenuto d'acqua W (%)	23.31	22.45	23.26

Peso di volume naturale	**BS 1377 Part 2**	**γ n (kN/m3) =**	**19.63**
Contenitore	A	B	C
Massa umida + stampo (g)	156.60	156.87	157.78
Massa dello stampo (g)	44.41	43.95	43.36
Massa terreno netta umida (g)	112.19	112.92	114.42
Volume dello stampo (cm^3)	56.54	56.54	56.54
Peso di volume naturale (kN/m^3)	19.46	19.59	19.85

Peso specifico dei grani	**ASTM D 854-10**	**Gs (Mg/m3) =**	
Prova n°			
Volume picnometro (cm^3)			
Massa picnometro (g)			
Massa picnometro + terra (g)			
Massa terra netta (g)			
Massa picn. + terra + acqua (g)			
Massa terra + acqua (g)			
Tempo di ebollizione (min)			
Peso specifico (Mg/m^3)			
Temperatura (°C)			
Densita' acqua (Mg/m^3)			
Costante K			
Peso specifico **T = 20°C**			

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE		
Contenuto d'acqua naturale	**W (%)**	**23.00**
Peso di volume naturale	**γ n (kN/m3)**	**19.63**
Peso di volume secco	**γ d (kN/m3)**	**15.96**
Peso di volume saturo	**γ s (kN/m3)**	
Peso specifico dei grani	**Gs (Mg/m3)**	
Porosita'	**n (%)**	
Indice dei pori	**e**	
Grado di saturazione	**Sr (%)**	

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti, stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*		
Sondaggio - Campione	*S1-CI2*	Tipo provino	*Indisturbato*
Certificato	*3852- 13/12/2024*		
Peso specifico	*2.72 (Stimato)*	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio	*Macchina di Taglio con Geodatalog*		

CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	*1*	*2*	*3*
Profondità prelievo (m)	*16.50*	*16.60*	*16.70*
Altezza (mm)	*20.0*	*20.0*	*20.0*
Diametro (mm)	*60.0*	*60.0*	*60.0*
Sezione (mm²)	*2827.4*	*2827.4*	*2827.4*
Umidità (misura diretta) (%)	*24*	*25*	*24*
Umidità (trimming) (%)			
Densità secca (g)	*90.6*	*90.5*	*92.4*
Densità umida (kN/m³)	*19.46*	*19.59*	*19.85*
Densità secca (kN/m³)	*15.72*	*15.70*	*16.04*
Indice dei vuoti	*0.697*	*0.699*	*0.664*
Grado di saturazione (%)	*93*	*96*	*97*

FASE DI TAGLIO			
Velocità fase di taglio (mm/min)	*0.006525*	*0.006319*	*0.006404*
Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)			
Pressione verticale (kPa)	*200*	*300*	*400*
Tensione di taglio (kPa)	*119*	*172*	*226*
Spostamento orizzontale (mm)	*4.13*	*4.37*	*4.39*
Def. verticale (mm)	*0.060*	*0.312*	*0.316*

CONDIZIONI FINALI			
Contenuto d'acqua (%)	*23*	*21*	*18*
Densità umida (kN/m³)	*20.25*	*20.58*	*22.67*
Densità secca (kN/m³)	*16.52*	*17.05*	*19.16*

Coesione (kPa)	*10.8*
Angolo di resistenza al taglio (°)	*28.3*

Commenti / variazioni delle procedure:			
Grado di saturazione finale (%)	*100*	*100*	*100*

Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

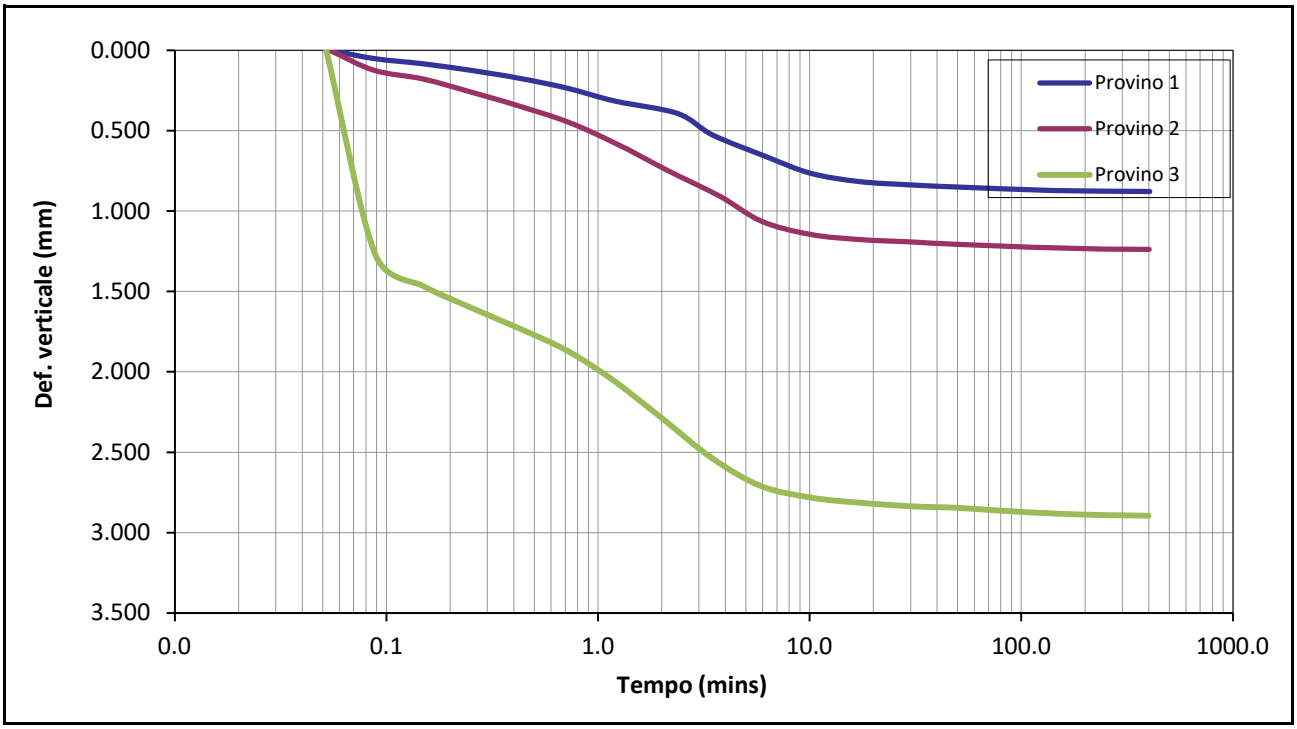
Servizi Geotecnici Liguri Srl

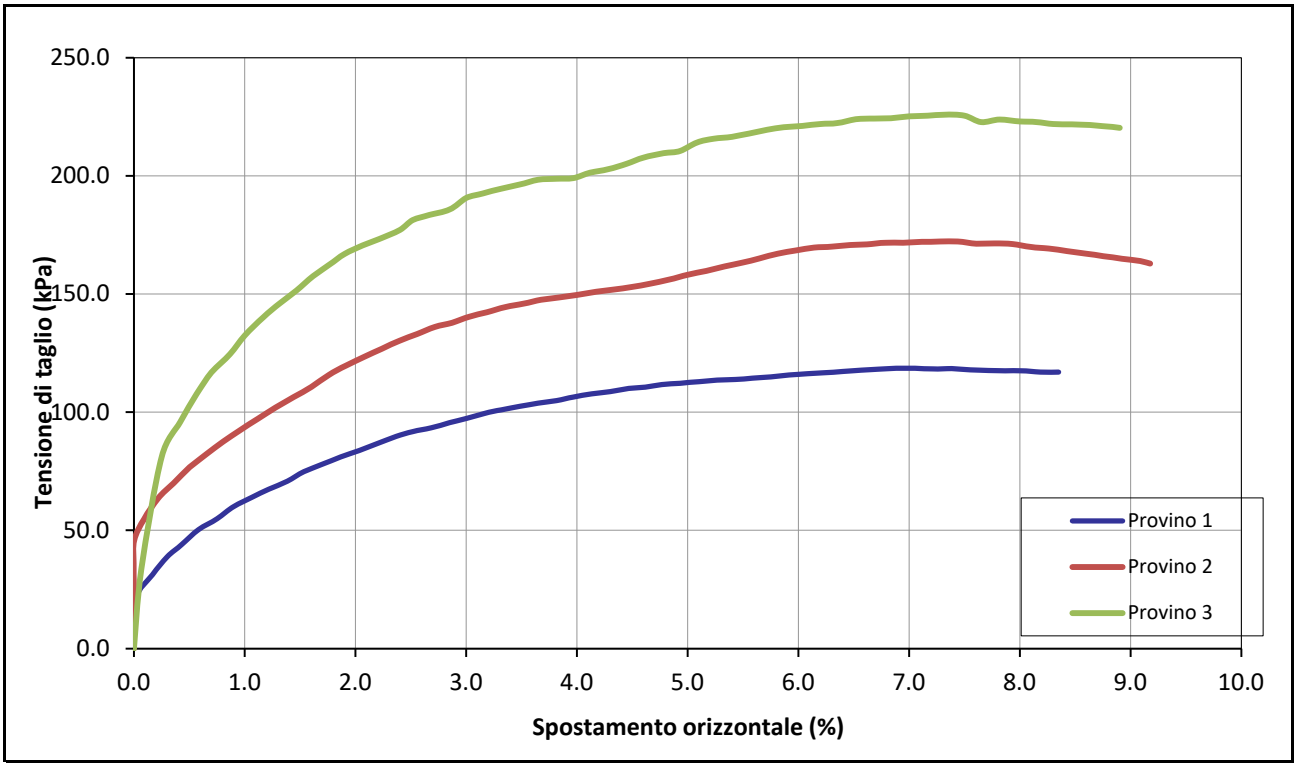
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1, 2, 3*
Sondaggio - Campione	*S1-CI2*	Profondità prelievo (m)	*16.50, 16.60, 16.70*





Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

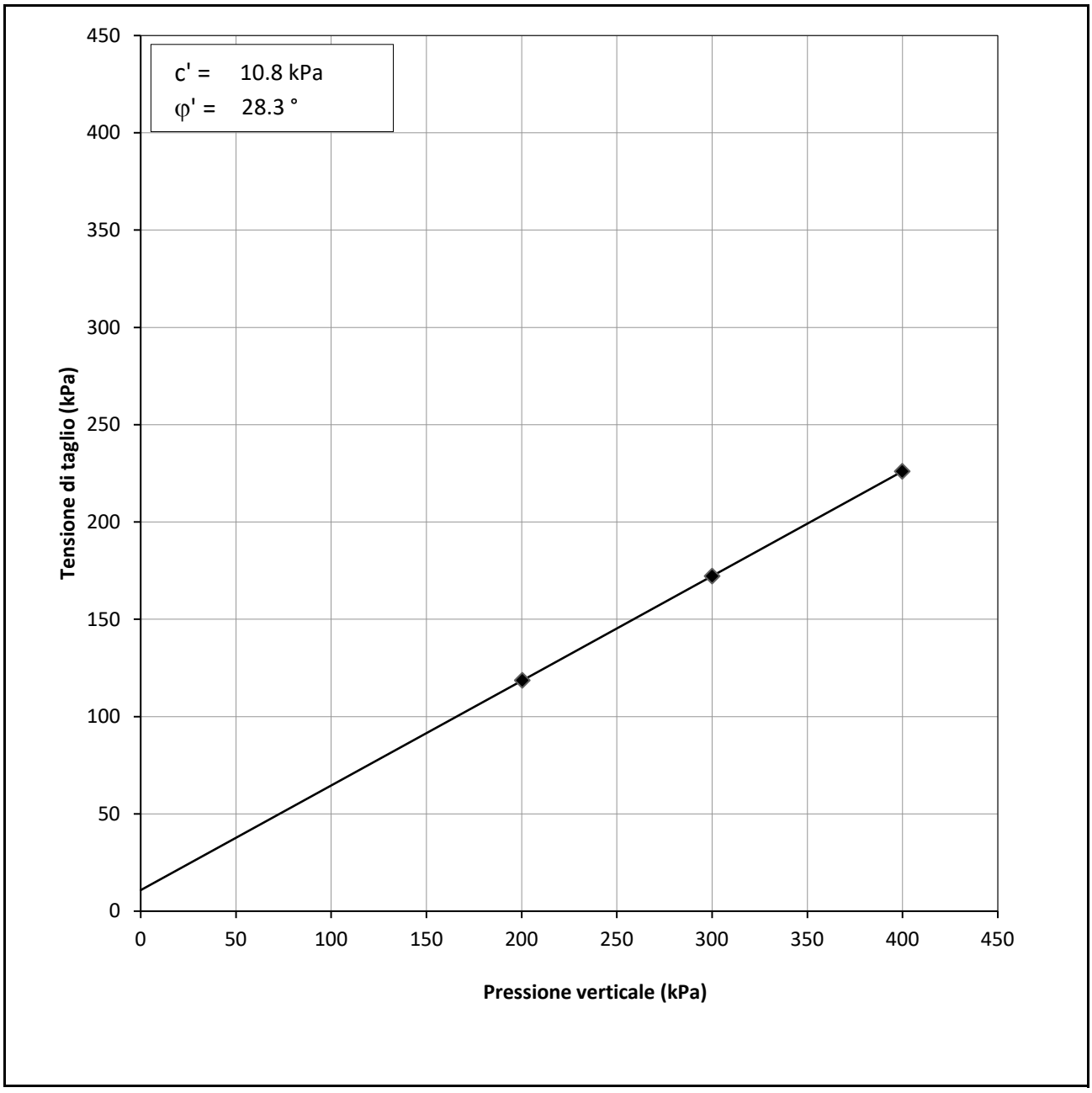
Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1, 2, 3*
Sondaggio - Campione	*S1-CI2*	Profondità prelievo (m)	*16.50, 16.60, 16.70*



Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1*
Sondaggio - Campione	*S1-CI2*	Profondità prelievo (m)	*16.50*

PROVINO 1 — **Pressione verticale (kPa)** ***200***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	*1.527*	*0.00*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*1.536*	*0.00*	*4.5*	*0.009*	*0.00*	*4.5*	*1.6*
30.00	*1.538*	*0.01*	*59.9*	*0.011*	*0.01*	*59.9*	*21.2*
45.00	*1.539*	*0.10*	*88.3*	*0.012*	*0.10*	*88.3*	*31.2*
60.00	*1.539*	*0.18*	*109.8*	*0.012*	*0.18*	*109.8*	*38.8*
75.00	*1.539*	*0.26*	*124.6*	*0.012*	*0.26*	*124.6*	*44.1*
90.00	*1.539*	*0.35*	*142.3*	*0.012*	*0.35*	*142.3*	*50.3*
105.00	*1.539*	*0.45*	*155.2*	*0.012*	*0.45*	*155.2*	*54.9*
120.00	*1.539*	*0.54*	*170.0*	*0.012*	*0.54*	*170.0*	*60.1*
135.00	*1.544*	*0.64*	*181.1*	*0.017*	*0.64*	*181.1*	*64.1*
150.00	*1.559*	*0.73*	*190.6*	*0.032*	*0.73*	*190.6*	*67.4*
165.00	*1.581*	*0.83*	*200.3*	*0.054*	*0.83*	*200.3*	*70.8*
180.00	*1.604*	*0.92*	*211.5*	*0.077*	*0.92*	*211.5*	*74.8*
195.00	*1.618*	*1.02*	*220.5*	*0.091*	*1.02*	*220.5*	*78.0*
210.00	*1.632*	*1.12*	*229.1*	*0.105*	*1.12*	*229.1*	*81.0*
225.00	*1.641*	*1.22*	*237.0*	*0.114*	*1.22*	*237.0*	*83.8*
240.00	*1.652*	*1.32*	*245.4*	*0.125*	*1.32*	*245.4*	*86.8*
255.00	*1.658*	*1.42*	*253.8*	*0.131*	*1.42*	*253.8*	*89.8*
270.00	*1.665*	*1.51*	*259.7*	*0.138*	*1.51*	*259.7*	*91.9*
285.00	*1.674*	*1.61*	*264.0*	*0.147*	*1.61*	*264.0*	*93.4*
300.00	*1.684*	*1.71*	*270.2*	*0.157*	*1.71*	*270.2*	*95.6*
315.00	*1.690*	*1.80*	*275.1*	*0.163*	*1.80*	*275.1*	*97.3*
330.00	*1.703*	*1.90*	*281.4*	*0.176*	*1.90*	*281.4*	*99.5*
345.00	*1.704*	*1.99*	*285.7*	*0.177*	*1.99*	*285.7*	*101.0*
360.00	*1.706*	*2.09*	*289.7*	*0.179*	*2.09*	*289.7*	*102.5*
375.00	*1.712*	*2.19*	*293.5*	*0.185*	*2.19*	*293.5*	*103.8*
390.00	*1.724*	*2.29*	*296.7*	*0.197*	*2.29*	*296.7*	*104.9*
405.00	*1.728*	*2.38*	*301.0*	*0.201*	*2.38*	*301.0*	*106.5*
420.00	*1.737*	*2.48*	*304.7*	*0.210*	*2.48*	*304.7*	*107.8*
435.00	*1.737*	*2.58*	*307.3*	*0.210*	*2.58*	*307.3*	*108.7*
450.00	*1.741*	*2.68*	*311.1*	*0.214*	*2.68*	*311.1*	*110.0*
465.00	*1.741*	*2.77*	*312.7*	*0.214*	*2.77*	*312.7*	*110.6*
480.00	*1.752*	*2.86*	*315.9*	*0.225*	*2.86*	*315.9*	*111.7*
495.00	*1.752*	*2.96*	*317.5*	*0.225*	*2.96*	*317.5*	*112.3*
510.00	*1.756*	*3.06*	*319.3*	*0.229*	*3.06*	*319.3*	*112.9*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Gabriele.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1*
Sondaggio - Campione	*S1-CI2*	Profondità prelievo (m)	*16.50*

PROVINO 1	**Pressione verticale (kPa)** ***200***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*1.756*	*3.16*	*321.0*	*0.229*	*3.16*	*321.0*	*113.5*
540.00	*1.756*	*3.26*	*322.1*	*0.229*	*3.26*	*322.1*	*113.9*
555.00	*1.762*	*3.35*	*323.3*	*0.235*	*3.35*	*323.3*	*114.3*
570.00	*1.772*	*3.45*	*325.2*	*0.245*	*3.45*	*325.2*	*115.0*
585.00	*1.772*	*3.55*	*327.2*	*0.245*	*3.55*	*327.2*	*115.7*
600.00	*1.772*	*3.65*	*328.9*	*0.245*	*3.65*	*328.9*	*116.3*
615.00	*1.772*	*3.74*	*330.0*	*0.245*	*3.74*	*330.0*	*116.7*
630.00	*1.783*	*3.84*	*331.4*	*0.256*	*3.84*	*331.4*	*117.2*
645.00	*1.783*	*3.94*	*333.1*	*0.256*	*3.94*	*333.1*	*117.8*
660.00	*1.787*	*4.03*	*334.3*	*0.260*	*4.03*	*334.3*	*118.2*
675.00	*1.787*	*4.13*	*335.3*	*0.260*	*4.13*	*335.3*	*118.6*
690.00	*1.788*	*4.23*	*335.3*	*0.261*	*4.23*	*335.3*	*118.6*
705.00	*1.791*	*4.33*	*334.4*	*0.264*	*4.33*	*334.4*	*118.3*
720.00	*1.791*	*4.43*	*334.8*	*0.264*	*4.43*	*334.8*	*118.4*
735.00	*1.791*	*4.53*	*333.5*	*0.264*	*4.53*	*333.5*	*118.0*
750.00	*1.791*	*4.63*	*332.8*	*0.264*	*4.63*	*332.8*	*117.7*
765.00	*1.792*	*4.72*	*332.2*	*0.265*	*4.72*	*332.2*	*117.5*
780.00	*1.800*	*4.81*	*332.4*	*0.273*	*4.81*	*332.4*	*117.6*
795.00	*1.800*	*4.91*	*330.7*	*0.273*	*4.91*	*330.7*	*117.0*
810.00	*1.807*	*5.01*	*330.9*	*0.280*	*5.01*	*330.9*	*117.0*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Gabriele.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*2*
Sondaggio - Campione	*S1-CI2*	Profondità prelievo (m)	*16.6*

PROVINO 2 **Pressione verticale (kPa)** ***300***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.01	*2.156*	*0.00*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*2.162*	*0.00*	*39.3*	*0.006*	*0.00*	*39.3*	*13.9*
30.00	*2.165*	*0.00*	*73.3*	*0.009*	*0.00*	*73.3*	*25.9*
45.00	*2.171*	*0.00*	*102.5*	*0.015*	*0.00*	*102.5*	*36.3*
60.00	*2.175*	*0.00*	*129.7*	*0.019*	*0.00*	*129.7*	*45.9*
75.00	*2.182*	*0.06*	*155.1*	*0.026*	*0.06*	*155.1*	*54.9*
90.00	*2.197*	*0.13*	*179.5*	*0.041*	*0.13*	*179.5*	*63.5*
105.00	*2.213*	*0.21*	*197.9*	*0.057*	*0.21*	*197.9*	*70.0*
120.00	*2.232*	*0.30*	*216.9*	*0.076*	*0.30*	*216.9*	*76.7*
135.00	*2.250*	*0.40*	*233.0*	*0.094*	*0.40*	*233.0*	*82.4*
150.00	*2.267*	*0.48*	*247.5*	*0.111*	*0.48*	*247.5*	*87.5*
165.00	*2.280*	*0.57*	*261.2*	*0.124*	*0.57*	*261.2*	*92.4*
180.00	*2.295*	*0.67*	*275.0*	*0.139*	*0.67*	*275.0*	*97.3*
195.00	*2.309*	*0.77*	*288.2*	*0.153*	*0.77*	*288.2*	*101.9*
210.00	*2.325*	*0.87*	*300.7*	*0.169*	*0.87*	*300.7*	*106.4*
225.00	*2.336*	*0.96*	*313.2*	*0.180*	*0.96*	*313.2*	*110.8*
240.00	*2.345*	*1.06*	*327.2*	*0.189*	*1.06*	*327.2*	*115.7*
255.00	*2.354*	*1.15*	*338.4*	*0.198*	*1.15*	*338.4*	*119.7*
270.00	*2.363*	*1.25*	*348.8*	*0.207*	*1.25*	*348.8*	*123.4*
285.00	*2.372*	*1.34*	*358.9*	*0.216*	*1.34*	*358.9*	*126.9*
300.00	*2.380*	*1.44*	*368.4*	*0.224*	*1.44*	*368.4*	*130.3*
315.00	*2.392*	*1.53*	*376.3*	*0.236*	*1.53*	*376.3*	*133.1*
330.00	*2.397*	*1.63*	*384.7*	*0.241*	*1.63*	*384.7*	*136.1*
345.00	*2.403*	*1.72*	*389.8*	*0.247*	*1.72*	*389.8*	*137.9*
360.00	*2.413*	*1.82*	*397.1*	*0.257*	*1.82*	*397.1*	*140.4*
375.00	*2.420*	*1.91*	*402.5*	*0.264*	*1.91*	*402.5*	*142.4*
390.00	*2.436*	*2.01*	*408.6*	*0.280*	*2.01*	*408.6*	*144.5*
405.00	*2.443*	*2.11*	*412.6*	*0.287*	*2.11*	*412.6*	*145.9*
420.00	*2.448*	*2.21*	*417.2*	*0.292*	*2.21*	*417.2*	*147.6*
435.00	*2.451*	*2.30*	*420.0*	*0.295*	*2.30*	*420.0*	*148.5*
450.00	*2.461*	*2.40*	*423.1*	*0.305*	*2.40*	*423.1*	*149.6*
465.00	*2.467*	*2.50*	*426.9*	*0.311*	*2.50*	*426.9*	*151.0*
480.00	*2.482*	*2.60*	*429.4*	*0.326*	*2.60*	*429.4*	*151.9*
495.00	*2.490*	*2.70*	*432.5*	*0.334*	*2.70*	*432.5*	*153.0*
510.00	*2.500*	*2.80*	*436.5*	*0.344*	*2.80*	*436.5*	*154.4*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*2*
Sondaggio - Campione	*S1-CI2*	Profondità prelievo (m)	*16.6*

PROVINO 2 **Pressione verticale (kPa)** ***300***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*2.510*	*2.90*	*441.3*	*0.354*	*2.90*	*441.3*	*156.1*
540.00	*2.522*	*3.00*	*447.2*	*0.366*	*3.00*	*447.2*	*158.2*
555.00	*2.536*	*3.10*	*451.7*	*0.380*	*3.10*	*451.7*	*159.8*
570.00	*2.551*	*3.20*	*457.1*	*0.395*	*3.20*	*457.1*	*161.7*
585.00	*2.567*	*3.30*	*461.6*	*0.411*	*3.30*	*461.6*	*163.3*
600.00	*2.576*	*3.39*	*466.7*	*0.420*	*3.39*	*466.7*	*165.1*
615.00	*2.588*	*3.49*	*472.5*	*0.432*	*3.49*	*472.5*	*167.1*
630.00	*2.600*	*3.59*	*476.2*	*0.444*	*3.59*	*476.2*	*168.4*
645.00	*2.605*	*3.68*	*479.7*	*0.449*	*3.68*	*479.7*	*169.7*
660.00	*2.616*	*3.78*	*480.8*	*0.460*	*3.78*	*480.8*	*170.0*
675.00	*2.624*	*3.88*	*482.8*	*0.468*	*3.88*	*482.8*	*170.8*
690.00	*2.633*	*3.97*	*483.6*	*0.477*	*3.97*	*483.6*	*171.0*
705.00	*2.645*	*4.07*	*485.6*	*0.489*	*4.07*	*485.6*	*171.7*
720.00	*2.653*	*4.17*	*485.6*	*0.497*	*4.17*	*485.6*	*171.7*
735.00	*2.661*	*4.27*	*486.5*	*0.505*	*4.27*	*486.5*	*172.1*
750.00	*2.668*	*4.37*	*486.8*	*0.512*	*4.37*	*486.8*	*172.2*
765.00	*2.672*	*4.46*	*486.8*	*0.516*	*4.46*	*486.8*	*172.2*
780.00	*2.674*	*4.56*	*484.5*	*0.518*	*4.56*	*484.5*	*171.4*
795.00	*2.676*	*4.66*	*484.6*	*0.520*	*4.66*	*484.6*	*171.4*
810.00	*2.679*	*4.76*	*484.0*	*0.523*	*4.76*	*484.0*	*171.2*
825.00	*2.679*	*4.86*	*480.3*	*0.523*	*4.86*	*480.3*	*169.9*
840.00	*2.684*	*4.96*	*478.5*	*0.528*	*4.96*	*478.5*	*169.2*
855.00	*2.686*	*5.05*	*475.5*	*0.530*	*5.05*	*475.5*	*168.2*
870.00	*2.689*	*5.16*	*472.5*	*0.533*	*5.16*	*472.5*	*167.1*
885.00	*2.689*	*5.25*	*469.5*	*0.533*	*5.25*	*469.5*	*166.1*
900.00	*2.694*	*5.35*	*466.5*	*0.538*	*5.35*	*466.5*	*165.0*
915.00	*2.695*	*5.45*	*463.5*	*0.539*	*5.45*	*463.5*	*163.9*
923.28	*2.695*	*5.51*	*460.5*	*0.539*	*5.51*	*460.5*	*162.9*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*3*
Sondaggio - Campione	*S1-CI2*	Profondità prelievo (m)	*16.7*

PROVINO 3 **Pressione verticale (kPa)** ***400***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.02	*2.923*	*0.00*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*2.931*	*0.04*	*95.0*	*0.008*	*0.04*	*95.0*	*33.6*
30.00	*2.931*	*0.15*	*229.6*	*0.008*	*0.15*	*229.6*	*81.2*
45.00	*2.931*	*0.25*	*270.7*	*0.008*	*0.25*	*270.7*	*95.7*
60.00	*2.941*	*0.34*	*304.9*	*0.018*	*0.34*	*304.9*	*107.8*
75.00	*2.948*	*0.42*	*330.3*	*0.025*	*0.42*	*330.3*	*116.8*
90.00	*2.965*	*0.52*	*352.1*	*0.042*	*0.52*	*352.1*	*124.5*
105.00	*2.976*	*0.60*	*374.4*	*0.053*	*0.60*	*374.4*	*132.4*
120.00	*2.987*	*0.70*	*396.4*	*0.064*	*0.70*	*396.4*	*140.2*
135.00	*3.011*	*0.79*	*412.9*	*0.088*	*0.79*	*412.9*	*146.0*
150.00	*3.020*	*0.88*	*428.3*	*0.097*	*0.88*	*428.3*	*151.5*
165.00	*3.037*	*0.97*	*445.6*	*0.114*	*0.97*	*445.6*	*157.6*
180.00	*3.046*	*1.06*	*459.3*	*0.123*	*1.06*	*459.3*	*162.4*
195.00	*3.057*	*1.14*	*471.9*	*0.134*	*1.14*	*471.9*	*166.9*
210.00	*3.072*	*1.24*	*482.4*	*0.149*	*1.24*	*482.4*	*170.6*
225.00	*3.086*	*1.33*	*490.1*	*0.163*	*1.33*	*490.1*	*173.3*
240.00	*3.101*	*1.44*	*500.8*	*0.178*	*1.44*	*500.8*	*177.1*
255.00	*3.106*	*1.51*	*512.5*	*0.183*	*1.51*	*512.5*	*181.3*
270.00	*3.114*	*1.60*	*518.6*	*0.191*	*1.60*	*518.6*	*183.4*
285.00	*3.130*	*1.71*	*525.1*	*0.207*	*1.71*	*525.1*	*185.7*
300.00	*3.134*	*1.80*	*538.9*	*0.211*	*1.80*	*538.9*	*190.6*
315.00	*3.141*	*1.89*	*544.5*	*0.218*	*1.89*	*544.5*	*192.6*
330.00	*3.154*	*1.99*	*550.3*	*0.231*	*1.99*	*550.3*	*194.6*
345.00	*3.163*	*2.09*	*555.0*	*0.240*	*2.09*	*555.0*	*196.3*
360.00	*3.170*	*2.19*	*561.0*	*0.247*	*2.19*	*561.0*	*198.4*
375.00	*3.175*	*2.29*	*562.0*	*0.252*	*2.29*	*562.0*	*198.8*
390.00	*3.181*	*2.38*	*562.9*	*0.258*	*2.38*	*562.9*	*199.1*
405.00	*3.192*	*2.47*	*569.2*	*0.269*	*2.47*	*569.2*	*201.3*
420.00	*3.203*	*2.57*	*573.4*	*0.280*	*2.57*	*573.4*	*202.8*
435.00	*3.218*	*2.67*	*580.0*	*0.295*	*2.67*	*580.0*	*205.1*
450.00	*3.233*	*2.76*	*587.4*	*0.310*	*2.76*	*587.4*	*207.8*
465.00	*3.252*	*2.87*	*592.5*	*0.329*	*2.87*	*592.5*	*209.6*
480.00	*3.272*	*2.96*	*595.4*	*0.349*	*2.96*	*595.4*	*210.6*
495.00	*3.281*	*3.05*	*605.4*	*0.358*	*3.05*	*605.4*	*214.1*
510.00	*3.300*	*3.14*	*610.0*	*0.377*	*3.14*	*610.0*	*215.7*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Raggi Girolamo.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*3*
Sondaggio - Campione	*S1-CI2*	Profondità prelievo (m)	*16.7*

