



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



PROVINCIA DI LUCCA

Palazzo Ducale, Cortile Carrara
55100 Lucca (LU)
Tel. 0583.417.1 - Fax 0583.417.326

ISTITUTO AGRARIO "BRANCOLI BUSDRAGHI" DI LUCCA

INTERVENTO DI DEMOLIZIONE DEL MAGAZZINO E DEPOSITO ATTREZZI E RICOSTRUZIONE
NUOVO CORPO LABORATORI, NUOVO CORPO MAGAZZINO E DEPOSITO ATTREZZI
E CONTESTUALE INSTALLAZIONE CABINA ENEL

PROGETTO INCLUSO NEL PNRR "FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA - NEXT GENERATION EU"
CUP: E62C21001200001 - INTERVENTO: M4C1I3.3

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA - SISMICA E INDAGINI

Responsabile Unico del Porcedimento

Arch. Fabrizio Mechini

Gruppo di Progettazione:

Ufficio Edilizia Scolastica e Immobili Vincolati

TECNICI INCARICATI ESTERNI



Progettazione Architettonica

Studio Tecnico Barsotti Giammattei

Arch. Andrea Barsotti

Via di Tiglio 433 - 55100 - Lucca



Progettazione Impianti

Studio Ingegneria Preti & Scatena

Viale Europa 1 - 55013 - Lammari - Lucca



Progettazione Strutturale

Rima - Studio Associato di Ingegneria

Via D. Chelini 49 - 55100 - Lucca



Aspetti geologici

Geol. Roberto Maggiore - Studio Geo-omnia

Via dei Capannoresi 1109 - 55100 - Lucca

Luglio 2023

Elaborato:

G2

Provincia di Lucca

Comune di Lucca



FASCICOLO DELLA DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA

- RELAZIONE GEOLOGICA
- RELAZIONE SISMICA
- ALLEGATO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Intervento: **demolizione di magazzino e deposito attrezzi e ricostruzione di nuovo corpo laboratori**

Committenza: **PROVINCIA DI LUCCA**



Sito: **località "Mutigliano", Comune di Lucca (LU)**



Dott. Geol. Roberto Maggiore

Via dei Capannoresi n. 1109

55100, Lucca

☎ 347-4013701

e-mail: r.maggiore@geo-omnia.it

www.geo-omnia.it

00	23102	06/07/2023	1^ Redazione	S. Caccavale	R. Maggiore
Revisione	Commessa	Data	Descrizione	Redatto	Approvato

Provincia di Lucca

Comune di Lucca



OGGETTO: Relazione Geologica a supporto del progetto di demolizione del magazzino e deposito attrezzi e ricostruzione nuovo corpo laboratori e realizzazione di nuovo deposito attrezzi ipogeo presso l'Istituto Agrario "Brancoli-Busdraghi" di Lucca (LU)

Committenza: PROVINCIA DI LUCCA



Dott. Geol. Roberto Maggiore

Via dei Capannoresi n. 1109

55100, Lucca

☎ 347-4013701

e-mail: r.maggiore@geo-omnia.it

www.geo-omnia.it

00	23102	03/07/2023	1^ Redazione	S. Caccavale	R. Maggiore
Revisione	Commessa	Data	Descrizione	Redatto	Approvato

INDICE RELAZIONE

1 - PREMESSA.....	3
1A – UBICAZIONE AREA DI STUDIO ED INTERVENTO IN PROGETTO	3
1B – NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
1C – STUDIO DEI VINCOLI E VERIFICA DELLE PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ	6
1D – INDAGINI EFFETTUATE	20
2 - RELAZIONE GEOLOGICA.....	21
2A – INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	21
2B – INQUADRAMENTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO.....	22
3 - RELAZIONE TECNICA.....	23
3A – INTERVENTI IN PROGETTO	23
3B – MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	23
3C – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO	25
3D – VALORI CARATTERISTICI E DI PROGETTO	25
3E – MODELLO GEOTECNICO	26
3F – COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO.....	26
4 - VERIFICHE DI STABILITÀ.....	27
4A - STABILITÀ DEI VERSANTI.....	28
5 - STABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO	31
6 - CONCLUSIONI	34

INDICE TAVOLE

Tav. 1 – Corografia (scala 1:10.000);

Tav. 2 – Ubicazione indagini effettuate e di correlazione (scala 1:1.000);

Tav. 3 – Carta geologica (scala 1:5.000);

Tav. 4a e 4b – Sezioni litostratigrafiche (scala 1:250).

ALL.1A – VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO ATTUALE IN CONDIZIONI STATICHE E DRENATE;

ALL.1B – VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO ATTUALE IN CONDIZIONI DINAMICHE E DRENATE;

ALL.2A – VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO DI PROGETTO IN CONDIZIONI STATICHE E DRENATE;

ALL.2B – VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO DI PROGETTO IN CONDIZIONI DINAMICHE E DRENATE.

1 - PREMESSA

Su incarico della Provincia di Lucca, CIG 9921732841, per la parte geologica, sono stato incaricato dalla Provincia di Lucca per la redazione della relazione geologica a supporto dei progetti di: demolizione di un fabbricato attualmente destinato a magazzino e deposito attrezzi e contestuale ricostruzione di nuovo corpo da destinarsi a laboratori e realizzazione di un nuovo deposito attrezzi ipogeo, ubicati nella frazione di Mutigliano, nel Comune di Lucca (LU) (Tav.1 – Foto 1).

La presente relazione sintetizza gli studi geologici e geotecnici di supporto ai progetti; tale indagine è indirizzata a valutare la morfologia, l'assetto idraulico-idrogeologico e le caratteristiche stratigrafiche e sismiche dei terreni nell'area d'intervento ed in un suo significativo intorno, al fine di definire la fattibilità delle nuove edificazioni.

1A – UBICAZIONE AREA DI STUDIO ED INTERVENTO IN PROGETTO

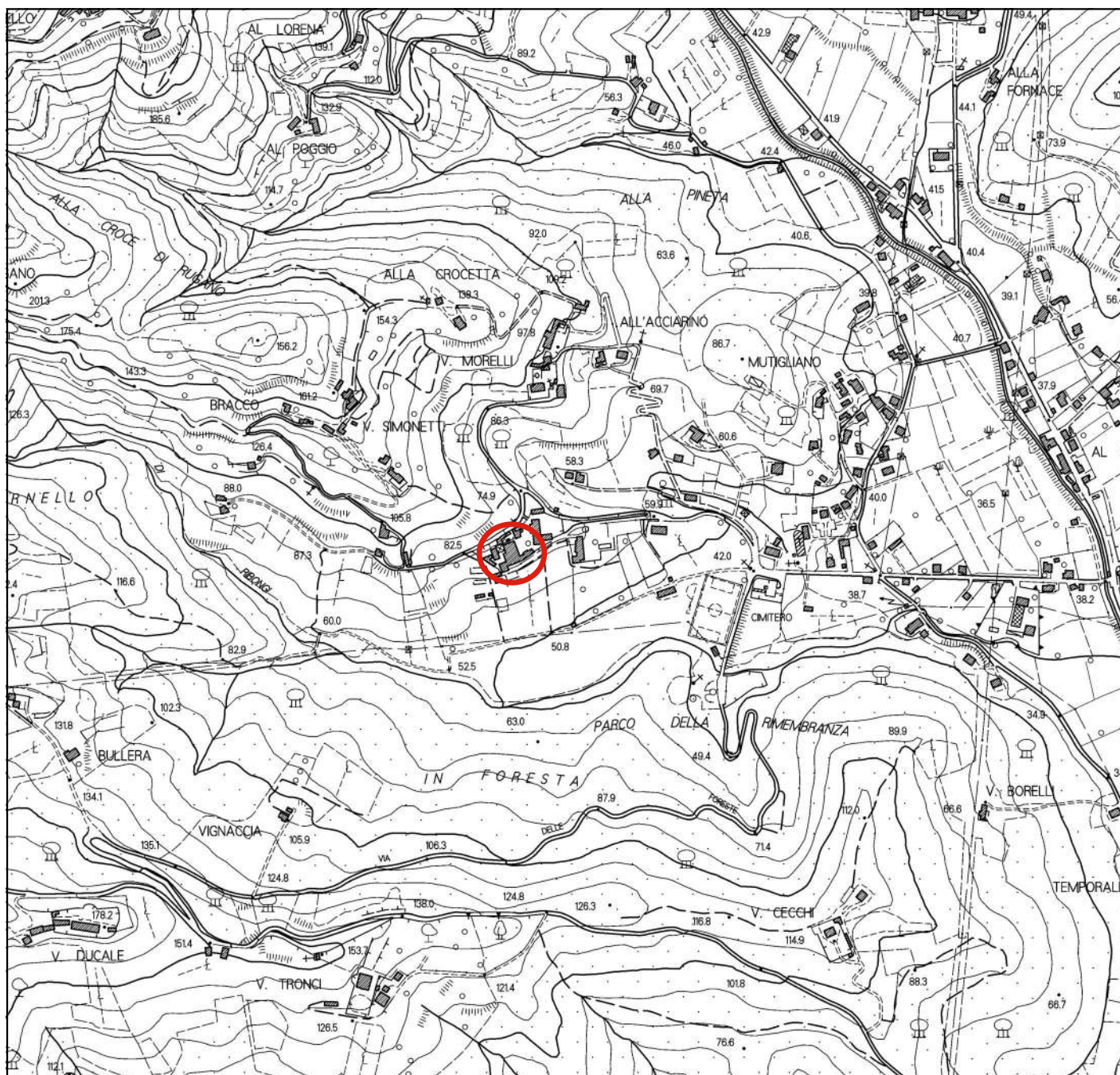
Le zone di studio si trovano in corrispondenza delle particelle n. 1184 e parte della 507 del Foglio 64 del N.C.T. del Comune di Lucca (foto 1 - fig.1).



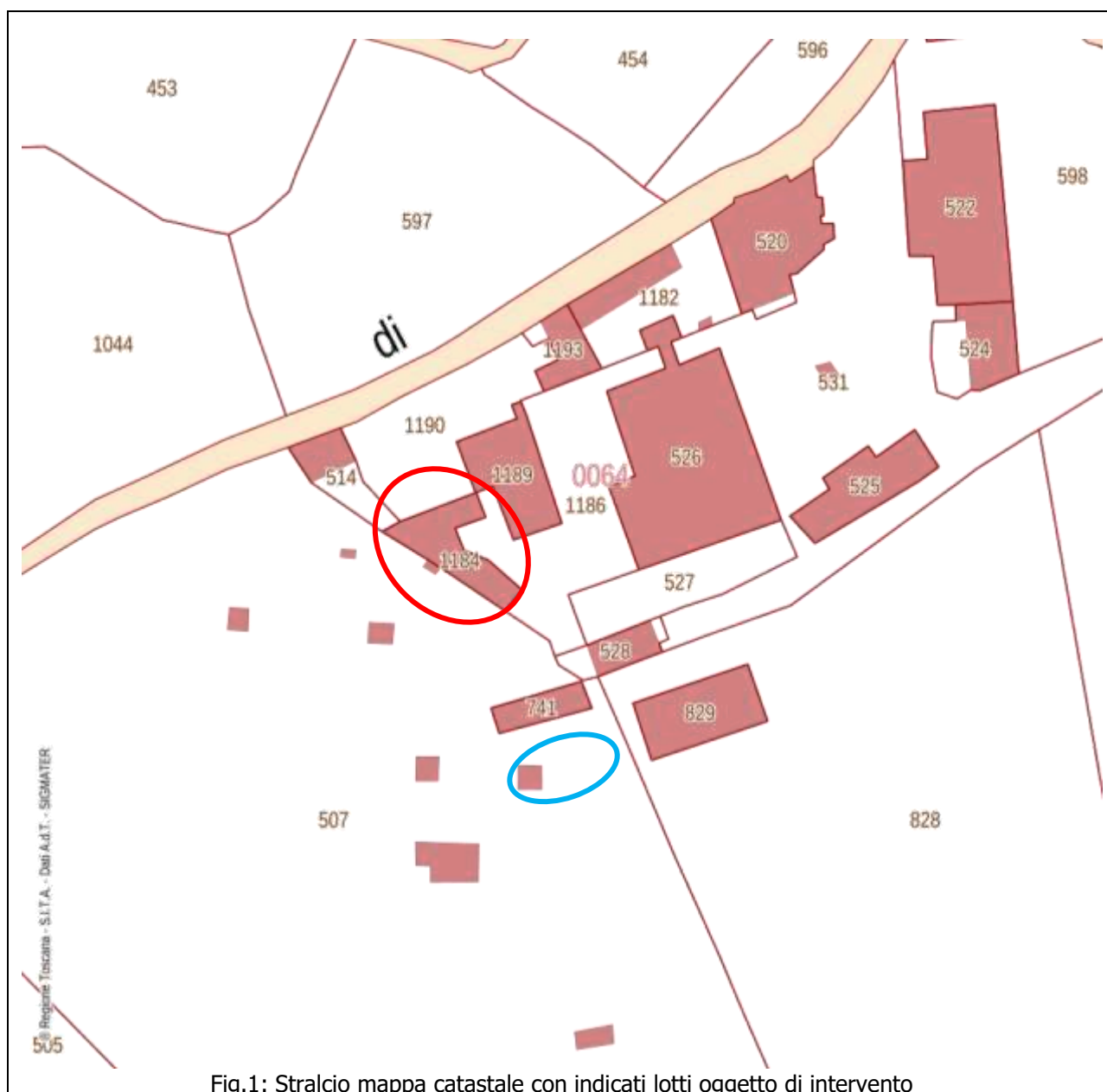
Foto 1: Vista zone di studio – Google Earth

COROGRAFIA

scala 1:10.000



Area di intervento



1B – NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione, al fine di valutare attentamente e in modo dettagliato i punti da analizzare per lo svolgimento dello studio, si è tenuto conto delle seguenti normative in vigore:

- Eurocodice 8 – 1998 – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura 2003);
- 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 (2002) - UNI;

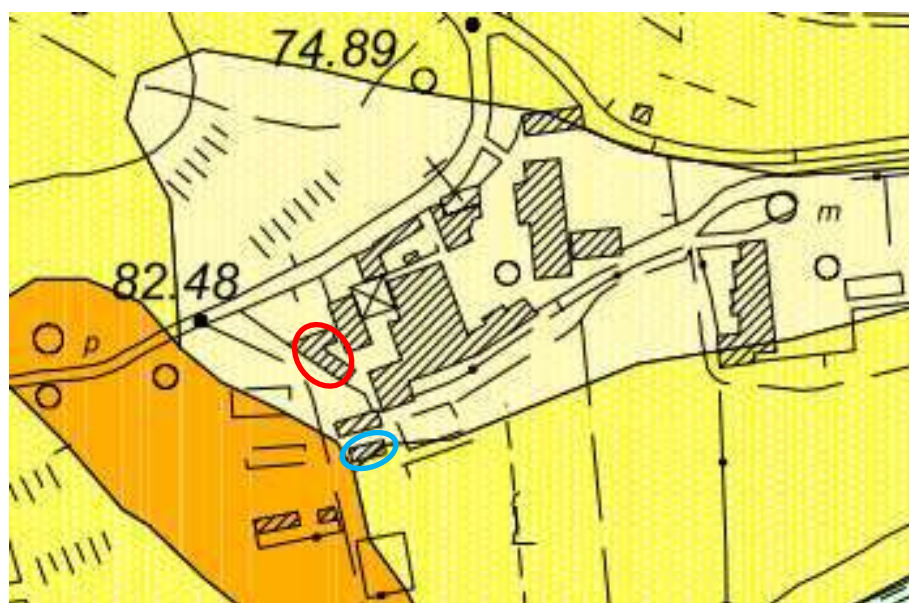
- Eurocodice 7.3 – 2002 - Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in situ (2002) - UNI;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 27/07/2007- Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale;
- D.M. 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- D. Lgs. n. 152/06 "Testo Unico sull'Ambiente" e successive modifiche ed integrazioni;
- D.L. n.52/99 e succ. modifiche, D.L. n.31/01 e Linee Guida per la tutela delle acque destinate al consumo umano G.U. del 03/01/2003;
- L.R.T. n.39/00 "Legge Forestale della Toscana" e Regolamento di attuazione n.48 dell'08/08/2003;
- L.R.T. 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;
- L.R.T. n.20 del 31 maggio 2006: "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento".
- D.P.G.R. n. 36/R del 09/07/09 - "Regolamento di attuazione dell'art. 117, commi 1 e 2 della legge regionale 03/01/2005 n.1 (Norme per il governo del territorio)";
- D.P.G.R. n. 46/R dell'08/09/2008 – "Regolamento di attuazione della L.R. 31 maggio 2006, n 20 (Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento)" e successive modifiche ed integrazioni.
- D.G.R. n.878 del 24/10/2012 – "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".
- Piano Assetto Idrogeologico ed Aggiornamenti (Luglio del 2013 e Dicembre 2015) del Fiume Serchio;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico del bacino Pilota del Fiume Serchio (P.G.R.A.), approvato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 184, ai sensi dell'articolo 4, comma 3 del D. Lgs. 219/2010 in data 03/03/2016;
- Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica adottato con delibera della Conferenza Istituzionale Permanente n.20 del 20 dicembre 2019;
- Regolamento Urbanistico del Comune di Lucca (R.U.) vigente;
- Piano Strutturale del Comune di Lucca (P.S.) vigente;
- Piano Operativo Comunale (P.O.C.) definitivamente adottato con Delibera di C.C. n. 103 del 26 ottobre 2021;

- Contestuale Variante al P.O.C. comunale ai sensi dell'art. 1 della L.R. 12/2022 e s.m.i..

1c – STUDIO DEI VINCOLI E VERIFICA DELLE PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ

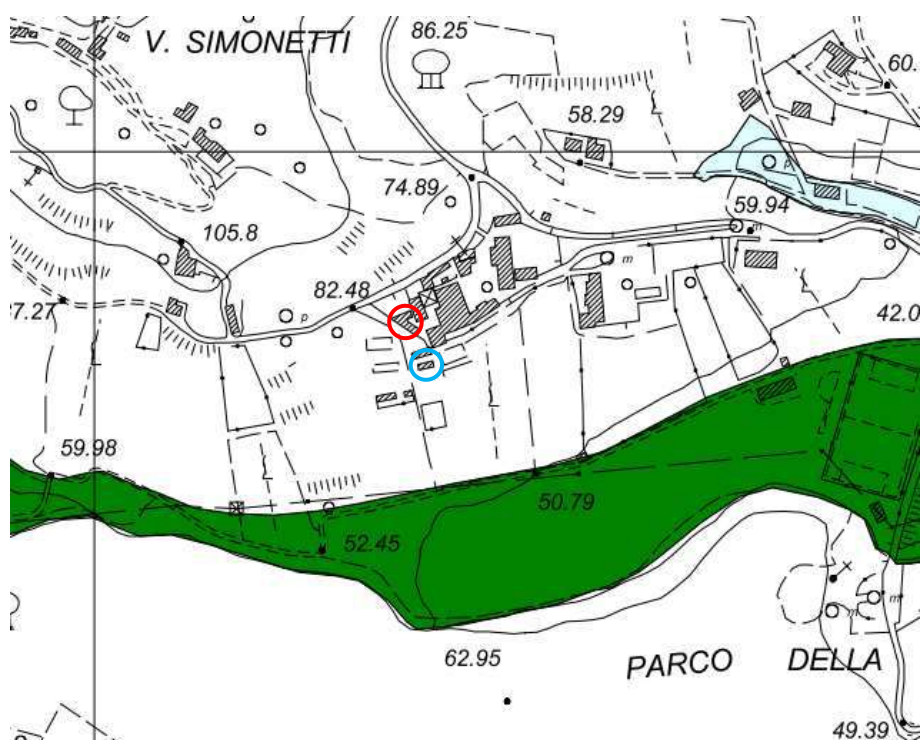
Secondo la cartografia tematica di corredo al R.U. vigente del Comune di Lucca l'area interessata dagli interventi ricade in: **Classe di Pericolosità Geomorfologica e Geotecnica "2g" – Bassa** ed in minima parte in **Classe di Pericolosità Geomorfologica e Geotecnica "3ag" – Medio-Bassa**, in **Classe di Pericolosità Idraulica "1i" – Irrilevante** ed in **Classe di Pericolosità sismica – Non definita**.

Di seguito si riportano gli stralci cartografici analizzati (figg.2-4):



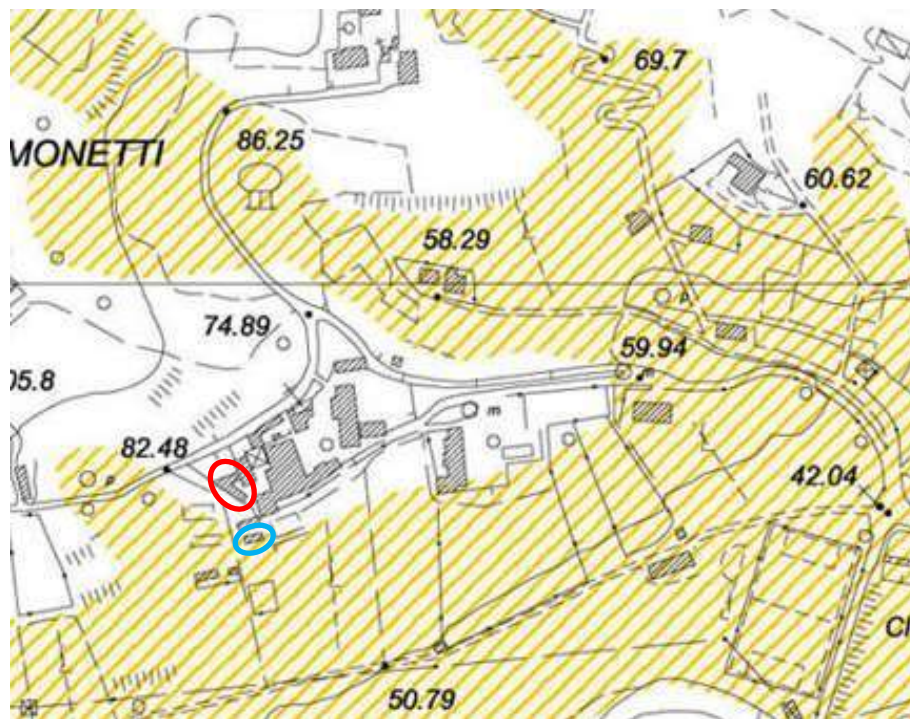
	Classe	Pericolosità	Caratteri
	2g	BASSA	Aree con assenza di forme e processi geomorfologici attivi o quiescenti nelle quali sono al massimo prevedibili, sulla base di valutazioni geologiche, litotecniche e clivometriche, limitati processi di degrado superficiale riconoscibili e neutralizzabili a livello di intervento diretto.
	3ag	MEDIO-BASSA	Aree interessate da frane quiescenti e/o da indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità nelle quali non si possono escludere riattivazioni o attivazioni di movimenti di massa di complessiva bassa intensità. Frane inattive, per cause naturali o artificiali, di medie o grandi dimensioni.
	3bg	MEDIO-ALTA	Aree interessate da frane quiescenti o da indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità nelle quali sono prevedibili attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di media intensità. Aree prive delle forme e degli indicatori di cui sopra, ma nelle quali la presenza di particolari caratteri litologici, giaciturali e clivometrici non escludono la possibilità di attivazione di movimenti di massa di media-elevata intensità.

Fig.3: stralcio Tav.PG4 - Carta della pericolosità geomorfologica e geotecnica



	Classe	Pericolosità	Caratteri
	1i	IRRILEVANTE	Aree collinari o montane sopraelevate di almeno 1 m rispetto al limite esterno dell'alveo di naturale esondazione o 2 m rispetto al ciglio di sponda, prive di notizie storiche di precedenti inondazioni o allagamenti da ristagno.

Fig.3: stralcio Tav.P14 - Carta della pericolosità idraulica



Pericolosità da fenomeni sismici

	3i	MEDIA	Aree non interessate da fenomeni attivi, suscettibili, per costituzione geologica e/o morfologica, di subire fenomeni di moderata amplificazione della sollecitazione sismica, senza deformazioni permanenti del suolo.
	4i	ELEVATA	Aree interessate da fenomeni attivi. Aree non interessate da fenomeni attivi, suscettibili, per costituzione geologica e/o morfologica, di subire deformazioni permanenti del suolo e/o fenomeni di elevata amplificazione della sollecitazione sismica.

Fig.4: stralcio Tav.PS04 - Carta della pericolosità sismica

La fattibilità geologica dell'area è stata definita tramite la matrice di correlazione pericolosità geologica/trasformazioni $\Rightarrow$ fattibilità, riportata nelle NTA del R.U. vigente.

In particolare ogni intervento viene distinto a seconda dell'uso e dell'assetto del territorio in tre gradi di esposizione (basso-medio-alto).

