STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

Elaborato: REL_FATT_GEOL-TEC
Nome file:
Rel_Fattibilità geologico-tecnica – Cereria Graziani_30-10-24.pdf
Data emissione:
25.03.2025

Oggetto

PROGETTO DI AMPLIAMENTO E SVILUPPO DEL COMPLESSO PRODUTTIVO "CERERIA GRAZIANI"

Titolo dell'elaborato

RELAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICO-TECNICA ai sensi del D.P.G.R. n. 5/R/2020 a supporto della variante al vigente Piano Operativo (PO) del comune di Crespina e Lorenzana

Ubicazione

Via Karol Wojtyla n. 6 – Zona industriale Pian di Laura
CRESPINA e LORENZANA - PISA (TOSCANA)

Committente

Graziani s.r.l.

Progettisti
Arch. Laura Graziani
Arch. Fabrizio Cinquini (Terre.it s.r.l.)
Ing. David Bertacco

Il Geologo

Dott. Geol. Lorenzo Ciulli
Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

Relazione di fattibilità geologico-tecnica a supporto della variante al vigente Piano Operativo (PO) contestuale al progetto di ampliamento e sviluppo del complesso produttivo "Cereria Graziani" attraverso la costruzione di un nuovo capannone artigianale in Via Karol Wojtyla nella zona industriale di Pian di Laura nel territorio comunale di Crespina e Lorenzana (Pisa).

INDICE

1 - Premessa ed obiettivi dello studio pag. 2

2 - Normativa di riferimento pag. 2

3 - Inquadramento generale pag. 3

3.1 - Morfologia ed idrografia superficiale pag. 3
3.2 - Geologia e stratigrafia pag. 5
3.3 - Assetto idrogeologico del sottosuolo pag. 5

4 - Criticità del settore e vincolistica pag. 6

4.1 - Pericolosità geologica pag. 7
4.2 - Pericolosità sismica pag. 7
4.3 - Pericolosità idraulica pag. 7
4.4 - Vulnerabilità idrogeologica pag. 8
4.5 - Relazioni con il Vincolo Idrogeologico pag. 8

5 - Indagini di supporto e modellazione geologica pag. 8

5.1 - Metodologia d'indagine e campagna geognostica di approfondimento pag. 9
5.2 - Modellazione geologica pag. 11
Considerazioni sulla parametrizzazione geotecnica pag. 14
5.3 - Inquadramento sismico di sito pag. 16
Considerazioni sulla determinazione della categoria topografica di sito pag. 17
Considerazioni sulla determinazione della categoria sismica di suolo pag. 22

6 - Fattibilità degli interventi e prescrizioni pag. 23

6.1 - Fattibilità nei confronti della pericolosità geologica pag. 23
6.2 - Fattibilità nei confronti della pericolosità sismica pag. 23
6.3 - Fattibilità nei confronti della pericolosità idraulica pag. 25

7 - Note Bibliografiche pag. 26

Figure ed Allegati pag. 27

ALLEGATI - INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE REALIZZATE IN SITO

1. Campagna di indagine geognostica realizzata in sito (*a cura del Dott. Ciulli L., 2023*).
2. Parametri sismici del sito in oggetto (*determinati con l'impiego dell'applicazione PS di Geostru-software*).
3. Tabulati di calcolo della verifica alla liquefazione dinamica delle terre (*Liquiter di Geostru software*).

1 – PREMESSA ED OBIETTIVO DELLO STUDIO

Su incarico della Committenza è stata redatta la presente relazione di fattibilità geologica a supporto della variante al vigente Piano Operativo del comune di Crespina e Lorenzana riguardante il progetto di ampliamento e sviluppo del complesso produttivo "Cereria Graziani", ubicato nella zona industriale di Pian di Laura (**Figura 1**). La proposta di variante si rende necessaria per consentire la costruzione di un nuovo capannone artigianale all'interno della particella di terreno 415 del foglio 7 del catasto di Crespina e Lorenzana, ubicata in Via Karol Wojtyla n. 6, e riconosciuta con codice univoco **Uc.4.2** denominato ***"Ampliamento attività produttiva di Via Karol Wojtyla a Laura"***.

Gli interventi previsti nell'ambito del progetto di ampliamento sono i seguenti:

- costruzione di un nuovo capannone avente dimensioni in pianta pari a 53,76 x 17,64 metri ed un'altezza massima di 10 metri, ed andrà ad occupare una posizione decentrata verso il vertice nord del suddetto piazzale.
- costruzione di una nuova tettoia avente dimensioni di 8,62 x 11,75 metri ed un'altezza di 4,77 metri, che unirà il nuovo edificio con il capannone esistente nel comparto a sud.
- realizzazione di aree a parcheggio con spazi di manovra per i mezzi in entrata ed in uscita dal capannone ed aree a verde.

Per maggiori dettagli si rimanda alla lettura delle tavole progettuali redatte dai tecnici incaricati.

La relazione è redatta ai sensi del vigente D.P.G.R. n. 5/R/2020 e supportata da indagini geognostiche realizzate in sito nell'osservanza delle prescrizioni del recente D.P.G.R.T. n. 1R/2022 e dalle NTC18. Il documento ha l'obiettivo di indicare le condizioni di fattibilità alle trasformazioni previste a partire delle pericolosità già raffigurate nelle cartografie tematiche di supporto al vigente S.U. comunale, anch'esso redatto nell'osservanza del D.P.G.R. n. 5/R/2020.

2 – NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 – Aggiornamento delle «*Norme Tecniche per le Costruzioni*».
- Decreto Ministeriale 14.01.2008 – Testo Unitario «*Norme Tecniche per le Costruzioni*».
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Circolare 02.02.2009 «*Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.01.2008*».
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007 «*Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale*».
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture «*Parte V: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici*».
- Eurocodice 7.1 (1997) – Progettazione geotecnica «*Parte I: Regole Generali (UNI)*».
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica «*Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (UNI)*».
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica «*Parte III: Progettazione assistita da prove in situ (UNI)*».
- Delibera Giunta Regionale Toscana n. 387 del 11.05.2009 «*Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico*».

- Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 36/R del 09.07.2009 «*Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.*»
- Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 1/R 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 delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.*»
- Delibera Giunta Regionale Toscana n. 878 del 08.10.2012 «*Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006*».
- D.P.G.R.T. n. 5/R del 30.01.2020 "*Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 201 4, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche.*".
- Delibera Giunta Regionale Toscana n. 232 del 17.12.2015 «*Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'appennino settentrionale (Direttiva 2007/60/CE). Adozione misure di salvaguardia per il bacino del fiume Arno e per i Bacini regionali Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone*».
- Delibera Giunta Regionale Toscana n. 235 del 03.03.2016 «*Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'appennino settentrionale – Direttiva 2007/60/CE, D.Lgs. 152/2006 e D.Lgs. 49/2010*».
- 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 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*».
- Delibera Conferenza Istituzionale Permanente n. 20 del 20.12.2019 «*Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica" relativo al territorio dei bacini del fiume Arno, del fiume Serchio e dei bacini della Toscana*».
- D.P.R. n. 120/2017 in materia di disciplina delle terre e rocce da scavo.
- Piano Strutturale e Piano operativo comunale di Crespina e Lorenzana approvati con delibera CC n. 6 e n. 7 del 25.01.2024.

3 - INQUADRAMENTO GENERALE

3.1 - Morfologia ed idrografia superficiale

Come premesso il settore dove si prevede la costruzione del nuovo capannone ricade in un'area di fondo valle in destra idrografica del Torrente Tora. In corrispondenza del settore il corso d'acqua ha un andamento rettilineo, contraddistinto da un alveo inciso con orli di scarpata di erosione, solo parzialmente contenuti da opere arginali. La cartografia geomorfologica di supporto al vigente S.U. comunale (**Figura 2**) non pone l'attenzione sulla presenza di alcuna forma o lineamento interferente con il settore d'intervento, sottolineando la sola presenza di depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi. In dettaglio, il settore si trova ad una quota di circa + 36 metri s.l.m. in prossimità del piede del versante sud-occidentale della dorsale dell'Uccelliera. Le forme raffigurate nella cartografia tematica non risultano interferenti con il settore in oggetto.

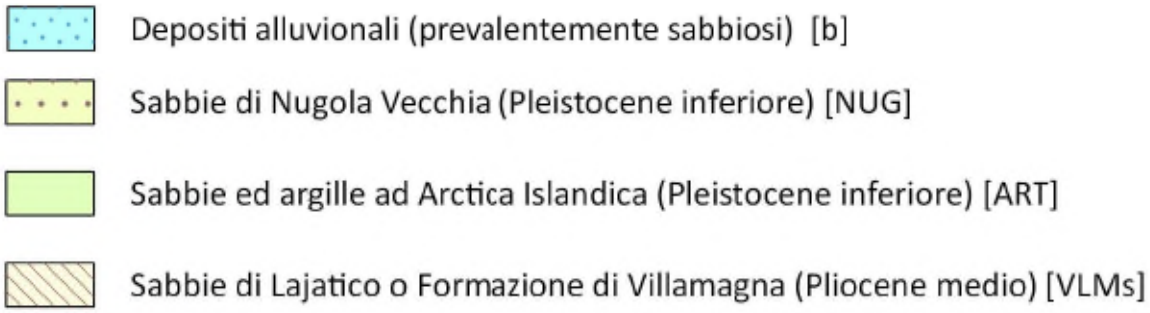
L'idrografia della zona è caratterizzata dalla presenza del suddetto Torrente Tora, dall'affluente di destra denominato Il Rio e da un altro affluente di destra del primo. Tutti i corsi d'acqua appartengono al reticolo idrografico regionale aggiornato con DCR 25 del 2024. Di seguito si

ripropone uno stralcio dello stesso reticolo per la zona dove ricade il settore in oggetto. Evidenziato in tratto continuo di colore rosso il comparto oggetto di variante.

Nel dettaglio, non si denotano evidenze di instabilità dal punto di vista geomorfologico mentre risultano più concrete le potenziali interferenze con le dinamiche fluviali. Per maggiori dettagli si rimanda a quanto descritto al successivo Capitolo 6.

3.2 - Geologia e stratigrafia

In base alla cartografia geologica di supporto al vigente S.U. comunale nella zona viene evidenziata la presenza dei cosiddetti Depositi alluvionali (prevalentemente sabbiosi), che sormontano in discordanza le sottostanti unità plio-pleistoceniche (**Figura 3**). La successione completa dall'alto è costituita dalle seguenti unità geologiche:

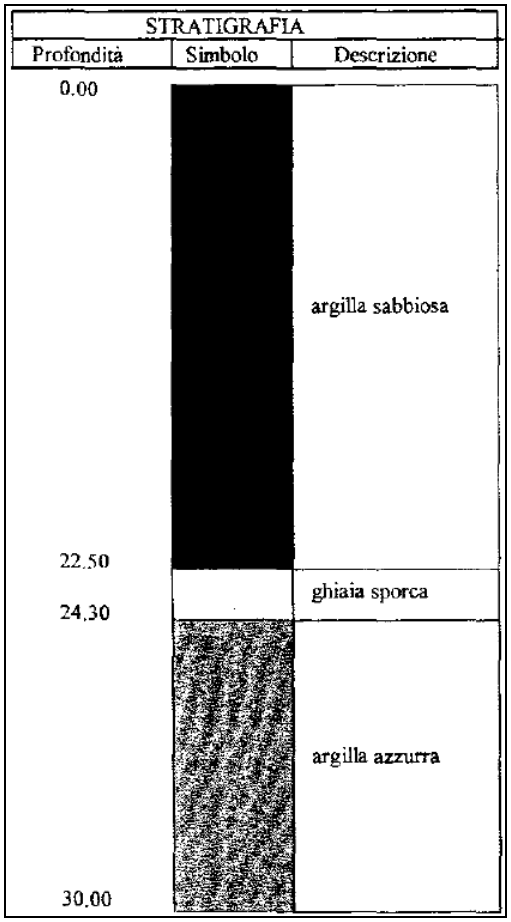


In particolare, all'interno del settore d'intervento sono cartografati i **Depositi alluvionali**.

Le indagini geognostiche eseguite in sito confermano quanto suggerito dalla geologia di superficie (**Allegato 1**). I depositi alluvionali sono stati riconosciuti per una potenza massima di circa 15 metri a cominciare dal piano campagna, e costituiti solo nella porzione sommitale da litotipi coesivi, comunque subordinati agli incoerenti.

3.3 – Assetto idrogeologico del sottosuolo

In genere i litotipi costituenti il sottosuolo del settore sono dotati di un discreto ma comunque variabile grado di permeabilità per porosità influenzato dalla percentuale di sedimento fine. La cartografia riguardante la vulnerabilità idrogeologica a supporto del S.U. comunale (Tav. QG.I.7b) associa ai depositi alluvionali di fondovalle una classe di vulnerabilità medio-elevata a conferma della presenza di una circolazione idrica sotterranea comunque scarsamente protetta dalla superficie. In **Figura 4.4** si riporta uno stralcio di quest'ultima cartografia. Indicazioni utili in merito al reale assetto idrogeologico del sottosuolo ci vengono offerte dalle stratigrafie di alcuni dei pozzi, impiegati anche per scopi idropotabili pubblici, presenti nella zona. Di seguito si riporta lo stralcio della stratigrafia del cosiddetto pozzo 1 Lorenzana, esistente ad alcune centinaia di metri di distanza dal settore d'intervento, e facente parte della rete acquedottistica pubblica.



La stratigrafia è stata scelta come rappresentativa del modello idrogeologico di una buona parte della zona di fondovalle all'interno della quale ricade anche il settore d'intervento. L'acquifero è rappresentato dalle ghiaie che sormontano i litotipi argillosi. In altri casi, queste vengono sostituite da sabbie e sabbie limose dotate anche di maggiore potenza rispetto a quella delle ghiaie.

4 – CRITICITA' DEL SETTORE E VINCOLISTICA DELLA ZONA

Facendo riferimento alla cartografia tematica di supporto al vigente P.S. e P.O. del comune di Crespina e Lorenzana, approvati con delibera CC n. 6 e n. 7 del 25.01.2024, il settore d'intervento ricade in una zona contraddistinta dalle seguenti classi di pericolosità:

PERICOLOSITÀ	***CLASSE***
Geologica	G.2 *(pericolosità media)*
Sismica	S.3 *(pericolosità elevata)*
Idraulica	P.2 *(pericolosità media)*

Come premesso, le classi di pericolosità sono state definite sulla base dei criteri dettati dal vigente D.P.G.R. n. 5/R del 30.01.2020. Di seguito si riportano le descrizioni di ciascuna classe di pericolosità introdotte dal vigente S.U. comunale per ciascuna criticità che affligge il settore in oggetto ed elencate nella cosiddetta "*Relazione geologica sugli aspetti geologici*" del quadro conoscitivo che accompagna lo stesso S.U. comunale (documento QG.II.1).

4.1 - Pericolosità geologica

Il settore ricade nelle cosiddette "*Aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi*", così come riportato in **Figura 4.1**.

Nei confronti del vigente Piano di Assetto Idrogeologico (**P.A.I.**) del Distretto Appennino Settentrionale per il rischio di dissesto geomorfologico nel bacino dell'Arno, le carte tematiche non riportano alcun elemento degno di nota in corrispondenza del settore in questione ma raffigurano aree di versante in pericolosità di frana elevata (PFE) ampiamente distanti dalla proprietà e con essa non interferenti. Pertanto, in questa fase si è ritenuto inopportuno proporre lo stralcio di tale cartografia.

4.2 - Pericolosità sismica

Il settore appartiene interamente alle cosiddette "*Aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, caratterizzate da terreni per i quali, sulla base delle informazioni disponibili, non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione*", così come riportato in **Figure 4.2**. La determinazione della classe di pericolosità elevata associata al fenomeno della liquefazione con l'esclusione di fenomeni di amplificazione stratigrafica deriva da un approfondimento delle conoscenze del sottosuolo e della sismicità di sito derivante dallo studio di microzonazione sismica di II livello intrapreso a supporto dello stesso S.U. comunale.

4.3 - Pericolosità idraulica

La pericolosità idraulica riconosciuta dallo S.U. comunale fa riferimento a quanto prescritto nel vigente Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) del Distretto Appennino Settentrionale al quale il comune di Crespina e Lorenzana appartiene. La particella di terreno in questione ricade nelle cosiddette aree a ***pericolosità di alluvione media per eventi poco frequenti*** (**classe P2**), così come definita dall'Articolo 2 della L.R. n. 41/2018 (**Figure 4.3**). Le carte delle altezze, della velocità e della magnitudo idraulica a sostegno dello stesso S.U. comunale dettagliano lo scenario alluvionale che contraddistingue l'intera proprietà, evidenziando un battente ≤ 0,30 metri con una velocità < 0,25 m/s, che si riflettono in una **magnitudo moderata** (**Figure 4.3.1** e **4.3.2**).

4.4 – Vulnerabilità idrogeologica

Come anticipato al Capitolo 3.3 la valutazione della vulnerabilità idrogeologica del territorio è stata condotta in coerenza con quanto indicato all'art. 20 del P.T.C. della Provincia di Pisa e riportata in **Figura 4.4**. La zona dove ricade il settore in oggetto è contraddistinta da una classe di **vulnerabilità idrogeologica medio-elevata (classe 3b)**. Così come riportato nelle Relazione geologica a corredo dello S.U. comunale, tale condizione "*corrispondente a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione mediocre.; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 7 ed i 15 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali mediamente permeabili con livelli piezometrici prossimi al piano campagna, quelle di ricarica di acquiferi confinati a bassa permeabilità, quelle consistenti in terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie poco permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, quelle a permeabilità medio-alta ma con superficie freatica depressa per cause naturali, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone di affioramento di terreni litoidi a media permeabilità, le zone morfologicamente pianeggianti con affioramento di terreni sciolti di media permeabilità con sufficiente estensione e ricarica, le zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie poco permeabili*".

4.5 – Relazioni con il Vincolo Idrogeologico

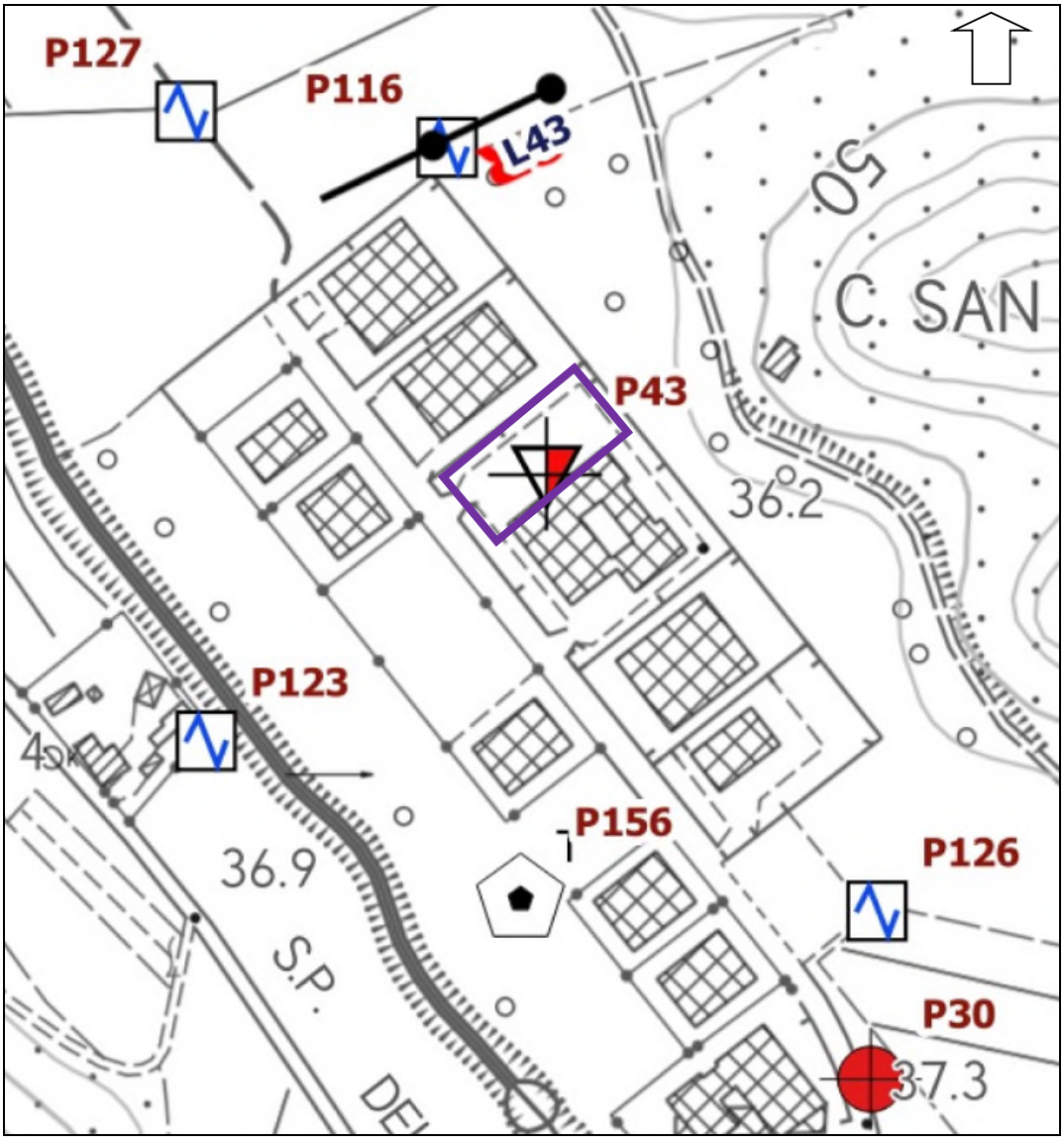
Infine, la proprietà non ricade in zona soggetta a Vincolo Idrogeologico né in area boscata (R.D. n. 3267/23 e Regolamento n. 1126/26, L.R. n. 39/00 e sue successive modifiche), pertanto l'intervento non necessiterà della richiesta di autorizzazione né risulterà oggetto di dichiarazione di inizio lavori ai sensi della vigente Legge Forestale regionale (**Figure 4.5**).

7 – INDAGINI DI SUPPORTO E MODELLAZIONE GEOLOGICA

Volendo proporre una modellazione geologica del sottosuolo quanto più affidabile, in linea con le prescrizioni note ed alla luce delle criticità che affliggono la zona, il sottoscritto ha ritenuto necessario approfondire gli aspetti geotecnici e simici di sito programmando una nuova campagna d'indagine geognostica a partire da quanto emerso dalle **indagini di archivio** di supporto al vigente S.U. comunale. Queste ultime, ritenute rappresentative per un intorno significativo della zona dove risiede il settore d'intervento e riportate nella Carta delle indagini della Microzonazione sismica di II livello del P.S. comunale, sono le seguenti:

- n. 4 misure di microtremore a stazione singola (P116, P123, P126 e P127)
- n. 1 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (P43)
- n. 1 indagine sismica superficiale con tecnica M.A.S.W. (L43)
- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (P30)
- n. 1 stratigrafia (teorica) di zona (P156)

Nell'immagine seguente si riporta uno stralcio della suddetta carta delle indagini.



Nell'immagine fuori scala il riquadro con tratto continuo di colore viola indica il settore d'intervento. Le penetrometrie statiche ricadenti al suo interno (P43) hanno fornito in particolare informazioni preliminari sull'assetto litologico e stratigrafico superficiale del sottosuolo del settore.

5.1 - Metodologia d'indagine e campagna geognostica di approfondimento

Nei confronti del vigente D.P.G.R. n. 1/R/2022, quanto in progetto rientra tra i cosiddetti interventi in **classe d'indagine 4**, per volumi lordi superiori ai 6.000 m^3. In osservanza delle prescrizioni minime indicate dal suddetto regolamento, nei confronti della parametrizzazione geotecnica e sismica del terreno, si è deciso di intraprendere la seguente campagna d'indagine:

- **n. 1 prove penetrometrica statica con punta meccanica** (CPT1) spinta fino a 15 metri di profondità dal p.c. attuale.
- **n. 2 sondaggi geognostici** dei quali:

  n. 1 sondaggio spinto a -35 metri da p.c. allestito per prova sismica in foro (sondaggio DH);

  n. 1 sondaggi a c.c. spinto fino a -15 metri da p.c. attrezzato con piezometro fenestrato tra 3,00 e 15,00 metri (sondaggio PZ).

- **n. 4 campioni indisturbati di terre**, destinati ad analisi geotecniche di laboratorio, ripartiti tra le due verticali come di seguito riportato:

Sondaggio	Campione	Profondità (m)		Prove geotecniche di Laboratorio
		top	botton	
S1	C1	7,50	8,00	Caratteristiche fisiche analisi granulometrica Taglio diretto Prova edometrica
	C2	18,00	18,50	
S2	C1	3,00	3,50	
	C2	12,00	12,50	

La ripartizione dei campioni a differenti profondità lungo le due verticali ha avuto l'obiettivo di coprire omogeneamente tutto il volume significativo di sottosuolo investigato.

Vista la conferma dell'elevata pericolosità sismica per liquefazione dinamica delle terre, di concerto con il progettista strutturale, è stato deciso di raccogliere anche un campione rimaneggiato delle litologie ritenute maggiormente suscettibili al fenomeno per un approfondimento delle caratteristiche geotecniche e reologiche in condizione di liquefacibilità (calcolo dei parametri geotecnici al raggiungimento del limite liquido).

- **n. 6 prove S.P.T. in foro** ripartite anch'esse tra le due verticali come di seguito riportato:

Sondaggio	Campione	Profondità (m)		Campionatore Raymond	Numero dei colpi
		top	botton		
S1	SPT 1	8,00	8,45	punta aperta	1 - 3 - 2
	SPT 2	11,80	12,25	punta aperta	8 - 10 - 12
	SPT 3	16,00	16,45	punta chiusa	18 - 28 - 41
	SPT 4	21,00	21,45	punta chiusa	19 - 26 - 34
S2	SPT 1	10,50	10,95	punta aperta	6 - 9 -11
	SPT 2	15,00	15,45	punta aperta	9 - 12 - 18

Come per i campioni anche le SPT sono state distribuite lungo le due verticali in modo da interessare tutte le litologie attraversate.

- **n. 1 indagine sismica in foro** di sondaggio (sondaggio DH) con tecnica **down-hole** per l'acquisizione delle onde di compressione (P+S).
- **n. 1 indagine sismica** di superficie attiva congiunta per l'acquisizione di sole onde di Rayleigh con la tecnica **M.A.S.W.**

  Nonostante le indicazioni riportate al comma b del punto 2 del paragrafo 2 dell'Allegato 1 del decreto regionale, vista la disponibilità di numerose indagini passive di microtremore a stazione singola, si è ritenuto soddisfacente l'esecuzione dell'indagine attiva di superficie con tecnica M.A.S.W. a supporto dell'indagine sismica in foro di sondaggio. La decisione ha tenuto conto anche della mancanza di necessità di intraprendere uno studio di risposta simica locale (R.S.L.) così come specificato nella "*Procedura di utilizzo degli abachi litostratigrafici per la verifica della necessità di analisi RSL*" redatti a cura del Settore Sismica – Ufficio prevenzione Sismica della Regione Toscana

Strumentazioni e software impiegati per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati

Per le caratteristiche tecniche degli strumenti utilizzati e le modalità di prova impiegate durante l'esecuzione delle indagini geotecniche in sito e di laboratorio ed i software impiegati nella acquisizione e nella elaborazione delle indagini sismiche si rimanda a quanto indicato nei certificati allegati alla presente relazione (**Allegato 1**). In particolare, si intende sottolineare che i dati di campagna relativi alla prova penetrometrica statica (CPT 1) sono stati rielaborati utilizzato il software **Static Probing 2023** di *Geostru Software* versione 2023.27.5.1140, mentre le prove dinamiche in foro (SPT) utilizzando **Dinamyc Probing** di *Geostru Software* versione 2024.27.5.1160, entrambi con licenza intestata al sottoscritto.

In **Figura 5** si indicano le ubicazioni delle indagini, mentre in **Allegato 1** come sopra ricordato sono riportati gli elaborati grafici delle stesse.

5.2 - Modellazione geologica preliminare

La stratigrafia di dettaglio ricostruita sulle due verticali di sondaggio è schematizzata di seguito. La profondità d'indagine, spinta fino a 35 metri dalla superficie è compatibile anche in caso di realizzazione di fondazioni profonde.

Progetto NUOVO CAPANNONE ARTIGIANALE	Data inizio: 19.09.2023
Ditta esecutrice: Mappogeognostica srl	
Committente: Graziani srl	

SONDAGGIO: S1 attrezzato per indagine sismica in foro (Down-hole)

Tipo di sonda: Mori

Tipo di fluido: acqua

Tipo di rivestimento: 127mm

Diametro carotaggio: 101mm

FALDA: presente a -1,50 m da p.c.

PROFONDITA' (m)	**DESCRIZIONE STRATIGRAFICA**	**SPT**	**Pocket** (kg/cm²)	**Campioni** (profondità in metri)
0,75	Asfalto con riempimento stabilizzante			
1,05	Limo argilloso poco consistente di colore grigio nerastro (suolo originario)			
2,00	Argilla limosa consistente di colore grigio-marrone (paleosuolo)		3,00÷3,50	
3,50	Argilla limosa poco consistente di colore grigio-marrone (paleosuolo)		<1,00	
4,50	Argilla limosa poco consistente di colore grigio			
10,10	Sabbia limosa/limo sabbioso debolmente argillosi sciolti con depositi torbosi (9,50÷9,80 m)	8,00 m: 1-3-2		C1 (7,50)
11,60	Limo sabbioso-argilloso moderatamente consistente di colore grigio con screziature marroni (paleosuolo)		1,50÷2,50	
13,60	Sabbia medio-fine da sciolta a mediamente addensata di colore marrone	11,80 m: 8-10-12		
15,80	Sabbia marrone e ghiaia ad elementi grossolani addensate con bioclasti marini			
22,00	Sabbia medio-grossolana marrone da mediamente addensata ad addensata con sottili strati di limo	16,00 m: 18-28-41 21,00 m: 19-26-34		C2 (18,00)
23	Sabbia fine limosa/limo e sabbia marroni mediamente addensata			
25,50	Limo sabbioso mediamente addensato di colore grigio scuro con rare lenti di argilla compatta			
26,80	Sabbie medio-grossolane sciolte con rari bioclasti			
30,00	Limo sabbioso mediamente addensato di colore grigio scuro con rare lenti di argilla compatta			
30,50	Sabbia grigia sciolta			
33,50	Sabbie medio-grossolane sciolte con rari bioclasti			
34,00	Sabbia grigia mediamente addensata			
35,00	Sabbie medio-grossolane sciolte con orizzonte fossilifero a bioclasti marini (34,60÷34,80)			

Progetto NUOVO CAPANNONE ARTIGIANALE

Data inizio: 21.09.2023

Ditta esecutrice: Mappogeognostica srl

Committente: Graziani srl

SONDAGGIO: S2 attrezzato con **piezometro**

Tipo di sonda: Mori

Tipo di fluido: acqua

Piezometro: 0 - 3 m cieco

3 - 15 metri fenestrato

Tipo di rivestimento: 127mm

Diametro carotaggio: 101mm

FALDA: presente a -1,50 m da p.c.

PROFONDITA' (m)	**DESCRIZIONE STRATIGRAFICA**	**SPT**	**Pocket** (kg/cm²)	**Campioni** (profondità in metri)
0,80	Asfalto con riempimento stabilizzante			
1,40	Limo e argilla poco consistenti di colore grigio con resti vegetali (suolo originario)		<1,00	
3,80	Argilla debolmente limosa consistente di colore grigio-marone con screziature (paleosuolo)		2,50÷3,50	C1 (3,00)
15,00	Sabbia con limo debolmente argillosa da sciolta a mediamente addensata con bioclasti e depositi torbosi (8,50÷9,50 m)	10,50 m: 6-9-11 15,00 m: 9-12-18		C2 (12,00)

La penetrometria conferma la presenza di uno strato più superficiale di argilla e limo consistenti a copertura di limi e limi argilloso-sabbiosi poco consistenti, contenenti torbe, rintracciati almeno fino a 12 metri, che a loro volta sormontano sabbie mediamente addensate. Queste ultime sono le stesse che nel sondaggio 1 (DH) precedono i litotipi sabbiosi e ghiaiosi maggiormente addensati, presenti a cavallo dei 15 metri di profondità. L'assetto stratigrafico così ricostruito conferma in dettaglio quanto emerso dallo studio di fattibilità risalente al 2005 e basato sulla realizzazione di una coppia di penetrometrie medio-leggere e da 4 penetrometrie statiche con punta meccanica eseguite ai vertici dei lotti di proprietà dell'azienda Graziani srl. Queste ultime, spinte anche fino a 14 metri di profondità, sottolinearono già all'epoca la variabilità dello spessore dei depositi alluvionali superficiali, il cui ispessimento aumenta verso Ovest, ovvero verso la porzione mediana della valle del Tora.

Le misure piezometriche effettuate al completamento del sondaggio 2 (PZ) e ripetute nei mesi successivi confermano la presenza di circolazione idrica sotterranea compresa tra 1,50 metri e 2,00 metri di profondità dall'attuale piano campagna.

In **Figura 6** si raffigura il modello litologico del sottosuolo lungo due sezioni passanti per l'ingombro del nuovo capannone in direzione NE/SO e NO/SE.

Considerazioni sulla parametrizzazione geotecnica.

Alla luce delle indagini a cui ci siamo riferiti si è ritenuto utile sottolineare quanto di seguito:

- Presenza in superficie di **depositi alluvionali** di età recente e/o olocenica aventi una potenza compresa tra 10 e 15 metri, contenenti depositi torbosi di modesto spessore. La porzione sommitale dei depositi alluvionali, per uno spessore comunque inferiore ai 5 metri, è costituita da limi e argille, queste ultime dotate di una consistenza elevata per i processi di pedogenesi che ne hanno aumentato il grado di compattezza. I sottostanti restanti depositi alluvionali sono costituiti da sabbie limose da sciolte a mediamente addensate.
- Predominanza di **litotipi incoerenti** rappresentati da sabbie medio-fini e grossolane depositate in ambiente merino litorale, contraddistinte da un grado di addensamento medio-elevato fino a 35 metri di profondità. Tra 12 e 16 metri è presente uno strato di sabbia medio-grossolana e ghiaia il cui grado di addensamento risulta maggiore rispetto alla media.
- La piezometrica è compresa tra 1,50 metri e 2,00 metri di profondità dall'attuale piano campagna, coincidente nella fattispecie con la quota del piazzale asfaltato.

La parametrizzazione geotecnica dei litotipi indagati è stata effettuata mettendo a confronto i dati provenienti dalle seguenti indagini:

- Prove geotecniche di laboratorio sui campioni indisturbati;
- Penetrometrie dinamiche standard eseguite in foro di sondaggio rappresentative delle litologie attraversate per le quali non è stato possibile raccogliere un campione;
- Penetrometria statica con punta meccanica eseguita in sito.

La scelta dei valori dei parametri è stata intrapresa dando priorità alle indagini di provenienza così come riportato nel suddetto elenco. In particolare, i valori derivanti dalla CPT sono stati utilizzati come termine di confronto per quelli ottenuti dai campioni e dalle SPT nei primi 15 metri di profondità.

I parametri geotecnici così desunti sono riportati nella tabella seguente ed interamente in allegato. In particolare, per quanto riguarda le prove in sito (SPT e CPT), di seguito si riportano gli autori ed i metodi considerati per la determinazione dei parametri.

- Peso di Volume:	*Terzaghi & Peck (1948-1967); Meyerhof et al.*
- Peso di Volume saturo:	*Terzaghi & Peck (1948-1967); Meyerhof*
- Angolo di attrito:	*Peck, Hanson-Thornburn & Meyerhof (1956); Malcev (1964); Shioi-Fukuni (1982); Owasaki & Iwasaki)*
- Coesione non drenata:	*Terzaghi & Peck (1948-1967); Schmertmann (1975)*

I valori così ottenuti, essendo desunti per correlazione, hanno naturalmente un valore indicativo, affetto da un errore percentuale proporzionale al metodo d'indagine adottato.

TABELLA 2 - PARAMETRI CARATTERISTICI DEI LITOTIPI INVESTIGATI				
Breve Descrizione	*Limo con argilla*	*Sabbia con limo argillosa/ debolmente argillosa*	*Sabbia con ghiaia*	*Sabbia limosa debolmente argillosa*
LITOTIPO	A (coesivo)	B (incoerente)	C (incoerente)	D (incoerente)
Grado di addensamento - consistenza (AGI)	moderato	Sciolto - Mediamente addensato	addensato	Mediamente addensato - Addensato
Profondità (m) da - a	0,00 – 5,00	5,00 – 15,00	15,00 – 22,00	22,00 – 35,00
Spessore massimo (m)	5,00	10,00	7,00	> 13,00
Peso di volume - γ	1,51 t/m^3	**1,58 t/m^3** 1,75 t/m^3	1,78 t/m^3	1,75 t/m^3
Peso di volume - γ_{sat}	1,93 t/m^3	**1,97 t/m^3** 2,08 t/m^3	2,11 t/m^3	2,08 t/m^3
Angolo d'attrito - ϕ'	24,2°	**26,5°** 28,8°	40°	38°
Coesione efficacie - c'	0,21 kg/cm^2	**0,152 kg/cm^2** 0,171 kg/cm^2	-	-
Coesione non drenata - Cu	0,38 kg/cm^2	**0,50 kg/cm^2**	-	-

I valori riportati in grassetto per il litotipo B sono quelli da considerarsi caratteristici tra quelli indicati in tabella.

Il litotipo C per l'origine deposizionale può essere considerato discontinuo arealmente. Nella fattispecie se ne ipotizza la presenza per gran parte del sottosuolo del settore d'intervento rimarcando tuttavia l'eventuale variabilità di spessore. Pertanto, non si esclude che nella porzione di sottosuolo della fascia di terreno a nord possieda una potenza assai ridotta rispetto ai 7 metri riconosciuti nel settore centro-meridionale.

Nei confronti della valutazione del valore del modulo edometrico di seguito si riportano i risultati delle prove edometriche realizzate sui 4 campioni indisturbati allo scopo di poter offrire un dettaglio dell'andamento del parametro in funzione dei carichi applicati. Il tecnico strutturista potrà così determinare la relazione che meglio approssima le reali condizioni di stress indotte dai carichi di esercizio del nuovo edificio.

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
98,4 ÷ 196,8	4413	0,000438	9,73E-09
196,8 ÷ 393,6	8374	0,000433	5,08E-09
393,6 ÷ 787,2	14497	0,000337	2,28E-09
787,2 ÷ 1574,4	22020	0,000370	1,65E-09

Campione C1S2 (3,00÷3,50m) rappresentativo del Litotipo A.

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	2299	0,000329	1,40E-08
49,2 ÷ 98,4	2681	0,000497	1,82E-08
98,4 ÷ 196,8	4364	0,000945	2,12E-08
196,8 ÷ 393,6	6198	0,001111	1,76E-08
393,6 ÷ 787,2	9743	0,001412	1,42E-08
787,2 ÷ 1574,4	19655	0,001514	7,55E-09

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,3 ÷ 24,6	6165	0,003734	5,94E-08
24,6 ÷ 49,2	5430	0,006066	1,10E-07
49,2 ÷ 98,4	7598	0,004996	6,45E-08
98,4 ÷ 196,8	10994	0,002077	1,85E-08
196,8 ÷ 393,6	18566	0,001398	7,38E-09
393,6 ÷ 787,2	30750	0,004418	1,41E-08
787,2 ÷ 1574,4	47709	0,000739	1,52E-09

Campione C1S1 (7,50÷8,00m) e C2S2 (12,00÷12,50m) rappresentativi del Litotipo B.

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	4642	0,000074	1,56E-09
49,2 ÷ 98,4	4970	0,000231	4,56E-09
98,4 ÷ 196,8	9416	0,007471	7,78E-08
196,8 ÷ 393,6	14471	0,002337	1,58E-08
393,6 ÷ 787,2	27145	0,001174	4,24E-09
787,2 ÷ 1574,4	47138	0,000159	3,30E-10

Campione C2S1 (18,00÷18,50m) rappresentativo del Litotipo C.

Nei confronti del **potenziale di liquefazione** delle terre si sottolinea che esistono le condizioni perché il fenomeno si manifesti. La piezometrica si colloca a circa 1,50 metri di profondità dalla superficie saturando parzialmente il litotipo A, che per le caratteristiche granulometriche risulta esente dal fenomeno (si veda certificati delle analisi in allegato), ed interamente il sottostante litotipo B, quest'ultimo ritenuto possibile sede del fenomeno per la granulometria ricadente nel fuso suscettibile.

5.3 - Inquadramento sismico di sito

I dati ritenuti più significativi ai fini delle verifiche sulla sicurezza dell'opera in progetto sono riassunti in tabella e descritte nei paragrafi seguenti.

TABELLA 1 - CARATTERISTICHE STRUTTURALI DELL'OPERA E SISMICHE DEL SITO	
Tipo di costruzione - (*Tabella 2.4.I*)	2
Vita nominale (V_N) - (*Tabella 2.4.I*)	≥ 50 anni
Classe d'uso - (*punto 2.4.2*)	II
Coefficiente d'uso (C_U)- (*Tabella 2.4.II*)	1
Periodo di riferimento (V_R) - (*Tabella C2.4.I*)	≥ 50 anni
Tipologia di intervento	Fondazione profonda
Comune	Crespina e Lorenzana (PI)
Zona sismica - (D.P.G.R.T. n. 421 del 26.05.2014)	ZONA 3
Latitudine sito (ED50)	43,550833
Longitudine sito (ED50)	10,520472
Categoria di sottosuolo - (*Tabella 3.2.II*)	**C**
Categoria topografica - (*Tabella 3.2.IV*)	**T1**
Coeff. di amplificazione topografica (S_T) - (*Tabella 3.2.VI*)	1,0
Amplificazione stratigrafica (S_s) - (*Tabella 3.2.V*)	1,2
Fattore S - (*punto 3.2.3.2.1*)	1,2
Coefficiente simico ag (SLV)	0,140 g
Coefficiente simico Amax (SLV)	2,051 g

Per i dettagli sui parametri sismici di sito si rimanda all'**Allegato 2**.

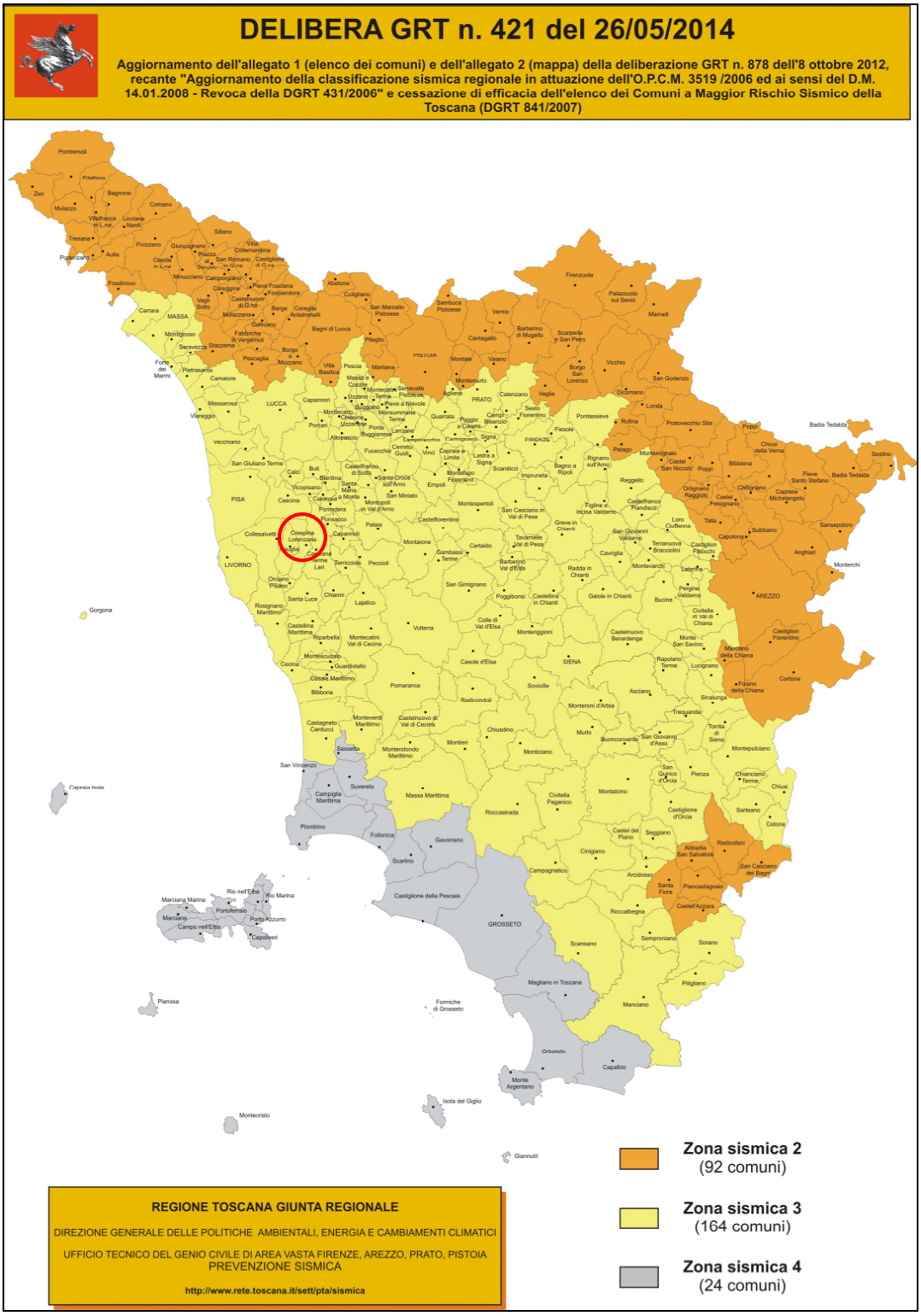
<u>Considerazioni sulla determinazione della categoria topografica di sito</u>

La valutazione della categoria topografica di sito ha tenuto conto della cartografia tematica di supporto al vigente S.U. comunale (Tav. QG.I.4b). Questa rappresenta ad oggi l'unico documento dedicato a tale caratteristica morfologica rintracciabile in Letteratura. La suddetta cartografia, come indicato al Capitolo 3 della presente relazione, indica che le pendenze in media non superano il 5%. Sempre come ricordato al Capitolo 3, il settore d'intervento di fatto ricade in un'area di fondo valle. La **categoria topografica** risultante è dunque la **T1**, come indicato nello stralcio della Tab. 3.2.III delle vigenti NTC18, riportato di seguito.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

A seguito della Delibera della giunta Regionale Toscana n. 421 del 26.05.2014 il comune di Crespina e Lorenzana ha trovato collocazione tra i 164 comuni ricadenti nella cosiddetta **Zona Sismica 3**, dunque contraddistinto da una media sismicità.