PROVINO 3 **Pressione verticale (kPa)** ***400***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*3.314*	*3.24*	*612.2*	*0.391*	*3.24*	*612.2*	*216.5*
540.00	*3.335*	*3.33*	*616.1*	*0.412*	*3.33*	*616.1*	*217.9*
555.00	*3.367*	*3.43*	*620.5*	*0.444*	*3.43*	*620.5*	*219.5*
570.00	*3.370*	*3.52*	*623.8*	*0.447*	*3.52*	*623.8*	*220.6*
585.00	*3.379*	*3.62*	*625.2*	*0.456*	*3.62*	*625.2*	*221.1*
600.00	*3.383*	*3.72*	*627.6*	*0.460*	*3.72*	*627.6*	*222.0*
615.00	*3.393*	*3.81*	*628.5*	*0.470*	*3.81*	*628.5*	*222.3*
630.00	*3.393*	*3.91*	*633.2*	*0.470*	*3.91*	*633.2*	*223.9*
645.00	*3.412*	*4.01*	*634.1*	*0.489*	*4.01*	*634.1*	*224.3*
660.00	*3.412*	*4.10*	*634.6*	*0.489*	*4.10*	*634.6*	*224.4*
675.00	*3.415*	*4.20*	*636.6*	*0.492*	*4.20*	*636.6*	*225.2*
690.00	*3.439*	*4.30*	*637.4*	*0.516*	*4.30*	*637.4*	*225.4*
705.00	*3.439*	*4.39*	*638.8*	*0.516*	*4.39*	*638.8*	*225.9*
720.00	*3.439*	*4.50*	*637.6*	*0.516*	*4.50*	*637.6*	*225.5*
735.00	*3.457*	*4.59*	*629.9*	*0.534*	*4.59*	*629.9*	*222.8*
750.00	*3.457*	*4.69*	*632.9*	*0.534*	*4.69*	*632.9*	*223.8*
765.00	*3.457*	*4.80*	*630.6*	*0.534*	*4.80*	*630.6*	*223.0*
780.00	*3.458*	*4.89*	*629.9*	*0.535*	*4.89*	*629.9*	*222.8*
795.00	*3.475*	*4.98*	*627.5*	*0.552*	*4.98*	*627.5*	*221.9*
810.00	*3.475*	*5.08*	*627.1*	*0.552*	*5.08*	*627.1*	*221.8*
825.00	*3.475*	*5.18*	*626.2*	*0.552*	*5.18*	*626.2*	*221.5*
840.00	*3.489*	*5.30*	*624.0*	*0.566*	*5.30*	*624.0*	*220.7*
855.00	*3.489*	*5.34*	*622.9*	*0.566*	*5.34*	*622.9*	*220.3*

Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Luca Cirio
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3906

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024

Sondaggio: S1
Campione: CI2
Profondità: 16.50-17.00 m
Data esecuzione prova: 09-23/12/2024
Specifica di prova: ASTM D2435-96
Rep: 24/224

Caratteristiche generali

Sezione provino	**19.63**	cm^2
Altezza iniziale provino	**20.00**	mm
Altezza finale provino	**17.58**	mm

Massa tara + provino umido iniziale	**138.32**	g
Massa tara	**60.46**	g
Massa tara + provino umido finale	**136.16**	g
Tara N.	**A**	
Massa tara finale	**60.46**	g
Massa tara + provino secco	**125.62**	g

Massa provino umido iniziale	**77.86**	g
Massa provino umido finale	**75.70**	g
Massa provino secco	**65.16**	g

Peso specifico	**2.72**	Mg/m^3

Contenuto d'acqua iniziale	**19.49**	%
Contenuto d'acqua finale	**16.18**	%

Densità umida iniziale	**19.45**	kN/m^3
Densità umida finale	**21.51**	kN/m^3
Densità secca iniziale	**16.28**	kN/m^3
Densità secca finale	**18.52**	kN/m^3

Indice dei vuoti iniziale	**0.639**	
Indice dei vuoti finale	**0.441**	
Saturazione iniziale	**82.98**	%
Saturazione finale	**99.87**	%

Tabella riassuntiva

Pressione	Ɛ	e	M	Mv	Cv	Metodo	K	Calfa
kPa	%		MPa	MPa-1	cm2/sec		m/sec	
fase di carico/scarico								
0.00	0.00	0.639						
12.5	1.36	0.617	0.92	1.088				
25	2.63	0.596	0.98	1.016	5.879E-04	Casagrande	5.86E-10	8.800E-04
50	4.13	0.571	1.67	0.600	4.496E-04	Casagrande	2.65E-10	5.380E-04
100	5.54	0.548	3.55	0.282	4.336E-04	Casagrande	1.20E-10	5.030E-04
200	7.16	0.522	6.17	0.162				
400	8.85	0.494	11.83	0.085				
800	11.12	0.457	17.62	0.057				
1600	13.63	0.415	31.87	0.031				
3200	16.55	0.368	54.79	0.018				
800	15.74	0.381						
200	14.67	0.398						
50	13.45	0.418						
12.5	11.94	0.443						

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

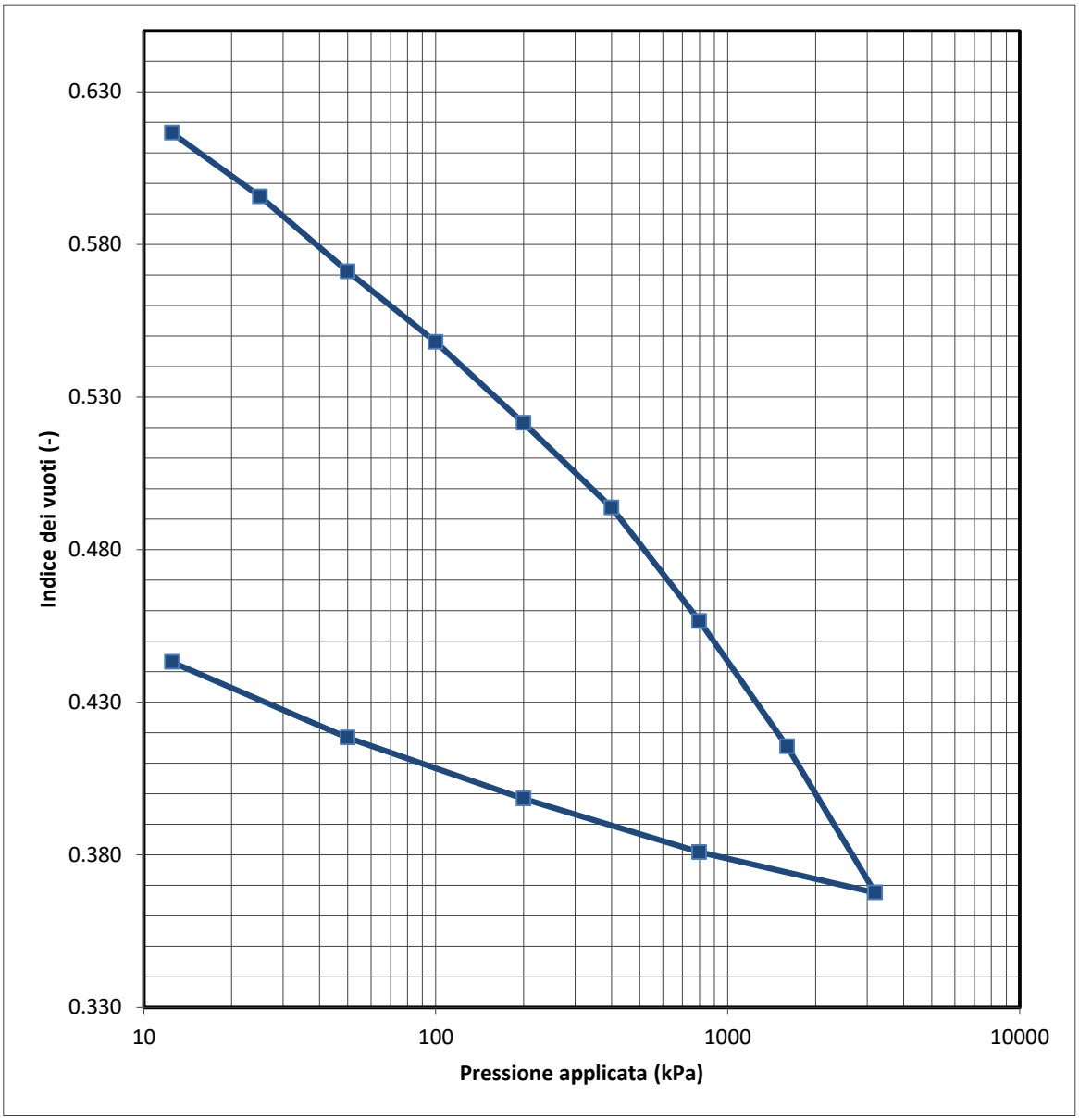
Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3906

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 16.50-17.00 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

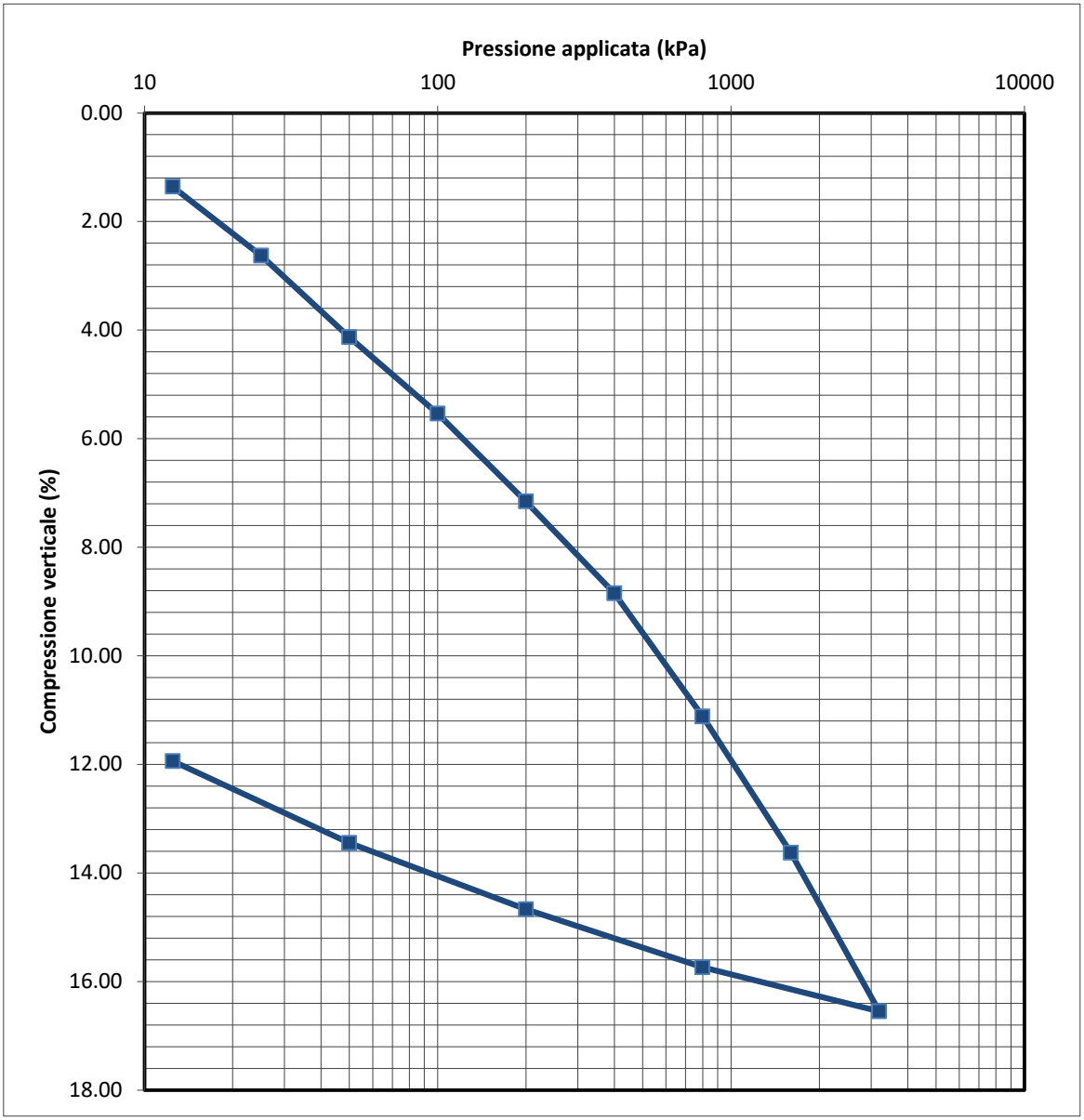
Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3906

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 16.50-17.00 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

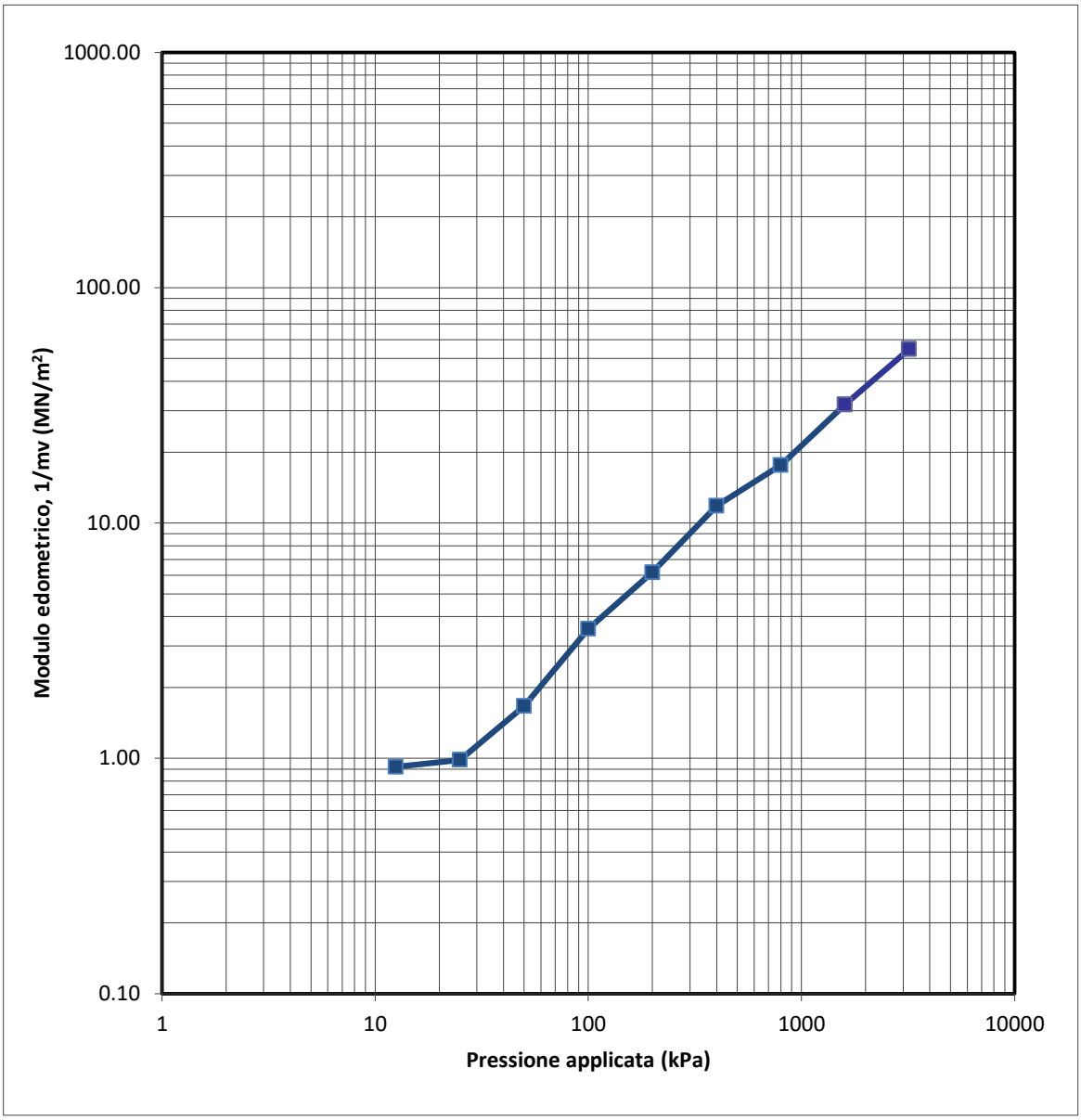
Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3906

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 16.50-17.00 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

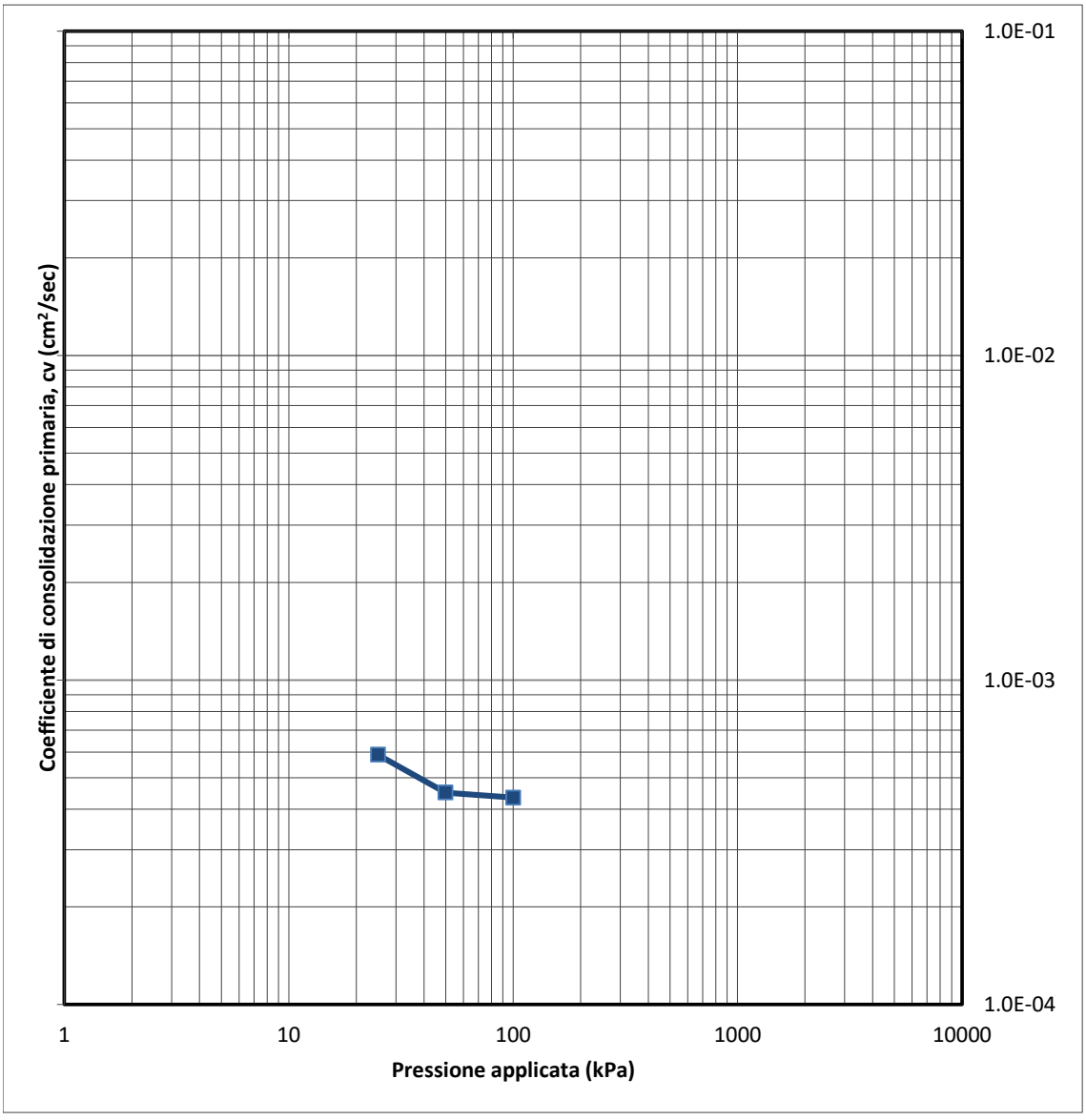
Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3906

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 16.50-17.00 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

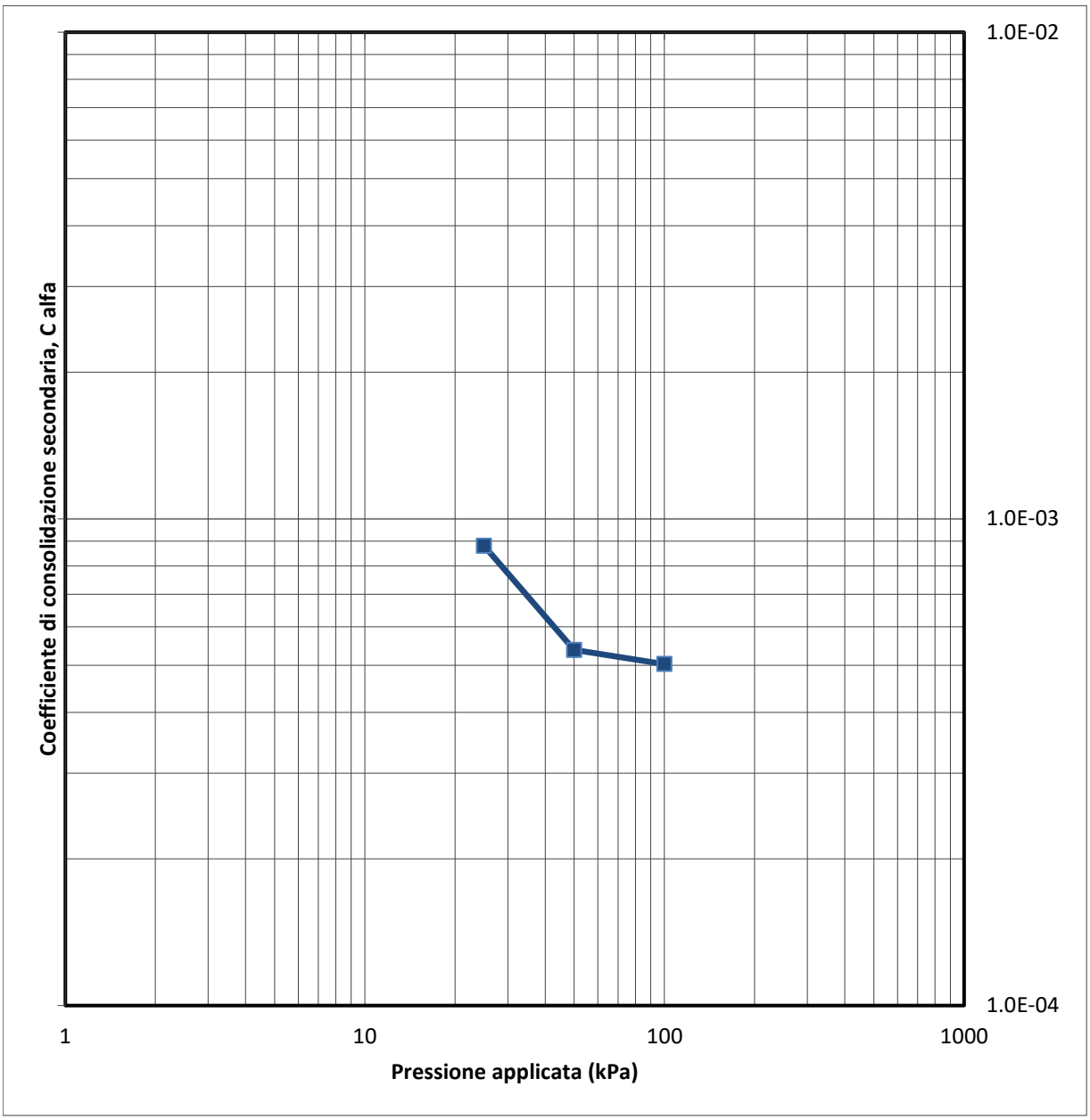
Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3906

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 16.50-17.00 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 13/12/2024

Certificato n° 3853

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI3**
Località: CARRARA	**Profondità: 24.00-24.50 m**
Verbale: 160	**Data: 09/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2488-09a- D4648-10**
Note:	**Rep: 24/224**

Contenitore del campione	**X**	**Inox**		**PVC**
		Vetro		**Sacchetto**

Dimensioni del campione		**<2"**	**X**	**<4"**
		<3"		**>4"**

Condizioni del materiale	**X**	**Buone**		**Rammollito**
		Mediocri		**Strati piegati**
		Cattive		**Rimaneggiato**

FOTO DEL CAMPIONE

Descrizione del campione — Qualità del campione: Q5

Campione di 55 cm di lunghezza.
0-17 cm: Limo argilloso con ghiaietto di colore marrone arancio.
17-55 cm: Limo con argilla sabbioso di colore marrone arancio.

Consistenza (kPa)	**cm**	**Scissometro**		**Penetrometro**
Alto		**kPa**		**kPa**
	0-10	**NP**		**NP**
	10-20	**NP**		**NP**
	20-30	**20**	**TG**	**150**
	30-40	**30**	**TG**	**200**
	40-50	**35**	**TG**	**250**
	50-60	**40**		**300**
	60-70			
Basso	**70-80**			
	80-90			

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Daniele Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3854

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CI3
Profondità: 24.00-24.50 m
Data esecuzione: 10-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D421-07/D422-07
Rep: 24/224

M (gr) = 216.05

Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
100	0.00	0.00	0.00	100.00
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	0.00	0.00	0.00	100.00
12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
2.00	0.29	0.13	0.13	99.87
1.00	0.24	0.11	0.25	99.75
0.425	0.74	0.34	0.59	99.41
0.180	16.29	7.54	8.13	91.87
0.075	32.55	15.07	23.19	76.81
Fondo	165.94			

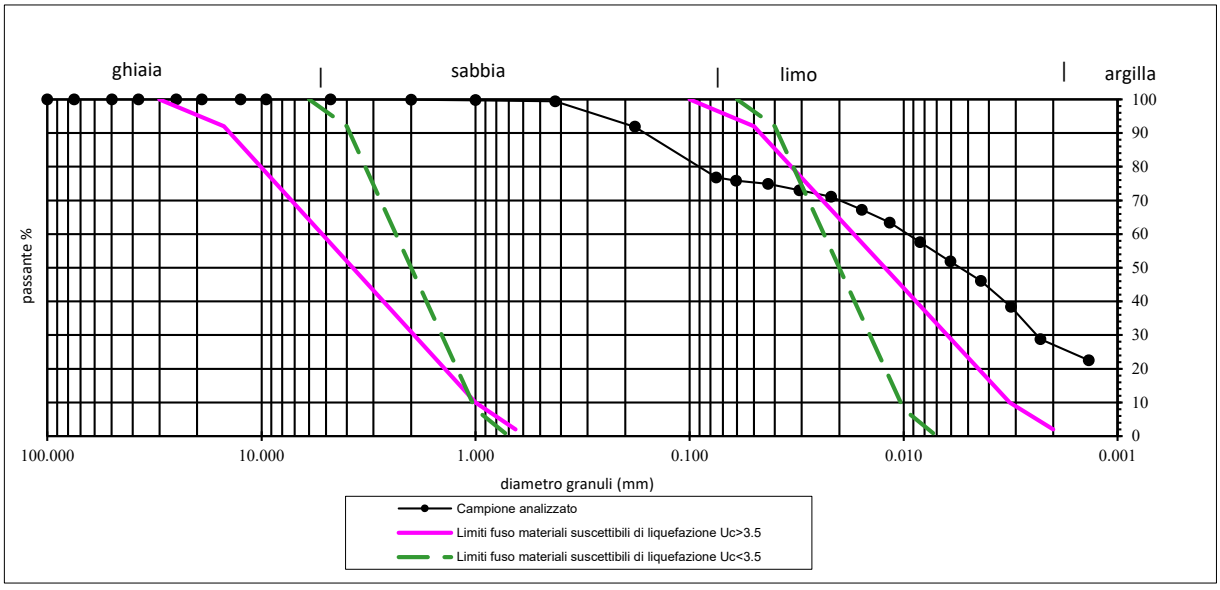
Analisi con areometro

Areometro n°	**1**
Areometro tipo	**152 H**
Dispersivo	***esametafosfato di sodio***
Correz. dispersivo Cd	**-1**
Correz. menisco Cm	**0.5**
Correz. temperatura Ct	**-4+0,25*T**
Campione secco Psp (g)	**40**
Peso spec.f<0 ,074 (Gs) =	**2.72**
Costante K =	**1.000**

Tempo **min**	Temperatura **°C**	Lettura **R**	Lettura corr. **R'=R+Cm**	Corr. Temp. **Ct**	f grani **mm**	Lettura ridotta **R"=R'+Cd+Ct**	% Parziale **KR"**	% Somma **KR"X**
0.5	18.0	39.5	40.0	0.50	0.0606	39.50	98.77	75.86
1	18.0	39.0	39.5	0.50	0.0430	39.00	97.52	74.90
2	18.0	38.0	38.5	0.50	0.0306	38.00	95.02	72.98
4	18.0	37.0	37.5	0.50	0.0218	37.00	92.52	71.06
8	18.0	35.0	35.5	0.50	0.0157	35.00	87.52	67.22
15	18.0	33.0	33.5	0.50	0.0116	33.00	82.52	63.38
30	18.0	30.0	30.5	0.50	0.0084	30.00	75.02	57.62
60	18.0	27.0	27.5	0.50	0.0060	27.00	67.51	51.85
120	18.0	24.0	24.5	0.50	0.0044	24.00	60.01	46.09
240	18.0	20.0	20.5	0.50	0.0032	20.00	50.01	38.41
480	18.0	15.0	15.5	0.50	0.0023	15.00	37.51	28.81
1440	17.0	12.0	12.5	0.25	0.0014	11.75	29.38	22.57

Classificazione	**USCS**	**CNR-UNI**
	CL	

% ghiaia	**% sabbia**	**% limo**	**% argilla**
0.00	**23.19**	**49.97**	**26.83**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Daniele Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Eugenio Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

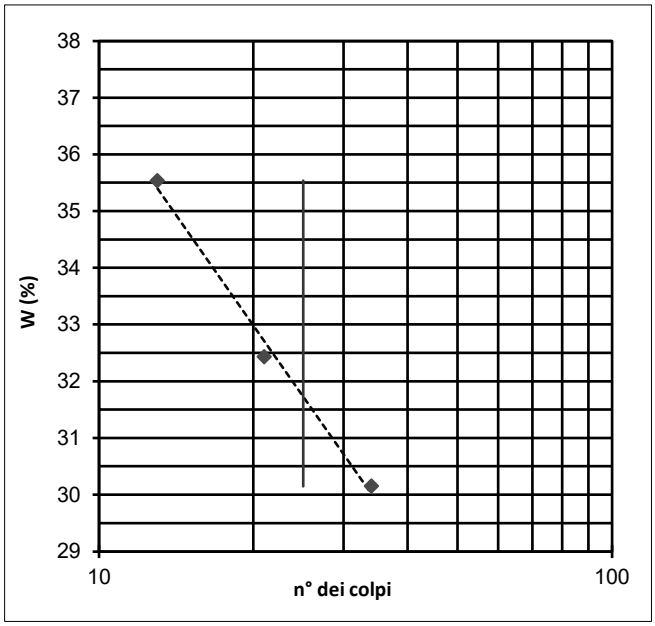
Data emissione: 13/12/2024
Certificato n° 3855