Gli interventi in oggetto presentano un **grado di esposizione alto**, per cui le fattibilità individuate sono:

Tipo di Pericolosità R.U.	Classe di fattibilità R.U.
Classe di Pericolosità Geologica "2g"	Fattibilità Geomorfologica 2gg $\rightarrow$ nessuna limitazione
Classe di Pericolosità Geologica "3ag"	Fattibilità Geomorfologica 3gg $\rightarrow$ nessuna limitazione
Classe di Pericolosità Idraulica "1i"	Fattibilità Idraulica 1i $\rightarrow$ nessuna limitazione

Tab. 1 - Verifiche delle fattibilità in relazione al tipo di intervento e alle pericolosità esistenti.

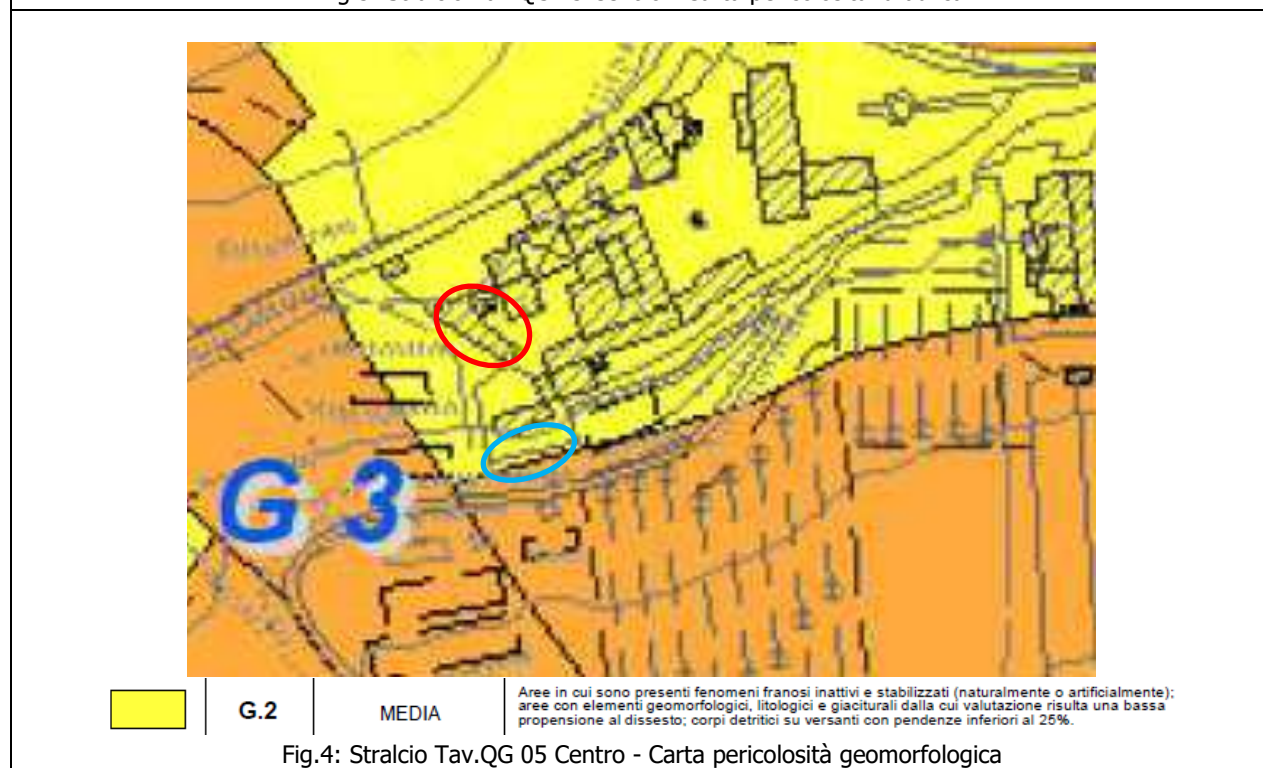
In merito alla fattibilità geologica "2gg" sono previste *"Indagini di approfondimento geologiche-geotecniche, estese all'ambito geomorfologico significativo" richieste soltanto nel caso di intervento diretto. Nel caso di interventi destabilizzanti su frana inattiva le indagini devono contenere verifiche di stabilità comprovanti la esistenza, o il raggiungimento con opportune opere di sostegno e/o bonifica, di adeguati coefficienti di sicurezza".*

In merito alla fattibilità geologica "3gg" sono previste *"Indagini di approfondimento geologiche-geotecniche, estese all'ambito geomorfologico significativo", richieste sia nel caso di intervento diretti che di piano attuativo. Interventi diretti ammissibili soltanto se supportati da progetto di massima degli interventi finalizzati alla mitigazione o annullamento del rischio a mezzo di interventi incidenti sulla pericolosità (interventi sulle cause e/o sugli effetti) e/o sulla vulnerabilità (accorgimenti costruttivi, sistemi di allarme)".*

In merito alla fattibilità idraulica non c'è alcuna limitazione.

Per quanto sopra riportato si considerano gli interventi in oggetto come **pienamente fattibili** dal punto di vista del R.U. vigente del Comune di Lucca.

Secondo la cartografia tematica di corredo al P.S. approvato del Comune di Lucca l'area interessata dall'intervento ricade in **Classe di pericolosità idraulica "I.1" – Bassa**, in **Classe di Pericolosità geomorfologica "G.2" – Media** ed in **Classe di Pericolosità sismica "S.2" – Media**, così come evidenziato dagli stralci cartografici (figg. 5-7):



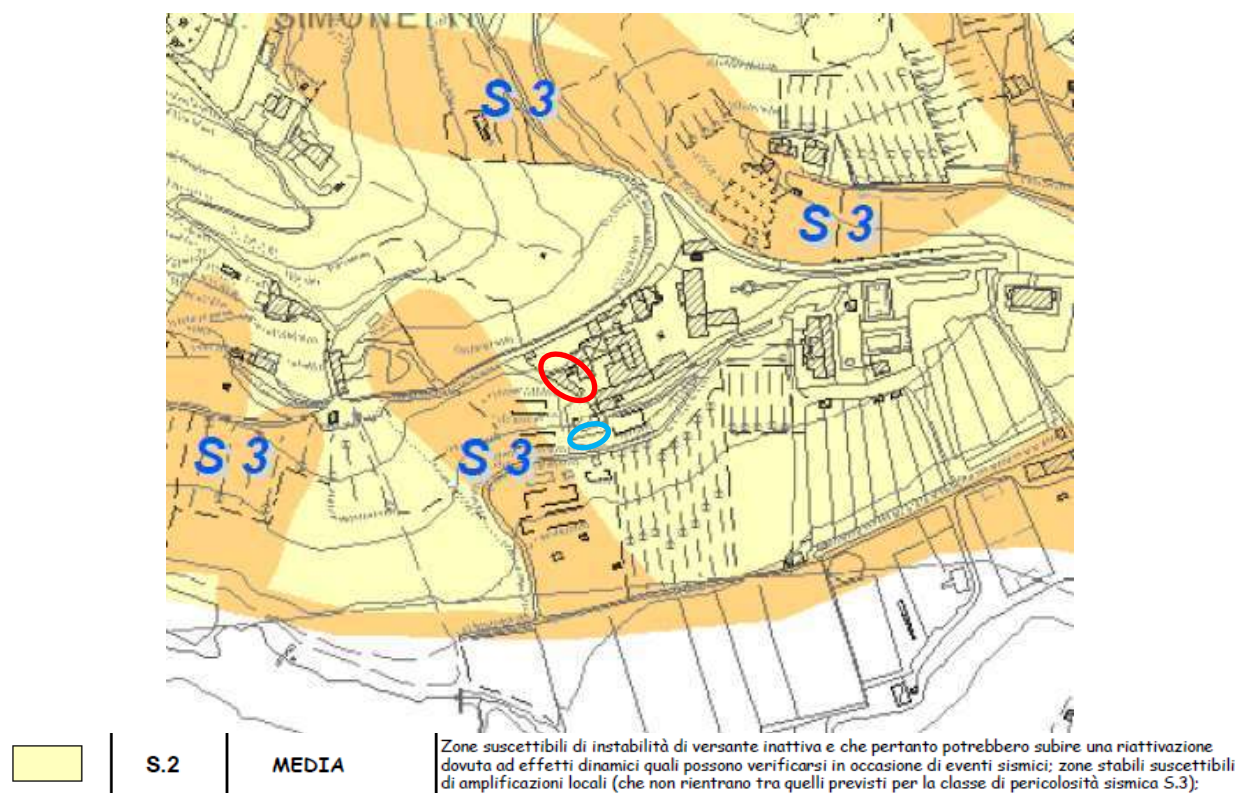


Fig.7: Stralcio Tav.QG 11 Centro - Carta pericolosità sismica

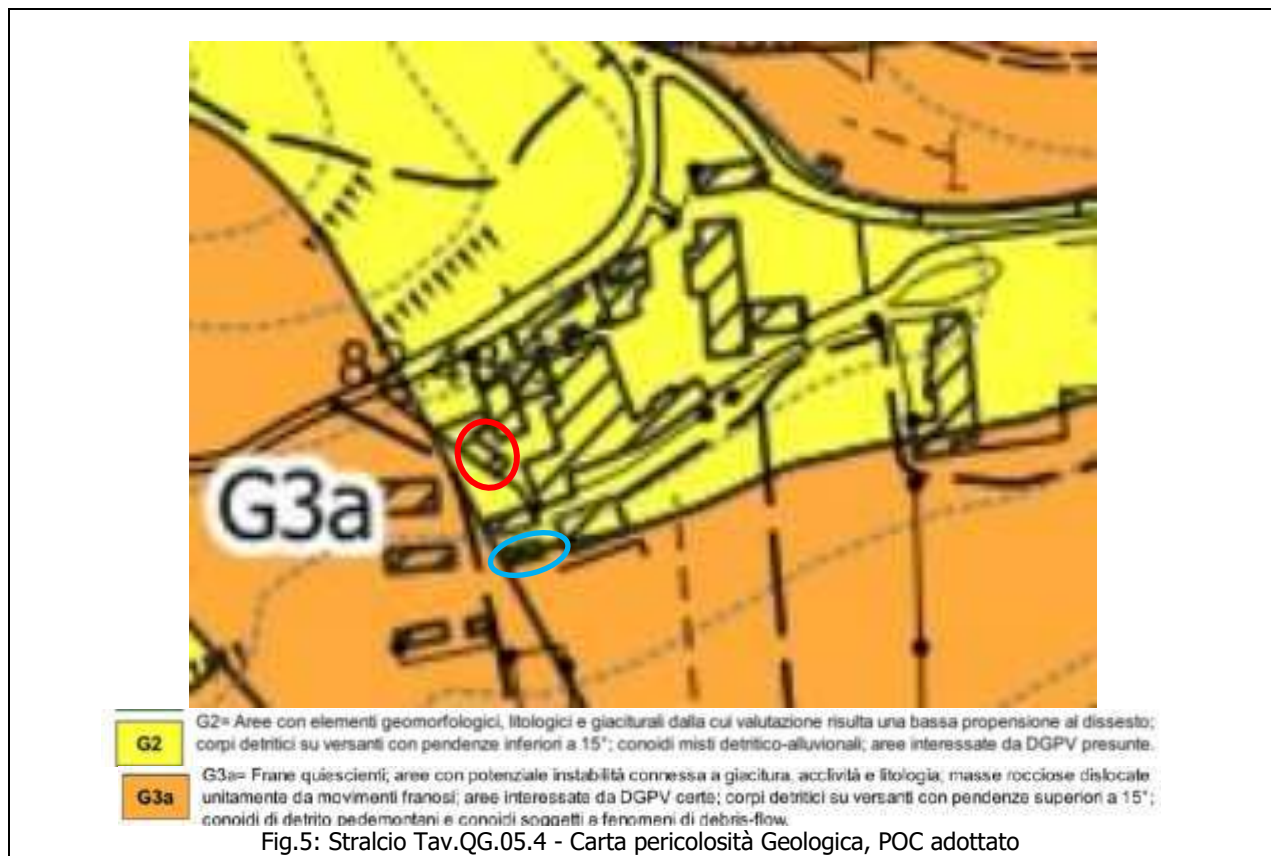


Fig.8: Stralcio Tav.QG 08 Centro - MOPS, P.S. adottato

Secondo la cartografia MOSP allegata al PS, l'area di studio ricade in corrispondenza della zona "Z2", ovvero in "zone stabili suscettibili di amplificazione stratigrafica" (fig.8).

Secondo la cartografia tematica di corredo al P.O.C. adottato nell'ottobre 2020 dal Comune di Lucca le aree di intervento ricadono in:

- ✚ **CLASSE DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA → "G.2" – Media** ed in parte in **Classe di Pericolosità Geomorfologica "G.3a" – frane quiescenti, aree con potenziale instabilità...etc;**
- ✚ **CLASSE DI PERICOLOSITA' IDRAULICA → Non ricade**
- ✚ **CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA → "S.2" – Media.**



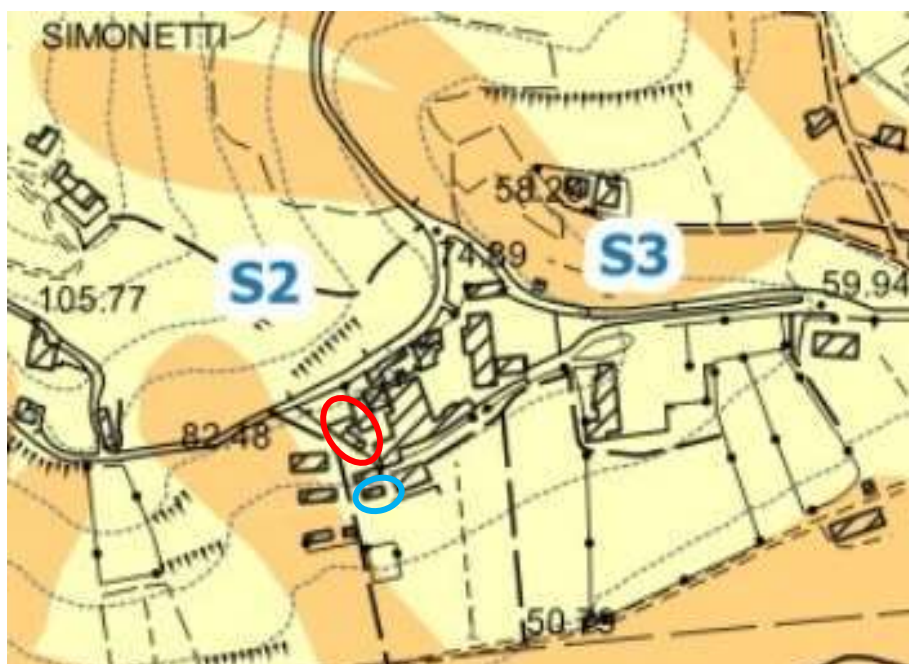


Classi di pericolosità da alluvione

- | | |
|-----------|---|
| P1 | P1= Aree a pericolosità per alluvioni rare o a pericolosità bassa (aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni). |
| P2 | P2= Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti o a pericolosità media (aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e inferiore o uguale a 200 anni). |
| P3 | P3= Aree a pericolosità per alluvioni frequenti o a pericolosità elevata (aree inondabili da eventi con tempo di ritorno inferiore o uguale a 30 anni). |

Fig

Fig.10: Stralcio Tav.QG.15.4 - Carta della pericolosità da alluvione, POC adottato



- | | |
|-----------|---|
| S2 | Pericolosità media: Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3). |
|-----------|---|

Fig.11: Stralcio Tav.QG.11.4 - Carta della pericolosità sismica, POC adottato

Sulla base del quadro conoscitivo esistente vengono riportati di seguito le condizioni di fattibilità individuate dal P.O.C. adottato:

**Condizioni di fattibilità per le aree a pericolosità geologica media
"G.3a":**

1. Le aree classificate nell'elaborato QG 05 a pericolosità G.3a e G.3b, tutte caratterizzate da condizioni di potenziale instabilità, sono in generale soggette ad una fattibilità condizionata all'esito di opportune verifiche da condurre a livello di Piano Attuativo o di Progetto Unitario Convenzionato oppure, se non previsti, a livello di intervento diretto, come meglio specificato nei successivi punti del presente paragrafo;
2. La fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata all'esito di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche, effettuate in fase di piano attuativo e finalizzate alla verifica delle effettive condizioni di stabilità. Qualora dagli studi, dai rilievi e dalle indagini ne emerga l'esigenza, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla preventiva realizzazione degli interventi di messa in sicurezza. Gli interventi di messa in sicurezza, che sono individuati e dimensionati in sede di Piano Attuativo o di Progetto Unitario Convenzionato oppure, qualora non previsti, a livello edilizio diretto, dovranno essere tali da:
 - non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;
 - non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi;
 - consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza

La durata del monitoraggio relativo agli interventi di messa in sicurezza è definita in relazione alla tipologia del dissesto ed è concordata tra il Comune e la struttura regionale competente. Il raggiungimento delle condizioni di sicurezza costituisce il presupposto per il rilascio di titoli abilitativi

6. L'Autorità di bacino distrettuale si esprime sugli interventi di seguito elencati, in merito alla compatibilità degli stessi con le finalità di Piano di bacino:
 - misure di protezione tese alla riduzione della pericolosità e alla mitigazione del rischio che comportino la riduzione della classe di pericolosità con conseguente revisione del quadro conoscitivo;
 - interventi di ampliamento e ristrutturazione delle opere e infrastrutture pubbliche esistenti riferite ai servizi essenziali, nonché della rete infrastrutturale primaria;

- nuovi interventi ed interventi di ampliamento e ristrutturazione degli impianti pubblici e di interesse pubblico di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006;
- nuove opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali.

Condizioni di fattibilità per le aree a pericolosità geologica media "G.2":

3. Nelle aree classificate nell'elaborato QG 05 a pericolosità geologica media (G.2) le condizioni di attuazione degli interventi ammessi dal P.O. sono quelle derivanti dalle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio ai sensi della normativa tecnica sovra comunale vigente, finalizzate sia ad una corretta progettazione degli interventi stessi, sia a non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.
4. In particolare le indagini di supporto alla progettazione edilizia dovranno essere estese all'intorno geologicamente significativo e pervenire alla definizione del modello geologico di riferimento, comprensivo nelle aree pianeggianti della relativa caratterizzazione stratigrafico-geotecnica-idrogeologica e, nelle aree di versante, dell'individuazione degli elementi, geomorfologici, litologico-tecnici, giaciture e idrogeologici per le opportune verifiche di stabilità del pendio. Nel caso di volumetrie interraste dovranno essere valutate le prevedibili sottospinte idrauliche e gli effetti di eventuali emungimenti connessi agli scavi sotto falda. Nel caso poi di interventi su terreni argillosi dovranno essere valutati i possibili fenomeni di ritiro e rigonfiamento dei terreni stessi per variazioni di umidità del suolo.

Condizioni di fattibilità idraulica:

l'area oggetto di variante è ubicata al di fuori delle aree a pericolosità da alluvioni (P1-P2-P3), per cui non è necessario dettare condizioni di attuazione dovute a limitazioni di carattere idraulico.

Condizioni di fattibilità per le aree a pericolosità sismica media "S.2":

1. Nelle aree definite nell'elaborato QG. 11 a pericolosità sismica media (S2) non vengono dettate condizioni di attuazione per la fase attuativa o progettuale degli interventi, salvo il rispetto degli approfondimenti dettato dall'NTC 2018 e dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014.
2. Limitatamente a quelle connesse con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore ad 1hertz, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione deve tener conto dell'analisi combinata della frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie, al fine di verificare

l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura nella fase della progettazione edilizia.

Condizioni di fattibilità idrogeologica per le aree con grado di vulnerabilità dell'acquifero Media "M":

1. Nelle a media ed alta vulnerabilità è prescritto che i piani attuativi e gli interventi diretti concernenti impianti e/o attività inquinanti possano essere approvati soltanto se corredati della valutazione della vulnerabilità reale locale e dal progetto delle eventualmente necessarie opere volte alla mitigazione del rischio potenziale specifico. Il rischio è definito attraverso valutazioni incrociate tra vulnerabilità intrinseca, tipologia del centro di pericolo, caratteristiche idrogeologiche ed idrodinamiche dell'acquifero, valore della risorsa da tutelare (quantità, qualità ed utilizzo).

L'area di intervento è oggetto di contestuale proposta di variante al R.U. comunale, secondo le procedure previste all'art.1 della L.R. 12/2022 e s.m.i., per le opere oggetto di finanziamento da parte del Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR), con studi geologico-tecnici conformi al regolamento regionale 5/R e classificata in termini di pericolosità e fattibilità geologica/idraulica/sismica.

La fattibilità delle previsioni delle zone di Variante oggetto del presente studio possono pertanto essere individuate dalla relazione tra la classe di pericolosità geologica, idraulica e sismica e la tipologia dell'intervento secondo i seguenti schemi riassuntivi a matrice:

LOTTO 1 - demolizione e ricostruzione con ampliamento

INTERVENTO	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	PERICOLOSITÀ IDRAULICA	PERICOLOSITÀ SISMICA
	G2	-	S2
DEMOLIZIONE E RCOSTRUZIONE CON AMLIAMENTO>30%	F2	F1	F2

I criteri generali che è necessario rispettare sono indicati di seguito, oltre a quelli già previsti dalla pianificazione di bacino:

- **ASPETTI GEOLOGICI:** L'intervento ricade su un pendio. L'intervento è attuabile in funzione delle consuete indagini e verifiche di stabilità del pendio da eseguirsi a supporto di una corretta progettazione anche al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area;

- **ASPETTI IDRAULICI:** non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia;
- **ASPETTI SISMICI:** la caratterizzazione sismica in sede di intervento diretto farà riferimento ai dati desumibili dagli studi di supporto al PS ed al PO, opportunamente integrati dagli approfondimenti dettati dalla normativa vigente sovracomunale (DPGR 36/R/2011 e NTC 2018): dovrà inoltre accertare la frequenza di vibrazione fondamentale del terreno. Nel caso di frequenza indicativamente inferiore a 1 Hz la fattibilità degli interventi di nuova edificazione deve tener conto dell'analisi combinata della frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie, al fine di verificare l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura.

LOTTO 2 - deposito attrezzi ipogeo

INTERVENTO	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	PERICOLOSITÀ IDRAULICA	PERICOLOSITÀ SISMICA
	G3a	-	S2
REALIZZAZIONE DEPOSITO ATTREZZI AGRICOLI	F3	F1	F2

I criteri generali che è necessario rispettare sono indicati di seguito, oltre a quelli già previsti dalla pianificazione di bacino:

- **ASPETTI GEOLOGICI:** L'area ricade su pendio costituito da copertura detritica. Il progetto dell'opera è subordinato a all'esito di rilievi, indagini geognostiche e geofisiche previste dalla normativa vigente sovracomunale (DPGR 36/R/2011 e NTC 2018), tenuto altresì conto di quanto specificato al § 2.3 della Relazione generale di fattibilità geologico tecnica (Elaborato QG.I), finalizzate anche alla verifica delle effettive condizioni di stabilità nella situazione pre e post intervento. Qualora dal complesso degli approfondimenti svolti emerga la necessità di interventi di messa in sicurezza, questi devono essere tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità delle aree adiacenti e consentire la manutenzione degli interventi stessi;
- **ASPETTI IDRAULICI:** non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia;
- **ASPETTI SISMICI:** la caratterizzazione sismica in sede di intervento diretto farà riferimento ai dati desumibili dagli studi di supporto al PS ed al PO, opportunamente integrati dagli approfondimenti dettati dalla normativa vigente sovracomunale (DPGR

36/R/2011 e NTC 2018): dovrà inoltre accertare la frequenza di vibrazione fondamentale del terreno. Nel caso di frequenza indicativamente inferiore a 1 Hz la fattibilità degli interventi di nuova edificazione deve tener conto dell'analisi combinata della frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie, al fine di verificare l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura.

Secondo la "*Variante generale funzionale all'adeguamento del PAI del fiume Serchio al Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale*" per la parte relativa alla pericolosità idraulica e delle correlate misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 65 comma 7 del d.lgs. 152/2006 il lotto in esame non ricade nelle **Aree a pericolosità da alluvione**.

Secondo il "*Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I. - Bacino Fiume Serchio)*" entrato in vigore con Delibera Regionale n.20 del 1 febbraio 2005 e modificato dai successivi aggiornamenti (I Aggiornamento approvato con DPCM del 26/07/2013 e II aggiornamento adottato il 17/12/2015 con delibera del Comitato Istituzionale n. 180), recante l'individuazione e la perimetrazione delle aree a pericolosità e a rischio di frana elevato e molto elevato, il lotto in esame ricade in "**Aree a pericolosità di frana media – P2**" per il **lotto 1** e per il **lotto 2** ricade in "**Aree a pericolosità di frana media – P2**" lambente le "**Aree a pericolosità di frana elevata – P3**" ovvero in "**Aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche**" soggette al rispetto degli articolo 14 delle Norme di Piano.