Rispetto alla precedente classificazione introdotta con Delibera regionale n. 878 del 08.12.2012 quanto indicato per il nuovo comune non ha subito modifiche rimanendo in zona 3, come indicato per i due originari. Di seguito si riporta uno stralcio della storia della classificazione di alcuni dei comuni pisani tra cui quello in oggetto (evidenziato in rosso).

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988
e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

STORIA DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA REGIONE TOSCANA DAL 1927 A OGGI

versione aprile 2019

CLASSIFICAZIONE ATTUALE Del. G.R.T. n°421 del **26 maggio 2014** (attuazione Ord. P.C.M. n°3519 del 28/04/2006 e D.M. 14/01/2008) **e Comuni fusi al 01/01/2019**

	EX COMUNE	
		STORIA DELLA CLASSIFICAZIONE PRECEDENTE ALLA FUSIONE DEI COMUNI
	n c	NON CLASSIFICATO NELLA NORMA DI RIFERIMENTO
	2	COMUNE CLASSIFICATO IN **ZONA 2**
	3 S	CLASSIFICAZIONE 3 S NELLA DELIBERA DI RIFERIMENTO
	3	COMUNE CLASSIFICATO IN **ZONA 3**
LEGENDA	4	COMUNE CLASSIFICATO IN **ZONA 4**

Provincia	Cod. ISTAT	Comune	CLASSIFICAZIONI SISMICHE PRECEDENTI									ATTUALE
			Regio Decreto 13 marzo 1927 n°431		Regio Decreto 25 marzo 1935 n°640	Regio Decreto 22 novembre 1937 n°2105		Legge 25 novembre 1962 n°1684	Decreto Ministeriale 19 marzo 1982	Ord. P.C.M. n°3274 20 Marzo 2003 Del. G.R.T. n°604 16 giugno 2003	Ord.P.C.M. n°3519 28 aprile 2006 Del. G.R.T. n°431 19 giugno 2006	Del. G.R.T. n°878 8 ottobre 2012	**Del. G.R.T. n°421 26 maggio 2014 e Comuni fusi al 01/01/2019**
PISA	050001	BIENTINA	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050002	BUTI	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050003	CALCI	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050004	CALCINAIA	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050005	CAPANNOLI	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050006	CASALE MARITTIMO	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050040	CASCIANA TERME LARI *(dal 2014)*											**3**
	050007	*CASCIANA TERME*	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	
	050017	*LARI*	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	
	050008	CASCINA	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050009	CASTELFRANCO DI SOTTO	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050010	CASTELLINA MARITTIMA	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050011	CASTELNUOVO DI VAL DI CECINA	n c		n c	n c		n c	n c	3	3	3	**3**
	050012	CHIANNI	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050041	CRESPINA LORENZANA *(dal 2014)*											**3**
	050013	*CRESPINA*	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	
	050018	*LORENZANA*	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	
	050014	FAUGLIA	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050015	GUARDISTALLO	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050016	LAJATICO	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050019	MONTECATINI VAL DI CECINA	n c		n c	n c		n c	n c	3	3	3	**3**
	050020	MONTESCUDAIO	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050021	MONTEVERDI MARITTIMO	n c		n c	n c		n c	n c	3	3	3	**3**
	050022	MONTOPOLI IN VAL D'ARNO	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050023	ORCIANO PISANO	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050024	PALAIA	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050025	PECCIOLI	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050026	PISA	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050027	POMARANCE	n c		n c	n c		n c	n c	3	3	3	**3**
	050028	PONSACCO	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050029	PONTEDERA	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050030	RIPARBELLA	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050031	SAN GIULIANO TERME	n c		n c	n c		n c	n c	3	3	3	**3**
	050032	SAN MINIATO	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050033	SANTA CROCE SULL'ARNO	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050034	SANTA LUCE	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050035	SANTA MARIA A MONTE	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050036	TERRICCIOLA	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050037	VECCHIANO	n c		n c	n c		n c	n c	3	3	3	**3**
	050038	VICOPISANO	n c		n c	n c		n c	2	2	3 S	3	**3**
	050039	VOLTERRA	n c		n c	n c		n c	n c	3	3	3	**3**

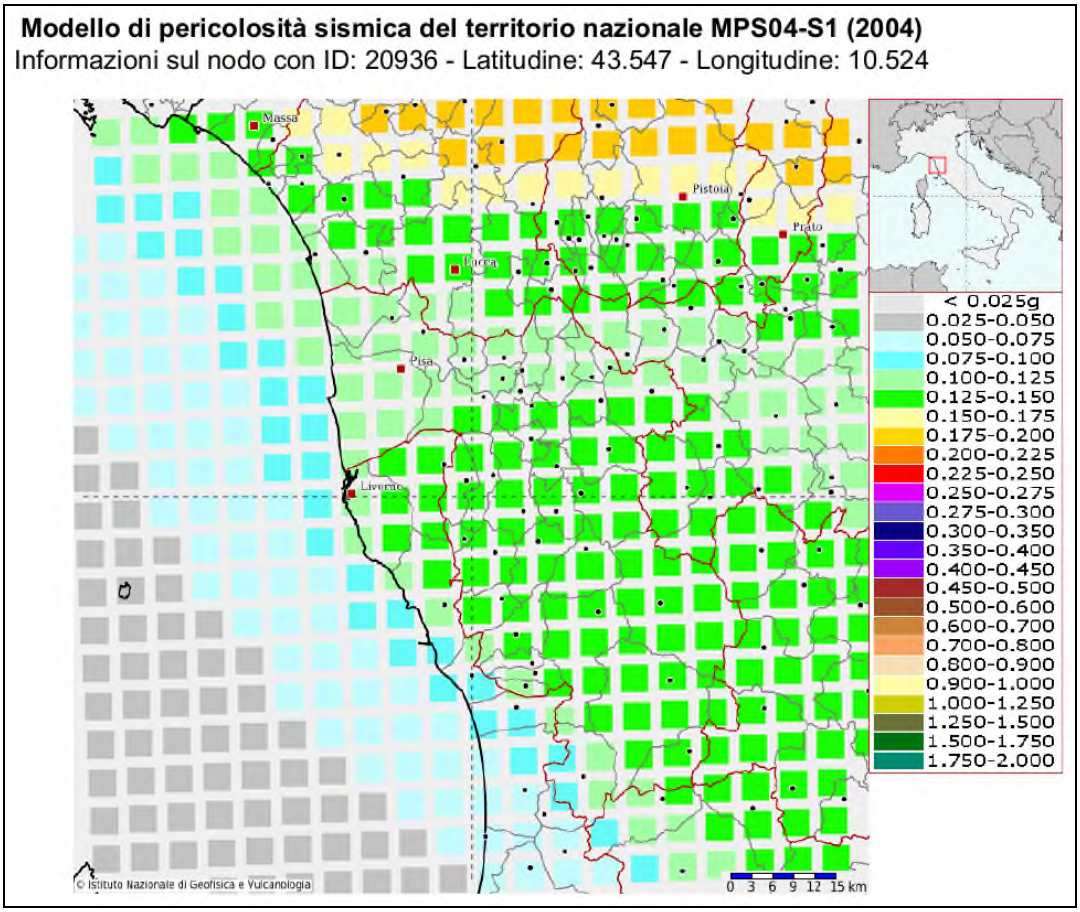
Per un maggiore dettaglio sulla sismicità di sito vengono inoltre proposti:

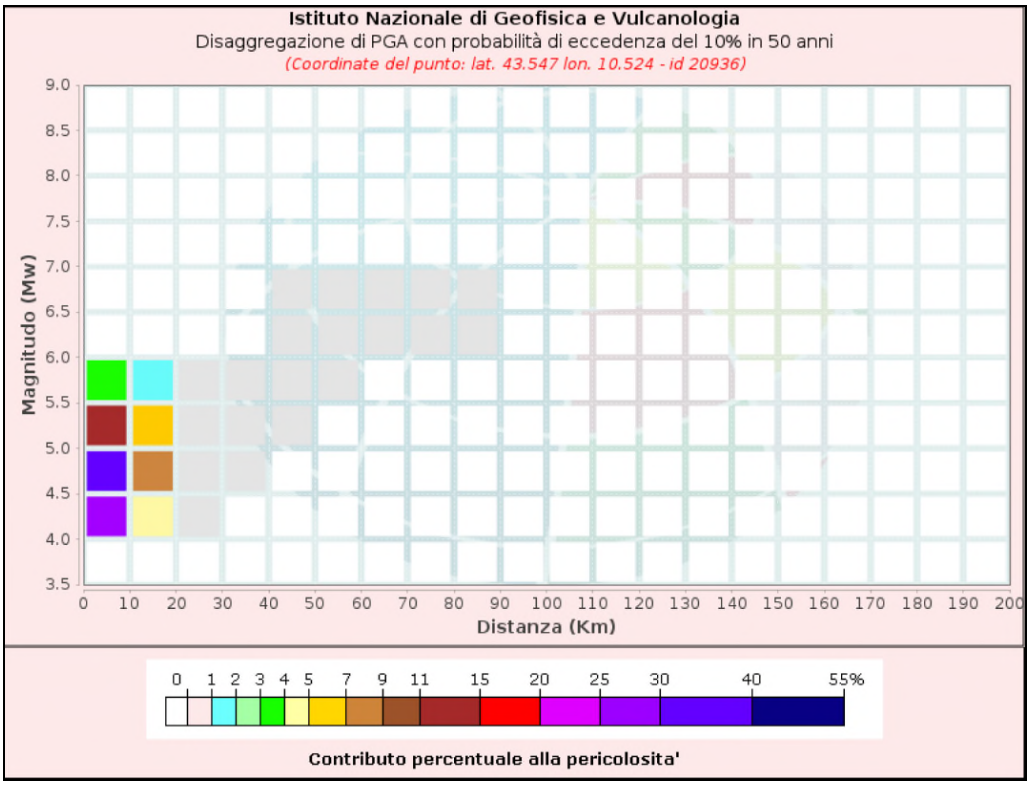
- **Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004).**

  La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante. Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 22491 (posto al centro della mappa) coincidente con il sito in oggetto. Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

- **Grafico di disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni**.

  Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.





Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza	Magnitudo									
in Km	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	26.3000	35.8000	12.6000	3.1400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	4.1700	8.8600	5.4000	1.8900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0263	0.4680	0.7180	0.3240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0011	0.0821	0.0777	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.0148	0.0051	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0070	0.0453	0.0122	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0238	0.0094	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0062	0.0049	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 4.77 ; distanza = 7.13 ; epsilon = 0.853

Considerazioni sulla determinazione della categoria sismica di suolo

Per la valutazione dell'effetto della risposta sismica locale, viste le caratteristiche geomorfologiche e litologiche del settore d'intervento, si è ritenuto sufficiente intraprendere il cosiddetto approccio semplificato (§3.2.2. - Aggiornamento 2018 delle Norme Tecnica sulle Costruzioni) basato sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio. Nella determinazione della categoria sismica di suolo si è fatto riferimento alla seguente relazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \qquad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;
$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N numero di strati;
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Le velocità sono state determinate con la realizzazione delle indagini sismiche descritte al precedente Capitolo 7 (**Allegato 1**). Nella fattispecie è emerso quanto di seguito:

- Assenza di un bedrock sismico nei primi 35÷40 metri dalla superficie e pertanto si è assunto $Vs_{eq}30 \neq Vs30$.
- Assenza di inversioni di velocità.
- Aumento progressivo della velocità con la profondità.

La **categoria sismica di suolo determinata è la C**, per velocità prossime a 247m/sec. nei 30 metri di profondità dalla superficie. Di seguito si riporta uno stralcio della Tabella 3.2.II delle NTC18 in cui sono elencate le categorie di sottosuolo per un approccio semplificato della risposta sismica locale.

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

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

6 - FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI

Le indagini geognostiche hanno confermato le classi di pericolosità indicate dal vigente P.S. comunale per il settore in oggetto (U.c. 4.2). Nella tabella seguente sono riportate le condizioni di fattibilità generiche alle trasformazioni previste:

PERICOLOSITÀ	***CLASSE***	***CLASSE DI FATTIBILITA'***
Geologica	G.2 *(pericolosità media)*	FG2 - Nelle aree caratterizzate da pericolosità geologica media (G2), le condizioni di attuazione 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
Sismica	S.3 *(pericolosità elevata)*	FS3 - Per le 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 tale analisi, alla realizzazione di interventi di riduzione della pericolosità sismica dei terreni (in conformità a NTC2018, punto 7.11.3.4).
Idraulica	P.2 *(pericolosità elevata)*	FI3 - Nelle aree caratterizzate da pericolosità per alluvioni frequenti e poco frequenti la fattibilità degli interventi è perseguita secondo quanto disposto dalla l.r. 41/2018, oltre a quanto già previsto dalla pianificazione di bacino. La fattibilità degli interventi è subordinata alla gestione del rischio di alluvioni rispetto allo scenario per alluvioni poco frequenti, con opere idrauliche, opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale, ai sensi dell'articolo 8, comma 1 della l.r. 41/2018.

Di seguito si riportano in dettaglio le prescrizioni e gli eventuali accorgimenti tecnico-costruttivi da adottare in fase esecutiva alla luce della fattibilità per ciascun intervento in progetto.

6.1 - Fattibilità nei confronti della pericolosità geologica

Le indagini realizzate in sito confermano la presenza di litologie superficiali dotate di caratteristiche geotecniche medio-basse per le quali in fase edificatoria sarà opportuno valutare la possibilità di realizzare fondazioni profonde su pali. La piezometrica presente a ridotta profondità dalla superficie morfologica potrebbe comunque condizionare la previsione di fondazioni superficiali. Tali condizionamenti valgono sia per il nuovo capannone che per la nuova tettoia, mentre le aree a parcheggio non necessitano di alcun accorgimento in merito.

6.2 - Fattibilità nei confronti della pericolosità sismica

L'associazione della pericolosità sismica elevata al solo rischio di liquefazione ci consente di escludere la necessità di intraprendere uno studio di Risposta Sismica Locale così come prescritto per gli interventi ricadenti in classe d'indagine 4 al punto 1.4 del D.P.G.R. n. 1/R del 2022. Come già indicato al Capitolo 5.1, per maggiori dettagli sulla possibilità di esclusione si rimanda alla

lettura della "*Procedura di utilizzo degli abachi litostratigrafici per la verifica della necessità di analisi RSL*" redatti a cura del Settore Sismica – Ufficio prevenzione Sismica della Regione Toscana. Rispetto al rischio di liquefazione dinamica delle terre è stata compiuta una verifica al fine di determinare l'effettiva suscettibilità al fenomeno da parte delle litologie fondali, costituenti il sottosuolo della resede del nuovo edificio. La prova penetrometrica statica realizzata in sito è stata presa a riferimento per la verifica del fenomeno. Il software impiegato per la verifica è **Liquiter 2023** di *Geostru Software* versione 2023.24.5.1068 con licenza intestata al sottoscritto. Nella scelta dei dati generali è stata valutata la possibilità di un evento sismico dotato di una magnitudo momento pari a 5.5, nonostante dalla disaggregazione calcolata il valore risultasse minore a 5, per una distanza epicentrale di 7.13 km dal settore d'intervento. I metodi utilizzati sono stati quelli di *Robertson & Wride* e dell'*Eurocodice 2008* per CPT, entrambi del 1998. Le disparità dei risultati dei due metodi lungo le verticali di infissione spinte fino a 15 metri e la risicata sicurezza calcolata con il metodo di Robertson & Wride confermano il potenziale rischio di liquefazione delle terre e dunque l'elevata classe di pericolosità sismica introdotta dal vigente S.U. comunale (Figura 4.2). Pertanto, sarà prescritta la realizzazione di fondazioni profonde su pali capaci di dissipare il fenomeno della liquefazione trasmettendo il carico di esercizio dell'immobile a litotipi più profondi non liquefacibili. Tale soluzione potrà garantire stabilità dell'edificio anche nei confronti dei potenziali cedimenti indotti dalle minori caratteristiche geotecniche dei litotipi più superficiali. La realizzazione di fondazioni su pali permetterà inoltre di escludere la necessità di approfondire il piano di posa di un'eventuale fondazione superficiale, escludendo il rischio di interferenza con la piezometrica. Infine, la fondazione su pali risulterà meglio compatibile con le necessità di messa in sicurezza dell'edificio nei confronti della pericolosità idraulica a cui il settore risulta esposto. Come nei confronti della pericolosità geologica, tali condizionamenti valgono sia per il nuovo capannone che per la nuova tettoia.

Come anticipato ai Capitoli 5.1 e 5.2, per il dimensionamento dei pali di fondazione la progettazione potrà avvalersi anche di un approfondimento della caratterizzazione geotecnica delle litologie, compiuto con l'esecuzione di nuove prove geotecniche di laboratorio realizzate su campioni rimaneggiati rappresentativi delle litologie suscettibili alla liquefazione (Litotipo B). Le prove hanno avuto lo scopo di fornire i valori della resistenza al taglio al raggiungimento del cosiddetto limite liquido dei provini, condizione approssimabile a quella di liquefazione della stessa litologia. Il confronto con i valori ottenuti dalle prove sui campioni indisturbati suggerisce l'affidabilità dell'approccio metodologico con cui si è provato a ricostruire la condizione di instabilità (liquefazione). Nello specifico le verifiche geotecniche dei pali in condizioni sismiche di liquefazione dei terreni potranno essere intraprese considerando i parametri caratteristici già riportati nella Tabella 2 del Capitolo 5.2, lasciando tuttavia al Progettista la facoltà di scelta.

6.3 - Fattibilità nei confronti della pericolosità idraulica

La particella di terreno interessata dall'intervento in progetto ricade interamente in un settore contraddistinto da pericolosità di alluvione poco frequente (pericolosità media - classe P2) riconosciuta nelle mappe del vigente P.G.R.A. del Distretto Appennino Settentrionale e nello stesso P.O. comunale; pertanto, la fattibilità di quanto in progetto risulta condizionata (**classe F.I.3**) nei confronti della pericolosità idraulica**.** In particolare, la realizzazione del nuovo capannone artigianale e della tettoia dovrà attenersi a quanto descritto nell'articolo 11 della L.R. n. 41 del 2018 riguardante «*Interventi di nuova costruzione in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti*», ricordando che la tettoia, trattandosi di struttura interamente non tamponata, non costituisce ostacolo al deflusso delle acque, non sottraendo volume di laminazione e non aggravando le condizioni di rischio in altre aree; mentre per le aree a parcheggio circostanti sarà opportuno fare riferimento all'articolo 13 «*Infrastrutture lineari o a rete*» della stessa legge regionale per il quale la fattibilità è condizionata dal non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, dal non superato del rischio medio R2 e dalla previsione delle misure preventive atte a regolare l'utilizzo del parcheggio in caso di eventi alluvionali.

Cecina (LI), 25 Marzo 2025

Dott. Geol. Lorenzo Ciulli

Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591

11 - NOTE BIBLIOGRAFICHE

Albarello D. (2013). Sismica passiva con tecniche a stazione singola e antenna. Seminario ODG – Vicenza.

Facciorusso J. Et al. (2013). Confronto fra metodi semplificati di stima del rischio di liquefazione da prove CPT e CPTU. Università degli studi di Firenze, Facoltà di Ingegneria – Sezione geotecnica.

Dal Moro G. (2012). Onde di superficie in geofisica applicata. Dario Flaccovio editore.

Barsanti P. & Civelli C. (2010). Modellazione sismica e stabilità alla liquefazione. Quaderno 7 - Linee guida NTC08. Commissione Interregionale Ordine dei Geologi del Gennaio 2011.

Dal Moro G. (2008). Tre divagazioni: il mito dell'inversione, MASW in Friuli, esempi di applicazione congiunta MASW-rifrazione. Presentazione ad invito per la Giornata di studio "Monitoraggio Dinamico per la Valutazione della Sicurezza Sismica dei Ponti", Centro Internazionale di Scienze Meccaniche (CISM), Udine, 18 aprile 2007.

Monaco S. G. (2008). "Liquefazione dei terreni in condizioni sismiche, metodi di calcolo del rischio liquefazione e comparazione con le norme O.P.C.M. del 20/03/2003 e D.M. 14/01/08 (NTC)". EPC Libri.

Fabbri M. et al. (2007). Interpretazione dei parametri geotecnici di laboratorio. Di Virgilio Editore.

Baldi A. M. et al. "Correlazione tra i valori della Vp e quelli della permeabilità idraulica, definita in avanzamento su sondaggi geognostici, in rocce vulcaniche effusive".

Barton N. (2007). "Rock quality, seismic velocity, attenuation and anisotropy".

Dal Moro G. & Gabrielli P., Presentazioni Power Point sull'analisi delle onde superficiali e il software winMASW presentate al GEOFLUID2006, Piacenza, 4-7 Ottobre 2006.

Corrao M. & Coco G. (2006). "Geofisica applicata: elementi di geosismica e geoelettrica". Palermo, Ed. Dario Flaccovio.

Andrus R.D. & Stokoe K. H. (1997), II. "liquefaction Resistance Based on Shear Wave Velocity". Procedings, NCEER Workshop on Evolution of Liquefaction Resistence of Soil, T.Y. Youd and I.M. Idriss, Eds., Buffalo, NY.

Johnson R. B. & DeGraff J. V. (1988). "Principles of engineering Geology". Ed. J. Wiley & Sons.

Iwasaki T., Tatsuoka F., Tokida K., Watanabe S., Yasuda S., Sato H. (1982). "Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods", III Int. Conf. on Microzon., San Francisco.

Youd T.L. & Perkins M.D. (1978). "Mapping liquefaction – induced ground failure potential". J. GED, ASCE, vol. 104, GT 4.

Schmertmann, J.H., Hartmann, J.P. and Brown, P.R. (1978). "Improved strain influence factor diagrams". ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division, 104 (GT8), 1131-1135.

Associazione Geotecnica Italiana (1977). "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".

Duncan J. M. and Buchignani, A. L. (1976). "An engineering manual for settlement studies". Geotechnical Engineering Report, University of California, Berkeley.

Mitchell, J. and Gardner W. (1975), "In Situ Measurement of Volume Change Characteristics". Proceedings, In Situ Measurement of Soil Properties, Volume II, Raleigh, NC, ASCE, pp 279-345.

Ricceri, G., and Butterfield, R. (1974). "An analysis of compressibility data from a deep borehole in Venice". Geotechnique, v. 24, no. 2, London, pp. 175-192.

Sanglerat, G. (1972). "The penetrometer and soil exploration". Elsevier, Amsterdam, 464 pp.

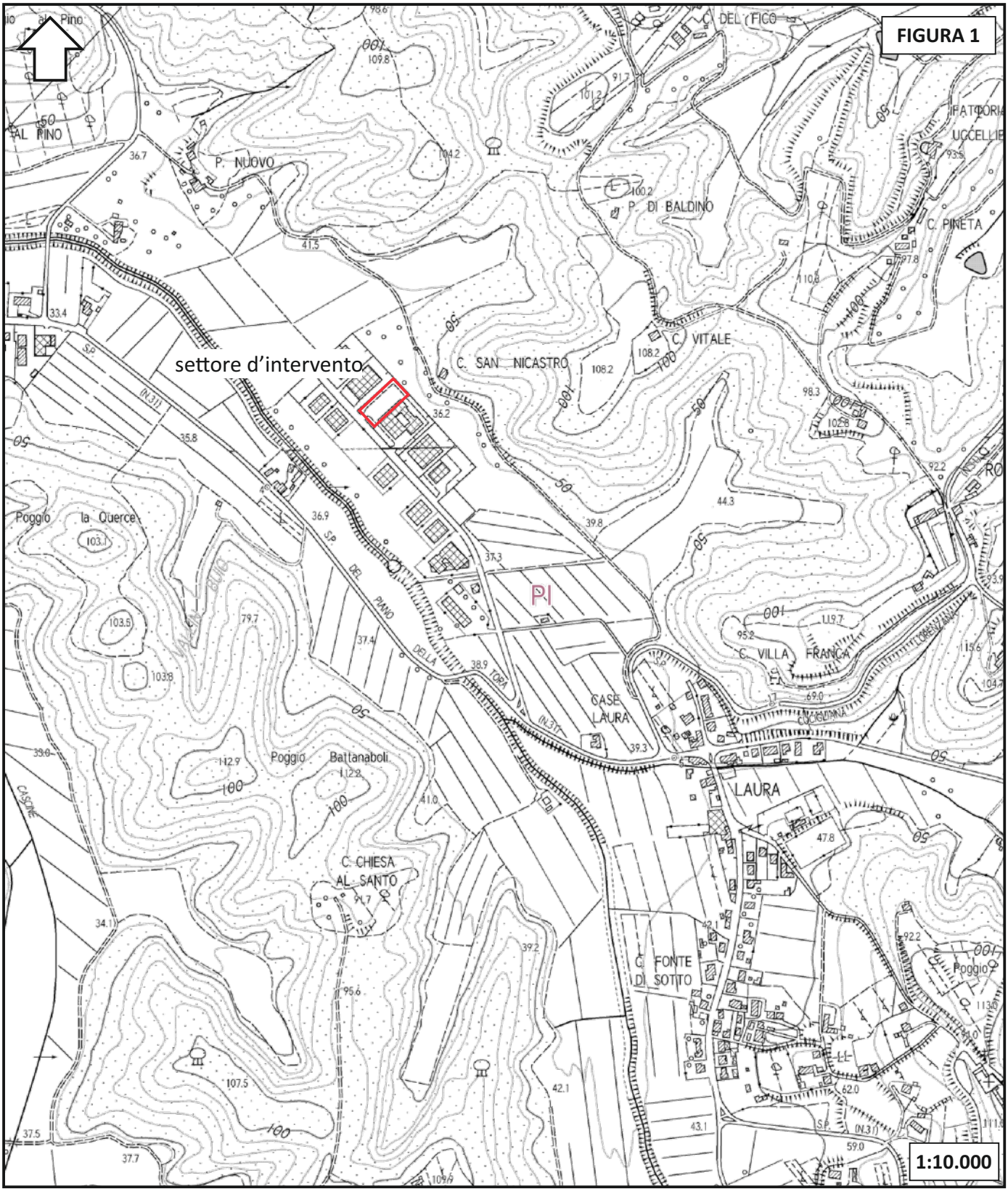
Proceedings of the 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, ICSMFE, Montreal, September 8 - 15, Vol. 2, pp. 17 - 20.

Terzaghi Karl (1943). "Theoretical Soil Mechanics". Ed. John Wiley and Sons, Inc. NY.

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

VARIANTE AL VIGENTE P.O.C. CONTESTUALE AL PROGETTO DI AMPLIAMENTO E SVILUPPO DEL COMPLESSO PRODUTTIVO «CEREIRIA GRAZIANI»

Via Karol Wojtyla n. 6 - Zona industriale Pian di Laura - Comune di Crespina e Lorenzana (PI)
Committenza: Graziani s.r.l.

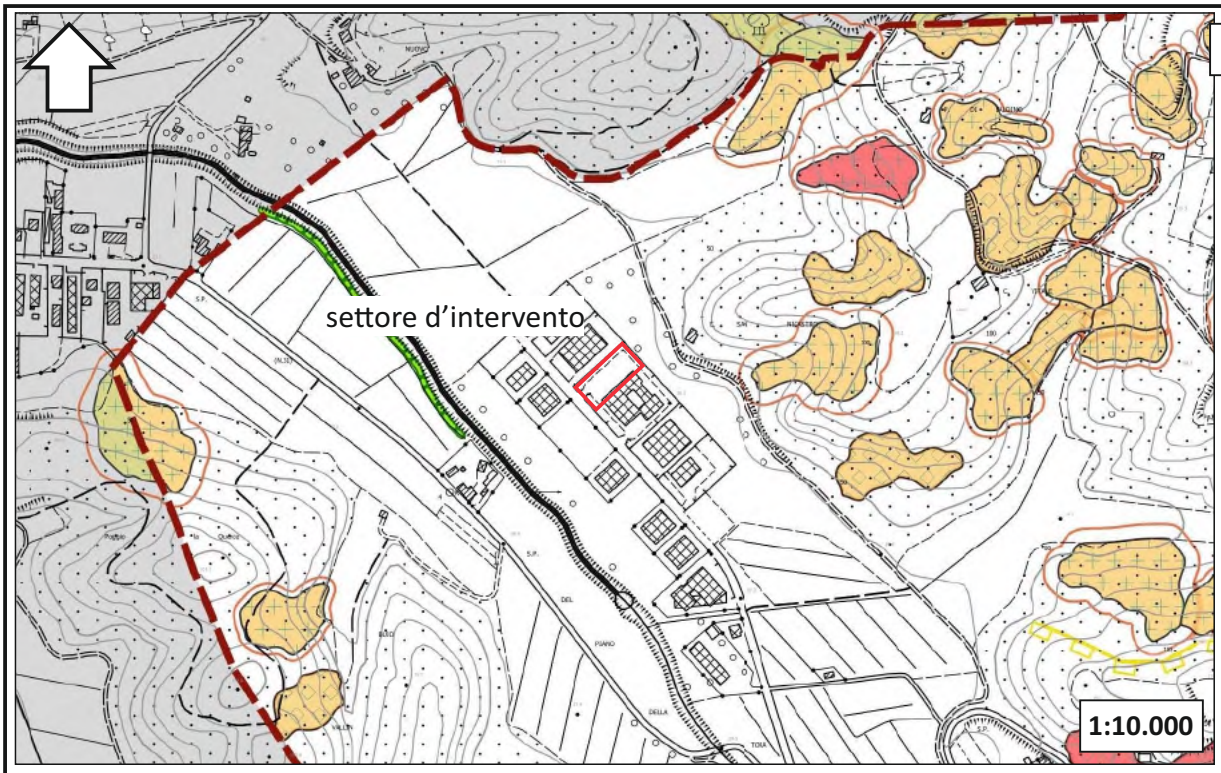


INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO DELLA ZONA
(stralcio della carta tecnica regionale con scala 1:10.000 - Elementi 284030_070)

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

VARIANTE AL VIGENTE P.O.C. CONTESTUALE AL PROGETTO DI AMPLIAMENTO E SVILUPPO DEL COMPLESSO PRODUTTIVO «CERERIA GRAZIANI»
Via Karol Wojtyla n. 6 - Zona industriale Pian di Laura - Comune di Crespina e Lorenzana (PI)
Committenza: Graziani s.r.l.

FIGURA 2

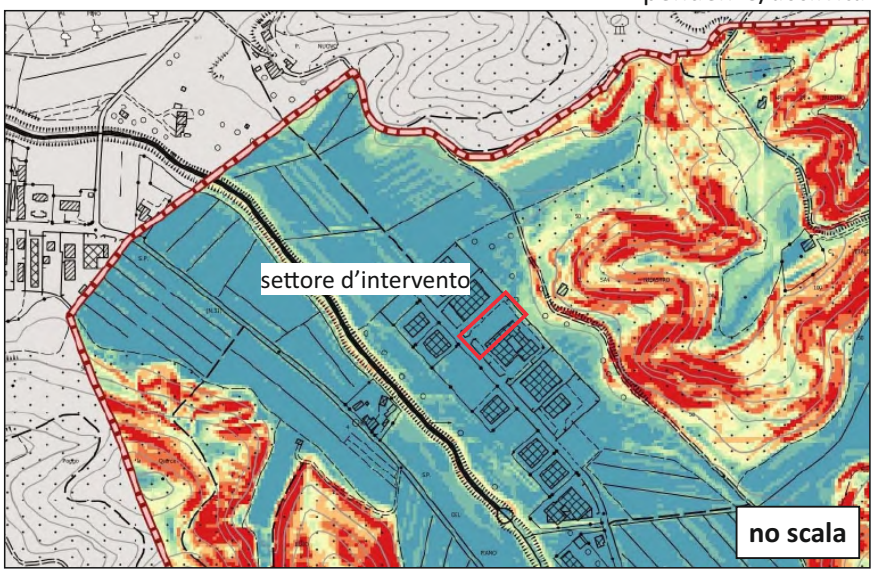


geomorfologia

Forme di versante

- Aree potenzialmente instabili per deformazioni superficiali
- Franosità diffusa e franosità superficiale attiva
- Frane di scivolamento e colata lenta – inattive potenzialmente instabili
- Frane di scivolamento e colata lenta - attive
- Zone di influenza dei fenomeni di dissesto
- Depositi alluvionali terrazzati
- Depositi eluvio-colluviali

pendenze/acclività

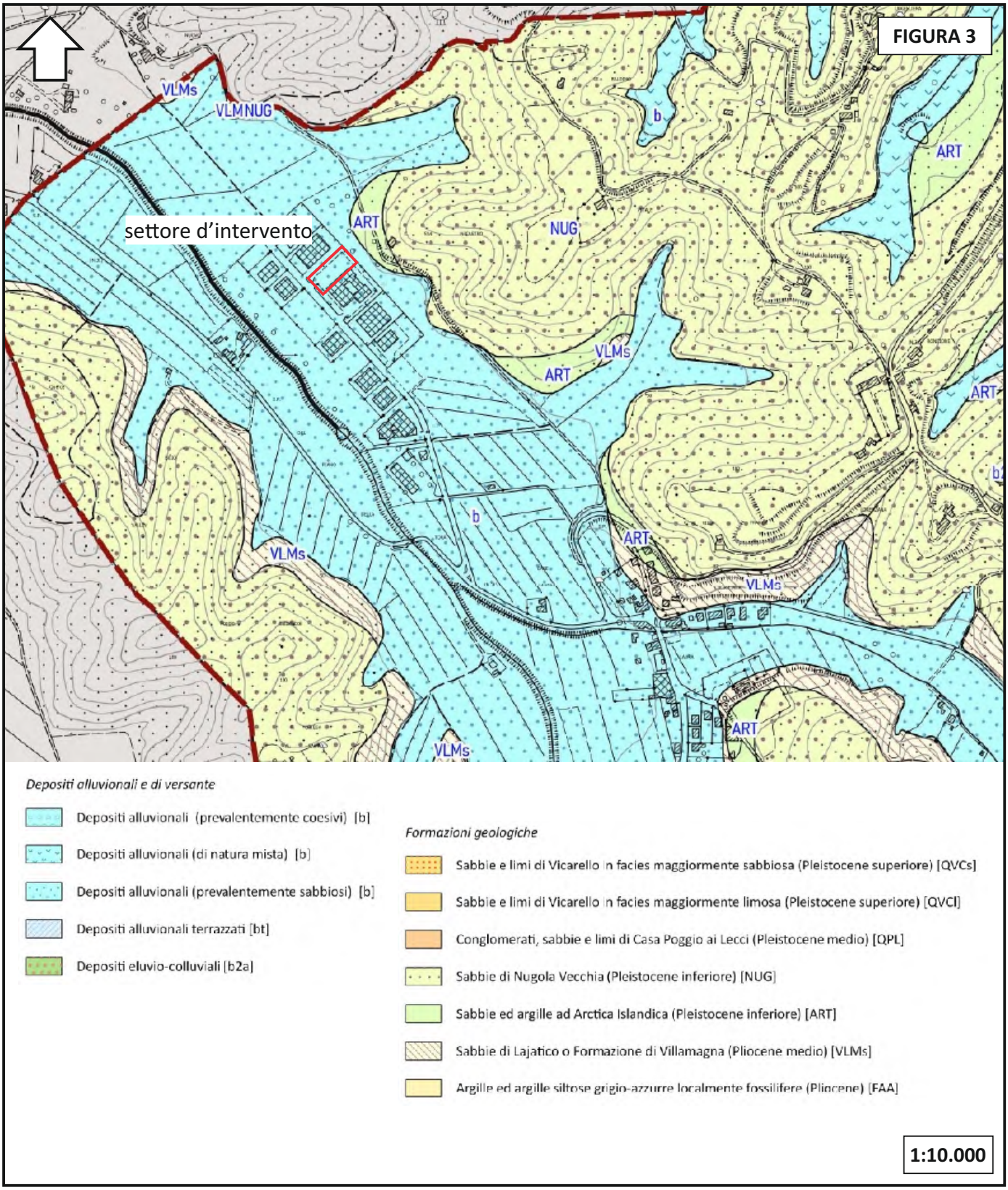


ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELLA ZONA
(stralcio della carta geomorfologica e delle pendenze di supporto al vigente S.U. comunale - Tavole QG_I_2b - QG_I_4b)

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

VARIANTE AL VIGENTE P.O.C. CONTESTUALE AL PROGETTO DI AMPLIAMENTO E SVILUPPO DEL COMPLESSO PRODUTTIVO «CERERIA GRAZIANI»
Via Karol Wojtyla n. 6 - Zona industriale Pian di Laura - Comune di Crespina e Lorenzana (PI)
Committenza: Graziani s.r.l.

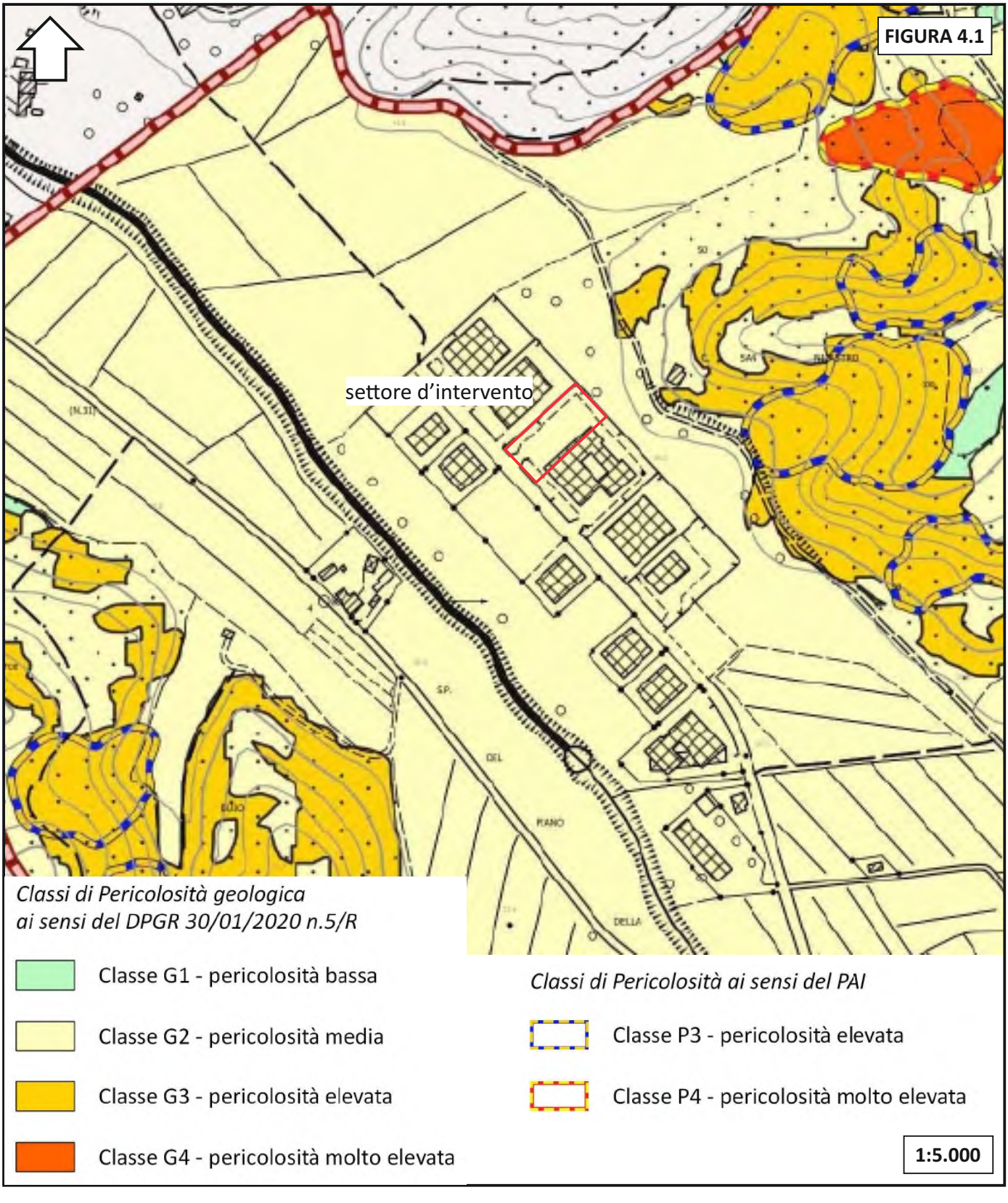
FIGURA 3



ASSETTO GEOLOGICO DI SUPERFICIE DELLA ZONA
(stralcio della carta geologica di supporto al vigente S.U. comunale - Tavole QG_I_1b)

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

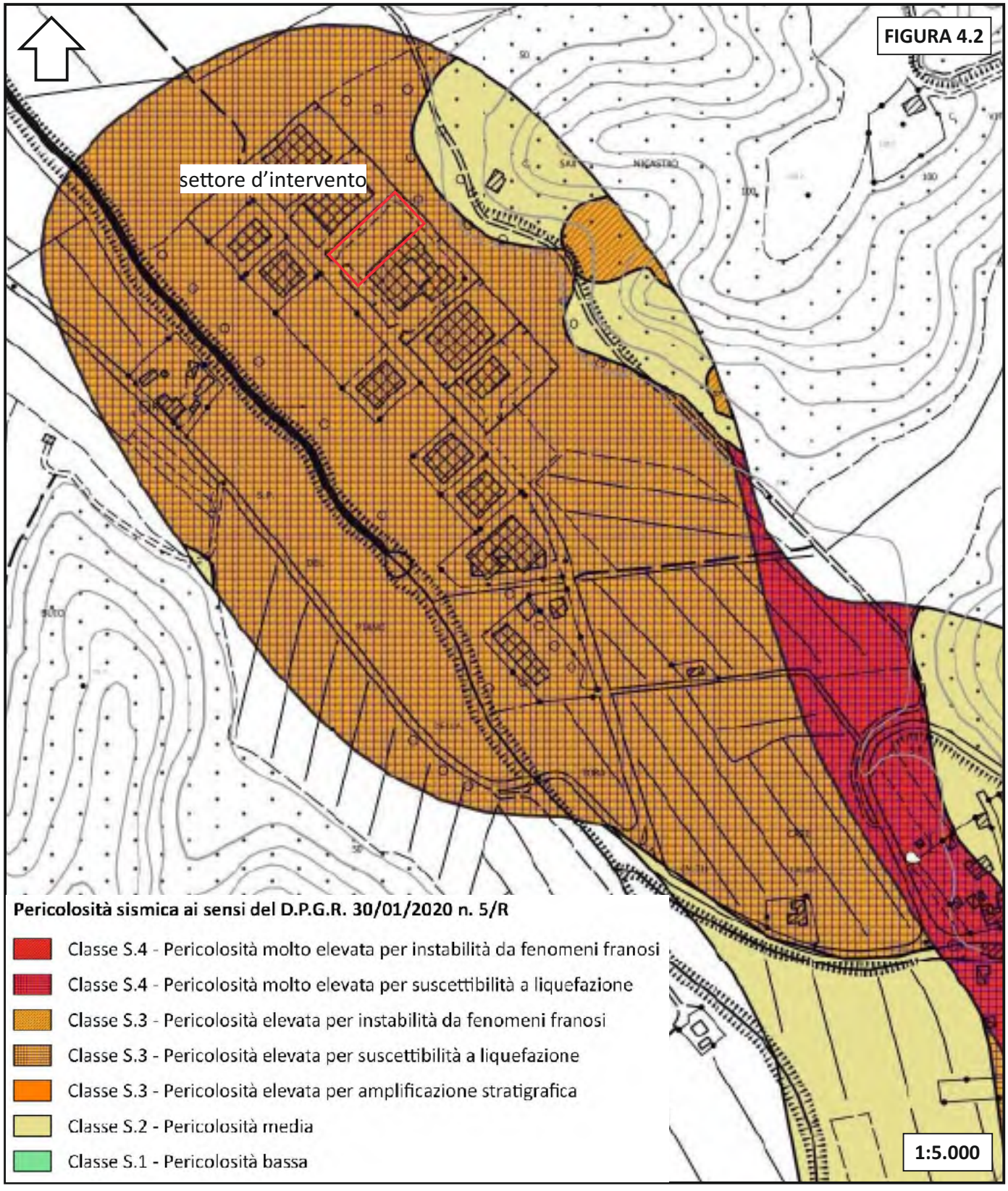
VARIANTE AL VIGENTE P.O.C. CONTESTUALE AL PROGETTO DI AMPLIAMENTO E SVILUPPO DEL COMPLESSO PRODUTTIVO «CERERIA GRAZIANI»
Via Karol Wojtyla n. 6 - Zona industriale Pian di Laura - Comune di Crespina e Lorenzana (PI)
Committenza: Graziani s.r.l.