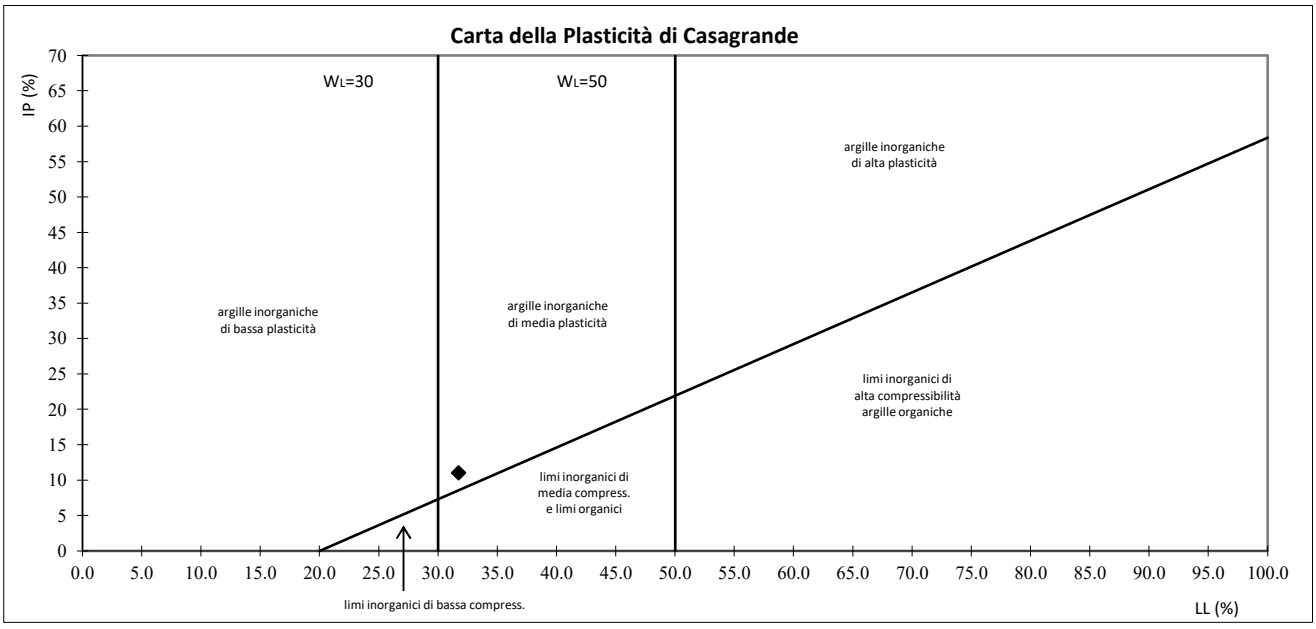
LIMITI DI CONSISTENZA

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CI3
Profondità: 24.00-24.50 m
Data di esecuzione: 12-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D4318-10
Rep: 24/224

Limite liquido		**LL (%) =**	**31.7**
Contenitore	1	3	12
Massa umida + t (g)	58.55	57.55	56.25
Massa secca + t (g)	55.22	54.32	53.44
Massa acqua contenuta (g)	3.33	3.23	2.81
Tara t (g)	45.85	44.36	44.12
Massa secca netta (g)	9.37	9.96	9.32
Contenuto d'acqua W (%)	35.54	32.43	30.15
Numero colpi	13	21	34
Limite plastico		**LP (%) =**	**20.7**
Contenitore		5	6
Massa umida + t (g)		18.11	17.22
Massa secca + t (g)		16.62	15.82
Massa acqua contenuta (g)		1.49	1.40
Tara t (g)		9.33	9.11
Massa secca (g)		7.29	6.71
Contenuto d'acqua W (%)		20.44	20.86
Indice di Plasticità	*(LL-LP) =*	**IP**	**11.1**





Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Certificato n° 3856

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S1**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI3**
Località: CARRARA	**Profondità: 24.00-24.50 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione: 09-10/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM e BS**
Note:	**Rep: 24/224**

Contenuto d'acqua	**ASTM D 2216-10**	**W (%) =**	**19.37**
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	1599.92	974.12	1230.10
Massa lorda secca (g)	1346.06	825.36	1022.36
Massa acqua contenuta (g)	253.86	148.76	207.74
Tara (g)	11.97	15.20	20.14
Massa netta secca (g)	1334.09	810.16	1002.22
Contenuto d'acqua W (%)	19.03	18.36	20.73

Peso di volume naturale	**BS 1377 Part 2**	**γ n (kN/m3) =**	**21.01**
Contenitore	A	B	C
Massa umida + stampo (g)	166.60	166.52	166.80
Massa dello stampo (g)	45.74	45.64	45.06
Massa terreno netta umida (g)	120.86	120.88	121.74
Volume dello stampo (cm^3)	56.54	56.54	56.54
Peso di volume naturale (kN/m^3)	20.96	20.97	21.12

Peso specifico dei grani	**ASTM D 854-10**	**Gs (Mg/m3) =**	
Prova n°			
Volume picnometro (cm^3)			
Massa picnometro (g)			
Massa picnometro + terra (g)			
Massa terra netta (g)			
Massa picn. + terra + acqua (g)			
Massa terra + acqua (g)			
Tempo di ebollizione (min)			
Peso specifico (Mg/m^3)			
Temperatura (°C)			
Densita' acqua (Mg/m^3)			
Costante K			
Peso specifico **T = 20°C**			

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE		
Contenuto d'acqua naturale	**W (%)**	**19.37**
Peso di volume naturale	**γ n (kN/m3)**	**21.01**
Peso di volume secco	**γ d (kN/m3)**	**17.60**
Peso di volume saturo	**γ s (kN/m3)**	
Peso specifico dei grani	**Gs (Mg/m3)**	
Porosita'	**n (%)**	
Indice dei pori	**e**	
Grado di saturazione	**Sr (%)**	

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti, stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*		
Sondaggio - Campione	*S1-CI3*	Tipo provino	*Indisturbato*
Certificato	*3857- 13/12/2024*		
Peso specifico	*2.72 (Stimato)*	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio	*Macchina di Taglio con Geodatalog*		

CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	*1*	*2*	*3*
Profondità prelievo (m)	*24.30*	*24.40*	*24.50*
Altezza (mm)	*20.0*	*20.0*	*20.0*
Diametro (mm)	*60.0*	*60.0*	*60.0*
Sezione (mm²)	*2827.4*	*2827.4*	*2827.4*
Umidità (misura diretta) (%)	*24*	*23*	*24*
Umidità (trimming) (%)			
Densità secca (g)	*97.4*	*98.5*	*97.9*
Densità umida (kN/m³)	*20.97*	*20.97*	*21.12*
Densità secca (kN/m³)	*16.90*	*17.08*	*16.98*
Indice dei vuoti	*0.579*	*0.562*	*0.571*
Grado di saturazione (%)	*113*	*110*	*116*

FASE DI TAGLIO			
Velocità fase di taglio (mm/min)	*0.006432*	*0.005961*	*0.006280*
Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)			
Pressione verticale (kPa)	*300*	*400*	*500*
Tensione di taglio (kPa)	*161*	*260*	*274*
Spostamento orizzontale (mm)	*2.93*	*2.99*	*3.74*
Def. verticale (mm)	*-0.001*	*0.001*	*0.056*

CONDIZIONI FINALI			
Contenuto d'acqua (%)	*22*	*20*	*22*
Densità umida (kN/m³)	*23.49*	*23.11*	*22.99*
Densità secca (kN/m³)	*19.30*	*19.28*	*18.89*

Coesione (kPa)	*6.9*
Angolo di resistenza al taglio (°)	*29.3*

Commenti / variazioni delle procedure:			
Grado di saturazione finale (%)	*100*	*100*	*100*

Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

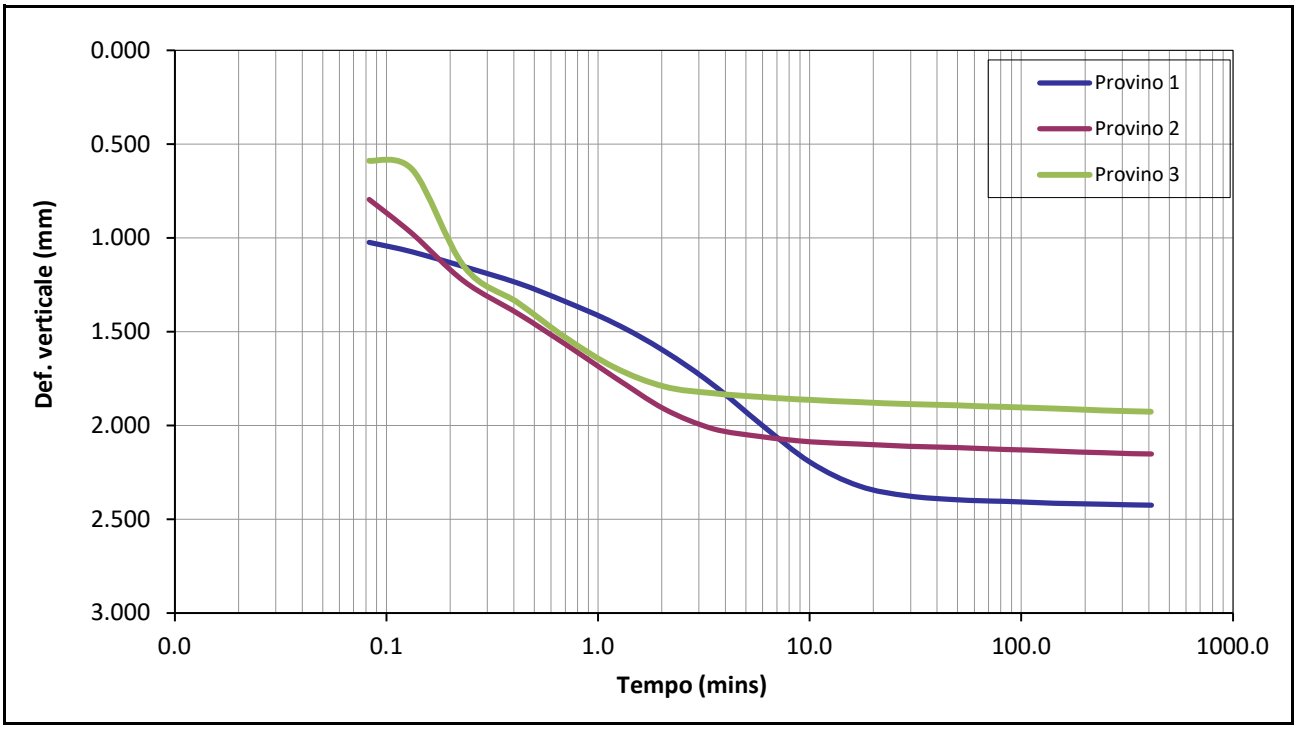
Servizi Geotecnici Liguri Srl

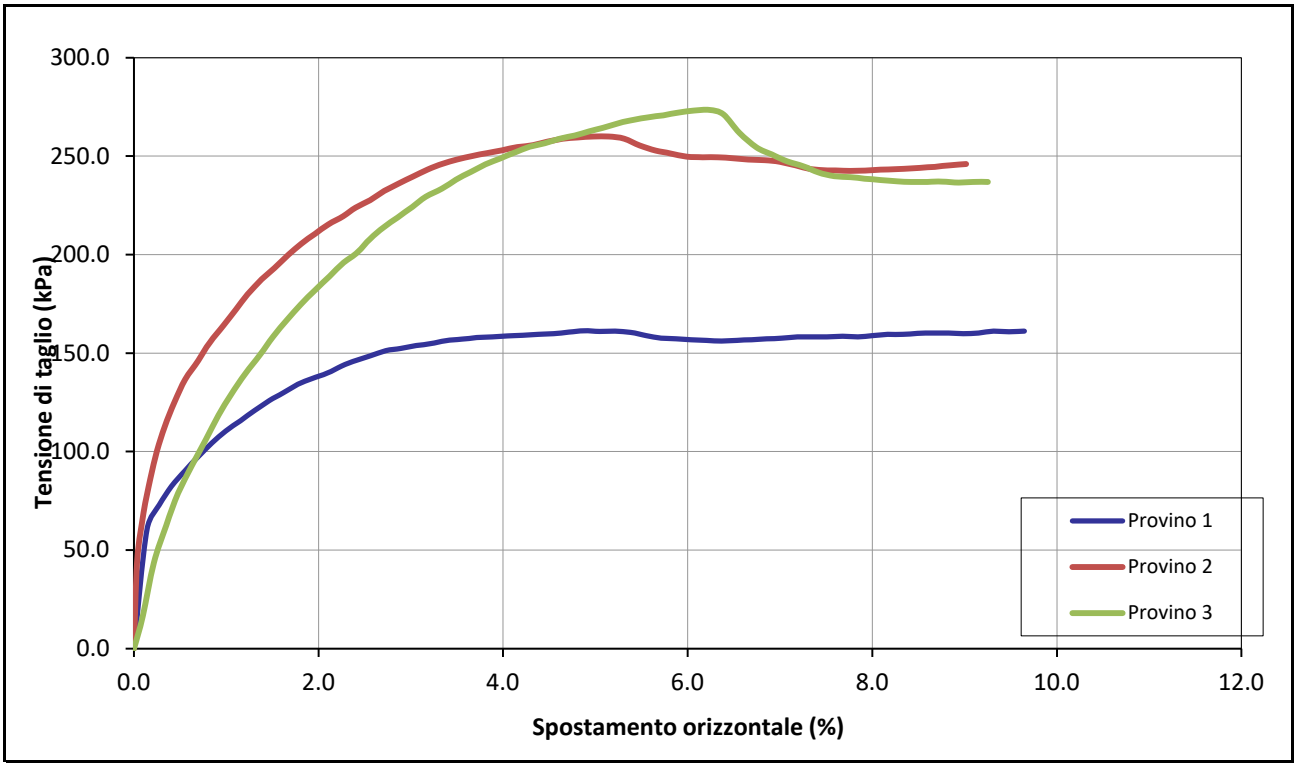
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1, 2, 3*
Sondaggio - Campione	*S1-CI3*	Profondità prelievo (m)	*24.30, 24.40, 24.50*





Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

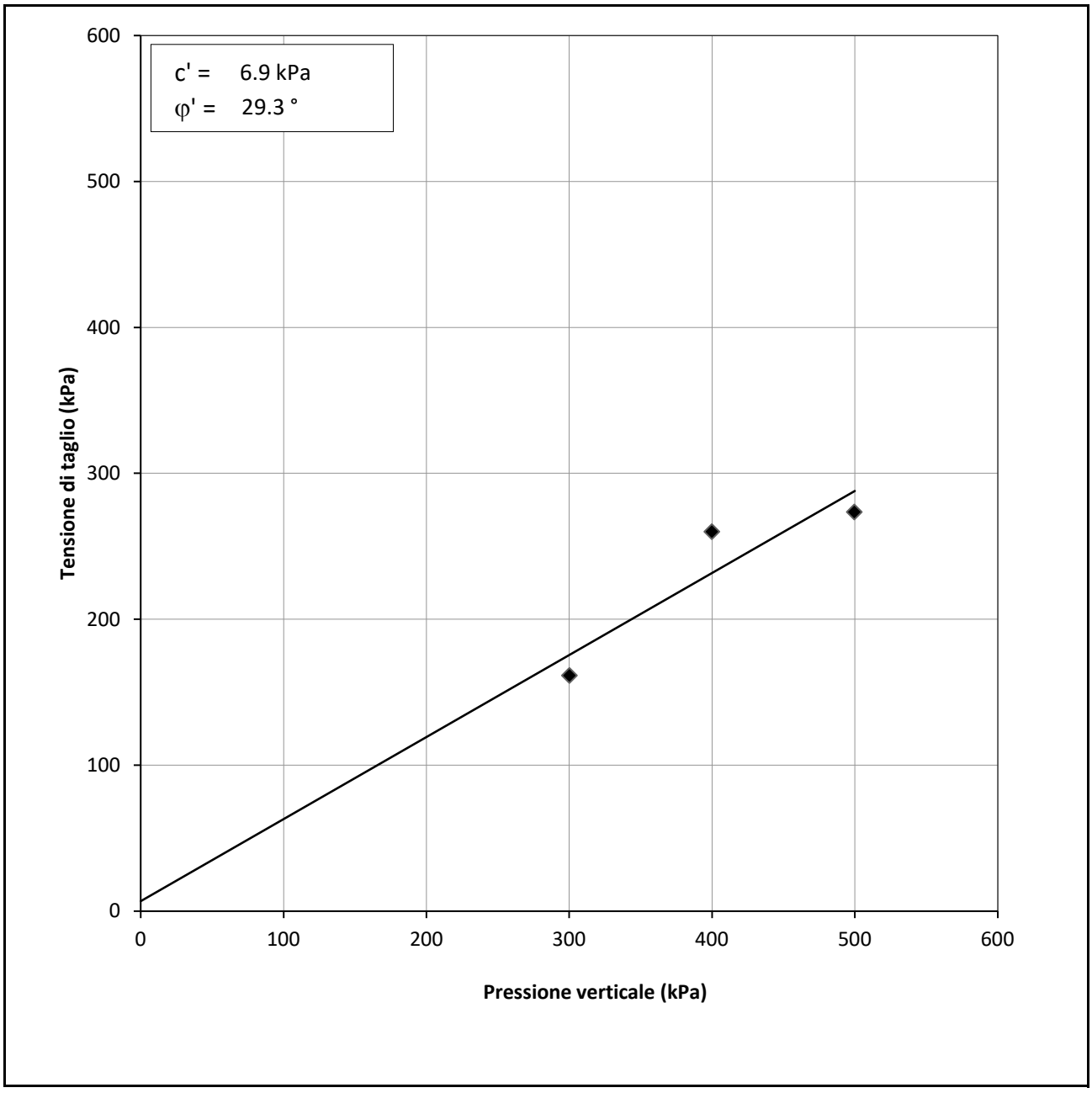
SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
RAPPORTO DI PROVA

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1, 2, 3*
Sondaggio - Campione	*S1-CI3*	Profondità prelievo (m)	*24.30, 24.40, 24.50*



Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1*
Sondaggio - Campione	*S1-CI3*	Profondità prelievo (m)	*24.30*

PROVINO 1 — **Pressione verticale (kPa)** ***300***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	*0.025*	*0.02*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*0.039*	*0.11*	*171.5*	*0.014*	*0.08*	*171.5*	*60.6*
30.00	*0.069*	*0.19*	*206.2*	*0.044*	*0.17*	*206.2*	*72.9*
45.00	*0.087*	*0.27*	*233.0*	*0.062*	*0.24*	*233.0*	*82.4*
60.00	*0.104*	*0.35*	*255.1*	*0.079*	*0.33*	*255.1*	*90.2*
75.00	*0.116*	*0.44*	*275.9*	*0.091*	*0.42*	*275.9*	*97.6*
90.00	*0.130*	*0.53*	*295.4*	*0.105*	*0.51*	*295.4*	*104.5*
105.00	*0.137*	*0.62*	*312.3*	*0.112*	*0.60*	*312.3*	*110.4*
120.00	*0.153*	*0.71*	*327.2*	*0.128*	*0.69*	*327.2*	*115.7*
135.00	*0.161*	*0.81*	*341.8*	*0.136*	*0.79*	*341.8*	*120.9*
150.00	*0.169*	*0.90*	*355.8*	*0.144*	*0.88*	*355.8*	*125.8*
165.00	*0.174*	*0.99*	*366.8*	*0.149*	*0.97*	*366.8*	*129.7*
180.00	*0.177*	*1.09*	*379.3*	*0.152*	*1.07*	*379.3*	*134.1*
195.00	*0.189*	*1.18*	*387.8*	*0.164*	*1.16*	*387.8*	*137.2*
210.00	*0.194*	*1.28*	*395.5*	*0.169*	*1.26*	*395.5*	*139.9*
225.00	*0.194*	*1.37*	*405.6*	*0.169*	*1.35*	*405.6*	*143.5*
240.00	*0.194*	*1.47*	*413.8*	*0.169*	*1.45*	*413.8*	*146.4*
255.00	*0.202*	*1.56*	*420.3*	*0.177*	*1.54*	*420.3*	*148.7*
270.00	*0.202*	*1.66*	*427.7*	*0.177*	*1.64*	*427.7*	*151.3*
285.00	*0.209*	*1.76*	*430.9*	*0.184*	*1.74*	*430.9*	*152.4*
300.00	*0.209*	*1.86*	*435.0*	*0.184*	*1.84*	*435.0*	*153.9*
315.00	*0.209*	*1.95*	*437.6*	*0.184*	*1.93*	*437.6*	*154.8*
330.00	*0.209*	*2.05*	*442.0*	*0.184*	*2.03*	*442.0*	*156.3*
345.00	*0.209*	*2.15*	*444.2*	*0.184*	*2.13*	*444.2*	*157.1*
360.00	*0.210*	*2.25*	*446.4*	*0.185*	*2.23*	*446.4*	*157.9*
375.00	*0.215*	*2.35*	*447.5*	*0.190*	*2.33*	*447.5*	*158.3*
390.00	*0.218*	*2.45*	*448.9*	*0.193*	*2.43*	*448.9*	*158.8*
405.00	*0.218*	*2.55*	*449.7*	*0.193*	*2.53*	*449.7*	*159.0*
420.00	*0.218*	*2.65*	*451.1*	*0.193*	*2.63*	*451.1*	*159.5*
435.00	*0.218*	*2.75*	*452.2*	*0.193*	*2.73*	*452.2*	*159.9*
450.00	*0.218*	*2.85*	*454.1*	*0.193*	*2.83*	*454.1*	*160.6*
465.00	*0.224*	*2.95*	*456.3*	*0.199*	*2.93*	*456.3*	*161.4*
480.00	*0.224*	*3.05*	*455.3*	*0.199*	*3.03*	*455.3*	*161.0*
495.00	*0.225*	*3.15*	*455.6*	*0.200*	*3.13*	*455.6*	*161.2*
510.00	*0.225*	*3.25*	*453.8*	*0.200*	*3.23*	*453.8*	*160.5*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Gabriele.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1*
Sondaggio - Campione	*S1-CI3*	Profondità prelievo (m)	*24.30*

PROVINO 1 — **Pressione verticale (kPa)** ***300***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*0.225*	*3.35*	*449.3*	*0.200*	*3.33*	*449.3*	*158.9*
540.00	*0.226*	*3.45*	*445.8*	*0.201*	*3.43*	*445.8*	*157.7*
555.00	*0.231*	*3.55*	*444.7*	*0.206*	*3.53*	*444.7*	*157.3*
570.00	*0.233*	*3.64*	*443.4*	*0.208*	*3.62*	*443.4*	*156.8*
585.00	*0.240*	*3.74*	*442.4*	*0.215*	*3.72*	*442.4*	*156.5*
600.00	*0.240*	*3.84*	*441.4*	*0.215*	*3.82*	*441.4*	*156.1*
615.00	*0.246*	*3.94*	*442.6*	*0.221*	*3.92*	*442.6*	*156.5*
630.00	*0.246*	*4.04*	*443.4*	*0.221*	*4.02*	*443.4*	*156.8*
645.00	*0.248*	*4.14*	*444.5*	*0.223*	*4.11*	*444.5*	*157.2*
660.00	*0.250*	*4.23*	*445.7*	*0.225*	*4.21*	*445.7*	*157.6*
675.00	*0.253*	*4.34*	*447.3*	*0.228*	*4.31*	*447.3*	*158.2*
690.00	*0.259*	*4.43*	*447.3*	*0.234*	*4.41*	*447.3*	*158.2*
705.00	*0.259*	*4.53*	*447.4*	*0.234*	*4.50*	*447.4*	*158.2*
720.00	*0.266*	*4.63*	*448.2*	*0.241*	*4.61*	*448.2*	*158.5*
735.00	*0.266*	*4.73*	*447.5*	*0.241*	*4.71*	*447.5*	*158.3*
750.00	*0.268*	*4.83*	*449.2*	*0.243*	*4.80*	*449.2*	*158.9*
765.00	*0.271*	*4.92*	*451.0*	*0.246*	*4.90*	*451.0*	*159.5*
780.00	*0.272*	*5.02*	*451.0*	*0.247*	*5.00*	*451.0*	*159.5*
795.00	*0.274*	*5.12*	*452.5*	*0.249*	*5.09*	*452.5*	*160.0*
810.00	*0.282*	*5.22*	*452.8*	*0.257*	*5.20*	*452.8*	*160.2*
825.00	*0.282*	*5.32*	*452.9*	*0.257*	*5.30*	*452.9*	*160.2*
840.00	*0.282*	*5.41*	*451.9*	*0.257*	*5.39*	*451.9*	*159.8*
855.00	*0.288*	*5.51*	*453.2*	*0.263*	*5.49*	*453.2*	*160.3*
870.00	*0.288*	*5.61*	*455.6*	*0.263*	*5.59*	*455.6*	*161.2*
885.00	*0.289*	*5.71*	*454.8*	*0.264*	*5.69*	*454.8*	*160.8*
900.00	*0.291*	*5.81*	*455.6*	*0.266*	*5.79*	*455.6*	*161.2*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Gabriele.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*2*
Sondaggio - Campione	*S1-CI3*	Profondità prelievo (m)	*24.4*

PROVINO 2 **Pressione verticale (kPa)** ***400***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	*0.004*	*0.00*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*0.006*	*0.02*	*125.9*	*0.002*	*0.02*	*125.9*	*44.5*
30.00	*0.015*	*0.07*	*195.1*	*0.011*	*0.06*	*195.1*	*69.0*
45.00	*0.028*	*0.11*	*243.2*	*0.024*	*0.11*	*243.2*	*86.0*
60.00	*0.043*	*0.15*	*284.0*	*0.039*	*0.15*	*284.0*	*100.5*
75.00	*0.053*	*0.20*	*318.4*	*0.049*	*0.20*	*318.4*	*112.6*
90.00	*0.063*	*0.27*	*354.2*	*0.059*	*0.26*	*354.2*	*125.3*
105.00	*0.072*	*0.34*	*386.3*	*0.068*	*0.33*	*386.3*	*136.6*
120.00	*0.082*	*0.42*	*413.2*	*0.078*	*0.42*	*413.2*	*146.1*
135.00	*0.089*	*0.49*	*439.4*	*0.085*	*0.49*	*439.4*	*155.4*
150.00	*0.095*	*0.58*	*463.9*	*0.091*	*0.58*	*463.9*	*164.1*
165.00	*0.102*	*0.67*	*487.1*	*0.098*	*0.66*	*487.1*	*172.3*
180.00	*0.108*	*0.74*	*508.4*	*0.104*	*0.74*	*508.4*	*179.8*
195.00	*0.110*	*0.83*	*530.0*	*0.106*	*0.83*	*530.0*	*187.4*
210.00	*0.116*	*0.92*	*546.1*	*0.112*	*0.91*	*546.1*	*193.1*
225.00	*0.118*	*1.01*	*565.3*	*0.114*	*1.01*	*565.3*	*199.9*
240.00	*0.122*	*1.09*	*581.2*	*0.118*	*1.09*	*581.2*	*205.5*
255.00	*0.125*	*1.18*	*595.3*	*0.121*	*1.18*	*595.3*	*210.5*
270.00	*0.128*	*1.27*	*608.9*	*0.124*	*1.26*	*608.9*	*215.4*
285.00	*0.132*	*1.36*	*620.6*	*0.128*	*1.36*	*620.6*	*219.5*
300.00	*0.135*	*1.44*	*633.1*	*0.131*	*1.44*	*633.1*	*223.9*
315.00	*0.139*	*1.54*	*643.8*	*0.135*	*1.54*	*643.8*	*227.7*
330.00	*0.145*	*1.63*	*656.8*	*0.141*	*1.63*	*656.8*	*232.3*
345.00	*0.150*	*1.73*	*667.8*	*0.146*	*1.72*	*667.8*	*236.2*
360.00	*0.155*	*1.81*	*677.3*	*0.151*	*1.81*	*677.3*	*239.5*
375.00	*0.161*	*1.91*	*687.7*	*0.157*	*1.91*	*687.7*	*243.2*
390.00	*0.167*	*2.01*	*696.0*	*0.163*	*2.01*	*696.0*	*246.2*
405.00	*0.172*	*2.10*	*702.1*	*0.168*	*2.10*	*702.1*	*248.3*
420.00	*0.173*	*2.20*	*707.2*	*0.169*	*2.20*	*707.2*	*250.1*
435.00	*0.176*	*2.30*	*711.2*	*0.172*	*2.29*	*711.2*	*251.5*
450.00	*0.180*	*2.40*	*715.6*	*0.176*	*2.39*	*715.6*	*253.1*
465.00	*0.185*	*2.50*	*719.8*	*0.181*	*2.49*	*719.8*	*254.6*
480.00	*0.189*	*2.60*	*722.7*	*0.185*	*2.60*	*722.7*	*255.6*
495.00	*0.196*	*2.69*	*727.7*	*0.192*	*2.69*	*727.7*	*257.4*
510.00	*0.197*	*2.79*	*731.7*	*0.193*	*2.79*	*731.7*	*258.8*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*2*
Sondaggio - Campione	*S1-CI3*	Profondità prelievo (m)	*24.4*

PROVINO 2 **Pressione verticale (kPa)** ***400***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*0.200*	*2.89*	*733.7*	*0.196*	*2.89*	*733.7*	*259.5*
540.00	*0.205*	*2.99*	*735.1*	*0.201*	*2.99*	*735.1*	*260.0*
555.00	*0.209*	*3.09*	*735.0*	*0.205*	*3.09*	*735.0*	*259.9*
570.00	*0.212*	*3.19*	*731.9*	*0.208*	*3.19*	*731.9*	*258.9*
585.00	*0.214*	*3.29*	*722.2*	*0.210*	*3.29*	*722.2*	*255.4*
600.00	*0.222*	*3.39*	*715.0*	*0.218*	*3.39*	*715.0*	*252.9*
615.00	*0.224*	*3.49*	*710.9*	*0.220*	*3.49*	*710.9*	*251.4*
630.00	*0.226*	*3.60*	*706.0*	*0.222*	*3.59*	*706.0*	*249.7*
645.00	*0.236*	*3.70*	*705.4*	*0.232*	*3.70*	*705.4*	*249.5*
660.00	*0.238*	*3.80*	*705.4*	*0.234*	*3.80*	*705.4*	*249.5*
675.00	*0.239*	*3.90*	*703.9*	*0.235*	*3.89*	*703.9*	*248.9*
690.00	*0.252*	*4.00*	*702.1*	*0.248*	*3.99*	*702.1*	*248.3*
705.00	*0.253*	*4.10*	*701.0*	*0.249*	*4.10*	*701.0*	*247.9*
720.00	*0.255*	*4.20*	*698.8*	*0.251*	*4.20*	*698.8*	*247.1*
735.00	*0.256*	*4.30*	*693.5*	*0.252*	*4.30*	*693.5*	*245.3*
750.00	*0.261*	*4.40*	*688.4*	*0.257*	*4.40*	*688.4*	*243.5*
765.00	*0.265*	*4.51*	*686.6*	*0.261*	*4.51*	*686.6*	*242.8*
780.00	*0.285*	*4.61*	*686.1*	*0.281*	*4.61*	*686.1*	*242.6*
795.00	*0.285*	*4.71*	*685.8*	*0.281*	*4.70*	*685.8*	*242.6*
810.00	*0.292*	*4.81*	*686.9*	*0.288*	*4.81*	*686.9*	*243.0*
825.00	*0.298*	*4.91*	*687.9*	*0.294*	*4.90*	*687.9*	*243.3*
840.00	*0.301*	*5.01*	*688.7*	*0.297*	*5.00*	*688.7*	*243.6*
855.00	*0.304*	*5.11*	*690.3*	*0.300*	*5.11*	*690.3*	*244.1*
870.00	*0.309*	*5.21*	*691.6*	*0.305*	*5.21*	*691.6*	*244.6*
885.00	*0.313*	*5.31*	*694.0*	*0.309*	*5.31*	*694.0*	*245.4*
900.00	*0.334*	*5.41*	*695.4*	*0.330*	*5.41*	*695.4*	*245.9*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*3*
Sondaggio - Campione	*S1-CI3*	Profondità prelievo (m)	*24.5*