Relativamente ad entrambi i lotti, ai sensi degli artt. 14 comma 1, sono soggette a vincolo di edificabilità condizionata alla esecuzione di indagini geologiche e geotecniche atte ad escludere situazioni di rischio per la pubblica e privata incolumità.

Relativamente al lotto 2, il dettaglio cartografico in scala 1: 10.000 non consente di avere un limite tra P2 e P3 ben definito; cosa che è possibile invece effettuare in campagna, direttamente sul sito: da evidenze morfologiche e dalle pendenze riscontrate, possiamo affermare che l'area di intervento ricade in "**Aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche - E2**", per cui la fattibilità di tali interventi è subordinata ai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche.

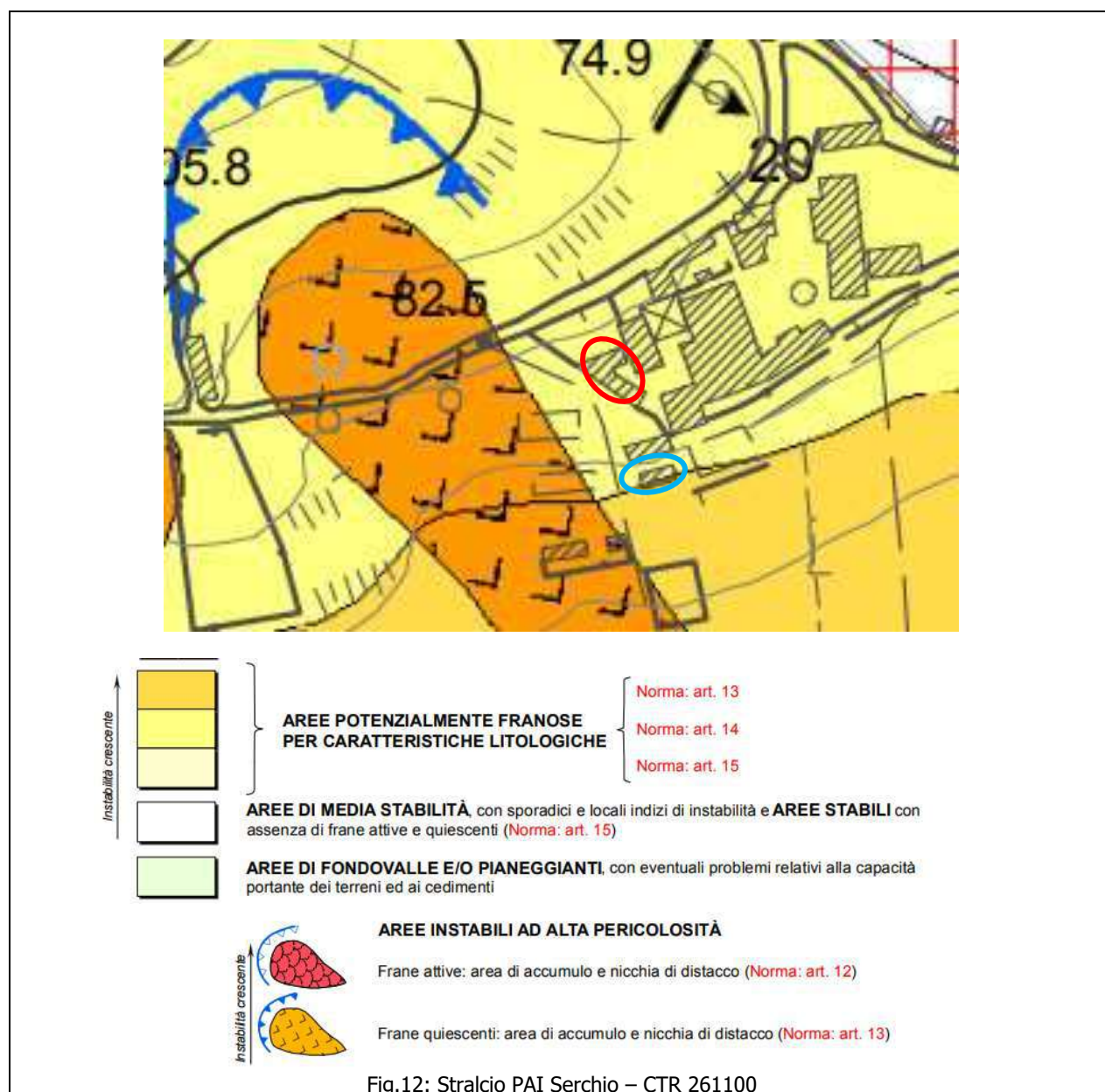
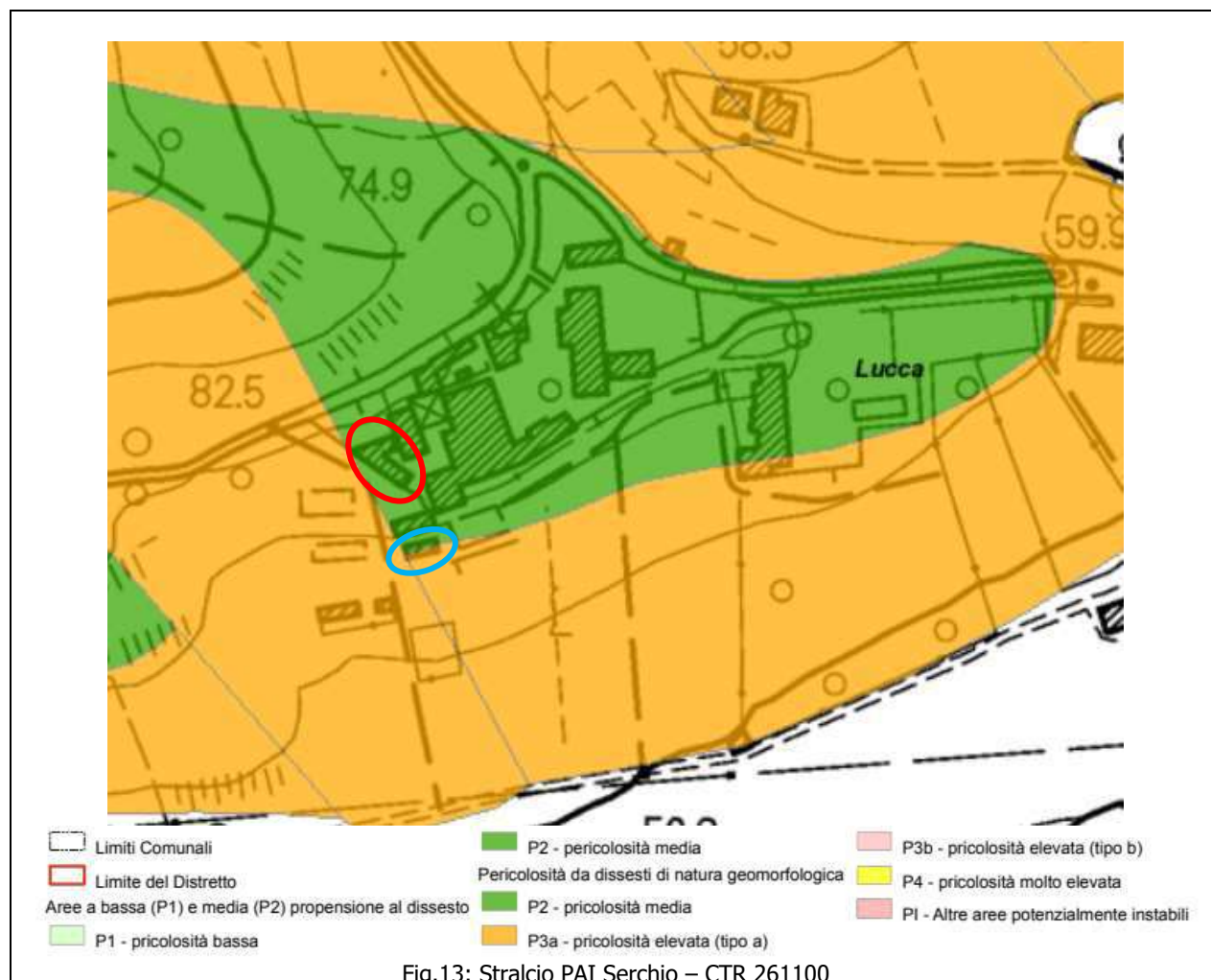


Fig.12: Stralcio PAI Serchio – CTR 261100

Secondo il *"Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica"* (P.A.I. "Dissesti Geomorfologici"), variante generale ai vigenti Piani stralcio Assetto Idrogeologico dei bacini del fiume Arno, del fiume Serchio e dei bacini regionali toscani, avente ad oggetto la revisione del quadro normativo e delle classi di pericolosità ai fini della loro integrazione a scala distrettuale, adottato con Delibera della Conferenza Istituzionale Permanente n.20 del 20 dicembre 2019, il lotto ricade in aree a **"Pericolosità media – P2"**, caratterizzata da *"aree stabilizzate, aree stabili interessate tuttavia da litologie e condizioni strutturali e geomorfologiche che determinano propensione media al dissesto e che possono dar luogo a modifica della loro condizione di stabilità"* ed in minima parte lambente le aree a **"Pericolosità elevata – P3a"** caratterizzata da *"aree non interessate da fenomeni di dissesto attivi ma in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali aree interessate da*

instabilità in passato e/o segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi, sulla base dei quali non è possibile escludere la riattivazione dei dissesti”.



A seguito del controllo effettuato sul sito “Cartoteca” della Regione Toscana risulta che l’area ricade nelle aree sottoposte a tutela del Vincolo Idrogeologico (R.D. n.3267/1923 – D.P.G.R. N° 48/R del 2003).

Nella tabella sottostante riepilogo le verifiche effettuate:

Aspetto Considerato	Esito
Fattibilità R.U.	Verificato (vedi tab. 1)
Classe di Magnitudo idraulica	-
Pericolosità da Alluvioni	Non ricade
L.R. 41-2018	Non ricade
L.R- 79-2012	Nessuna vicinanza
Variante PAI	Aree a pericolosità di frana media – P2 aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche
P.A.I. “Dissesti Geomorfologici”	Pericolosità media – P2

Tab. 2 - Tabella riepilogativa delle verifiche effettuate.

La recente riclassificazione sismica (D.G.R.T. n. 421 del 26/05/2014) colloca il territorio del Comune di Lucca in **"Zona 3"** con accelerazione convenzionale compresa tra a 0,05-0,15 g.

1D – INDAGINI EFFETTUATE

Secondo il D.P.G.R. n. 36/R- "Regolamento di attuazione dell'art. 117, commi 1 e 2 della legge regionale 03/01/2005 n.1 (Norme per il governo del territorio)" gli interventi in esame ricadono in **Classe di Indagine "2"**.

Classe di indagine	Volume lordo [mc.]	Altezza in gronda [m.]	Indagine
1	VL < 150	hg < 6,00	Considerazioni di natura geologica, geofisica e geotecnica basate su indagini da allegare in copia <u>già eseguite</u> in prossimità dell'intervento o desunte da studi. Le considerazioni debbono essere adeguatamente motivate.
2	150 ≤ VL < 1.500	hg < 10,00	La categoria del suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini geofisiche o prove geotecniche elaborate. <u>Le indagini sono effettuate nel sito oggetto di studio o in aree adiacenti caratterizzati dagli stessi contesti geologici.</u> Se sono presenti problematiche di versante deve essere prodotta la verifica di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio.
3	1.500 ≤ VL < 6.000	hg < 20,00	La categoria del suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini geofisiche <u>eseguite nel sito oggetto di studio.</u> La definizione dei parametri geotecnici è basata su sondaggi geognostici. Se sono presenti problematiche di versante c.s..
4	VL ≥ 6.000	hg ≥ 20,00	La categoria del suolo di fondazione e le geometrie sepolte <u>si determinano mediante prove geosismiche in foro.</u> La definizione dei parametri geotecnici è basata su sondaggi geognostici (attrezzati con inclinometri se la zona ricade in classe di pericolosità G.4). Se sono presenti problematiche di versante c.s..

Le indagini eseguite sono consistite in più sopralluoghi presso l'area di intervento nel corso dei quali è stato verificato l'assetto morfologico - idrogeologico dei luoghi.

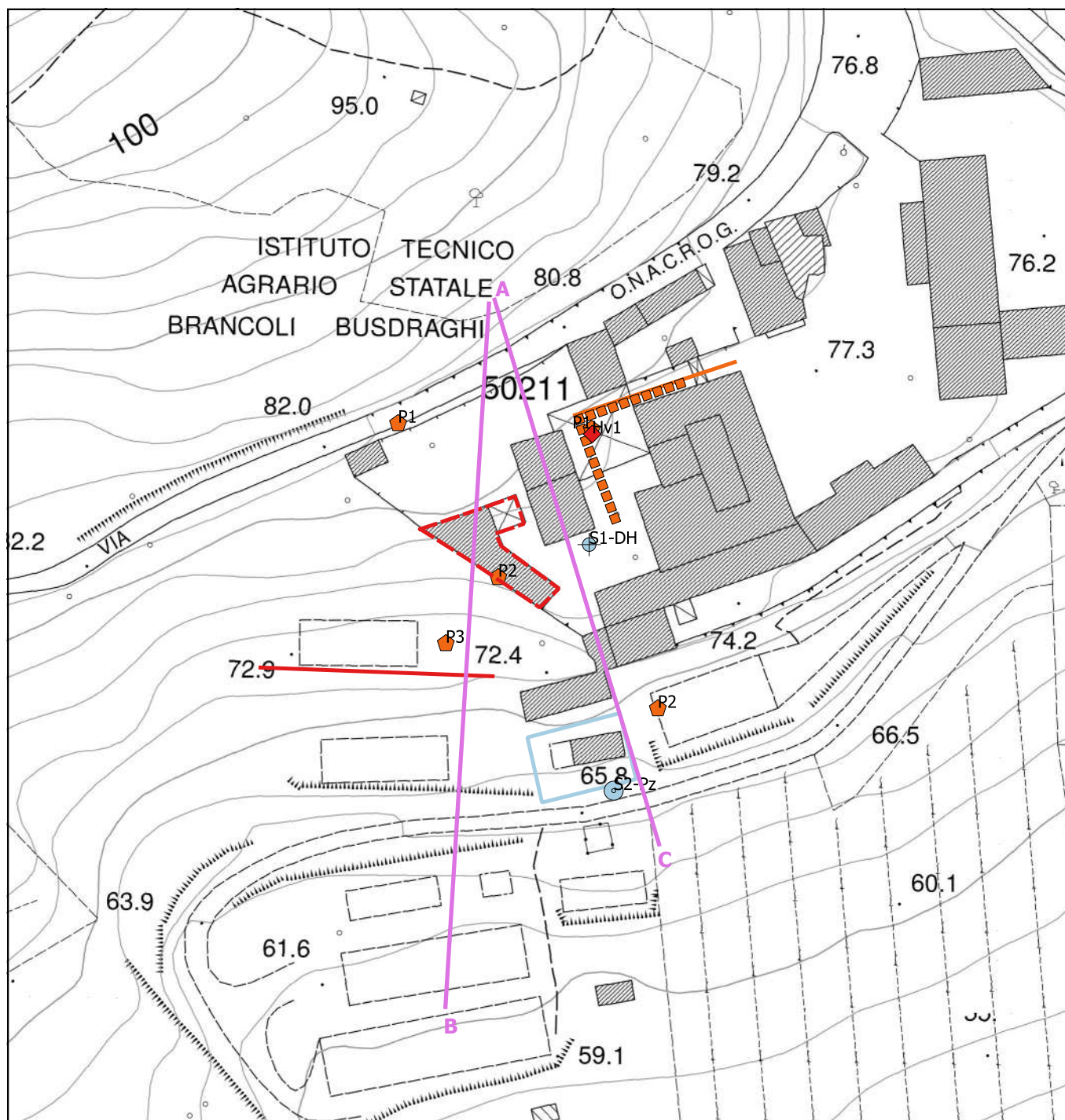
Al fine di caratterizzare in dettaglio il terreno sia da un punto di vista idrogeologico - stratigrafico che sismico - geotecnico, sono state effettuate in sito le seguenti indagini:

- n.3 prove penetrometriche dinamiche DPSH (P1-P2-P3) spinte rispettivamente fino alla profondità di -1,8 m, -2,0 m e -3,6 m da p.c.; nei perfori delle prove penetrometriche non è stata rinvenuta acqua di falda;
- n. 1 indagine sismica di tipo MASW e Rifrazione in onde P;

correlate con le seguenti indagini effettuate nei pressi della zona di intervento, nel corso di precedenti studi:

UBICAZIONE INDAGINI EFFETTUATE E DI CORRELAZIONE

Scala 1:1.000



- ◆ Prova penetrometrica DPSH
- ◆ Indagine Sismica di tipo H.V.S.R
- ⊕ Sondaggio attrezzato per indagine Down-Hole
- ⊙ Sondaggio attrezzato con piezometro
- ▤ Indagine sismica di tipo ESAC
- Indagine sismica di tipo MASW
- Indagine sismica a rifrazione onde P e MASW

- / Traccia sezioni litostratigrafiche
- ▭ Lotto 1
- ▭ Lotto 2

- ✓ n.1 sondaggio a carotaggio continuo (S1) spinto fino alla prof. di -13,0 m da p.c. con esecuzione di n.1 prova SPT in foro ed attrezzato per indagine sismica in foro;
- ✓ n.1 sondaggio a carotaggio continuo (S2) spinto fino alla prof. di -10,0 m da p.c. con esecuzione di n.1 prova SPT in foro;
- ✓ n.2 campioni indisturbati per analisi geotecniche di laboratorio in corrispondenza dei sondaggi S1 ed S2;
- ✓ n.2 prove penetrometriche pesante DPSH (P1-P2), spinte rispettivamente fino alla prof. di -5,0 m e -4,0 m da p.c. per rifiuto strumentale;
- ✓ n.1 indagine sismica HVSR;
- ✓ n.1 indagine sismica Masw-Esac;
- ✓ n.1 indagine sismica in foro Down-Hole.

L'interpretazione dei dati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate (Masw e Down-Hole) ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area d'indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali, ed ha permesso quindi di ricavare il parametro V_{Seq} , ovvero la velocità media delle onde S dei terreni presenti nei primi 30 metri di profondità.

Le indagini sismiche di tipo HVSR ed ESAC hanno consentito invece di ricavare sia la frequenza di risonanza del sito sia di verificare la presenza di contrasti di impedenza sismica.

L'ubicazione delle indagini effettuate è riportata in Tav.2, mentre i relativi diagrammi e tabulati sono riportati nella sezione del fascicolo della documentazione geologica relativa agli allegati delle indagini geognostiche.

2 - RELAZIONE GEOLOGICA

2A – INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

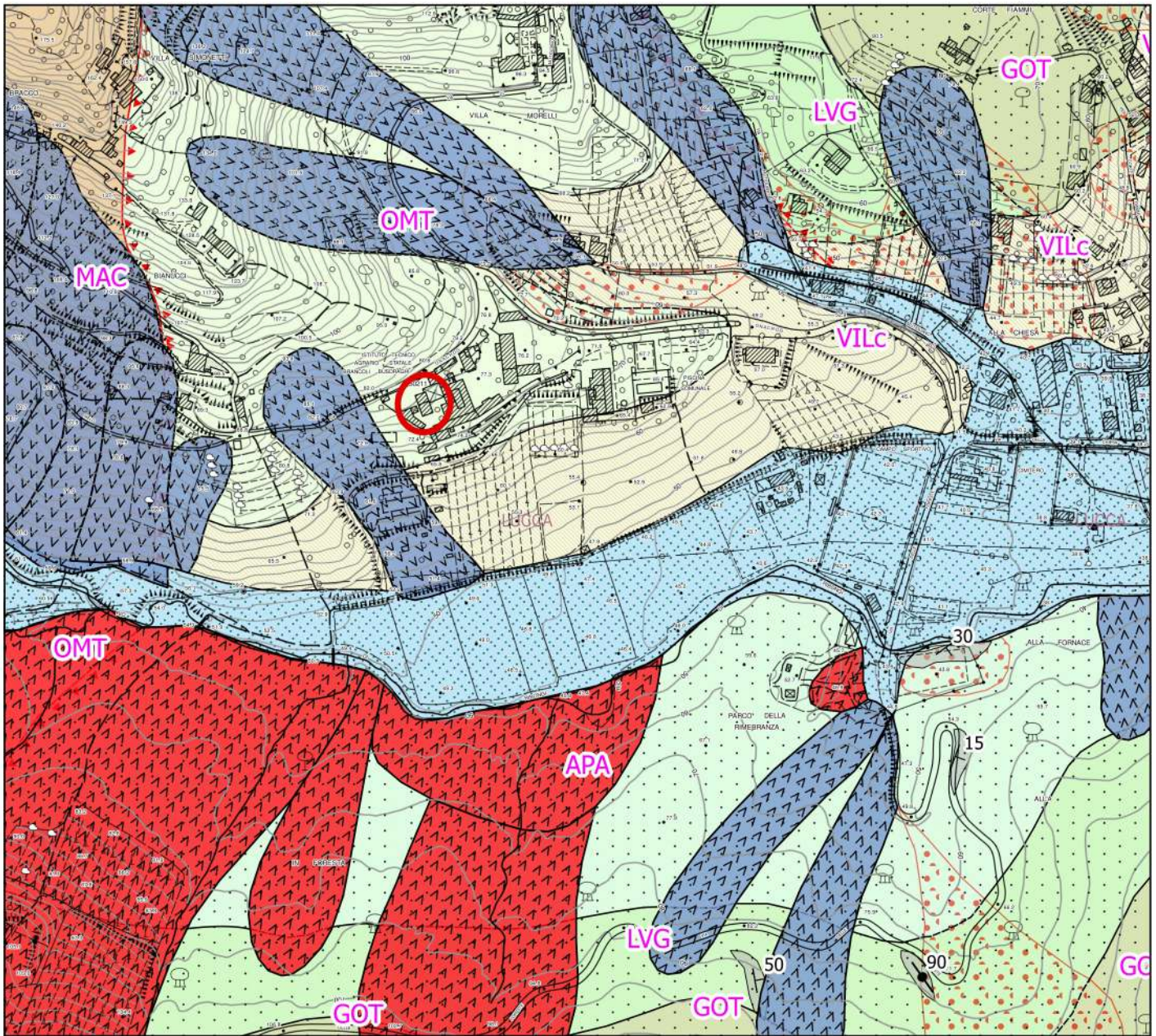
L'area oggetto di studio si trova in corrispondenza dell'abitato di Mutigliano, a ca. 4,0 Km a nord della città di Lucca, in un'area parzialmente urbanizzata ad una quota di circa 70-75 m s.l.m.m..

Dal punto di vista geomorfologico la zona di studio si trova ai piedi del versante orientale della propaggine montuosa di Monte Castellaccio poco distante del fondovalle del Rio di Ribongi, affluente di destra del Torrente Freddana, asse drenante principale dell'intera area, avente all'incirca direzione nord-sud; l'area in cui si ubica l'edificio scolastico risulta complessivamente debolmente acclive.

Facendo riferimento alla Tav.3 è possibile apprezzare la presenza, nell'intorno dell'area di studio, di zone caratterizzate come frane quiescenti con tipo di movimento indeterminato (**a1q**) e depositi di detrito di versante indifferenziato (**aa**); in particolare un corpo franoso quiescente

CARTA GEOLOGICA

Scala 1:5.000



- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Movimento indeterminato
- Quiescente - Movimento indeterminato
- Deposito di versante
- Deposito alluvionale Inattivo Sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Frazione fine abbondante (SM)
- VILc - Argille e argille sabbiose lignitifere lacustri e fluvio-lacustri RUSCINIANO-VILAFRANCHIANO
- GOT - Arenarie di Monte Gottero CAMPANIANO SUPERIORE - PALEOCENE
- LVG - Argilliti della Val Lavagna CRETACICO SUPERIORE
- APA - Argille a Palombini CRETACICO INFERIORE
- OMT - Flysch di Ottone-Monteverdi CRETACICO SUPERIORE - PALEOCENE INFERIORE
- MAC - Macigno OLIGOCENE SUPERIORE - MIOCENE INFERIORE
- contatto stratigrafico e/o litologico - sepolto
- sovrascorrimento principale - certo
- sovrascorrimento principale - sepolto

Area di studio

è stato cartografato ad ovest della zona di studio, a ca. 25,0 m dall'edificio oggetto di demolizione e ricostruzione e comunque al di fuori dell'area di influenza pari a ca. 15,0 m.

Dal rilievo di dettaglio effettuato in corrispondenza della zona di studio e nel suo intorno non sono emersi indizi di fenomeni di dissesto in atto, ovvero cedimenti, ristagni superficiali di acqua o altre forme di erosione alla scala del rilevamento.