CRITICITA' E VINCOLISTICA DELLA ZONA
(stralcio della carta della pericolosità geologica di supporto al vigente S.U. comunale - Tavole QG_I_5b)

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

VARIANTE AL VIGENTE P.O.C. CONTESTUALE AL PROGETTO DI AMPLIAMENTO E SVILUPPO DEL COMPLESSO PRODUTTIVO «CERERIA GRAZIANI»
Via Karol Wojtyla n. 6 - Zona industriale Pian di Laura - Comune di Crespina e Lorenzana (PI)
Committenza: Graziani s.r.l.



CRITICITA' E VINCOLISTICA DELLA ZONA
(stralcio della carta della pericolosità sismica di supporto al vigente S.U. comunale - Tavole QG_I_6)

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

VARIANTE AL VIGENTE P.O.C. CONTESTUALE AL PROGETTO DI AMPLIAMENTO E SVILUPPO DEL COMPLESSO PRODUTTIVO «CERERIA GRAZIANI»

Via Karol Wojtyla n. 6 - Zona industriale Pian di Laura - Comune di Crespina e Lorenzana (PI)

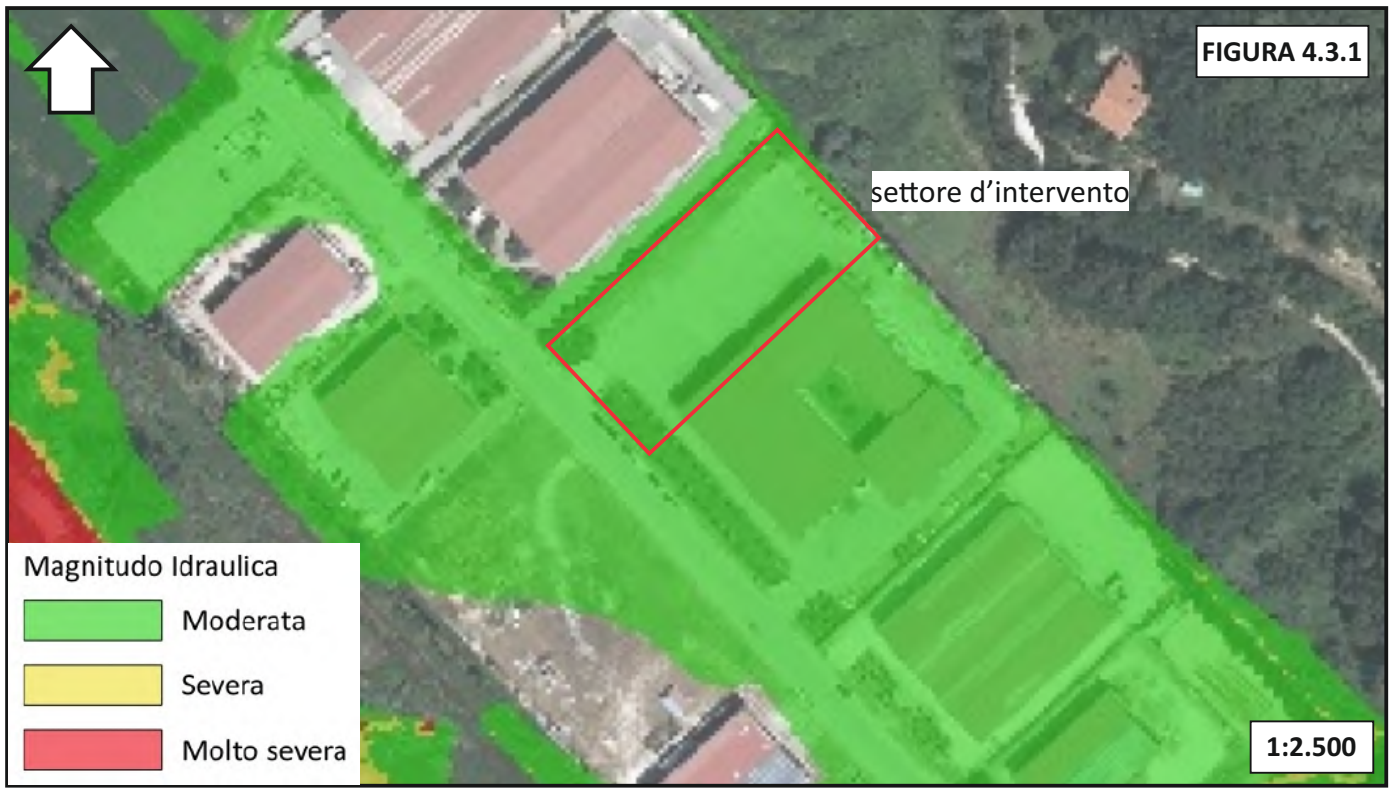
Committenza: Graziani s.r.l.

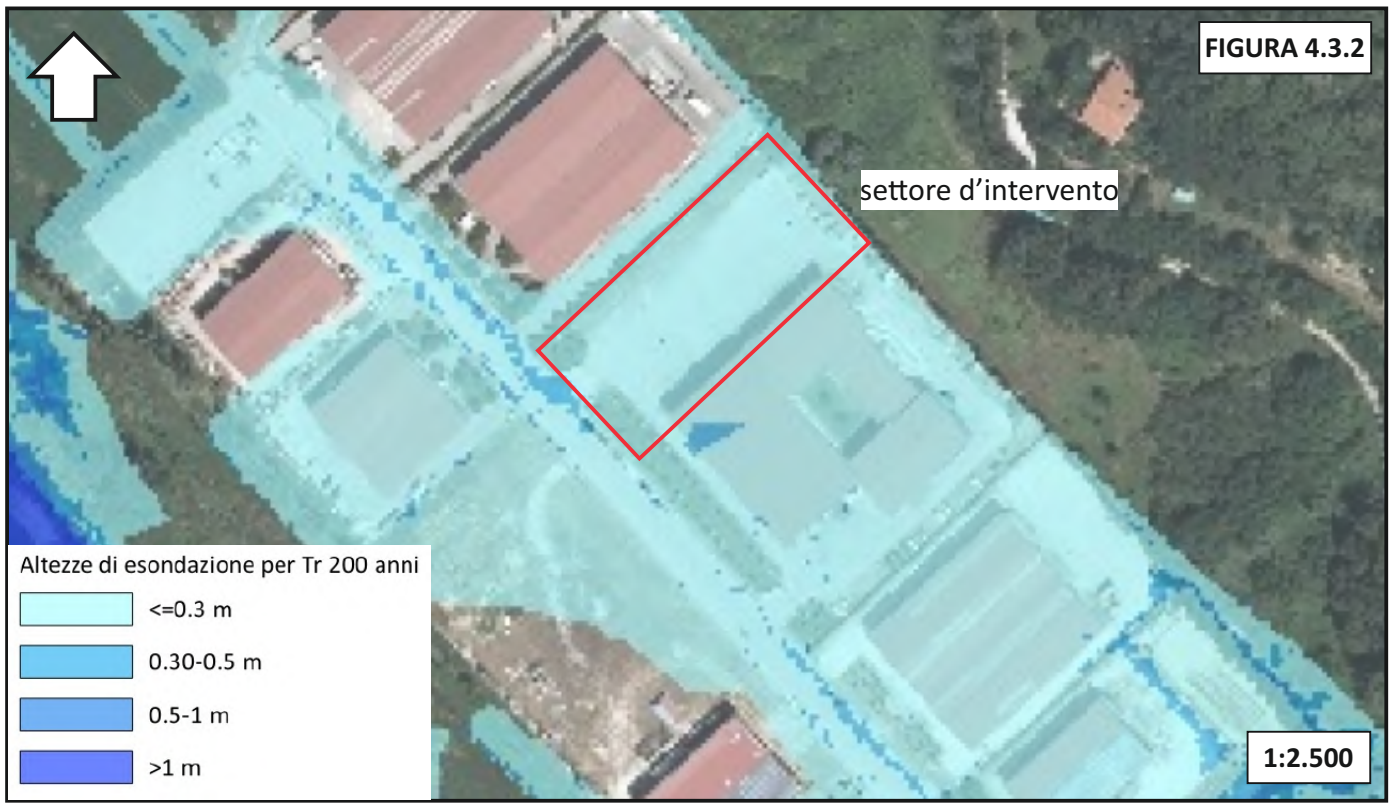
CRITICITA' E VINCOLISTICA DELLA ZONA

(stralcio della carta della pericolosità idraulica di supporto al vigente S.U. comunale - Tavole QG_III_8b)

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

VARIANTE AL VIGENTE P.O.C. CONTESTUALE AL PROGETTO DI AMPLIAMENTO E SVILUPPO DEL COMPLESSO PRODUTTIVO «CERERIA GRAZIANI»
Via Karol Wojtyla n. 6 - Zona industriale Pian di Laura - Comune di Crespina e Lorenzana (PI)
Committenza: Graziani s.r.l.





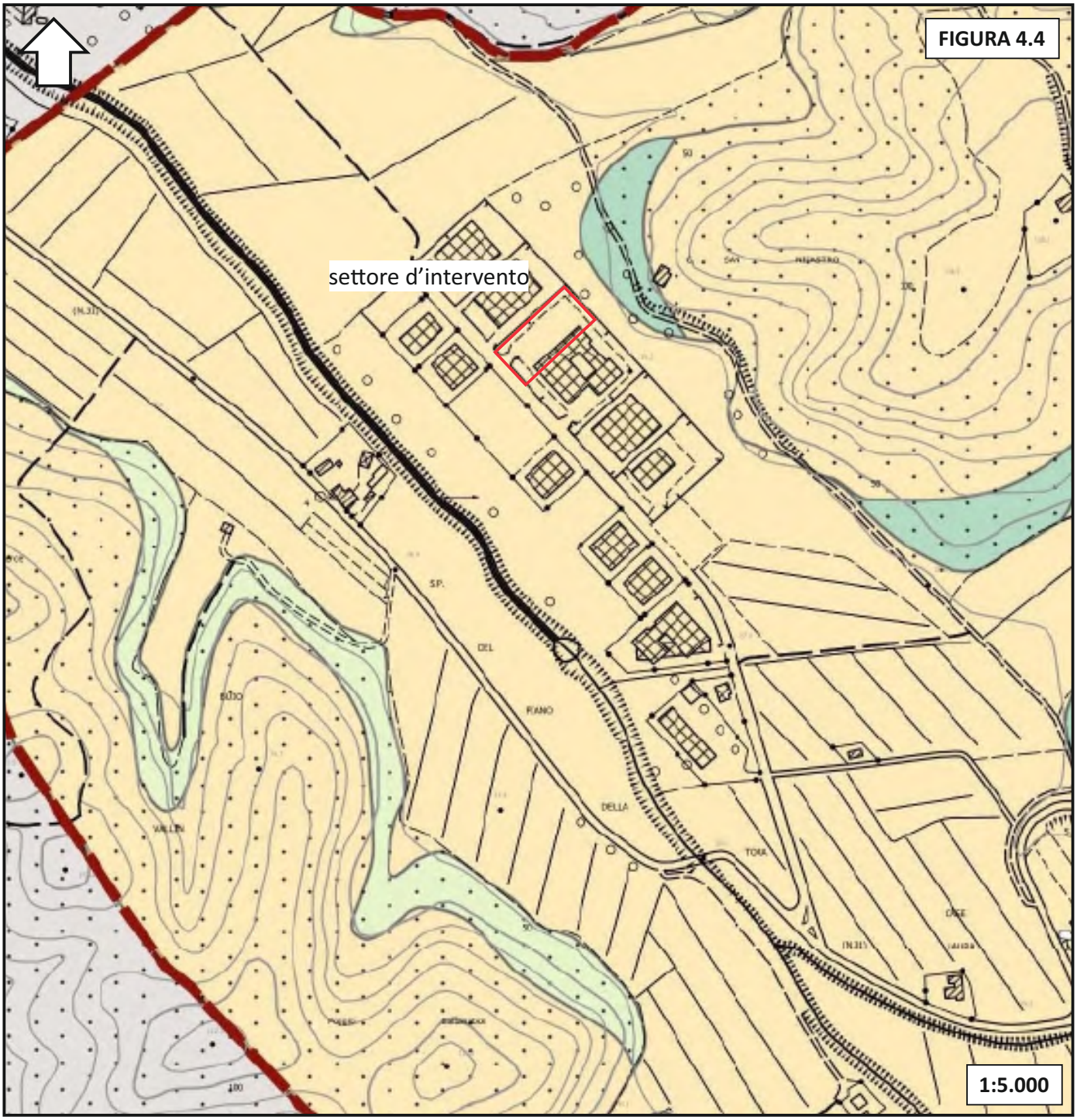
CRITICITA' E VINCOLISTICA DELLA ZONA
(stralcio della carta della magnitudo idraulica e dei battenti duecentennali di supporto al vigente S.U. comunale - Tavole QG_III_5b -)

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

VARIANTE AL VIGENTE P.O.C. CONTESTUALE AL PROGETTO DI AMPLIAMENTO E SVILUPPO DEL COMPLESSO PRODUTTIVO «CERERIA GRAZIANI»

Via Karol Wojtyla n. 6 - Zona industriale Pian di Laura - Comune di Crespina e Lorenzana (PI)

Committenza: Graziani s.r.l.

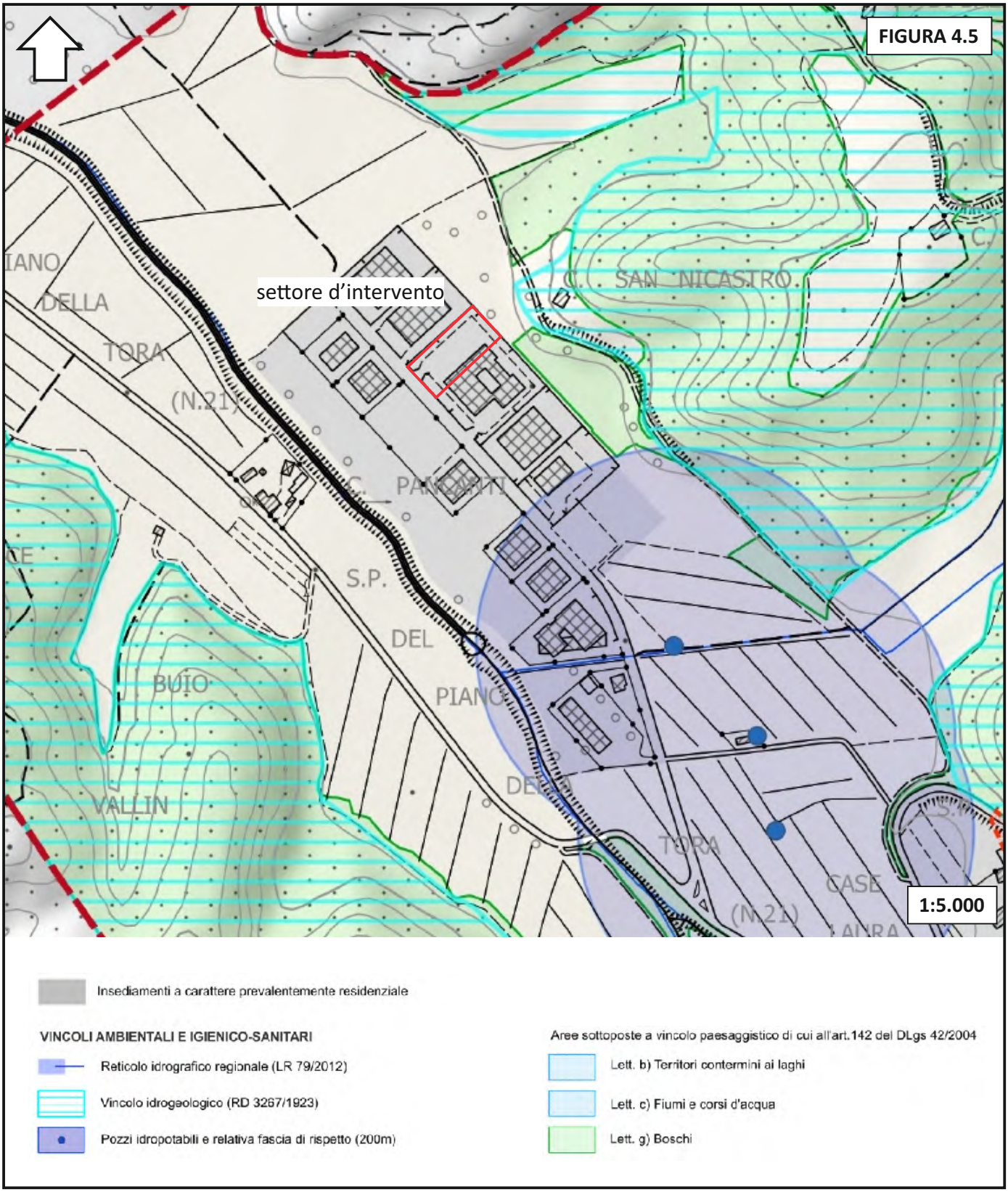


CRITICITA' E VINCOLISTICA DELLA ZONA

(stralcio della carta della vulnerabilità idrogeologica di supporto al vigente S.U. comunale - Tavole QG_I_7b)

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

VARIANTE AL VIGENTE P.O.C. CONTESTUALE AL PROGETTO DI AMPLIAMENTO E SVILUPPO DEL COMPLESSO PRODUTTIVO «CEREERIA GRAZIANI»
Via Karol Wojtyla n. 6 - Zona industriale Pian di Laura - Comune di Crespina e Lorenzana (PI)
Committenza: Graziani s.r.l.



CRITICITA' E VINCOLISTICA DELLA ZONA
(stralcio della carta dei vincoli di supporto al vigente S.U. comunale - Tavole QG_I_3b_vincoli_bis_2)

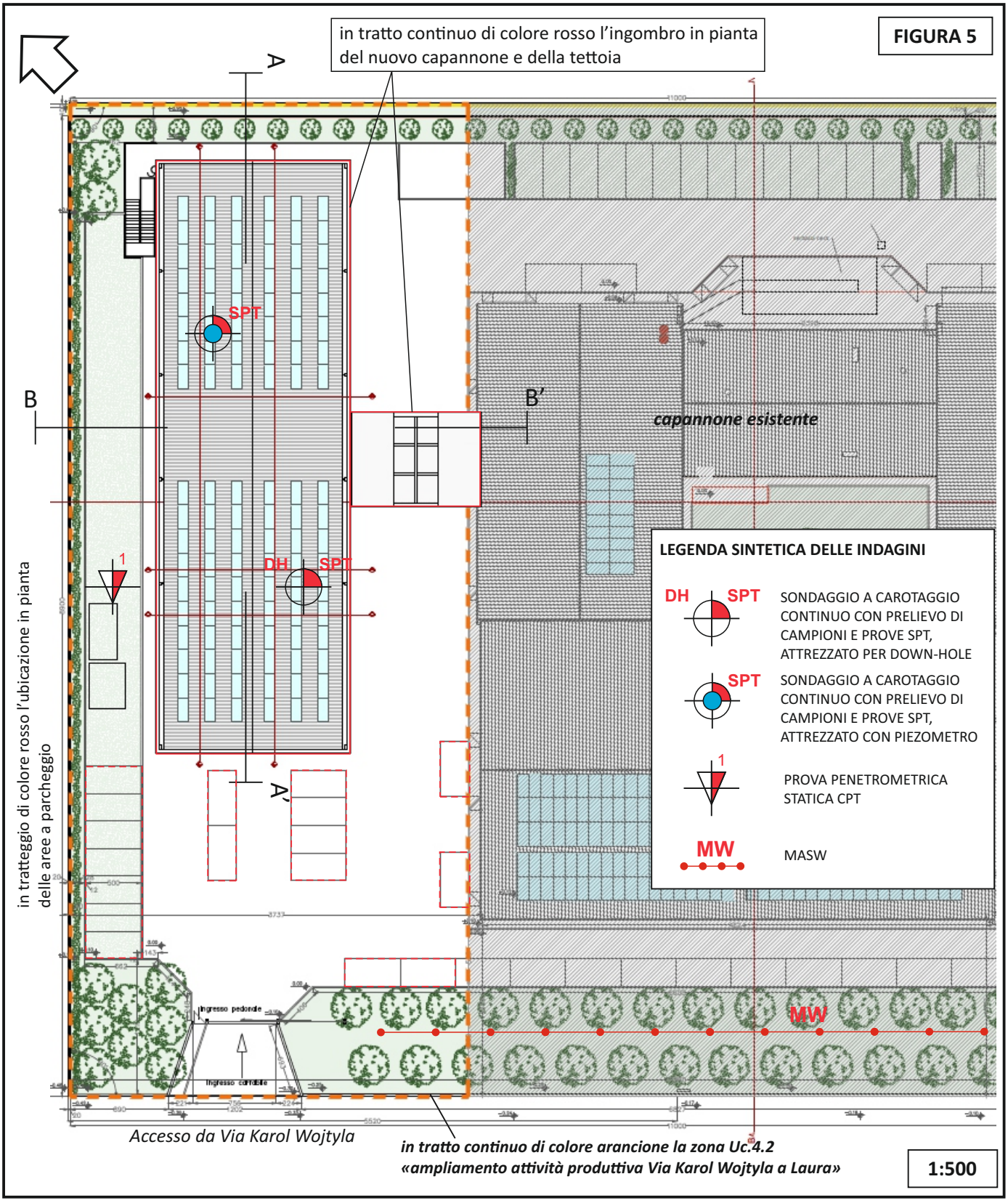
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

VARIANTE AL VIGENTE P.O.C. CONTESTUALE AL PROGETTO DI AMPLIAMENTO E SVILUPPO DEL COMPLESSO PRODUTTIVO «CERERIA GRAZIANI»

Via Karol Wojtyla n. 6 - Zona industriale Pian di Laura - Comune di Crespina e Lorenzana (PI)

Committenza: Graziani s.r.l.

FIGURA 5



UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE REALIZZATE IN SITO

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

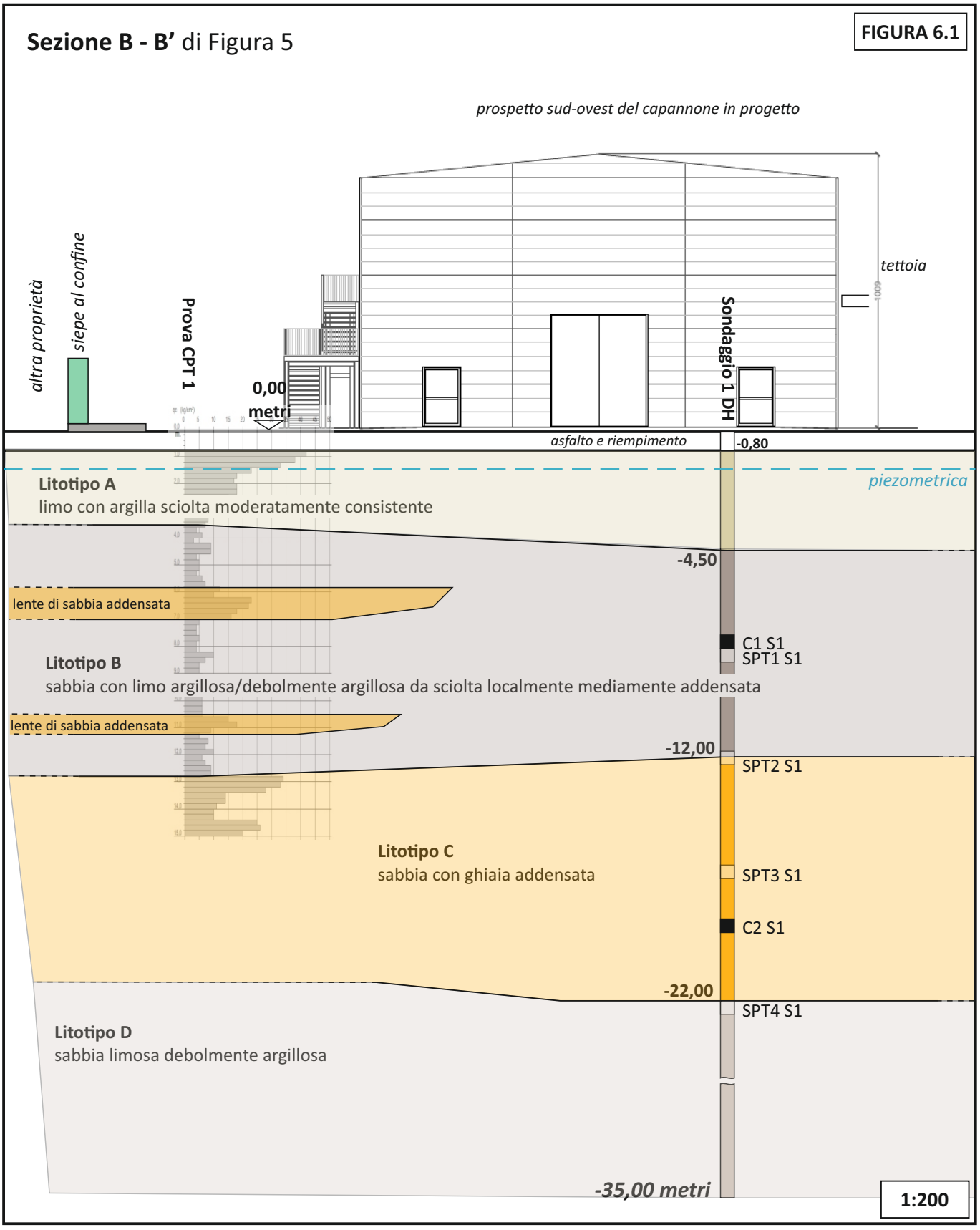
VARIANTE AL VIGENTE P.O.C. CONTESTUALE AL PROGETTO DI AMPLIAMENTO E SVILUPPO DEL COMPLESSO PRODUTTIVO «CERERIA GRAZIANI»

Via Karol Wojtyla n. 6 - Zona industriale Pian di Laura - Comune di Crespina e Lorenzana (PI)

Committenza: Graziani s.r.l.

Sezione B - B' di Figura 5

FIGURA 6.1



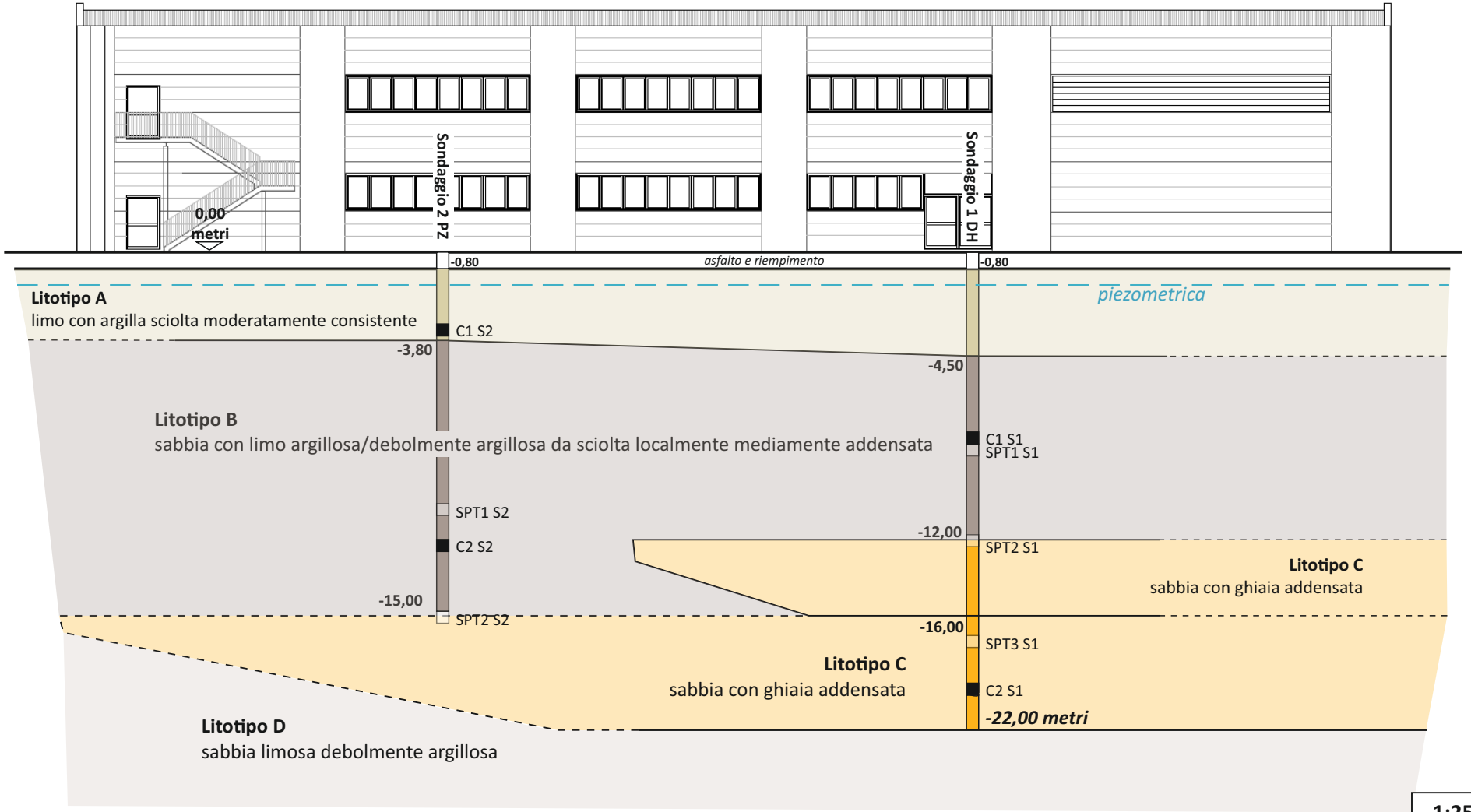
SEZIONE LITOLOGICO-TECNICA DI DETTAGLIO

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

Sezione A - A' di Figura 5

prospetto nord- ovest del capannone in progetto

FIGURA 6.2



1:250

SEZIONE LITOLOGICO-TECNICA DI DETTAGLIO

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

REALIZZAZIONE DI UN NUOVO CAPANNONE ARTIGIANALE

Via Karol Wojtyla n. 6 - Zona industriale Pian di Laura - Comune di Crespina e Lorenzana (PI)

Committenza: Graziani s.r.l.

ALLEGATO 1

Sondaggio DH

Sondaggio PZ

SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO (nelle foto ridotte alcuni dettagli sulle caratteristiche sedimentologiche dei depositi attraversati dalle perforazioni).

Autorizzazione del *Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*
Settore A – Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

LABOTER Srl
Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

Committente :	**Graziani srl**
Cantiere :	**Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)**
Verbale Accettazione n° :	**448 del 22/09/2023**
Data Certificazione :	**06/11/2023**
Campioni n°:	**4**
Certificati da n° a n° :	**05407 a 05426**

LABORATORIO GEOTECNICO
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI DECR. N° 2436
LABOTER - PISTOIA

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	Graziani srl	
RIFERIMENTO:	Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)	
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 7.5-8.0

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	26,6	%
Peso di volume	19,5	kN/m³
Peso di volume secco	15,4	kN/m³
Peso di volume saturo	19,5	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	0,721	
Porosità	41,9	%
Grado di saturazione	99,8	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	49,7	%
Limo	37,0	%
Argilla	13,3	%
D 10	0,000902	mm
D 50	0,058444	mm
D 60	0,140469	mm
D 90	0,467734	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	85,9	%
Passante set. 200	53,1	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	14,9	kPa
ϕ'	28,8	°
c'_{Res}		kPa
ϕ'_{Res}		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

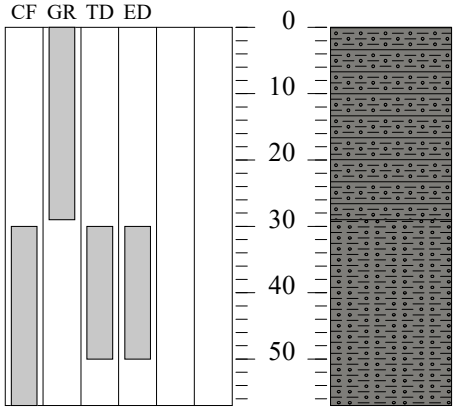
PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	2299	0,000329	1,40E-08
49,2 ÷ 98,4	2681	0,000497	1,82E-08
98,4 ÷ 196,8	4364	0,000945	2,12E-08
196,8 ÷ 393,6	6198	0,001111	1,76E-08
393,6 ÷ 787,2	9743	0,001412	1,42E-08
787,2 ÷ 1574,4	19655	0,001514	7,55E-09

FOTOGRAFIA

OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5



cm	Rp kPa	VT kPa	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
			Sabbia con limo argillosa
29	25		Limo sabbioso MUNSELL SOIL COLOR: 10Y 6/1 Greenish gray Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test < 24.5 kPa molto molle 24.5 - 49.1 kPa molle 49.1 - 98.1 kPa plastico 98.1 - 196.2 kPa consistente 196.2 - 392.4 kPa molto consistente
57	25		>392,4 kPa duro
	25		

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05407 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	16/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	17/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 7.5-8.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 26,6 %

Struttura del materiale:

- ☐ Omogeneo
- ◉ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05408	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	16/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	16/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 7.5-8.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 19,5 kN/m³

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05409 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	18/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	21/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

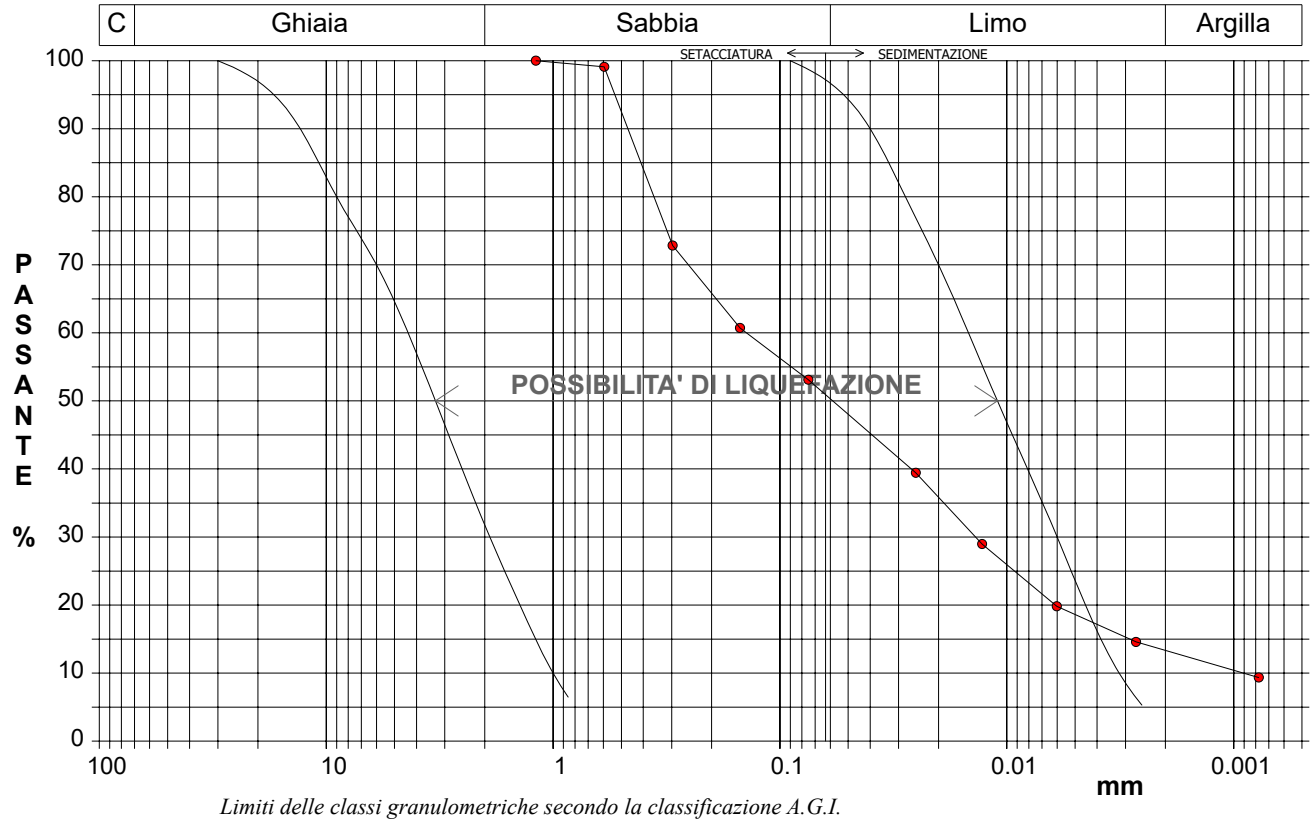
RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 7.5-8.0

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D_{10}	0,00090 mm
Sabbia	49,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	85,9 %	D_{30}	0,01372 mm
Limo	37,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	53,1 %	D_{50}	0,05844 mm
Argilla	13,3 %			D_{60}	0,14047 mm
Coefficiente di uniformità	155,65	Coefficiente di curvatura	1,48	D_{90}	0,46773 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
1,1900	100,00	0,0252	39,44						
0,5950	99,09	0,0128	28,98						
0,2970	72,84	0,0060	19,82						
0,1500	60,72	0,0027	14,59					Setacci	4
0,0750	53,13	0,0008	9,36					Punti sediment.	5

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Chiara Colarusso

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05410 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	17/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	31/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 7.5-8.0

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	19,92
Umidità (%)	25,8
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	15,78
Indice dei vuoti	0,67
Porosità (%)	40,19
Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

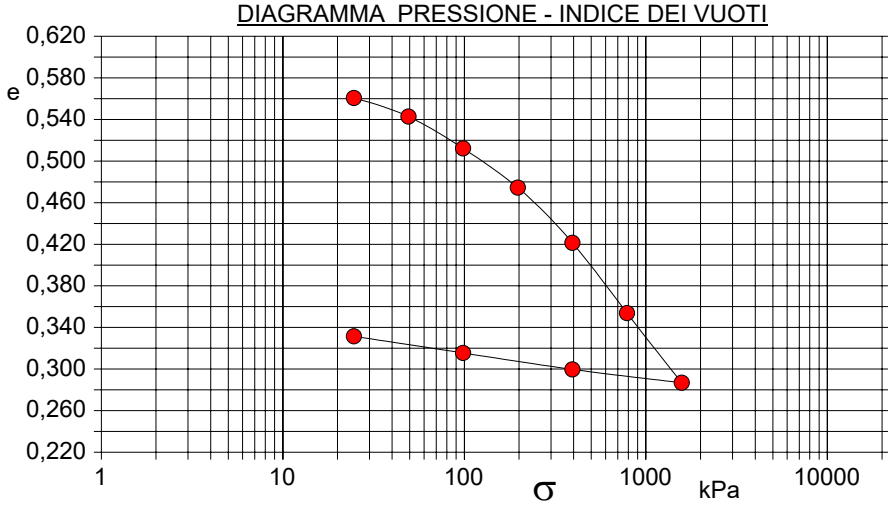
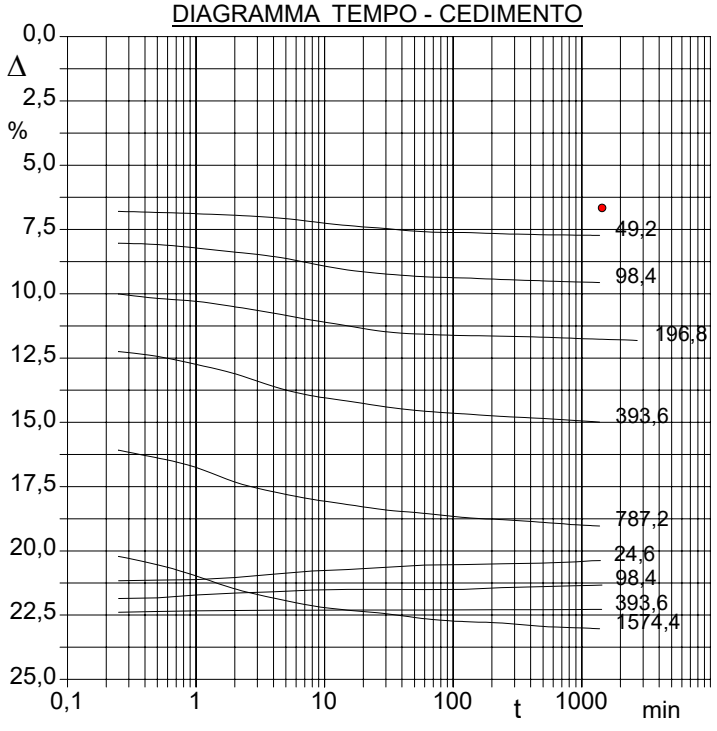
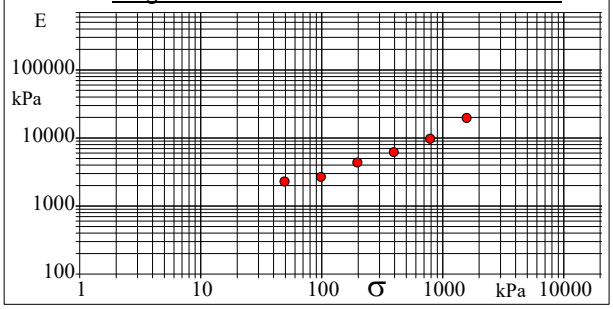


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,6	133,2	0,561				
49,2	154,6	0,543	0,059	2299	0,000329	1,40E-08
98,4	191,3	0,512	0,102	2681	0,000497	1,82E-08
196,8	236,4	0,474	0,125	4364	0,000945	2,12E-08
393,6	299,9	0,421	0,176	6198	0,001111	1,76E-08
787,2	380,7	0,354	0,224	9743	0,001412	1,42E-08
1574,4	460,8	0,287	0,222	19655	0,001514	7,55E-09
393,6	445,5	0,300				
98,4	426,6	0,315				
24,6	407,5	0,331				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05410	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	17/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	31/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 7.5-8.0

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,2 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	133,2		
0,25	135,9		
0,50	136,7		
1,00	137,7		
2,00	138,9		
4,00	140,7		
8,00	143,9		
15,00	146,9		
30,00	149,3		
60,00	151,8		
120,00	152,4		
240,00	153,3		
480,00	154,0		
900,02	154,4		
1200,02	154,5		
1440,02	154,6		