PROVINO 3 **Pressione verticale (kPa)** ***500***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	*0.013*	*0.01*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*0.019*	*0.07*	*47.3*	*0.006*	*0.06*	*47.3*	*16.7*
30.00	*0.025*	*0.14*	*122.5*	*0.012*	*0.13*	*122.5*	*43.3*
45.00	*0.035*	*0.22*	*176.8*	*0.022*	*0.21*	*176.8*	*62.5*
60.00	*0.048*	*0.30*	*223.3*	*0.035*	*0.29*	*223.3*	*79.0*
75.00	*0.058*	*0.39*	*262.7*	*0.045*	*0.38*	*262.7*	*92.9*
90.00	*0.068*	*0.48*	*299.6*	*0.055*	*0.47*	*299.6*	*106.0*
105.00	*0.080*	*0.56*	*335.0*	*0.067*	*0.55*	*335.0*	*118.5*
120.00	*0.089*	*0.65*	*364.5*	*0.076*	*0.63*	*364.5*	*128.9*
135.00	*0.101*	*0.74*	*394.7*	*0.088*	*0.72*	*394.7*	*139.6*
150.00	*0.109*	*0.83*	*421.4*	*0.096*	*0.82*	*421.4*	*149.0*
165.00	*0.115*	*0.92*	*447.8*	*0.102*	*0.90*	*447.8*	*158.4*
180.00	*0.120*	*1.01*	*472.1*	*0.107*	*1.00*	*472.1*	*167.0*
195.00	*0.124*	*1.10*	*494.0*	*0.111*	*1.08*	*494.0*	*174.7*
210.00	*0.128*	*1.19*	*514.7*	*0.115*	*1.18*	*514.7*	*182.1*
225.00	*0.137*	*1.29*	*534.5*	*0.124*	*1.27*	*534.5*	*189.0*
240.00	*0.142*	*1.38*	*554.0*	*0.129*	*1.36*	*554.0*	*195.9*
255.00	*0.148*	*1.47*	*569.1*	*0.135*	*1.46*	*569.1*	*201.3*
270.00	*0.167*	*1.55*	*588.2*	*0.154*	*1.54*	*588.2*	*208.0*
285.00	*0.169*	*1.64*	*604.5*	*0.156*	*1.62*	*604.5*	*213.8*
300.00	*0.173*	*1.73*	*619.0*	*0.160*	*1.72*	*619.0*	*218.9*
315.00	*0.179*	*1.82*	*634.1*	*0.166*	*1.81*	*634.1*	*224.3*
330.00	*0.182*	*1.91*	*648.5*	*0.169*	*1.90*	*648.5*	*229.4*
345.00	*0.187*	*2.02*	*660.2*	*0.174*	*2.00*	*660.2*	*233.5*
360.00	*0.189*	*2.11*	*673.1*	*0.176*	*2.09*	*673.1*	*238.1*
375.00	*0.191*	*2.20*	*684.1*	*0.178*	*2.19*	*684.1*	*242.0*
390.00	*0.197*	*2.30*	*694.9*	*0.184*	*2.29*	*694.9*	*245.8*
405.00	*0.200*	*2.40*	*704.0*	*0.187*	*2.38*	*704.0*	*249.0*
420.00	*0.210*	*2.49*	*712.3*	*0.197*	*2.48*	*712.3*	*251.9*
435.00	*0.212*	*2.59*	*720.2*	*0.199*	*2.57*	*720.2*	*254.7*
450.00	*0.217*	*2.69*	*725.5*	*0.204*	*2.67*	*725.5*	*256.6*
465.00	*0.218*	*2.78*	*731.9*	*0.205*	*2.77*	*731.9*	*258.9*
480.00	*0.223*	*2.88*	*736.7*	*0.210*	*2.87*	*736.7*	*260.6*
495.00	*0.226*	*2.97*	*742.4*	*0.213*	*2.96*	*742.4*	*262.6*
510.00	*0.231*	*3.06*	*747.5*	*0.218*	*3.05*	*747.5*	*264.4*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Direttore di Laboratorio
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*3*
Sondaggio - Campione	*S1-CI3*	Profondità prelievo (m)	*24.5*

PROVINO 3 **Pressione verticale (kPa)** ***500***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*0.235*	*3.17*	*754.6*	*0.222*	*3.16*	*754.6*	*266.9*
540.00	*0.240*	*3.26*	*758.9*	*0.227*	*3.25*	*758.9*	*268.4*
555.00	*0.247*	*3.36*	*762.7*	*0.234*	*3.35*	*762.7*	*269.8*
570.00	*0.250*	*3.46*	*765.5*	*0.237*	*3.44*	*765.5*	*270.8*
585.00	*0.254*	*3.56*	*769.8*	*0.241*	*3.54*	*769.8*	*272.2*
600.00	*0.261*	*3.65*	*772.1*	*0.248*	*3.64*	*772.1*	*273.1*
615.00	*0.269*	*3.76*	*773.3*	*0.256*	*3.74*	*773.3*	*273.5*
630.00	*0.271*	*3.85*	*766.9*	*0.258*	*3.83*	*766.9*	*271.2*
645.00	*0.277*	*3.95*	*740.4*	*0.264*	*3.94*	*740.4*	*261.9*
660.00	*0.281*	*4.06*	*719.6*	*0.268*	*4.05*	*719.6*	*254.5*
675.00	*0.282*	*4.16*	*709.2*	*0.269*	*4.15*	*709.2*	*250.8*
690.00	*0.287*	*4.26*	*699.3*	*0.274*	*4.25*	*699.3*	*247.3*
705.00	*0.288*	*4.37*	*692.5*	*0.275*	*4.35*	*692.5*	*244.9*
720.00	*0.288*	*4.46*	*683.5*	*0.275*	*4.45*	*683.5*	*241.7*
735.00	*0.292*	*4.57*	*678.2*	*0.279*	*4.55*	*678.2*	*239.9*
750.00	*0.293*	*4.67*	*676.8*	*0.280*	*4.66*	*676.8*	*239.4*
765.00	*0.293*	*4.77*	*674.6*	*0.280*	*4.75*	*674.6*	*238.6*
780.00	*0.299*	*4.87*	*672.8*	*0.286*	*4.85*	*672.8*	*238.0*
795.00	*0.300*	*4.97*	*670.7*	*0.287*	*4.96*	*670.7*	*237.2*
810.00	*0.301*	*5.07*	*669.9*	*0.288*	*5.05*	*669.9*	*236.9*
825.00	*0.305*	*5.17*	*670.0*	*0.292*	*5.16*	*670.0*	*237.0*
840.00	*0.307*	*5.27*	*670.4*	*0.294*	*5.25*	*670.4*	*237.1*
855.00	*0.307*	*5.38*	*669.0*	*0.294*	*5.36*	*669.0*	*236.6*
870.00	*0.307*	*5.47*	*670.0*	*0.294*	*5.45*	*670.0*	*237.0*
885.00	*0.312*	*5.57*	*669.7*	*0.299*	*5.55*	*669.7*	*236.9*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Raggiretore di Laboratorio
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 13/12/2024

Certificato n° 3858

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 2.10 - 2.80 m**
Verbale: 160	**Data: 09/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2488-09a- D4648-10**
Note:	**Rep: 24/224**

Contenitore del campione	**X**	**Inox**		**PVC**
		Vetro		**Sacchetto**

Dimensioni del campione		**<2"**	**X**	**<4"**
		<3"		**>4"**

Condizioni del materiale	**X**	**Buone**		**Rammollito**
		Mediocri		**Strati piegati**
		Cattive		**Rimaneggiato**

FOTO DEL CAMPIONE

Descrizione del campione — Qualità del campione: Q5

Campione di 60 cm di lunghezza.
0-12 cm: sabbia limosa debolmente argillosa di colore grigio.
0-46 cm: Limo argilloso ghiaioso e sabbioso di colore grigio.

Consistenza (kPa)	**cm**	**Scissometro**		**Penetrometro**
Alto		**kPa**		**kPa**
	0-10	**30**		**70**
	10-20	**25**	**ED**	**70**
	20-30	**25**	**TG**	**70**
	30-40	**30**	**TG**	**60**
	40-50	**25**	**TG**	**120**
	50-60	**10**		**50**
	60-70			
Basso	**70-80**			
	80-90			

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Daniele Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3859

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S2
Campione: CI1
Profondità: 2.10 - 2.80 m
Data esecuzione: 11-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D421-07/D422-07
Rep: 24/224

M (gr) = 322.57

Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
100	0.00	0.00	0.00	100.00
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	0.00	0.00	0.00	100.00
12.5	25.10	7.78	7.78	92.22
9.50	14.21	4.41	12.19	87.81
4.75	13.66	4.23	16.42	83.58
2.00	5.36	1.66	18.08	81.92
1.00	6.32	1.96	20.04	79.96
0.425	5.11	1.58	21.63	78.37
0.180	18.29	5.67	27.30	72.70
0.075	11.49	3.56	30.86	69.14
Fondo	223.03			

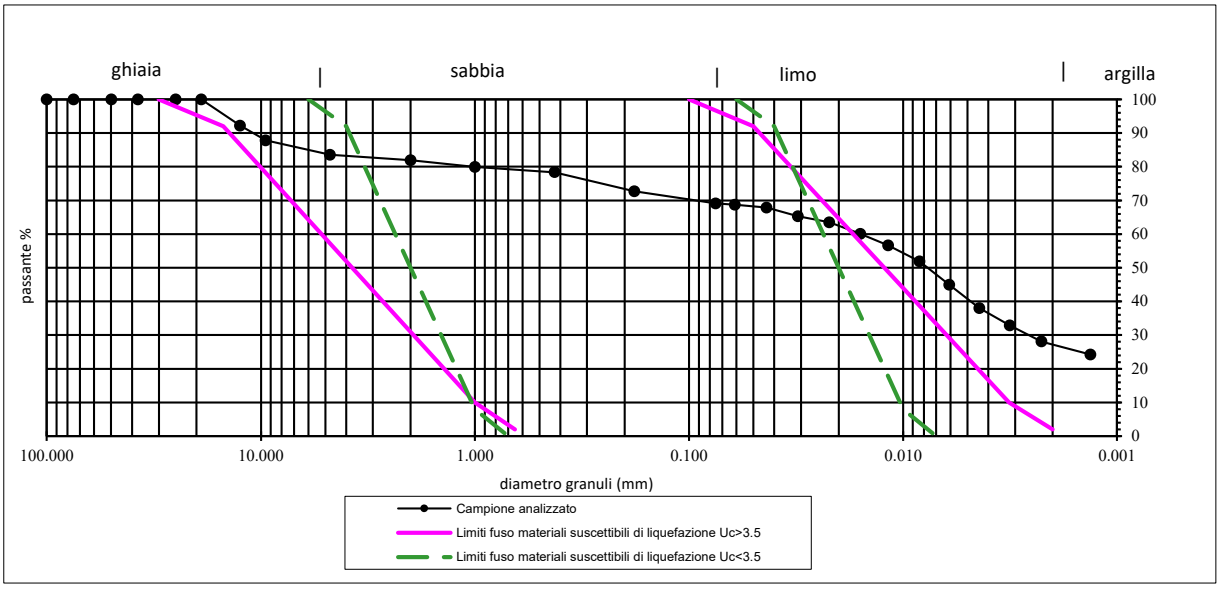
Analisi con areometro

Areometro n°	**1**
Areometro tipo	**152 H**
Dispersivo	*esametafosfato di sodio*
Correz. dispersivo Cd	**-1**
Correz. menisco Cm	**0.5**
Correz. temperatura Ct	**-4+0,25*T**
Campione secco Psp (g)	**40**
Peso spec.f<0 ,074 (Gs) =	**2.72**
Costante K =	**1.000**

Tempo **min**	Temperatura **°C**	Lettura **R**	Lettura corr. **R'=R+Cm**	Corr. Temp. **Ct**	f grani **mm**	Lettura ridotta **R"=R'+Cd+Ct**	% Parziale **KR"**	% Somma **KR"X**
0.5	17.0	40.0	40.5	0.25	0.0611	39.75	99.39	68.72
1	17.0	39.5	40.0	0.25	0.0434	39.25	98.14	67.86
2	17.0	38.0	38.5	0.25	0.0310	37.75	94.39	65.27
4	17.0	37.0	37.5	0.25	0.0221	36.75	91.89	63.54
8	17.0	35.0	35.5	0.25	0.0159	34.75	86.89	60.08
15	17.0	33.0	33.5	0.25	0.0117	32.75	81.89	56.62
30	18.0	30.0	30.5	0.50	0.0084	30.00	75.02	51.87
60	18.0	26.0	26.5	0.50	0.0061	26.00	65.01	44.95
120	18.0	22.0	22.5	0.50	0.0044	22.00	55.01	38.04
240	18.0	19.0	19.5	0.50	0.0032	19.00	47.51	32.85
480	19.0	16.0	16.5	0.75	0.0023	16.25	40.63	28.09
1440	18.0	14.0	14.5	0.50	0.0013	14.00	35.01	24.20

Classificazione	**USCS**	**CNR-UNI**
	CL	

% ghiaia	**% sabbia**	**% limo**	**% argilla**
16.42	**14.44**	**42.12**	**27.02**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Mirko Pisani

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Eugenio Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

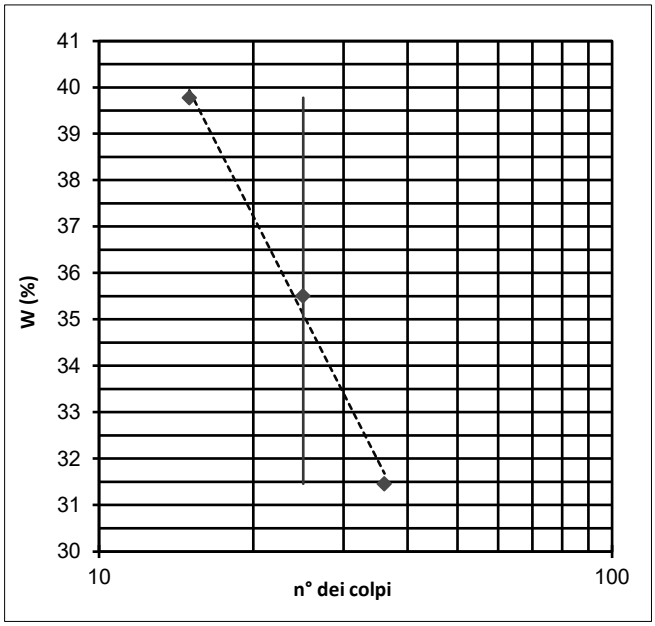
Data emissione: 13/12/2024
Certificato n° 3860

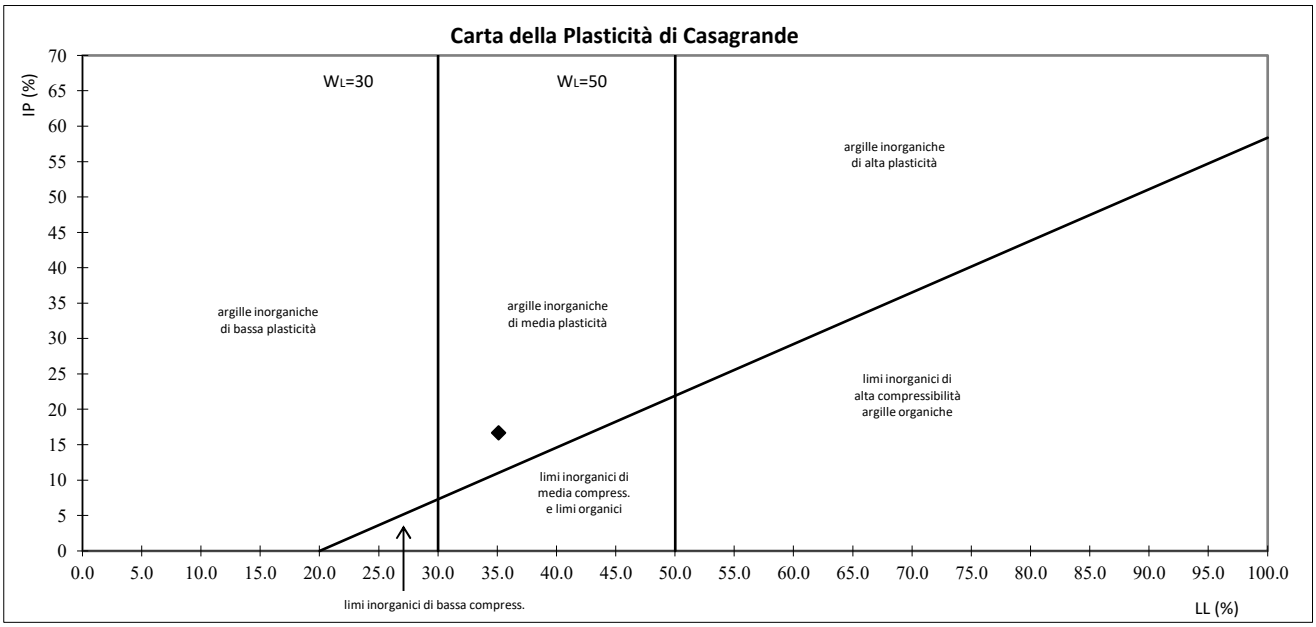
LIMITI DI CONSISTENZA

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S2
Campione: CI1
Profondità: 2.10 - 2.80 m
Data di esecuzione: 12-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D4318-10
Rep: 24/224

Limite liquido		**LL (%) =**	**35.1**
Contenitore	52	12	35
Massa umida + t (g)	60.32	58.95	61.01
Massa secca + t (g)	56.02	55.35	56.76
Massa acqua contenuta (g)	4.30	3.60	4.25
Tara t (g)	45.21	45.21	43.25
Massa secca netta (g)	10.81	10.14	13.51
Contenuto d'acqua W (%)	39.78	35.50	31.46
Numero colpi	15	25	36
Limite plastico		**LP (%) =**	**18.4**
Contenitore		E	B
Massa umida + t (g)		18.02	18.74
Massa secca + t (g)		16.56	17.22
Massa acqua contenuta (g)		1.46	1.52
Tara t (g)		8.58	9.02
Massa secca (g)		7.98	8.20
Contenuto d'acqua W (%)		18.30	18.54
Indice di Plasticità	*(LL-LP) =*	**IP**	**16.7**





Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Certificato n° 3861

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 2.10 - 2.80 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione: 09-10/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM e BS**
Note:	**Rep: 24/224**

Contenuto d'acqua	**ASTM D 2216-10**	**W (%) =**	**21.14**
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	418.12	1582.31	849.67
Massa lorda secca (g)	344.05	1320.14	702.10
Massa acqua contenuta (g)	74.07	262.17	147.57
Tara (g)	5.38	15.32	14.71
Massa netta secca (g)	338.67	1304.82	687.39
Contenuto d'acqua W (%)	21.87	20.09	21.47

Peso di volume naturale	**BS 1377 Part 2**	**γ n (kN/m3) =**	**17.65**
Contenitore	A	B	C
Massa umida + stampo (g)	144.25	147.03	149.12
Massa dello stampo (g)	44.39	45.73	45.06
Massa terreno netta umida (g)	99.86	101.30	104.06
Volume dello stampo (cm^3)	56.54	56.54	56.54
Peso di volume naturale (kN/m^3)	17.32	17.57	18.05

Peso specifico dei grani	**ASTM D 854-10**	**Gs (Mg/m3) =**	
Prova n°			
Volume picnometro (cm^3)			
Massa picnometro (g)			
Massa picnometro + terra (g)			
Massa terra netta (g)			
Massa picn. + terra + acqua (g)			
Massa terra + acqua (g)			
Tempo di ebollizione (min)			
Peso specifico (Mg/m^3)			
Temperatura (°C)			
Densita' acqua (Mg/m^3)			
Costante K			
Peso specifico **T = 20°C**			

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE		
Contenuto d'acqua naturale	**W (%)**	**21.14**
Peso di volume naturale	**γ n (kN/m3)**	**17.65**
Peso di volume secco	**γ d (kN/m3)**	**14.57**
Peso di volume saturo	**γ s (kN/m3)**	
Peso specifico dei grani	**Gs (Mg/m3)**	
Porosita'	**n (%)**	
Indice dei pori	**e**	
Grado di saturazione	**Sr (%)**	

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti, stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*		
Sondaggio - Campione	*S2-CI1*	Tipo provino	*Indisturbato*
Certificato	*3862- 13/12/2024*		
Peso specifico	*2.72 (Stimato)*	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio	*Macchina di Taglio con Geodatalog*		

CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	*1*	*2*	*3*
Profondità prelievo (m)	*2.30*	*2.40*	*2.50*
Altezza (mm)	*20.0*	*20.0*	*20.0*
Diametro (mm)	*60.0*	*60.0*	*60.0*
Sezione (mm²)	*2827.4*	*2827.4*	*2827.4*
Umidità (misura diretta) (%)	*20*	*21*	*20*
Umidità (trimming) (%)			
Densità secca (g)	*83.1*	*84.1*	*86.8*
Densità umida (kN/m³)	*17.32*	*17.57*	*18.05*
Densità secca (kN/m³)	*14.41*	*14.58*	*15.06*
Indice dei vuoti	*0.852*	*0.830*	*0.771*
Grado di saturazione (%)	*65*	*67*	*70*

FASE DI TAGLIO			
Velocità fase di taglio (mm/min)	*0.006521*	*0.006322*	*0.006531*
Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)			
Pressione verticale (kPa)	*50*	*100*	*150*
Tensione di taglio (kPa)	*35*	*72*	*86*
Spostamento orizzontale (mm)	*4.21*	*6.07*	*6.27*
Def. verticale (mm)	*0.104*	*0.527*	*0.842*

CONDIZIONI FINALI			
Contenuto d'acqua (%)	*19*	*19*	*19*
Densità umida (kN/m³)	*19.01*	*20.63*	*23.33*
Densità secca (kN/m³)	*15.94*	*17.28*	*19.57*

Coesione (kPa)	*12.8*
Angolo di resistenza al taglio (°)	*27.2*

Commenti / variazioni delle procedure:			
Grado di saturazione finale (%)	*100*	*100*	*100*

Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

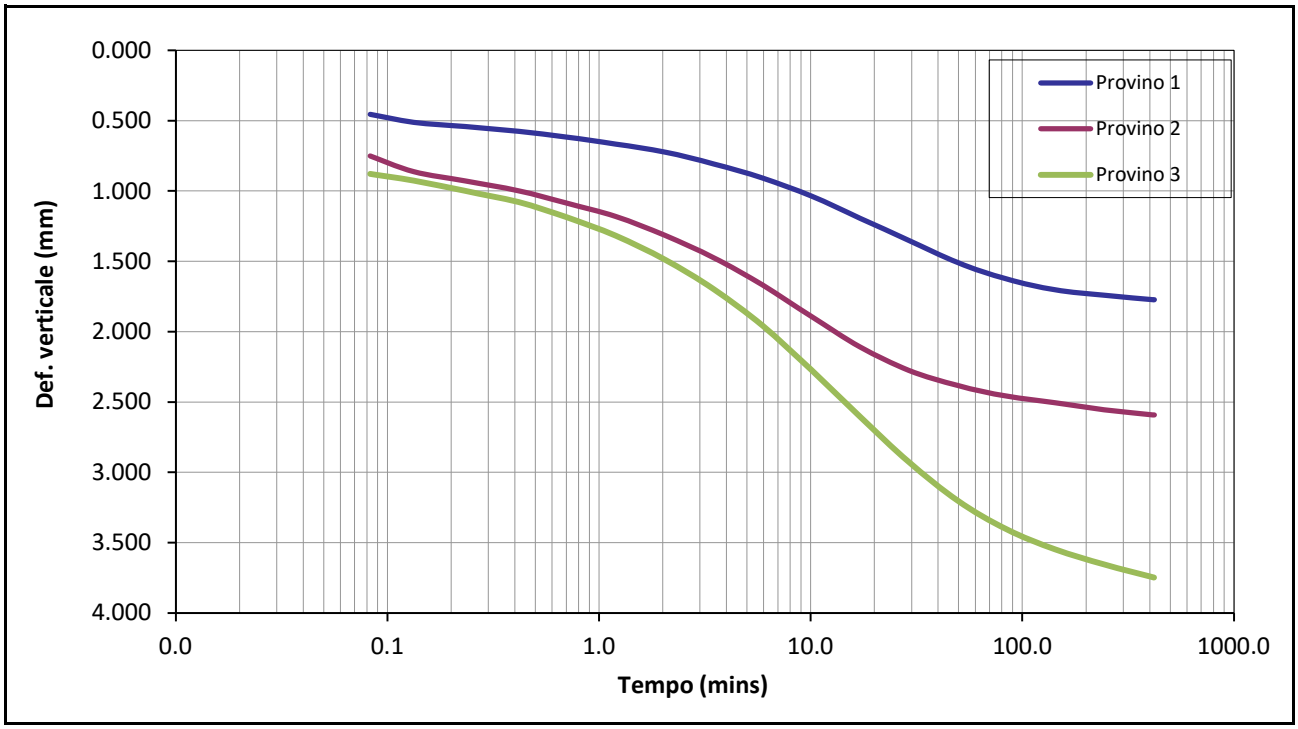
Servizi Geotecnici Liguri Srl

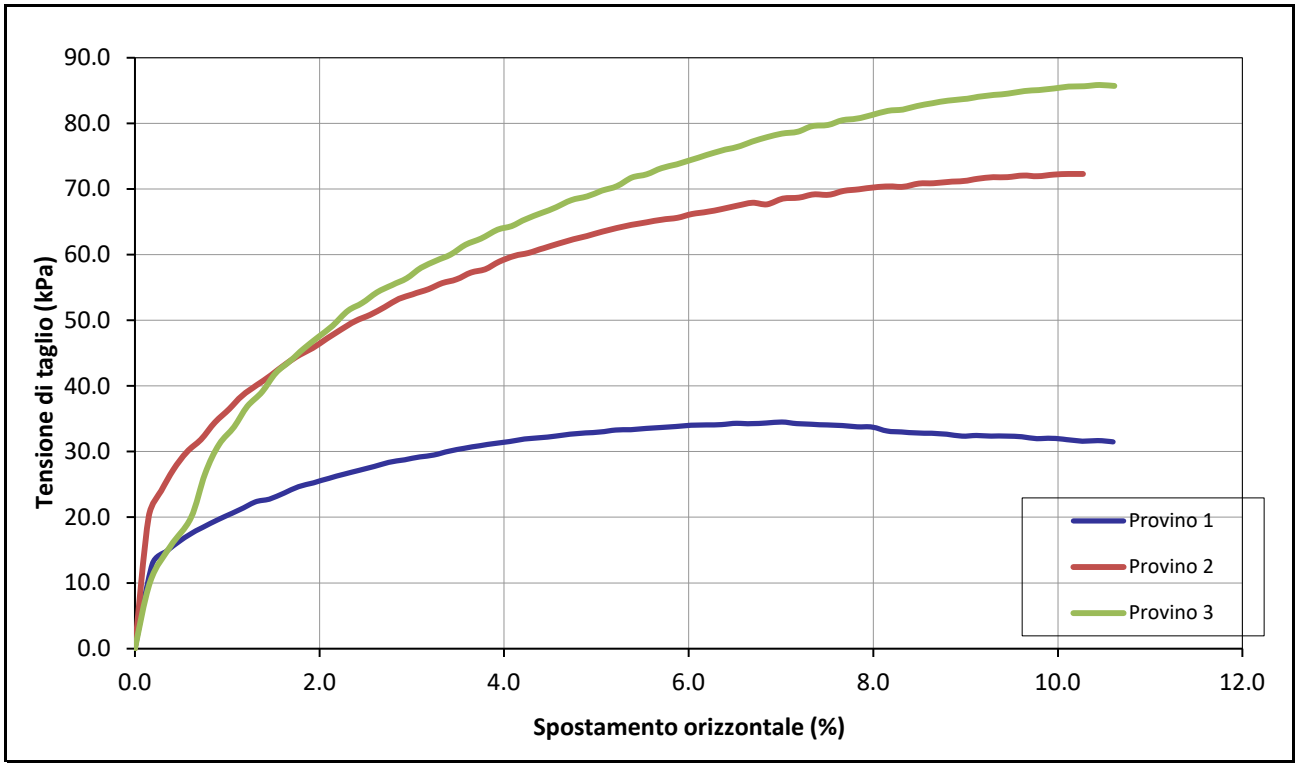
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1, 2, 3*
Sondaggio - Campione	*S2-CI1*	Profondità prelievo (m)	*2.30, 2.40, 2.50*





Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

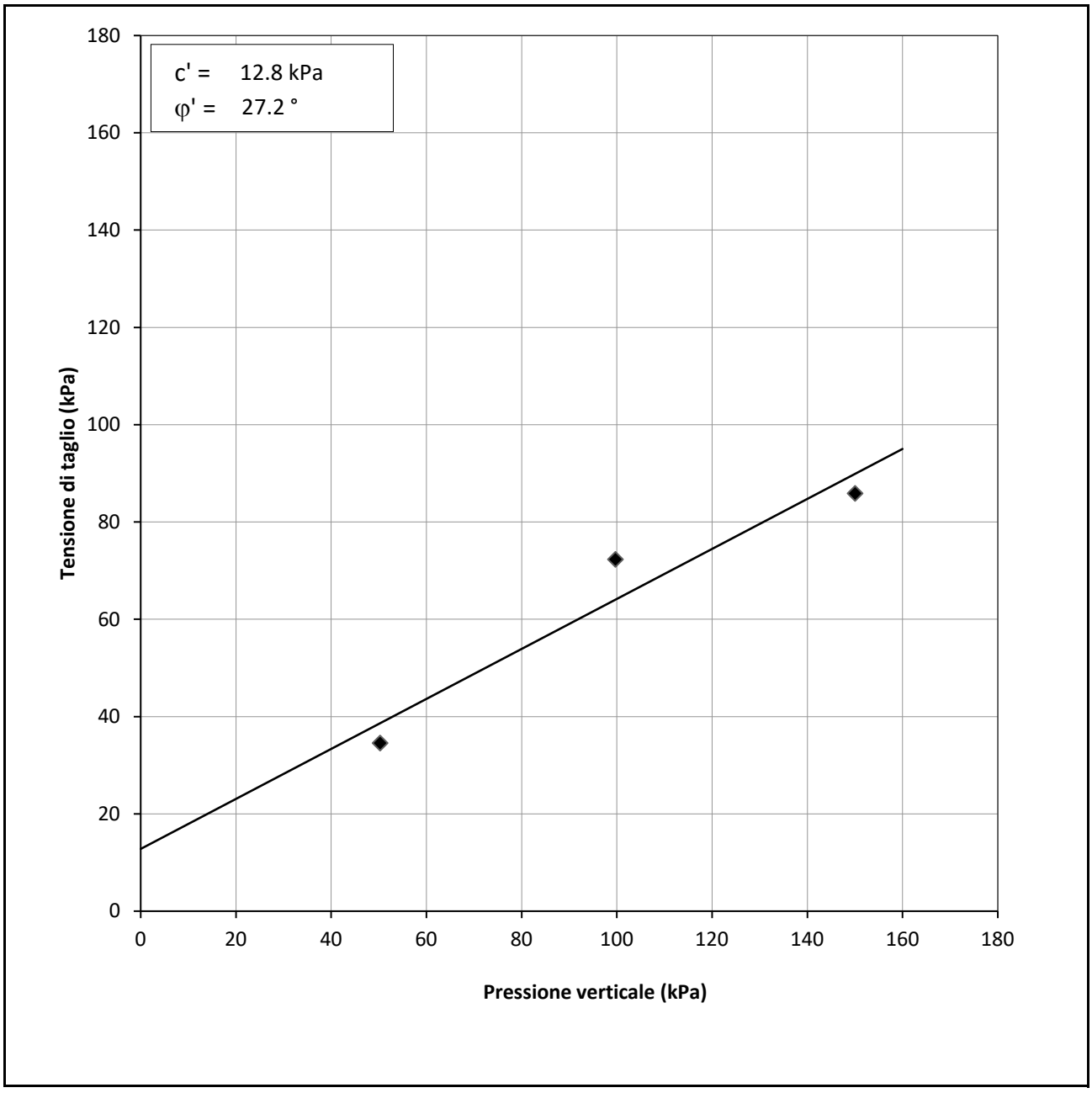
SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
RAPPORTO DI PROVA