Nel complesso quindi gli interventi in progetto si inseriranno su di un'area stabile, debolmente acclive e non interessata da dissesti in atto.

Dal punto di vista geologico, come si evince dalla geologia della zona riportata in Tav.2, nell'area oggetto di studio si trovano terreni riferibili al Dominio Ligure Esterno, in particolare ai "***Flysch ad Elmintoidi – OTO***", costituiti torbiditi calcareo-marnose grigio scure in strati da medi a molto spessi, (talvolta a base calcarenitica), a cui si intercalano marne siltose, argilliti e argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti, sovrascorrimenti e formazioni temporalmente molto differenti che si trovano in contatto tra loro.

In corrispondenza della zona di studio, le indagini effettuate hanno permesso di accertare, la presenza, al di sopra del substrato, di una copertura detritica limo argillosa, talora sabbiosa e con trovanti dello spessore di ca. 3,0 m.

2B – INQUADRAMENTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrologico l'area di studio è posta in sinistra idrografica del Rio di Ribongi, affluente di destra del Torrente Freddana, asse drenante principale dell'intera area, avente all'incirca direzione nord-sud.

Essendo l'area di interesse posta all'interno di un contesto scarsamente urbanizzato, l'idrografia di superficie appare regolata dalle caditoie dei pochi fabbricati presenti, dalle zanelle poste ai margini della viabilità e dal naturale scorrimento delle acque secondo la massima pendenza fino all'infiltrazione nel terreno.

La rete idraulica secondaria dell'intera zona è pertanto costituita essenzialmente da impluvi (fossi o torrenti) a carattere torrentizio e stagionale, essendo alimentati principalmente dagli eventi meteorici, che corrono lungo i versanti e convogliano le acque verso le aste idriche principali.

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni affioranti nei primi metri di profondità presentano una medio-alta capacità alla filtrazione tramite permeabilità primaria, trattandosi sostanzialmente di terreni a granulometria limo-argillosa talora sabbiosa con clasti sovrapposti direttamente al substrato roccioso alterato, nell'ordine di $10^{-5}/10^{-6}$ m/s.

Il substrato roccioso sottostante può presentare invece una permeabilità secondaria per fratturazione.

Le misurazioni effettuate nel piezometro installato (PZ2) nel corso di precedenti studi nella zona di studio, hanno accertato la presenza di una circolazione idrica superficiale che si instaura al contatto tra la coltre superficiale ed il sub-strato roccioso sottostante, verosimilmente legata ai periodi di maggiore piovosità, alla profondità di ca. -1,4 m da p.c..

3 - RELAZIONE TECNICA

3A – INTERVENTI IN PROGETTO

Gli interventi in esame consistono in:

- **LOTTO 1** → demolizione di un fabbricato attualmente destinato a magazzino e deposito attrezzi e contestuale ricostruzione di nuovo corpo da destinarsi a laboratori.

Le dimensioni del nuovo fabbricato saranno le seguenti:

- ✓ LA=16,0 m;
- ✓ LU=9,0 m;
- ✓ H=8,0.

- **LOTTO 2** → realizzazione di nuovo deposito attrezzi ipogeo.

Le dimensioni del nuovo fabbricato saranno le seguenti:

- LA=7,0 m;
- LU=9,2 m;
- H=2,9.

3B – MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

La geologia del sottosuolo, dedotta dalle indagini effettuate può essere così sintetizzata (Tav.4):

LOTTO 1

Come quota 0,0 m si intende il punto della prova P2 (vedi foto sotto) poco al di sotto (di quota -ca.40 cm) da sondaggio S1-DH.

da 0,0 a -0,4 m da p.c.	Copertura vegetale limo sabbiosa talora argillosa di color marrone; Orizzonte "0" ;
da -0,4 a -2,0/3,5m	Limo sabbioso ed argilloso debolmente ghiaioso, compatto color giallo ocra/arancione debolmente sabbioso, con concrezioni nere di Fe/Mn con talora inclusi trovanti marnosi grigi e clasti angolari centimetrici in scarsa matrice sabbiosa (in corrispondenza della zona di passaggio al substrato); Orizzonte "A" ;
oltre -2,0 m	Substrato roccioso da alterato a compatto, costituito da calcari da poco a molto fratturati di colore grigio chiaro con

venature riempite, alternati talora a livelletti argillitici folietti di colore grigio alterati; **Orizzonte "B"**.

LOTTO 2

da 0,0 a -0,8 m da p.c.

Copertura vegetale limo sabbiosa talora argillosa di color marrone; **Orizzonte "0"**;

da -0,4 a -4,3 m

Limo sabbioso ed argilloso debolmente ghiaioso, compatto color giallo ocra/arancione debolmente sabbioso, con concrezioni nere di Fe/Mn con talora inclusi trovanti marnosi grigi e clasti angolari centimetrici in scarsa matrice sabbiosa (in corrispondenza della zona di passaggio al substrato); **Orizzonte "A"**;

oltre -4,3 m

Substrato roccioso da alterato a compatto, costituito da calcari da poco a molto fratturati di colore grigio chiaro con venature riempite, alternati talora a livelletti argillitici folietti di colore grigio alterati; **Orizzonte "B"**.

L'indagine sismica a rifrazione è stata effettuata ad ovest delle zone di intervento, al fine di confermare sia il modello geologico della zona di studio che allo stesso tempo escludere un'estensione verso est del corpo franoso presente ad ovest del fabbricato in oggetto.

Dal modello riportato di seguito si possono individuare sostanzialmente *due sismo-strati*, il *primo* ("A"), con valori di $V_p < 1.300$ m/sec, corrispondente alla copertura superficiale limo sabbiosa debolmente argillosa con talora trovanti marnosi, il cui spessore aumenta procedendo da est verso ovest, passando da ca. 3,0 m a 6,0 m; il *secondo strato* ("B"), con $V_p > 1.300$ m/sec al substrato da alterato a compatto.

L'approfondimento verso ovest della copertura superficiale potrebbe essere ricondotta al fianco sinistro del corpo franoso.

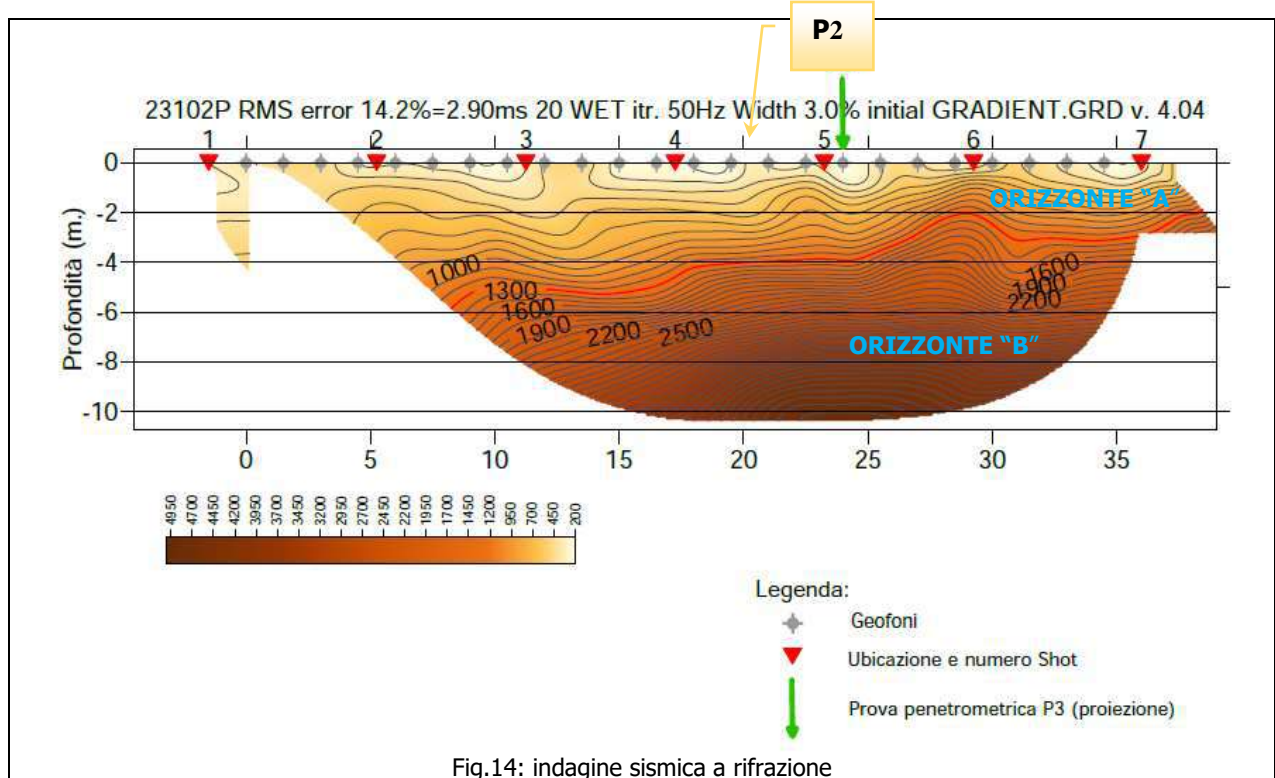


Fig.14: indagine sismica a rifrazione

3C – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

Dalle indagini effettuate, sono stati ricavati i seguenti parametri geotecnici nominali medi:

ORIZZONTI Profondità	Nspt	γ kN/m ³	ϕ' (°)	c' kN/m ²	Cu KPa	Dr %	Mo KPa
Orizzonte "A" 0,4 – 2,0/3,5 m	9-21	19,1*	34*	15*	56-150	32-60	2600 a 100 kPa*
Orizzonte "B" 2,0/3,5 – 15,0 m	33-rif	21,0-25,0	40-41	170		70	20.000

Legenda: **Nspt**= Numero di colpi Nspt, γ = Peso di volume, ϕ' = Angolo di attrito efficace, c' =coesione drenata
Cu= coesione non drenata, **Dr**= Densità relativa, **Mo**= Modulo edometrico.

Valori dedotti da indagini pregresse nella zona di studio

Valori ricavati da SPT in foro e prove DPSH

Dr → correlazione con Skempton 1986

ϕ → correlazione con Meyerhof (1956)

Mo → correlazione con Begemann 1974

* correlato da analisi di laboratorio.

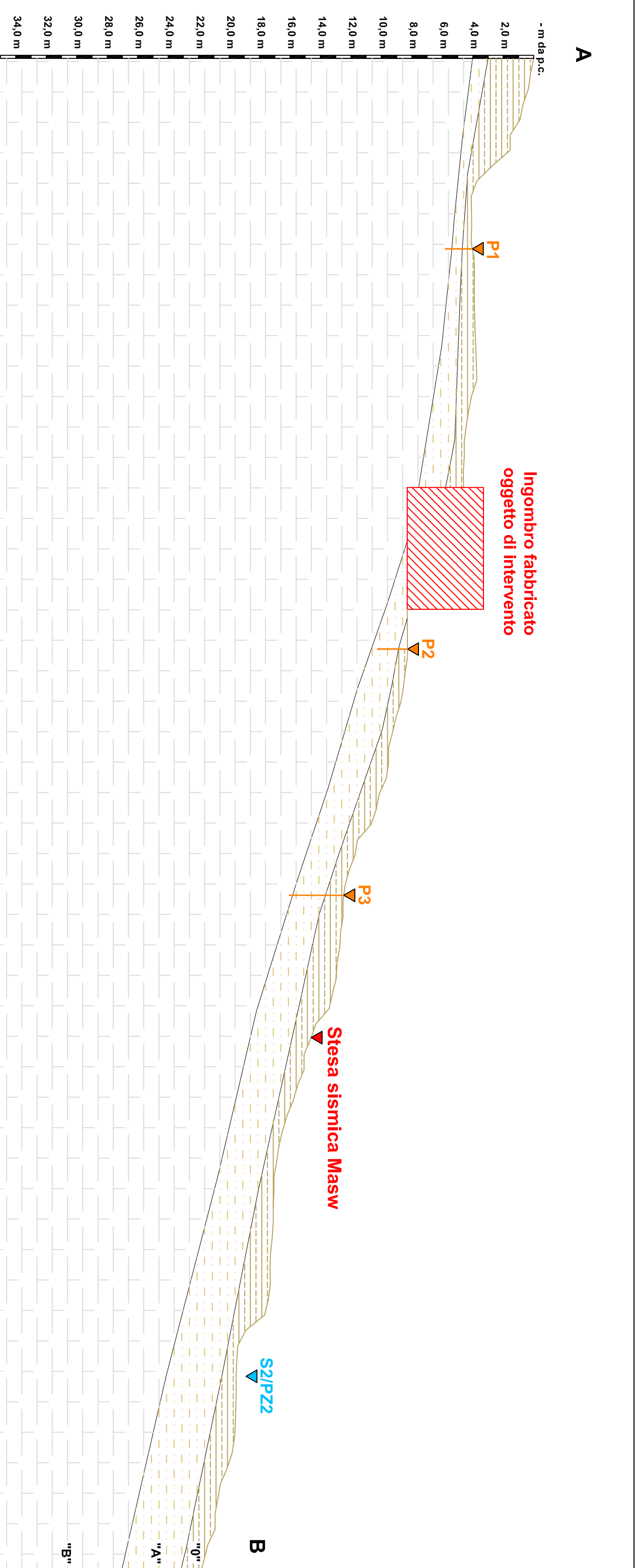
3D – VALORI CARATTERISTICI E DI PROGETTO

In base al D.M. 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni, sono stati calcolati i parametri geotecnici caratteristici e di progetto a partire dai parametri nominali ricavati dalle indagini eseguite.

Per calcolare i parametri caratteristici è stata utilizzata la seguente formula:

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA LOTTO 1

scala 1:250



ORIZZONTE "0" - Copertura vegetale limo sabbiosa talora argillosa da giallo ocra a color bruno

ORIZZONTE "A" - Limo argilloso compatto, talora sabbioso, con concrezioni nere di fe/Mn, di color marrone arancionato con talora inclusi trovanti di marne

ORIZZONTE "B" - Substrato compatto, costituito da calcari da poco a fratturati di colore grigio, alternati talora a livelletti argillitici foliettati di colore grigio alterati



Sondaggio a carotaggio continuo (S2 attrezzato con piezometro)



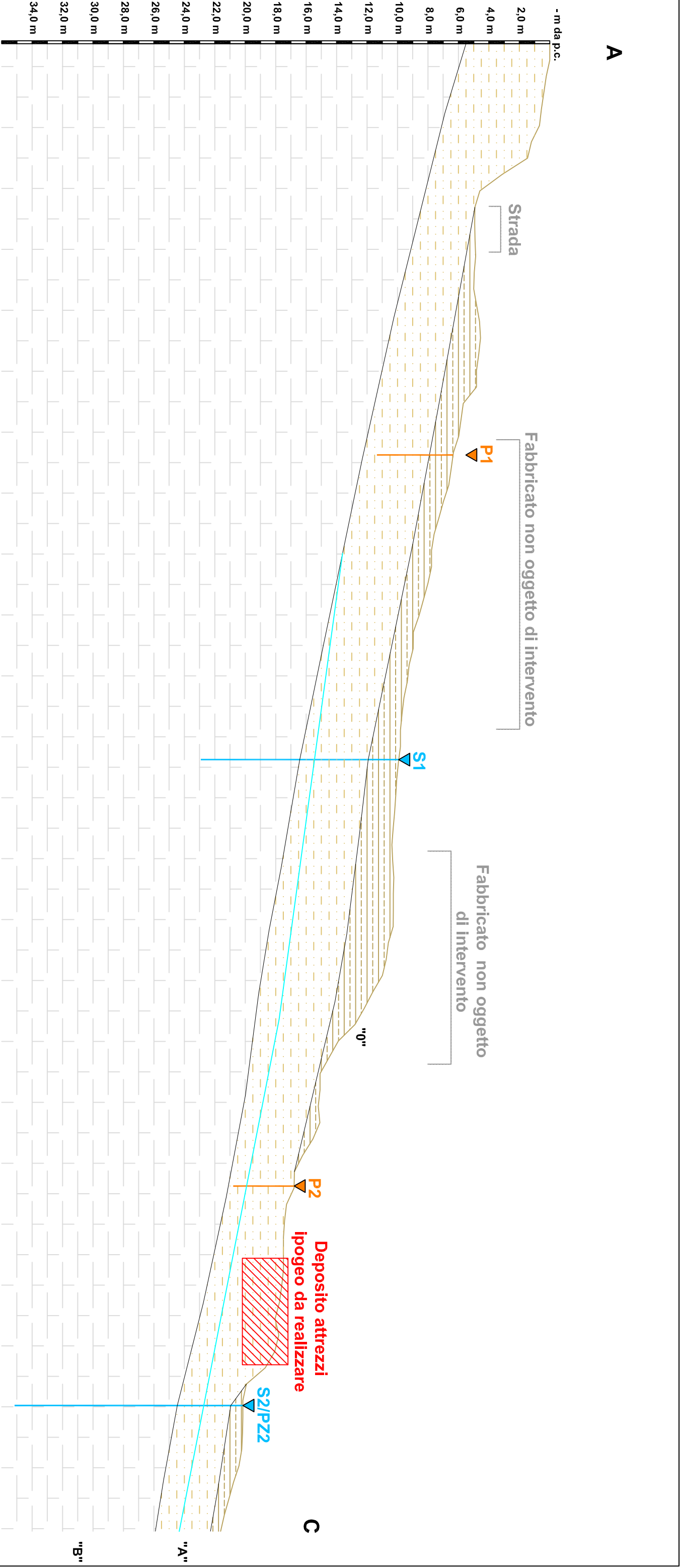
Prova penetrometrica dinamica super pesante - P



Indagine sismica Masw e Rifrazione

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA LOTTO 2

scala 1:250



ORIZZONTE "0" - Copertura vegetale limo argillosa e/o terreno rimaneggiato limo argilloso e sabbioso da giallo ocra a color bruno

ORIZZONTE "A" - Limo argilloso compatto, talora sabbioso, con concrezioni nere di fe/Mn, di color marrone arancionato con talora inclusi trovanti di marne

ORIZZONTE "B" - Substrato compatto, costituito da calcari da poco a fratturati di colore grigio, alternati talora a livelletti argillitici follettati di colore grigio alterati

▼ Sondaggio a carotaggio continuo (S1 attrezzato per indagine sismica in foro Down-Hole, S2 attrezzato con piezometro)

▼ Prova penetrometrica dinamica super pesante - P

$$x_k = \bar{x} - 1.645 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

dove: x_k = valore caratteristico, $\bar{x}$ = valore medio dei valori nominali e il rapporto $(\sigma/\sqrt{n})$ rappresenta la covarianza.

I dati ricavati sono riassunti nella tabella sottostante:

ORIZZONTI Profondità	γ kN/m³	ϕ' (°)	c' kN/m²	Cu KPa	Mo KPa
Orizzonte "A" 0,4 – 2,0/3,5 m	18,5	32	15,0	80	2.600
Orizzonte "B" Oltre 2,0/3,5 m	23,0	35	140	-	20.000*

Legenda: **Nspt**= Numero di colpi Nspt, γ = Peso di volume, ϕ' = Angolo di attrito efficace, c' =coesione drenata
Cu= coesione non drenata, **Dr**= Densità relativa, **Mo**= Modulo edometrico

* Valore derivato da correlazione di E' considerando un modulo di poisson di 0,4 e ridotto del 30%.

I valori di progetto sono stati ricavati dividendo il valore caratteristico per un fattore di sicurezza maggiore di 1.

3E – MODELLO GEOTECNICO

Dalla indagini effettuate, al di sotto della copertura vegetale, fino alla profondità minima di ca. 2,0/3,5 m (Lotto 1) e massima di ca. 4,3 m (Lotto 2) si trovano terreni limo-argillosi di color giallo ocra/arancione, talora debolmente sabbiosi, con talora concrezioni nere di Fe/Mn con caratteristiche geotecniche discrete in quanto consistenti ed assenza di livelli compressibili.

Oltre tale profondità si rinviene il substrato roccioso costituito da calcari grigi mediamente fratturati, alternati talora a livelli centimetrici argillitici folietti di colore grigio scuro con caratteristiche geotecniche buone. Il passaggio tra la copertura limo.argillosa ("A") ed il sottostante substrato ("B") risulta talora caratterizzato da un livello costituito da clasti angolari in scarsa matrice limo-sabbiosa.

Dai risultati dell'indagine sismica Masw effettuata è stato possibile attribuire al terreno un suolo di fondazione di tipo "B".

3F – COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO

In assenza di prove specifiche il coefficiente di sottofondo di Winkler (k_s) può essere dedotto da fonti bibliografiche.

In particolare nel nostro caso, trattandosi superficialmente di terreni limo-argillosi talora sabbiosi consistenti può essere attribuito un k_s compreso tra 1,8 e 3,6 kgf/cm³ alla sottostante roccia calcare fratturata può essere attribuito un valore di K_s maggiore di 30,0 kgf/cm³.

Caratteristiche del terreno	Ks kgf/cm ³
Terreno argilloso compatto	1,8 – 3,6
Terreni eterogenei sabbie limi ed argille umidi	2,0 – 3,5
Terreno argilloso molto compatto	3,6 – 7,2
Terreno argilloso duro	> 7,2
Terreno con sabbia sciolta	0,7 – 2,1
Terreno con sabbia media	2,1 – 10,8
Terreno con sabbia densa	10,8 – 36,0
Terreno con ghiaia mediamente addensata	10,0 – 30,0
Terreni rocciosi	> 30,0

4 - VERIFICHE DI STABILITÀ

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale.

A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c') e angolo di resistenza al taglio (τ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Uno dei metodi per l'analisi di stabilità è il metodo dell'equilibrio limite che consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il **coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$** .

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri, a causa della non omogeneità, dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

4A - STABILITÀ DEI VERSANTI

Nel caso in esame è stata effettuata l'analisi di stabilità oggetto di intervento lungo la sezione AC ritenuta maggiormente cautelativa.

Tale verifica è stata condotta in base all'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2), assumendo per R2 un γ_r pari a 1,1.

Il fattore di sicurezza da tenere in considerazione per effettuare questa verifica è il seguente:

$$F_s = \frac{\tau_s / R2}{\tau_m} \equiv \frac{Rd}{Ed}$$

indicando con τ_s la "resistenza al taglio disponibile valutata con i parametri ridotti (M2)" e con τ_m lo "sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento (effettiva o potenziale) (A2)".

Le condizioni minime di stabilità si hanno per valori di γ_r pari a 1,1, ossia con:

$$F_s \equiv \frac{Rd}{Ed} \geq 1,1$$

Con l'ausilio del software "*Slope*" della Geostru sono state effettuate le verifiche di stabilità del versante interessato dall'intervento allo stato attuale ed allo stato di progetto in condizioni di lungo termine sia statiche che dinamiche.

Le verifiche sono state eseguite utilizzando il metodo dell'equilibrio limite di **Bishop** semplificato lungo la sezione topografica ricavata dal rilievo topografico di dettaglio; in particolare sono state effettuate nello stato attuale e nello stato modificato (dopo la realizzazione della piscina).

Ai fini della sicurezza nel modello è stata considerata una circolazione idrica (non rilevata nella realtà) tra la copertura superficiale ("A") e la porzione di alterazione del substrato ("B"), per cui è stata inserita la falda al limite tra tali orizzonti.

I parametri geotecnici attribuiti agli orizzonti individuati sono i medesimi di quelli riportati nel paragrafo "3D".

Nello stato modificato per il fabbricato ricostruito è inserito un carico di 1,0 Kg/cmq, contro gli 0,5 Kg/cmq di quello attuale.

Di seguito sono riportate le immagini delle verifiche effettuate; nel titolo sono riassunte le condizioni di analisi e al termine, verranno commentate tutte le verifiche effettuate:

I relativi tabulati di calcolo sono riportati in Allegato 1.