Pressione 98,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	154,6		
0,25	160,7		
0,50	161,7		
1,00	164,4		
2,00	167,6		
4,00	171,0		
8,00	176,5		
15,00	181,4		
30,00	184,6		
60,00	186,8		
120,00	187,7		
240,00	188,9		
480,00	189,9		
900,00	190,8		
1200,00	191,1		
1440,00	191,3		

Pressione 196,8 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	191,3	2160,02	235,9
0,25	200,1	2700,02	236,3
0,50	203,6	2880,02	236,4
1,00	205,9		
2,00	210,1		
4,00	215,0		
8,00	220,5		
15,00	224,9		
30,00	229,6		
60,00	231,5		
120,00	232,5		
240,02	233,0		
480,02	233,7		
900,02	234,7		
1200,02	235,2		
1440,02	235,4		

Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	236,4		
0,25	244,9		
0,50	248,7		
1,00	254,9		
2,00	262,2		
4,00	272,1		
8,00	279,4		
15,00	283,4		
30,00	288,0		
60,00	291,4		
120,00	293,4		
240,00	295,4		
480,00	296,9		
900,00	298,6		
1200,00	299,4		
1440,00	299,9		

Pressione 787,2 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	299,9		
0,25	321,7		
0,50	327,7		
1,00	335,1		
2,00	346,4		
4,00	354,0		
8,00	359,9		
15,00	363,9		
30,00	368,2		
60,00	370,8		
120,00	374,0		
240,00	375,7		
480,00	377,7		
900,00	379,7		
1200,00	380,4		
1440,00	380,7		

Pressione 1574,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	380,7		
0,25	404,3		
0,50	410,8		
1,00	419,5		
2,00	429,5		
4,00	436,7		
8,00	442,7		
15,00	446,1		
30,00	448,9		
60,00	452,8		
120,00	455,0		
240,00	456,2		
480,00	458,7		
900,00	459,8		
1200,00	460,3		
1440,00	460,8		

Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	460,8		
0,25	447,8		
0,50	447,1		
1,00	446,6		
2,00	446,4		
4,00	446,2		
8,02	446,1		
15,02	446,0		
30,02	446,0		
60,02	446,0		
120,02	445,9		
240,02	445,8		
480,02	445,8		
900,02	445,7		
1200,02	445,6		
1428,87	445,5		

Pressione 98,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	445,5		
0,25	437,1		
0,50	436,6		
1,00	434,4		
2,00	432,8		
4,00	431,9		
8,00	430,4		
15,02	429,9		
30,02	429,9		
60,02	430,1		
120,02	429,9		
240,02	428,6		
480,02	427,8		
900,02	427,1		
1200,02	426,8		
1440,02	426,6		

Pressione 24,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	426,6		
0,25	423,3		
0,50	422,8		
1,00	422,3		
2,00	420,8		
4,00	418,2		
8,00	415,7		
15,00	414,6		
30,00	412,8		
60,00	411,0		
120,00	410,7		
240,00	410,1		
480,00	409,6		
900,00	408,5		
1200,00	407,7		
1399,17	407,5		

Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100

Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100

Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05411 Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	01/11/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 7.5-8.0

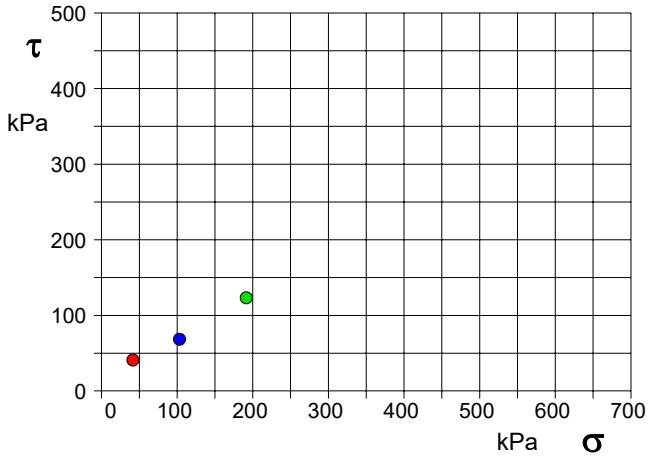
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	42	103	191
Tensione a rottura (kPa):	41	68	123
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,47	4,48	5,76
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,37	0,57	0,89
Umidità iniziale e umidità finale (%):	- - - 21,3	- - - 20,4	- - - 18,9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,2 23,3	19,6 23,6	19,7 23,4

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

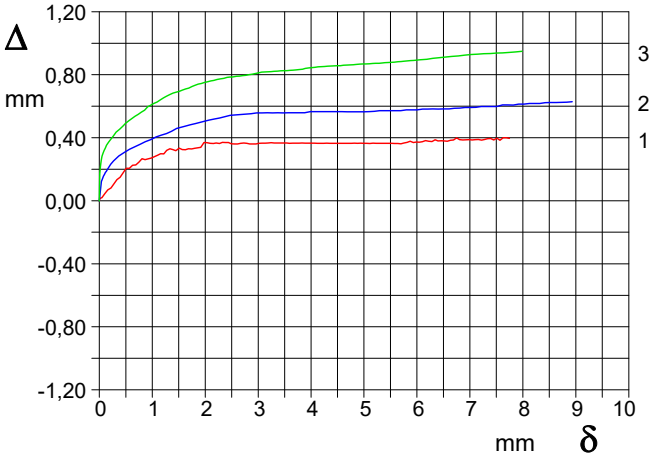


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

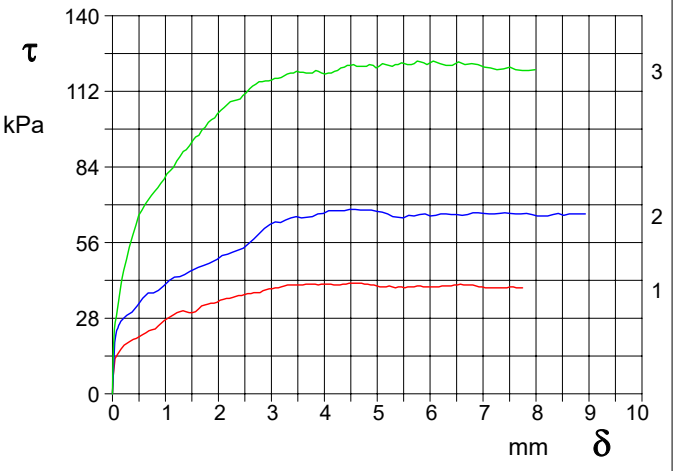


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05411	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	01/11/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 7.5-8.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,015	6,7	0,02	0,041	19,0	0,12	0,009	13,7	0,17
0,161	16,6	0,07	0,100	24,4	0,17	0,050	26,5	0,28
0,393	20,1	0,15	0,156	26,8	0,20	0,112	34,2	0,34
0,569	21,9	0,21	0,367	30,2	0,29	0,180	42,8	0,38
0,745	23,7	0,25	0,672	37,3	0,34	0,317	54,3	0,44
0,923	26,1	0,27	0,971	40,0	0,39	0,496	66,1	0,49
1,159	29,3	0,30	1,271	43,4	0,43	0,676	71,8	0,54
1,332	30,7	0,33	1,621	46,8	0,47	0,855	76,3	0,58
1,509	30,0	0,33	1,974	49,7	0,50	1,027	81,4	0,62
1,683	32,5	0,33	2,269	52,4	0,53	1,213	86,2	0,65
1,860	33,6	0,34	2,868	61,2	0,55	1,393	90,3	0,68
2,034	34,6	0,37	3,175	63,4	0,56	1,573	95,1	0,70
2,208	35,3	0,37	3,470	65,6	0,56	1,751	98,6	0,73
2,382	36,4	0,37	3,774	65,6	0,56	1,929	102,1	0,74
2,555	37,1	0,36	4,084	67,8	0,57	2,107	106,0	0,76
2,729	37,5	0,37	4,382	67,8	0,57	2,291	108,5	0,77
2,899	38,5	0,36	4,683	68,0	0,57	2,465	110,4	0,79
3,075	39,2	0,37	4,991	67,5	0,57	2,649	114,0	0,79
3,249	39,9	0,37	5,295	65,6	0,57	2,827	115,5	0,80
3,425	40,3	0,37	5,596	66,1	0,57	3,005	116,2	0,81
3,594	40,3	0,36	5,904	66,6	0,58	3,187	117,1	0,82
3,771	40,6	0,37	6,201	66,6	0,58	3,364	118,7	0,82
3,945	40,6	0,37	6,500	66,3	0,58	3,541	119,1	0,83
4,121	40,6	0,36	6,807	67,1	0,59	3,722	118,7	0,83
4,296	40,3	0,37	7,116	66,6	0,59	3,887	119,4	0,84
4,470	41,0	0,37	7,411	67,1	0,60	4,076	118,7	0,85
4,644	41,0	0,37	7,714	66,6	0,61	4,250	119,7	0,85
4,820	40,6	0,37	8,023	65,8	0,61	4,434	121,6	0,86
4,994	39,9	0,37	8,320	66,3	0,62	4,614	121,3	0,86
5,171	39,6	0,37	8,631	66,6	0,62	4,797	121,3	0,86
5,344	39,2	0,36	8,932	66,6	0,63	4,979	120,7	0,87
5,520	39,2	0,36				5,161	121,9	0,87
5,696	39,6	0,36				5,342	121,9	0,88
5,872	39,6	0,38				5,514	122,3	0,88
6,045	39,6	0,37				5,700	122,3	0,88
6,225	39,9	0,38				5,882	122,6	0,89
6,398	39,9	0,38				6,185	122,3	0,90
6,574	40,6	0,38				6,535	122,9	0,91
6,747	40,3	0,40				6,902	121,9	0,93
6,925	39,6	0,39				7,262	120,0	0,93
7,102	39,2	0,39				7,618	120,0	0,94
7,278	39,2	0,39				7,984	120,0	0,95
7,451	39,2	0,39						
7,628	39,2	0,40						

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05411	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	01/11/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 7.5-8.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	42
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,335
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

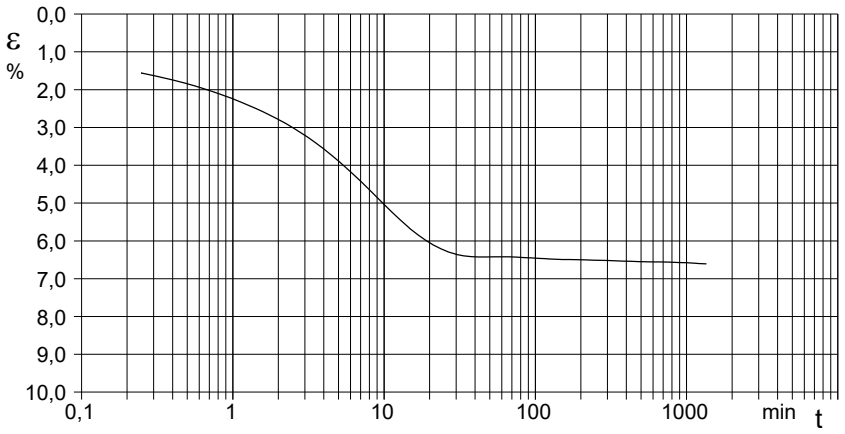


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,274
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

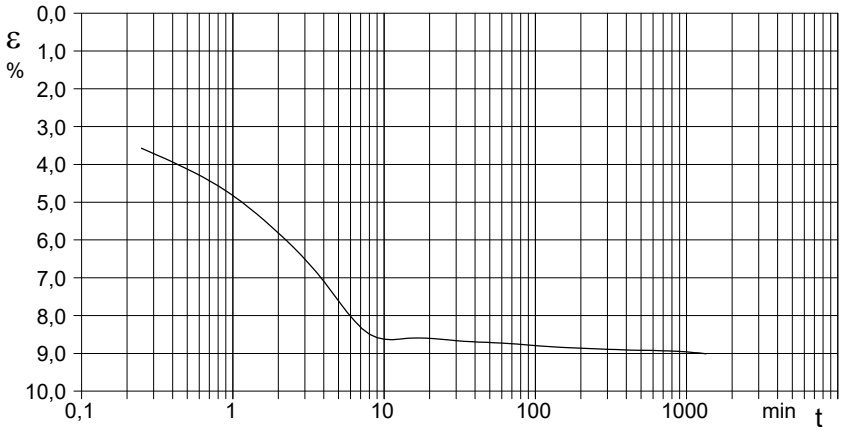
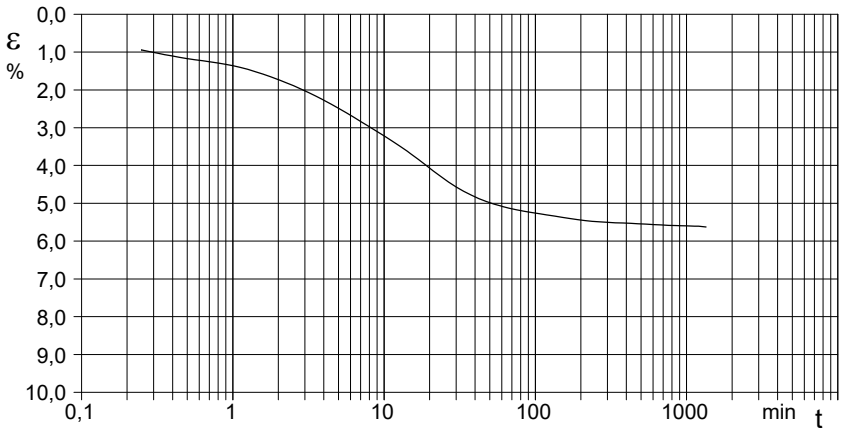


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,359
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05411	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	01/11/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 7.5-8.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.
minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	39,10	1,56	0,25	89,40	3,58	0,25	23,60	0,94
0,50	46,10	1,84	0,50	103,10	4,12	0,50	29,30	1,17
1,00	56,10	2,24	1,02	121,10	4,84	1,00	34,00	1,36
2,00	69,70	2,79	2,02	145,60	5,82	2,00	43,20	1,73
4,00	89,20	3,57	4,02	177,60	7,10	4,00	56,80	2,27
8,00	116,20	4,65	8,02	212,30	8,49	8,00	74,40	2,98
15,00	142,20	5,69	15,02	214,90	8,60	15,00	92,20	3,69
30,00	158,90	6,36	30,02	216,60	8,66	30,00	114,20	4,57
60,00	160,50	6,42	60,02	218,20	8,73	60,00	127,00	5,08
120,00	161,90	6,48	120,02	220,40	8,82	120,00	132,70	5,31
240,00	162,70	6,51	240,02	221,90	8,88	240,00	136,90	5,48
480,00	163,70	6,55	480,02	222,90	8,92	480,00	138,50	5,54
900,00	164,30	6,57	900,02	223,70	8,95	900,00	139,80	5,59
1200,00	164,90	6,60	1200,02	224,70	8,99	1200,00	140,20	5,61
1440,00	165,40	6,62	1440,02	225,60	9,02	1440,00	140,90	5,64

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

COMMITTENTE:	Graziani srl	
RIFERIMENTO:	Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)	
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 7.5-8.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

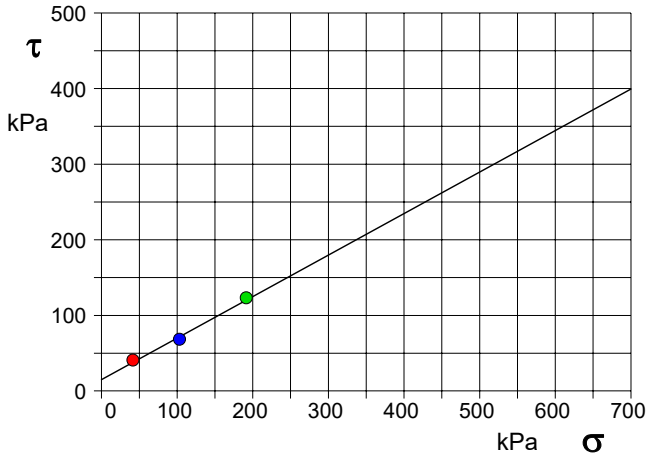
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	42	103	191
Tensione a rottura (kPa):	41	68	123
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,47	4,48	5,76
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,37	0,57	0,89
Umidità iniziale e umidità finale (%):	- - - 21,3	- - - 20,4	- - - 18,9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,2 23,3	19,6 23,6	19,7 23,4

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione:	14,9 kPa
Angolo di attrito interno:	28,8 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



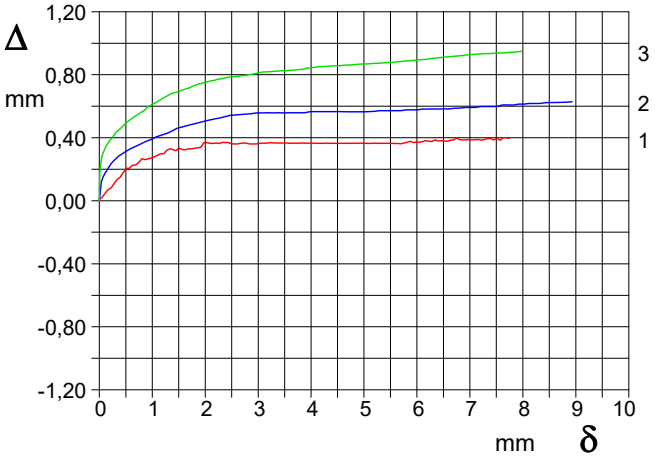


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

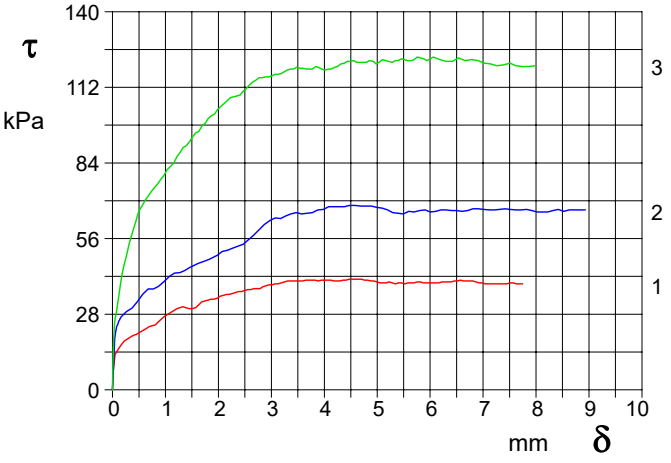


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	Graziani srl	
RIFERIMENTO:	Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)	
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 18.0-18.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	17,7	%
Peso di volume	20,6	kN/m³
Peso di volume secco	17,5	kN/m³
Peso di volume saturo	20,8	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	0,510	
Porosità	33,8	%
Grado di saturazione	93,6	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0,1	%
Sabbia	73,5	%
Limo	20,5	%
Argilla	5,9	%
D 10	0,004717	mm
D 50	0,327852	mm
D 60	0,371640	mm
D 90	0,541322	mm
Passante set. 10	99,9	%
Passante set. 42	69,8	%
Passante set. 200	28,1	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	15,7	kPa
ϕ'	29,8	°
c'_{Res}		kPa
ϕ'_{Res}		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

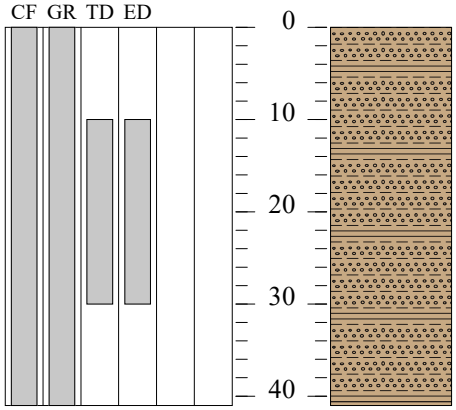
PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	4642	0,000074	1,56E-09
49,2 ÷ 98,4	4970	0,000231	4,56E-09
98,4 ÷ 196,8	9416	0,007471	7,78E-08
196,8 ÷ 393,6	14471	0,002337	1,58E-08
393,6 ÷ 787,2	27145	0,001174	4,24E-09
787,2 ÷ 1574,4	47138	0,000159	3,30E-10

FOTOGRAFIA

OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5



Rp kPa | VT kPa | cm

41

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Sabbia limosa debolmente argillosa
MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 7/4 Pale yellow

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05412 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	16/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	17/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 18.0-18.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 17,7 %

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

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05413	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	16/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	16/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 18.0-18.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 20,6 kN/m³

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05414 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	18/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	21/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

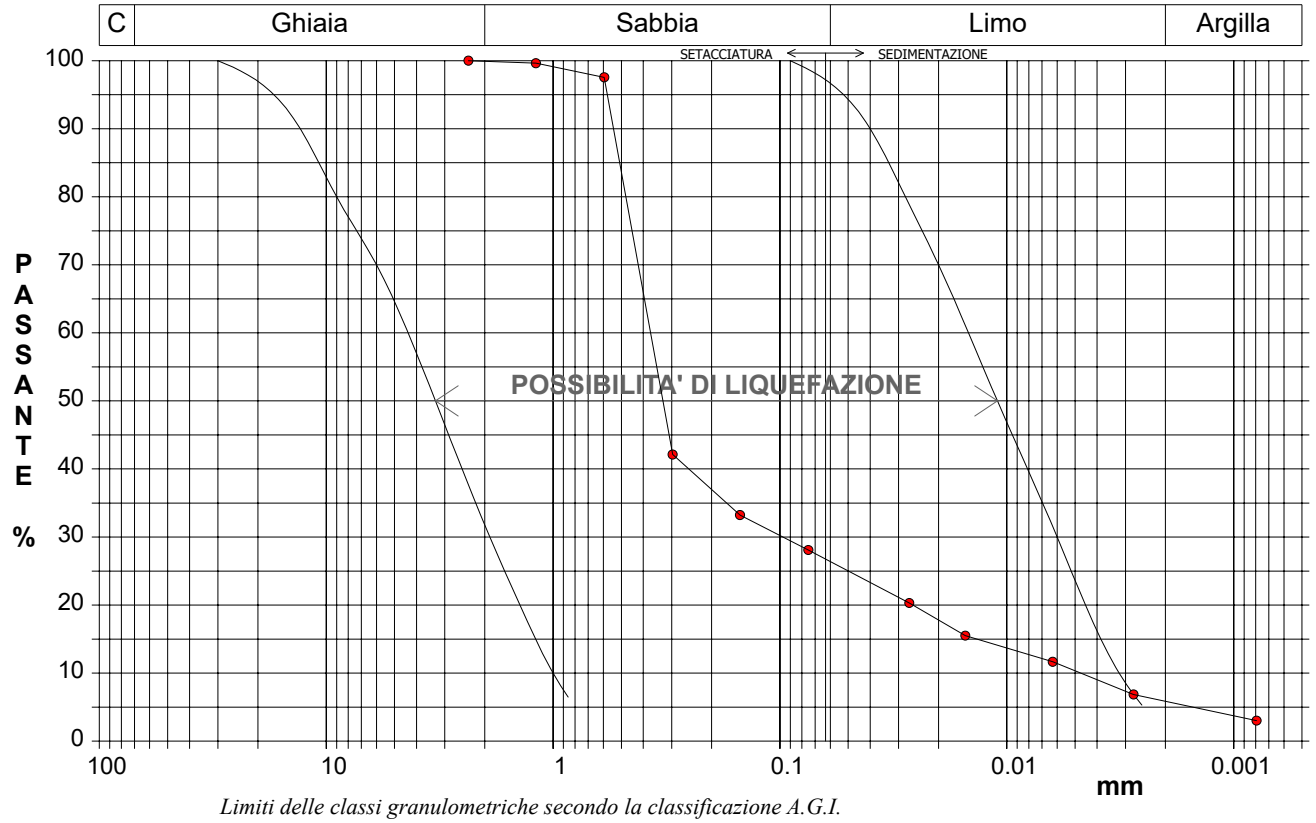
RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 18.0-18.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,9 %	D_{10}	0,00472 mm
Sabbia	73,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	69,8 %	D_{30}	0,09709 mm
Limo	20,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	28,1 %	D_{50}	0,32785 mm
Argilla	5,9 %			D_{60}	0,37164 mm
Coefficiente di uniformità	78,79	Coefficiente di curvatura	5,38	D_{90}	0,54132 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,3600	100,00	0,0750	28,09	0,0008	3,03				
1,1900	99,62	0,0269	20,32						
0,5950	97,54	0,0152	15,52						
0,2970	42,12	0,0063	11,68					Setacci	5
0,1500	33,22	0,0028	6,87					Punti sediment.	5

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Chiara Colarusso

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05415	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	18/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	31/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 18.0-18.5

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	20,87
Umidità (%)	17,7
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	12,96
Indice dei vuoti	0,49
Porosità (%)	32,99
Saturazione (%)	97,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

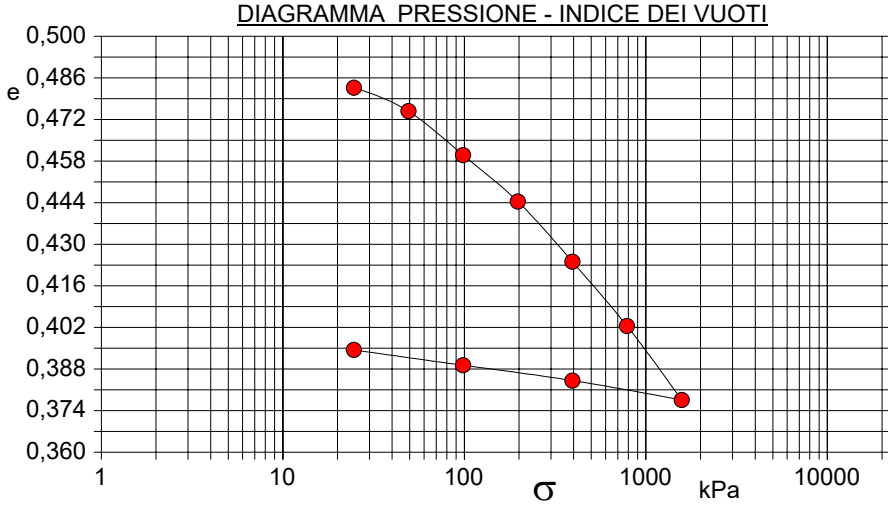
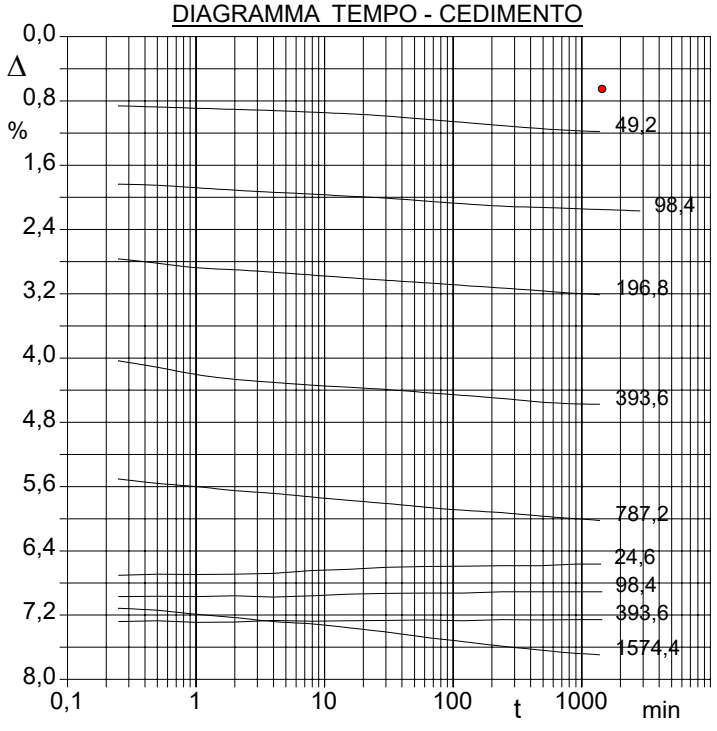
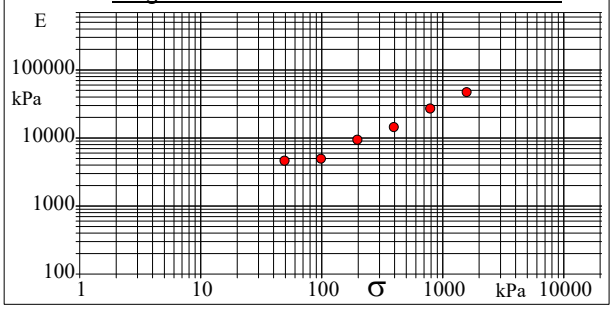


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,6	13,0	0,483				
49,2	23,6	0,475	0,006	4642	0,000074	1,56E-09
98,4	43,4	0,460	0,009	4970	0,000231	4,56E-09
196,8	64,3	0,444	0,008	9416	0,007471	7,78E-08
393,6	91,5	0,424	0,009	14471	0,002337	1,58E-08
787,2	120,5	0,402	0,008	27145	0,001174	4,24E-09
1574,4	153,9	0,378	0,009	47138	0,000159	3,30E-10
393,6	145,1	0,384				
98,4	138,2	0,389				
24,6	131,3	0,394				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05415	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	18/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	31/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 18.0-18.5

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,2 kPa

Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	13,0		
0,25	17,2		
0,50	17,5		
1,00	17,8		
2,00	18,1		
4,00	18,4		
8,00	18,8		
15,00	19,2		
30,00	19,8		
60,00	20,5		
120,00	21,3		
240,00	22,1		
480,00	22,9		
900,00	23,4		
1200,02	23,6		
1440,03	23,6		

Pressione 98,4 kPa

Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	23,6	2880,00	43,4
0,25	36,7		
0,50	37,0		
1,00	37,6		
2,00	38,2		
4,00	38,7		
8,00	39,2		
15,00	39,7		
30,00	40,2		
60,00	40,9		
120,00	41,6		
240,00	42,2		
480,00	42,5		
900,00	42,8		
1200,00	43,0		
1440,00	43,0		

Pressione 196,8 kPa

Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	43,4		
0,25	55,3		
0,50	56,4		
1,00	57,5		
2,00	58,0		
4,00	58,6		
8,00	59,3		
15,00	60,0		
30,00	60,6		
60,00	61,3		
120,00	61,9		
240,00	62,6		
480,00	63,3		
900,00	63,9		
1200,00	64,1		
1440,00	64,3		

Pressione 393,6 kPa

Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	64,3		
0,25	80,7		
0,50	82,3		
1,00	84,1		
2,00	85,3		
4,00	86,1		
8,00	86,7		
15,00	87,3		
30,00	87,8		
60,00	88,6		
120,00	89,3		
240,00	90,1		
480,00	91,0		
900,00	91,4		
1200,00	91,5		
1440,00	91,5		

Pressione 787,2 kPa

Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	91,5		
0,25	110,1		
0,50	111,2		
1,00	112,0		
2,00	113,0		
4,00	113,7		
8,00	114,6		
15,00	115,4		
30,00	116,2		
60,00	117,1		
120,00	117,9		
240,00	118,5		
480,00	119,3		
900,00	120,0		
1200,00	120,3		
1440,00	120,5		

Pressione 1574,4 kPa

Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	120,5		
0,25	142,3		
0,50	142,8		
1,02	143,8		
2,02	144,6		
4,02	145,6		
8,02	146,2		
15,02	147,1		
30,02	148,2		
60,02	149,5		
120,02	150,6		
240,02	151,7		
480,02	152,7		
900,02	153,5		
1200,02	153,7		
1428,50	153,9		

Pressione 393,6 kPa

Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	153,9		
0,25	145,6		
0,50	145,4		
1,00	145,8		
2,00	145,7		
4,00	145,3		
8,00	145,5		
15,00	145,4		
30,00	145,3		
60,00	145,2		
120,00	145,4		
240,00	145,1		
480,00	145,2		
900,00	145,1		
1200,00	145,1		
1440,00	145,1		

Pressione 98,4 kPa

Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	145,1		
0,25	139,4		
0,50	139,3		
1,00	139,4		
2,00	139,2		
4,00	139,5		
8,00	139,2		
15,00	138,8		
30,00	138,6		
60,00	138,5		
120,00	138,5		
240,00	138,2		
480,00	138,2		
900,00	138,2		
1200,00	138,2		
1440,00	138,2		

Pressione 24,6 kPa

Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	138,2		
0,25	134,1		
0,50	133,8		
1,00	133,9		
2,00	133,8		
4,00	133,6		
8,00	132,9		
15,00	132,6		
30,00	132,1		
60,00	131,9		
120,00	131,8		
240,00	131,7		
480,00	131,7		
900,00	131,3		
1200,00	131,3		
1409,43	131,3		

Pressione -- kPa

Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100

Pressione -- kPa

Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100

Pressione -- kPa

Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05416 Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	31/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 18.0-18.5

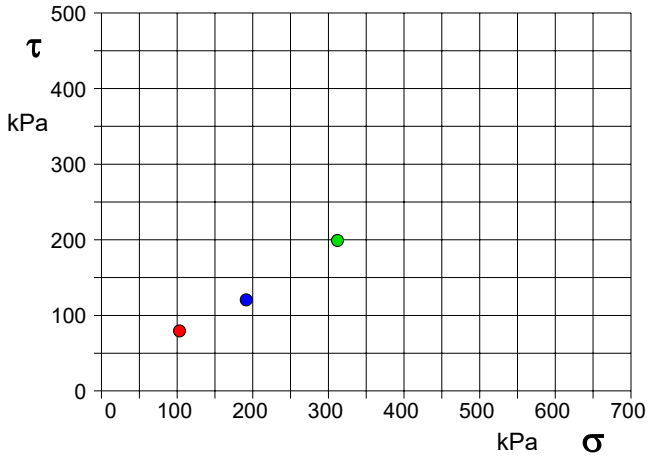
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	79	121	199
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,87	3,21	3,35
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,12	0,06	0,05
Umidità iniziale e umidità finale (%):	- - - 17,5	- - - 18,6	- - - 18,3
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	20,7 24,3	20,4 24,2	20,8 24,6

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,050 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

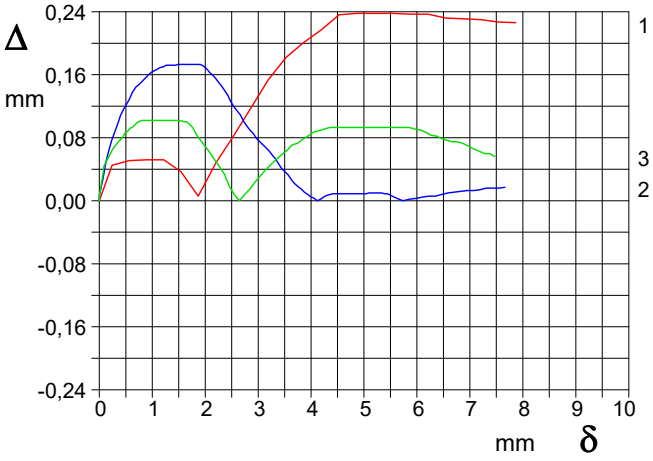


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

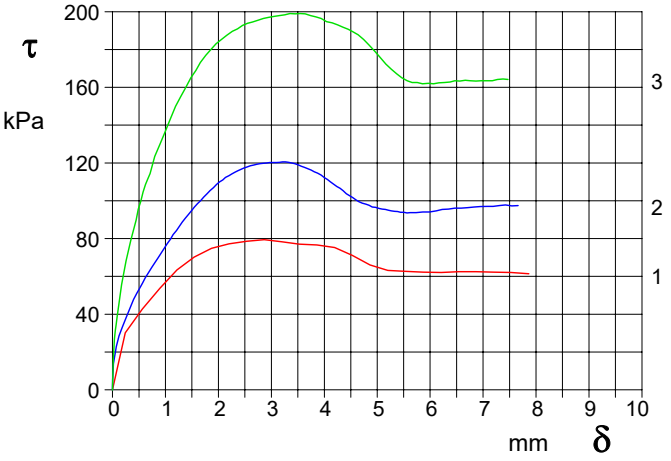


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05416	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	31/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 18.0-18.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,242	30,1	0,05	0,003	5,2	0,01	0,004	5,6	0,01
0,565	42,7	0,05	0,069	22,9	0,03	0,027	21,8	0,02
0,893	53,7	0,05	0,236	36,9	0,08	0,068	34,5	0,03
1,216	63,4	0,05	0,398	47,9	0,11	0,257	68,2	0,07
1,542	70,2	0,04	0,567	56,5	0,13	0,487	95,5	0,09
1,869	74,8	0,01	0,741	64,7	0,15	0,623	108,5	0,09
2,199	77,2	0,05	0,918	72,3	0,16	0,798	123,4	0,10
2,532	78,5	0,08	1,095	79,7	0,17	1,090	143,2	0,10
2,865	79,4	0,12	1,264	86,6	0,17	1,387	160,1	0,10
3,194	78,3	0,15	1,436	92,8	0,17	1,661	173,2	0,10
3,527	77,0	0,18	1,607	98,6	0,17	1,954	183,1	0,07
3,861	76,6	0,20	1,785	103,8	0,17	2,263	189,6	0,04
4,194	75,2	0,22	1,964	108,6	0,17	2,549	193,9	0,01
4,528	71,1	0,24	2,135	112,3	0,16	2,847	196,4	0,02
4,866	66,0	0,24	2,315	115,1	0,15	3,150	197,9	0,04
5,201	63,1	0,24	2,483	117,4	0,13	3,450	198,8	0,06
5,542	62,7	0,24	2,664	118,9	0,11	3,741	197,9	0,07
5,872	62,3	0,24	2,843	119,8	0,09	4,044	194,8	0,09
6,208	62,0	0,24	3,032	120,2	0,08	4,348	191,9	0,09
6,538	62,5	0,23	3,210	120,5	0,06	4,642	187,8	0,09
6,867	62,5	0,23	3,387	120,0	0,05	4,955	179,0	0,09
7,204	62,3	0,23	3,566	118,3	0,03	5,267	169,6	0,09
7,530	62,0	0,23	3,751	116,3	0,02	5,565	163,5	0,09
7,864	61,4	0,23	3,938	113,7	0,01	5,856	161,9	0,09
			4,118	109,9	0,00	6,166	162,4	0,09
			4,299	106,6	0,01	6,465	163,5	0,08
			4,477	102,7	0,01	6,758	163,5	0,08
			4,657	99,5	0,01	7,066	163,5	0,07
			4,845	97,6	0,01	7,378	164,4	0,06
			5,037	96,0	0,01			
			5,211	95,0	0,01			
			5,384	94,3	0,01			
			5,563	93,5	0,01			
			5,862	94,1	0,00			
			6,228	95,4	0,01			
			6,584	96,1	0,01			
			6,946	96,9	0,01			
			7,304	97,4	0,02			
			7,663	97,4	0,02			

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05416	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	31/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 18.0-18.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,961
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

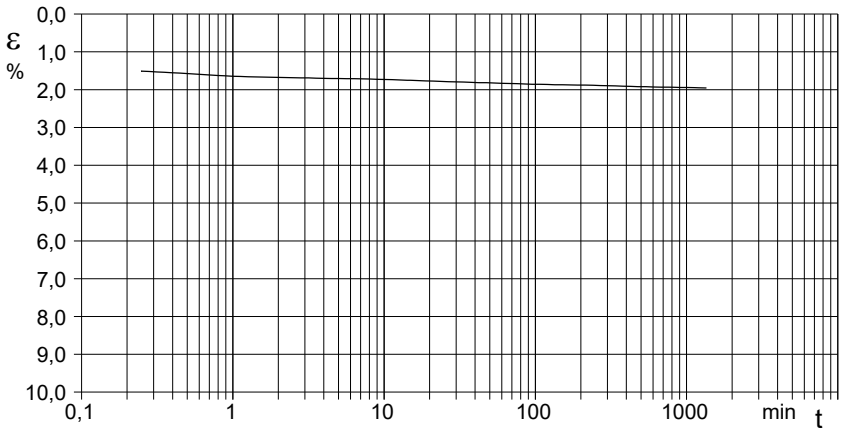


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,812
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

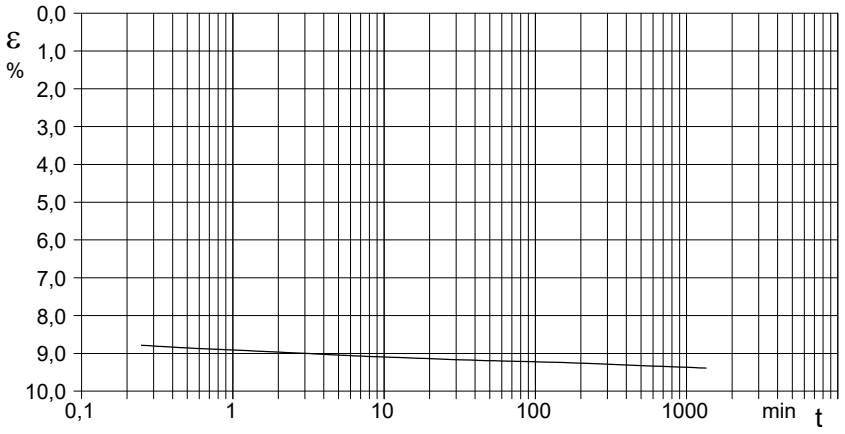
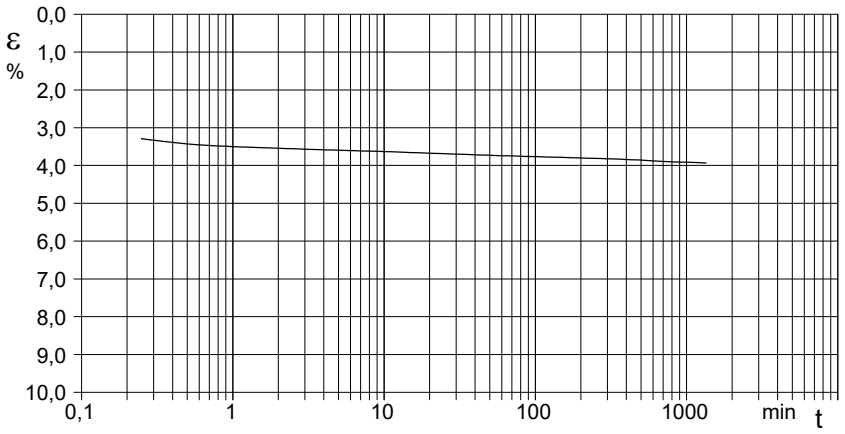


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,921
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05416 Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi: 27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi: 31/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 18.0-18.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.
minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	30,20	1,51	0,25	175,70	8,79	0,25	65,80	3,29
0,50	31,50	1,58	0,50	177,10	8,86	0,50	68,60	3,43
1,00	32,90	1,65	1,00	178,20	8,91	1,00	70,00	3,50
2,00	33,50	1,68	2,00	179,30	8,97	2,00	70,90	3,55
4,00	34,00	1,70	4,00	180,50	9,03	4,00	71,70	3,59
8,00	34,40	1,72	8,00	181,60	9,08	8,00	72,40	3,62
15,00	35,10	1,76	15,00	182,40	9,12	15,00	73,10	3,66
30,00	35,90	1,80	30,00	183,30	9,17	30,00	74,00	3,70
60,00	36,60	1,83	60,00	184,00	9,20	60,00	74,80	3,74
120,00	37,30	1,87	120,00	184,60	9,23	120,00	75,50	3,78
240,00	37,70	1,89	240,00	185,40	9,27	240,00	76,20	3,81
480,00	38,40	1,92	480,00	186,40	9,32	480,00	77,10	3,86
900,00	38,80	1,94	900,00	187,20	9,36	900,00	78,20	3,91
1200,00	39,00	1,95	1200,00	187,60	9,38	1200,00	78,50	3,93
1440,00	39,20	1,96	1440,00	187,80	9,39	1440,00	78,80	3,94

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

COMMITTENTE:	Graziani srl	
RIFERIMENTO:	Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)	
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 18.0-18.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

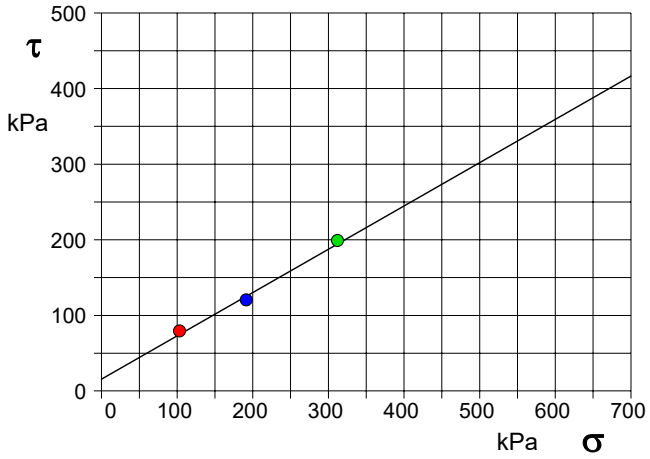
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	79	121	199
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,87	3,21	3,35
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,12	0,06	0,05
Umidità iniziale e umidità finale (%):	- - - 17,5	- - - 18,6	- - - 18,3
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	20,7 24,3	20,4 24,2	20,8 24,6