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1, 2, 3*
Sondaggio - Campione	*S2-CI1*	Profondità prelievo (m)	*2.30, 2.40, 2.50*



Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1*
Sondaggio - Campione	*S2-CI1*	Profondità prelievo (m)	*2.30*

PROVINO 1 — **Pressione verticale (kPa)** ***50***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	*0.032*	*0.04*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*0.052*	*0.16*	*36.4*	*0.020*	*0.11*	*36.4*	*12.9*
30.00	*0.063*	*0.25*	*41.8*	*0.031*	*0.20*	*41.8*	*14.8*
45.00	*0.080*	*0.34*	*46.7*	*0.048*	*0.30*	*46.7*	*16.5*
60.00	*0.095*	*0.44*	*50.7*	*0.063*	*0.40*	*50.7*	*17.9*
75.00	*0.102*	*0.53*	*53.8*	*0.070*	*0.49*	*53.8*	*19.0*
90.00	*0.124*	*0.63*	*56.9*	*0.092*	*0.58*	*56.9*	*20.1*
105.00	*0.138*	*0.72*	*59.8*	*0.106*	*0.68*	*59.8*	*21.1*
120.00	*0.149*	*0.82*	*63.1*	*0.117*	*0.78*	*63.1*	*22.3*
135.00	*0.163*	*0.92*	*64.4*	*0.131*	*0.87*	*64.4*	*22.8*
150.00	*0.180*	*1.01*	*67.0*	*0.148*	*0.97*	*67.0*	*23.7*
165.00	*0.183*	*1.11*	*69.7*	*0.151*	*1.06*	*69.7*	*24.6*
180.00	*0.197*	*1.21*	*71.4*	*0.165*	*1.16*	*71.4*	*25.3*
195.00	*0.205*	*1.31*	*73.4*	*0.173*	*1.26*	*73.4*	*25.9*
210.00	*0.208*	*1.40*	*75.1*	*0.176*	*1.36*	*75.1*	*26.6*
225.00	*0.221*	*1.50*	*76.7*	*0.189*	*1.46*	*76.7*	*27.1*
240.00	*0.223*	*1.60*	*78.4*	*0.191*	*1.55*	*78.4*	*27.7*
255.00	*0.229*	*1.69*	*80.2*	*0.197*	*1.65*	*80.2*	*28.4*
270.00	*0.248*	*1.80*	*81.4*	*0.216*	*1.75*	*81.4*	*28.8*
285.00	*0.248*	*1.90*	*82.6*	*0.216*	*1.85*	*82.6*	*29.2*
300.00	*0.259*	*1.99*	*83.3*	*0.227*	*1.94*	*83.3*	*29.5*
315.00	*0.259*	*2.09*	*85.0*	*0.227*	*2.04*	*85.0*	*30.1*
330.00	*0.262*	*2.18*	*86.2*	*0.230*	*2.14*	*86.2*	*30.5*
345.00	*0.264*	*2.29*	*87.4*	*0.232*	*2.24*	*87.4*	*30.9*
360.00	*0.274*	*2.38*	*88.3*	*0.242*	*2.34*	*88.3*	*31.2*
375.00	*0.275*	*2.48*	*89.1*	*0.243*	*2.43*	*89.1*	*31.5*
390.00	*0.276*	*2.58*	*90.2*	*0.244*	*2.53*	*90.2*	*31.9*
405.00	*0.291*	*2.68*	*90.8*	*0.259*	*2.63*	*90.8*	*32.1*
420.00	*0.292*	*2.78*	*91.5*	*0.260*	*2.73*	*91.5*	*32.4*
435.00	*0.292*	*2.87*	*92.3*	*0.260*	*2.83*	*92.3*	*32.6*
450.00	*0.301*	*2.97*	*92.9*	*0.269*	*2.93*	*92.9*	*32.9*
465.00	*0.301*	*3.07*	*93.2*	*0.269*	*3.03*	*93.2*	*33.0*
480.00	*0.312*	*3.17*	*94.1*	*0.280*	*3.13*	*94.1*	*33.3*
495.00	*0.312*	*3.27*	*94.3*	*0.280*	*3.22*	*94.3*	*33.4*
510.00	*0.313*	*3.37*	*94.8*	*0.281*	*3.32*	*94.8*	*33.5*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Gabriele.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1*
Sondaggio - Campione	*S2-CI1*	Profondità prelievo (m)	*2.30*

PROVINO 1 — **Pressione verticale (kPa)** ***50***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*0.323*	*3.47*	*95.2*	*0.291*	*3.42*	*95.2*	*33.7*
540.00	*0.323*	*3.56*	*95.6*	*0.291*	*3.52*	*95.6*	*33.8*
555.00	*0.323*	*3.66*	*96.2*	*0.291*	*3.62*	*96.2*	*34.0*
570.00	*0.330*	*3.76*	*96.3*	*0.298*	*3.72*	*96.3*	*34.0*
585.00	*0.330*	*3.86*	*96.5*	*0.298*	*3.81*	*96.5*	*34.1*
600.00	*0.330*	*3.96*	*97.0*	*0.298*	*3.91*	*97.0*	*34.3*
615.00	*0.336*	*4.05*	*96.8*	*0.304*	*4.01*	*96.8*	*34.2*
630.00	*0.336*	*4.15*	*97.1*	*0.304*	*4.11*	*97.1*	*34.4*
645.00	*0.336*	*4.25*	*97.6*	*0.304*	*4.21*	*97.6*	*34.5*
660.00	*0.338*	*4.35*	*96.9*	*0.306*	*4.30*	*96.9*	*34.3*
675.00	*0.338*	*4.45*	*96.6*	*0.306*	*4.40*	*96.6*	*34.2*
690.00	*0.343*	*4.54*	*96.3*	*0.311*	*4.50*	*96.3*	*34.0*
705.00	*0.343*	*4.64*	*96.1*	*0.311*	*4.60*	*96.1*	*34.0*
720.00	*0.344*	*4.74*	*95.5*	*0.312*	*4.70*	*95.5*	*33.8*
735.00	*0.343*	*4.84*	*95.4*	*0.311*	*4.79*	*95.4*	*33.7*
750.00	*0.350*	*4.93*	*93.7*	*0.318*	*4.89*	*93.7*	*33.1*
765.00	*0.351*	*5.03*	*93.2*	*0.319*	*4.98*	*93.2*	*33.0*
780.00	*0.354*	*5.13*	*92.8*	*0.322*	*5.08*	*92.8*	*32.8*
795.00	*0.354*	*5.22*	*92.7*	*0.322*	*5.18*	*92.7*	*32.8*
810.00	*0.354*	*5.32*	*92.3*	*0.322*	*5.28*	*92.3*	*32.6*
825.00	*0.361*	*5.42*	*91.5*	*0.329*	*5.38*	*91.5*	*32.4*
840.00	*0.361*	*5.51*	*91.7*	*0.329*	*5.47*	*91.7*	*32.4*
855.00	*0.361*	*5.61*	*91.5*	*0.329*	*5.57*	*91.5*	*32.4*
870.00	*0.361*	*5.71*	*91.5*	*0.329*	*5.67*	*91.5*	*32.4*
885.00	*0.362*	*5.81*	*91.2*	*0.330*	*5.77*	*91.2*	*32.3*
900.00	*0.372*	*5.91*	*90.4*	*0.340*	*5.86*	*90.4*	*32.0*
915.00	*0.372*	*6.01*	*90.5*	*0.340*	*5.96*	*90.5*	*32.0*
930.00	*0.372*	*6.10*	*90.0*	*0.340*	*6.06*	*90.0*	*31.8*
945.00	*0.377*	*6.20*	*89.4*	*0.345*	*6.16*	*89.4*	*31.6*
960.00	*0.377*	*6.30*	*89.6*	*0.345*	*6.26*	*89.6*	*31.7*
975.00	*0.378*	*6.40*	*89.0*	*0.346*	*6.36*	*89.0*	*31.5*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Gabriella.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*2*
Sondaggio - Campione	*S2-CI1*	Profondità prelievo (m)	*2.4*

PROVINO 2 **Pressione verticale (kPa)** ***100***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	*0.003*	*0.01*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*0.025*	*0.10*	*56.7*	*0.022*	*0.09*	*56.7*	*20.1*
30.00	*0.045*	*0.18*	*67.9*	*0.042*	*0.17*	*67.9*	*24.0*
45.00	*0.065*	*0.26*	*77.0*	*0.062*	*0.25*	*77.0*	*27.2*
60.00	*0.086*	*0.35*	*84.6*	*0.083*	*0.34*	*84.6*	*29.9*
75.00	*0.110*	*0.44*	*90.0*	*0.107*	*0.43*	*90.0*	*31.8*
90.00	*0.131*	*0.53*	*97.4*	*0.128*	*0.52*	*97.4*	*34.5*
105.00	*0.148*	*0.62*	*103.2*	*0.145*	*0.61*	*103.2*	*36.5*
120.00	*0.164*	*0.71*	*108.9*	*0.161*	*0.70*	*108.9*	*38.5*
135.00	*0.186*	*0.80*	*113.4*	*0.183*	*0.79*	*113.4*	*40.1*
150.00	*0.205*	*0.89*	*117.7*	*0.202*	*0.88*	*117.7*	*41.6*
165.00	*0.225*	*0.99*	*122.6*	*0.222*	*0.98*	*122.6*	*43.4*
180.00	*0.239*	*1.08*	*126.5*	*0.236*	*1.07*	*126.5*	*44.7*
195.00	*0.256*	*1.17*	*129.4*	*0.253*	*1.16*	*129.4*	*45.8*
210.00	*0.274*	*1.26*	*133.5*	*0.271*	*1.25*	*133.5*	*47.2*
225.00	*0.286*	*1.35*	*137.3*	*0.283*	*1.34*	*137.3*	*48.6*
240.00	*0.299*	*1.44*	*141.0*	*0.296*	*1.43*	*141.0*	*49.9*
255.00	*0.309*	*1.54*	*143.7*	*0.306*	*1.53*	*143.7*	*50.8*
270.00	*0.324*	*1.63*	*147.1*	*0.321*	*1.62*	*147.1*	*52.0*
285.00	*0.339*	*1.73*	*150.6*	*0.336*	*1.72*	*150.6*	*53.3*
300.00	*0.357*	*1.82*	*152.6*	*0.354*	*1.81*	*152.6*	*54.0*
315.00	*0.371*	*1.92*	*154.8*	*0.368*	*1.91*	*154.8*	*54.8*
330.00	*0.386*	*2.01*	*157.4*	*0.383*	*2.00*	*157.4*	*55.7*
345.00	*0.397*	*2.10*	*159.0*	*0.394*	*2.09*	*159.0*	*56.2*
360.00	*0.412*	*2.20*	*162.0*	*0.409*	*2.19*	*162.0*	*57.3*
375.00	*0.421*	*2.29*	*163.4*	*0.418*	*2.28*	*163.4*	*57.8*
390.00	*0.434*	*2.38*	*166.6*	*0.431*	*2.37*	*166.6*	*58.9*
405.00	*0.443*	*2.48*	*169.1*	*0.440*	*2.47*	*169.1*	*59.8*
420.00	*0.457*	*2.57*	*170.3*	*0.454*	*2.56*	*170.3*	*60.2*
435.00	*0.466*	*2.67*	*172.5*	*0.463*	*2.66*	*172.5*	*61.0*
450.00	*0.482*	*2.76*	*174.3*	*0.479*	*2.75*	*174.3*	*61.7*
465.00	*0.488*	*2.86*	*176.3*	*0.485*	*2.85*	*176.3*	*62.3*
480.00	*0.496*	*2.95*	*177.7*	*0.493*	*2.94*	*177.7*	*62.8*
495.00	*0.502*	*3.05*	*179.5*	*0.499*	*3.04*	*179.5*	*63.5*
510.00	*0.512*	*3.14*	*181.1*	*0.509*	*3.13*	*181.1*	*64.0*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*2*
Sondaggio - Campione	*S2-CI1*	Profondità prelievo (m)	*2.4*

PROVINO 2 **Pressione verticale (kPa)** ***100***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*0.522*	*3.24*	*182.5*	*0.519*	*3.23*	*182.5*	*64.5*
540.00	*0.531*	*3.34*	*183.6*	*0.528*	*3.33*	*183.6*	*64.9*
555.00	*0.540*	*3.44*	*184.7*	*0.537*	*3.43*	*184.7*	*65.3*
570.00	*0.547*	*3.54*	*185.5*	*0.544*	*3.53*	*185.5*	*65.6*
585.00	*0.557*	*3.63*	*187.1*	*0.554*	*3.62*	*187.1*	*66.2*
600.00	*0.565*	*3.73*	*188.1*	*0.562*	*3.72*	*188.1*	*66.5*
615.00	*0.571*	*3.82*	*189.3*	*0.568*	*3.81*	*189.3*	*67.0*
630.00	*0.579*	*3.93*	*190.7*	*0.576*	*3.92*	*190.7*	*67.5*
645.00	*0.587*	*4.02*	*192.0*	*0.584*	*4.01*	*192.0*	*67.9*
660.00	*0.593*	*4.12*	*191.4*	*0.590*	*4.11*	*191.4*	*67.7*
675.00	*0.601*	*4.22*	*193.8*	*0.598*	*4.21*	*193.8*	*68.5*
690.00	*0.608*	*4.33*	*194.2*	*0.605*	*4.32*	*194.2*	*68.7*
705.00	*0.620*	*4.42*	*195.6*	*0.617*	*4.41*	*195.6*	*69.2*
720.00	*0.632*	*4.52*	*195.4*	*0.629*	*4.51*	*195.4*	*69.1*
735.00	*0.640*	*4.62*	*197.1*	*0.637*	*4.61*	*197.1*	*69.7*
750.00	*0.648*	*4.72*	*197.8*	*0.645*	*4.71*	*197.8*	*69.9*
765.00	*0.654*	*4.82*	*198.6*	*0.651*	*4.81*	*198.6*	*70.3*
780.00	*0.660*	*4.91*	*199.1*	*0.657*	*4.90*	*199.1*	*70.4*
795.00	*0.669*	*5.00*	*198.9*	*0.666*	*4.99*	*198.9*	*70.3*
810.00	*0.673*	*5.11*	*200.3*	*0.670*	*5.10*	*200.3*	*70.8*
825.00	*0.678*	*5.20*	*200.4*	*0.675*	*5.19*	*200.4*	*70.9*
840.00	*0.683*	*5.30*	*201.0*	*0.680*	*5.29*	*201.0*	*71.1*
855.00	*0.693*	*5.40*	*201.3*	*0.690*	*5.39*	*201.3*	*71.2*
870.00	*0.699*	*5.49*	*202.3*	*0.696*	*5.48*	*202.3*	*71.6*
885.00	*0.707*	*5.59*	*203.0*	*0.704*	*5.58*	*203.0*	*71.8*
900.00	*0.712*	*5.68*	*203.0*	*0.709*	*5.67*	*203.0*	*71.8*
915.00	*0.716*	*5.79*	*203.7*	*0.713*	*5.78*	*203.7*	*72.1*
930.00	*0.721*	*5.88*	*203.4*	*0.718*	*5.87*	*203.4*	*71.9*
945.00	*0.726*	*5.98*	*204.2*	*0.723*	*5.97*	*204.2*	*72.2*
960.00	*0.730*	*6.08*	*204.4*	*0.727*	*6.07*	*204.4*	*72.3*
975.00	*0.737*	*6.17*	*204.4*	*0.734*	*6.16*	*204.4*	*72.3*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*3*
Sondaggio - Campione	*S2-CI1*	Profondità prelievo (m)	*2.5*

PROVINO 3 — **Pressione verticale (kPa)** ***150***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	*0.007*	*0.00*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*0.019*	*0.10*	*28.9*	*0.012*	*0.10*	*28.9*	*10.2*
30.00	*0.039*	*0.23*	*44.0*	*0.032*	*0.23*	*44.0*	*15.6*
45.00	*0.059*	*0.36*	*56.3*	*0.052*	*0.36*	*56.3*	*19.9*
60.00	*0.077*	*0.45*	*75.2*	*0.070*	*0.46*	*75.2*	*26.6*
75.00	*0.099*	*0.55*	*87.9*	*0.092*	*0.55*	*87.9*	*31.1*
90.00	*0.113*	*0.64*	*95.5*	*0.106*	*0.64*	*95.5*	*33.8*
105.00	*0.133*	*0.73*	*104.4*	*0.126*	*0.73*	*104.4*	*36.9*
120.00	*0.151*	*0.83*	*110.6*	*0.144*	*0.83*	*110.6*	*39.1*
135.00	*0.177*	*0.91*	*118.7*	*0.170*	*0.92*	*118.7*	*42.0*
150.00	*0.198*	*1.01*	*123.8*	*0.191*	*1.01*	*123.8*	*43.8*
165.00	*0.218*	*1.10*	*129.1*	*0.211*	*1.10*	*129.1*	*45.7*
180.00	*0.236*	*1.19*	*134.1*	*0.229*	*1.19*	*134.1*	*47.4*
195.00	*0.251*	*1.28*	*139.0*	*0.244*	*1.29*	*139.0*	*49.2*
210.00	*0.275*	*1.39*	*145.6*	*0.268*	*1.39*	*145.6*	*51.5*
225.00	*0.292*	*1.48*	*148.8*	*0.285*	*1.48*	*148.8*	*52.6*
240.00	*0.308*	*1.57*	*153.3*	*0.301*	*1.57*	*153.3*	*54.2*
255.00	*0.323*	*1.67*	*156.6*	*0.316*	*1.67*	*156.6*	*55.4*
270.00	*0.341*	*1.77*	*159.5*	*0.334*	*1.77*	*159.5*	*56.4*
285.00	*0.352*	*1.86*	*164.0*	*0.345*	*1.86*	*164.0*	*58.0*
300.00	*0.373*	*1.96*	*167.0*	*0.366*	*1.96*	*167.0*	*59.1*
315.00	*0.391*	*2.05*	*169.7*	*0.384*	*2.05*	*169.7*	*60.0*
330.00	*0.415*	*2.15*	*173.9*	*0.408*	*2.15*	*173.9*	*61.5*
345.00	*0.427*	*2.25*	*176.6*	*0.420*	*2.25*	*176.6*	*62.5*
360.00	*0.440*	*2.36*	*180.4*	*0.433*	*2.36*	*180.4*	*63.8*
375.00	*0.468*	*2.45*	*182.0*	*0.461*	*2.45*	*182.0*	*64.4*
390.00	*0.484*	*2.54*	*185.0*	*0.477*	*2.54*	*185.0*	*65.4*
405.00	*0.515*	*2.64*	*187.6*	*0.508*	*2.64*	*187.6*	*66.3*
420.00	*0.523*	*2.74*	*190.1*	*0.516*	*2.74*	*190.1*	*67.2*
435.00	*0.539*	*2.83*	*193.1*	*0.532*	*2.84*	*193.1*	*68.3*
450.00	*0.569*	*2.94*	*194.8*	*0.562*	*2.94*	*194.8*	*68.9*
465.00	*0.584*	*3.04*	*197.2*	*0.577*	*3.04*	*197.2*	*69.7*
480.00	*0.604*	*3.13*	*199.1*	*0.597*	*3.13*	*199.1*	*70.4*
495.00	*0.623*	*3.23*	*202.9*	*0.616*	*3.23*	*202.9*	*71.8*
510.00	*0.642*	*3.33*	*204.3*	*0.635*	*3.33*	*204.3*	*72.3*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Il Direttore di Laboratorio
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*3*
Sondaggio - Campione	*S2-CI1*	Profondità prelievo (m)	*2.5*

PROVINO 3 **Pressione verticale (kPa)** ***150***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*0.655*	*3.42*	*206.9*	*0.648*	*3.42*	*206.9*	*73.2*
540.00	*0.676*	*3.52*	*208.6*	*0.669*	*3.52*	*208.6*	*73.8*
555.00	*0.687*	*3.62*	*210.4*	*0.680*	*3.62*	*210.4*	*74.4*
570.00	*0.711*	*3.71*	*212.5*	*0.704*	*3.71*	*212.5*	*75.1*
585.00	*0.717*	*3.81*	*214.5*	*0.710*	*3.81*	*214.5*	*75.9*
600.00	*0.746*	*3.91*	*215.9*	*0.739*	*3.91*	*215.9*	*76.4*
615.00	*0.749*	*4.01*	*218.3*	*0.742*	*4.01*	*218.3*	*77.2*
630.00	*0.760*	*4.11*	*220.2*	*0.753*	*4.11*	*220.2*	*77.9*
645.00	*0.781*	*4.21*	*221.7*	*0.774*	*4.21*	*221.7*	*78.4*
660.00	*0.789*	*4.31*	*222.6*	*0.782*	*4.31*	*222.6*	*78.7*
675.00	*0.811*	*4.40*	*225.0*	*0.804*	*4.40*	*225.0*	*79.6*
690.00	*0.824*	*4.50*	*225.5*	*0.817*	*4.50*	*225.5*	*79.8*
705.00	*0.841*	*4.60*	*227.5*	*0.834*	*4.60*	*227.5*	*80.5*
720.00	*0.845*	*4.69*	*228.2*	*0.838*	*4.69*	*228.2*	*80.7*
735.00	*0.869*	*4.79*	*229.8*	*0.862*	*4.79*	*229.8*	*81.3*
750.00	*0.873*	*4.89*	*231.5*	*0.866*	*4.89*	*231.5*	*81.9*
765.00	*0.889*	*4.99*	*232.2*	*0.882*	*4.99*	*232.2*	*82.1*
780.00	*0.896*	*5.08*	*233.7*	*0.889*	*5.08*	*233.7*	*82.6*
795.00	*0.917*	*5.18*	*234.9*	*0.910*	*5.19*	*234.9*	*83.1*
810.00	*0.925*	*5.28*	*235.9*	*0.918*	*5.28*	*235.9*	*83.4*
825.00	*0.938*	*5.39*	*236.6*	*0.931*	*5.39*	*236.6*	*83.7*
840.00	*0.945*	*5.48*	*237.6*	*0.938*	*5.48*	*237.6*	*84.0*
855.00	*0.962*	*5.58*	*238.4*	*0.955*	*5.59*	*238.4*	*84.3*
870.00	*0.978*	*5.68*	*239.0*	*0.971*	*5.68*	*239.0*	*84.5*
885.00	*0.990*	*5.78*	*240.1*	*0.983*	*5.78*	*240.1*	*84.9*
900.00	*1.002*	*5.88*	*240.6*	*0.995*	*5.88*	*240.6*	*85.1*
915.00	*1.014*	*5.97*	*241.2*	*1.007*	*5.97*	*241.2*	*85.3*
930.00	*1.020*	*6.07*	*242.0*	*1.013*	*6.07*	*242.0*	*85.6*
945.00	*1.034*	*6.17*	*242.2*	*1.027*	*6.17*	*242.2*	*85.7*
960.00	*1.049*	*6.27*	*242.7*	*1.042*	*6.27*	*242.7*	*85.8*
975.00	*1.062*	*6.37*	*242.3*	*1.055*	*6.37*	*242.3*	*85.7*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Leonardo Moretti
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3907

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024

Sondaggio: S2
Campione: CI1
Profondità: 2.10-2.80 m
Data esecuzione prova: 09-23/12/2024
Specifica di prova: ASTM D2435-96
Rep: 24/224

Caratteristiche generali

Sezione provino	**19.63**	cm^2
Altezza iniziale provino	**20.00**	mm
Altezza finale provino	**15.00**	mm

Massa tara + provino umido iniziale	**129.73**	g
Massa tara	**59.14**	g
Massa tara + provino umido finale	**125.33**	g
Tara N.	**A**	
Massa tara finale	**59.14**	g
Massa tara + provino secco	**117.36**	g

Massa provino umido iniziale	**70.59**	g
Massa provino umido finale	**66.19**	g
Massa provino secco	**58.22**	g

Peso specifico	**2.72**	Mg/m^3

Contenuto d'acqua iniziale	**21.25**	%
Contenuto d'acqua finale	**13.69**	%

Densità umida iniziale	**17.63**	kN/m^3
Densità umida finale	**22.04**	kN/m^3
Densità secca iniziale	**14.54**	kN/m^3
Densità secca finale	**19.39**	kN/m^3

Indice dei vuoti iniziale	**0.834**	
Indice dei vuoti finale	**0.376**	
Saturazione iniziale	**69.28**	%
Saturazione finale	**99.12**	%

Tabella riassuntiva

Pressione	Ɛ	e	M	Mv	Cv	Metodo	K	Calfa
kPa	%		MPa	MPa-1	cm2/sec		m/sec	
fase di carico/scarico								
0.00	0.00	0.834						
12.5	1.56	0.806	0.80	1.248				
25	3.73	0.766	0.58	1.736	3.049E-04	Casagrande	5.19E-10	3.320E-03
50	6.92	0.707	0.78	1.276	2.261E-04	Casagrande	2.83E-10	4.420E-03
100	10.79	0.636	1.29	0.774	2.072E-04	Casagrande	1.57E-10	7.740E-03
200	15.66	0.547	2.05	0.487				
400	20.61	0.456	4.04	0.248				
800	26.00	0.357	7.42	0.135				
1600	31.61	0.254	14.26	0.070				
3200	37.32	0.150	28.02	0.036				
800	35.36	0.186						
200	32.09	0.246						
50	28.06	0.320						
12.5	24.51	0.385						

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

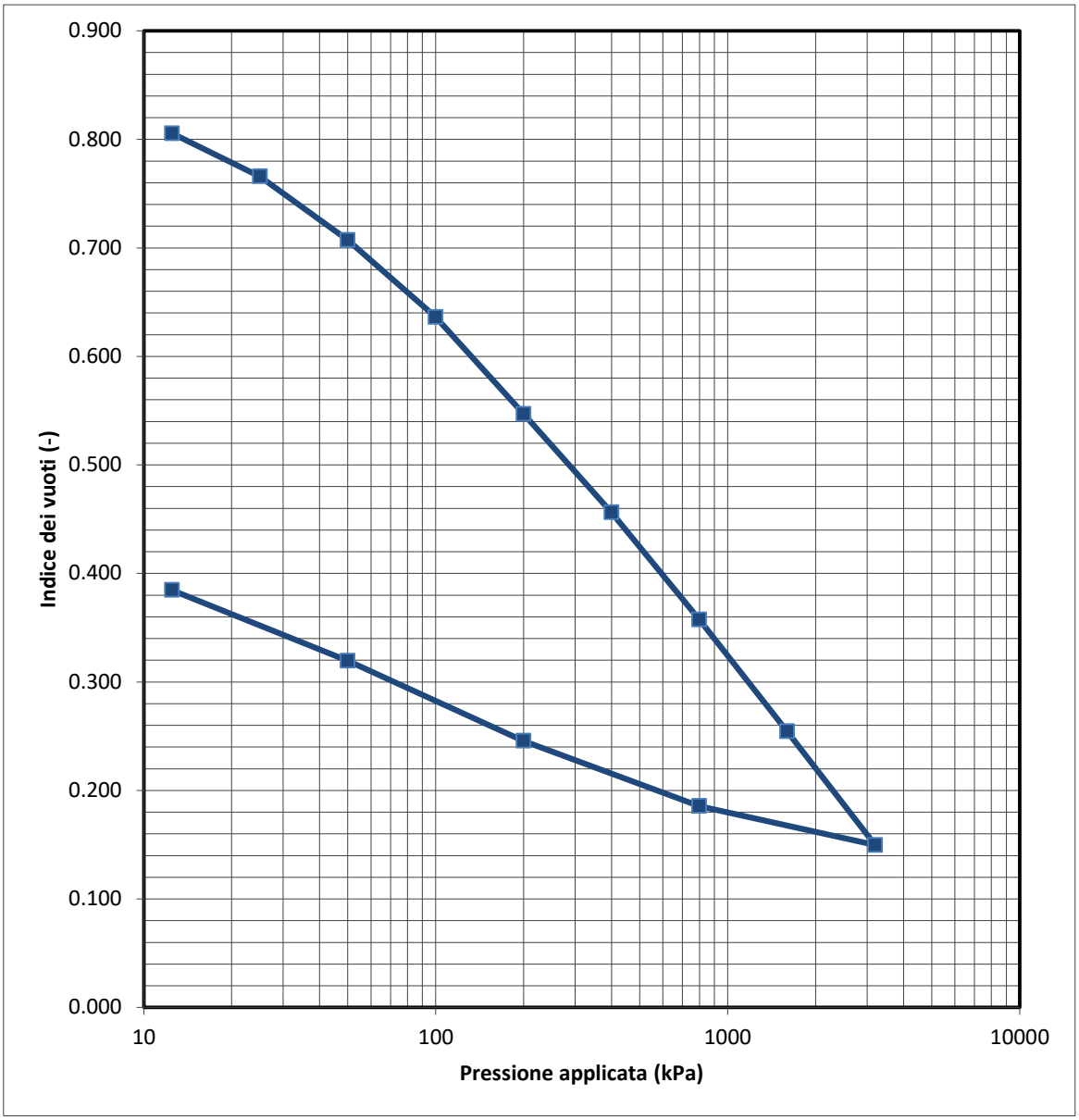
Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3907

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 2.10-2.80 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

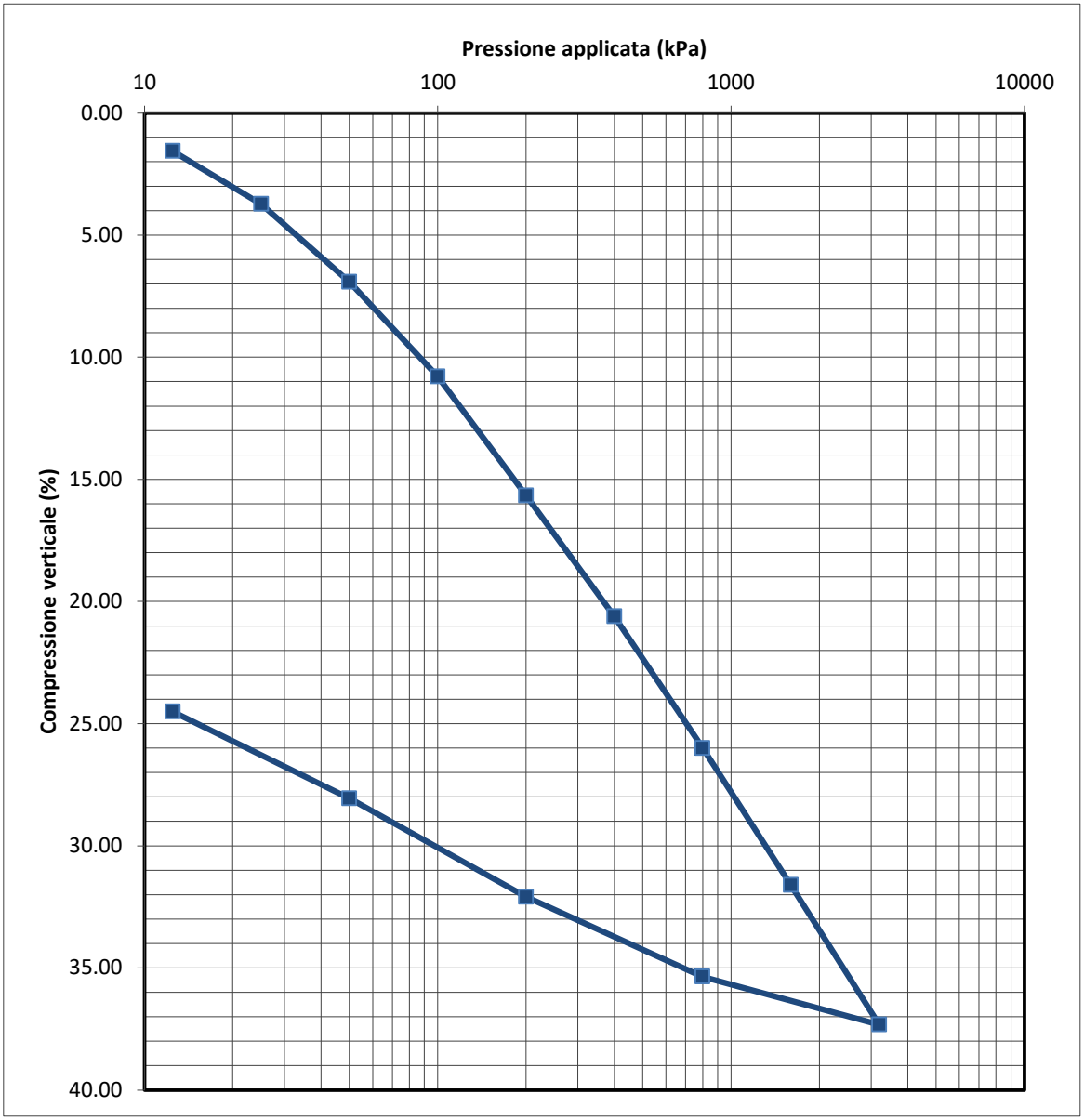
Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3907