Stato attuale – condizioni statiche

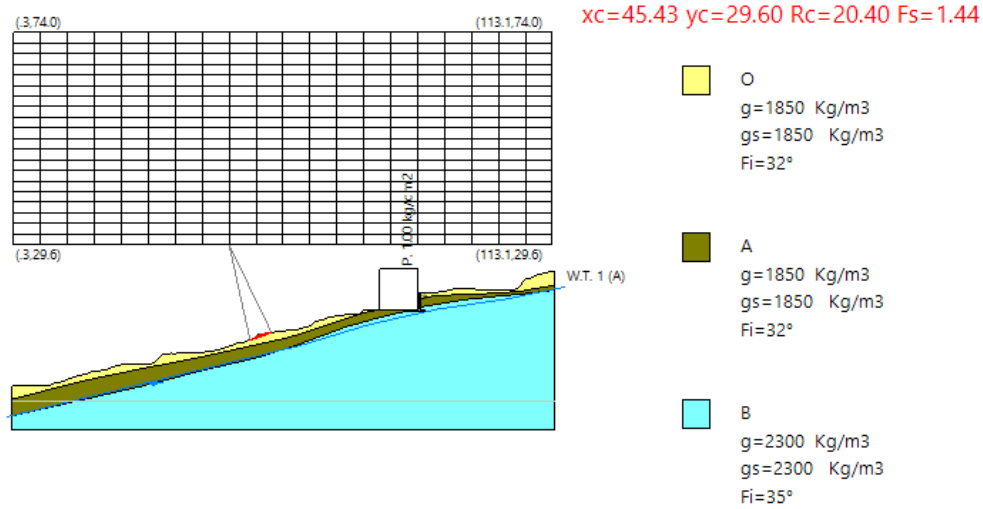


Fig.15: Verifica di stabilità del versante con indicate superficie di scorrimento con F_s minimo tra quelle calcolate → **$F_s=1,44$**

Stato attuale – condizioni dinamiche

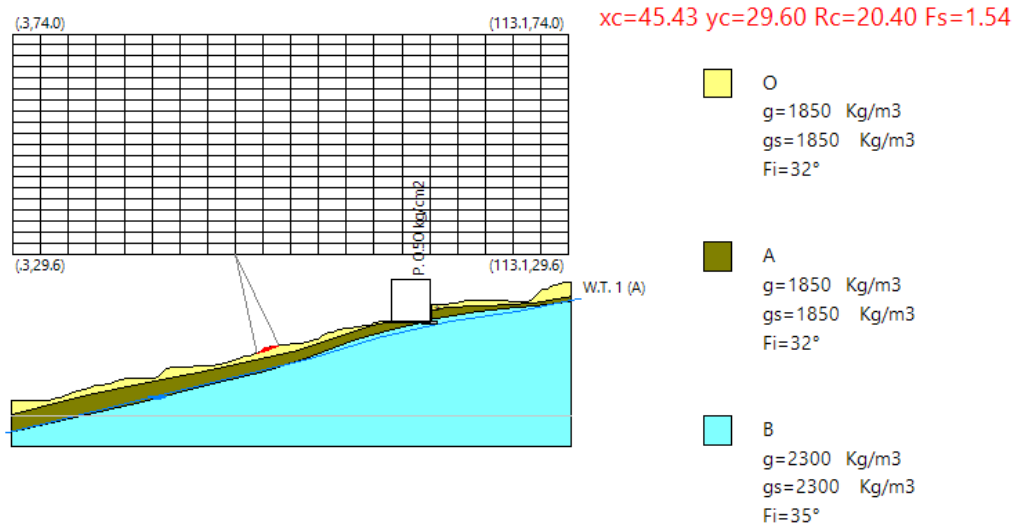


Fig.16: Verifica di stabilità del versante con indicate superficie di scorrimento con F_s minimo tra quelle calcolate → **$F_s=1,54$**

Stato modificato – condizioni statiche

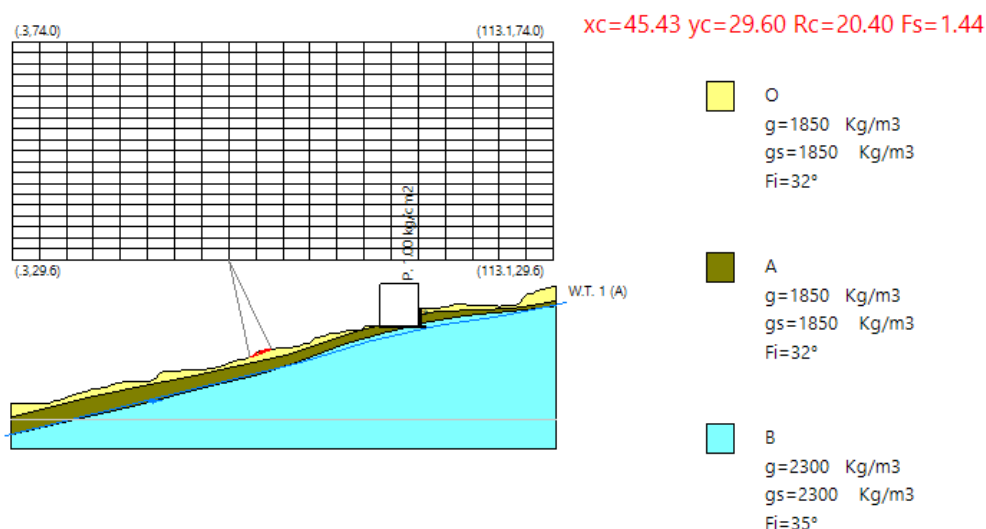


Fig.17: Verifica di stabilità del versante con indicate superficie di scorrimento
con Fs minimo tra quelle calcolate → **FS= 1,44**

Stato modificato – condizioni dinamiche

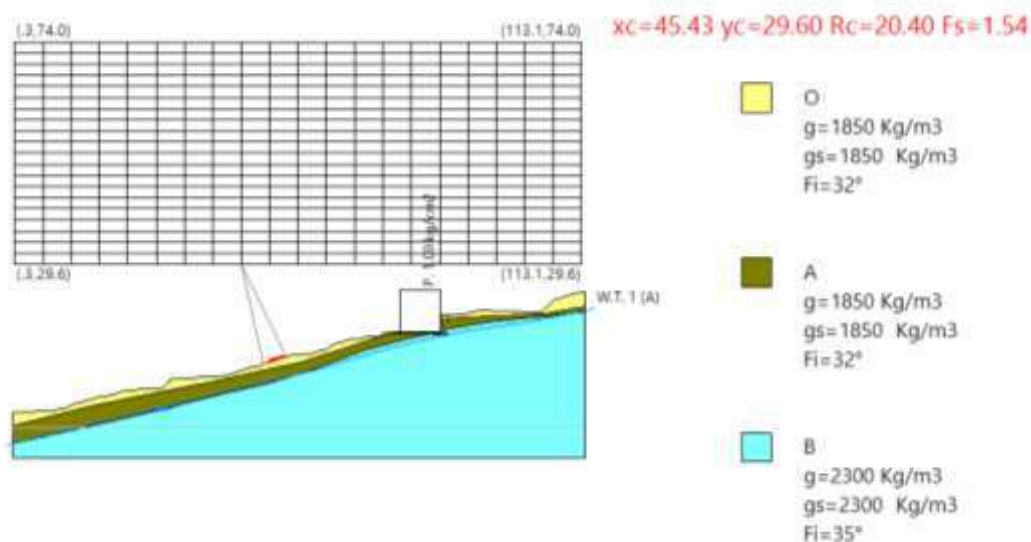


Fig.18: Verifica di stabilità del versante con indicate superficie di scorrimento
con Fs minimo tra quelle calcolate → **FS= 1,54**

Commento alle verifiche di stabilità

Dalle verifiche effettuate emerge che sia allo stato attuale che modificato, sia in condizioni statiche che dinamiche permangono condizioni di sicurezza.

Tutte le superfici calcolate presentano un valore del fattore di sicurezza maggiore di 1,1.

Alla luce dei risultati ottenuti dalla modellazione è possibile affermare che la realizzazione del nuovo fabbricato non comporterà alcuna modifica della situazione di stabilità globale del versante.

Lotto 2

Relativamente al lotto 2, le verifiche di stabilità sono state ragionevolmente omesse in quanto il nuovo locale deposito sarà realizzato prevalentemente interrato, pertanto il carico complessivo sul versante rimarrà pressochè invariato. Nel paragrafo successivo verrà invece valutata la stabilità dei fronti di scavo previsti sia per il lotto 1 - realizzazione del muro di contenimento di monte che di stabilità del fronte di scavo del locale ipogeo.

5 - STABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO

La valutazione della stabilità dei fronti di scavo, finalizzata alla determinazione di un'inclinazione di sicurezza, è stata effettuata in quanto il progetto prevede la realizzazione di uno sbancamento per la realizzazione del nuovo muro di contenimento a monte del **lotto 1** e per la realizzazione del locale ipogeo - **lotto 2**. In particolare per il **lotto 1** il fronte di scavo avrà un'altezza massima di 3,0, mentre per il **lotto 2** l'altezza massima del fronte di scavo sarà massimo di 3,5 m. da p.c. Tali valori risultano superiori al limite previsto di 1,5 m, in cui se il terreno non da sufficienti garanzie di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno (DPR n. 164/1956, D.Lgs 81/2008 e ss.ii).

Partendo dai parametri geotecnici caratteristici del terreno di progetto (ϕ e γ) e dall'altezza della scarpata (H), si ricava un fattore di stabilità mediante procedimento grafico (carte di stabilità), risalendo così all'inclinazione della scarpata cui compete un fattore di sicurezza.

Trattandosi di una verifica a breve termine (il tempo necessarie per eseguire l'opera di contenimento del fronte aperto) si potrà fare affidamento ad un contributo offerto dalla coesione apparente (che si annulla nelle verifiche a lungo termine, ma che a breve termine si può considerare anche pari a 5 kN/mq).

Di seguito vengono riportate delle valutazioni sulla stabilità dei fronti di scavo, seguendo il metodo proposto da Hoek & Bray (Rock Slope Engineering, 1976):

lotto 1 - assenza di falda

Parametri di input derivati dall'orizzonte A:

$$c' = 500 \text{ kg/mq}; \phi = 31,0^\circ, \gamma = 1900 \text{ kg/mc}; FS = 1,1, H=3,0 \text{ m.}$$

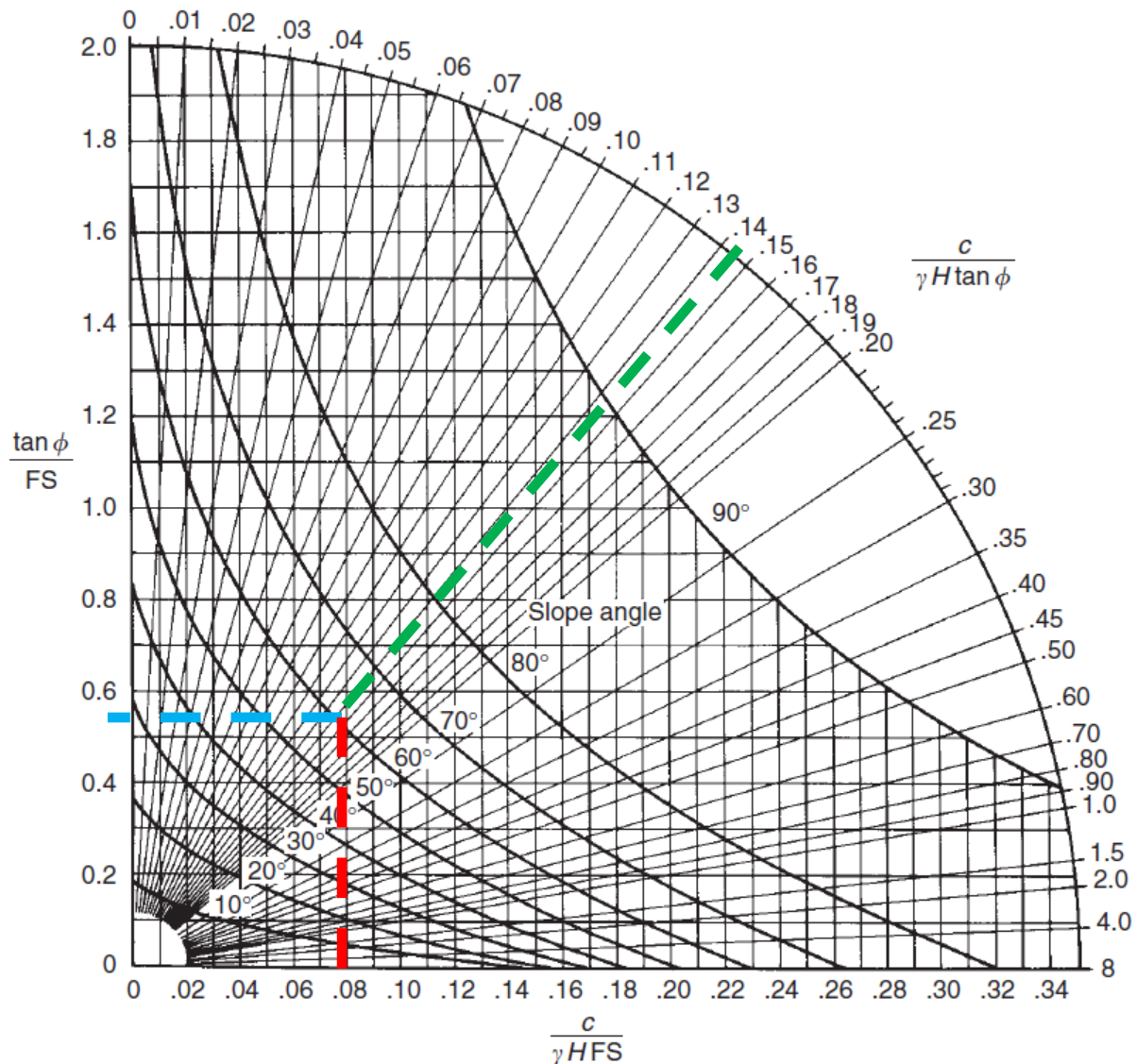


Fig. 19 - Carta n. 1 di Hoek e Bray - condizione con assenza di falda.

Ne è risultato un angolo del fronte di scavo di poco superiore a 60°, cautelativamente limitato a 55°.

Alternativamente lasciamo al progettista la possibilità di realizzare n. 2 terrazzamenti sovrapposti con altezza non superiore a 1,5 metri e/o l'installazione di opere di sostegno provvisori.

lotto 2 - presenza di falda al piede della scarpata

Dalle informazioni in possesso non si ritiene che vi sia la possibilità di intercettare la falda durante le operazioni di scavo e ribadiamo la raccomandazione di eseguire gli scavi lontano dai periodi piovosi; tuttavia di seguito riportiamo la stabilità dei fronti di scavo utilizzando il grafico con falda al piede della scarpata in via del tutto cautelativa.

Parametri di input derivati dall'orizzonte A:

$$c' = 500 \text{ kg/mq}; \phi = 31,0^\circ, \gamma = 1900 \text{ kg/mc}; FS = 1,1, H=3,5 \text{ m.}$$

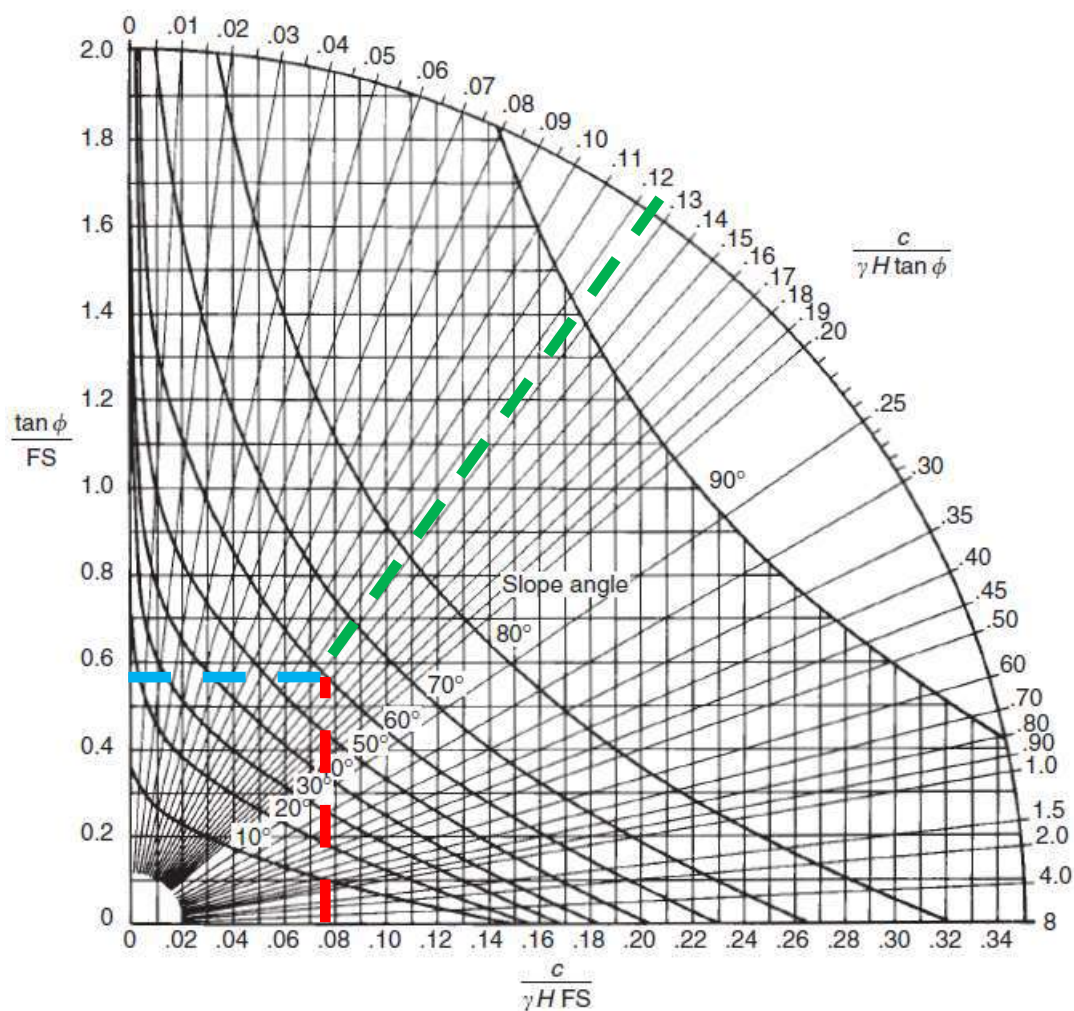


Fig. 20 - Carta n. 4 di Hoek e Bray - condizione con falda al piede della scarpata.

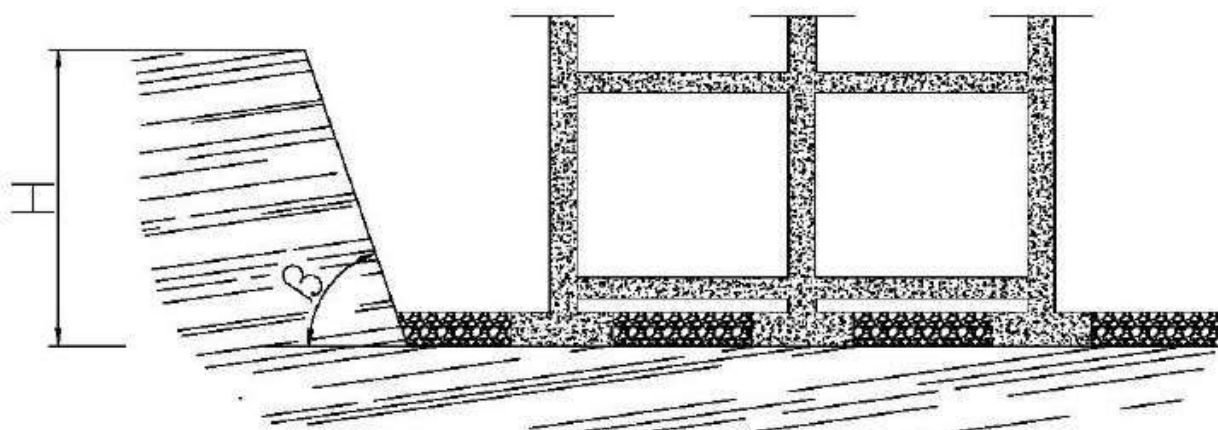


Fig. 21 - Schema tipo di scavo

Ne è risultato un angolo del fronte di scavo di poco superiore a 60°, cautelativamente limitato a 55°.

Alternativamente lasciamo al progettista la possibilità di realizzare n. 2 terrazzamenti sovrapposti con altezza non superiore a 1,5 metri e/o l'installazione di opere di sostegno provvisionali porgendo particolare attenzione alla stabilità dell'edificio soprastante abbandonato.

Le valutazioni sulla stabilità sono particolarmente influenzate dalla coesione apparente, parametro non calcolato direttamente ma stimato sulla base delle frazioni granulometriche che compongono i litotipi all'interno del quale viene impostato il fronte; tale parametro tende più o meno rapidamente a ridursi.

Per limitare gli inconvenienti relativi alla perdita di coesione è importante adottare le seguenti prescrizioni:

- eseguire con sollecitudine le opere di contenimento previste (muri);
- evitare infiltrazioni di acqua che potrebbero contribuire a innescare movimenti franosi.
- evitare di posare in prossimità del ciglio superiori strutture, anche provvisorie (tipo gru, baracche, ecc.), salvo dopo accurate verifiche di stabilità;
- eseguire, se possibile, le opere di scavo in periodi non piovosi;
- proteggere le pareti di scavo con teli impermeabili;
- evitare di caricare con accumuli di materiale vario il ciglio superiore degli scavi;

Dove non sarà possibile assegnare le inclinazioni indicate, o in presenza di manufatti in prossimità del ciglio di scavo, andranno adottati idonei accorgimenti volti a mantenere adeguati fattori di sicurezza (ad esempio procedere con l'apertura del fronte per setti di ampiezza limitata in alternativa alla realizzazione di strutture provvisionali di contenimento).

6 - CONCLUSIONI

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'intervento in progetto si ubica in prossimità del centro abitato di Mutigliano, ovvero ai piedi del versante orientale della propaggine montuosa di Monte Castellaccio, poco distante del fondovalle del Rio di Ribongi, in una zona complessivamente debolmente acclive.

Gli studi effettuati hanno accertato la presenza, al di sopra del substrato (calcarea con talora intercalazioni argillitiche), di una copertura detritica limo argillosa, talora sabbiosa e con trovanti, dello spessore di ca. 2,5/3,0 m; tutte le litologie incontrate risultano avere buone caratteristiche geotecniche ed assenza di livelli compressibili.

La zona di studio, pur ricadendo secondo il PAI del Serchio in aree a "Pericolosità di frana media – P2" ed in parte lambente "Pericolosità di frana elevata – P3", quest'ultima relativa al lotto 2, risulta fattibile ai sensi degli articoli, 14 comma 1.

IDRAULICA E IDROGEOLOGIA

Gli interventi in esame modificheranno lievemente l'idraulica superficiale mentre non influenzeranno l'organizzazione idrica sotterranea, soprattutto per il lotto 1.

Per quanto riguarda la realizzazione del deposito ipogeo - lotto 2 -, al fine di non avere possibili interferenze con un'eventuale risalita eccezionale della falda nei periodi maggiormente piovosi, è necessario prevedere delle opere di drenaggio a tergo della struttura e al di sotto della fondazione con la realizzazione di un letto drenante di materiale arido e grossolano che possa permettere di dissipare eventuali sovrappressioni neutre.

Le acque meteoriche impattanti sulle coperture e sulle superfici impermeabili del Lotto 1 dovranno essere intercettate ed indirizzate verso la rete scolante esistente evitando dispersioni incontrollate lungo il versante. Relativamente al lotto 2 si raccomanda di prevedere di collegare le acque delle nuove superfici impermeabili all'interno della rete idrica esistente, evitando scarichi concentrati che potrebbero originare fenomeni di erosione incanalata prima, e dissesti successivamente.

GEOTECNICA – SISMICA E STABILITA' DEI VERSANTI

Dal punto di vista geotecnico gli interventi in progetto sono compatibili con l'assetto litotecnico, purché il dimensionamento delle strutture della fondazione sia effettuato in accordo con le caratteristiche dei terreni presenti, sia sotto gli aspetti di capacità portante (Rd) che sotto gli aspetti delle azioni sismiche (Cd).

Per quanto riguarda i cedimenti, la cui quantificazione è rimandata al progettista strutturale, le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, in relazione agli interventi in progetto, non hanno mostrato livelli comprimibili di spessore rilevante.

Dai risultati delle indagini sismiche effettuate, è stato possibile attestare la presenza di un suolo di fondazione di tipo "B".

Le verifiche di stabilità del versante effettuate non hanno evidenziato alcuna criticità né allo stato attuale e neppure in quello modificato, così come riportato al Capitolo 4.

FRONTI DI SCAVO

Dalle verifiche effettuate per la stabilità dei fronti di scavo in progetto è stato ricavato un angolo di stabilità del fronte di scavo cautelativo di 55° rispetto all'orizzontale.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda allo specifico capitolo.

SCAVI e RIPORTI / TERRE E ROCCE DA SCAVO

Ai sensi dell'articolo 186 del D.Lgs 2006 n. 152 (Norme in materia ambientale), D. Lgs. n. 120/2017 e s.m.i., il suolo ed il materiale allo stato naturale escavato nel corso dell'attività di realizzazione dovrà essere conferito in discarica come rifiuto.