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione:	15,7 kPa
Angolo di attrito interno:	29,8 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,050 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



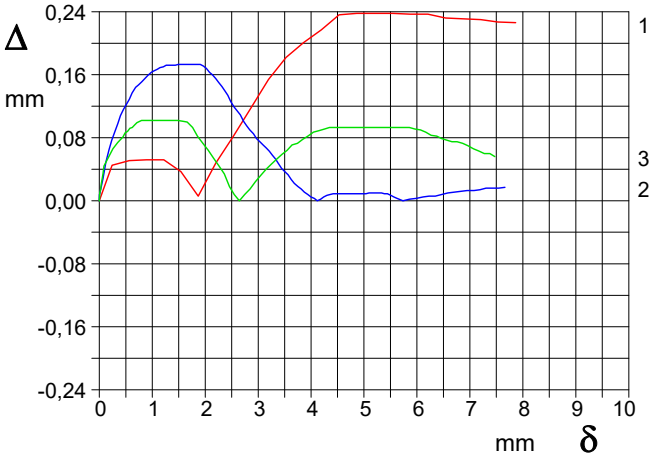


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

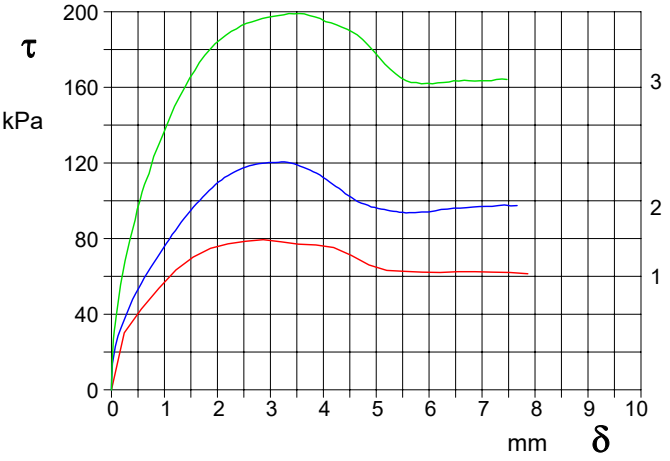


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.0-3.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	25,8	%
Peso di volume	19,0	kN/m³
Peso di volume secco	15,1	kN/m³
Peso di volume saturo	19,3	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	0,752	
Porosità	42,9	%
Grado di saturazione	92,6	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	2,4	%
Limo	59,3	%
Argilla	38,3	%
D 10	0,000308	mm
D 50	0,003892	mm
D 60	0,006338	mm
D 90	0,027123	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	100,0	%
Passante set. 200	99,8	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	20,9	kPa
ϕ'	24,2	°
c'_{Res}		kPa
ϕ'_{Res}		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

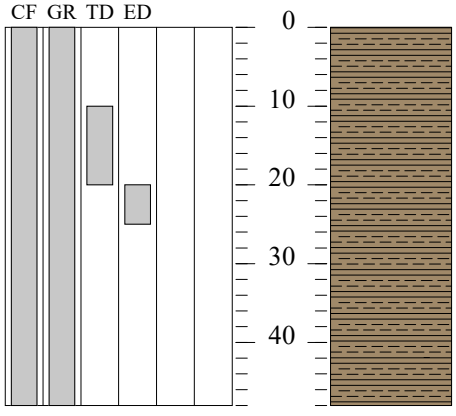
PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
98,4 ÷ 196,8	4413	0,000438	9,73E-09
196,8 ÷ 393,6	8374	0,000433	5,08E-09
393,6 ÷ 787,2	14497	0,000337	2,28E-09
787,2 ÷ 1574,4	22020	0,000370	1,65E-09

FOTOGRAFIA

OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5



DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Limo con argilla
MUNSELL SOIL COLOR: 10YR 6/3 Pale brown

Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test

< 24.5 kPa	molto molle
24.5 - 49.1 kPa	molle
49.1 - 98.1 kPa	plastico
98.1 - 196.2 kPa	consistente
196.2 - 392.4 kPa	molto consistente
>392,4 kPa	duro

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05417 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	16/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	17/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.0-3.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 25,8 %

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

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05418	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	16/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	16/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.0-3.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 19,0 kN/m³

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05419 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	18/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	21/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

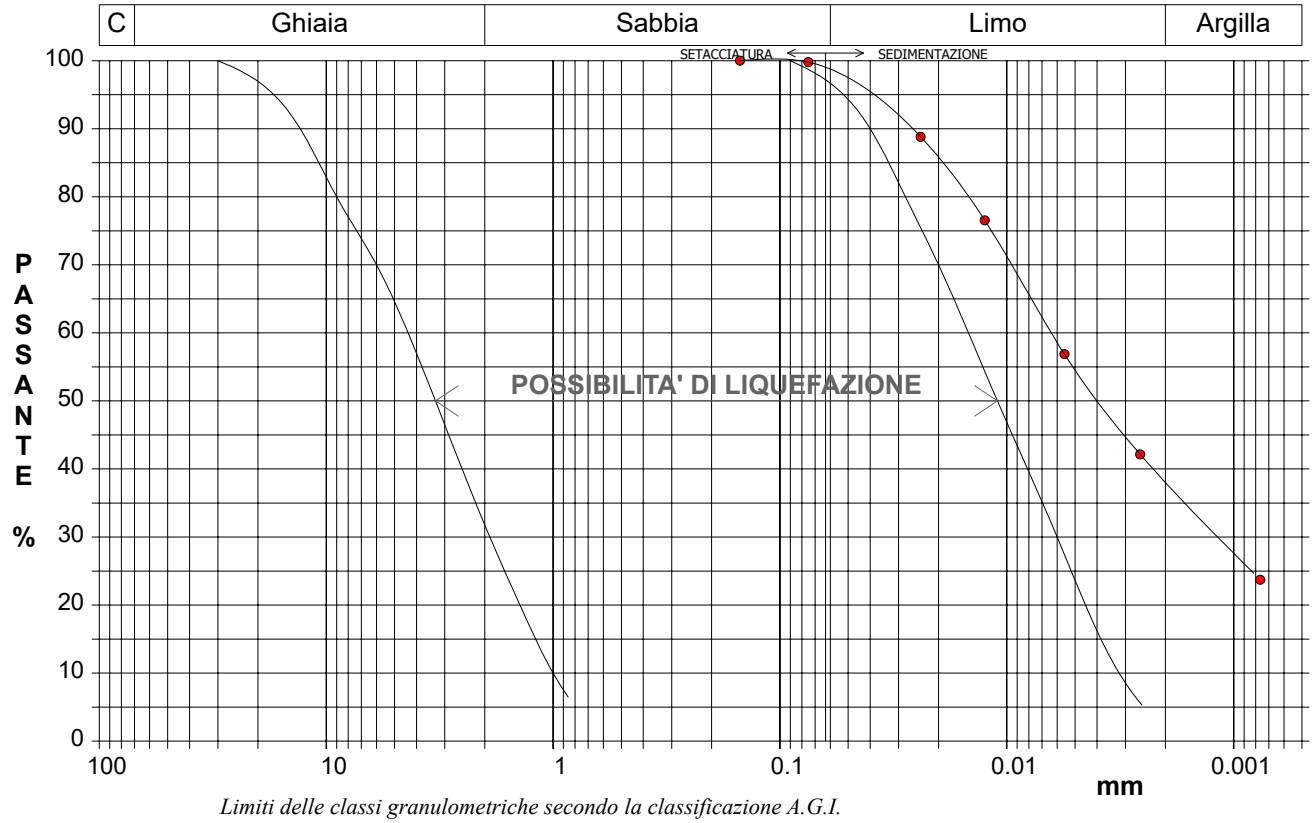
RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.0-3.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D_{10}	0,00031 mm
Sabbia	2,4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0 %	D_{30}	0,00116 mm
Limo	59,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99,8 %	D_{50}	0,00389 mm
Argilla	38,3 %			D_{60}	0,00634 mm
Coefficiente di uniformità	20,56	Coefficiente di curvatura	0,68	D_{90}	0,02712 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,1500	100,00	0,0026	42,15						
0,0750	99,79	0,0008	23,72						
0,0240	88,81								
0,0125	76,53							Setacci	1
0,0056	56,88							Punti sediment.	5

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Chiara Colarusso

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05420 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	18/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	25/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.0-3.5

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	19,52
Umidità (%)	25,8
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	16,26
Indice dei vuoti	0,71
Porosità (%)	41,40
Saturazione (%)	98,7

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

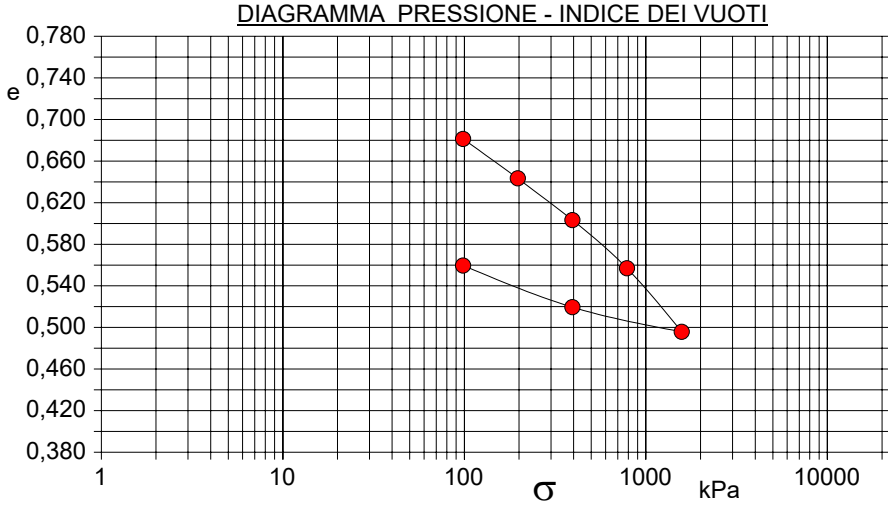
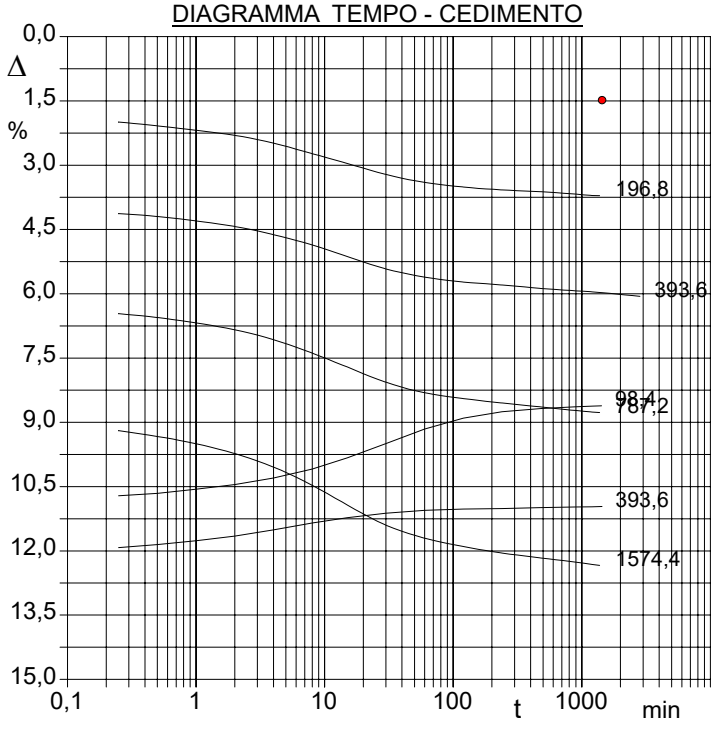
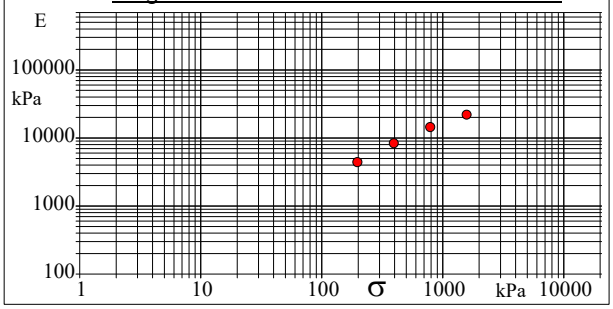


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
98,4	29,6	0,681				
196,8	74,2	0,643	0,019	4413	0,000438	9,73E-09
393,6	121,2	0,603	0,017	8374	0,000433	5,08E-09
787,2	175,5	0,557	0,018	14497	0,000337	2,28E-09
1574,4	247,0	0,496	0,021	22020	0,000370	1,65E-09
393,6	219,3	0,519				
98,4	172,3	0,560				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05420	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	18/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	25/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.0-3.5

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 196,8 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	29,6		
0,25	39,8		
0,50	41,6		
1,00	43,7		
2,02	46,1		
4,02	49,7		
8,02	54,6		
15,02	59,2		
30,02	64,3		
60,02	68,0		
120,02	70,2		
240,02	71,5		
480,02	72,4		
900,02	73,5		
1200,02	74,1		
1440,02	74,2		

Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	74,2		
0,25	82,6		
0,50	83,9		
1,00	86,0		
2,00	88,6		
4,00	92,4		
8,00	97,2		
14,98	102,6		
29,98	108,4		
59,98	112,2		
119,98	114,5		
239,98	115,9		
479,98	117,5		
899,98	118,6		
1199,98	119,1		
1439,98	119,5		
2879,98	121,2		

Pressione 787,2 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	121,2		
0,25	129,3		
0,50	131,1		
1,00	133,6		
2,00	136,8		
4,00	141,4		
8,00	147,7		
15,00	154,2		
30,00	161,3		
60,00	166,2		
120,00	168,9		
240,00	171,0		
480,00	172,8		
900,00	174,5		
1200,00	175,2		
1440,00	175,5		

Pressione 1574,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	175,5		
0,25	183,9		
0,50	186,6		
1,00	190,0		
2,00	194,6		
4,00	200,9		
8,00	209,4		
15,00	218,6		
30,00	228,0		
60,00	234,1		
120,00	238,0		
240,00	241,0		
480,00	243,3		
900,00	245,3		
1200,00	246,3		
1440,00	247,0		

Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	247,0		
0,25	238,5		
0,50	237,1		
1,00	235,3		
2,00	233,1		
4,00	230,2		
8,00	227,0		
15,00	224,5		
30,00	222,4		
60,00	221,1		
120,00	220,5		
240,00	220,2		
480,00	219,8		
900,00	219,5		
1200,00	219,4		
1440,00	219,3		

Pressione 98,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	219,3		
0,25	214,3		
0,50	213,2		
1,00	211,2		
2,00	209,0		
4,00	206,0		
8,00	201,8		
15,00	196,6		
30,00	189,9		
60,00	183,1		
120,00	178,0		
240,00	175,1		
480,00	173,6		
900,00	172,7		
1200,00	172,5		
1424,43	172,3		

Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100

Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05421 Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	01/11/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.0-3.5

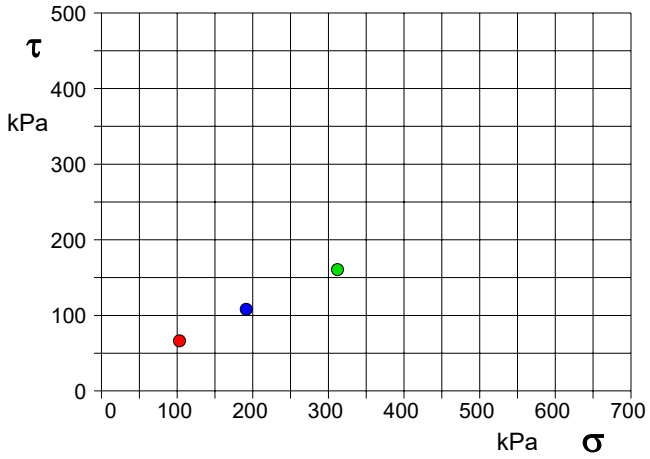
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	66	108	160
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,81	2,52	1,97
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,13	0,30	0,39
Umidità naturale (%):	- - -	- - -	- - -
Peso di volume (kN/m³):	19,3	18,8	18,9

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

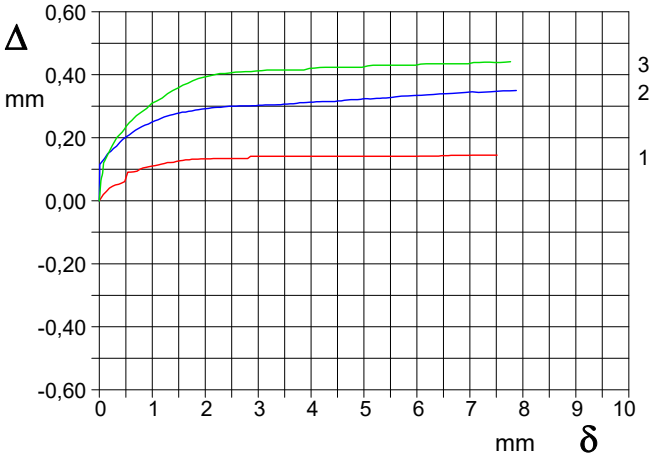


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

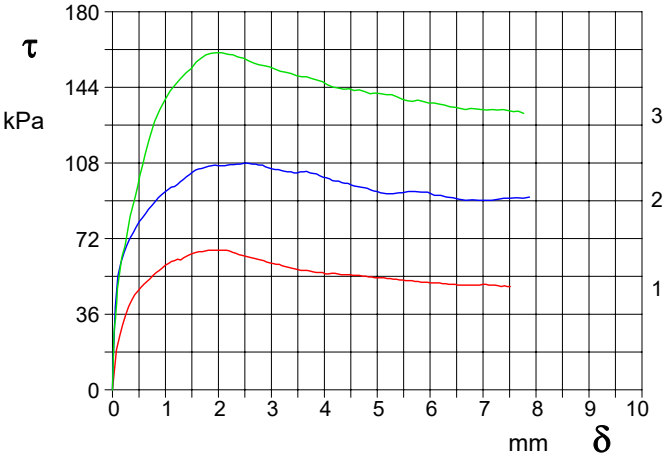


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05421	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	01/11/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.0-3.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,076	19,1	0,02	0,006	9,4	0,07	0,030	27,3	0,06
0,248	35,7	0,05	0,101	54,3	0,13	0,063	36,4	0,09
0,417	45,2	0,06	0,270	68,7	0,17	0,174	62,9	0,15
0,593	50,2	0,09	0,444	77,3	0,20	0,431	92,1	0,22
0,768	54,4	0,10	0,624	83,9	0,22	0,569	107,2	0,25
0,937	58,0	0,11	0,805	89,7	0,24	0,701	119,9	0,27
1,116	61,1	0,11	0,984	94,1	0,25	0,992	138,1	0,31
1,288	61,8	0,12	1,172	96,7	0,26	1,287	148,3	0,34
1,457	64,3	0,13	1,339	100,1	0,27	1,579	156,1	0,37
1,633	65,7	0,13	1,507	103,5	0,28	1,872	160,2	0,39
1,808	66,4	0,13	1,688	105,4	0,28	2,180	159,7	0,40
1,982	66,4	0,13	1,873	106,7	0,29	2,473	157,9	0,41
2,155	66,4	0,13	2,059	106,7	0,29	2,763	154,8	0,41
2,331	65,0	0,13	2,233	107,2	0,30	3,069	152,7	0,41
2,508	63,6	0,13	2,409	107,5	0,30	3,377	150,6	0,42
2,682	62,5	0,13	2,586	107,7	0,30	3,665	149,0	0,42
2,857	61,5	0,14	2,767	107,0	0,30	3,966	146,7	0,42
3,031	60,1	0,14	2,956	105,6	0,30	4,269	143,6	0,42
3,205	59,0	0,14	3,135	104,9	0,30	4,563	142,5	0,42
3,382	58,0	0,14	3,309	103,8	0,30	4,863	141,0	0,42
3,557	56,9	0,14	3,486	103,3	0,31	5,174	140,5	0,43
3,732	56,5	0,14	3,664	104,1	0,31	5,468	138,4	0,43
3,908	55,8	0,14	3,855	102,8	0,31	5,766	137,9	0,43
4,081	55,1	0,14	4,037	100,9	0,31	6,072	136,6	0,43
4,255	55,1	0,14	4,218	99,3	0,32	6,378	134,7	0,44
4,432	54,8	0,14	4,395	98,3	0,32	6,667	133,4	0,44
4,604	54,4	0,14	4,568	97,0	0,32	6,966	133,4	0,44
4,783	54,1	0,14	4,751	96,2	0,32	7,275	133,2	0,44
4,955	53,4	0,14	4,937	94,6	0,32	7,573	132,4	0,44
5,130	53,4	0,14	5,121	93,6	0,32			
5,304	52,7	0,14	5,298	93,3	0,33			
5,479	52,3	0,14	5,470	93,8	0,33			
5,658	51,9	0,14	5,709	94,4	0,33			
5,828	51,2	0,14	6,081	92,5	0,34			
6,004	50,9	0,14	6,431	91,5	0,34			
6,176	50,9	0,14	6,795	90,4	0,34			
6,350	50,2	0,14	7,164	90,2	0,34			
6,532	49,8	0,14	7,510	91,2	0,35			
6,702	49,8	0,14	7,877	91,7	0,35			
6,879	49,8	0,14						
7,053	50,2	0,15						
7,226	49,8	0,15						
7,404	49,5	0,15						

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05421	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	01/11/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.0-3.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,471
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

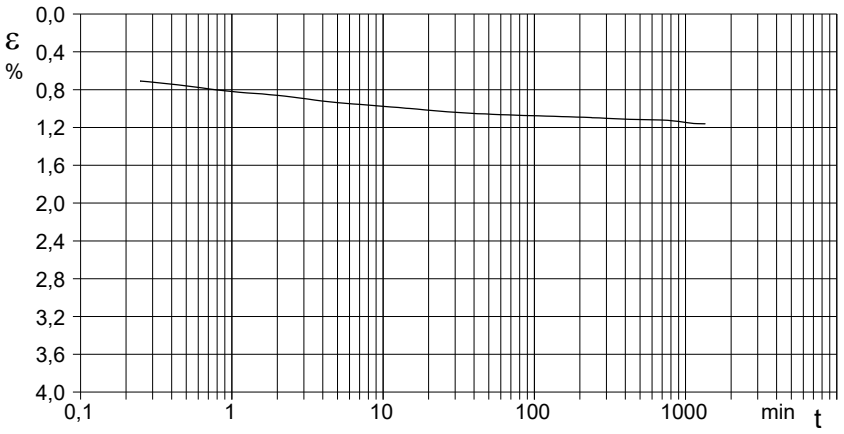


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,402
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

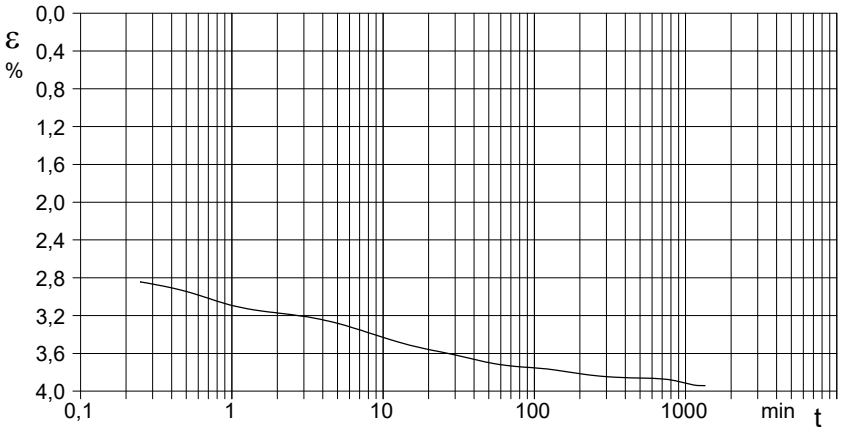
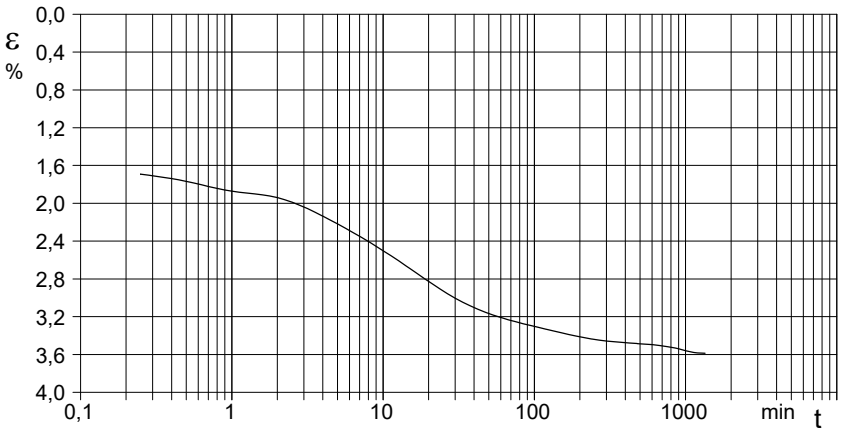


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,410
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05421	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	01/11/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.0-3.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.
minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	17,70	0,71	0,25	71,10	2,84	0,25	42,30	1,69
0,50	19,00	0,76	0,50	73,60	2,94	0,50	44,20	1,77
1,00	20,50	0,82	1,00	77,30	3,09	1,00	46,80	1,87
2,00	21,50	0,86	2,00	79,30	3,17	2,00	48,50	1,94
4,00	23,00	0,92	4,00	81,10	3,24	4,00	53,40	2,14
8,00	24,10	0,96	8,00	84,50	3,38	8,00	60,10	2,40
15,00	25,00	1,00	15,00	87,80	3,51	15,00	67,20	2,69
30,00	26,00	1,04	30,00	90,40	3,62	30,00	75,10	3,00
60,00	26,60	1,06	60,00	93,00	3,72	60,00	80,20	3,21
120,00	27,00	1,08	120,00	94,10	3,76	120,00	83,30	3,33
240,00	27,40	1,10	240,00	95,80	3,83	240,00	85,90	3,44
480,00	27,90	1,12	480,00	96,50	3,86	480,00	87,10	3,48
900,00	28,40	1,14	900,00	97,40	3,90	900,00	88,50	3,54
1200,00	29,00	1,16	1200,00	98,50	3,94	1200,00	89,60	3,58
1440,00	29,00	1,16	1440,00	98,50	3,94	1440,00	89,60	3,58

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

COMMITTENTE:	Graziani srl	
RIFERIMENTO:	Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)	
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.0-3.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

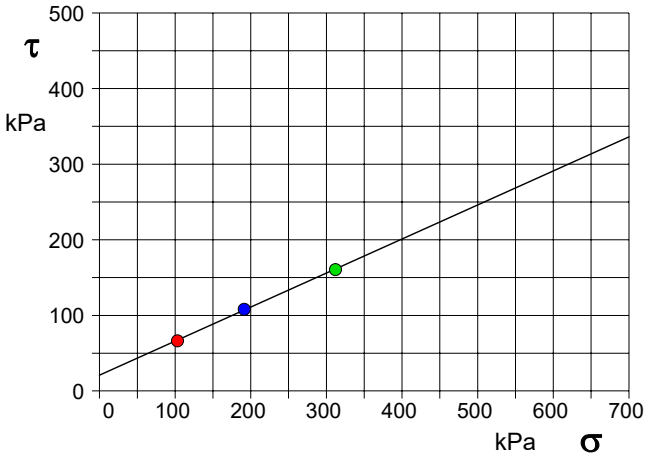
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	66	108	160
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,81	2,52	1,97
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,13	0,30	0,39
Umidità naturale (%):	- - -	- - -	- - -
Peso di volume (kN/m³):	19,3	18,8	18,9

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione:	20,9 kPa
Angolo di attrito interno:	24,2 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



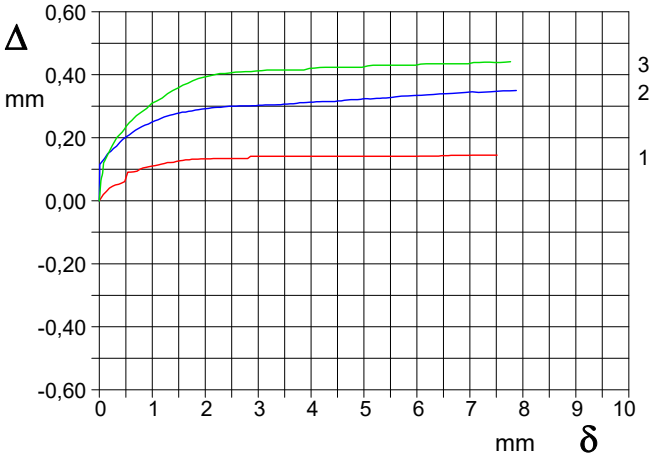


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

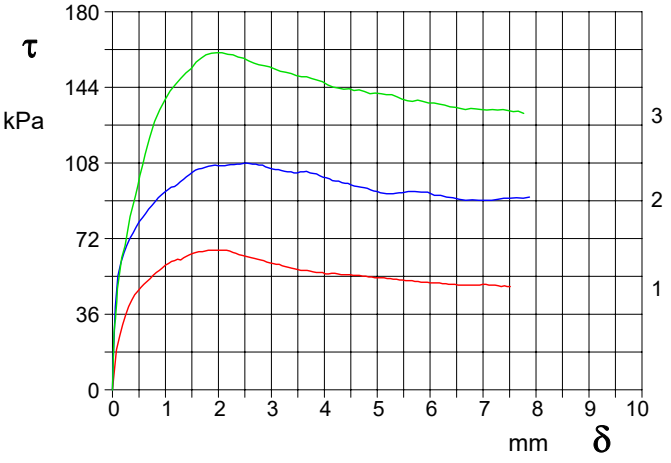


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	Graziani srl	
RIFERIMENTO:	Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)	
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 12.0-12.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	21,8	%
Peso di volume	19,2	kN/m³
Peso di volume secco	15,8	kN/m³
Peso di volume saturo	19,7	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	0,678	
Porosità	40,4	%
Grado di saturazione	86,7	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0,2	%
Sabbia	65,2	%
Limo	26,9	%
Argilla	7,7	%
D 10	0,004072	mm
D 50	0,122349	mm
D 60	0,166604	mm
D 90	0,320038	mm
Passante set. 10	99,8	%
Passante set. 42	93,8	%
Passante set. 200	38,6	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	16,8	kPa
ϕ'	26,5	°
c'_{Res}		kPa
ϕ'_{Res}		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

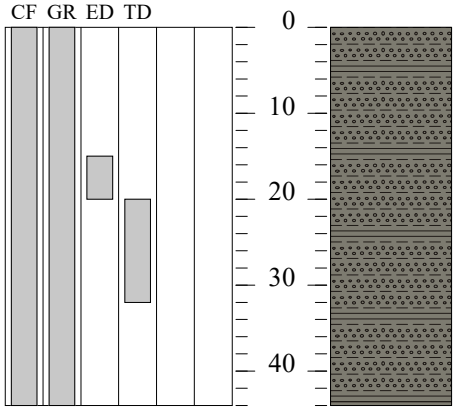
PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,3 ÷ 24,6	6165	0,003734	5,94E-08
24,6 ÷ 49,2	5430	0,006066	1,10E-07
49,2 ÷ 98,4	7598	0,004996	6,45E-08
98,4 ÷ 196,8	10994	0,002077	1,85E-08
196,8 ÷ 393,6	18566	0,001398	7,38E-09
393,6 ÷ 787,2	30750	0,004418	1,41E-08
787,2 ÷ 1574,4	47709	0,000739	1,52E-09

FOTOGRAFIA

OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
		44	Sabbia con limo debolmente argillosa MUNSELL SOIL COLOR: 5Y 5/2 Olive gray

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05422 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	16/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	17/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 12.0-12.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 21,8 %

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

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05423	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	16/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	16/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 12.0-12.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 19,2 kN/m³

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05424 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	24/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	27/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

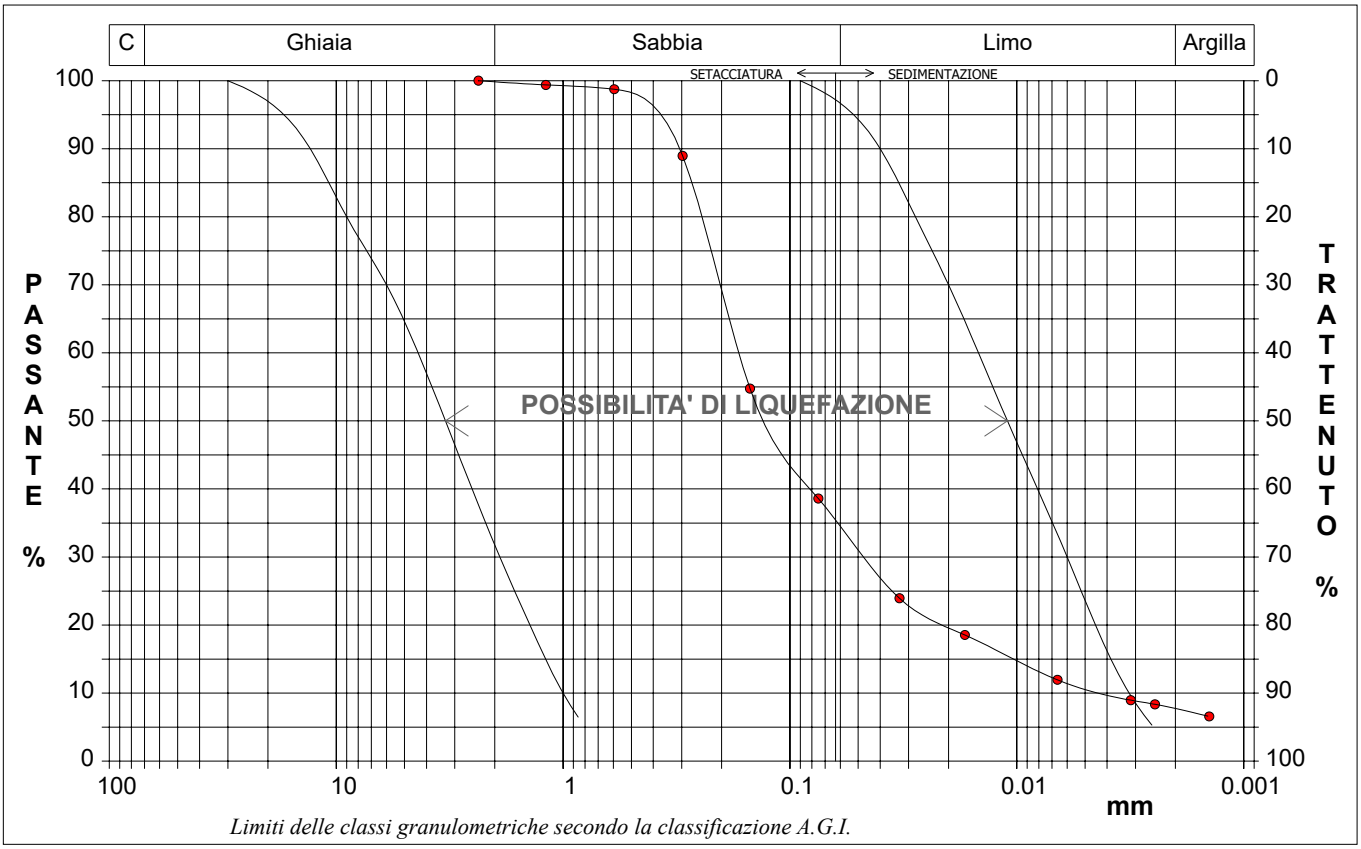
RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 12.0-12.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,8 %	D_{10}	0,00407 mm
Sabbia	65,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	93,8 %	D_{30}	0,04626 mm
Limo	26,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	38,6 %	D_{50}	0,12235 mm
Argilla	7,7 %			D_{60}	0,16660 mm
Coefficiente di uniformità	40,92	Coefficiente di curvatura	3,15	D_{90}	0,32004 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,3600	100,00	0,0750	38,61	0,0025	8,36				
1,1900	99,38	0,0329	23,93	0,0014	6,56				
0,5950	98,74	0,0169	18,54						
0,2970	88,95	0,0066	11,95					Setacci	5
0,1500	54,74	0,0031	8,96					Punti sediment.	6

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Chiara Colarusso

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05425	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	19/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	02/11/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 12.0-12.5

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	20,78
Umidità (%)	22,0
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	14,00
Indice dei vuoti	0,55
Porosità (%)	35,64
Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

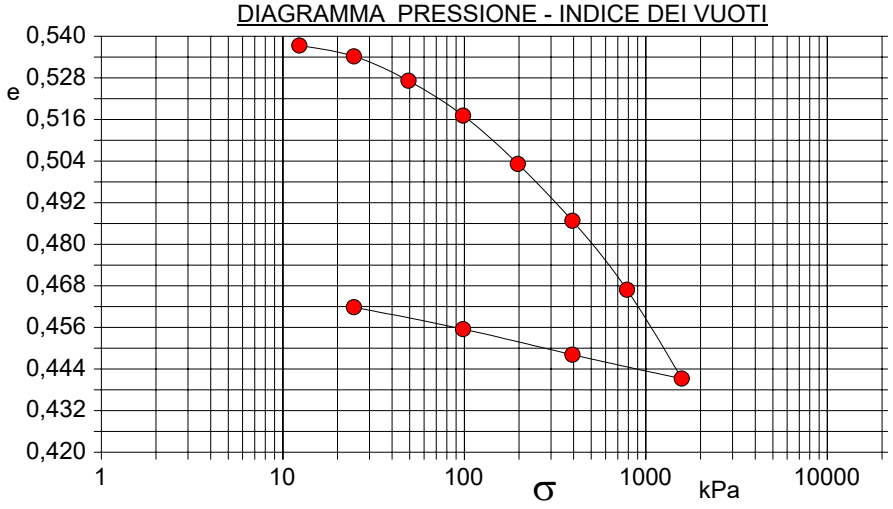
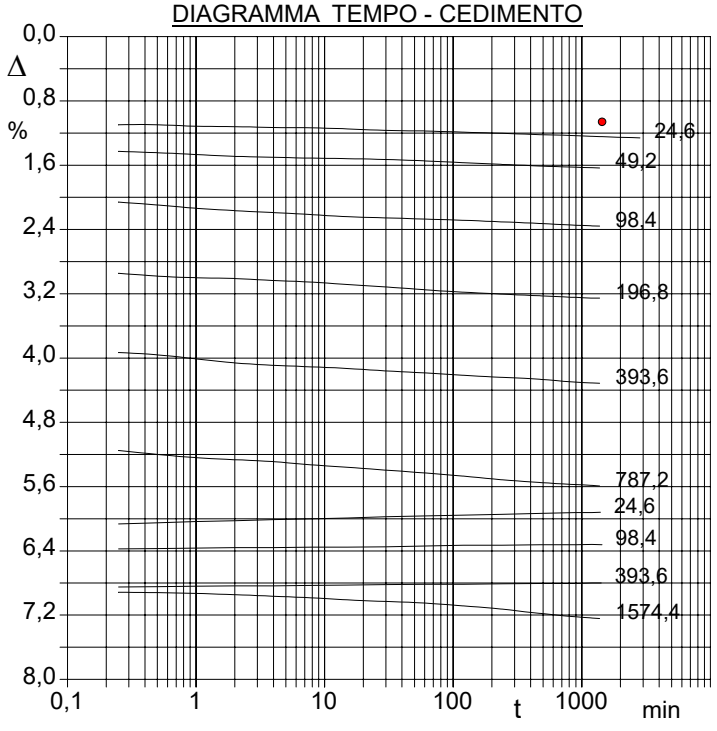
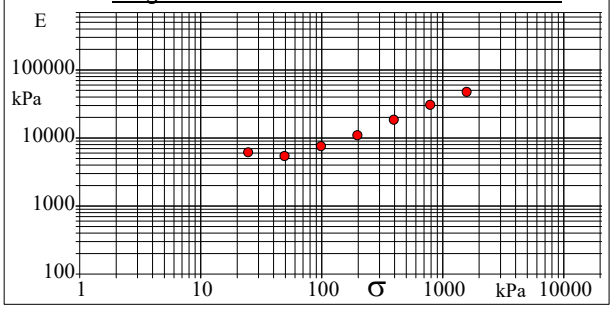


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,3	21,2	0,537				
24,6	25,2	0,534	0,003	6165	0,003734	5,94E-08
49,2	34,3	0,527	0,005	5430	0,006066	1,10E-07
98,4	47,2	0,517	0,006	7598	0,004996	6,45E-08
196,8	65,1	0,503	0,007	10994	0,002077	1,85E-08
393,6	86,3	0,487	0,007	18566	0,001398	7,38E-09
787,2	111,9	0,467	0,008	30750	0,004418	1,41E-08
1574,4	144,9	0,441	0,009	47709	0,000739	1,52E-09
393,6	136,0	0,448				
98,4	126,5	0,456				
24,6	118,4	0,462				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05425	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	19/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	02/11/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 12.0-12.5

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 24,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	21,2	2880,00	25,2
0,25	21,9		
0,50	21,9		
1,00	22,3		
2,00	22,4		
4,00	22,6		
8,00	22,7		
15,00	23,0		
30,00	23,3		
60,00	23,5		
120,00	23,8		
240,00	24,1		
480,00	24,4		
900,00	24,6		
1200,00	24,8		
1440,00	24,9		

Pressione 49,2 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	25,2		
0,25	28,5		
0,50	28,9		
1,00	29,3		
2,00	29,8		
4,00	30,0		
8,00	30,2		
15,00	30,4		
30,00	30,6		
60,00	30,9		
120,00	31,4		
240,00	31,8		
480,02	32,2		
900,02	32,5		
1200,02	32,6		
1440,02	32,7		

Pressione 98,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	34,3		
0,25	41,2		
0,50	41,9		
1,00	42,7		
2,00	43,3		
4,00	43,8		
8,00	44,3		
15,00	44,8		
30,00	45,1		
60,00	45,4		
120,00	45,7		
240,00	46,1		
480,00	46,5		
900,00	46,9		
1200,00	47,1		
1440,00	47,2		

Pressione 196,8 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	47,2		
0,25	58,9		
0,50	59,6		
1,00	60,0		
2,00	60,2		
4,00	60,7		
8,00	61,1		
15,00	61,7		
30,00	62,3		
60,00	63,0		
120,00	63,6		
240,00	64,1		
480,00	64,5		
900,00	64,9		
1200,00	65,1		
1440,00	65,1		

Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	65,1		
0,25	78,6		
0,50	79,2		
1,00	80,2		
2,00	81,2		
4,00	81,8		
8,00	82,2		
15,00	82,6		
30,00	83,2		
60,00	83,7		
120,00	84,3		
240,00	84,8		
480,00	85,3		
900,00	86,0		
1200,00	86,2		
1440,00	86,3		

Pressione 787,2 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	86,3		
0,25	103,0		
0,50	104,0		
1,00	104,8		
2,00	105,3		
4,00	105,8		
8,00	106,6		
15,00	107,2		
30,00	107,9		
60,00	108,6		
120,00	109,4		
240,00	110,3		
480,00	111,0		
900,00	111,5		
1200,00	111,7		
1440,00	111,9		

Pressione 1574,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	111,9		
0,25	138,3		
0,50	138,4		
1,00	138,6		
2,00	138,9		
4,00	139,3		
8,00	139,7		
15,00	140,2		
30,00	140,6		
60,00	141,0		
120,00	141,7		
240,00	142,5		
480,00	143,6		
900,00	144,4		
1200,00	144,7		
1440,00	144,9		

Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	144,9		
0,25	137,0		
0,50	136,9		
1,00	136,8		
2,00	136,7		
4,00	136,7		
8,00	136,6		
15,00	136,5		
30,00	136,4		
60,00	136,3		
120,00	136,3		
240,00	136,2		
480,00	136,1		
900,00	136,1		
1200,00	136,0		
1414,27	136,0		

Pressione 98,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	136,0		
0,25	127,5		
0,50	127,4		
1,00	127,3		
2,00	127,2		
4,00	127,2		
8,00	127,1		
15,00	127,1		
30,00	127,0		
60,00	126,8		
120,00	126,6		
240,00	126,6		
480,00	126,5		
900,00	126,5		
1200,00	126,4		
1440,00	126,5		