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 2.10-2.80 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

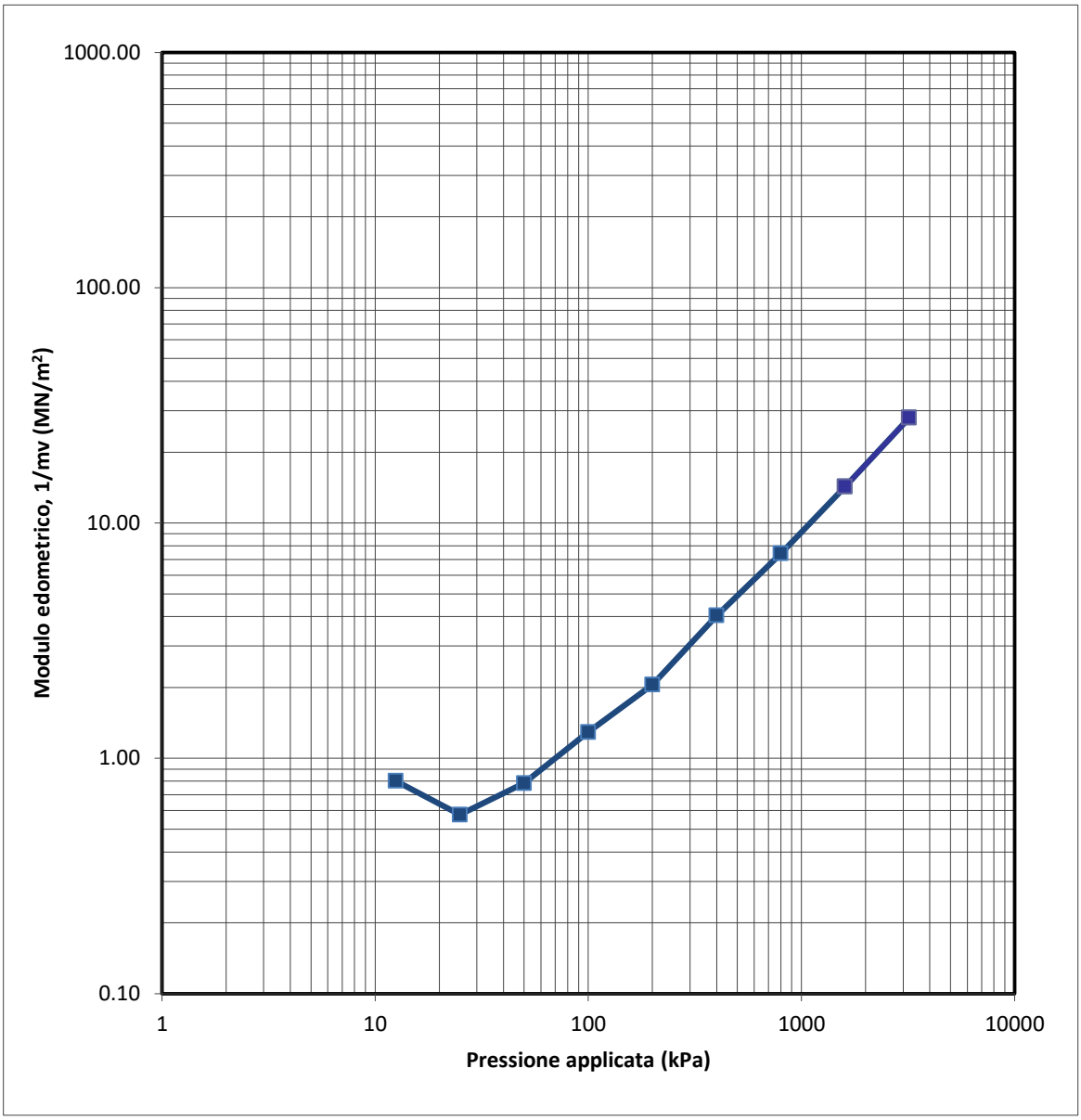
Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3907

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 2.10-2.80 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

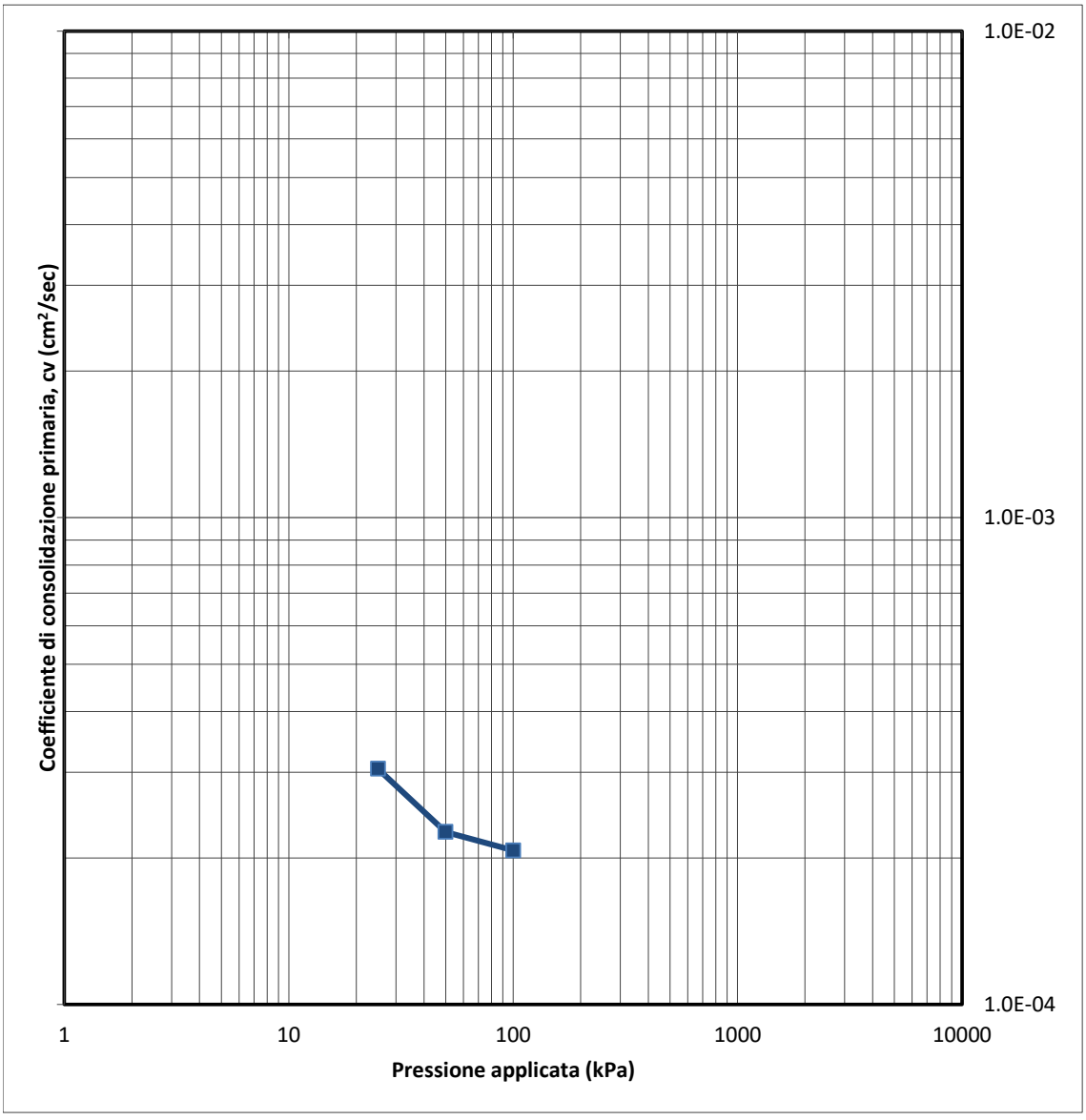
Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3907

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 2.10-2.80 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

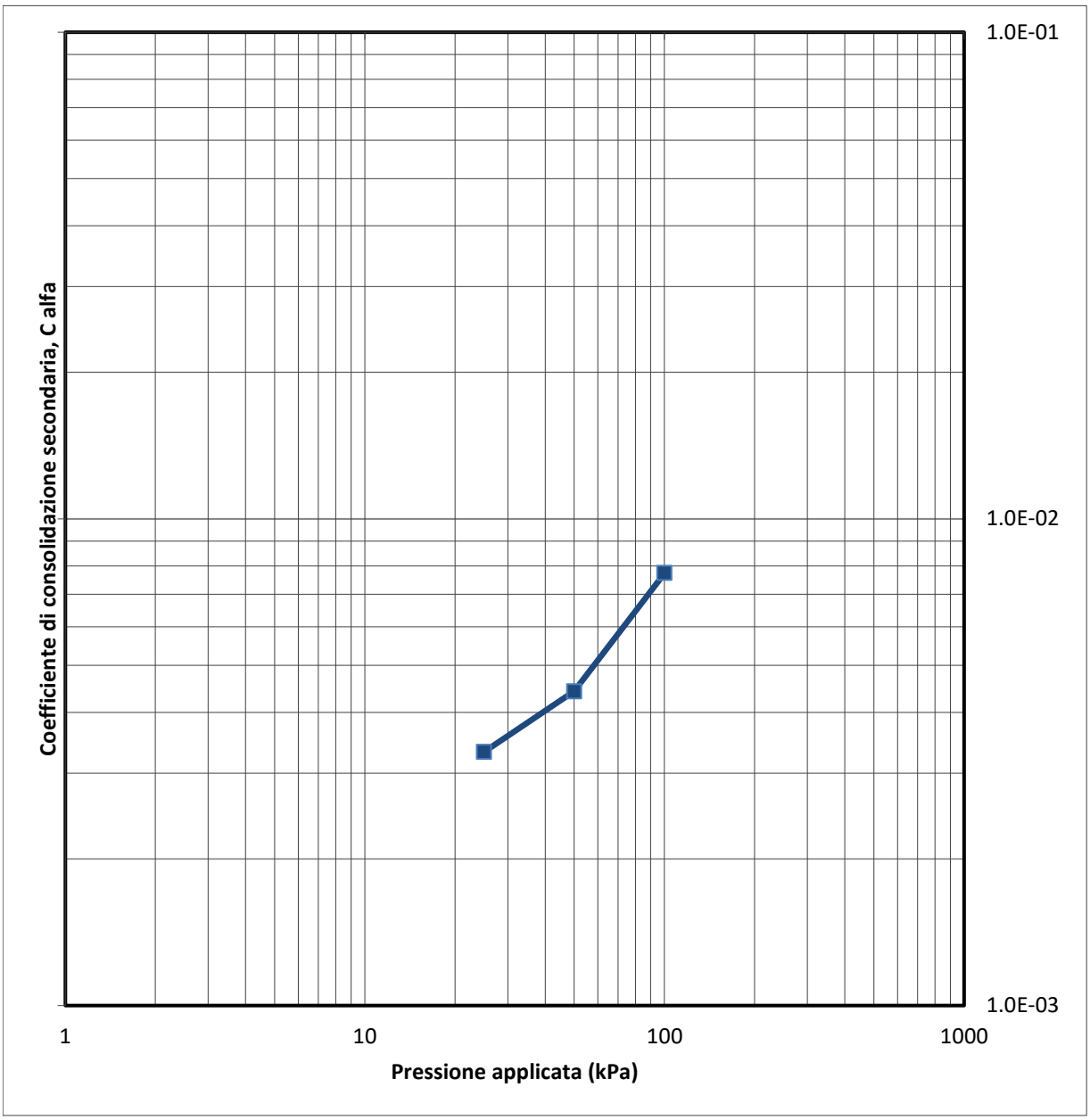
Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3907

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI1**
Località: CARRARA	**Profondità: 2.10-2.80 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 13/12/2024

Certificato n° 3863

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 4.50-5.00 m**
Verbale: 160	**Data: 09/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2488-09a- D4648-10**
Note:	**Rep: 24/224**

Contenitore del campione	**X**	**Inox**		**PVC**
		Vetro		**Sacchetto**

Dimensioni del campione		**<2"**	**X**	**<4"**
		<3"		**>4"**

Condizioni del materiale	**X**	**Buone**		**Rammollito**
		Mediocri		**Strati piegati**
		Cattive		**Rimaneggiato**

FOTO DEL CAMPIONE

Descrizione del campione	Qualità del campione: Q5

Campione di 50 cm di lunghezza.
Sabbia limosa debolmente argillosa di colore grigio.

Consistenza (kPa)	**cm**	**Scissometro**		**Penetrometro**
Alto		**kPa**		**kPa**
	0-10	**5**		**50**
	10-20	**5**		**50**
	20-30	**5**	**ED**	**40**
	30-40	**5**	**TG-TG**	**40**
	40-50	**5**	**TG**	**35**
	50-60			
	60-70			
Basso	**70-80**			
	80-90			

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Daniele Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3864

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S2
Campione: CI2
Profondità: 4.50-5.00 m
Data esecuzione: 11-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D421-07/D422-07
Rep: 24/224

M (gr) = 321.67

Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
100	0.00	0.00	0.00	100.00
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	0.00	0.00	0.00	100.00
12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
2.00	0.51	0.16	0.16	99.84
1.00	1.29	0.40	0.56	99.44
0.425	68.34	21.25	21.80	78.20
0.180	186.07	57.84	79.65	20.35
0.075	24.56	7.64	87.29	12.71
Fondo	40.90			

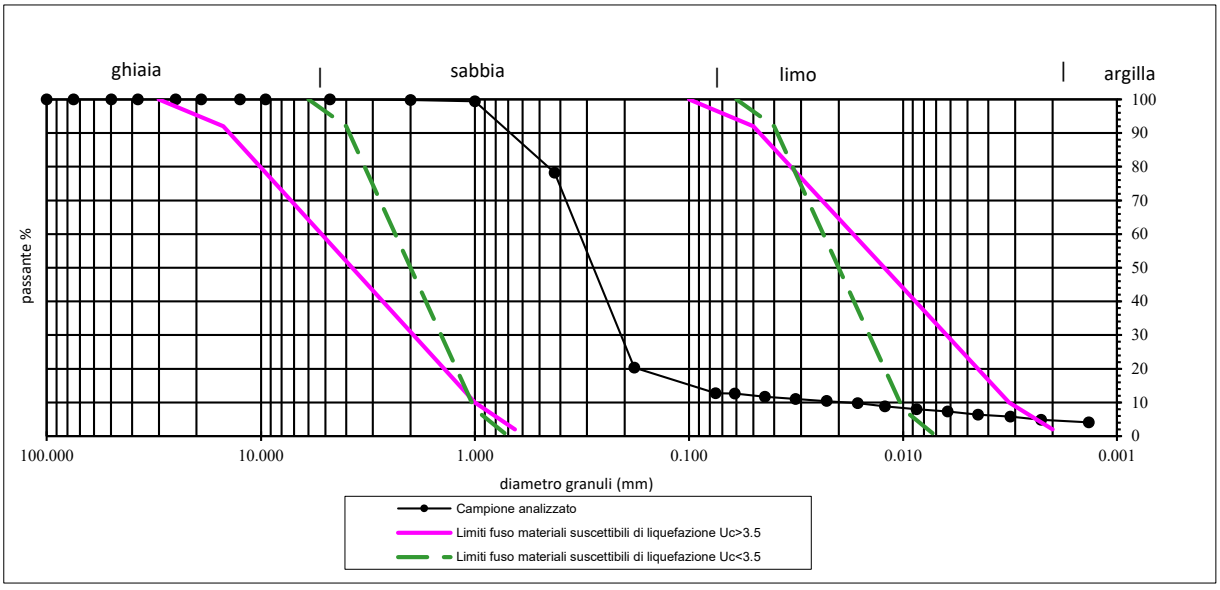
Analisi con areometro

Areometro n°	**1**
Areometro tipo	**152 H**
Dispersivo	*esametafosfato di sodio*
Correz. dispersivo Cd	**-1**
Correz. menisco Cm	**0.5**
Correz. temperatura Ct	**-4+0,25*T**
Campione secco Psp (g)	**40**
Peso spec.f<0 ,074 (Gs) =	**2.72**
Costante K =	**1.000**

Tempo **min**	Temperatura **°C**	Lettura **R**	Lettura corr. **R'=R+Cm**	Corr. Temp. **Ct**	f grani **mm**	Lettura ridotta **R"=R'+Cd+Ct**	% Parziale **KR"**	% Somma **KR"X**
0.5	17.0	40.0	40.5	0.25	0.0611	39.75	99.39	12.64
1	17.0	37.0	37.5	0.25	0.0442	36.75	91.89	11.68
2	17.0	35.0	35.5	0.25	0.0317	34.75	86.89	11.05
4	17.0	33.0	33.5	0.25	0.0227	32.75	81.89	10.41
8	17.0	31.0	31.5	0.25	0.0163	30.75	76.89	9.78
15	17.0	28.0	28.5	0.25	0.0122	27.75	69.39	8.82
30	18.0	25.0	25.5	0.50	0.0087	25.00	62.51	7.95
60	18.0	23.0	23.5	0.50	0.0062	23.00	57.51	7.31
120	18.0	20.0	20.5	0.50	0.0045	20.00	50.01	6.36
240	19.0	18.0	18.5	0.75	0.0032	18.25	45.63	5.80
480	19.0	15.0	15.5	0.75	0.0023	15.25	38.13	4.85
1440	17.0	13.0	13.5	0.25	0.0014	12.75	31.88	4.05

Classificazione	**USCS**	**CNR-UNI**
	SM	

% ghiaia	**% sabbia**	**% limo**	**% argilla**
0.00	**87.29**	**8.10**	**4.62**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Daniele Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Eugenio Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

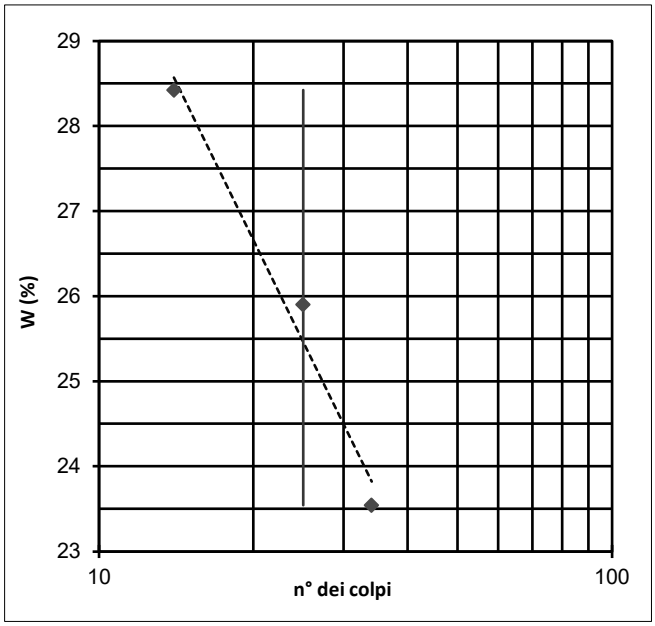
Data emissione: 13/12/2024
Certificato n° 3865

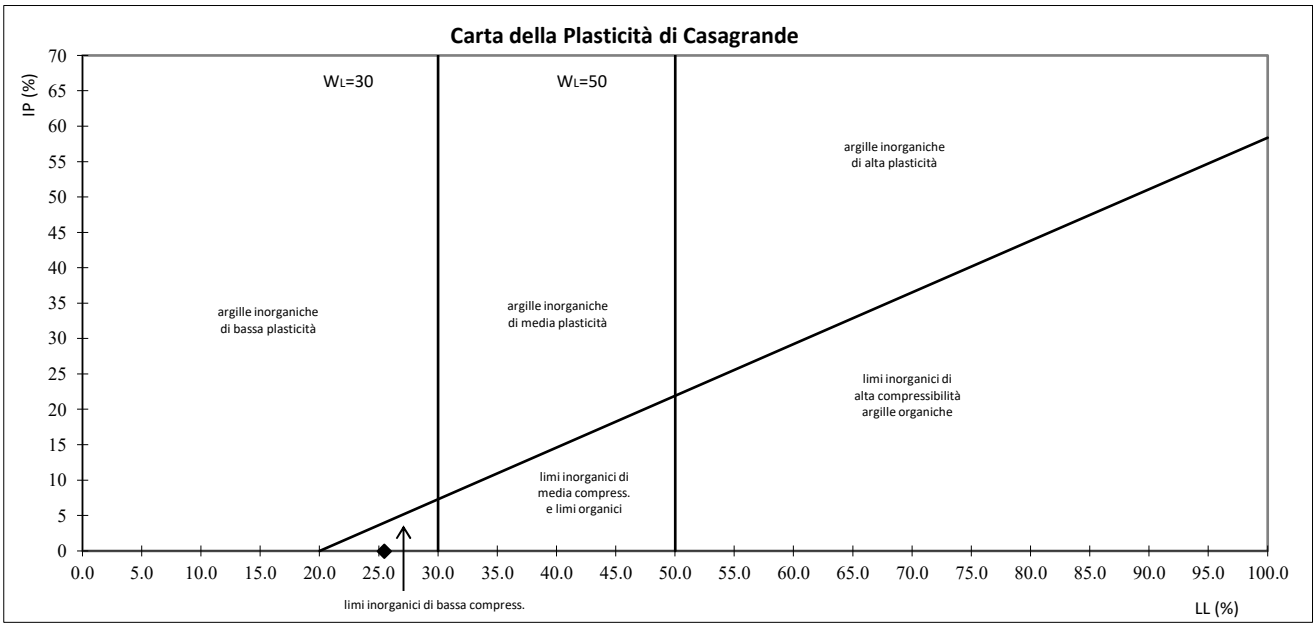
LIMITI DI CONSISTENZA

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S2
Campione: CI2
Profondità: 4.50-5.00 m
Data di esecuzione: 12-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D4318-10
Rep: 24/224

Limite liquido		**LL (%) =**	**25.5**
Contenitore	32	5	8
Massa umida + t (g)	60.12	63.01	58.47
Massa secca + t (g)	56.82	58.98	55.36
Massa acqua contenuta (g)	3.30	4.03	3.11
Tara t (g)	45.21	43.42	42.15
Massa secca netta (g)	11.61	15.56	13.21
Contenuto d'acqua W (%)	28.42	25.90	23.54
Numero colpi	14	25	34
Limite plastico		**LP (%) =**	**N.P.**
Contenitore			
Massa umida + t (g)			
Massa secca + t (g)			
Massa acqua contenuta (g)			
Tara t (g)			
Massa secca (g)			
Contenuto d'acqua W (%)			
Indice di Plasticità	*(LL-LP) =*	**IP**	**N.P.**





Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Certificato n° 3866

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 4.50-5.00 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione: 09-10/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM e BS**
Note:	**Rep: 24/224**

Contenuto d'acqua	**ASTM D 2216-10**	**W (%) =**	**21.12**
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	1664.70	1032.50	685.22
Massa lorda secca (g)	1371.50	856.32	570.58
Massa acqua contenuta (g)	293.20	176.18	114.64
Tara (g)	12.01	15.42	20.74
Massa netta secca (g)	1359.49	840.90	549.84
Contenuto d'acqua W (%)	21.57	20.95	20.85

Peso di volume naturale	**BS 1377 Part 2**	**γ n (kN/m3) =**	**19.49**
Contenitore	A	B	C
Massa umida + stampo (g)	161.58	157.78	153.57
Massa dello stampo (g)	45.04	45.65	45.09
Massa terreno netta umida (g)	116.54	112.13	108.48
Volume dello stampo (cm^3)	56.54	56.54	56.54
Peso di volume naturale (kN/m^3)	20.21	19.45	18.82

Peso specifico dei grani	**ASTM D 854-10**	**Gs (Mg/m3) =**	
Prova n°			
Volume picnometro (cm^3)			
Massa picnometro (g)			
Massa picnometro + terra (g)			
Massa terra netta (g)			
Massa picn. + terra + acqua (g)			
Massa terra + acqua (g)			
Tempo di ebollizione (min)			
Peso specifico (Mg/m^3)			
Temperatura (°C)			
Densita' acqua (Mg/m^3)			
Costante K			
Peso specifico **T = 20°C**			

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE		
Contenuto d'acqua naturale	**W (%)**	**21.12**
Peso di volume naturale	**γ n (kN/m3)**	**19.49**
Peso di volume secco	**γ d (kN/m3)**	**16.09**
Peso di volume saturo	**γ s (kN/m3)**	
Peso specifico dei grani	**Gs (Mg/m3)**	
Porosita'	**n (%)**	
Indice dei pori	**e**	
Grado di saturazione	**Sr (%)**	

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti, stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*		
Sondaggio - Campione	*S2-CI2*	Tipo provino	*Indisturbato*
Certificato	*3867- 13/12/2024*		
Peso specifico	*2.72 (Stimato)*	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio	*Macchina di Taglio con Geodatalog*		

CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	*1*	*2*	*3*
Profondità prelievo (m)	*4.80*	*4.90*	*5.00*
Altezza (mm)	*20.0*	*20.0*	*20.0*
Diametro (mm)	*60.0*	*60.0*	*60.0*
Sezione (mm²)	*2827.4*	*2827.4*	*2827.4*
Umidità (misura diretta) (%)	*21*	*20*	*20*
Umidità (trimming) (%)			
Densità secca (g)	*93.5*	*93.1*	*90.4*
Densità umida (kN/m³)	*19.65*	*19.45*	*18.82*
Densità secca (kN/m³)	*16.21*	*16.15*	*15.69*
Indice dei vuoti	*0.646*	*0.653*	*0.701*
Grado di saturazione (%)	*89*	*85*	*77*

FASE DI TAGLIO			
Velocità fase di taglio (mm/min)	*0.006416*	*0.006290*	*0.006470*
Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)			
Pressione verticale (kPa)	*50*	*100*	*150*
Tensione di taglio (kPa)	*33*	*68*	*97*
Spostamento orizzontale (mm)	*1.36*	*2.91*	*2.80*
Def. verticale (mm)	*-0.193*	*-0.139*	*-0.187*

CONDIZIONI FINALI			
Contenuto d'acqua (%)	*22*	*21*	*20*
Densità umida (kN/m³)	*19.54*	*19.91*	*18.72*
Densità secca (kN/m³)	*15.99*	*16.47*	*15.64*

Coesione (kPa)	*1.0*
Angolo di resistenza al taglio (°)	*33.0*

Commenti / variazioni delle procedure:			
Grado di saturazione finale (%)	*100*	*100*	*100*

Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

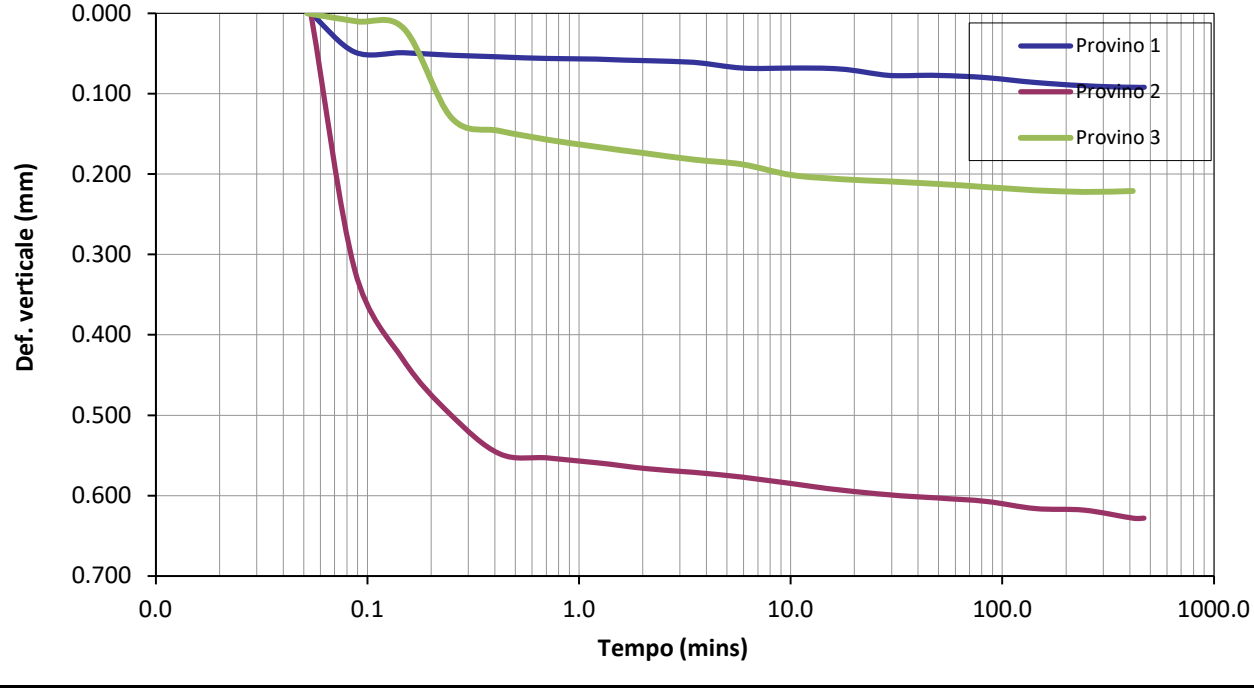
Servizi Geotecnici Liguri Srl

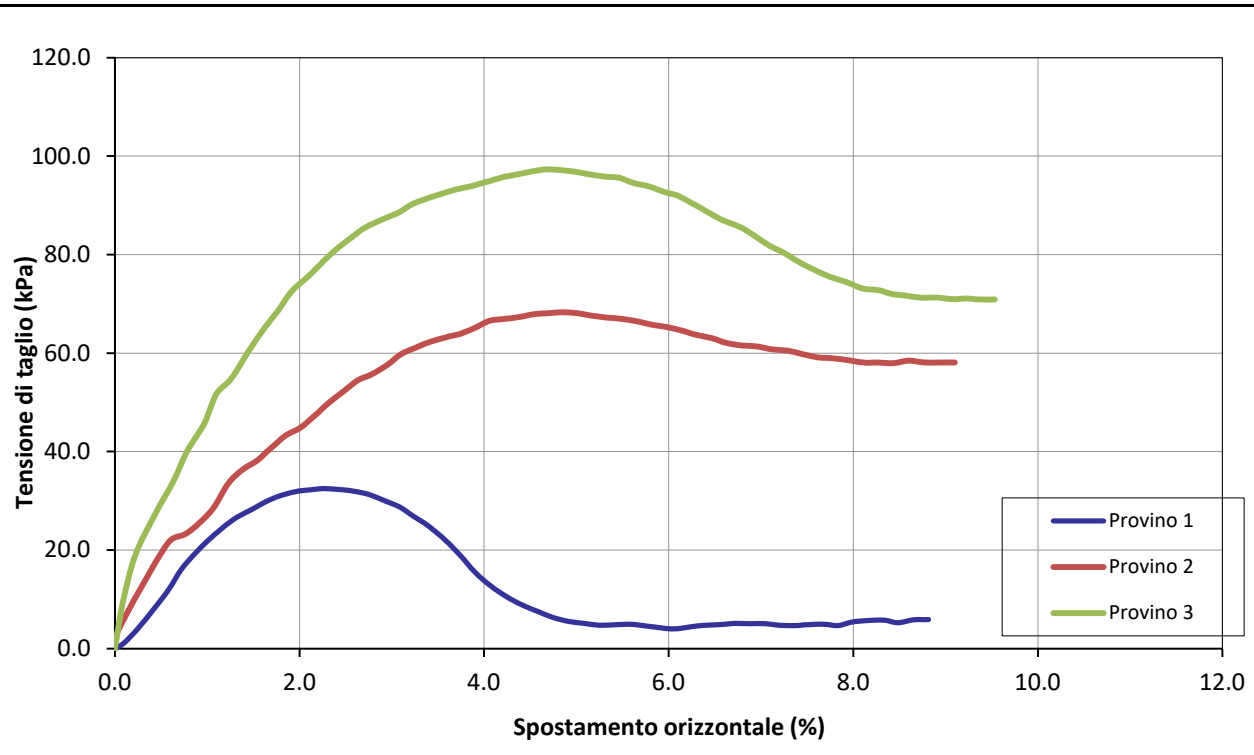
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1, 2, 3*
Sondaggio - Campione	*S2-CI2*	Profondità prelievo (m)	*4.80, 4.90, 5.00*





Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

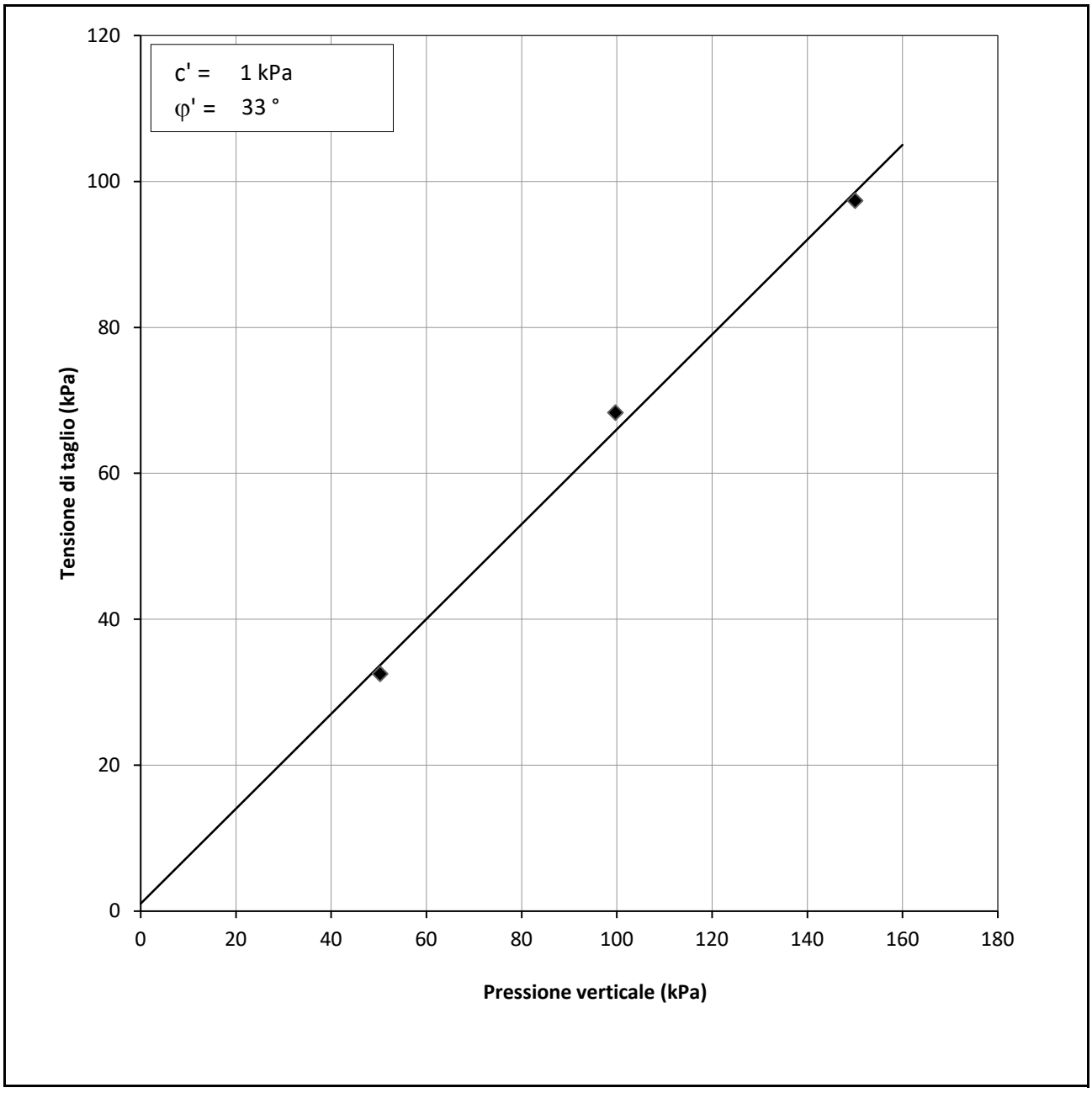
Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1, 2, 3*
Sondaggio - Campione	*S2-CI2*	Profondità prelievo (m)	*4.80, 4.90, 5.00*



Lo Sperimentatore

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1*
Sondaggio - Campione	*S2-CI2*	Profondità prelievo (m)	*4.80*

PROVINO 1	**Pressione verticale (kPa)** ***50***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	*0.255*	*0.00*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*0.256*	*0.06*	*3.3*	*0.001*	*0.06*	*3.3*	*1.2*
30.00	*0.256*	*0.16*	*12.6*	*0.001*	*0.16*	*12.6*	*4.5*
45.00	*0.262*	*0.25*	*22.4*	*0.007*	*0.25*	*22.4*	*7.9*
60.00	*0.262*	*0.35*	*34.0*	*0.007*	*0.35*	*34.0*	*12.0*
75.00	*0.262*	*0.43*	*45.3*	*0.007*	*0.43*	*45.3*	*16.0*
90.00	*0.262*	*0.52*	*54.6*	*0.007*	*0.52*	*54.6*	*19.3*
105.00	*0.262*	*0.61*	*62.4*	*0.007*	*0.61*	*62.4*	*22.1*
120.00	*0.262*	*0.70*	*69.4*	*0.007*	*0.70*	*69.4*	*24.5*
135.00	*0.262*	*0.79*	*75.3*	*0.007*	*0.79*	*75.3*	*26.6*
150.00	*0.262*	*0.89*	*79.9*	*0.007*	*0.89*	*79.9*	*28.3*
165.00	*0.262*	*0.98*	*84.3*	*0.007*	*0.98*	*84.3*	*29.8*
180.00	*0.262*	*1.07*	*87.6*	*0.007*	*1.07*	*87.6*	*31.0*
195.00	*0.262*	*1.17*	*90.1*	*0.007*	*1.17*	*90.1*	*31.9*
210.00	*0.262*	*1.27*	*91.2*	*0.007*	*1.27*	*91.2*	*32.3*
225.00	*0.262*	*1.36*	*91.9*	*0.007*	*1.36*	*91.9*	*32.5*
240.00	*0.262*	*1.46*	*91.3*	*0.007*	*1.46*	*91.3*	*32.3*
255.00	*0.262*	*1.55*	*90.4*	*0.007*	*1.55*	*90.4*	*32.0*
270.00	*0.262*	*1.65*	*88.5*	*0.007*	*1.65*	*88.5*	*31.3*
285.00	*0.260*	*1.74*	*85.4*	*0.005*	*1.74*	*85.4*	*30.2*
300.00	*0.240*	*1.85*	*81.3*	*-0.015*	*1.85*	*81.3*	*28.8*
315.00	*0.225*	*1.94*	*76.1*	*-0.030*	*1.94*	*76.1*	*26.9*
330.00	*0.208*	*2.04*	*70.2*	*-0.047*	*2.04*	*70.2*	*24.8*
345.00	*0.193*	*2.15*	*62.1*	*-0.062*	*2.15*	*62.1*	*22.0*
360.00	*0.183*	*2.25*	*53.0*	*-0.072*	*2.25*	*53.0*	*18.7*
375.00	*0.167*	*2.34*	*43.8*	*-0.088*	*2.34*	*43.8*	*15.5*
390.00	*0.147*	*2.44*	*36.1*	*-0.108*	*2.44*	*36.1*	*12.8*
405.00	*0.124*	*2.54*	*30.1*	*-0.131*	*2.54*	*30.1*	*10.6*
420.00	*0.118*	*2.64*	*25.3*	*-0.137*	*2.64*	*25.3*	*8.9*
435.00	*0.108*	*2.75*	*21.2*	*-0.147*	*2.75*	*21.2*	*7.5*
450.00	*0.099*	*2.85*	*17.8*	*-0.156*	*2.85*	*17.8*	*6.3*
465.00	*0.098*	*2.95*	*15.6*	*-0.157*	*2.95*	*15.6*	*5.5*
480.00	*0.085*	*3.05*	*14.4*	*-0.170*	*3.05*	*14.4*	*5.1*
495.00	*0.085*	*3.15*	*13.4*	*-0.170*	*3.15*	*13.4*	*4.7*
510.00	*0.085*	*3.26*	*13.7*	*-0.170*	*3.26*	*13.7*	*4.8*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Gabriele.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*1*
Sondaggio - Campione	*S2-CI2*	Profondità prelievo (m)	*4.80*

PROVINO 1 **Pressione verticale (kPa)** ***50***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*0.085*	*3.35*	*14.0*	*-0.170*	*3.35*	*14.0*	*5.0*
540.00	*0.085*	*3.45*	*13.0*	*-0.170*	*3.45*	*13.0*	*4.6*
555.00	*0.085*	*3.55*	*11.9*	*-0.170*	*3.55*	*11.9*	*4.2*
570.00	*0.085*	*3.64*	*11.3*	*-0.170*	*3.64*	*11.3*	*4.0*
585.00	*0.085*	*3.74*	*12.4*	*-0.170*	*3.74*	*12.4*	*4.4*
600.00	*0.085*	*3.83*	*13.4*	*-0.170*	*3.83*	*13.4*	*4.7*
615.00	*0.085*	*3.93*	*13.8*	*-0.170*	*3.93*	*13.8*	*4.9*
630.00	*0.085*	*4.03*	*14.4*	*-0.170*	*4.03*	*14.4*	*5.1*
645.00	*0.085*	*4.13*	*14.3*	*-0.170*	*4.13*	*14.3*	*5.1*
660.00	*0.085*	*4.23*	*14.3*	*-0.170*	*4.23*	*14.3*	*5.1*
675.00	*0.085*	*4.32*	*13.4*	*-0.170*	*4.32*	*13.4*	*4.7*
690.00	*0.085*	*4.42*	*13.2*	*-0.170*	*4.42*	*13.2*	*4.7*
705.00	*0.085*	*4.51*	*13.8*	*-0.170*	*4.51*	*13.8*	*4.9*
720.00	*0.085*	*4.61*	*14.0*	*-0.170*	*4.61*	*14.0*	*5.0*
735.00	*0.085*	*4.70*	*13.2*	*-0.170*	*4.70*	*13.2*	*4.7*
750.00	*0.085*	*4.79*	*15.2*	*-0.170*	*4.79*	*15.2*	*5.4*
765.00	*0.085*	*4.90*	*16.1*	*-0.170*	*4.90*	*16.1*	*5.7*
780.00	*0.085*	*5.00*	*16.3*	*-0.170*	*5.00*	*16.3*	*5.8*
795.00	*0.085*	*5.09*	*14.8*	*-0.170*	*5.09*	*14.8*	*5.2*
810.00	*0.085*	*5.19*	*16.5*	*-0.170*	*5.19*	*16.5*	*5.8*
825.00	*0.085*	*5.29*	*16.6*	*-0.170*	*5.29*	*16.6*	*5.9*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Gabriella.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*2*
Sondaggio - Campione	*S2-CI2*	Profondità prelievo (m)	*4.9*

PROVINO 2 **Pressione verticale (kPa)** ***100***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.01	*0.670*	*0.00*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*0.676*	*0.01*	*8.1*	*0.006*	*0.01*	*8.1*	*2.9*
30.00	*0.684*	*0.09*	*21.9*	*0.014*	*0.09*	*21.9*	*7.7*
45.00	*0.691*	*0.18*	*36.0*	*0.021*	*0.18*	*36.0*	*12.7*
60.00	*0.702*	*0.27*	*49.9*	*0.032*	*0.27*	*49.9*	*17.6*
75.00	*0.709*	*0.36*	*62.2*	*0.039*	*0.36*	*62.2*	*22.0*
90.00	*0.716*	*0.46*	*65.7*	*0.046*	*0.46*	*65.7*	*23.2*
105.00	*0.716*	*0.55*	*72.1*	*0.046*	*0.55*	*72.1*	*25.5*
120.00	*0.717*	*0.64*	*81.1*	*0.047*	*0.64*	*81.1*	*28.7*
135.00	*0.727*	*0.74*	*94.8*	*0.057*	*0.74*	*94.8*	*33.5*
150.00	*0.730*	*0.83*	*102.9*	*0.060*	*0.83*	*102.9*	*36.4*
165.00	*0.730*	*0.93*	*108.1*	*0.060*	*0.93*	*108.1*	*38.2*
180.00	*0.730*	*1.01*	*114.9*	*0.060*	*1.01*	*114.9*	*40.6*
195.00	*0.730*	*1.11*	*122.2*	*0.060*	*1.11*	*122.2*	*43.2*
210.00	*0.730*	*1.20*	*126.8*	*0.060*	*1.20*	*126.8*	*44.8*
225.00	*0.730*	*1.30*	*133.5*	*0.060*	*1.30*	*133.5*	*47.2*
240.00	*0.731*	*1.39*	*141.0*	*0.061*	*1.39*	*141.0*	*49.9*
255.00	*0.731*	*1.48*	*147.4*	*0.061*	*1.48*	*147.4*	*52.1*
270.00	*0.731*	*1.58*	*153.9*	*0.061*	*1.58*	*153.9*	*54.4*
285.00	*0.731*	*1.67*	*157.6*	*0.061*	*1.67*	*157.6*	*55.7*
300.00	*0.731*	*1.77*	*162.6*	*0.061*	*1.77*	*162.6*	*57.5*
315.00	*0.731*	*1.86*	*169.0*	*0.061*	*1.86*	*169.0*	*59.8*
330.00	*0.731*	*1.95*	*172.8*	*0.061*	*1.95*	*172.8*	*61.1*
345.00	*0.731*	*2.05*	*176.2*	*0.061*	*2.05*	*176.2*	*62.3*
360.00	*0.731*	*2.15*	*178.7*	*0.061*	*2.15*	*178.7*	*63.2*
375.00	*0.731*	*2.24*	*180.7*	*0.061*	*2.24*	*180.7*	*63.9*
390.00	*0.731*	*2.34*	*184.0*	*0.061*	*2.34*	*184.0*	*65.1*
405.00	*0.731*	*2.43*	*188.2*	*0.061*	*2.43*	*188.2*	*66.6*
420.00	*0.731*	*2.53*	*189.3*	*0.061*	*2.53*	*189.3*	*67.0*
435.00	*0.731*	*2.63*	*190.3*	*0.061*	*2.63*	*190.3*	*67.3*
450.00	*0.731*	*2.73*	*192.1*	*0.061*	*2.73*	*192.1*	*67.9*
465.00	*0.731*	*2.82*	*192.6*	*0.061*	*2.82*	*192.6*	*68.1*
480.00	*0.731*	*2.91*	*193.1*	*0.061*	*2.91*	*193.1*	*68.3*
495.00	*0.731*	*3.01*	*192.5*	*0.061*	*3.01*	*192.5*	*68.1*
510.00	*0.731*	*3.10*	*191.1*	*0.061*	*3.10*	*191.1*	*67.6*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*2*
Sondaggio - Campione	*S2-CI2*	Profondità prelievo (m)	*4.9*

PROVINO 2 **Pressione verticale (kPa)** ***100***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*0.724*	*3.20*	*190.1*	*0.054*	*3.20*	*190.1*	*67.2*
540.00	*0.715*	*3.30*	*189.2*	*0.045*	*3.30*	*189.2*	*66.9*
555.00	*0.709*	*3.40*	*187.8*	*0.039*	*3.40*	*187.8*	*66.4*
570.00	*0.698*	*3.49*	*185.9*	*0.028*	*3.49*	*185.9*	*65.7*
585.00	*0.693*	*3.59*	*184.6*	*0.023*	*3.59*	*184.6*	*65.3*
600.00	*0.679*	*3.68*	*182.6*	*0.009*	*3.68*	*182.6*	*64.6*
615.00	*0.671*	*3.78*	*180.0*	*0.001*	*3.78*	*180.0*	*63.7*
630.00	*0.667*	*3.88*	*178.3*	*-0.003*	*3.88*	*178.3*	*63.1*
645.00	*0.660*	*3.98*	*175.4*	*-0.010*	*3.98*	*175.4*	*62.0*
660.00	*0.652*	*4.08*	*174.1*	*-0.018*	*4.08*	*174.1*	*61.6*
675.00	*0.649*	*4.18*	*173.4*	*-0.021*	*4.18*	*173.4*	*61.3*
690.00	*0.645*	*4.27*	*171.8*	*-0.025*	*4.27*	*171.8*	*60.8*
705.00	*0.644*	*4.37*	*171.0*	*-0.026*	*4.37*	*171.0*	*60.5*
720.00	*0.643*	*4.47*	*169.1*	*-0.027*	*4.47*	*169.1*	*59.8*
735.00	*0.641*	*4.57*	*167.2*	*-0.029*	*4.57*	*167.2*	*59.1*
750.00	*0.641*	*4.67*	*166.7*	*-0.029*	*4.67*	*166.7*	*59.0*
765.00	*0.641*	*4.77*	*165.6*	*-0.029*	*4.77*	*165.6*	*58.6*
780.00	*0.641*	*4.86*	*164.2*	*-0.029*	*4.86*	*164.2*	*58.1*
795.00	*0.641*	*4.96*	*164.2*	*-0.029*	*4.96*	*164.2*	*58.1*
810.00	*0.641*	*5.06*	*164.0*	*-0.029*	*5.06*	*164.0*	*58.0*
825.00	*0.641*	*5.16*	*165.3*	*-0.029*	*5.16*	*165.3*	*58.5*
840.00	*0.641*	*5.26*	*164.3*	*-0.029*	*5.26*	*164.3*	*58.1*
855.00	*0.641*	*5.36*	*164.3*	*-0.029*	*5.36*	*164.3*	*58.1*
870.00	*0.640*	*5.46*	*164.2*	*-0.030*	*5.46*	*164.2*	*58.1*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*3*
Sondaggio - Campione	*S2-CI2*	Profondità prelievo (m)	*5*

PROVINO 3 — **Pressione verticale (kPa)** ***150***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.02	*0.688*	*0.00*	*0.0*	*0.000*	*0.00*	*0.0*	*0.0*
15.00	*0.698*	*0.05*	*26.0*	*0.010*	*0.05*	*26.0*	*9.2*
30.00	*0.712*	*0.13*	*53.3*	*0.024*	*0.13*	*53.3*	*18.9*
45.00	*0.723*	*0.26*	*77.0*	*0.035*	*0.26*	*77.0*	*27.2*
60.00	*0.728*	*0.38*	*96.2*	*0.040*	*0.38*	*96.2*	*34.0*
75.00	*0.730*	*0.47*	*113.6*	*0.042*	*0.47*	*113.6*	*40.2*
90.00	*0.738*	*0.58*	*129.2*	*0.050*	*0.58*	*129.2*	*45.7*
105.00	*0.745*	*0.66*	*146.2*	*0.057*	*0.66*	*146.2*	*51.7*
120.00	*0.757*	*0.76*	*155.4*	*0.069*	*0.76*	*155.4*	*55.0*
135.00	*0.761*	*0.87*	*170.9*	*0.073*	*0.87*	*170.9*	*60.4*
150.00	*0.765*	*0.97*	*183.8*	*0.077*	*0.97*	*183.8*	*65.0*
165.00	*0.766*	*1.06*	*194.1*	*0.078*	*1.06*	*194.1*	*68.6*
180.00	*0.766*	*1.15*	*205.2*	*0.078*	*1.15*	*205.2*	*72.6*
195.00	*0.766*	*1.26*	*214.1*	*0.078*	*1.26*	*214.1*	*75.7*
210.00	*0.766*	*1.35*	*222.0*	*0.078*	*1.35*	*222.0*	*78.5*
225.00	*0.766*	*1.44*	*229.3*	*0.078*	*1.44*	*229.3*	*81.1*
240.00	*0.766*	*1.54*	*236.2*	*0.078*	*1.54*	*236.2*	*83.5*
255.00	*0.766*	*1.63*	*241.9*	*0.078*	*1.63*	*241.9*	*85.6*
270.00	*0.766*	*1.74*	*246.5*	*0.078*	*1.74*	*246.5*	*87.2*
285.00	*0.765*	*1.84*	*250.2*	*0.077*	*1.84*	*250.2*	*88.5*
300.00	*0.764*	*1.93*	*255.1*	*0.076*	*1.93*	*255.1*	*90.2*
315.00	*0.761*	*2.02*	*258.2*	*0.073*	*2.02*	*258.2*	*91.3*
330.00	*0.754*	*2.13*	*261.4*	*0.066*	*2.13*	*261.4*	*92.5*
345.00	*0.744*	*2.22*	*263.7*	*0.056*	*2.22*	*263.7*	*93.3*
360.00	*0.735*	*2.32*	*265.6*	*0.047*	*2.32*	*265.6*	*93.9*
375.00	*0.728*	*2.43*	*268.4*	*0.040*	*2.43*	*268.4*	*94.9*
390.00	*0.720*	*2.53*	*270.8*	*0.032*	*2.53*	*270.8*	*95.8*
405.00	*0.714*	*2.62*	*272.4*	*0.026*	*2.62*	*272.4*	*96.3*
420.00	*0.708*	*2.71*	*274.0*	*0.020*	*2.71*	*274.0*	*96.9*
435.00	*0.701*	*2.80*	*275.2*	*0.013*	*2.80*	*275.2*	*97.3*
450.00	*0.693*	*2.90*	*274.7*	*0.005*	*2.90*	*274.7*	*97.2*
465.00	*0.687*	*2.99*	*273.8*	*-0.001*	*2.99*	*273.8*	*96.8*
480.00	*0.682*	*3.08*	*272.4*	*-0.006*	*3.08*	*272.4*	*96.3*
495.00	*0.677*	*3.18*	*271.0*	*-0.011*	*3.18*	*271.0*	*95.8*
510.00	*0.668*	*3.28*	*270.3*	*-0.020*	*3.28*	*270.3*	*95.6*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Raggi Cinzia.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	*Aero Service*	*Nuovo capannone*	
Cantiere	*Carrara*	Numero Campione	*3*
Sondaggio - Campione	*S2-CI2*	Profondità prelievo (m)	*5*

PROVINO 3 **Pressione verticale (kPa)** ***150***

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	*0.659*	*3.37*	*267.3*	*-0.029*	*3.37*	*267.3*	*94.5*
540.00	*0.648*	*3.47*	*265.4*	*-0.040*	*3.47*	*265.4*	*93.9*
555.00	*0.640*	*3.57*	*262.3*	*-0.048*	*3.57*	*262.3*	*92.8*
570.00	*0.630*	*3.66*	*260.0*	*-0.058*	*3.66*	*260.0*	*92.0*
585.00	*0.621*	*3.75*	*255.8*	*-0.067*	*3.75*	*255.8*	*90.5*
600.00	*0.615*	*3.85*	*250.9*	*-0.073*	*3.85*	*250.9*	*88.7*
615.00	*0.607*	*3.95*	*246.0*	*-0.081*	*3.95*	*246.0*	*87.0*
630.00	*0.603*	*4.06*	*242.3*	*-0.085*	*4.06*	*242.3*	*85.7*
645.00	*0.601*	*4.15*	*237.4*	*-0.087*	*4.15*	*237.4*	*84.0*
660.00	*0.598*	*4.25*	*231.6*	*-0.090*	*4.25*	*231.6*	*81.9*
675.00	*0.599*	*4.35*	*227.2*	*-0.089*	*4.35*	*227.2*	*80.4*
690.00	*0.598*	*4.45*	*221.8*	*-0.090*	*4.45*	*221.8*	*78.4*
705.00	*0.599*	*4.54*	*217.8*	*-0.089*	*4.54*	*217.8*	*77.0*
720.00	*0.599*	*4.64*	*213.8*	*-0.089*	*4.64*	*213.8*	*75.6*
735.00	*0.599*	*4.75*	*210.6*	*-0.089*	*4.75*	*210.6*	*74.5*
750.00	*0.599*	*4.86*	*206.8*	*-0.089*	*4.86*	*206.8*	*73.1*
765.00	*0.599*	*4.96*	*205.9*	*-0.089*	*4.96*	*205.9*	*72.8*
780.00	*0.598*	*5.05*	*203.6*	*-0.090*	*5.05*	*203.6*	*72.0*
795.00	*0.598*	*5.14*	*202.7*	*-0.090*	*5.14*	*202.7*	*71.7*
810.00	*0.599*	*5.23*	*201.5*	*-0.089*	*5.23*	*201.5*	*71.3*
825.00	*0.600*	*5.34*	*201.5*	*-0.088*	*5.34*	*201.5*	*71.3*
840.00	*0.600*	*5.45*	*200.6*	*-0.088*	*5.45*	*200.6*	*70.9*
855.00	*0.601*	*5.53*	*201.0*	*-0.087*	*5.53*	*201.0*	*71.1*
870.00	*0.601*	*5.62*	*200.4*	*-0.087*	*5.62*	*200.4*	*70.9*
885.00	*0.601*	*5.72*	*200.4*	*-0.087*	*5.72*	*200.4*	*70.9*

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Raggi Cinzia
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3908

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024

Sondaggio: S2
Campione: CI2
Profondità: 4.50-5.00 m
Data esecuzione prova: 09-23/12/2024
Specifica di prova: ASTM D2435-96
Rep: 24/224

Caratteristiche generali

Sezione provino	**19.63**	cm^2
Altezza iniziale provino	**20.00**	mm
Altezza finale provino	**17.25**	mm

Massa tara + provino umido iniziale	**136.01**	g
Massa tara	**59.02**	g
Massa tara + provino umido finale	**132.76**	g
Tara N.	**A**	
Massa tara finale	**59.02**	g
Massa tara + provino secco	**122.16**	g

Massa provino umido iniziale	**76.99**	g
Massa provino umido finale	**73.74**	g
Massa provino secco	**63.14**	g

Peso specifico	**2.72**	Mg/m^3

Contenuto d'acqua iniziale	**21.94**	%
Contenuto d'acqua finale	**16.79**	%

Densità umida iniziale	**19.23**	kN/m^3
Densità umida finale	**21.36**	kN/m^3
Densità secca iniziale	**15.77**	kN/m^3
Densità secca finale	**18.29**	kN/m^3

Indice dei vuoti iniziale	**0.691**	
Indice dei vuoti finale	**0.459**	
Saturazione iniziale	**86.31**	%
Saturazione finale	**99.54**	%

Tabella riassuntiva

Pressione	Ɛ	e	M	Mv	Cv	Metodo	K	Calfa
kPa	%		MPa	MPa-1	cm2/sec		m/sec	
fase di carico/scarico								
0.00	0.00	0.691						
12.5	0.21	0.688	5.95	0.168				
25	0.75	0.679	2.31	0.432				
50	1.46	0.667	3.52	0.284				
100	2.30	0.652	5.95	0.168	3.402E-03	Taylor	5.61E-10	
200	3.44	0.633	8.77	0.114	3.122E-03	Taylor	3.49E-10	
400	4.89	0.609	13.79	0.073	2.974E-03	Taylor	2.12E-10	
800	7.21	0.569	17.24	0.058				
1600	10.67	0.511	23.12	0.043				
3200	15.45	0.430	33.47	0.030				
800	14.93	0.439						
200	14.36	0.448						
50	13.87	0.457						
12.5	13.47	0.463						

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

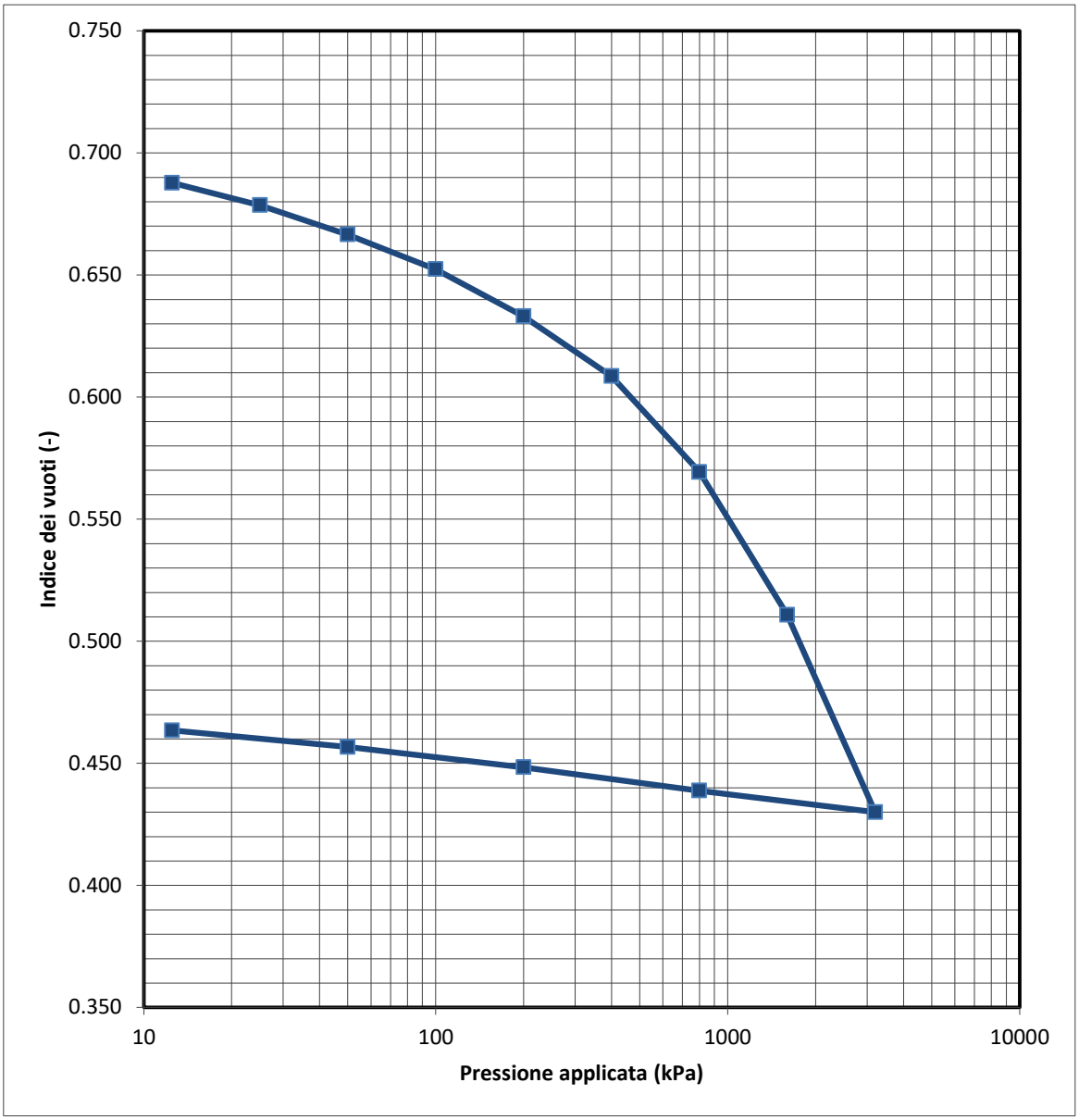
Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3908