Qualora fosse necessario riportare del materiale terroso, quest'ultimo dovrà rispettare le seguenti caratteristiche principali come previsto dall'art. 186 del D.L.152/2006 e successive modifiche del D.L.04/2008 e dell'art.20 della L.2/2009:

- Non dovrà provenire da terreni di bonifica;
- Dovrà essere certificato se proveniente da cave o qualificato analiticamente con un'indagine ambientale finalizzata alla valutazione degli elementi inquinanti principali (idrocarburi C>12, Hg, As,Cr, Pb, Cu, Cd, cianuri, IPA, PCB ecc...) qualora provenga da altri siti o cantieri;
- Si dovrà dare comunicazione agli enti competenti circa l'autorizzazione del sito di provenienza ed il provvedimento autorizzativo del luogo in cui vengono utilizzati.

Durante l'esecuzione dei lavori, qualora emergessero problematiche geologiche non previste o ipotesi di varianti al progetto attuale, il sottoscritto dovrà essere informato dalla D.L. al fine di operare ulteriori accorgimenti necessari al permanere delle condizioni di stabilità dei terreni e di corretta regimazione delle acque.

Dott. Geologo Roberto Maggiore
n.1666 Ord.Reg.Toscana

ALLEGATI

ALL.1A – VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO ATTUALE IN CONDIZIONI STATICHE E DRENATE;

ALL.1B – VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO ATTUALE IN CONDIZIONI DINAMICHE E DRENATE;

ALL.2A – VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO DI PROGETTO IN CONDIZIONI STATICHE E DRENATE;

ALL.2B – VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO DI PROGETTO IN CONDIZIONI DINAMICHE E DRENATE.

ALL.2B – VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO DI PROGETTO IN CONDIZIONI DINAMICHE E DRENATE

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Zona	Mutigliano
Lat./Long.	43.882265/10.471627 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0.33 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	29.6 m
Ascissa vertice destro superiore xs	113.08 m
Ordinata vertice destro superiore ys	74.0 m
Passo di ricerca	5.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	75.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.51	2.538	0.25
S.L.D.	75.0	0.618	2.552	0.265
S.L.V.	712.0	1.491	2.384	0.294
S.L.C.	1462.0	1.883	2.383	0.304

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
----------------------	-----------------------------	-------------	-----------	-------------

S.L.O.	0.612	0.2	0.0125	0.0062
S.L.D.	0.7416	0.2	0.0151	0.0076
S.L.V.	1.7892	0.24	0.0438	0.0219
S.L.C.	2.2596	0.24	0.0553	0.0277

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.044

Coefficiente azione sismica verticale 0.022

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.01	0.04
3	2.01	0.03
4	3.02	0.11
5	4.02	0.19
6	5.03	0.26
7	6.04	0.25
8	7.04	0.24
9	8.05	0.24
10	9.06	0.7
11	10.06	0.78
12	11.07	1.17
13	12.07	1.66
14	13.08	1.95
15	14.09	2.22
16	15.09	2.49
17	16.1	2.75
18	17.11	3.22
19	18.11	3.22
20	19.12	3.4
21	20.12	3.58
22	21.13	4.02
23	22.14	4.35
24	23.14	4.5
25	24.15	4.56
26	25.15	4.59
27	26.16	4.61
28	27.17	4.61
29	28.17	4.64
30	29.18	4.72
31	30.19	5.24
32	31.19	6.48
33	32.2	6.71
34	33.2	6.85
35	34.21	6.83
36	35.22	6.86
37	36.22	6.97
38	37.23	7.04
39	38.23	7.04
40	39.24	7.08
41	40.25	7.09
42	41.25	7.26

43	42.26	7.41
44	43.27	7.65
45	44.27	7.94
46	45.28	8.35
47	46.28	8.64
48	47.29	9.06
49	48.3	9.06
50	49.3	9.49
51	50.31	9.85
52	51.32	10.71
53	52.32	10.94
54	53.33	11.18
55	54.33	11.23
56	55.34	11.41
57	56.35	11.47
58	57.35	11.62
59	58.36	11.62
60	59.36	11.75
61	60.37	12.02
62	61.38	12.41
63	62.38	12.57
64	63.39	13.46
65	64.4	13.8
66	65.4	13.99
67	66.41	14.46
68	67.41	14.61
69	68.42	14.61
70	69.43	14.87
71	70.43	15.1
72	71.71	15.16
73	72.93	15.15
74	73.61	15.87
75	74.43	15.93
76	74.69	16.0
77	85.39	16.0
78	85.39	19.5
79	85.53	19.54
80	86.53	19.52
81	87.54	19.58
82	88.54	19.58
83	89.55	19.71
84	90.56	19.87
85	91.56	20.07
86	92.57	20.4
87	93.57	20.37
88	94.58	20.34
89	95.59	20.3
90	96.59	20.27
91	97.6	20.24
92	98.61	20.24
93	99.61	20.25
94	100.62	20.23
95	101.62	20.02

96	102.63	20.07
97	103.64	20.06
98	104.64	20.04
99	105.65	20.41
100	106.66	21.44
101	107.66	22.59
102	108.67	22.59
103	109.67	23.24
104	110.68	23.43
105	111.69	23.79
106	112.69	23.93
107	113.7	24.14

Falda

Nr.

X
(m)

y
(m)

1	-1.14	-6.43
2	29.62	1.07
3	60.57	8.58
4	74.82	12.89
5	88.89	16.08
6	102.96	18.14
7	115.72	20.77

Vertici strato1

N

X
(m)

y
(m)

1	0.0	-2.69
2	15.77	1.31
3	27.16	3.67
4	39.31	6.05
5	47.86	7.94
6	57.53	10.07
7	61.58	11.39
8	72.93	15.15
9	75.99	15.88
10	79.52	15.98
11	82.66	15.74
12	85.28	16.05
13	85.35	18.29
14	88.66	18.96
15	98.58	19.32
16	101.19	19.45
17	106.14	19.81
18	113.7	21.14

Vertici strato2

N

X
(m)

y
(m)

1	0.0	-6.19
2	27.17	0.01
3	40.3	3.41
4	51.15	5.94
5	59.72	8.62
6	64.14	10.29

7	69.61	12.34
8	77.88	14.61
9	83.07	15.82
10	85.28	15.95
11	85.39	16.54
12	94.79	18.11
13	101.19	18.77
14	103.08	18.91
15	108.61	19.48
16	113.7	20.13

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm2)	Coesione non drenata (kg/cm2)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m3)	Peso saturo (Kg/m3)	Litologia
1	0		32	1850	1850	O
2	0.15		32	1850	1850	A
3	1.4		35	2300	2300	B

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m3)
1	85.39	16	2	1	3.5	0.3	0.3	2400

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm2)
1	77	15.8	85	15.8	1

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.54
Ascissa centro superficie	45.43 m
Ordinata centro superficie	29.6 m
Raggio superficie	20.4 m

xc = 45.428 yc = 29.60 Rc = 20.402 Fs=1.544

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.22	12.8	0.2	6.23	0.27	0.14	0.0	32.0	0.0	5.9	2.4
2	0.26	13.5	0.3	21.98	0.97	0.48	0.0	32.0	0.0	20.6	8.3
3	0.19	14.1	0.2	40.19	1.77	0.88	0.0	32.0	0.0	37.6	15.2
4	0.22	14.7	0.2	99.16	4.36	2.18	0.0	32.0	0.0	92.7	37.5
5	0.22	15.4	0.2	153.56	6.76	3.38	0.0	32.0	0.0	143.3	58.0
6	0.22	16.0	0.2	206.83	9.1	4.55	0.0	32.0	0.0	192.8	78.0
7	0.15	16.6	0.2	165.56	7.28	3.64	0.0	32.0	0.0	154.2	62.4
8	0.3	17.2	0.3	351.28	15.46	7.73	0.0	32.0	0.0	326.8	132.3
9	0.22	18.0	0.2	252.86	11.13	5.56	0.0	32.0	0.0	235.0	95.1
10	0.22	18.6	0.2	243.36	10.71	5.35	0.0	32.0	0.0	226.0	91.5
11	0.26	19.4	0.3	267.5	11.77	5.88	0.0	32.0	0.0	248.2	100.5
12	0.19	20.0	0.2	186.24	8.19	4.1	0.0	32.0	0.0	172.7	69.9
13	0.22	20.7	0.2	208.84	9.19	4.59	0.0	32.0	0.0	193.6	78.4
14	0.22	21.3	0.2	195.38	8.6	4.3	0.0	32.0	0.0	181.1	73.3
15	0.22	22.0	0.2	180.65	7.95	3.97	0.0	32.0	0.0	167.5	67.8
16	0.14	22.6	0.2	108.33	4.77	2.38	0.0	32.0	0.0	100.4	40.7
17	0.3	23.2	0.3	187.66	8.26	4.13	0.0	32.0	0.0	174.0	70.4
18	0.22	24.1	0.2	96.25	4.24	2.12	0.0	32.0	0.0	89.3	36.1
19	0.22	24.7	0.2	58.78	2.59	1.29	0.0	32.0	0.0	54.5	22.1
20	0.22	25.4	0.2	19.94	0.88	0.44	0.0	32.0	0.0	18.5	7.5

Indice

Dati generali	.1
Vertici profilo	.2
Falda	.4
Vertici strato1	.4
Vertici strato2	.5
Coefficienti parziali azioni	.5
Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	.5
Stratigrafia	.5
Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche	.6
Risultati analisi pendio	.6
Indice	.7

1A – VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO ATTUALE IN CONDIZIONI STATICHE E DRENATE

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Zona	Mutigliano
Lat./Long.	43.882265/10.471627 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0.33 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	29.6 m
Ascissa vertice destro superiore xs	113.08 m
Ordinata vertice destro superiore ys	74.0 m
Passo di ricerca	5.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	
Classe d'uso:	
Vita nominale:	0.0 [anni]
Vita di riferimento:	0.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:
Categoria topografica:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.V.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.C.	0.0	0.0	0.0	0.0

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.0	0.0	0.0	0.0

S.L.V.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.C.	0.0	0.0	0.0	0.0

Vertici profilo

Nr

X
(m)

y
(m)

1	0.0	0.0
2	1.01	0.04
3	2.01	0.03
4	3.02	0.11
5	4.02	0.19
6	5.03	0.26
7	6.04	0.25
8	7.04	0.24
9	8.05	0.24
10	9.06	0.7
11	10.06	0.78
12	11.07	1.17
13	12.07	1.66
14	13.08	1.95
15	14.09	2.22
16	15.09	2.49
17	16.1	2.75
18	17.11	3.22
19	18.11	3.22
20	19.12	3.4
21	20.12	3.58
22	21.13	4.02
23	22.14	4.35
24	23.14	4.5
25	24.15	4.56
26	25.15	4.59
27	26.16	4.61
28	27.17	4.61
29	28.17	4.64
30	29.18	4.72
31	30.19	5.24
32	31.19	6.48
33	32.2	6.71
34	33.2	6.85
35	34.21	6.83
36	35.22	6.86
37	36.22	6.97
38	37.23	7.04
39	38.23	7.04
40	39.24	7.08
41	40.25	7.09
42	41.25	7.26
43	42.26	7.41
44	43.27	7.65
45	44.27	7.94
46	45.28	8.35

47	46.28	8.64
48	47.29	9.06
49	48.3	9.06
50	49.3	9.49
51	50.31	9.85
52	51.32	10.71
53	52.32	10.94
54	53.33	11.18
55	54.33	11.23
56	55.34	11.41
57	56.35	11.47
58	57.35	11.62
59	58.36	11.62
60	59.36	11.75
61	60.37	12.02
62	61.38	12.41
63	62.38	12.57
64	63.39	13.46
65	64.4	13.8
66	65.4	13.99
67	66.41	14.46
68	67.41	14.61
69	68.42	14.61
70	69.43	14.87
71	70.43	15.1
72	71.71	15.16
73	72.93	15.15
74	73.61	15.87
75	74.43	15.93
76	74.69	16.0
77	85.39	16.0
78	85.39	19.5
79	85.53	19.54
80	86.53	19.52
81	87.54	19.58
82	88.54	19.58
83	89.55	19.71
84	90.56	19.87
85	91.56	20.07
86	92.57	20.4
87	93.57	20.37
88	94.58	20.34
89	95.59	20.3
90	96.59	20.27
91	97.6	20.24
92	98.61	20.24
93	99.61	20.25
94	100.62	20.23
95	101.62	20.02
96	102.63	20.07
97	103.64	20.06
98	104.64	20.04
99	105.65	20.41

100	106.66	21.44
101	107.66	22.59
102	108.67	22.59
103	109.67	23.24
104	110.68	23.43
105	111.69	23.79
106	112.69	23.93
107	113.7	24.14

Falda

Nr.

X
(m)

y
(m)

1	-1.14	-6.43
2	29.62	1.07
3	60.57	8.58
4	74.82	12.89
5	88.89	16.08
6	102.96	18.14
7	115.72	20.77

Vertici strato1

N

X
(m)

y
(m)

1	0.0	-2.69
2	15.77	1.31
3	27.16	3.67
4	39.31	6.05
5	47.86	7.94
6	57.53	10.07
7	61.58	11.39
8	72.93	15.15
9	75.99	15.88
10	79.52	15.98
11	82.66	15.74
12	85.28	16.05
13	85.35	18.29
14	88.66	18.96
15	98.58	19.32
16	101.19	19.45
17	106.14	19.81
18	113.7	21.14

Vertici strato2

N

X
(m)

y
(m)

1	0.0	-6.19
2	27.17	0.01
3	40.3	3.41
4	51.15	5.94
5	59.72	8.62
6	64.14	10.29
7	69.61	12.34
8	77.88	14.61
9	83.07	15.82
10	85.28	15.95

11	85.39	16.54
12	94.79	18.11
13	101.19	18.77
14	103.08	18.91
15	108.61	19.48
16	113.7	20.13

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm2)	Coesione non drenata (kg/cm2)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m3)	Peso saturo (Kg/m3)	Litologia
1	0		32	1850	1850	O 
2	0.15		32	1850	1850	A 
3	1.4		35	2300	2300	B 

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m3)
1	85.39	16	2	1	3.5	0.3	0.3	2400

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm2)
1	77	15.8	85	15.8	0.5

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.44
Ascissa centro superficie	45.43 m
Ordinata centro superficie	29.6 m
Raggio superficie	20.4 m

$$x_c = 45.428 \quad y_c = 29.60 \quad R_c = 20.402 \quad F_s = 1.444$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.22	12.8	0.2	6.23	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	5.9	2.1
2	0.26	13.5	0.3	21.98	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	20.9	7.2
3	0.19	14.1	0.2	40.19	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	38.1	13.2
4	0.22	14.7	0.2	99.16	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	94.0	32.5
5	0.22	15.4	0.2	153.56	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	145.4	50.3
6	0.22	16.0	0.2	206.83	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	195.7	67.7
7	0.15	16.6	0.2	165.56	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	156.6	54.2
8	0.3	17.2	0.3	351.28	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	332.1	115.0
9	0.22	18.0	0.2	252.86	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	239.0	82.7
10	0.22	18.6	0.2	243.36	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	230.0	79.6
11	0.26	19.4	0.3	267.5	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	252.8	87.5
12	0.19	20.0	0.2	186.24	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	176.0	60.9
13	0.22	20.7	0.2	208.84	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	197.4	68.3
14	0.22	21.3	0.2	195.38	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	184.8	64.0
15	0.22	22.0	0.2	180.65	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	170.9	59.2
16	0.14	22.6	0.2	108.33	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	102.6	35.5
17	0.3	23.2	0.3	187.66	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	177.8	61.5
18	0.22	24.1	0.2	96.25	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	91.3	31.6
19	0.22	24.7	0.2	58.78	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	55.8	19.3
20	0.22	25.4	0.2	19.94	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	19.0	6.6

Indice

Dati generali	.1
Vertici profilo	.2
Falda	.4
Vertici strato1	.4
Vertici strato2	.5
Coefficienti parziali azioni	.5
Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	.5
Stratigrafia	.5
Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche	.6
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]	.6
Indice	.7

ALL.1B – VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO ATTUALE IN CONDIZIONI DINAMICHE E DRENATE

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Zona	Mutigliano
Lat./Long.	43.882265/10.471627 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0.33 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	29.6 m
Ascissa vertice destro superiore xs	113.08 m
Ordinata vertice destro superiore ys	74.0 m
Passo di ricerca	5.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	75.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.51	2.538	0.25
S.L.D.	75.0	0.618	2.552	0.265
S.L.V.	712.0	1.491	2.384	0.294
S.L.C.	1462.0	1.883	2.383	0.304

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
----------------------	-----------------------------	-------------	-----------	-------------

S.L.O.	0.612	0.2	0.0125	0.0062
S.L.D.	0.7416	0.2	0.0151	0.0076
S.L.V.	1.7892	0.24	0.0438	0.0219
S.L.C.	2.2596	0.24	0.0553	0.0277

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0438

Coefficiente azione sismica verticale 0.0219

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.01	0.04
3	2.01	0.03
4	3.02	0.11
5	4.02	0.19
6	5.03	0.26
7	6.04	0.25
8	7.04	0.24
9	8.05	0.24
10	9.06	0.7
11	10.06	0.78
12	11.07	1.17
13	12.07	1.66
14	13.08	1.95
15	14.09	2.22
16	15.09	2.49
17	16.1	2.75
18	17.11	3.22
19	18.11	3.22
20	19.12	3.4
21	20.12	3.58
22	21.13	4.02
23	22.14	4.35
24	23.14	4.5
25	24.15	4.56
26	25.15	4.59
27	26.16	4.61
28	27.17	4.61
29	28.17	4.64
30	29.18	4.72
31	30.19	5.24
32	31.19	6.48
33	32.2	6.71
34	33.2	6.85
35	34.21	6.83
36	35.22	6.86
37	36.22	6.97
38	37.23	7.04
39	38.23	7.04
40	39.24	7.08
41	40.25	7.09
42	41.25	7.26

43	42.26	7.41
44	43.27	7.65
45	44.27	7.94
46	45.28	8.35
47	46.28	8.64
48	47.29	9.06
49	48.3	9.06
50	49.3	9.49
51	50.31	9.85
52	51.32	10.71
53	52.32	10.94
54	53.33	11.18
55	54.33	11.23
56	55.34	11.41
57	56.35	11.47
58	57.35	11.62
59	58.36	11.62
60	59.36	11.75
61	60.37	12.02
62	61.38	12.41
63	62.38	12.57
64	63.39	13.46
65	64.4	13.8
66	65.4	13.99
67	66.41	14.46
68	67.41	14.61
69	68.42	14.61
70	69.43	14.87
71	70.43	15.1
72	71.71	15.16
73	72.93	15.15
74	73.61	15.87
75	74.43	15.93
76	74.69	16.0
77	85.39	16.0
78	85.39	19.5
79	85.53	19.54
80	86.53	19.52
81	87.54	19.58
82	88.54	19.58
83	89.55	19.71
84	90.56	19.87
85	91.56	20.07
86	92.57	20.4
87	93.57	20.37
88	94.58	20.34
89	95.59	20.3
90	96.59	20.27
91	97.6	20.24
92	98.61	20.24
93	99.61	20.25
94	100.62	20.23
95	101.62	20.02

96	102.63	20.07
97	103.64	20.06
98	104.64	20.04
99	105.65	20.41
100	106.66	21.44
101	107.66	22.59
102	108.67	22.59
103	109.67	23.24
104	110.68	23.43
105	111.69	23.79
106	112.69	23.93
107	113.7	24.14

Falda

Nr.

X
(m)

y
(m)

1	-1.14	-6.43
2	29.62	1.07
3	60.57	8.58
4	74.82	12.89
5	88.89	16.08
6	102.96	18.14
7	115.72	20.77

Vertici strato1

N

X
(m)

y
(m)

1	0.0	-2.69
2	15.77	1.31
3	27.16	3.67
4	39.31	6.05
5	47.86	7.94
6	57.53	10.07
7	61.58	11.39
8	72.93	15.15
9	75.99	15.88
10	79.52	15.98
11	82.66	15.74
12	85.28	16.05
13	85.35	18.29
14	88.66	18.96
15	98.58	19.32
16	101.19	19.45
17	106.14	19.81
18	113.7	21.14

Vertici strato2

N

X
(m)

y
(m)

1	0.0	-6.19
2	27.17	0.01
3	40.3	3.41
4	51.15	5.94
5	59.72	8.62
6	64.14	10.29

7	69.61	12.34
8	77.88	14.61
9	83.07	15.82
10	85.28	15.95
11	85.39	16.54
12	94.79	18.11
13	101.19	18.77
14	103.08	18.91
15	108.61	19.48
16	113.7	20.13

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm2)	Coesione non drenata (kg/cm2)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m3)	Peso saturo (Kg/m3)	Litologia
1	0		32	1850	1850	O
2	0.15		32	1850	1850	A
3	1.4		35	2300	2300	B

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m3)
1	85.39	16	2	1	3.5	0.3	0.3	2400

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm2)
1	77	15.8	85	15.8	0.5

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.54
Ascissa centro superficie	45.43 m
Ordinata centro superficie	29.6 m
Raggio superficie	20.4 m

xc = 45.428 yc = 29.60 Rc = 20.402 Fs=1.545

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.22	12.8	0.2	6.23	0.27	0.14	0.0	32.0	0.0	5.9	2.4
2	0.26	13.5	0.3	21.98	0.96	0.48	0.0	32.0	0.0	20.6	8.3
3	0.19	14.1	0.2	40.19	1.76	0.88	0.0	32.0	0.0	37.6	15.2
4	0.22	14.7	0.2	99.16	4.34	2.17	0.0	32.0	0.0	92.7	37.5
5	0.22	15.4	0.2	153.56	6.73	3.36	0.0	32.0	0.0	143.3	58.0
6	0.22	16.0	0.2	206.83	9.06	4.53	0.0	32.0	0.0	192.8	78.0
7	0.15	16.6	0.2	165.56	7.25	3.63	0.0	32.0	0.0	154.2	62.4
8	0.3	17.2	0.3	351.28	15.39	7.69	0.0	32.0	0.0	326.8	132.2
9	0.22	18.0	0.2	252.86	11.08	5.54	0.0	32.0	0.0	235.0	95.1
10	0.22	18.6	0.2	243.36	10.66	5.33	0.0	32.0	0.0	226.0	91.4
11	0.26	19.4	0.3	267.5	11.72	5.86	0.0	32.0	0.0	248.2	100.4
12	0.19	20.0	0.2	186.24	8.16	4.08	0.0	32.0	0.0	172.8	69.9
13	0.22	20.7	0.2	208.84	9.15	4.57	0.0	32.0	0.0	193.7	78.3
14	0.22	21.3	0.2	195.38	8.56	4.28	0.0	32.0	0.0	181.1	73.3
15	0.22	22.0	0.2	180.65	7.91	3.96	0.0	32.0	0.0	167.5	67.7
16	0.14	22.6	0.2	108.33	4.74	2.37	0.0	32.0	0.0	100.4	40.6
17	0.3	23.2	0.3	187.66	8.22	4.11	0.0	32.0	0.0	174.0	70.4
18	0.22	24.1	0.2	96.25	4.22	2.11	0.0	32.0	0.0	89.3	36.1
19	0.22	24.7	0.2	58.78	2.57	1.29	0.0	32.0	0.0	54.5	22.1
20	0.22	25.4	0.2	19.94	0.87	0.44	0.0	32.0	0.0	18.5	7.5

Indice

Dati generali	.1
Vertici profilo	.2
Falda	.4
Vertici strato1	.4
Vertici strato2	.5
Coefficienti parziali azioni	.5
Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	.5
Stratigrafia	.5
Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche	.6
Risultati analisi pendio	.6
Indice	.7

ALL.2A – VERIFICHE DI STABILITÀ ALLO STATO DI PROGETTO IN CONDIZIONI STATICHE E DRENATE

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Zona	Mutigliano
Lat./Long.	43.882265/10.471627 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0.33 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	29.6 m
Ascissa vertice destro superiore xs	113.08 m
Ordinata vertice destro superiore ys	74.0 m
Passo di ricerca	5.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	
Classe d'uso:	
Vita nominale:	0.0 [anni]
Vita di riferimento:	0.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:
Categoria topografica:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.V.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.C.	0.0	0.0	0.0	0.0

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
----------------------	-----------------------------	-------------	-----------	-------------

S.L.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.V.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.C.	0.0	0.0	0.0	0.0

Vertici profilo

Nr

X
(m)

y
(m)

1	0.0	0.0
2	1.01	0.04
3	2.01	0.03
4	3.02	0.11
5	4.02	0.19
6	5.03	0.26
7	6.04	0.25
8	7.04	0.24
9	8.05	0.24
10	9.06	0.7
11	10.06	0.78
12	11.07	1.17
13	12.07	1.66
14	13.08	1.95
15	14.09	2.22
16	15.09	2.49
17	16.1	2.75
18	17.11	3.22
19	18.11	3.22
20	19.12	3.4
21	20.12	3.58
22	21.13	4.02
23	22.14	4.35
24	23.14	4.5
25	24.15	4.56
26	25.15	4.59
27	26.16	4.61
28	27.17	4.61
29	28.17	4.64
30	29.18	4.72
31	30.19	5.24
32	31.19	6.48
33	32.2	6.71
34	33.2	6.85
35	34.21	6.83
36	35.22	6.86
37	36.22	6.97
38	37.23	7.04
39	38.23	7.04
40	39.24	7.08
41	40.25	7.09
42	41.25	7.26
43	42.26	7.41
44	43.27	7.65

45	44.27	7.94
46	45.28	8.35
47	46.28	8.64
48	47.29	9.06
49	48.3	9.06
50	49.3	9.49
51	50.31	9.85
52	51.32	10.71
53	52.32	10.94
54	53.33	11.18
55	54.33	11.23
56	55.34	11.41
57	56.35	11.47
58	57.35	11.62
59	58.36	11.62
60	59.36	11.75
61	60.37	12.02
62	61.38	12.41
63	62.38	12.57
64	63.39	13.46
65	64.4	13.8
66	65.4	13.99
67	66.41	14.46
68	67.41	14.61
69	68.42	14.61
70	69.43	14.87
71	70.43	15.1
72	71.71	15.16
73	72.93	15.15
74	73.61	15.87
75	74.43	15.93
76	74.69	16.0
77	85.39	16.0
78	85.39	19.5
79	85.53	19.54
80	86.53	19.52
81	87.54	19.58
82	88.54	19.58
83	89.55	19.71
84	90.56	19.87
85	91.56	20.07
86	92.57	20.4
87	93.57	20.37
88	94.58	20.34
89	95.59	20.3
90	96.59	20.27
91	97.6	20.24
92	98.61	20.24
93	99.61	20.25
94	100.62	20.23
95	101.62	20.02
96	102.63	20.07
97	103.64	20.06

98	104.64	20.04
99	105.65	20.41
100	106.66	21.44
101	107.66	22.59
102	108.67	22.59
103	109.67	23.24
104	110.68	23.43
105	111.69	23.79
106	112.69	23.93
107	113.7	24.14

Falda

Nr.