Pressione 24,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	126,5		
0,25	121,3		
0,50	121,0		
1,00	120,7		
2,00	120,5		
4,00	120,2		
8,00	120,0		
15,00	119,8		
30,00	119,5		
60,00	119,3		
120,00	119,1		
240,00	118,9		
480,02	118,7		
900,02	118,5		
1200,02	118,5		
1397,77	118,4		

Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100

Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05426 Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	31/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 12.0-12.5

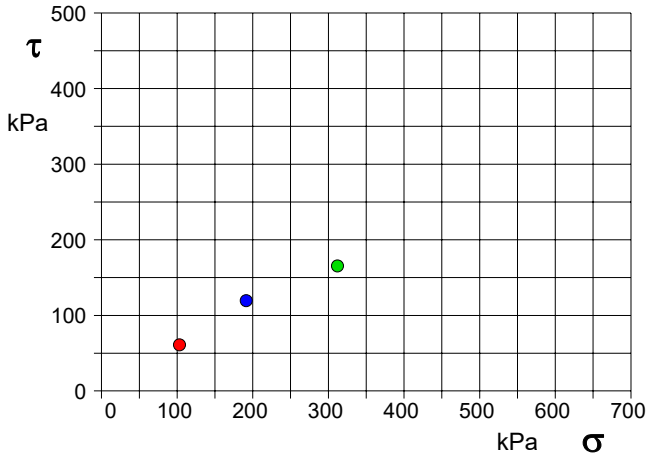
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	61	119	165
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,18	3,24	3,47
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,06	0,05	0,12
Umidità naturale (%):	- - -	- - -	- - -
Peso di volume (kN/m³):	19,4	19,1	19,1

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,050 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

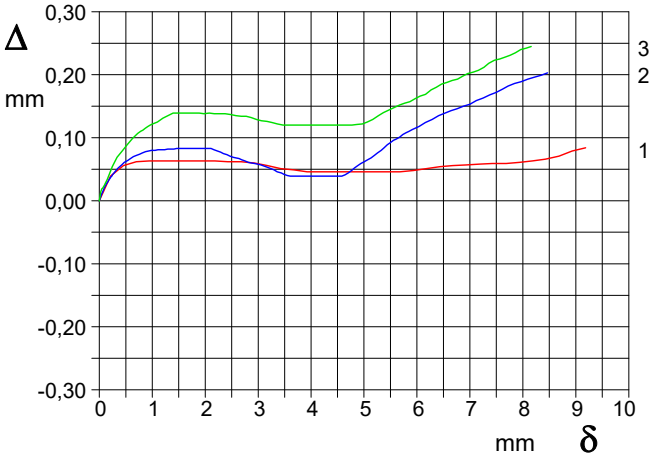


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

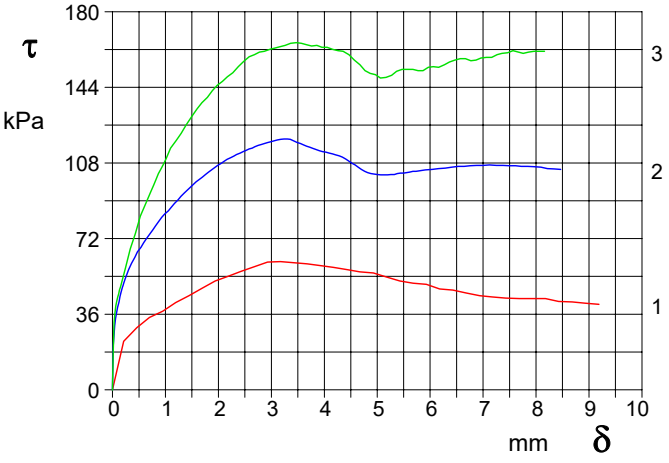


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05426 Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi:	31/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 12.0-12.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,212	23,1	0,04	0,008	14,3	0,00	0,014	19,1	0,01
0,457	29,6	0,06	0,040	30,6	0,01	0,047	36,9	0,02
0,698	34,5	0,06	0,096	39,2	0,02	0,099	44,2	0,03
0,948	37,4	0,06	0,163	46,6	0,03	0,152	48,9	0,03
1,195	41,5	0,06	0,211	50,7	0,04	0,430	74,4	0,08
1,443	44,8	0,06	0,247	53,3	0,04	0,725	94,4	0,11
1,691	48,3	0,06	0,422	63,1	0,06	0,867	103,0	0,12
1,940	51,8	0,06	0,590	70,0	0,07	1,006	109,7	0,12
2,183	54,0	0,06	0,761	76,1	0,07	1,297	122,1	0,14
2,427	56,4	0,06	0,930	82,1	0,08	1,596	133,8	0,14
2,678	58,6	0,06	1,108	86,9	0,08	1,887	142,4	0,14
2,930	60,8	0,06	1,293	92,1	0,08	2,169	149,1	0,14
3,175	61,0	0,06	1,464	96,2	0,08	2,480	156,4	0,14
3,424	60,5	0,05	1,637	100,1	0,08	2,774	160,8	0,13
3,675	60,0	0,05	1,814	103,6	0,08	3,063	162,7	0,13
3,925	59,1	0,05	1,986	106,9	0,08	3,363	165,0	0,12
4,173	58,3	0,05	2,165	109,7	0,08	3,665	164,3	0,12
4,429	57,2	0,05	2,344	112,1	0,08	3,956	163,1	0,12
4,672	56,2	0,05	2,525	114,0	0,07	4,257	161,5	0,12
4,928	55,6	0,05	2,690	115,7	0,07	4,569	157,0	0,12
5,173	53,7	0,05	2,872	117,3	0,06	4,869	150,7	0,12
5,427	51,8	0,05	3,055	118,6	0,06	5,165	148,8	0,13
5,677	50,7	0,05	3,240	119,4	0,05	5,470	152,6	0,14
5,929	50,2	0,05	3,436	118,3	0,04	5,771	151,9	0,16
6,182	48,0	0,05	3,608	116,6	0,04	6,060	153,8	0,17
6,431	47,5	0,05	3,786	114,9	0,04	6,366	156,1	0,18
6,679	46,1	0,06	3,969	113,4	0,04	6,668	157,7	0,19
6,934	44,8	0,06	4,158	112,3	0,04	6,960	158,0	0,20
7,178	44,2	0,06	4,342	110,8	0,04	7,264	159,6	0,21
7,426	43,7	0,06	4,520	107,9	0,04	7,564	161,5	0,23
7,685	43,4	0,06	4,701	104,9	0,04	7,861	160,8	0,24
7,934	43,4	0,06	4,882	103,0	0,06	8,158	161,2	0,25
8,179	43,4	0,06	5,068	102,3	0,07			
8,425	42,1	0,07	5,256	102,5	0,08			
8,683	41,8	0,07	5,441	103,2	0,09			
8,932	41,2	0,08	5,612	103,6	0,10			
9,186	40,7	0,08	5,792	104,3	0,11			
			6,038	104,9	0,12			
			6,410	106,0	0,14			
			6,759	106,6	0,15			
			7,120	107,1	0,16			
			7,497	106,6	0,17			
			7,845	106,4	0,19			
			8,215	105,3	0,20			

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05426	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE:	06/11/23	Inizio analisi:	27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23		Apertura campione:	16/10/23	Fine analisi:	31/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 12.0-12.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,300
Altezza finale (cm)	2,241
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

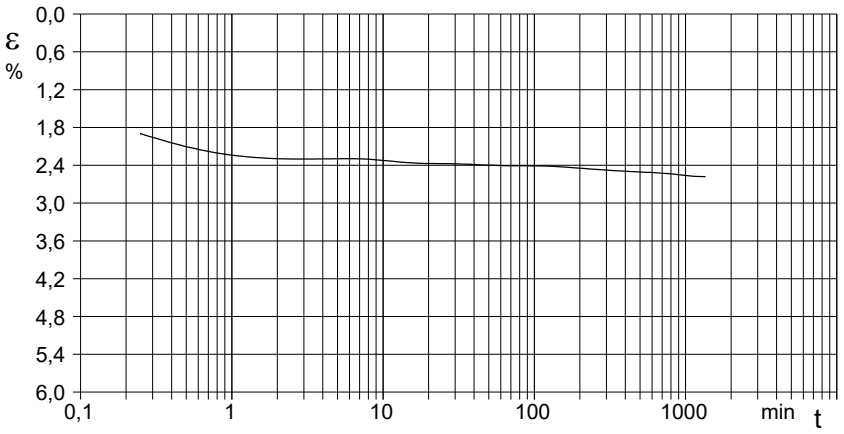


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,300
Altezza finale (cm)	2,255
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

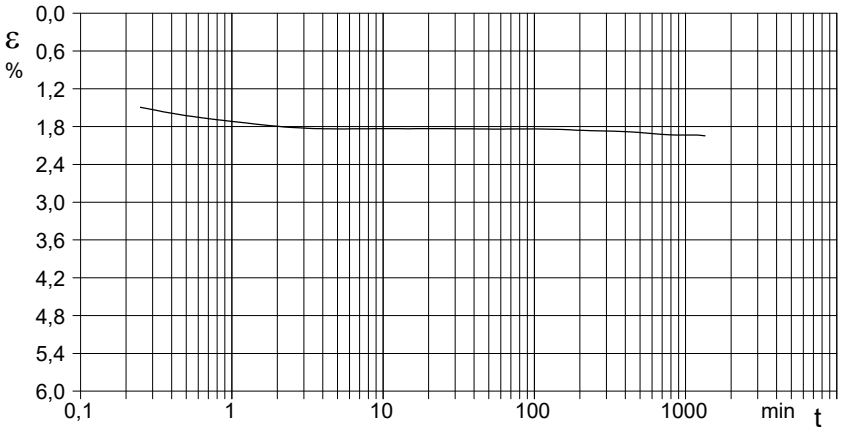
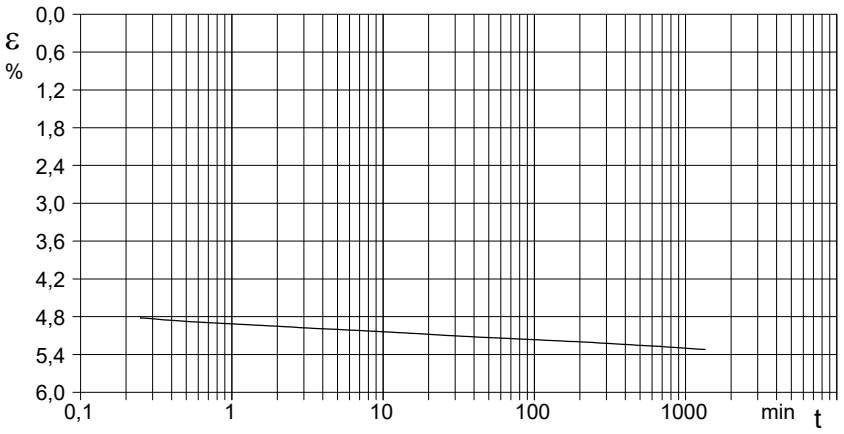


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,300
Altezza finale (cm)	2,178
Sezione (cm²):	28,27
T_{50} (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

LABOTER S.r.l.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05426 Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 06/11/23	Inizio analisi: 27/10/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 448 del 22/09/23	Apertura campione: 16/10/23	Fine analisi: 31/10/23

COMMITTENTE: Graziani srl

RIFERIMENTO: Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)

SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 12.0-12.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.
minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	43,70	1,90	0,25	34,40	1,50	0,25	110,80	4,82
0,50	48,40	2,10	0,50	37,40	1,63	0,50	112,10	4,87
1,00	51,50	2,24	1,00	39,50	1,72	1,00	113,00	4,91
2,00	52,80	2,30	2,00	41,30	1,80	2,00	113,90	4,95
4,00	52,90	2,30	4,00	42,20	1,83	4,00	114,80	4,99
8,00	53,00	2,30	8,00	42,20	1,83	8,00	115,60	5,03
15,00	54,30	2,36	15,00	42,20	1,83	15,00	116,40	5,06
30,00	54,70	2,38	30,00	42,20	1,83	30,00	117,40	5,10
60,00	55,30	2,40	60,00	42,30	1,84	60,00	118,20	5,14
120,00	55,50	2,41	120,00	42,30	1,84	120,00	119,00	5,17
240,00	56,60	2,46	240,00	42,90	1,87	240,00	119,80	5,21
480,00	57,60	2,50	480,00	43,50	1,89	480,00	120,80	5,25
900,00	58,60	2,55	900,00	44,50	1,93	900,00	121,70	5,29
1200,00	59,30	2,58	1200,00	44,50	1,93	1200,00	122,20	5,31
1440,00	59,30	2,58	1440,00	45,00	1,96	1440,00	122,40	5,32

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

COMMITTENTE:	Graziani srl	
RIFERIMENTO:	Zona industriale Laura - Lorenzana (PI)	
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 12.0-12.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

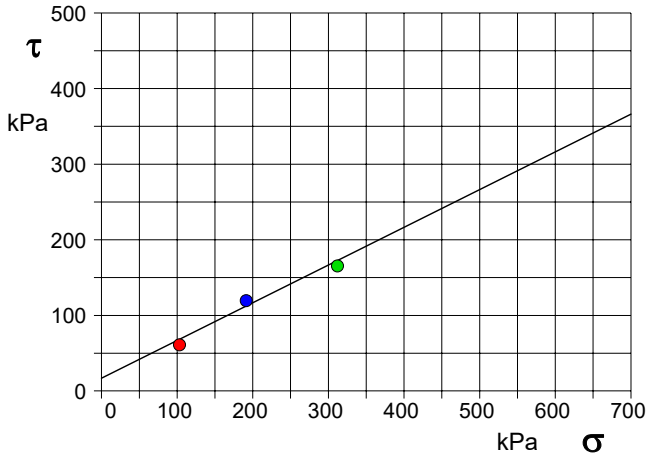
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	61	119	165
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,18	3,24	3,47
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,06	0,05	0,12
Umidità naturale (%):	- - -	- - -	- - -
Peso di volume (kN/m³):	19,4	19,1	19,1

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione:	16,8 kPa
Angolo di attrito interno:	26,5 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,050 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



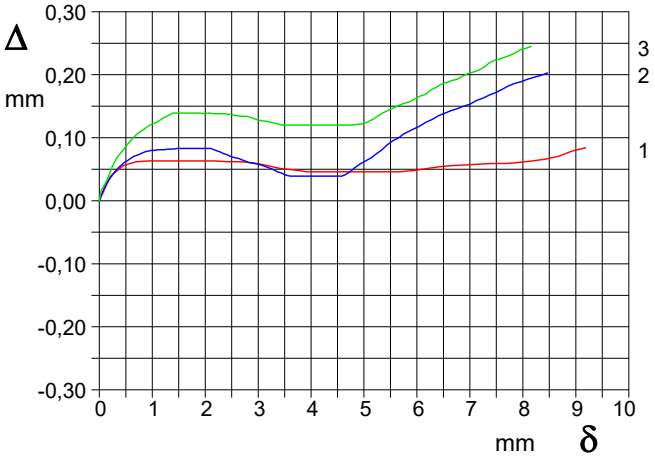


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

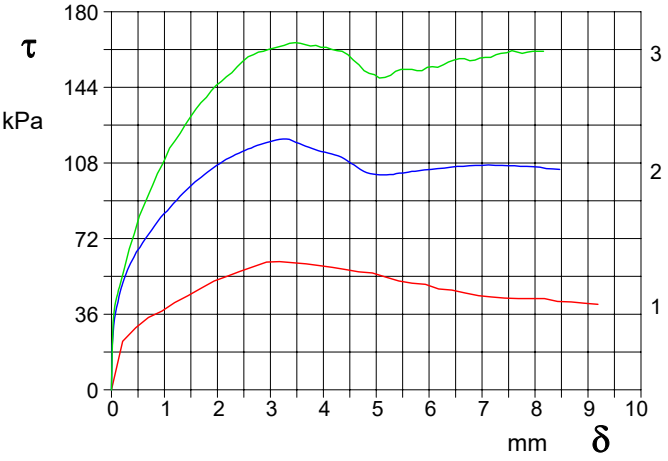


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)
tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712
P.IVA 02019570460

INDAGINI GEOGNOSTICHE

prove in situ

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 5021 del 24/05/2011

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT

Il presente certificato è composto da n. 5 pagine

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1977
deviazioni dalla norma:

verbale di accettazione n. **128/2023** del **19/09/2023**
certificato di prova n. **198/2023** del **20/09/2023**

Comm.te: **Dott. Geol. Ciulli**
Località: **Via Karol Wojtyla, loc. Laura, Crespina Lorenzana (PI)**
prova n. **1**

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

penetrometro: Pagani TG 63-100/200 n. matricola P 001138
sistema di ancoraggio ϕ: 100 x 1000
sistema di misura: selettore con cella di carico e scheda elettronica acquisizione dati manuale
punta: conica meccanica

diametro	3.57	cm
area punta	10	cm^2
angolo di apertura	60	°
area manicotto	150	cm^2

DATI DI PROVA

data inizio lavori: 20/09/2023
data fine lavori: 20/09/2023
Prescavo profondità *metri* 0.80
Installato piezometro *metri* 0.00

prof. inizio prova (m): - 0.80 da p.c.
prof. fine prova (m): - 15.00 da p.c.
totale metri prova: 14.20 m
livello di falda (m): - Non rilev. da p.c.

profondità base strato da p.c. (m)	*Letture di campagna (kg/cm²)*		*Forza assiale (kN)*		*Resistenza alla punta - q_c (MPa)*	*Attrito laterale unitario - f_s (kPa)*	*q_c/f_s*	*note*
	punta	*punta + manicotto*	*punta*	*punta + manicotto*				
0.20								
0.40								
0.60								
0.80								
1.00	42.00	83.00	4.10	8.12	4.10	387.49	10.57	
1.20	38.00	95.00	3.70	9.29	3.70	251.53	14.72	

Lo sperimentatore

Geognostica

55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)
tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712
P.IVA 02019570460

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 5021 del 24/05/2011

profondità da p.c. (m)	*Letture (kg/cm2)*		*Forza assiale (kN)*		*Resistenza alla punta - q_c (MPa)*	*Attrito laterale unitario - f_s (kPa)*	*q_c/f_s*	*note*
	punta	*punta + manicotto*	*punta*	*punta + manicotto*				
1.40	33.00	70.00	3.21	6.84	3.21	258.33	12.42	
1.60	23.00	61.00	2.23	5.95	2.23	197.15	11.29	
1.80	18.00	47.00	1.73	4.58	1.73	156.36	11.08	
2.00	17.00	40.00	1.63	3.89	1.63	163.15	10.00	
2.20	18.00	42.00	1.73	4.08	1.73	149.56	11.55	
2.40	18.00	40.00	1.72	3.88	1.72	135.96	12.68	
2.60	15.00	35.00	1.43	3.39	1.43	163.15	8.75	
2.80	18.00	42.00	1.72	4.07	1.72	115.57	14.87	
3.00	12.00	29.00	1.13	2.79	1.13	95.17	11.85	
3.20	8.00	22.00	0.73	2.11	0.73	95.17	7.70	
3.40	8.00	22.00	0.73	2.10	0.73	81.58	8.95	
3.60	7.00	19.00	0.63	1.81	0.63	67.98	9.26	
3.80	4.00	14.00	0.33	1.31	0.33	33.99	9.79	
4.00	6.00	11.00	0.53	1.02	0.53	40.79	12.90	
4.20	3.00	9.00	0.23	0.82	0.23	33.99	6.75	
4.40	9.00	14.00	0.82	1.31	0.82	27.19	29.97	
4.60	9.00	13.00	0.81	1.20	0.81	33.99	23.90	
4.80	4.00	9.00	0.32	0.81	0.32	27.19	11.75	
5.00	5.00	9.00	0.41	0.81	0.41	40.79	10.17	
5.20	5.00	11.00	0.41	1.00	0.41	40.79	10.11	
5.40	4.00	10.00	0.31	0.90	0.31	33.99	9.16	
5.60	6.00	11.00	0.50	1.00	0.50	54.38	9.29	
5.80	7.00	15.00	0.60	1.38	0.60	67.98	8.83	
6.00	12.00	22.00	1.09	2.07	1.09	61.18	17.78	
6.20	10.00	19.00	0.89	1.77	0.89	61.18	14.54	
6.40	23.00	32.00	2.16	3.04	2.16	81.58	26.50	
6.60	22.00	34.00	2.06	3.24	2.06	61.18	33.68	
6.80	18.00	27.00	1.67	2.55	1.67	67.98	24.51	
7.00	16.00	26.00	1.47	2.45	1.47	61.18	23.98	
7.20	5.00	14.00	0.39	1.27	0.39	33.99	11.35	
7.40	4.00	9.00	0.29	0.78	0.29	27.19	10.48	
7.60	4.00	8.00	0.28	0.67	0.28	33.99	8.31	
7.80	5.00	10.00	0.38	0.87	0.38	33.99	11.11	
8.00	4.00	9.00	0.28	0.77	0.28	33.99	8.15	
8.20	4.00	9.00	0.27	0.76	0.27	67.98	4.04	
8.40	10.00	20.00	0.86	1.84	0.86	33.99	25.31	
8.60	7.00	12.00	0.56	1.05	0.56	33.99	16.57	
8.80	5.00	10.00	0.36	0.85	0.36	27.19	13.41	
9.00	5.00	9.00	0.36	0.75	0.36	47.59	7.61	

Lo sperimentatore

Geognostica

55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)
tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712
P.IVA 02019570460

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 5021 del 24/05/2011

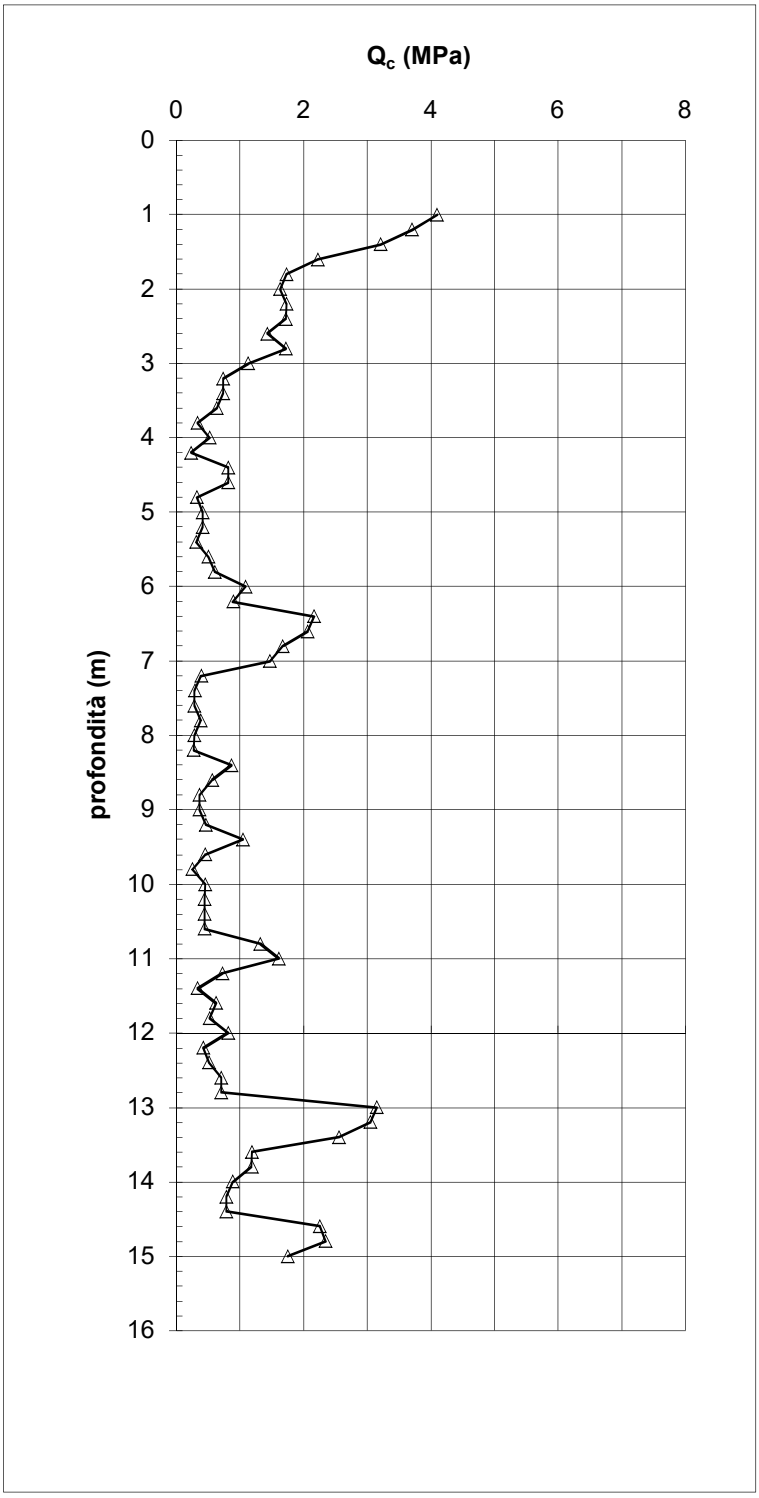
profondità da p.c. (m)	*Letture (kg/cm2)*		*Forza assiale (kN)*		*Resistenza alla punta - q_c (MPa)*	*Attrito laterale unitario - f_s (kPa)*	*q_c/f_s*	*note*
	punta	*punta + manicotto*	*punta*	*punta + manicotto*				
9.20	6.00	13.00	0.46	1.14	0.46	47.59	9.61	
9.40	12.00	19.00	1.04	1.73	1.04	47.59	21.92	
9.60	6.00	13.00	0.45	1.14	0.45	33.99	13.30	
9.80	4.00	9.00	0.25	0.74	0.25	20.39	12.42	
10.00	6.00	9.00	0.45	0.74	0.45	27.19	16.43	
10.20	6.00	10.00	0.44	0.84	0.44	40.79	10.89	
10.40	6.00	12.00	0.44	1.03	0.44	47.59	9.28	
10.60	6.00	13.00	0.44	1.13	0.44	47.59	9.22	
10.80	15.00	22.00	1.32	2.01	1.32	54.38	24.25	
11.00	18.00	26.00	1.61	2.39	1.61	47.59	33.84	
11.20	9.00	16.00	0.73	1.41	0.73	47.59	15.24	
11.40	5.00	12.00	0.33	1.02	0.33	81.58	4.05	
11.60	8.00	20.00	0.62	1.80	0.62	33.99	18.29	
11.80	7.00	12.00	0.52	1.01	0.52	27.19	19.16	
12.00	10.00	14.00	0.81	1.20	0.81	33.99	23.90	
12.20	6.00	11.00	0.42	0.91	0.42	27.19	15.36	
12.40	7.00	11.00	0.51	0.91	0.51	40.79	12.58	
12.60	9.00	15.00	0.71	1.29	0.71	74.78	9.45	
12.80	9.00	20.00	0.70	1.78	0.70	61.18	11.50	
13.00	34.00	43.00	3.15	4.04	3.15	47.59	66.26	
13.20	33.00	40.00	3.05	3.74	3.05	81.58	37.41	
13.40	28.00	40.00	2.56	3.74	2.56	74.78	34.22	
13.60	14.00	25.00	1.18	2.26	1.18	67.98	17.41	
13.80	14.00	24.00	1.18	2.16	1.18	40.79	28.95	
14.00	11.00	17.00	0.88	1.47	0.88	47.59	18.58	
14.20	10.00	17.00	0.78	1.47	0.78	33.99	23.05	
14.40	10.00	15.00	0.78	1.27	0.78	54.38	14.36	
14.60	25.00	33.00	2.25	3.03	2.25	47.59	47.26	
14.80	26.00	33.00	2.34	3.03	2.34	95.17	24.63	
15.00	20.00	34.00	1.75	3.13	1.75			
15.20								
15.40								
15.60								
15.80								
16.00								
16.20								
16.40								
16.60								
16.80								
17.00								

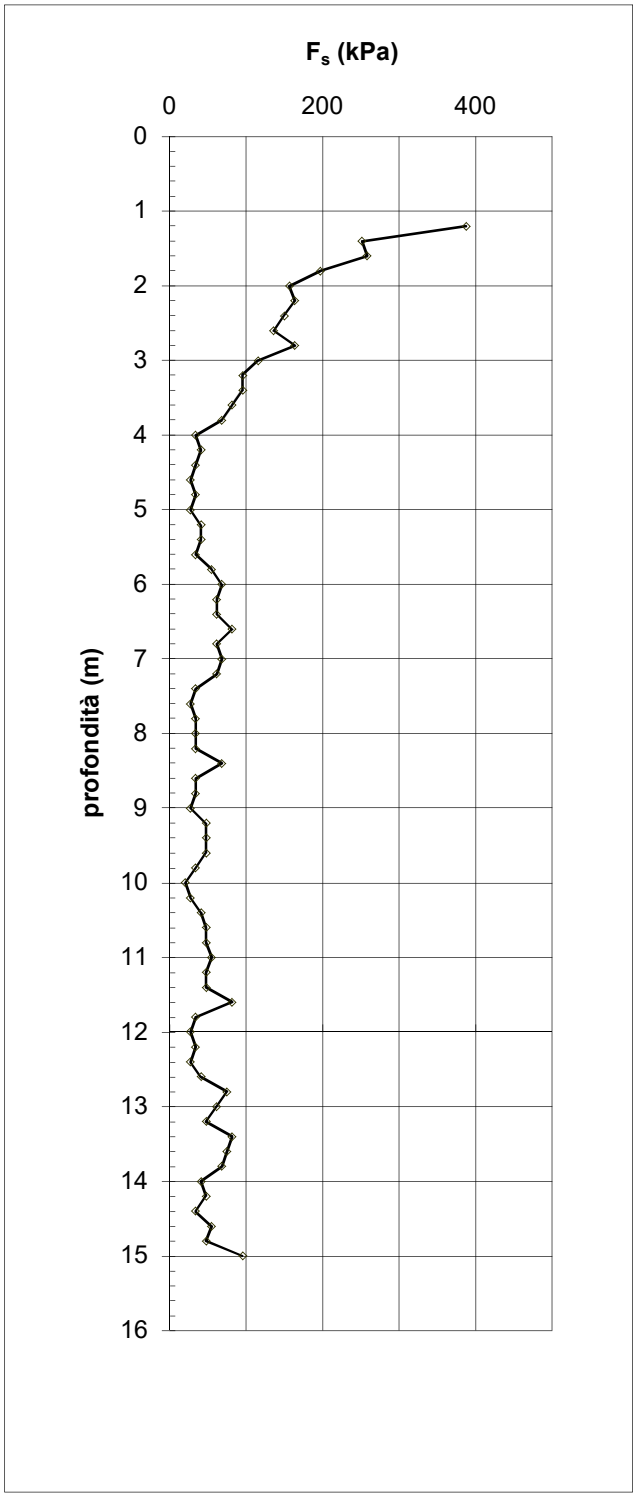
Lo sperimentatore

55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)
tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712
P.IVA 02019570460

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 5021 del 24/05/2011

DIAGRAMMI



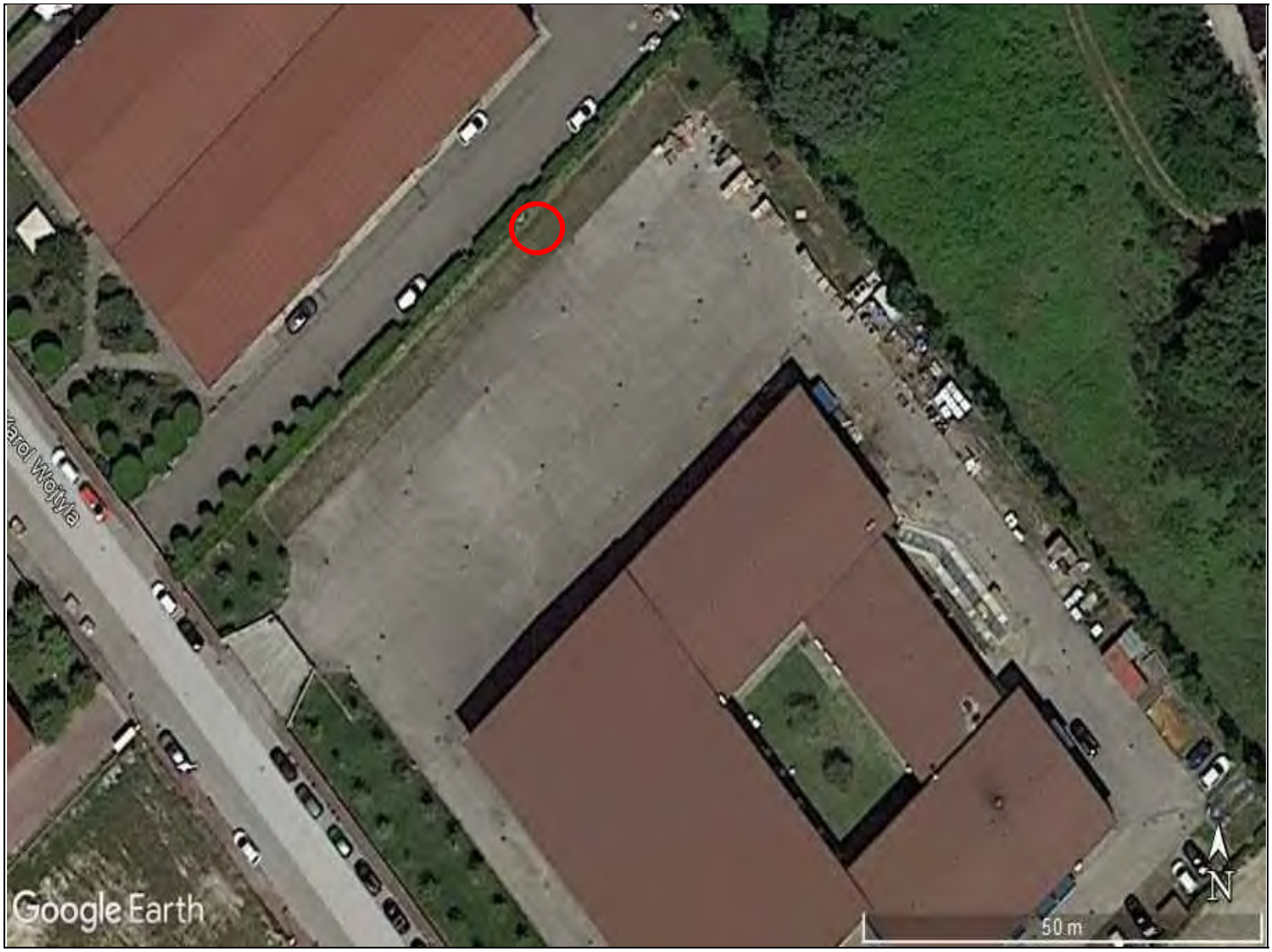


Lo sperimentatore

55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)
tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712
P.IVA 02019570460

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 5021 del 24/05/2011

UBICAZIONE DELLA PROVA



Note

Lo sperimentatore

STUDIO ASSOCIATO

GEOLOGIA

di Carmignani e Seghieri

COMUNE DI LORENZANA (PI)

Indagine geofisica down hole eseguita in loc. Pian di Laura per la realizzazione di capannone per uso industriale

Comm.te:

Geol. Ciulli Lorenzo

Ottobre 2023

Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHIERI Giorgio
Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO (LU) P. IVA 01664030465
Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE (PT)
tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail *andreacarmignani@interfree.it*

Indagine geofisica down hole eseguita in loc. Pian di Laura
per la realizzazione di capannone per uso industriale

Comm.te:
Geol. Ciulli Lorenzo

PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati di un'indagine sismica "down hole" eseguita, su incarico della committenza, nel comune di Lorenzana in loc. Pian di Laura, per la realizzazione di un capannone per uso industriale

Le misure sono state effettuate all'interno di un sondaggio geognostico attrezzato per l'esecuzione di prove down-hole, che sono state eseguite nel tratto compreso tra 35 m di profondità ed il piano di campagna.

GENERALITÀ SULLE PROSPEZIONI SISMICHE DOWN HOLE

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 opportunamente rivestito (figura 1).

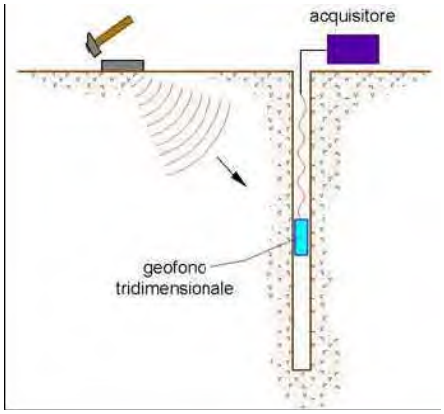


Figura 1 – Schema down hole ad un solo ricevitore

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

1) una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
2) 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;
3) un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
4) un trasduttore (trigger) per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.

Durante la perforazione, per ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, i fori vengono sostenuti mediante rivestimento o di fanghi bentonici e il loro diametro viene mantenuto piuttosto piccolo (mediamente ϕ < 15 cm).

I fori vengono poi rivestiti mediante tubazioni, generalmente in PVC pesante da piezometri ϕ 80 mm, e riempiti con una malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e talvolta bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

Prima di iniziare l'indagine è opportuno assicurarsi che il foro sia libero da strozzature e che il tubo di rivestimento non presenti lesioni.

La sorgente consiste in una piastra (di alluminio, acciaio, legno, …) per l'energizzazione delle onde Vp che, dopo avere opportunamente predisposto il piano di appoggio, viene adagiata in superficie ad una distanza di 1,5 – 3,0 m; alla stessa distanza è posta la trave di battuta per l'energizzazione delle onda Vs, orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse foro.

Alla sorgente (mazza di battuta od esplosivo) è agganciato il trasduttore di velocità o l'interruttore meccanico utilizzato come trigger.

A questo punto il ricevitore viene assicurato alla parete del tubo di rivestimento in PVC

mediante il dispositivo ad aria compressa integrato nel geofono tridimensionale, e le sorgenti vengono colpite rispettivamente in senso verticale (per generare onde di compressione P) e lateralmente (generando onde di taglio SH); al momento dell'energizzazione, con massa battente da almeno 5 kg, 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 - 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 2), r la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (tcorr) mediante la seguente formula di conversione:

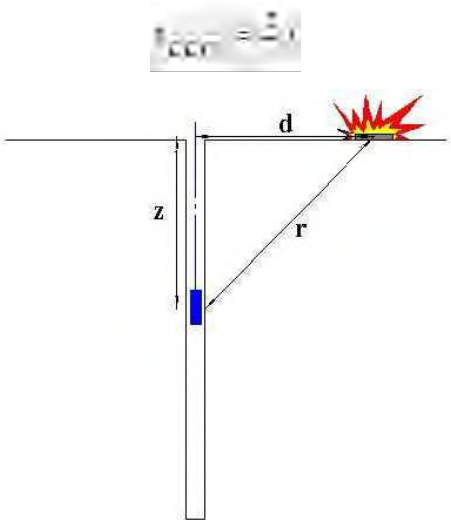


Figura 2 – Schema di down hole con metodo diretto

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 3).

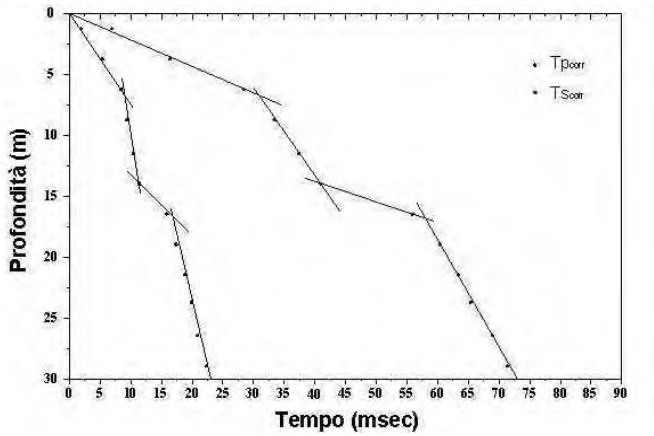


Figura 3 – Grafico delle dromocrone

Ottenuti graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, e i seguenti parametri:

1) coefficiente di Poisson medio:

$$\nu = (0{,}5\ (Vp/Vs)^2 - 1) / ((Vp/Vs)^2 - 1)$$

2) modulo di Young medio:

$$E = Vs^2\ \gamma\ ((3Vp^2 - 4Vs^2) / (Vp^2 - Vs^2))$$

3) modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$K = \gamma\ (Vp^2 - 4/3\ Vs^2)$$

Interpretazione - Metodo intervallo

Con il metodo intervallo i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due ricevitori consecutivi (figura 4) posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (velocità d'intervallo).

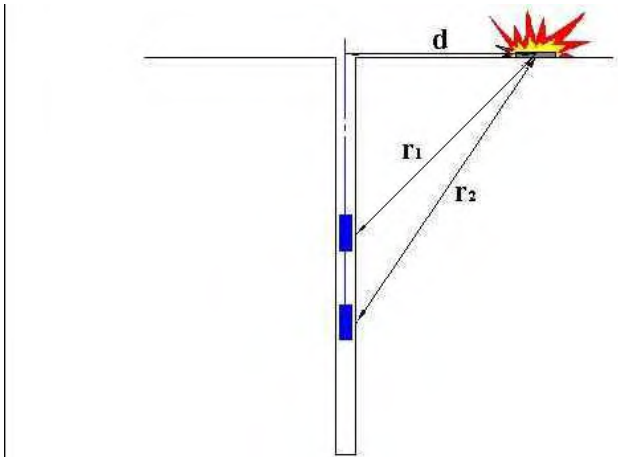


Figura 4 – Schema di down hole con metodo intervallo

Quando si dispone di un solo ricevitore, cioè nell'ipotesi in cui le coppie non corrispondano ad un unico impulso, i valori di velocità determinati vengono definiti di pseudo-intervallo, consentendo un'apparente migliore definizione del profilo di velocità.

Ottenute le misure è possibile calcolare i tempi corretti con la 1.0) e la velocità di intervallo delle onde P e S, con relativo grafico (figura 6), con la formula seguente:

$$V_{p,s} = \frac{r_2 - r_1}{t_{2corr} - t_{1corr}}$$

Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHIERI Giorgio
Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO (LU) P. IVA 01664030465
Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE (PT)
tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail *andreacarmignani@interfree.it*

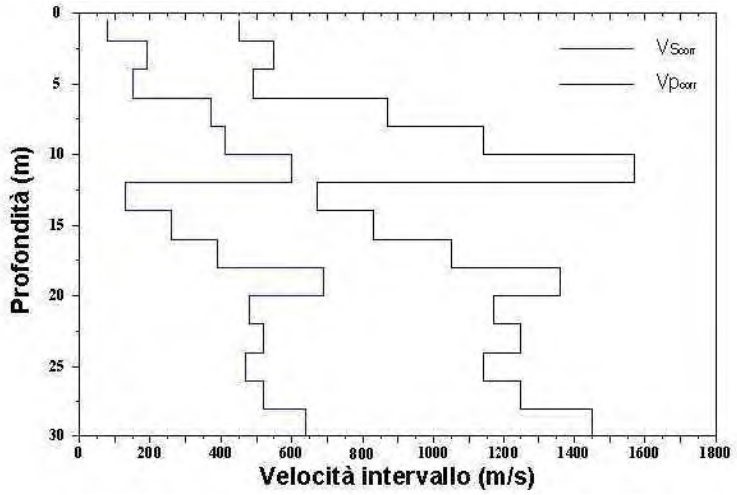


Figura 6 – Profilo delle velocità sismiche con metodo intervallo

Ottenute le velocità intervallo si calcolano la densità, il coefficiente di Poisson, il modulo di deformazione a taglio, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di Young, il modulo di compressibilità volumetrica per ogni intervallo con le formule riportate sopra.

I limiti del metodo intervallo sono :

a) esso non tiene conto della velocità degli strati sovrastanti;

b) non è applicabile nel caso in cui $t2_{corr} < t1_{corr}$.

ATTREZZATURA E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura *AMBROGEO "ECHO 12-24/2002 Sismic Unit"*, avente le seguenti caratteristiche:

. numero di canali: 24
. sampler interval: 0,296 msec
. A/D conversion: 16 bit
. input impedance: 1KOhm
. Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)
. saturation tension: +/- 2,3 V

. saturation level: 100 dB
. distorsion: 0,01%
. sampler:
25 msec (191 punti)
50 msec (383 punti)
100 msec (1530 punti)
200 msec (3060 punti)
400 msec (6121 punti)

1000 msec
. sampling: 130 micro/sec
. filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
. digital filter low pass: 1000-50
. digital filter high pass: 0-250
. frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
. dynamic range: 93 dB
. noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
. crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
. power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è "ECHO 2002" vers. 7.00.