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 4.50-5.00 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

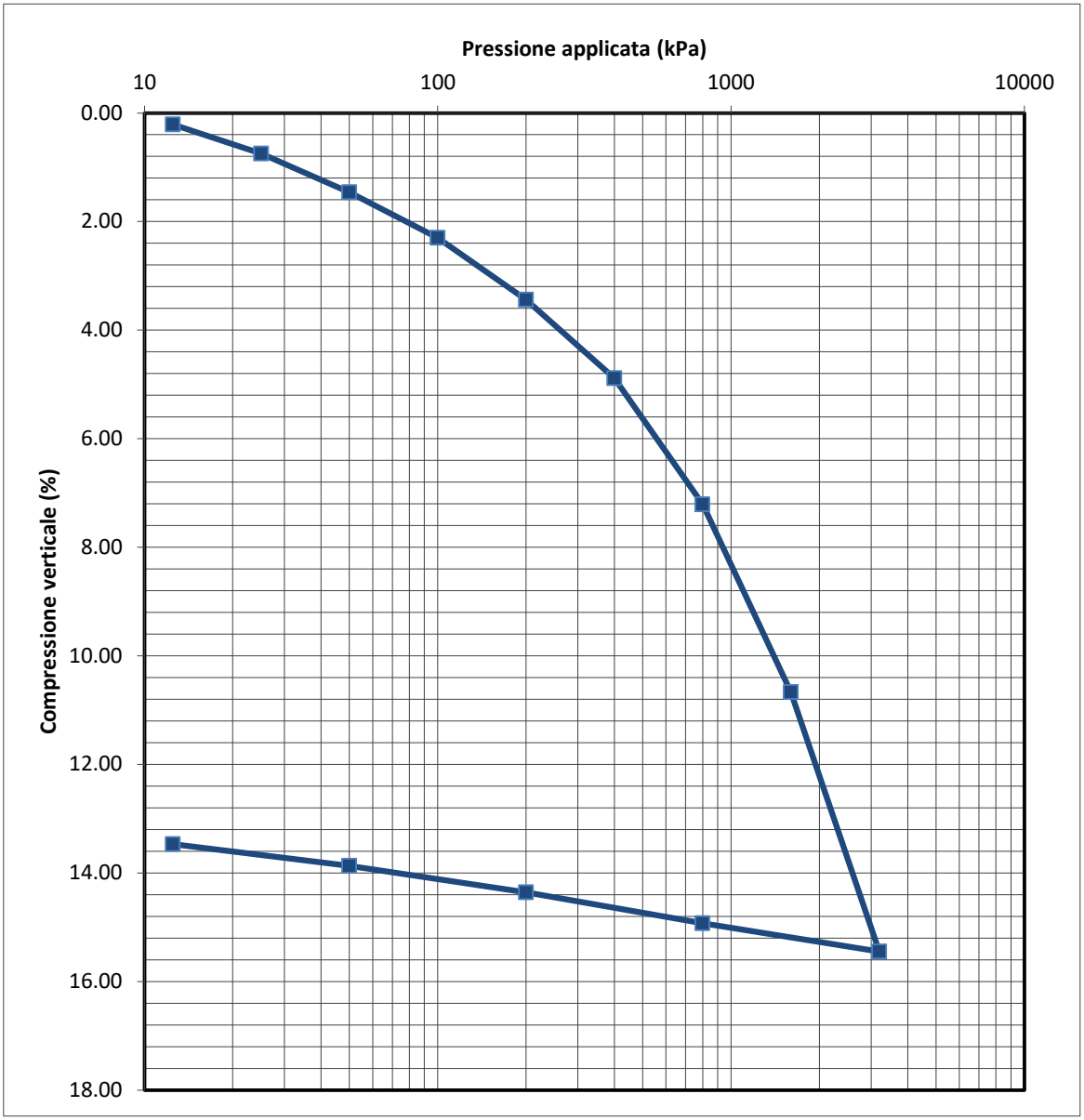
Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3908

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 4.50-5.00 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

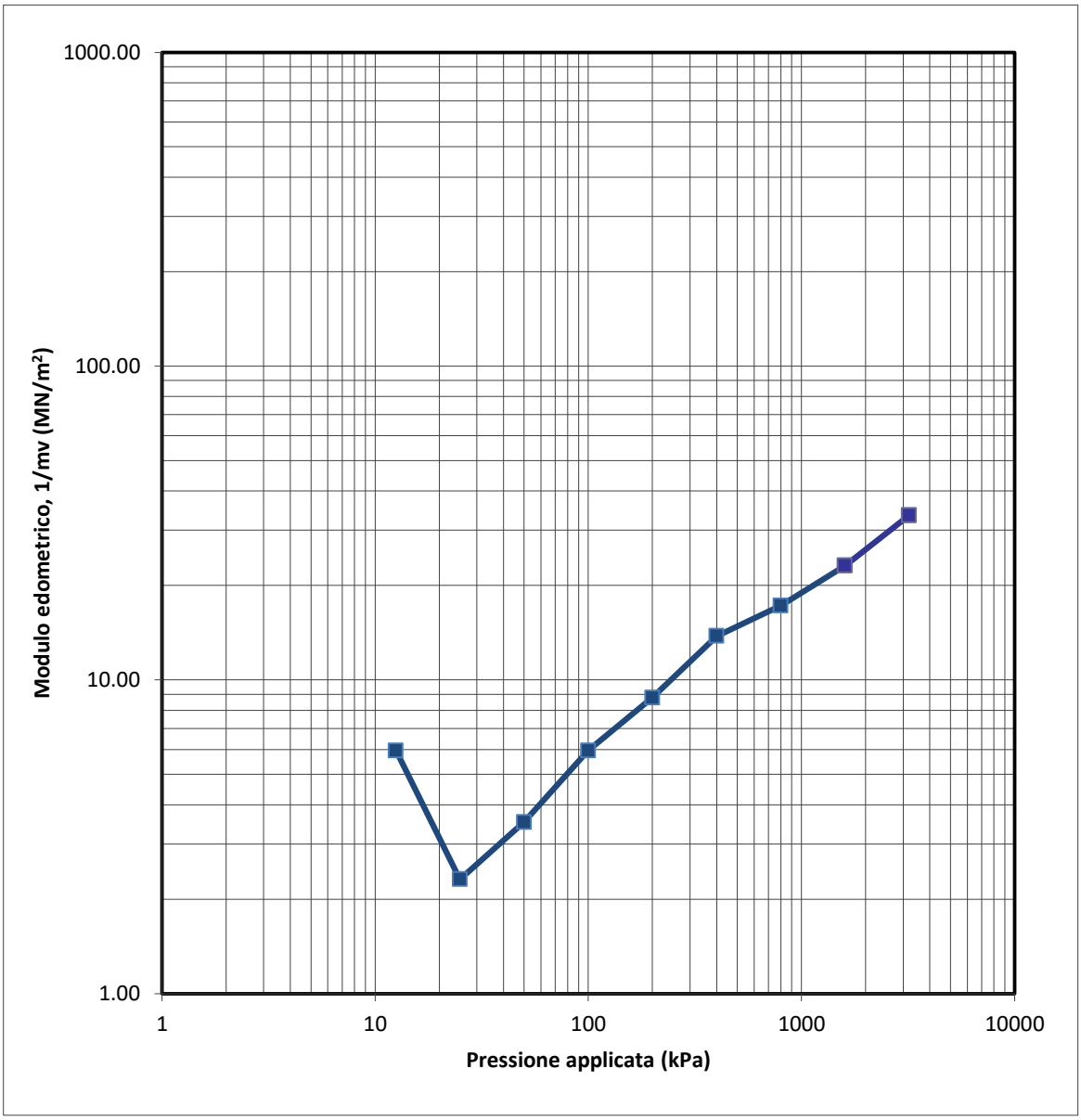
Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3908

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 4.50-5.00 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Servizi Geotecnici Liguri Srl

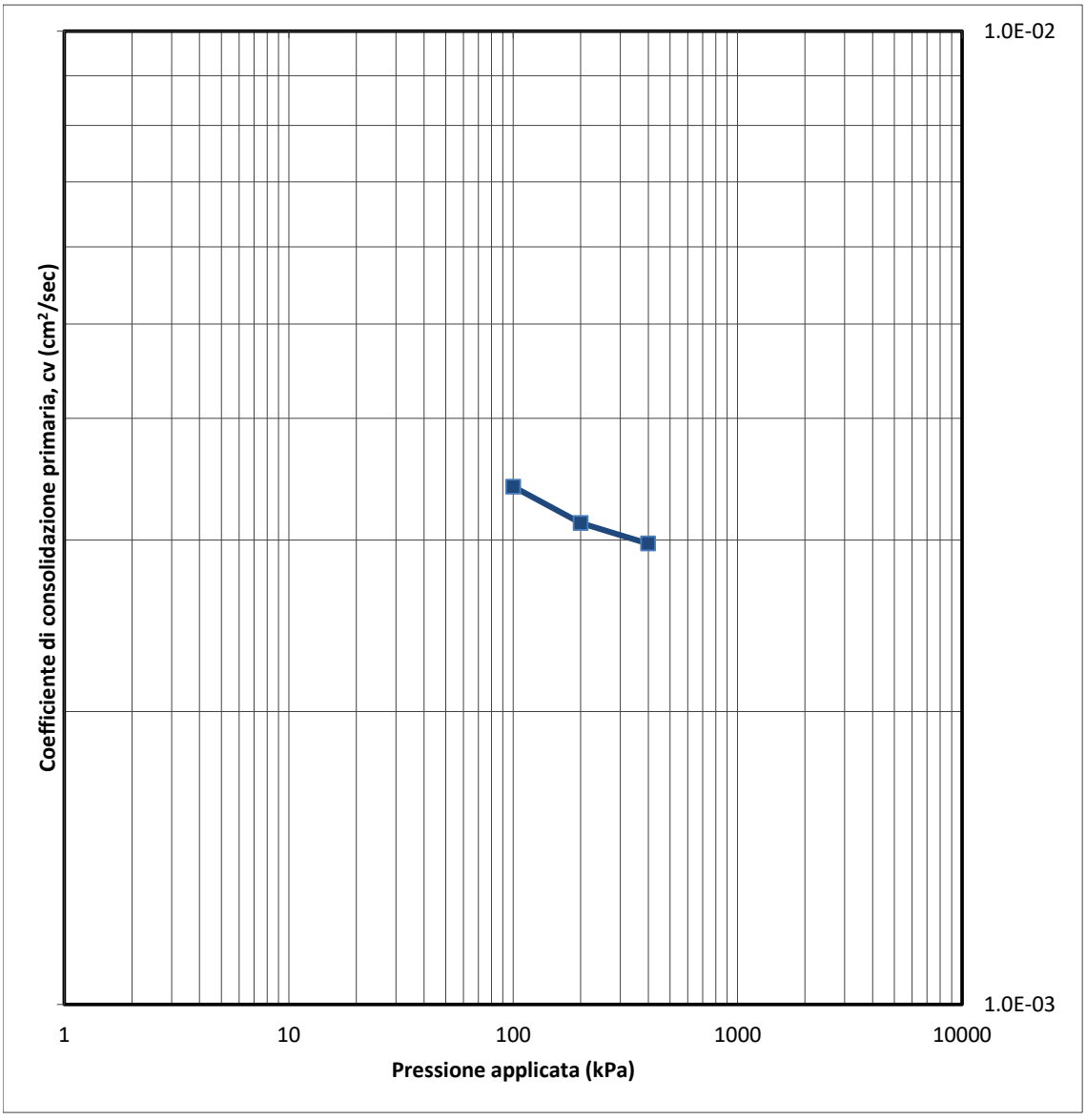
Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 23/12/2024

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Certificato n° 3908

Committente: AERO SERVICE	**Sondaggio: S2**
Cantiere: NUOVO CAPANNONE	**Campione: CI2**
Località: CARRARA	**Profondità: 4.50-5.00 m**
Verbale: 160	**Data esecuzione prova: 09-23/12/2024**
Data verbale: 06/12/2024	**Specifica di prova: ASTM D2435-96**
Note:	**Rep: 24/224**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Dario Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Faggioni Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3868

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S1
Campione: CR1
Profondità: 4.70-4.80 m
Data esecuzione: 11-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D421-07/D422-07
Rep: 24/224

M (gr) = 313.66

Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
100	0.00	0.00	0.00	100.00
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	0.00	0.00	0.00	100.00
12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
2.00	1.76	0.56	0.56	99.44
1.00	2.32	0.74	1.30	98.70
0.425	44.68	14.24	15.55	84.45
0.180	183.07	58.37	73.91	26.09
0.075	24.16	7.70	81.61	18.39
Fondo	57.67			

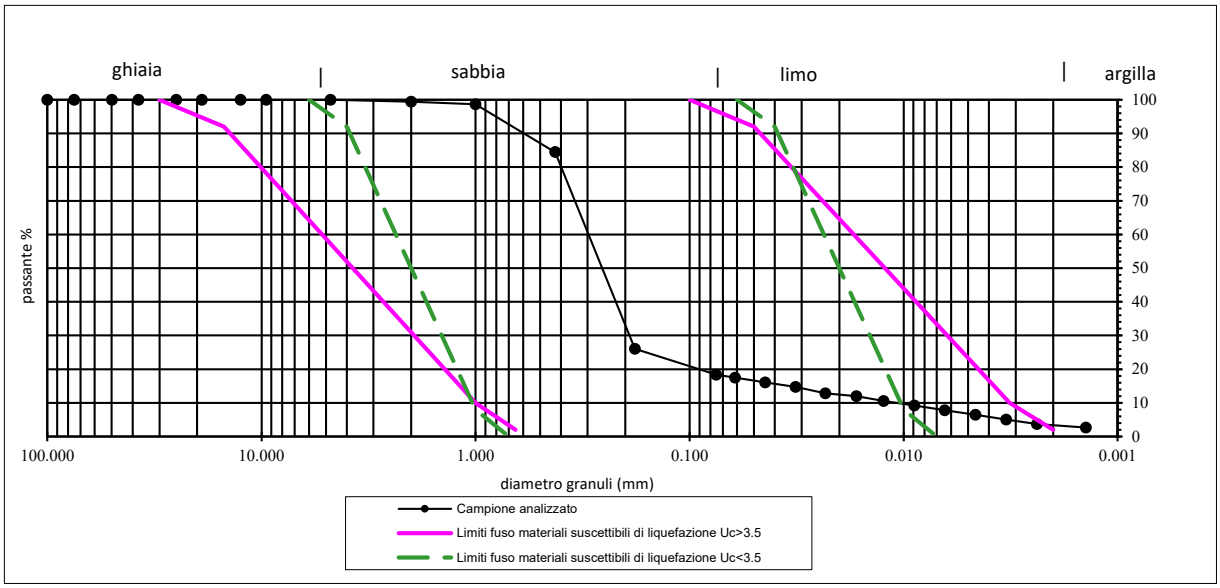
Analisi con areometro

Areometro n°	**1**
Areometro tipo	**152 H**
Dispersivo	*esametafosfato di sodio*
Correz. dispersivo Cd	**-1**
Correz. menisco Cm	**0.5**
Correz. temperatura Ct	**-4+0,25*T**
Campione secco Psp (g)	**40**
Peso spec.f<0 ,074 (Gs) =	**2.72**
Costante K =	**1.000**

Tempo **min**	Temperatura **°C**	Lettura **R**	Lettura corr. **R'=R+Cm**	Corr. Temp. **Ct**	f grani **mm**	Lettura ridotta **R"=R'+Cd+Ct**	% Parziale **KR"**	% Somma **KR"X**
0.5	18.0	38.0	38.5	0.50	0.0613	38.00	95.02	17.47
1	18.0	35.0	35.5	0.50	0.0443	35.00	87.52	16.09
2	18.0	32.0	32.5	0.50	0.0320	32.00	80.02	14.71
4	18.0	28.0	28.5	0.50	0.0232	28.00	70.01	12.87
8	18.0	26.0	26.5	0.50	0.0166	26.00	65.01	11.95
15	18.0	23.0	23.5	0.50	0.0124	23.00	57.51	10.57
30	18.0	20.0	20.5	0.50	0.0089	20.00	50.01	9.19
60	18.0	17.0	17.5	0.50	0.0064	17.00	42.51	7.82
120	18.0	14.0	14.5	0.50	0.0046	14.00	35.01	6.44
240	18.0	11.0	11.5	0.50	0.0033	11.00	27.51	5.06
480	18.0	8.0	8.5	0.50	0.0024	8.00	20.00	3.68
1440	17.0	6.0	6.5	0.25	0.0014	5.75	14.38	2.64

Classificazione	**USCS**	**CNR-UNI**

% ghiaia	**% sabbia**	**% limo**	**% argilla**
0.00	**81.61**	**15.11**	**3.27**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Daniele Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Eugenio Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3869

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

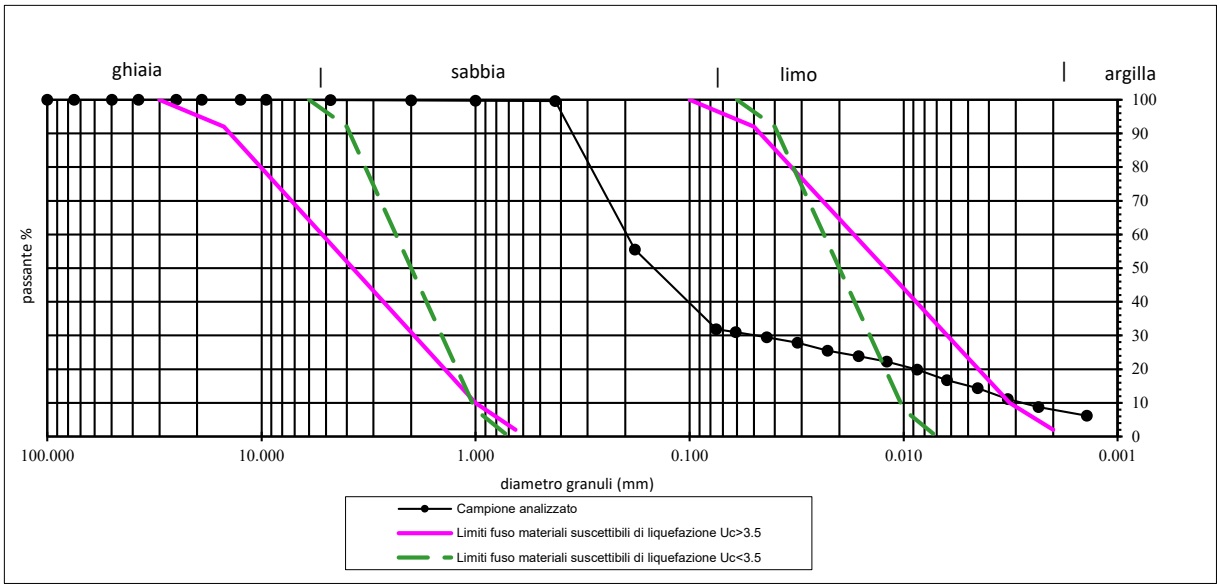
Sondaggio: S1
Campione: CR2
Profondità: 12.50-12.70 m
Data esecuzione: 11-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D421-07/D422-07
Rep: 24/224

		M (gr) =	**185.49**		***Analisi con areometro***	
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %	*Areometro n°*	**1**
100	0.00	0.00	0.00	100.00		
75	0.00	0.00	0.00	100.00		
50	0.00	0.00	0.00	100.00	*Areometro tipo*	**152 H**
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00	*Dispersivo*	*esametafosfato di sodio*
25	0.00	0.00	0.00	100.00	*Correz. dispersivo Cd*	**-1**
19	0.00	0.00	0.00	100.00	*Correz. menisco Cm*	**0.5**
12.5	0.00	0.00	0.00	100.00	*Correz. temperatura Ct*	**-4+0,25*T**
9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	*Campione secco Psp (g)*	**40**
4.75	0.18	0.10	0.10	99.90		
2.00	0.17	0.09	0.19	99.81		
1.00	0.12	0.06	0.25	99.75		
0.425	0.27	0.15	0.40	99.60	*Peso spec.f<0 ,074 (Gs) =*	**2.72**
0.180	81.79	44.09	44.49	55.51	*Costante K =*	**1.000**
0.075	43.96	23.70	68.19	31.81		
Fondo	59.00					

Tempo **min**	Temperatura **°C**	Lettura **R**	Lettura corr. **R'=R+Cm**	Corr. Temp. **Ct**	f grani **mm**	Lettura ridotta **R"=R'+Cd+Ct**	% Parziale **KR"**	% Somma **KR"X**
0.5	18.0	39.0	39.5	0.50	0.0608	39.00	97.52	31.02
1	18.0	37.0	37.5	0.50	0.0437	37.00	92.52	29.43
2	18.0	35.0	35.5	0.50	0.0313	35.00	87.52	27.84
4	18.0	32.0	32.5	0.50	0.0226	32.00	80.02	25.45
8	18.0	30.0	30.5	0.50	0.0162	30.00	75.02	23.86
15	18.0	28.0	28.5	0.50	0.0120	28.00	70.01	22.27
30	18.0	25.0	25.5	0.50	0.0087	25.00	62.51	19.88
60	18.0	21.0	21.5	0.50	0.0063	21.00	52.51	16.70
120	18.0	18.0	18.5	0.50	0.0045	18.00	45.01	14.32
240	18.0	14.0	14.5	0.50	0.0033	14.00	35.01	11.13
480	18.0	11.0	11.5	0.50	0.0023	11.00	27.51	8.75
1440	17.0	8.0	8.5	0.25	0.0014	7.75	19.38	6.16

Classificazione	**USCS**	**CNR-UNI**

% ghiaia	**% sabbia**	**% limo**	**% argilla**
0.10	**68.10**	**24.00**	**7.81**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Daniele Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Eugenio Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3870

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S2
Campione: CR1
Profondità: 7.00-7.20 m
Data esecuzione: 11-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D421-07/D422-07
Rep: 24/224

M (gr) = 182.47

Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
100	0.00	0.00	0.00	100.00
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	0.00	0.00	0.00	100.00
12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
2.00	0.53	0.29	0.29	99.71
1.00	0.78	0.43	0.72	99.28
0.425	2.10	1.15	1.87	98.13
0.180	99.65	54.61	56.48	43.52
0.075	38.28	20.98	77.46	22.54
Fondo	41.13			

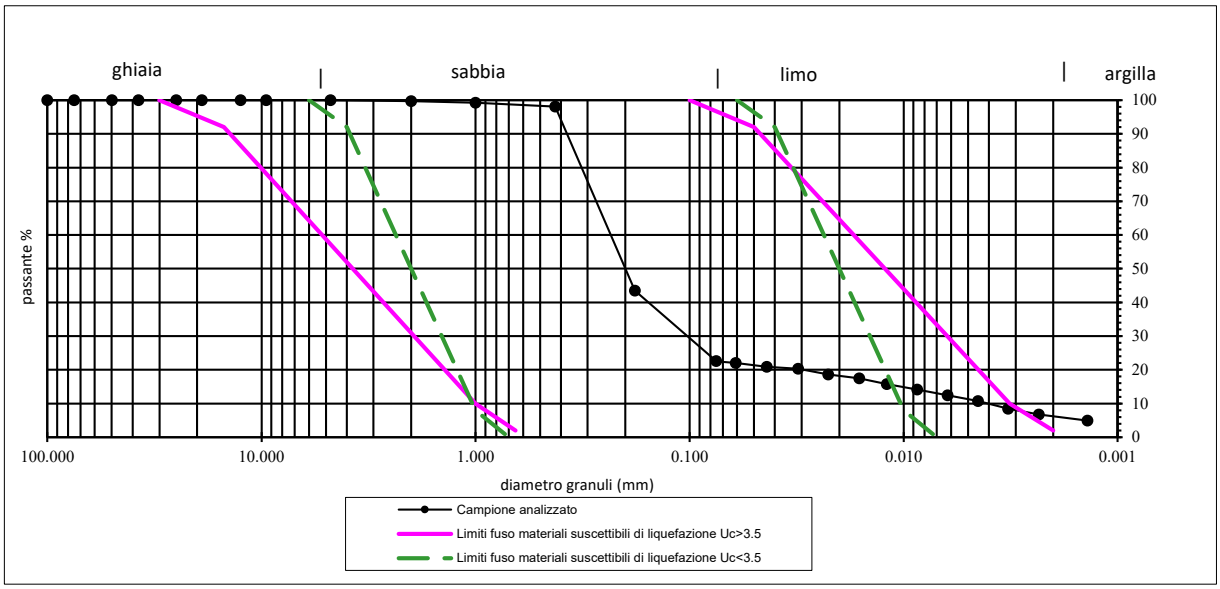
Analisi con areometro

Areometro n°	**1**
Areometro tipo	**152 H**
Dispersivo	*esametafosfato di sodio*
Correz. dispersivo Cd	**-1**
Correz. menisco Cm	**0.5**
Correz. temperatura Ct	**-4+0,25*T**
Campione secco Psp (g)	**40**
Peso spec.f<0 ,074 (Gs) =	**2.72**
Costante K =	**1.000**

Tempo **min**	Temperatura **°C**	Lettura **R**	Lettura corr. **R'=R+Cm**	Corr. Temp. **Ct**	f grani **mm**	Lettura ridotta **R"=R'+Cd+Ct**	% Parziale **KR"**	% Somma **KR"X**
0.5	18.0	39.0	39.5	0.50	0.0608	39.00	97.52	21.98
1	18.0	37.0	37.5	0.50	0.0437	37.00	92.52	20.85
2	18.0	36.0	36.5	0.50	0.0311	36.00	90.02	20.29
4	18.0	33.0	33.5	0.50	0.0225	33.00	82.52	18.60
8	18.0	31.0	31.5	0.50	0.0161	31.00	77.52	17.47
15	18.0	28.0	28.5	0.50	0.0120	28.00	70.01	15.78
30	18.0	25.0	25.5	0.50	0.0087	25.00	62.51	14.09
60	18.0	22.0	22.5	0.50	0.0062	22.00	55.01	12.40
120	18.0	19.0	19.5	0.50	0.0045	19.00	47.51	10.71
240	18.0	15.0	15.5	0.50	0.0032	15.00	37.51	8.45
480	18.0	12.0	12.5	0.50	0.0023	12.00	30.01	6.76
1440	17.0	9.0	9.5	0.25	0.0014	8.75	21.88	4.93

Classificazione	**USCS**	**CNR-UNI**

% ghiaia	**% sabbia**	**% limo**	**% argilla**
0.00	**77.46**	**16.42**	**6.12**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
Documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Eugenio Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 262 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo96@gmail.com - www.servizigeotecniciliguri.com

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Servizi Geotecnici Liguri Srl

Data emissione: 13/12/2024

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3871

Committente: AERO SERVICE
Cantiere: NUOVO CAPANNONE
Località: CARRARA
Verbale: 160
Data verbale: 06/12/2024
Note:

Sondaggio: S2
Campione: CR2
Profondità: 11.80-12.00 m
Data esecuzione: 11-13/12/2024
Specifica di prova: ASTM D421-07/D422-07
Rep: 24/224

M (gr) = 196.48

Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
100	0.00	0.00	0.00	100.00
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	0.00	0.00	0.00	100.00
12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
2.00	0.42	0.21	0.21	99.79
1.00	0.43	0.22	0.43	99.57
0.425	2.43	1.24	1.67	98.33
0.180	56.85	28.93	30.60	69.40
0.075	59.82	30.45	61.05	38.95
Fondo	76.53			

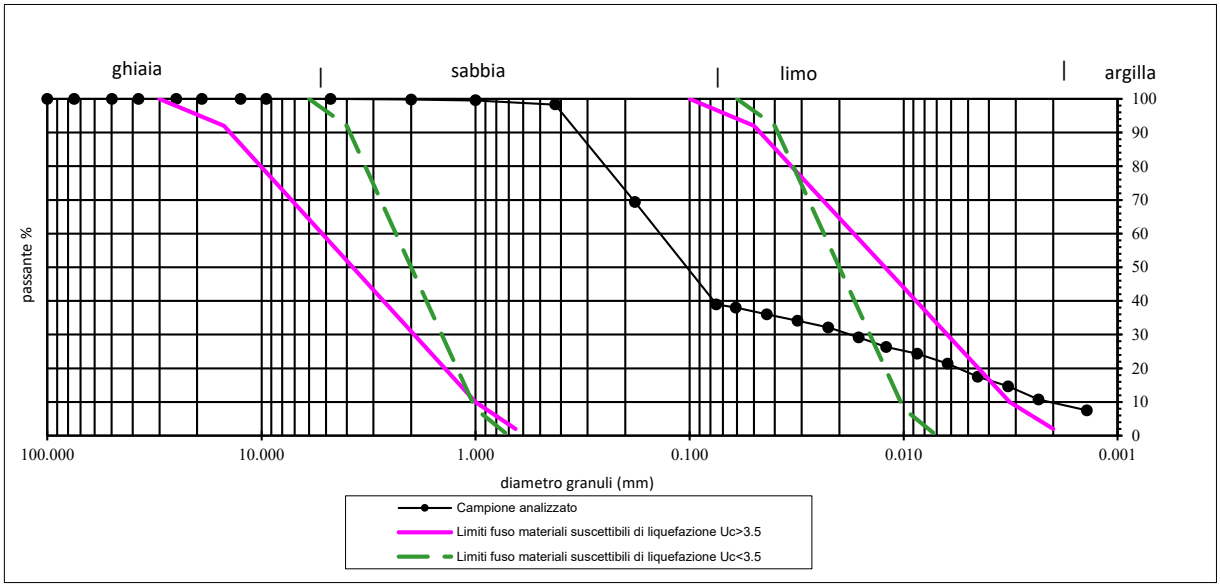
Analisi con areometro

Areometro n°	**1**
Areometro tipo	**152 H**
Dispersivo	*esametafosfato di sodio*
Correz. dispersivo Cd	**-1**
Correz. menisco Cm	**0.5**
Correz. temperatura Ct	**-4+0,25*T**
Campione secco Psp (g)	**40**
Peso spec.f<0 ,074 (Gs) =	**2.72**
Costante K =	**1.000**

Tempo **min**	Temperatura **°C**	Lettura **R**	Lettura corr. **R'=R+Cm**	Corr. Temp. **Ct**	f grani **mm**	Lettura ridotta **R"=R'+Cd+Ct**	% Parziale **KR"**	% Somma **KR"X**
0.5	18.0	39.0	39.5	0.50	0.0608	39.00	97.52	37.98
1	18.0	37.0	37.5	0.50	0.0437	37.00	92.52	36.04
2	18.0	35.0	35.5	0.50	0.0313	35.00	87.52	34.09
4	18.0	33.0	33.5	0.50	0.0225	33.00	82.52	32.14
8	18.0	30.0	30.5	0.50	0.0162	30.00	75.02	29.22
15	18.0	27.0	27.5	0.50	0.0121	27.00	67.51	26.30
30	18.0	25.0	25.5	0.50	0.0087	25.00	62.51	24.35
60	18.0	22.0	22.5	0.50	0.0062	22.00	55.01	21.43
120	18.0	18.0	18.5	0.50	0.0045	18.00	45.01	17.53
240	18.0	15.0	15.5	0.50	0.0032	15.00	37.51	14.61
480	18.0	11.0	11.5	0.50	0.0023	11.00	27.51	10.71
1440	17.0	8.0	8.5	0.25	0.0014	7.75	19.38	7.55

Classificazione	**USCS**	**CNR-UNI**

% ghiaia	**% sabbia**	**% limo**	**% argilla**
0.00	**61.05**	**29.38**	**9.57**



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Filippi

COPIA CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE.
documento firmato digitalmente da Leonardo Moretti e stampato il giorno 04/08/2026 da Eugenio Giuliano.
Riproduzione cartacea ai sensi del D.Lgs.82/2005 e successive modificazioni, di originale digitale.