X
(m)

y
(m)

1	-1.14	-6.43
2	29.62	1.07
3	60.57	8.58
4	74.82	12.89
5	88.89	16.08
6	102.96	18.14
7	115.72	20.77

Vertici strato1
N

X
(m)

y
(m)

1	0.0	-2.69
2	15.77	1.31
3	27.16	3.67
4	39.31	6.05
5	47.86	7.94
6	57.53	10.07
7	61.58	11.39
8	72.93	15.15
9	75.99	15.88
10	79.52	15.98
11	82.66	15.74
12	85.28	16.05
13	85.35	18.29
14	88.66	18.96
15	98.58	19.32
16	101.19	19.45
17	106.14	19.81
18	113.7	21.14

Vertici strato2
N

X
(m)

y
(m)

1	0.0	-6.19
2	27.17	0.01
3	40.3	3.41
4	51.15	5.94
5	59.72	8.62
6	64.14	10.29
7	69.61	12.34
8	77.88	14.61

9	83.07	15.82
10	85.28	15.95
11	85.39	16.54
12	94.79	18.11
13	101.19	18.77
14	103.08	18.91
15	108.61	19.48
16	113.7	20.13

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm2)	Coesione non drenata (kg/cm2)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m3)	Peso saturo (Kg/m3)	Litologia
1	0		32	1850	1850	O 
2	0.15		32	1850	1850	A 
3	1.4		35	2300	2300	B 

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m3)
1	85.39	16	2	1	3.5	0.3	0.3	2400

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm2)
1	77	15.8	85	15.8	1

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.44
Ascissa centro superficie	45.43 m
Ordinata centro superficie	29.6 m
Raggio superficie	20.4 m

xc = 45.428 yc = 29.60 Rc = 20.402 Fs=1.444

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.22	12.8	0.2	6.23	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	5.9	2.1
2	0.26	13.5	0.3	21.98	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	20.9	7.2
3	0.19	14.1	0.2	40.19	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	38.1	13.2
4	0.22	14.7	0.2	99.16	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	94.0	32.5
5	0.22	15.4	0.2	153.56	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	145.4	50.3
6	0.22	16.0	0.2	206.83	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	195.7	67.7
7	0.15	16.6	0.2	165.56	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	156.6	54.2
8	0.3	17.2	0.3	351.28	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	332.1	115.0
9	0.22	18.0	0.2	252.86	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	239.0	82.7
10	0.22	18.6	0.2	243.36	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	230.0	79.6
11	0.26	19.4	0.3	267.5	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	252.8	87.5
12	0.19	20.0	0.2	186.24	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	176.0	60.9
13	0.22	20.7	0.2	208.84	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	197.4	68.3
14	0.22	21.3	0.2	195.38	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	184.8	64.0
15	0.22	22.0	0.2	180.65	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	170.9	59.2
16	0.14	22.6	0.2	108.33	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	102.6	35.5
17	0.3	23.2	0.3	187.66	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	177.8	61.5
18	0.22	24.1	0.2	96.25	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	91.3	31.6
19	0.22	24.7	0.2	58.78	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	55.8	19.3
20	0.22	25.4	0.2	19.94	0.0	0.0	0.0	26.6	0.0	19.0	6.6

Indice

Dati generali	.1
Vertici profilo	.2
Falda	.4
Vertici strato1	.4
Vertici strato2	.5
Coefficienti parziali azioni	.5
Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	.5
Stratigrafia	.5
Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche	.6
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]	.6
Indice	.7

Provincia di Lucca

Comune di Lucca



OGGETTO: Relazione Sismica a supporto del progetto di demolizione del magazzino e deposito attrezzi e ricostruzione nuovo corpo laboratori presso l'Istituto Agrario "Brancoli-Busdraghi" di Lucca (LU)

Committenza: PROVINCIA DI LUCCA



Dott. Geol. Roberto Maggiore

Via dei Capannoresi n. 1109

55100, Lucca

☎ 347-4013701

e-mail: info@geo-omnia.it

www.geo-omnia.it

00	23102	03/07/2023	1^ Redazione	S. Caccavale	R. Maggiore
Revisione	Commessa	Data	Descrizione	Redatto	Approvato

INDICE RELAZIONE

1 - PREMESSA.....	3
1A – UBICAZIONE AREA DI STUDIO ED INTERVENTO IN PROGETTO	3
1B – NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
2 - RELAZIONE SISMICA.....	6
2A – REQUISITI PRESTAZIONALI DELL'OPERA	6
2B – ASPETTI DELLE AZIONI SISMICHE	7
2B.I – VALUTAZIONE DELLE POTENZIALITÀ DI LIQUEFAZIONE	9
3 - CONCLUSIONI	11

1 - PREMESSA

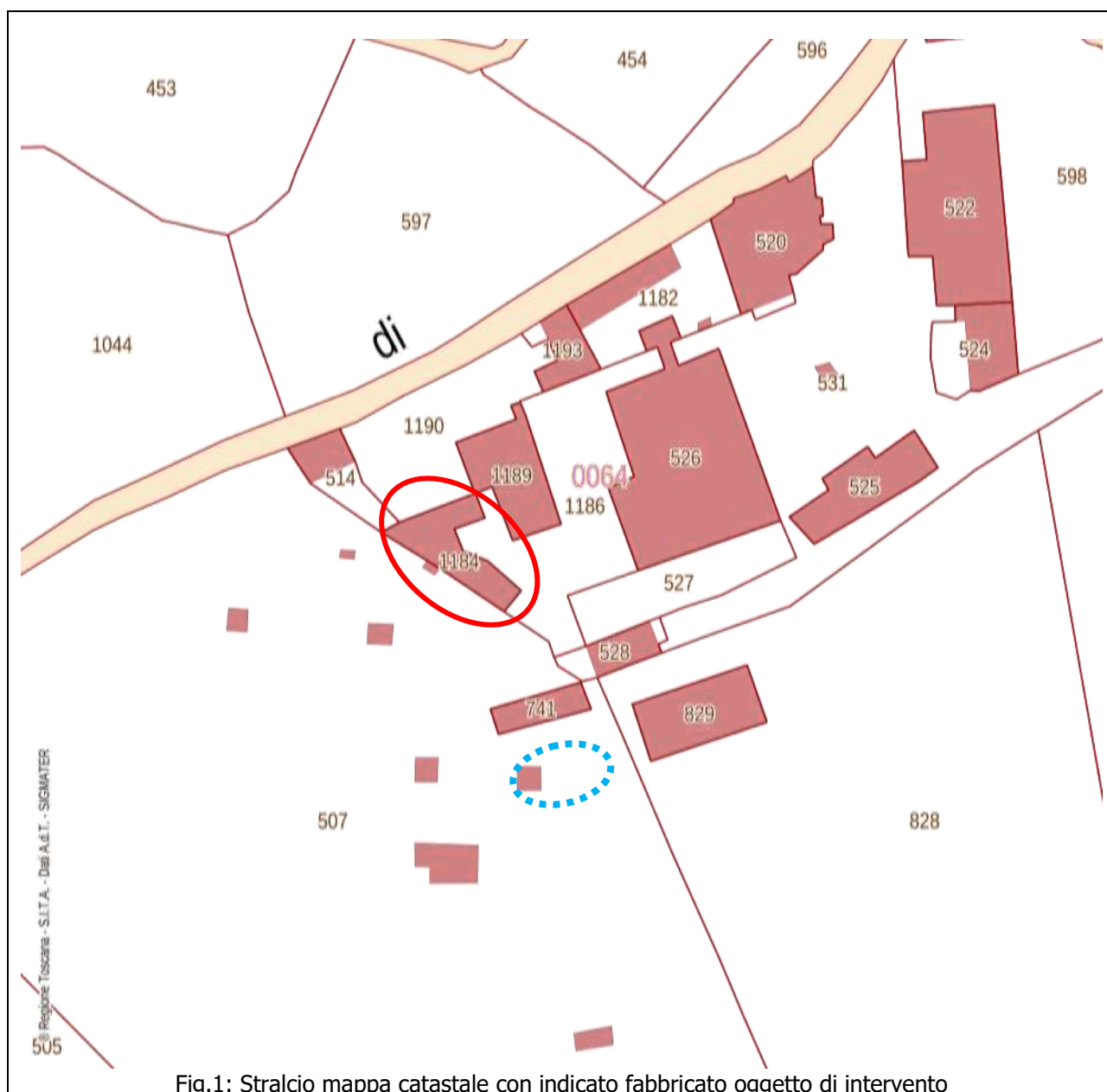
1A – UBICAZIONE AREA DI STUDIO ED INTERVENTO IN PROGETTO

La presente relazione sintetizza gli studi sismici del progetto di demolizione di un fabbricato attualmente destinato a magazzino e deposito attrezzi e contestuale ricostruzione di nuovo corpo da destinarsi a laboratori e realizzazione di un nuovo deposito attrezzi ipogeo ubicato all'interno del complesso scolastico "N. Busdraghi" nella frazione di Mutigliano, nel Comune di Lucca (LU) (Tav.1 – Foto 1).

La zona di studio si trova in corrispondenza della particella n. 1184 del Foglio 64 del N.C.T. del Comune di Lucca (foto 1 - fig.1).



Foto 1: Vista aerea zona di studio – Google Earth



L'indagine è indirizzata a valutare le caratteristiche sismiche dei terreni nell'area d'intervento ed in un suo significativo intorno, al fine di definire la fattibilità degli interventi in progetto.

1B – NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione, al fine di valutare attentamente e in modo dettagliato i punti da analizzare per lo svolgimento dello studio, si è tenuto conto delle seguenti normative in vigore:

- Eurocodice 8 – 1998 – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura 2003);

- 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 (2002) - UNI;
- Eurocodice 7.3 – 2002 - Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in situ (2002) - UNI;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 27/07/2007- Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale;
- D.M. 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- D. Lgs. n. 152/06 "Testo Unico sull'Ambiente" e successive modifiche ed integrazioni;
- D.L. n.52/99 e succ. modifiche, D.L. n.31/01 e Linee Guida per la tutela delle acque destinate al consumo umano G.U. del 03/01/2003;
- L.R.T. n.39/00 "Legge Forestale della Toscana" e Regolamento di attuazione n.48 dell'08/08/2003;
- L.R.T. 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;
- L.R.T. n.20 del 31 maggio 2006: "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento".
- D.P.G.R. n. 36/R del 09/07/09 - "Regolamento di attuazione dell'art. 117, commi 1 e 2 della legge regionale 03/01/2005 n.1 (Norme per il governo del territorio)";
- D.P.G.R. n. 46/R dell' 08/09/2008 – "Regolamento di attuazione della L.R. 31 maggio 2006, n 20 (Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento)" e successive modifiche ed integrazioni.
- D.G.R. n.878 del 24/10/2012 – "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".
- Piano Assetto Idrogeologico ed Aggiornamenti (Luglio del 2013 e Dicembre 2015) del Fiume Serchio;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico del bacino Pilota del Fiume Serchio (P.G.R.A.), approvato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 184, ai sensi dell'articolo 4, comma 3 del D. Lgs. 219/2010 in data 03/03/2016;
- Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica adottato con delibera della Conferenza Istituzionale Permanente n.20 del 20 dicembre 2019;

- Piano Strutturale e/o Regolamento Urbanistico comunale.

2 - RELAZIONE SISMICA

2A – REQUISITI PRESTAZIONALI DELL'OPERA

Per poter procedere ad un'analisi del progetto in esame da un punto di vista sismico, bisogna innanzitutto stabilire 5 caratteristiche fondamentali dell'intervento in esame.

1. Tipo di costruzione a seconda delle caratteristiche funzionali dell'opera;
2. Vita nominale V_N intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Generalmente questo valore deve essere indicato dal progettista in base al tipo di costruzione prevista come riportato in tabella:

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	10
2	Opere ordinarie , ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	100

3. Classi d'uso nelle quali vengono suddivise le costruzioni in presenza di azioni sismiche:
 - Classe I: *"Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli"*
 - Classe II: *"Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali.(...) Ambienti ad uso residenziale."*
 - **Classe III:** *"Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente.(...) Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso".*
 - Classe IV: *"Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. (...) Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica".;*
4. Coefficiente d'uso C_u definito al variare della classe d'uso come mostrato nella tabella sottostante:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

5. Periodo di riferimento dell'azione sismica V_R espresso dalla seguente equazione:

$$V_R = V_N \times C_u$$

Il valore minimo di riferimento per il calcolo delle azioni sismiche è di 50 anni corrispondente ad opere con vita nominale inferiore o uguale ai 50 anni.

Nella seguente tabella sono riportati i valori V_R in base alla vita nominale e alla classe d'uso dell'opera.

VITA NOMINALE V_N	VALORI DI V_R			
	CLASSE D'USO			
	I	II	III	IV
≤ 10	35	35	35	35
≥ 50	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
≥ 100	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

Per riassumere possiamo classificare l'intervento in progetto come una costruzione di Tipo 2 (Opere Ordinarie) con $V_N \geq 50$ anni, attribuibile alla Classe d'uso III con $C_u = 1,5$ e periodo di riferimento dell'azione sismica $V_R \geq 75$.

2B – ASPETTI DELLE AZIONI SISMICHE

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Questa probabilità viene definita dal D.M. 17/01/18 come "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento V_R " (P_{VR}).

In base alla normativa vigente la stima della pericolosità sismica del sito in costruzione viene esaminata attraverso un approccio "sito dipendente" e l'azione sismica è definita in termini di:

- **a_g** – Accelerazione massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale;
- **$S_e(T)$** – ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente data dalla seguente relazione:

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

Dove:

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (valore minimo pari a 2,2)

η = fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5% mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

S = coefficiente che tiene conto della categoria di suolo di fondazione (S_s) e delle condizioni topografiche (S_T) attraverso la relazione:

$$S = S_s * S_T$$

I parametri sismici dedotti dall'interpolazione sulla maglia con superficie rigata tramite l'utilizzo del programma "Spettri NTC ver.1.0.3" sono riportati nella tabella sottostante:

Coordinate sito	LATITUDINE	LONGITUDINE
ED 50	43.883227	10.472629
WGS 84	43.882265	10.471627

STATO LIMIT	T_R	a_g	F_0	T_c
SLO	45	0.052	2.538	0.250
SLD	75	0.063	2.552	0.265
SLV	712	0.152	2.384	0.294
SLC	1462	0.192	2.383	0.304

S_s ed S_T vengono desunti dalle seguenti tabelle:

Categoria	Descrizione	S_s	C_c
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>	1,00	1,00
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 (a_g/g) \leq 1,20$	$1,10 (T_c)^{-0.20}$

Categoria	Descrizione	S _s	C _c
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>	1,00≤1,70-0,60 Fo (ag/g)≤1,50	1,05 (T _c) ^{-0.33}
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>	0,90≤2,40-1,50 Fo (ag/g)≤1,80	1,25 (T _c) ^{-0.50}
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>	1,00≤2,00-1,10 Fo (ag/g)≤1,60	1,15 (T _c) ^{-0.40}

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°

Categorie topografiche per configurazioni superficiali semplici

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

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	St
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST

L'interpretazione dei dati stratigrafici della zona e dei dati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate Masw e Down-Hole ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area d'indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs; ciò ha permesso di stimare i valori di **Velocità Equivalente** di propagazione delle onde di taglio **V_{S,eq}** secondo l'espressione:

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

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 V_s inferiore a 800 m/s

Il valore della velocità equivalente V_{seq} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 12,7 m di profondità ottenuto è il seguente:

✓ $V_{S12,7}$ calcolato è pari a circa **380 m/s**.

Secondo la recente normativa sismica (OPCM n.3274 del 20/03/03, D.M.14/09/05 e succ. D.M. 17/01/18) la presenza di 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, portano ad ipotizzare un suolo di fondazione di tipo **suolo "B"**.

Relativamente alla frequenza di risonanza f_0 misurata nell'area in esame, si può individuare un picco a $f_0=16,8$ dovuto al passaggio, intorno ai -7,5 m di profondità al substrato calcareo ed attribuibile ad un bedrock sismico.

$$v_0 = \frac{V_s}{4H} \quad H = \frac{V_s}{4v_0}$$

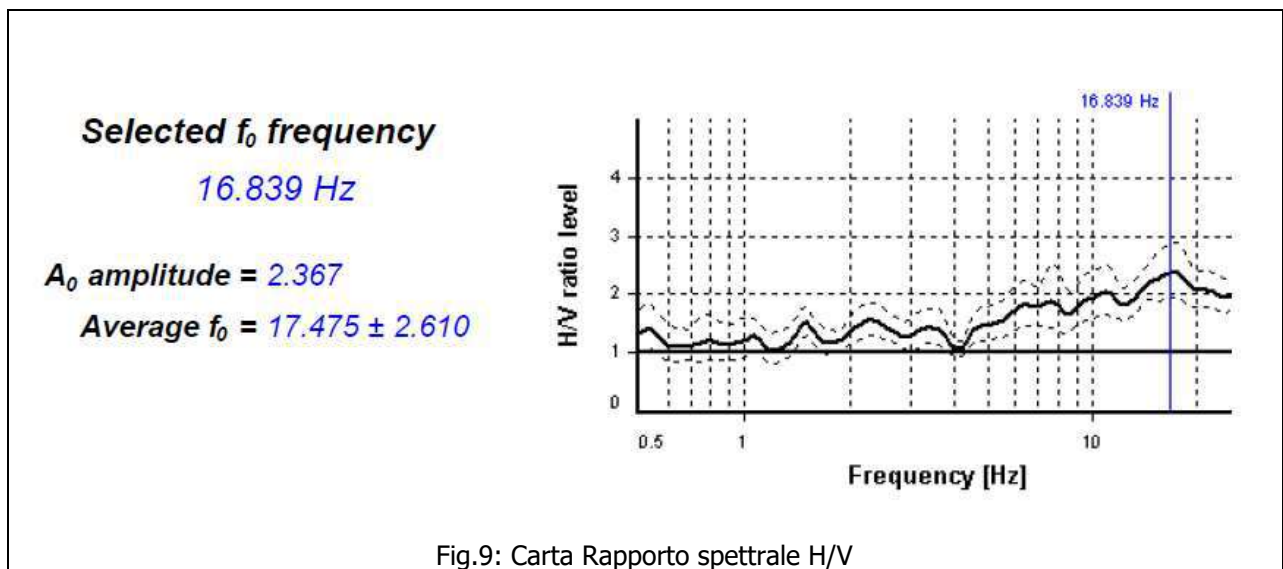


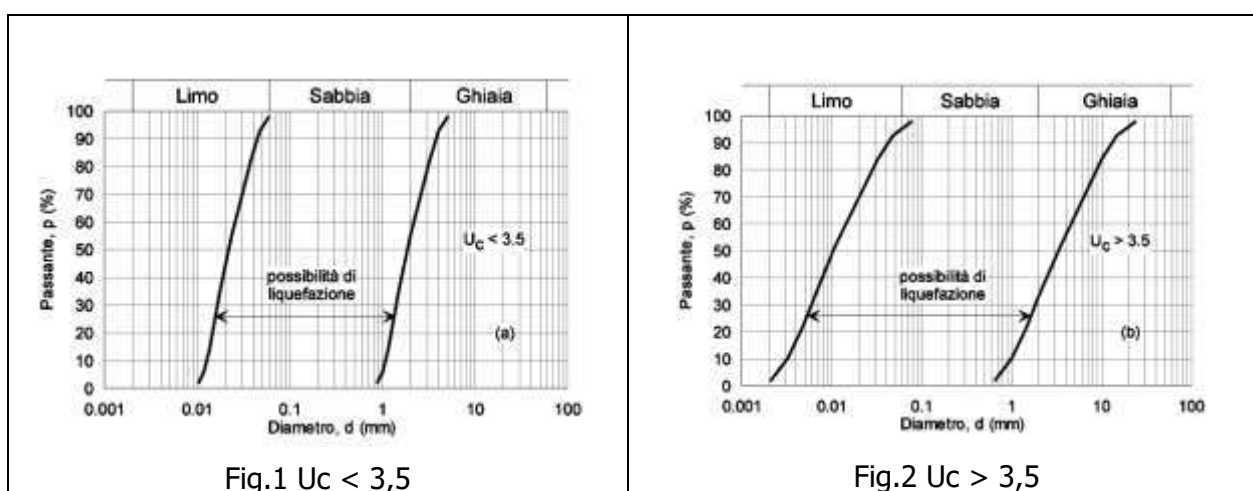
Fig.9: Carta Rapporto spettrale H/V

2B.I – VALUTAZIONE DELLE POTENZIALITÀ DI LIQUEFAZIONE

Ai sensi delle NTC 2018, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(M)60 > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(M)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 1 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 2 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Nel caso in esame rinvenendo trovanti filladici in matrice limo-sabbiosa con distribuzione granulometria esterna a quella indicata in fig.1, oltre che all'assenza di falda nei primi metri di sottosuolo, è possibile omettere tale verifica.

3 - CONCLUSIONI

SISMICA

Sulla base dei risultati delle indagini sismiche effettuate, in conformità all'Ordinanza n. 3274/03 ed al D.M. del 17/01/01, è stato possibile attestare la presenza di un suolo di fondazione di tipo "B".

LIQUEFAZIONE

La verifica a liquefazione è stata omessa in quanto le litologie presenti nel sottosuolo presentano distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in fig.1 delle NTC2018.