L'attrezzatura è completata da geofono down hole tridimensionale con bombola di aria compressa per il "packer" di ancoraggio, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter e/o cannoncino per cartucce industriali con geofono starter per le onde *Sp*, cavo trigger da 200 m montato su rullo e trave di battuta per le onde *Sh*.

Le energizzazioni sono state eseguite a 3.00 m dall'asse del foro con rilievo delle onde sismiche Sp ed Sh. Il canale 1 del sismografo è stato utilizzato per l'acquisizione delle onde Vp, con tempo di acquisizione 200 msec, mentre i canali 2 e 3 sono stati utilizzati per l'acquisizione delle onde Vs collegandosi ai due sensori ortogonali del geofono tridimensionale, con tempo di acquisizione 200 msec.

L'acquisizione è iniziata da – 35 m da p.c., fino alla quota di -1 m da p.c.

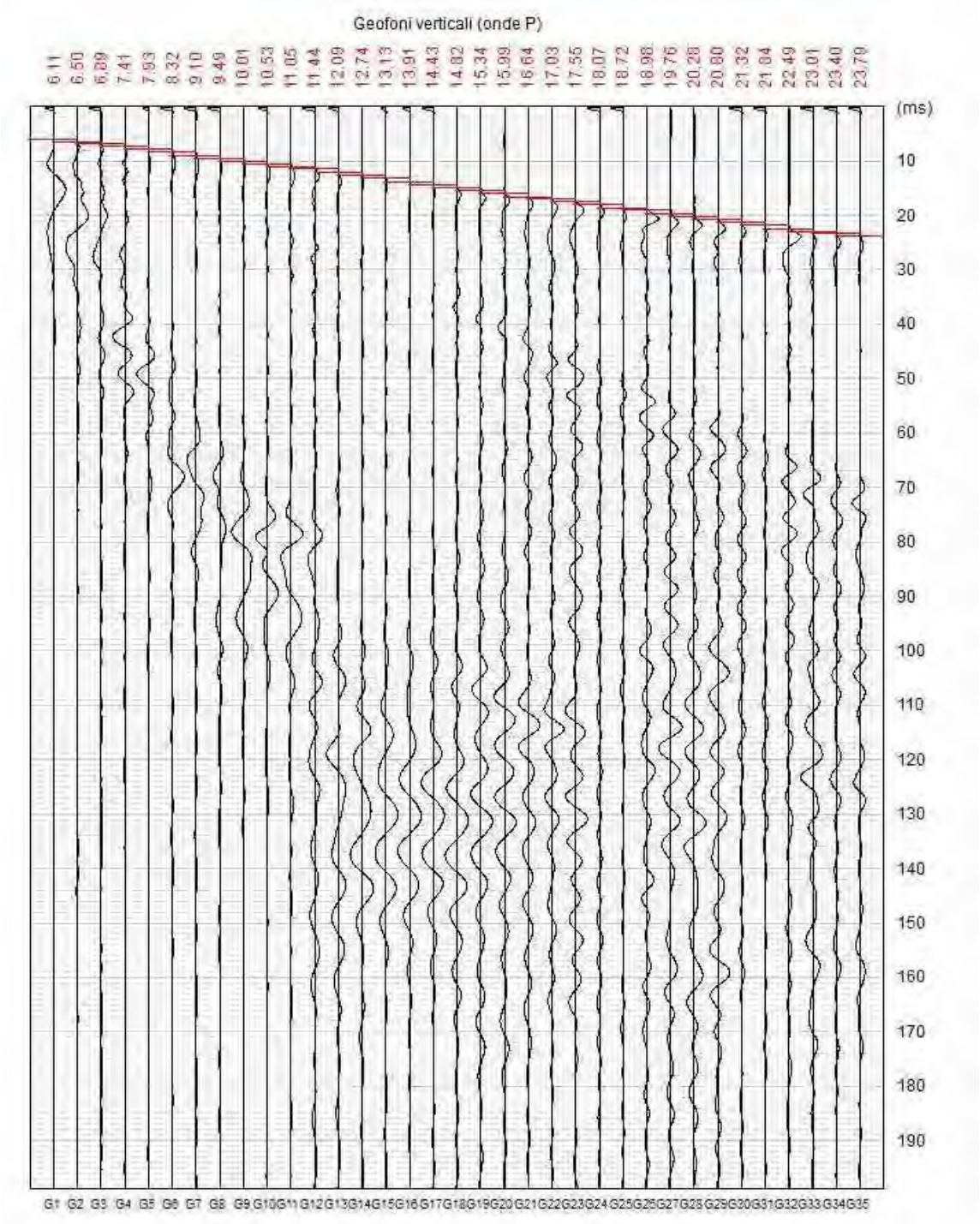
INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per l'interpretazione dei dati è stato utilizzato il software *Intersism 2.0* della *geo&soft international*. Tale programma è in grado di operare direttamente con i dati della strumentazione *Ambrogeo* (*.dat *.sgy) per la definizione dei tempi di primo arrivo ed il successivo tracciamento delle *dromocrone* (*travel-time curves*).

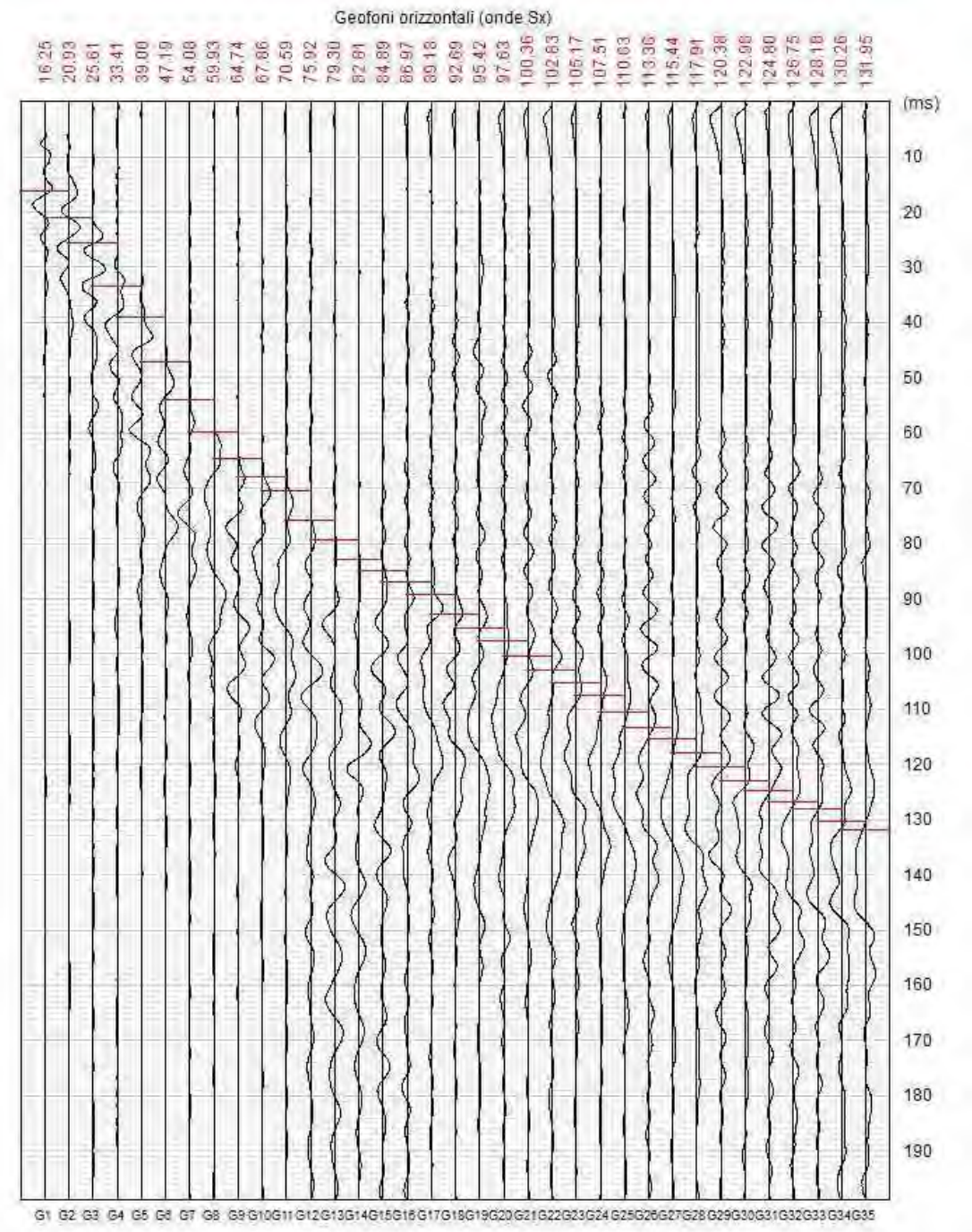
Il calcolo è stato eseguito con il metodo dell'intercetta, che nal caso specifico si è dimostrato efficace ed adatto. Nelle pagine che seguono sono quindi riportati i diagrammi relativi alle dromocrone (primi arrivi) relativi alle onde P ed onde S, la ricostruzione stratigrafica che ne deriva, e l'interpretazione completa dei dati sismici.

Si ricorda che la stratigrafia sismica può non corrispondere esattamente con quella geologica e geotecnica, dato che essa considera maggiormente le caratteristiche elastiche e di addensamento dei terreni piuttosto che la stratigrafia caratteristica.

Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHIERI Giorgio
Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO (LU) P. IVA 01664030465
Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE (PT)
tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail *andreacarmignani@interfree.it*

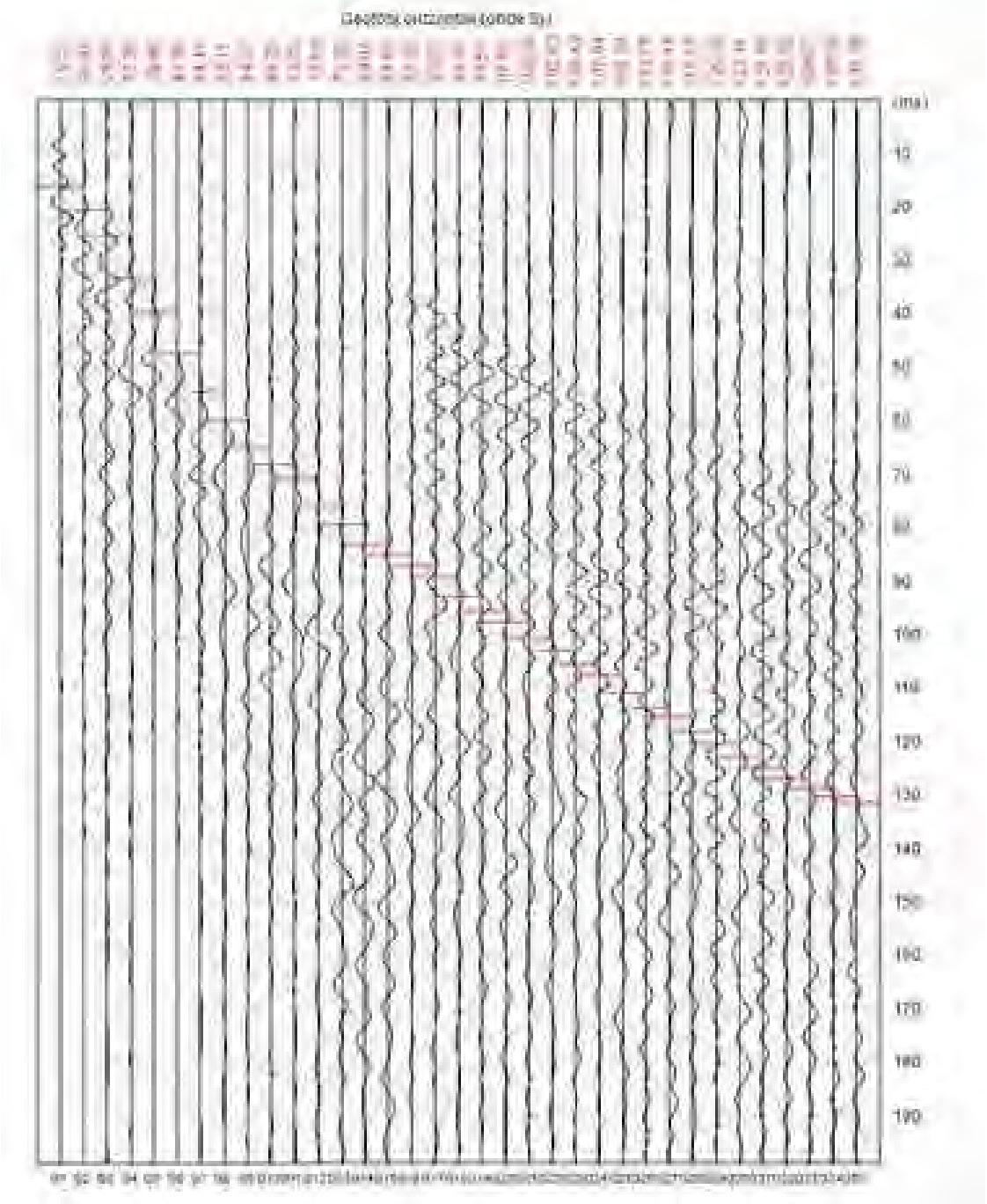


Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHIERI Giorgio
Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO (LU) P. IVA 01664030465
Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE (PT)
tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail *andreacarmignani@interfree.it*

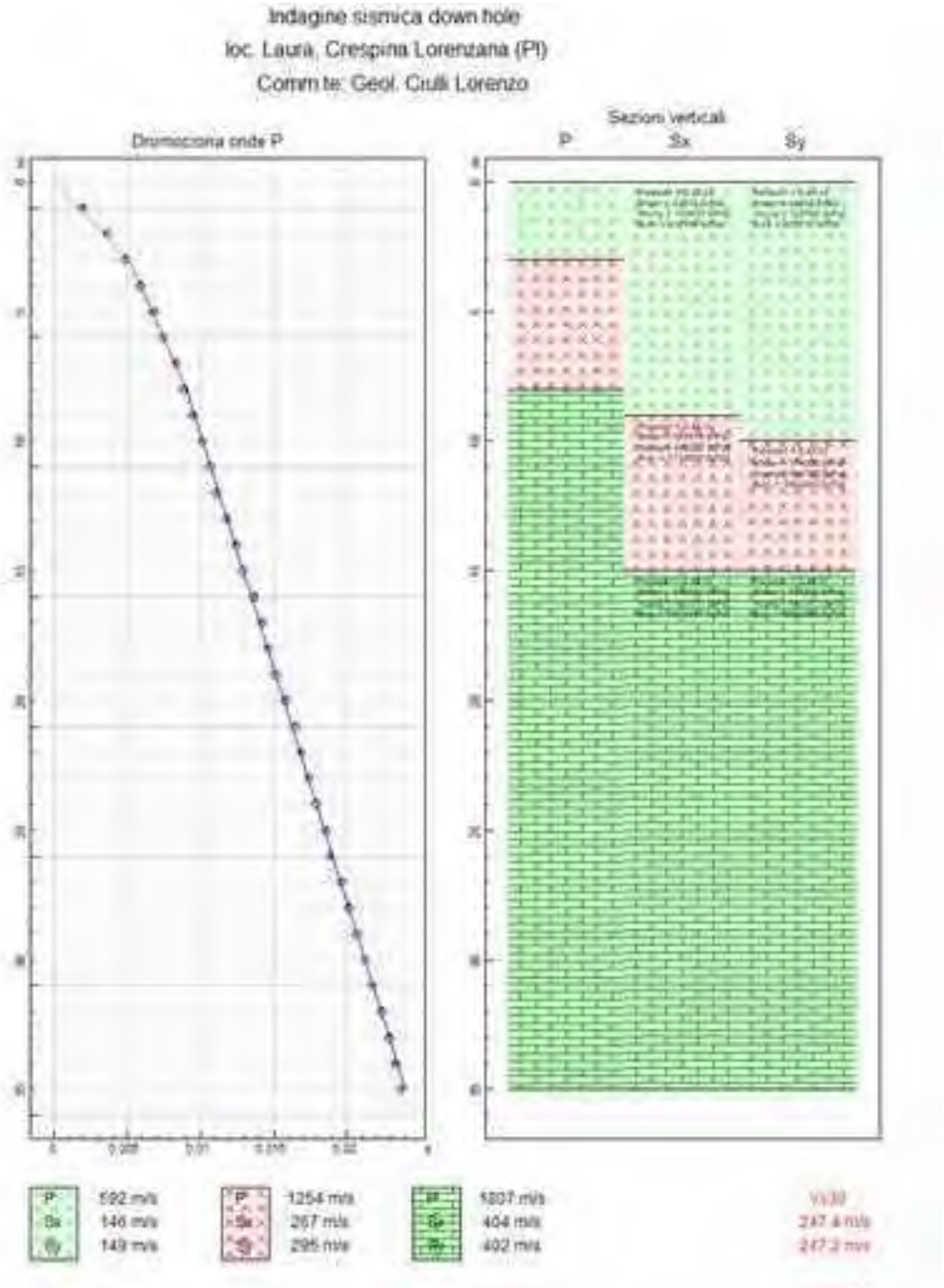


Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHIERI Giorgio
Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO (LU) P. IVA 01664030465
Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE (PT)
tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail *andreacarmignani@interfree.it*

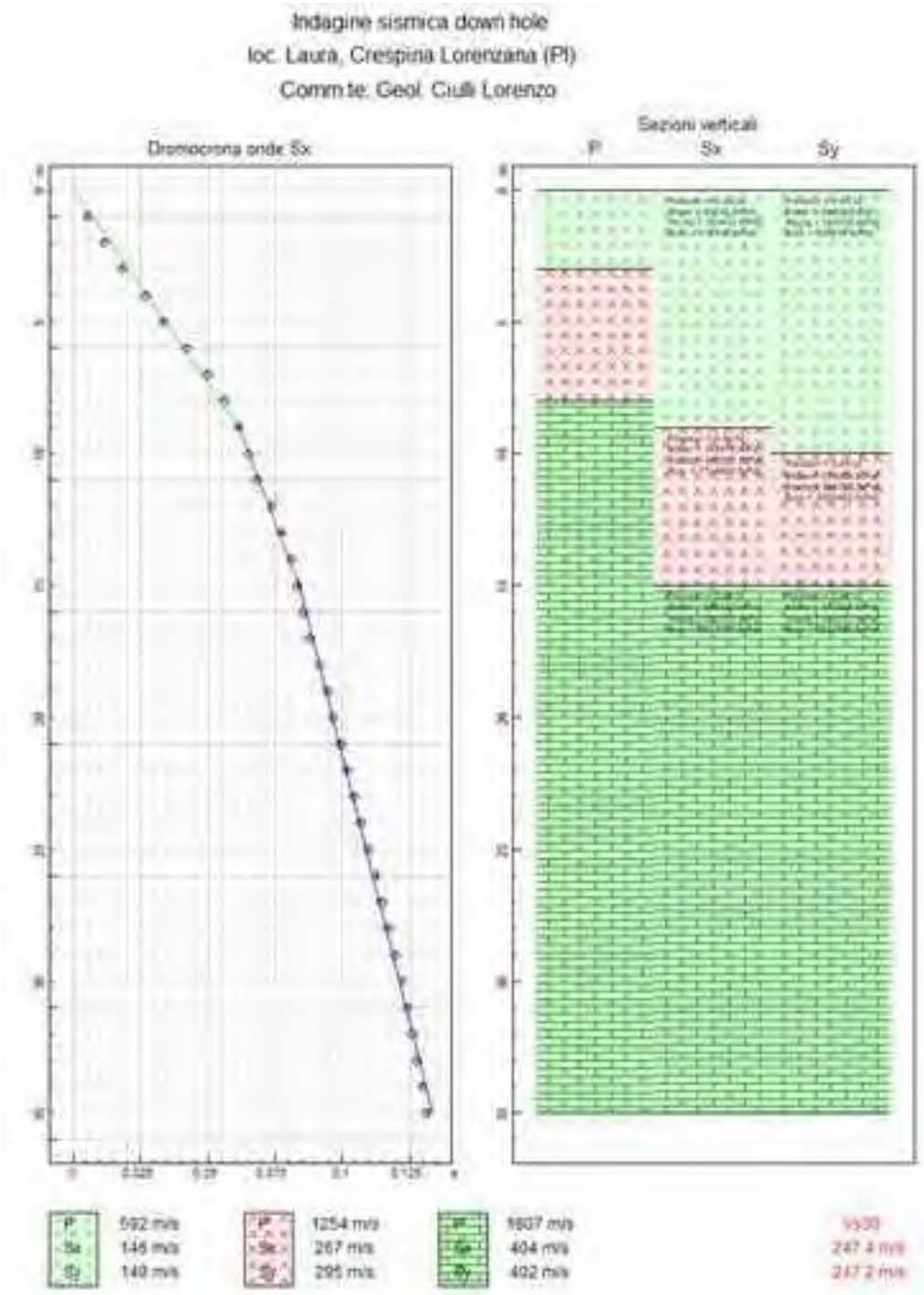
di Carmignani e Seghieri



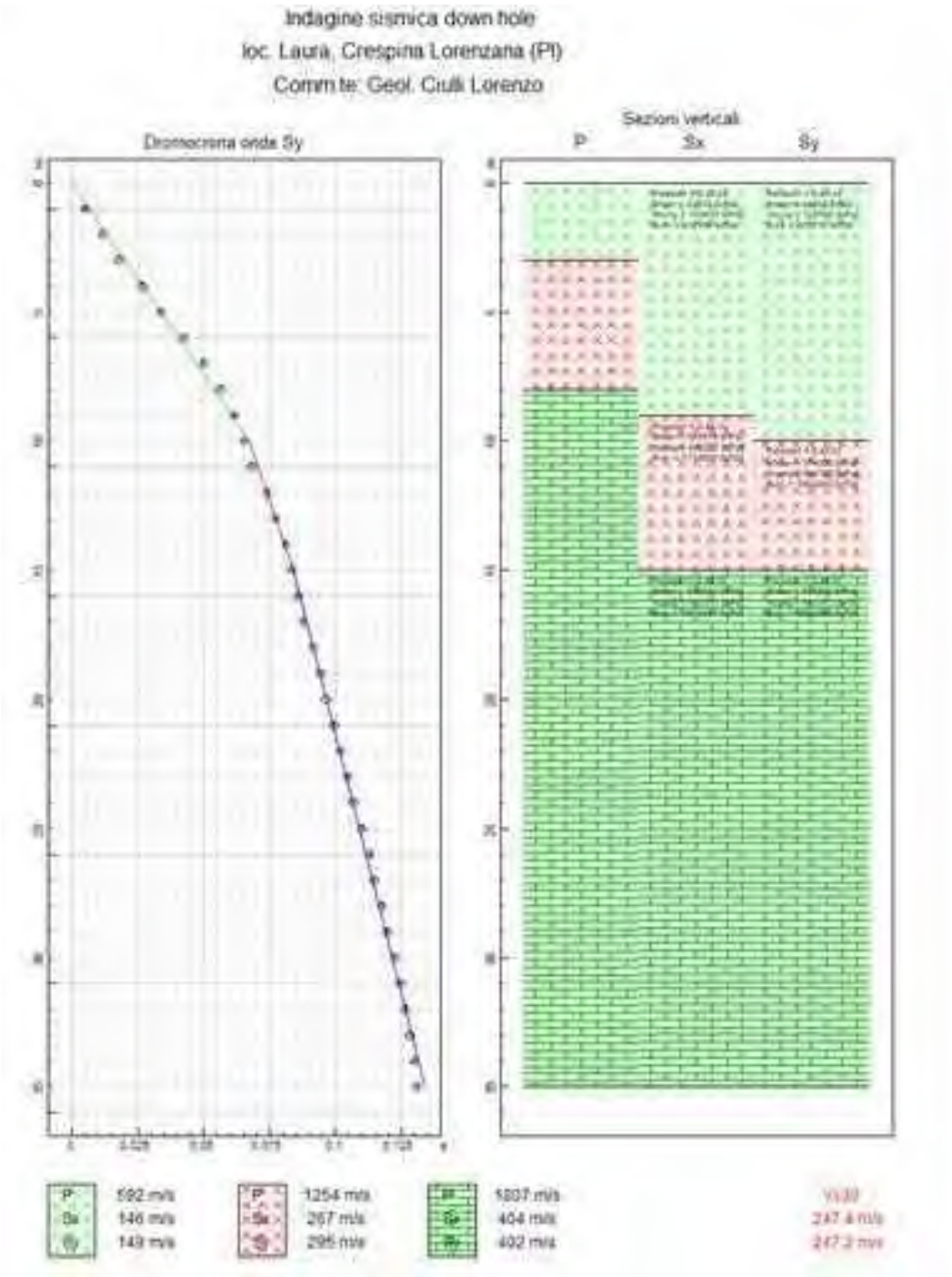
Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHIERI Giorgio
Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO (LU) P. IVA 01664030465
Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE (PT)
tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail *andreacarmignani@interfree.it*



Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHIERI Giorgio
Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO (LU) P. IVA 01664030465
Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE (PT)
tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail *andreacarmignani@interfree.it*



Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHIERI Giorgio
Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO (LU) P. IVA 01664030465
Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE (PT)
tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail *andreacarmignani@interfree.it*



Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHIERI Giorgio
Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO (LU) P. IVA 01664030465
Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE (PT)
tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail *andreacarmignani@interfree.it*

ANALISI SISMICA DOWN-HOLE

Indagine sismica down hole
loc. Laura, Crespina Lorenzana (PI)
Comm.te: Geol. Ciulli Lorenzo

DISTANZA DELLO SPARO DA BOCCA FORO

Distanza = 3.00 [m]

PRIMI ARRIVI

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (X) [ms]	Onde S (Y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (X) (corretti) [ms]	Onde S (Y) (corretti) [ms]
1	1.00	6.11	16.25	16.28	1.93	5.14	5.15
2	2.00	6.50	20.93	20.87	3.61	11.61	11.58
3	3.00	6.89	25.61	25.25	4.87	18.11	17.86
4	4.00	7.41	33.41	33.39	5.93	26.73	26.71
5	5.00	7.93	39.00	39.45	6.80	33.44	33.82
6	6.00	8.32	47.19	47.38	7.44	42.21	42.38
7	7.00	9.10	54.08	54.47	8.36	49.71	50.07
8	8.00	9.49	59.93	60.11	8.89	56.11	56.28
9	9.00	10.01	64.74	64.87	9.50	61.42	61.54
10	10.00	10.53	67.86	68.25	10.09	65.00	65.37
11	11.00	11.05	70.59	70.72	10.66	68.10	68.23
12	12.00	11.44	75.92	76.18	11.10	73.65	73.91
13	13.00	12.09	79.30	79.30	11.78	77.27	77.27
14	14.00	12.74	82.81	83.07	12.46	80.97	81.23
15	15.00	13.13	84.89	84.89	12.88	83.24	83.24
16	16.00	13.91	86.97	87.23	13.67	85.48	85.74
17	17.00	14.43	89.18	89.18	14.21	87.82	87.82
18	18.00	14.82	92.69	92.82	14.62	91.43	91.56
19	19.00	15.34	95.42	95.55	15.15	94.25	94.38
20	20.00	15.99	97.63	97.50	15.81	96.55	96.42
21	21.00	16.64	100.36	100.36	16.47	99.35	99.35
22	22.00	17.03	102.83	102.83	16.87	101.89	101.89
23	23.00	17.55	105.17	105.43	17.40	104.29	104.54
24	24.00	18.07	107.51	107.64	17.93	106.68	106.81
25	25.00	18.72	110.63	110.76	18.59	109.84	109.97
26	26.00	18.98	113.36	113.75	18.85	112.61	113.00
27	27.00	19.76	115.44	115.44	19.64	114.73	114.73
28	28.00	20.28	117.91	118.17	20.16	117.24	117.50
29	29.00	20.80	120.38	120.38	20.69	119.74	119.74

Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHIERI Giorgio
Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO (LU) P. IVA 01664030465
Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE (PT)
tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail *andreacarmignani@interfree.it*

30	30.00	21.32	122.98	123.11	21.21	122.37	122.50
31	31.00	21.84	124.80	125.06	21.74	124.22	124.48
32	32.00	22.49	126.75	126.88	22.39	126.20	126.33
33	33.00	23.01	128.18	128.57	22.92	127.65	128.04
34	34.00	23.40	130.26	130.39	23.31	129.76	129.89
35	35.00	23.79	131.95	131.30	23.70	131.47	130.82

VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	3	592
2	8	1254
3	35	1807

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	9	146	0.45	42632.0	123632	412106
2	15	267	0.46	142578..	416327	1734696
3	35	404	0.46	326432..	953181	3971588

PARAMETRI ONDE SY

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	10	149	0.45	44402.0	128765	429216
2	15	295	0.45	174050..	504744	1682479
3	35	402	0.46	323208..	943767	3932363

Dai dati riportati nelle tavole e nei tabulati allegati si fa riferimento a valori delle velocità delle onde Sh pari a circa 146/149 m/s per uno spessore di circa 9/10 m; al di sotto di tale profondità e fino ad una quota di circa 15 da p.c. si evidenzia un aumento delle onde trasversali con velocità pari a circa 267/295 m/s. Da 15.0 m e fino a fine indagine si evidenzia un ulteriore aumento dei valori della velocità delle onde trasversali superiore a 402/404 m/s.

Per quanto riguarda i valori delle onde P, queste risultano pari a circa 592 m/s per i primi 3.0 m per poi aumentare ad una velocità di circa 1254 m/s fino alla profondità di circa 8.0 m da p.c. Da tale profondità e fino a fine indagine si evidenzia

un importante aumento dei valori della velocità di 1807 m/s fino a fine prova.

Altopascio, 18 ottobre 2023.

Dott. Geol. Andrea Carmignani

Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHIERI Giorgio
Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO (LU) P. IVA 01664030465
Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE (PT)
tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail *andreacarmignani@interfree.it*

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

INDAGINE SISMICA ATTIVA SUPERFICIALE CON TECNICA MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES REALIZZATA NELLA ZONA INDUSTRIALE DI LAURA NEL COMUNE DI CRESPINA E LORENZANA

PROVINCIA DI PISA

Relazione tecnica conclusiva

Committente: Graziani s.r.l.

INDICE

1 - Premessa **pag. 1**
2 - Generalità sul metodo MASW (Onde di Rayleigh) **pag. 1**
3 - Attrezzature e metodologie impiegate **pag. 3**
4 - Interpretazione dei dati **pag. 3**

ALLEGATO n. 1 – Repertorio fotografico.

Settembre 2023

Dott. Geologo Ciulli Lorenzo

Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

1 - PREMESSA

La presente relazione sintetizza ed illustra i risultati di un'indagine sismica effettuata, mediante il metodo M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), in Via Wojtyla n. 6 all'interno della zona industriale del Pian di Laura nel comune di Crespina e Lorenzana (PI). L'indagine M.A.S.W., effettuata nell'ambito della progettazione di un nuovo capannone artigianale, ha lo scopo di caratterizzare la velocità delle onde **Sh** dei terreni presenti, per determinare il parametro $\mathbf{Vs_{30}}$, necessario al fine della classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto, come richiesto dalle "Norme Tecniche per le costruzioni" (D.M. 17/01/2018). L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area d'indagine, con suddivisione in strati sulla base dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali.

È stato possibile, per ottimizzare l'interpretazione, riferirsi ai dati geolitologici noti per la zona, derivanti dalle informazioni rintracciate in Letteratura e scaturiti direttamente dalle indagini geotecniche (Sondaggi + CPT) e sismiche in foro (Down-hole) eseguite nella stessa proprietà.

2 - GENERALITÀ SUL METODO MASW (ONDE DI RAYLEIGH)

Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in onde di corpo e onde di superficie. Fra queste ultime si hanno le onde di *Rayleigh*, le onde di *Love* e le onde di *Lamb*.

Le onde di *Rayleigh*, in particolare, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo.

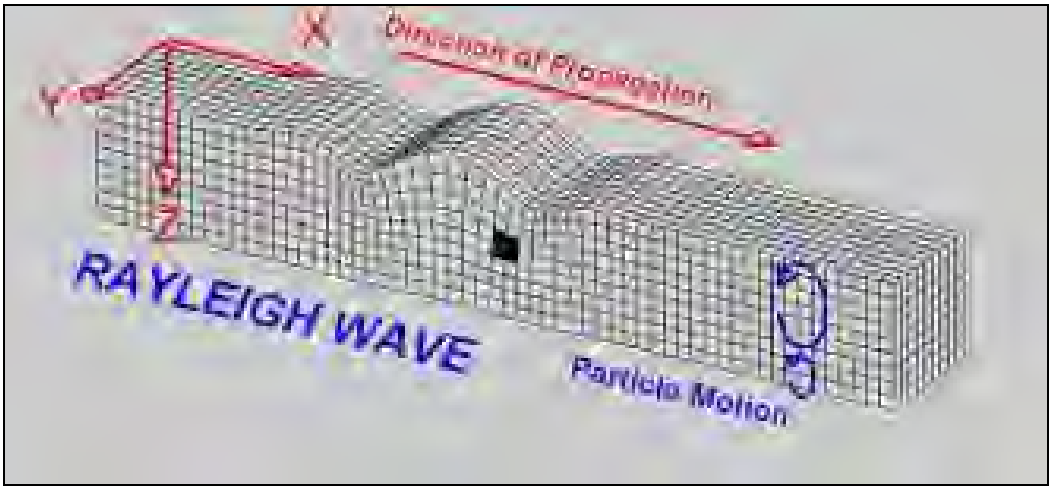


Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

Il moto delle particelle è di tipo ellittico retrogrado, il quale si inverte a una profondità di λ/2∏. L'ampiezza dello spostamento decresce secondo una legge esponenziale. L'energia convertita in onde di *Rayleigh* è, in percentuale, molto maggiore rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P e S. Inoltre l'ampiezza delle onde di superficie varia con la radice quadrata di r, e non con r come avviene per le onde di corpo. Le onde di *Rayleigh* presentano una velocità del 90% circa rispetto a quella delle onde di taglio. In presenza di un semispazio omogeneo, la velocità di tali onde non varia in funzione della frequenza, non si ha dispersione, cioè la deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione della frequenza. Questa deformazione si manifesta invece quando il terreno presenti una stratificazione; la velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a una profondità dell'ordine di λ/2 circa. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di

penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Quindi una metodologia che utilizzi le onde superficiali è in grado di rilevare variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. Nel caso che l'obiettivo sia di verificare le caratteristiche delle velocità delle onde S nel terreno, questo tipo di indagine è molto utile, in quanto la Vs è il fattore che governa le caratteristiche della dispersione. Inoltre il metodo non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità, e presenta una buona risoluzione.

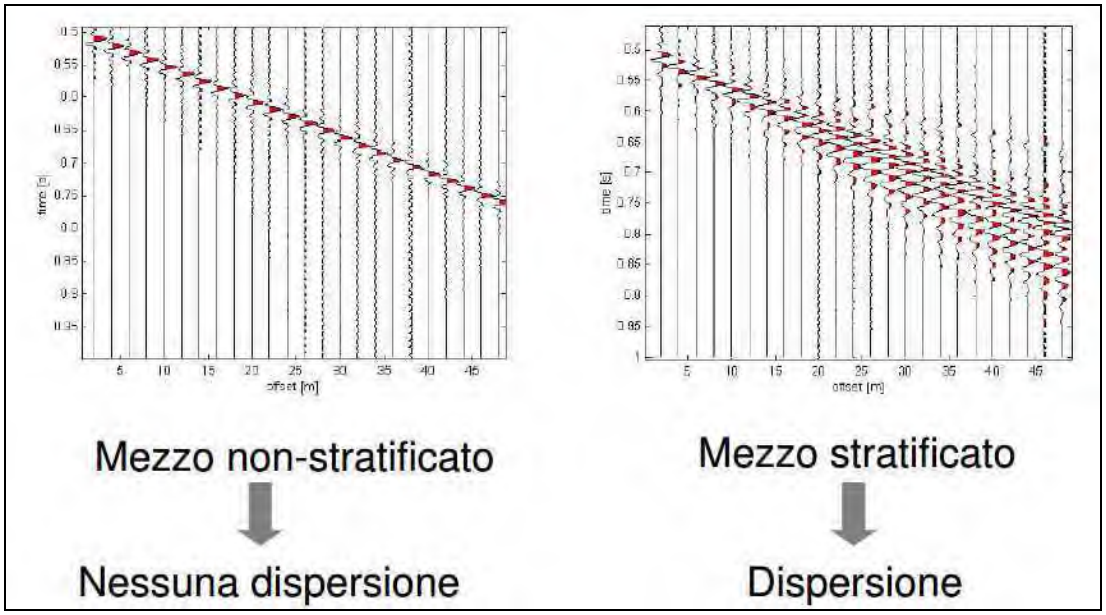


Fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

L'indagine secondo la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) prevede l'energizzazione mediante sorgente attiva, con registrazione simultanea su 12 o più canali. Vengono utilizzati geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze (un valore tipico sono 4,5Hz). La distanza dalla sorgente di energizzazione e il primo ricevitore condiziona λ_{max}, e quindi la profondità di indagine; anche la lunghezza dello stendimento geofonico è in relazione alla profondità di indagine, mentre la distanza intergeofonica condiziona lo spessore dello strato più sottile rilevabile. È importante osservare che nel sismogramma possono comparire diversi tipi di onde: onde di corpo, onde superficiali non piane, onde riverberate dalla disomogeneità superficiali, oltre al rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Questo comporta una difficoltà aggiuntiva nella "lettura" dello spettro di velocità e quindi nella successiva individuazione della curva di dispersione. Le onde di corpo sono di solito riconoscibili; le onde superficiali riverberate (back scattered) possono risultare prevalenti in un sismogramma quando siano presenti discontinuità orizzontali. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno

In sintesi l'indagine comporta:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la determinazione di uno spettro di velocità, con velocità di fase in funzione della frequenza;
- l'identificazione della curva di dispersione, cioè la determinazione dei punti che, sullo spettro di velocità, appartengono a un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di *Rayleigh*;
- l'inversione della curva di dispersione, al fine di ottenere il profilo verticale delle Vs.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando come riferimento la curva di dispersione precedentemente ottenuta. Per ottenere il profilo verticale Vs della curva di dispersione è necessaria l'assunzione di valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità. La procedura di inversione utilizzata dal software "ZondST2D" è legata agli algoritmi genetici, il quale approccio consente di ottenere risultati più affidabili rispetto ai metodi di inversione basati sulla matrice Jacobiana. È estremamente utile, per una interpolazione affidabile, poter disporre di dati di riferimento, sia per fornire uno spazio di ricerca iniziale al processo di inversione, sia per effettuare una "modellazione diretta" di ausilio a un corretto "picking" della curva di dispersione.

3 - ATTREZZATURE E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine è stato impiegato un sistema di acquisizione composto dalla seguente attrezzatura:

- n. 1 sismografo a 24 bit (24/48 canali) del tipo PASI "GEA-24" – matricola 21525
- n. 2 cavi sismici a 12 tracce con intervallo 5m con connettore NK27221C del tipo split-spring
- n. 24 geofoni verticali da 4.5Hz con connettore del tipo split-spring
- n. 1 piattello di battuta in alluminio (20x20x5cm)
- n. 1 starter piezoelettrico (Hammer Switch) con cavo
- n. 1 cavo trigger da 150 metri montato su rullo
- n. 1 mazza di battuta da 5Kg

Lo stendimento impiegato per il profilo MASW ha le seguenti caratteristiche:

- ✓ numero geofoni: 12
- ✓ distanza intergeofonica: 5,00m
- ✓ numero punti di energizzazione (shots): n. 6 energizzazioni a 5 metri e 6 energizzazioni a 10 metri (offset) dal geofono n. 1 della linea. Tutte le energizzazioni sono state prodotte utilizzando la mazza di battuta da 5Kg.
- ✓ tempo di acquisizione: 1sec.

Il software impiegato per l'acquisizione dati è "GEA24" vers. 2.2.6 per Windows10, 7, 2.5_2.9. (In caso di richiesta il sottoscritto fornirà la certificazione di calibrazione della suddetta attrezzatura debitamente rilasciata dalla ditta produttrice P.A.S.I. srl di Torino - Italia).

Il profilo morfologico lungo il quale è stato eseguito lo stendimento è pianeggiante e coincidente con la fascia di terreno a verde, presente all'interno della proprietà e parallela a Via Wojtyla.

4 - INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software ZondST2D di Zond Geophysical Software con licenza intestata al sottoscritto, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite l'inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi "genetici". Tale programma è in grado di operare sui records in formato *.seg2 prodotti dalla strumentazione PASI. Allo scopo di verificare la bontà dei dati ed il corretto approccio nell'analisi degli stessi si è preferito elaborare distintamente quanto acquisito con offset a 5 e con offset a 10 metri. Tra i risultati è stato scelto quanto emerso dall'offset degli 10 metri.

La rappresentazione del file dei dati acquisiti ("common-shot gather" – segnale per i vari geofoni nel tempo di acquisizione di 1000msec.) è la seguente:

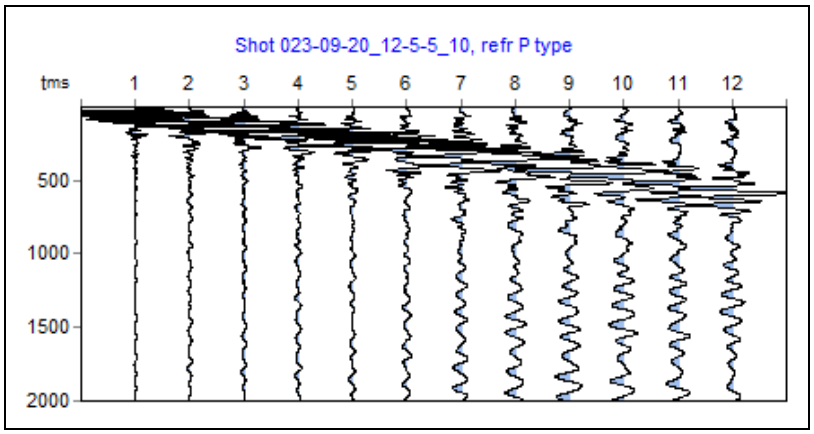


Figura 3 – Sismogramma (Common shot gather – 10 metri).

Di seguito è rappresentato lo spettro di velocità 2D (velocità di fase in funzione della frequenza), con relativo picking della curva di dispersione delle onde di superficie, cioè la determinazione dei punti che si ritengono appartenere, in questo caso, al modo fondamentale di propagazione dell'onda superficiale di *Rayleigh*.

In particolare, durante le operazioni di picking della curva di dispersione è stato selezionato il modo fondamentale di propagazione delle onde (fundamental mode) escludendo i successivi.

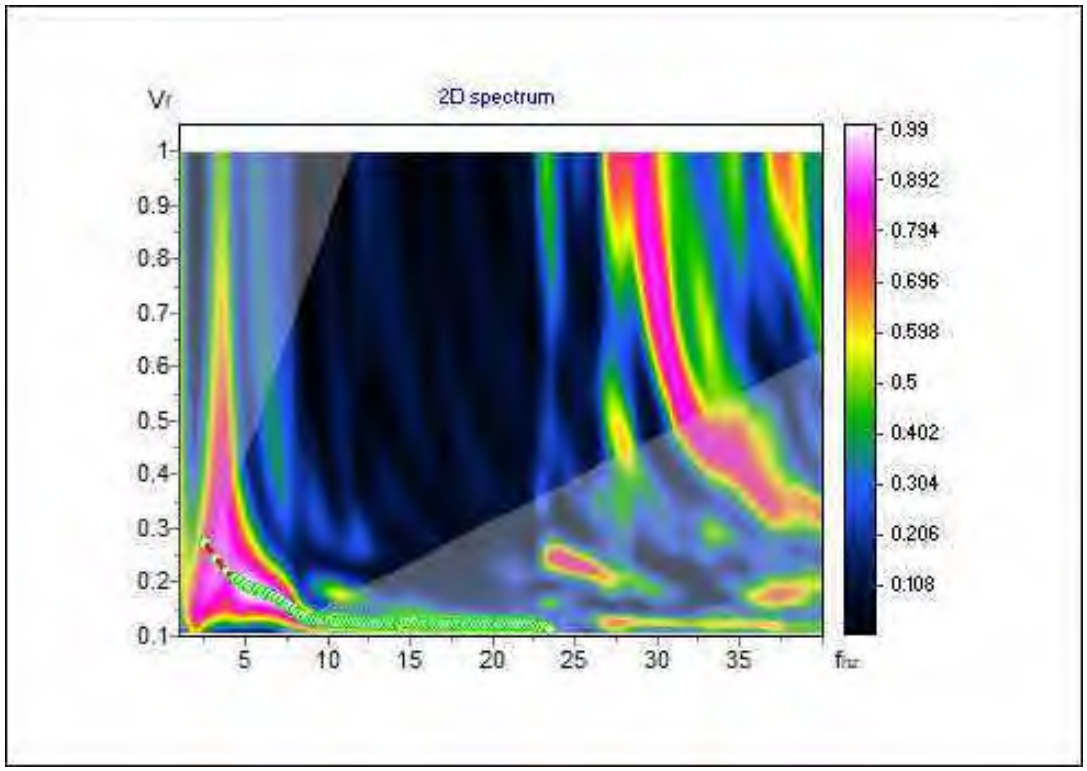


Figura 4.1 – Spettro delle velocità e picking per la determinazione della curva di dispersione (offset 10m).

Al fine di ottimizzare le operazioni di picking è stato poi valutato l'andamento omogeneo e continuo dello spettro "numero d'onda v_s frequenza" (wavenumber-frequency spectrum) del segnale acquisito, del quale se ne ripropone uno stralcio di seguito.

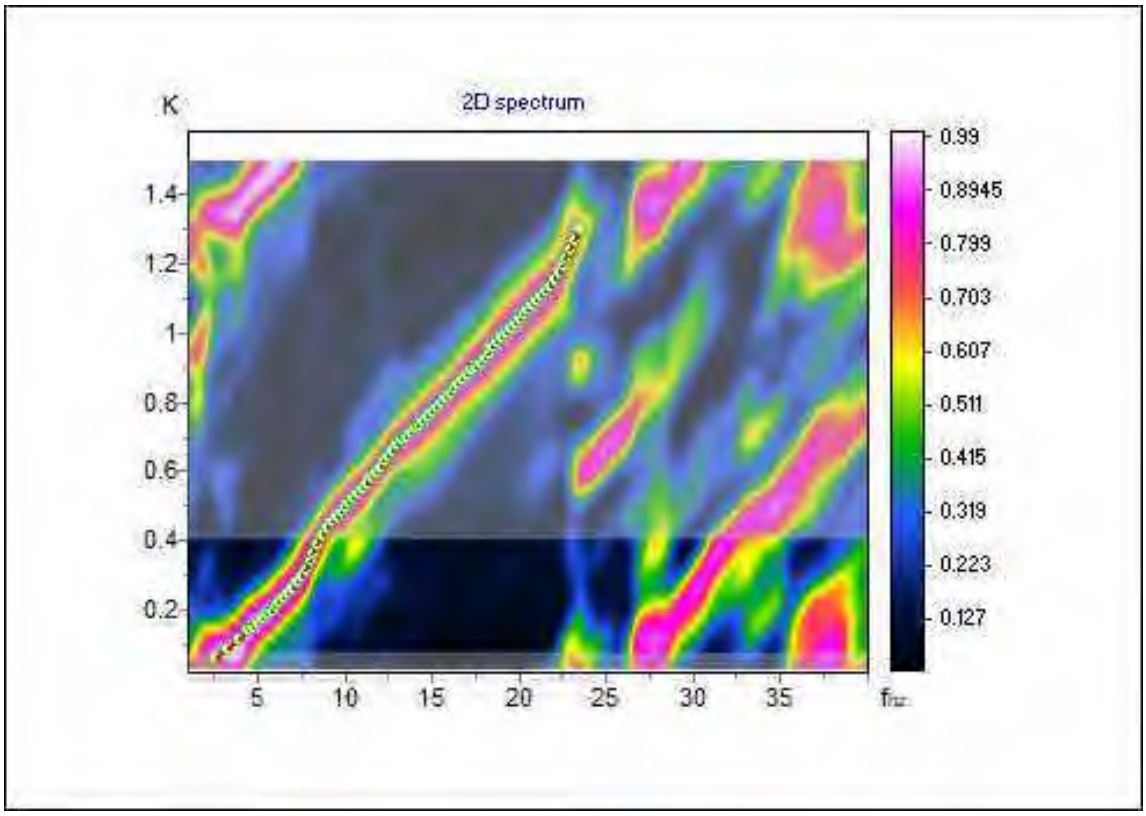


Figura 4.2 – wavenumber-frequency spectrum (offset 10m).

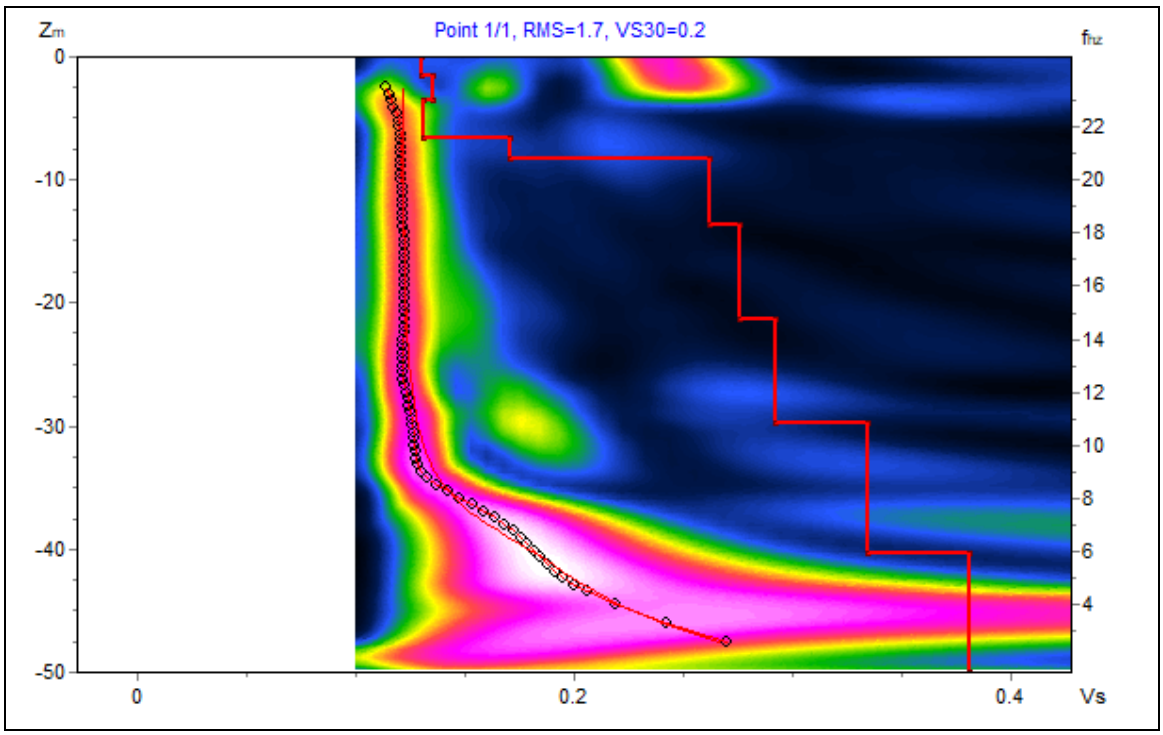


Figura 5 –Profilo verticale delle velocità delle onde S derivante dal processo di inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (offset 10m).

Le velocità delle onde di taglio lungo il profilo spinto fino a 40 metri di profondità dalla superficie sono le seguenti:

TABELLA RIASSUNTIVA ACQUISIZIONE OFFSET 10 metri			
strato	Velocità Vs (m/s)	Spessore (m)	Profondità del tetto (m)
1	130	1,5	0
2	135	2,1	1,5
3	130	3	3,6
4	170	1,8	6,6
5	260	5,3	8,4
6	280	7,6	13,7
7	290	8,5	21,3
8	330	10,6	29,8
9	380	-	40,4

I dati ottenuti descrivono in sintesi il seguente scenario:

- assenza di un bedrock sismico nei primi 30 metri di profondità dalla superficie,
- presenza di inversioni di velocità tuttavia non degne di nota (sismostrato 3).

La **categoria sismica** di suolo calcolata rispetto alla superficie è la **C** con Vs30 = Vs30eq = 217 m/s.

Cecina, 20 Settembre 2023

Dott. Geologo Ciulli Lorenzo

Ordine dei Geologi della Toscana n. 1591

ALLEGATO n. 1
Repertorio fotografico

Immagini dell'attrezzatura impiegata durante le fasi di acquisizione dei dati.

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA Dott. Geologo Lorenzo Ciulli
Via Giovanni Amendola n. 56 - 57023 Cecina (LI)
cell. 339 4508988 e-mail: cl.geologist@gmail.com
PEC: ciulli.lorenzo@pec.epap.it
P.IVA: 01539230498
C.F.: CLLLNZ75E14C415M

Tavola dei parametri sismici per il sito ubicato in Via Karol Wojtyla n. 6 nella zona industriale del Pian di Laura a Crespina e Lorenzana (Pisa - Toscana).

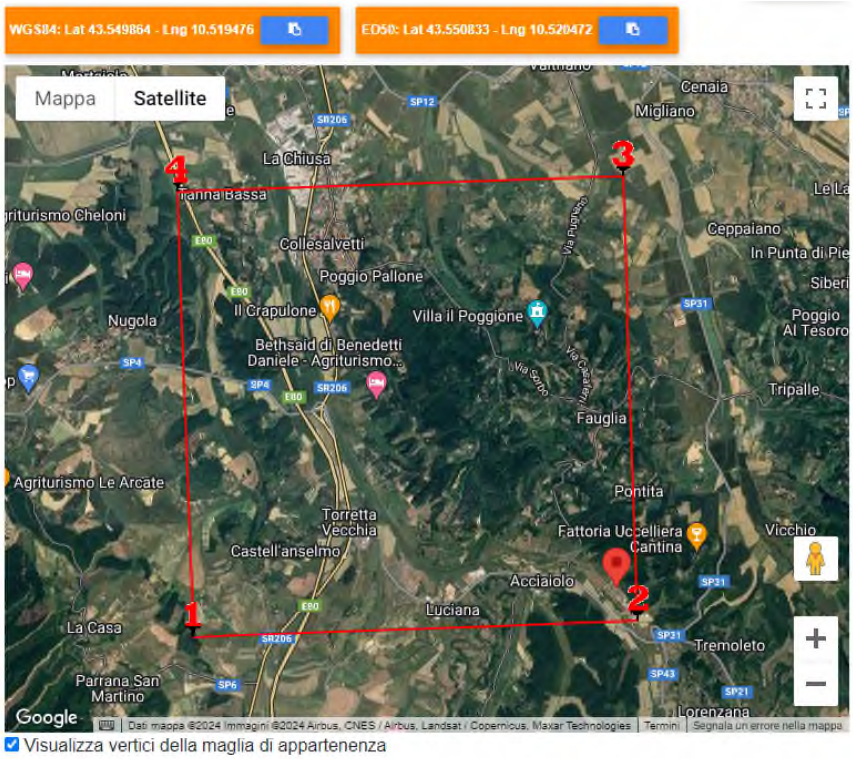


Immagine in cui si riportano i vertici della maglia di calcolo e l'ubicazione (banderuola rossa) del sito in oggetto.

Tipo di elaborazione: **Fondazioni** e stabilità pendii

Sito in esame

latitudine:	43,550833
longitudine:	10,520472
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 20935	Lat: 43,5455	Lon: 10,4549	Distanza: 5322,227
Sito 2	ID: 20936	Lat: 43,5472	Lon: 10,5238	Distanza: 478,969
Sito 3	ID: 20714	Lat: 43,5972	Lon: 10,5214	Distanza: 5157,383
Sito 4	ID: 20713	Lat: 43,5954	Lon: 10,4524	Distanza: 7394,281

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente cu:	1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,042	g
Fo:	2,521	
Tc*:	0,226	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,055	g
Fo:	2,461	
Tc*:	0,242	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,140	g
Fo:	2,448	
Tc*:	0,270	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,176	g
Fo:	2,494	
Tc*:	0,278	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,710
St:	1,000
Kh:	0,013
Kv:	0,006
Amax:	0,613
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,680
St:	1,000
Kh:	0,017
Kv:	0,008
Amax:	0,811
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,490
Cc:	1,620
St:	1,000

Kh: 0,050
Kv: 0,025
Amax: 2,051
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,440
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,061
Kv: 0,030
Amax: 2,482
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Coordinate WGS84

latitudine: 43.549864
longitudine: 10.519476

Geostru software - www.geostru.com

ALLEGATO 3 – TABULATO DI CALCOLO VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DINAMICA

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE
Titolo lavoro: Nuovo capannone artigianale
Codice identificativo: 27-03-2024
Cliente: Graziani srl
Indirizzo, Coordinate: Via Karol Wojtyla n. 6, Pian di Laura, Crespina e Lorenzana (PI)
Data :28/03/2024
Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA
Profondità falda idrica 1.5 m

DATI SISMICI
Accelerazione Bedrock 0.14
Fattore amplificazione 0.14

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360
Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5
Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1
Magnitudo momento sismico (Mw) 4.7
Distanza epicentro 7.13 Km
Peak ground acceleration (PGA) 0.21

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Argilla inorganica molto compatta	0	0.2	20.57	21.35	4118.8	228.82
2	Argilla inorganica molto compatta	0.2	0.4	20.27	21.05	3432.33	235.36
3	Argilla inorganica molto compatta	0.4	0.6	20.57	21.35	4118.8	248.44
4	Argilla inorganica molto	0.6	0.8	20.57	21.35	4118.8	268.05

	compatta						
5	Argilla inorganica molto compatta	0.8	1	20.56	21.35	4118.8	372.65
6	Argilla inorganica molto compatta	1	1.2	20.4	21.18	3726.53	241.9
7	Argilla inorganica molto compatta	1.2	1.4	20.16	20.94	3236.2	248.44
8	Argilla inorganica molto compatta	1.4	1.6	19.56	20.34	2255.53	189.6
9	Argilla inorganica molto compatta	1.6	1.8	19.14	19.93	1765.2	150.37
10	Argilla inorganica molto compatta	1.8	2	19.05	19.83	1667.13	156.91
11	Argilla inorganica molto compatta	2	2.2	19.14	19.93	1765.2	143.83
12	Argilla inorganica molto compatta	2.2	2.4	19.14	19.92	1765.2	130.76
13	Argille organiche e terreni misti	2.4	2.6	18.83	19.61	1471	156.91
14	Argilla inorganica molto compatta	2.6	2.8	19.14	19.92	1765.2	111.14
15	Argille organiche e terreni misti	2.8	3	18.44	19.23	1176.8	91.53
16	Argille organiche e terreni misti	3	3.2	17.74	18.53	784.53	91.53
17	Argille organiche e terreni misti	3.2	3.4	17.74	18.52	784.53	78.45
18	Argille organiche e terreni misti	3.4	3.6	17.5	18.28	686.47	65.38
19	Argille organiche e terreni misti	3.6	3.8	16.47	17.26	392.27	32.69

20	Argille organiche e terreni misti	3.8	4	17.22	18	588.4	39.23
21	Argille organiche e terreni misti	4	4.2	15.9	16.68	294.2	32.69
22	Argille sabbiose e limose	4.2	4.4	17.93	18.71	882.6	26.15
23	Argilla inorganica di media consistenza	4.4	4.6	17.93	18.71	882.6	32.69
24	Argille organiche e terreni misti	4.6	4.8	16.44	17.22	392.27	26.15
25	Argille organiche e terreni misti	4.8	5	16.86	17.64	490.33	39.23
26	Argille organiche e terreni misti	5	5.2	16.85	17.63	490.33	39.23
27	Argille organiche e terreni misti	5.2	5.4	16.42	17.2	392.27	32.69
28	Argille organiche e terreni misti	5.4	5.6	17.18	17.96	588.4	52.3
29	Argille organiche e terreni misti	5.6	5.8	17.46	18.24	686.47	65.38
30	Argilla inorganica compatta	5.8	6	18.41	19.2	1176.8	58.84
31	Argille organiche e terreni misti	6	6.2	18.09	18.87	980.67	58.84
32	Argille sabbiose e limose	6.2	6.4	19.53	20.31	2255.53	78.45
33	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	6.4	6.6	19.45	20.23	2157.46	58.84
34	Argille sabbiose e limose	6.6	6.8	19.11	19.89	1765.2	65.38
35	Argille sabbiose e limose	6.8	7	18.9	19.68	1569.06	58.84
36	Argille organiche e terreni misti	7	7.2	16.79	17.57	490.33	32.69
37	Argille organiche e	7.2	7.4	16.33	17.12	392.27	26.15

	terreni misti						
38	Argille organiche e terreni misti	7.4	7.6	16.33	17.11	392.27	32.69
39	Argille organiche e terreni misti	7.6	7.8	16.77	17.55	490.33	32.69
40	Argille organiche e terreni misti	7.8	8	16.31	17.1	392.27	32.69
41	Argille organiche e terreni misti	8	8.2	16.3	17.09	392.27	65.38
42	Argille sabbiose e limose	8.2	8.4	18.06	18.84	980.67	32.69
43	Argilla inorganica di media consistenza	8.4	8.6	17.4	18.18	686.47	32.69
44	Argille organiche e terreni misti	8.6	8.8	16.74	17.52	490.33	26.15
45	Argille organiche e terreni misti	8.8	9	16.73	17.52	490.33	45.76
46	Argille organiche e terreni misti	9	9.2	17.09	17.87	588.4	45.76
47	Argilla inorganica di media consistenza	9.2	9.4	18.37	19.16	1176.8	45.76
48	Argille organiche e terreni misti	9.4	9.6	17.08	17.86	588.4	32.69
49	Argilla inorganica tenera	9.6	9.8	16.24	17.02	392.27	19.61
50	Argilla inorganica di media consistenza	9.8	10	17.07	17.85	588.4	26.15
51	Argille organiche e terreni misti	10	10.2	17.07	17.85	588.4	39.23
52	Argille organiche e terreni misti	10.2	10.4	17.06	17.85	588.4	45.76
53	Argille organiche e terreni misti	10.4	10.6	17.06	17.84	588.4	45.76
54	Argille sabbiose e limose	10.6	10.8	18.76	19.54	1471	52.3

55	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	10.8	11	19.07	19.86	1765.2	45.76
56	Argilla inorganica di media consistenza	11	11.2	17.82	18.61	882.6	45.76
57	Argille organiche e terreni misti	11.2	11.4	16.66	17.44	490.33	78.45
58	Argilla inorganica di media consistenza	11.4	11.6	17.59	18.38	784.53	32.69
59	Argilla inorganica di media consistenza	11.6	11.8	17.33	18.11	686.47	26.15
60	Argille sabbiose e limose	11.8	12	18.01	18.79	980.67	32.69
61	Argilla inorganica di media consistenza	12	12.2	17.01	17.8	588.4	26.15
62	Argille organiche e terreni misti	12.2	12.4	17.32	18.1	686.47	39.23
63	Argille organiche e terreni misti	12.4	12.6	17.8	18.58	882.6	71.92
64	Argille organiche e terreni misti	12.6	12.8	17.8	18.58	882.6	58.84
65	Sabbie	12.8	13	18.63	21.57	3334.26	45.76
66	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	13	13.2	20.11	20.89	3236.2	78.45
67	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	13.2	13.4	19.83	20.61	2745.86	71.92
68	Argilla inorganica compatta	13.4	13.6	18.6	19.39	1372.93	65.38
69	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	13.6	13.8	18.6	19.39	1372.93	39.23
70	Argilla inorganica di media consistenza	13.8	14	18.15	18.94	1078.73	45.76

71	Argille sabbiose e limose	14	14.2	17.97	18.76	980.67	32.69
72	Argilla inorganica compatta	14.2	14.4	17.97	18.75	980.67	52.3
73	Sabbie	14.4	14.6	17.65	20.59	2451.66	45.76
74	Argille sabbiose e limose	14.6	14.8	19.69	20.48	2549.73	91.53
75	Sabbie	14.8	15	0	0	1961.33	0

Robertson Wride, 1998

Correzione per la magnitudo (MSF) 2.21

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione
1	1.70	34.603	32.642	53.018	8.689	2.776	1.7	137.643	0.987	0.323	0.065	4.991	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
2	1.90	38.579	34.656	46.991	9.635	2.844	1.7	146.601	0.985	0.373	0.068	5.505	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
3	2.10	42.555	36.671	46.976	8.349	2.796	1.7	142.657	0.984	0.350	0.071	4.963	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
4	2.30	46.540	38.695	44.416	7.608	2.782	1.7	138.915	0.982	0.329	0.073	4.512	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
5	2.50	50.493	40.686	34.914	11.046	2.972	1.7	161.107	0.981	0.469	0.075	6.236	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
6	2.70	54.446	42.678	40.085	6.497	2.760	1.7	133.663	0.979	0.302	0.077	3.915	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
7	2.90	58.361	44.632	25.059	8.184	2.973	1.7	129.001	0.978	0.280	0.079	3.541	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
8	3.10	62.137	46.446	15.553	12.670	3.254	1.7	133.590	0.976	0.302	0.081	3.740	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
9	3.30	65.842	48.190	14.914	10.916	3.221	1.7	127.233	0.975	0.272	0.082	3.301	Terreno	0

													non suscettibile di liquefazione	
10	3.50	69.522	49.909	12.362	10.597	3.270	1.7	119.812	0.973	0.240	0.084	2.866	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
11	3.70	73.076	51.501	6.198	10.241	3.485	1.7	92.118	0.972	0.153	0.085	1.793	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
12	3.90	76.602	53.066	9.645	7.665	3.257	1.7	100.699	0.970	0.175	0.086	2.023	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
13	4.10	80.070	54.573	3.924	15.266	3.748	1.7	95.491	0.969	0.161	0.088	1.834	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
14	4.30	83.609	56.150	14.229	3.273	2.894	1.7	84.680	0.967	0.136	0.089	1.534	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
15	4.50	87.351	57.931	13.728	4.111	2.967	1.7	95.795	0.966	0.162	0.090	1.799	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
16	4.70	90.944	59.563	5.059	8.678	3.508	1.678903	93.803	0.964	0.157	0.091	1.724	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
17	4.90	94.430	61.087	6.481	9.909	3.461	1.636999	107.414	0.963	0.195	0.092	2.125	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
18	5.10	97.957	62.653	6.263	9.998	3.475	1.596091	106.675	0.961	0.193	0.093	2.079	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
19	5.30	101.440	64.175	4.532	11.240	3.616	1.558245	99.676	0.959	0.172	0.094	1.837	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
20	5.50	104.956	65.729	7.355	10.818	3.444	1.521389	117.081	0.958	0.229	0.094	2.427	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
21	5.70	108.576	67.388	8.576	11.313	3.407	1.483942	126.708	0.956	0.269	0.095	2.828	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
22	5.90	112.320	69.171	15.389	5.528	3.010	1.445698	116.723	0.955	0.228	0.096	2.380	Terreno	0

													non suscettibile di liquefazione	
23	6.10	116.127	71.016	12.174	6.806	3.147	1.408125	117.709	0.953	0.232	0.096	2.406	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
24	6.30	120.045	72.973	29.264	3.674	2.684	1.370368	119.857	0.952	0.240	0.097	2.483	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
25	6.50	124.099	75.066	27.088	2.894	2.642	1.332166	103.198	0.950	0.182	0.097	1.878	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
26	6.70	128.111	77.116	21.229	3.994	2.813	1.296741	111.968	0.949	0.211	0.097	2.163	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
27	6.90	132.068	79.112	18.164	4.095	2.871	1.264029	107.559	0.947	0.196	0.098	2.004	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
28	7.10	135.793	80.876	4.384	9.220	3.574	1.236464	93.846	0.946	0.157	0.098	1.599	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
29	7.30	139.262	82.383	3.071	10.336	3.727	1.213836	88.659	0.944	0.145	0.099	1.469	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
30	7.50	142.685	83.845	2.977	13.098	3.800	1.192676	94.705	0.943	0.159	0.099	1.605	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
31	7.70	146.151	85.350	4.033	9.498	3.610	1.171649	93.063	0.941	0.155	0.100	1.557	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
32	7.90	149.616	86.853	2.794	13.472	3.829	1.151365	94.448	0.940	0.158	0.100	1.584	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
33	8.10	153.035	88.311	2.709	27.329	4.035	1.13236	115.299	0.938	0.223	0.100	2.217	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
34	8.30	156.628	89.943	9.162	3.967	3.098	1.111818	86.137	0.937	0.139	0.101	1.384	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
35	8.50	160.330	91.683	5.739	6.213	3.377	1.090709	89.432	0.935	0.147	0.101	1.451	Terreno	0

													non suscettibile di liquefazione	
36	8.70	163.900	93.292	3.499	8.011	3.615	1.071902	85.683	0.933	0.139	0.101	1.367	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
37	8.90	167.404	94.835	3.405	14.170	3.776	1.054465	101.812	0.932	0.178	0.102	1.753	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
38	9.10	170.943	96.412	4.330	10.962	3.624	1.03721	100.577	0.930	0.175	0.102	1.714	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
39	9.30	174.646	98.154	10.210	4.566	3.097	1.018806	94.527	0.926	0.159	0.102	1.559	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
40	9.50	178.348	99.895	4.105	7.972	3.558	1.001053	89.425	0.920	0.147	0.101	1.444	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
41	9.70	181.836	101.422	2.075	9.319	3.839	0.985984 5	81.718	0.915	0.131	0.101	1.290	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
42	9.90	185.323	102.947	3.915	6.488	3.522	0.971372 4	82.894	0.910	0.133	0.101	1.315	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
43	10.10	188.893	104.556	3.821	9.820	3.638	0.956427 2	94.265	0.904	0.158	0.101	1.565	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
44	10.30	192.463	106.165	3.729	11.557	3.689	0.941934 8	98.777	0.899	0.170	0.101	1.685	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
45	10.50	196.032	107.772	3.641	11.663	3.700	0.927883 6	98.535	0.894	0.169	0.100	1.683	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
46	10.70	199.770	109.549	11.604	4.114	3.025	0.912835 2	94.347	0.888	0.158	0.100	1.580	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
47	10.90	203.710	111.528	14.001	2.931	2.872	0.896640 2	85.872	0.883	0.139	0.100	1.394	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
48	11.10	207.557	113.413	5.952	6.779	3.387	0.881732	94.252	0.878	0.158	0.099	1.591	Terreno	0

							1						non suscettibile di liquefazione	
49	11.30	211.162	115.057	2.426	28.101	4.079	0.8691359	115.535	0.872	0.223	0.099	2.260	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
50	11.50	214.744	116.678	4.883	5.737	3.413	0.8570635	84.414	0.867	0.136	0.099	1.379	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
51	11.70	218.393	118.365	3.955	5.587	3.482	0.8448434	79.788	0.862	0.127	0.098	1.296	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
52	11.90	222.083	120.094	6.317	4.309	3.250	0.8326824	81.419	0.856	0.130	0.098	1.331	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
53	12.10	225.742	121.792	2.978	7.211	3.646	0.8210755	81.762	0.851	0.131	0.097	1.343	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
54	12.30	229.332	123.420	3.704	8.582	3.613	0.8102404	90.425	0.846	0.149	0.097	1.533	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
55	12.50	233.000	125.127	5.192	11.071	3.566	0.7991893	108.102	0.840	0.197	0.097	2.044	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
56	12.70	236.716	126.882	5.090	9.110	3.519	0.7881371	100.481	0.835	0.174	0.096	1.812	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
57	12.90	240.731	128.935	29.364	1.479	2.437	0.8806722	72.576	0.830	0.116	0.096	1.208	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00
58	13.10	244.977	131.220	22.796	2.623	2.673	0.7620799	93.870	0.824	0.157	0.095	1.651	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
59	13.30	249.127	133.409	18.715	2.881	2.766	0.7495775	92.680	0.819	0.154	0.094	1.631	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
60	13.50	253.127	135.447	8.267	5.839	3.234	0.7382952	98.702	0.814	0.169	0.094	1.804	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
61	13.70	257.005	137.364	8.124	3.515	3.110	0.7279936	80.510	0.808	0.129	0.093	1.376	Terreno non	0

													suscettibile di liquefazione	
62	13.90	260.838	139.236	5.874	5.595	3.342	0.7182075	88.112	0.803	0.144	0.093	1.546	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
63	14.10	264.608	141.044	5.077	4.565	3.343	0.7089977	79.182	0.798	0.126	0.092	1.365	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
64	14.30	268.359	142.834	4.987	7.342	3.469	0.7001143	92.900	0.792	0.155	0.092	1.681	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
65	14.50	272.293	144.807	15.050	2.100	2.763	0.6905767	75.807	0.787	0.121	0.091	1.319	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
66	14.70	276.400	146.952	15.470	4.026	2.921	0.6804937	102.450	0.782	0.180	0.091	1.983	Terreno non suscettibile di liquefazione	0
67	14.90	278.448	147.039	16.175	0.000	0.000	0.8246771	-289.203	0.776	-0.191	0.091	-2.103	Terreno suscettibile di liquefazione	290.11

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE
Titolo lavoro: Nuovo capannone artigianale
Codice identificativo: 27-03-2024
Cliente: Graziani srl
Indirizzo, Coordinate: Via Karol Wojtyla n. 6, Pian di Laura, Crespina e Lorenzana (PI)
Data: 28/03/2024
Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA
Profondità falda idrica 1.5 m

DATI SISMICI
Accelerazione Bedrock 0.14
Fattore amplificazione 0.14

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360
Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5
Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1
Magnitudo momento sismico (Mw) 4.7
Distanza epicentro 7.13 Km
Peak ground acceleration (PGA) 0.21

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Argilla inorganica molto compatta	0	0.2	20.57	21.35	228.82
2	Argilla inorganica molto compatta	0.2	0.4	20.27	21.05	235.36
3	Argilla inorganica molto compatta	0.4	0.6	20.57	21.35	248.44
4	Argilla inorganica molto compatta	0.6	0.8	20.57	21.35	268.05
5	Argilla inorganica molto compatta	0.8	1	20.56	21.35	372.65
6	Argilla	1	1.2	20.4	21.18	241.9

	inorganica molto compatta					
7	Argilla inorganica molto compatta	1.2	1.4	20.16	20.94	248.44
8	Argilla inorganica molto compatta	1.4	1.6	19.56	20.34	189.6
9	Argilla inorganica molto compatta	1.6	1.8	19.14	19.93	150.37
10	Argilla inorganica molto compatta	1.8	2	19.05	19.83	156.91
11	Argilla inorganica molto compatta	2	2.2	19.14	19.93	143.83
12	Argilla inorganica molto compatta	2.2	2.4	19.14	19.92	130.76
13	Argille organiche e terreni misti	2.4	2.6	18.83	19.61	156.91
14	Argilla inorganica molto compatta	2.6	2.8	19.14	19.92	111.14
15	Argille organiche e terreni misti	2.8	3	18.44	19.23	91.53
16	Argille organiche e terreni misti	3	3.2	17.74	18.53	91.53
17	Argille organiche e terreni misti	3.2	3.4	17.74	18.52	78.45
18	Argille organiche e terreni misti	3.4	3.6	17.5	18.28	65.38
19	Argille organiche e terreni misti	3.6	3.8	16.47	17.26	32.69
20	Argille organiche e terreni misti	3.8	4	17.22	18	39.23
21	Argille organiche e terreni misti	4	4.2	15.9	16.68	32.69
22	Argille sabbiose e limose	4.2	4.4	17.93	18.71	26.15
23	Argilla inorganica di media consistenza	4.4	4.6	17.93	18.71	32.69
24	Argille organiche e	4.6	4.8	16.44	17.22	26.15

	terreni misti					
25	Argille organiche e terreni misti	4.8	5	16.86	17.64	39.23
26	Argille organiche e terreni misti	5	5.2	16.85	17.63	39.23
27	Argille organiche e terreni misti	5.2	5.4	16.42	17.2	32.69
28	Argille organiche e terreni misti	5.4	5.6	17.18	17.96	52.3
29	Argille organiche e terreni misti	5.6	5.8	17.46	18.24	65.38
30	Argilla inorganica compatta	5.8	6	18.41	19.2	58.84
31	Argille organiche e terreni misti	6	6.2	18.09	18.87	58.84
32	Argille sabbiose e limose	6.2	6.4	19.53	20.31	78.45
33	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	6.4	6.6	19.45	20.23	58.84
34	Argille sabbiose e limose	6.6	6.8	19.11	19.89	65.38
35	Argille sabbiose e limose	6.8	7	18.9	19.68	58.84
36	Argille organiche e terreni misti	7	7.2	16.79	17.57	32.69
37	Argille organiche e terreni misti	7.2	7.4	16.33	17.12	26.15
38	Argille organiche e terreni misti	7.4	7.6	16.33	17.11	32.69
39	Argille organiche e terreni misti	7.6	7.8	16.77	17.55	32.69
40	Argille organiche e terreni misti	7.8	8	16.31	17.1	32.69
41	Argille organiche e terreni misti	8	8.2	16.3	17.09	65.38
42	Argille sabbiose e limose	8.2	8.4	18.06	18.84	32.69
43	Argilla inorganica di media	8.4	8.6	17.4	18.18	32.69

	consistenza					
44	Argille organiche e terreni misti	8.6	8.8	16.74	17.52	26.15
45	Argille organiche e terreni misti	8.8	9	16.73	17.52	45.76
46	Argille organiche e terreni misti	9	9.2	17.09	17.87	45.76
47	Argilla inorganica di media consistenza	9.2	9.4	18.37	19.16	45.76
48	Argille organiche e terreni misti	9.4	9.6	17.08	17.86	32.69
49	Argilla inorganica tenera	9.6	9.8	16.24	17.02	19.61
50	Argilla inorganica di media consistenza	9.8	10	17.07	17.85	26.15
51	Argille organiche e terreni misti	10	10.2	17.07	17.85	39.23
52	Argille organiche e terreni misti	10.2	10.4	17.06	17.85	45.76
53	Argille organiche e terreni misti	10.4	10.6	17.06	17.84	45.76
54	Argille sabbiose e limose	10.6	10.8	18.76	19.54	52.3
55	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	10.8	11	19.07	19.86	45.76
56	Argilla inorganica di media consistenza	11	11.2	17.82	18.61	45.76
57	Argille organiche e terreni misti	11.2	11.4	16.66	17.44	78.45
58	Argilla inorganica di media consistenza	11.4	11.6	17.59	18.38	32.69
59	Argilla inorganica di media consistenza	11.6	11.8	17.33	18.11	26.15
60	Argille sabbiose	11.8	12	18.01	18.79	32.69

	e limose					
61	Argilla inorganica di media consistenza	12	12.2	17.01	17.8	26.15
62	Argille organiche e terreni misti	12.2	12.4	17.32	18.1	39.23
63	Argille organiche e terreni misti	12.4	12.6	17.8	18.58	71.92
64	Argille organiche e terreni misti	12.6	12.8	17.8	18.58	58.84
65	Sabbie	12.8	13	18.63	21.57	45.76
66	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	13	13.2	20.11	20.89	78.45
67	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	13.2	13.4	19.83	20.61	71.92
68	Argilla inorganica compatta	13.4	13.6	18.6	19.39	65.38
69	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	13.6	13.8	18.6	19.39	39.23
70	Argilla inorganica di media consistenza	13.8	14	18.15	18.94	45.76
71	Argille sabbiose e limose	14	14.2	17.97	18.76	32.69
72	Argilla inorganica compatta	14.2	14.4	17.97	18.75	52.3
73	Sabbie	14.4	14.6	17.65	20.59	45.76
74	Argille sabbiose e limose	14.6	14.8	19.69	20.48	91.53
75	Sabbie	14.8	15	0	0	0

EC8 (CPT) (1998)

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Resistenza alla punta corretta qc1 (bar)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione
1	1.70	34.603	32.642	1.700	30.008	0.987	0.073	0.044	1.669	Terreno non suscettibile di liquefazione

2	1.90	38.579	34.656	1.699	28.319	0.985	0.070	0.046	1.536	Terreno non suscettibile di liquefazione
3	2.10	42.555	36.671	1.651	29.150	0.984	0.072	0.048	1.498	Terreno non suscettibile di liquefazione
4	2.30	46.540	38.695	1.608	28.377	0.982	0.070	0.050	1.423	Terreno non suscettibile di liquefazione
5	2.50	50.493	40.686	1.568	23.062	0.981	0.064	0.051	1.247	Terreno suscettibile di liquefazione
6	2.70	54.446	42.678	1.531	27.020	0.979	0.069	0.053	1.307	Terreno non suscettibile di liquefazione
7	2.90	58.361	44.632	1.497	17.615	0.978	0.058	0.054	1.080	Terreno suscettibile di liquefazione
8	3.10	62.137	46.446	1.467	11.512	0.976	0.053	0.055	0.971	Terreno suscettibile di liquefazione
9	3.30	65.842	48.190	1.441	11.301	0.975	0.053	0.056	0.948	Terreno suscettibile di liquefazione
10	3.50	69.522	49.909	1.416	9.717	0.973	0.052	0.057	0.913	Terreno suscettibile di liquefazione
11	3.70	73.076	51.501	1.393	5.466	0.972	0.050	0.058	0.861	Terreno suscettibile di liquefazione
12	3.90	76.602	53.066	1.373	8.077	0.970	0.052	0.059	0.867	Terreno suscettibile di liquefazione
13	4.10	80.070	54.573	1.354	3.982	0.969	0.050	0.060	0.823	Terreno suscettibile di liquefazione
14	4.30	83.609	56.150	1.335	11.778	0.967	0.054	0.061	0.875	Terreno suscettibile di liquefazione
15	4.50	87.351	57.931	1.314	11.596	0.966	0.054	0.062	0.862	Terreno suscettibile di liquefazione
16	4.70	90.944	59.563	1.296	5.083	0.964	0.050	0.063	0.797	Terreno suscettibile di liquefazione
17	4.90	94.430	61.087	1.279	6.274	0.963	0.051	0.064	0.796	Terreno suscettibile di liquefazione
18	5.10	97.957	62.653	1.263	6.195	0.961	0.051	0.064	0.786	Terreno suscettibile di liquefazione
19	5.30	101.440	64.175	1.248	4.897	0.959	0.050	0.065	0.769	Terreno

										suscettibile di liquefazione
20	5.50	104.956	65.729	1.233	7.258	0.958	0.051	0.066	0.777	Terreno suscettibile di liquefazione
21	5.70	108.576	67.388	1.218	8.362	0.956	0.052	0.066	0.779	Terreno suscettibile di liquefazione
22	5.90	112.320	69.171	1.202	14.150	0.955	0.055	0.067	0.827	Terreno suscettibile di liquefazione
23	6.10	116.127	71.016	1.187	11.637	0.953	0.054	0.067	0.795	Terreno suscettibile di liquefazione
24	6.30	120.045	72.973	1.171	26.404	0.952	0.068	0.068	1.001	Terreno suscettibile di liquefazione
25	6.50	124.099	75.066	1.154	24.901	0.950	0.066	0.068	0.968	Terreno suscettibile di liquefazione
26	6.70	128.111	77.116	1.139	20.101	0.949	0.061	0.068	0.885	Terreno suscettibile di liquefazione
27	6.90	132.068	79.112	1.124	17.641	0.947	0.058	0.069	0.846	Terreno suscettibile di liquefazione
28	7.10	135.793	80.876	1.112	5.452	0.946	0.050	0.069	0.727	Terreno suscettibile di liquefazione
29	7.30	139.262	82.383	1.102	4.322	0.944	0.050	0.070	0.716	Terreno suscettibile di liquefazione
30	7.50	142.685	83.845	1.092	4.284	0.943	0.050	0.070	0.711	Terreno suscettibile di liquefazione
31	7.70	146.151	85.350	1.082	5.307	0.941	0.050	0.071	0.712	Terreno suscettibile di liquefazione
32	7.90	149.616	86.853	1.073	4.209	0.940	0.050	0.071	0.702	Terreno suscettibile di liquefazione
33	8.10	153.035	88.311	1.064	4.174	0.938	0.050	0.071	0.698	Terreno suscettibile di liquefazione
34	8.30	156.628	89.943	1.054	10.340	0.937	0.053	0.072	0.736	Terreno suscettibile di liquefazione
35	8.50	160.330	91.683	1.044	7.169	0.935	0.051	0.072	0.709	Terreno suscettibile di liquefazione
36	8.70	163.900	93.292	1.035	5.077	0.933	0.050	0.072	0.693	Terreno suscettibile

										di liquefazione
37	8.90	167.404	94.835	1.027	5.035	0.932	0.050	0.073	0.690	Terreno suscettibile di liquefazione
38	9.10	170.943	96.412	1.018	5.992	0.930	0.051	0.073	0.692	Terreno suscettibile di liquefazione
39	9.30	174.646	98.154	1.009	11.878	0.926	0.054	0.073	0.733	Terreno suscettibile di liquefazione
40	9.50	178.348	99.895	1.001	5.887	0.920	0.050	0.074	0.687	Terreno suscettibile di liquefazione
41	9.70	181.836	101.422	0.993	3.895	0.915	0.050	0.074	0.673	Terreno suscettibile di liquefazione
42	9.90	185.323	102.947	0.986	5.799	0.910	0.050	0.074	0.680	Terreno suscettibile di liquefazione
43	10.10	188.893	104.556	0.978	5.754	0.904	0.050	0.074	0.678	Terreno suscettibile di liquefazione
44	10.30	192.463	106.165	0.971	5.711	0.899	0.050	0.075	0.675	Terreno suscettibile di liquefazione
45	10.50	196.032	107.772	0.963	5.668	0.894	0.050	0.075	0.673	Terreno suscettibile di liquefazione
46	10.70	199.770	109.549	0.955	14.054	0.888	0.055	0.075	0.736	Terreno suscettibile di liquefazione
47	10.90	203.710	111.528	0.947	16.715	0.883	0.057	0.075	0.763	Terreno suscettibile di liquefazione
48	11.10	207.557	113.413	0.939	8.288	0.878	0.052	0.075	0.685	Terreno suscettibile di liquefazione
49	11.30	211.162	115.057	0.932	4.571	0.872	0.050	0.076	0.661	Terreno suscettibile di liquefazione
50	11.50	214.744	116.678	0.926	7.263	0.867	0.051	0.076	0.674	Terreno suscettibile di liquefazione
51	11.70	218.393	118.365	0.919	6.310	0.862	0.051	0.076	0.667	Terreno suscettibile di liquefazione
52	11.90	222.083	120.094	0.913	8.949	0.856	0.052	0.076	0.683	Terreno suscettibile di liquefazione
53	12.10	225.742	121.792	0.906	5.332	0.851	0.050	0.076	0.658	Terreno suscettibile di

										liquefazione
54	12.30	229.332	123.420	0.900	6.179	0.846	0.051	0.077	0.661	Terreno suscettibile di liquefazione
55	12.50	233.000	125.127	0.894	7.890	0.840	0.051	0.077	0.671	Terreno suscettibile di liquefazione
56	12.70	236.716	126.882	0.888	7.835	0.835	0.051	0.077	0.669	Terreno suscettibile di liquefazione
57	12.90	240.731	128.935	0.881	29.364	0.830	0.072	0.077	0.935	Terreno suscettibile di liquefazione
58	13.10	244.977	131.220	0.873	28.251	0.824	0.070	0.077	0.915	Terreno suscettibile di liquefazione
59	13.30	249.127	133.409	0.866	23.773	0.819	0.065	0.077	0.839	Terreno suscettibile di liquefazione
60	13.50	253.127	135.447	0.859	11.797	0.814	0.054	0.077	0.697	Terreno suscettibile di liquefazione
61	13.70	257.005	137.364	0.853	11.714	0.808	0.054	0.077	0.696	Terreno suscettibile di liquefazione
62	13.90	260.838	139.236	0.847	9.142	0.803	0.052	0.077	0.675	Terreno suscettibile di liquefazione
63	14.10	264.608	141.044	0.842	8.257	0.798	0.052	0.077	0.668	Terreno suscettibile di liquefazione
64	14.30	268.359	142.834	0.837	8.206	0.792	0.052	0.077	0.667	Terreno suscettibile di liquefazione
65	14.50	272.293	144.807	0.831	20.374	0.787	0.061	0.077	0.785	Terreno suscettibile di liquefazione
66	14.70	276.400	146.952	0.825	21.033	0.782	0.061	0.077	0.794	Terreno suscettibile di liquefazione
67	14.90	278.448	147.039	0.825	16.175	0.776	0.057	0.078	0.730	Terreno suscettibile di liquefazione

IPL (Iwasaki)=14.71 Zcrit=20 m Rischio=Alto