Dott. Geologo Roberto Maggiore
n.1666 Ord.Reg.Toscano

Provincia di Lucca

Comune di Lucca



ALLEGATO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

- TABULATI PROVE PENETROMETRICHE;
- TABULATI INDAGINE SISMICA MASW-RIFRAZIONE
- TABULATI INDAGINI DI CORRELAZIONE

Intervento: **demolizione di magazzino e deposito attrezzi e ricostruzione di nuovo corpo laboratori**

Committenza: **PROVINCIA DI LUCCA**



Sito: **località "Mutigliano", Comune di Lucca (LU)**



Dott. Geol. Roberto Maggiore

Via dei Capannoresi n. 1109

55100, Lucca

☎ 347-4013701

e-mail: r.maggiore@geo-omnia.it

www.geo-omnia.it

00	23102	06/07/2023	1^ Redazione	S. Caccavale	R. Maggiore
Revisione	Commessa	Data	Descrizione	Redatto	Approvato

Geotecnica

Geofisica

Monitoraggio idrogeologico



Indagini Ambientali

Committente:	Geol. Roberto Maggiore	località:	Mutigliano Lucca
data esecuzione indagine:	26/06/2023	tipologia di indagine:	n.3 DPSH
strumentazione:	Pagani TG 63/200	software elaborazione:	WinDIN

P1



P2



P3



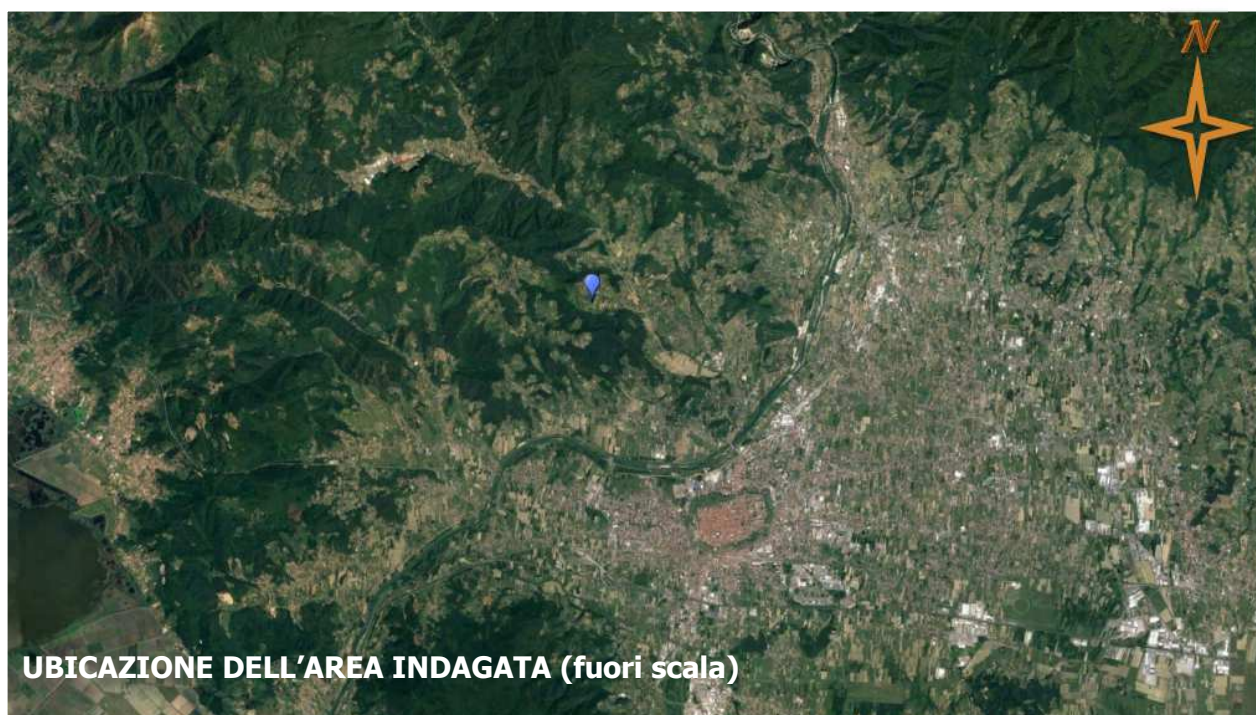
SEDE LEGALE: VIA DELLE FORNACETTE, 1 – 55100 (LU) SEDE OPERATIVA: VIA PER SORBANO DEL GIUDICE, 488 – 55100 (LU)

CODICE FISCALE E NUMERO DI ISCRIZIONE AL REGISTRO DELLE IMPRESE DI LUCCA: 02069440465

R.E.A. LUCCA N. 194371 - CAPITALE SOCIALE € 10.000,00 I.V.

TEL 393 9371580 - FAX 0583 469588 - www.geoluk.com - info@geoluk.com - geoluk@pec.it

CARTOGRAFIA



REPORT DI CANTIERE

** informazioni complementari all'indagine geognostica eseguita **

Generalità della commessa n. 71-2023

- data esecuzione indagini: 26/06/2023
- ubicazione: c/o Istituto Tecnico Agrario Nicolao Brancoli Busdraghi – Mutigliano - Lucca
- oggetto dell'indagine: esecuzione di indagini penetrometriche a supporto di indagine geognostica
- committenza: Geol. Roberto Maggiore
- riferimento ns preventivo: nessuno
- assistenza tecnica di cantiere: Geol. Roberto Maggiore
- numero e tipologia di indagini eseguite: esecuzione di n.3 prove penetrometriche di tipo dinamico superpesante (DPSH) non rivestite con penetrometro Pagani TG 63/200
- logistica delle indagini eseguite: vedere Mappa di riferimento

Descrizione delle indagini eseguite:

- indagine n.1
 - ◆ ID (cfr. Mappa di riferimento): P1
 - ◆ coordinate indicative (WGS84) – 43.882465N, 10.471412 E
 - ◆ tipologia - penetrometria dinamica non rivestita di tipo DPSH
 - ◆ contesto - contesto morfologico di versante collinare, prova effettuata su riporto di ciglio stradale di valle
 - ◆ breve descrizione della prova - prova eseguita in modalità dinamica a partire dal piano strada. Avanzamento fino alla profondità di -1.6m registrando un numero di colpi variabile. Rifiuto strumentale nei 0.2m successivi con netto ribalzo del sistema di percussione senza avanzamento. Prova interrotta. Recupero lineare.
 - ◆ misurazioni – foro asciutto
 - ◆ note – nessuna
 - ◆ software elaborazione - WinDIN
 - ◆ n. archiviazione indagine - 71-2023 DIN1

- indagine n.2
 - ◆ ID (cfr. Mappa di riferimento): P2
 - ◆ coordinate indicative (WGS84) – 43.921651N, 10.318141E
 - ◆ tipologia - penetrometria dinamica non rivestita di tipo DPSH
 - ◆ contesto - contesto morfologico di versante collinare, prova effettuata a valle del fabbricato su terreno di riporto
 - ◆ breve descrizione della prova - prova eseguita in modalità dinamica a partire dal piano campagna. Avanzamento fino alla profondità di -1.8m registrando un numero di colpi variabile. Rifiuto strumentale nei 0.2m successivi con netto ribalzo del sistema di percussione senza avanzamento. Prova interrotta. Recupero lineare.
 - ◆ misurazioni – foro asciutto

- ◆ note – nessuna
- ◆ software elaborazione - WinDIN
- ◆ n. archiviazione indagine - 71-2023 DIN2

➤ indagine n.3

- ◆ ID (cfr. Mappa di riferimento): P3
- ◆ coordinate indicative (WGS84) – 43.921758N, 10.318149E
- ◆ tipologia - penetrometria dinamica non rivestita di tipo DPSH
- ◆ contesto - contesto morfologico di versante collinare, prova effettuata di fronte a ingresso serra
- ◆ breve descrizione della prova - prova eseguita in modalità dinamica a partire dal piano campagna. Avanzamento fino alla profondità di -3.4m registrando un numero di colpi variabile. Rifiuto strumentale nei 0.2m successivi con netto ribalzo del sistema di percussione senza avanzamento. Prova interrotta. Recupero lineare.
- ◆ misurazioni – foro asciutto
- ◆ note – nessuna
- ◆ software elaborazione - WinDIN
- ◆ n. archiviazione indagine - 71-2023 DIN3

Lucca, 30/06/2023



per la Geoluk srl

Geol. Paolo Domenico Mario Masini

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH (S. Heavy)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : **DPSH (S. Heavy)**

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 7,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	$Q = (MH)/(A\delta) = 11,91 \text{ kg/cm}^2$ (prova SPT : $Q_{spt} = 7.83 \text{ kg/cm}^2$)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : $N_{spt} = \beta_t N$)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Geol. Roberto Maggiore
- lavoro : indagine geognostica
- località : Mutigliano - Lucca (LU)
- note : -1.8m rifiuto strumentale

- data : 26/06/2023
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	6	45,1	----	1	1,00 - 1,20	6	42,2	----	2
0,20 - 0,40	4	30,1	----	1	1,20 - 1,40	5	35,2	----	2
0,40 - 0,60	6	45,1	----	1	1,40 - 1,60	15	105,5	----	2
0,60 - 0,80	6	45,1	----	1	1,60 - 1,80	51	358,7	----	2
0,80 - 1,00	5	35,2	----	2					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Geol. Roberto Maggiore
- lavoro : indagine geognostica
- località : Mutigliano - Lucca (LU)
- note : -2.0m rifiuto strumentale

- data : 26/06/2023
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	6	45,1	----	1	1,00 - 1,20	6	42,2	----	2
0,20 - 0,40	5	37,6	----	1	1,20 - 1,40	13	91,4	----	2
0,40 - 0,60	4	30,1	----	1	1,40 - 1,60	15	105,5	----	2
0,60 - 0,80	5	37,6	----	1	1,60 - 1,80	30	211,0	----	2
0,80 - 1,00	3	21,1	----	2	1,80 - 2,00	51	336,8	----	3

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- committente : Geol. Roberto Maggiore
- lavoro : indagine geognostica
- località : Mutigliano - Lucca (LU)
- note : -3.6m rifiuto strumentale

- data : 26/06/2023
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	6	45,1	----	1	1,80 - 2,00	16	105,6	----	3
0,20 - 0,40	6	45,1	----	1	2,00 - 2,20	11	72,6	----	3
0,40 - 0,60	3	22,6	----	1	2,20 - 2,40	17	112,3	----	3
0,60 - 0,80	5	37,6	----	1	2,40 - 2,60	4	26,4	----	3
0,80 - 1,00	5	35,2	----	2	2,60 - 2,80	4	26,4	----	3
1,00 - 1,20	13	91,4	----	2	2,80 - 3,00	4	24,9	----	4
1,20 - 1,40	18	126,6	----	2	3,00 - 3,20	8	49,8	----	4
1,40 - 1,60	11	77,4	----	2	3,20 - 3,40	10	62,2	----	4
1,60 - 1,80	13	91,4	----	2	3,40 - 3,60	51	317,4	----	4

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

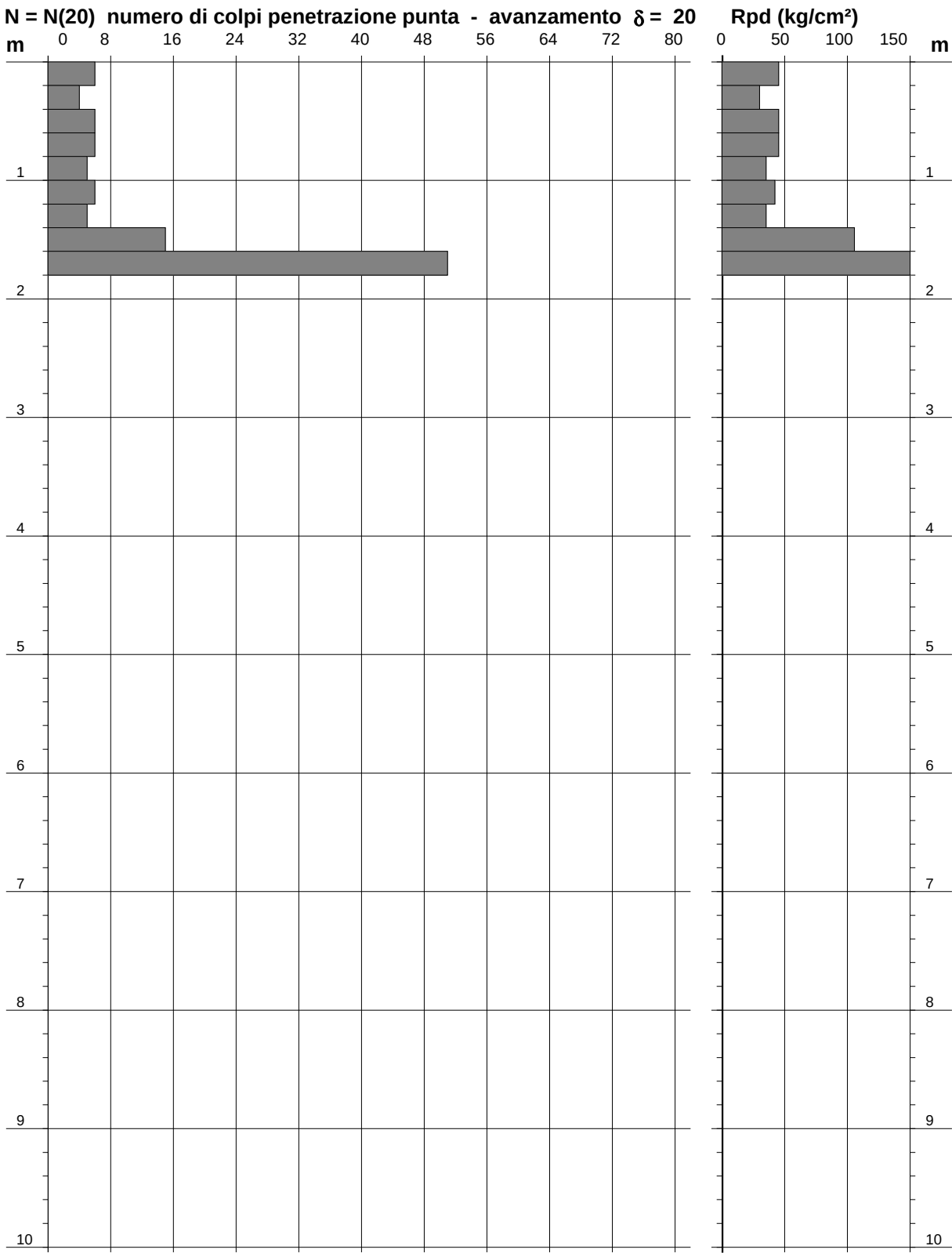
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente :	Geol. Roberto Maggiore	- data :	26/06/2023
- lavoro :	indagine geognostica	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Mutigliano - Lucca (LU)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :	-1.8m rifiuto strumentale	- pagina :	1

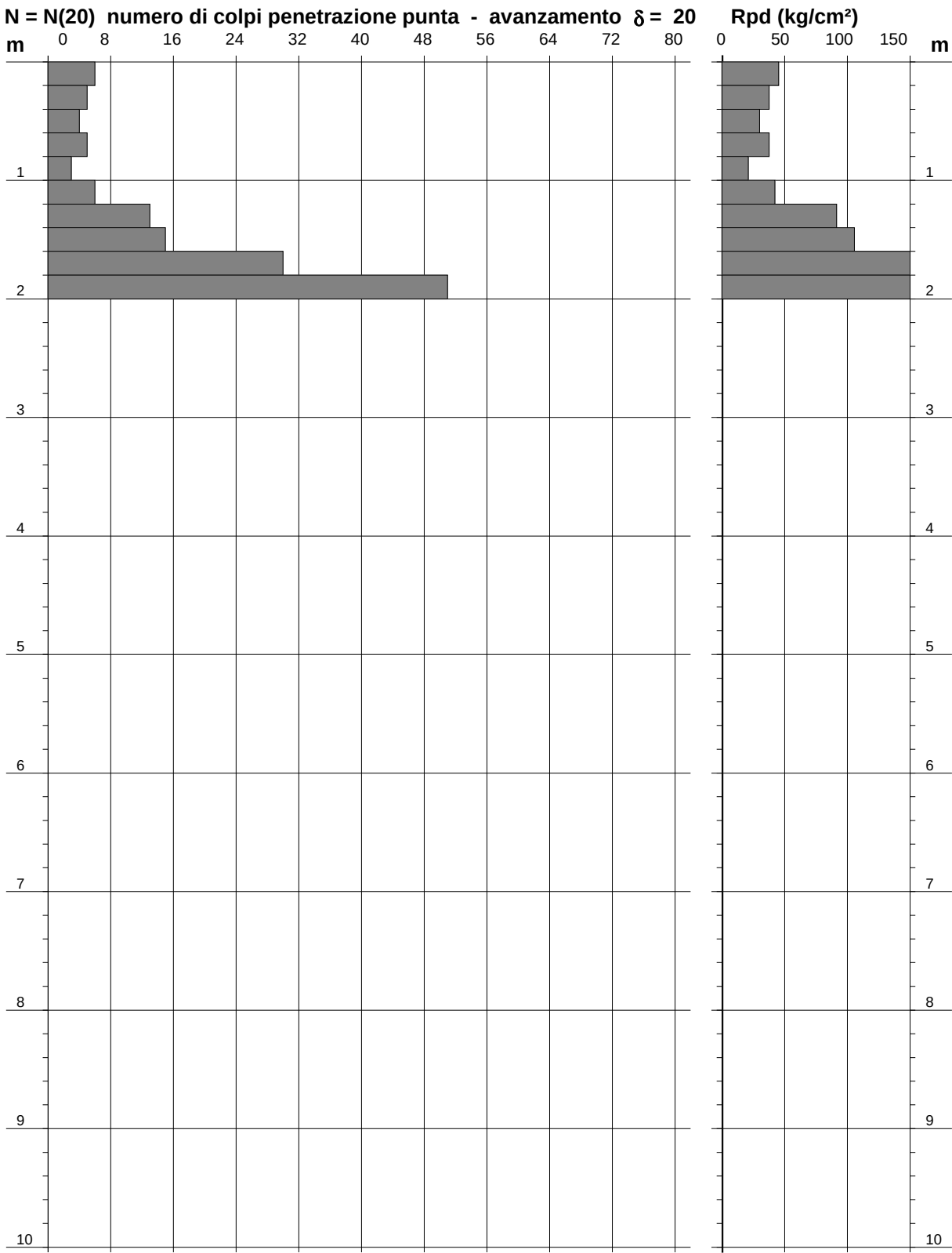


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente :	Geol. Roberto Maggiore	- data :	26/06/2023
- lavoro :	indagine geognostica	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Mutigliano - Lucca (LU)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :	-2.0m rifiuto strumentale	- pagina :	1

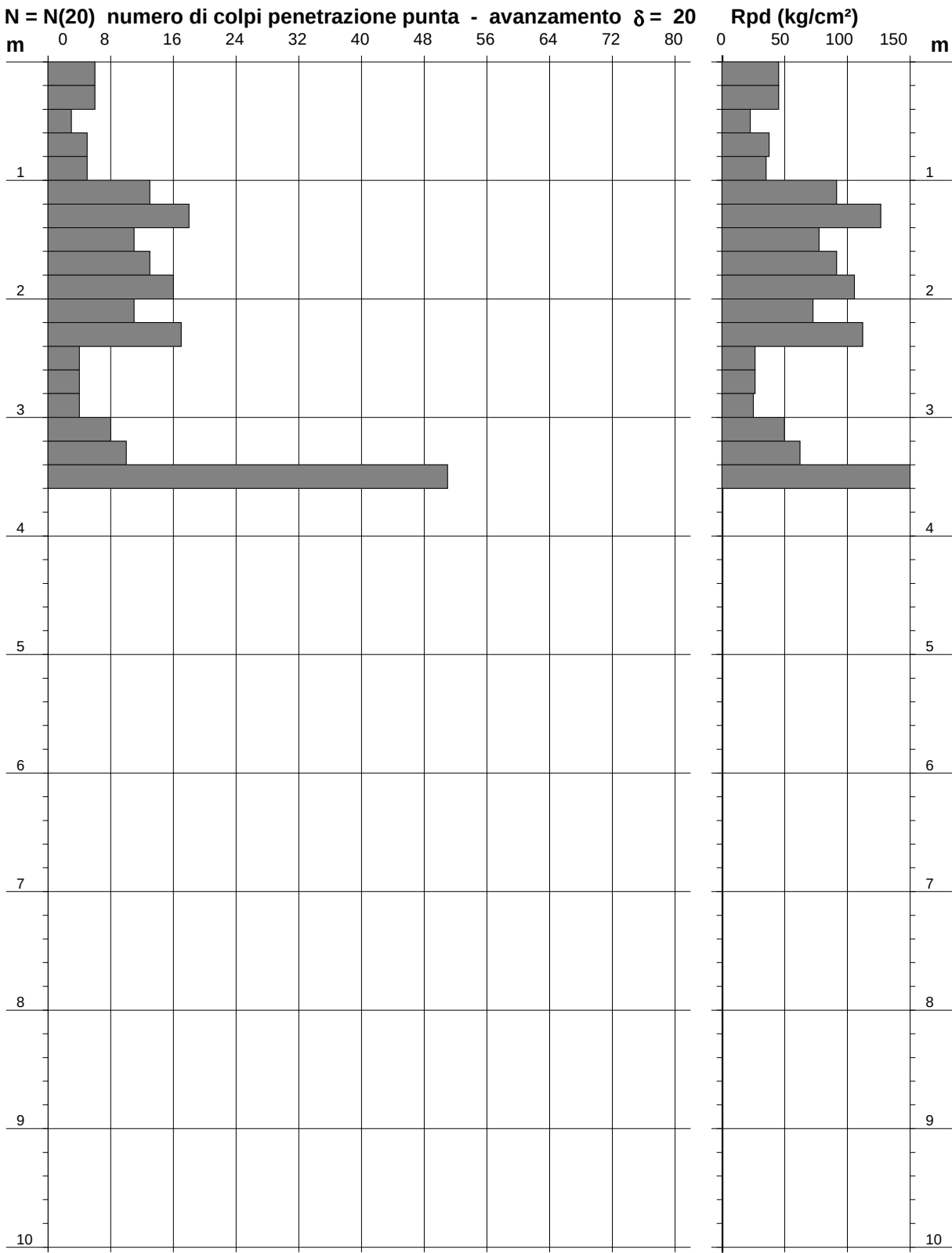


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

Scala 1: 50

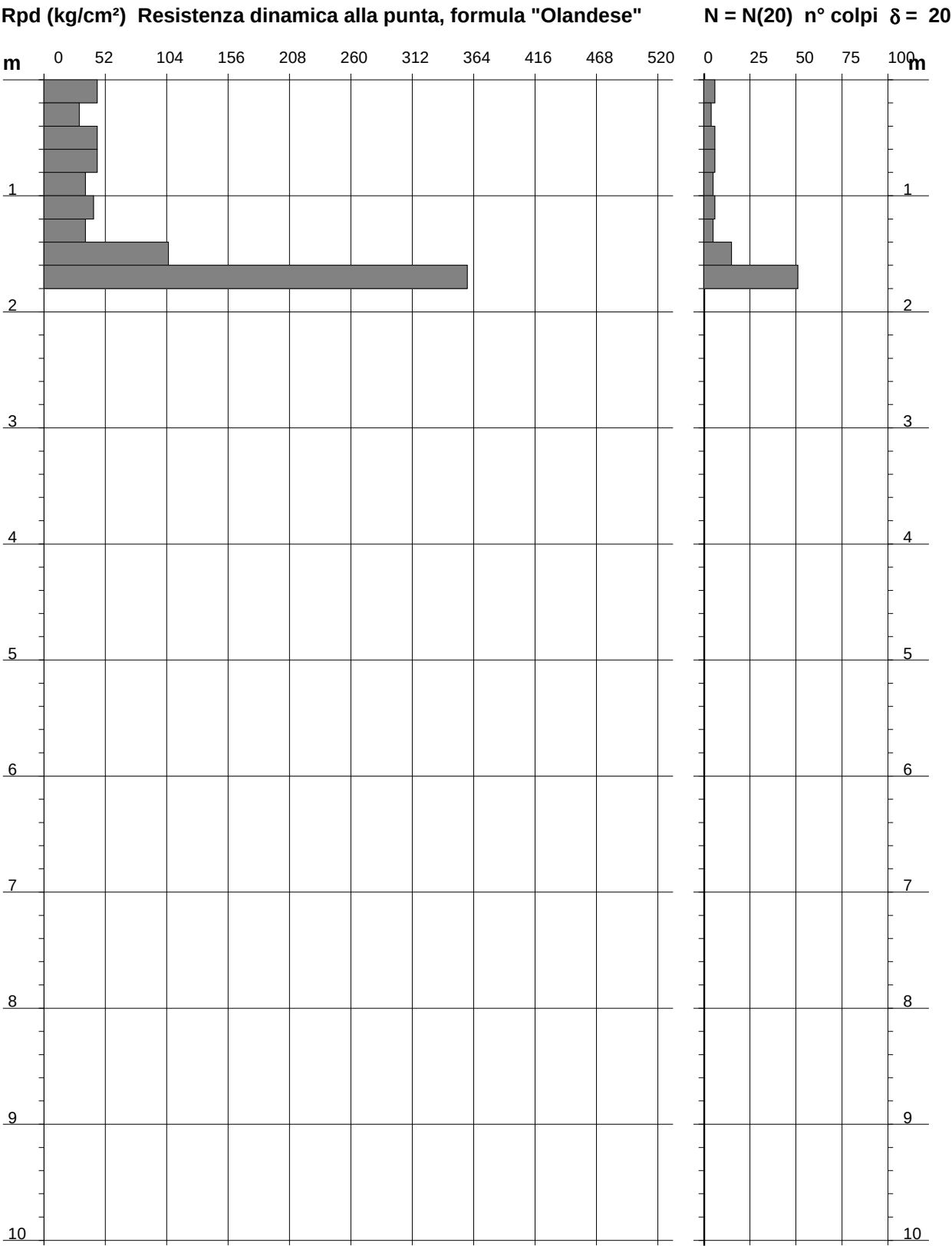
- committente :	Geol. Roberto Maggiore	- data :	26/06/2023
- lavoro :	indagine geognostica	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Mutigliano - Lucca (LU)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :	-3.6m rifiuto strumentale	- pagina :	1



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

DIN 1
Scala 1: 50

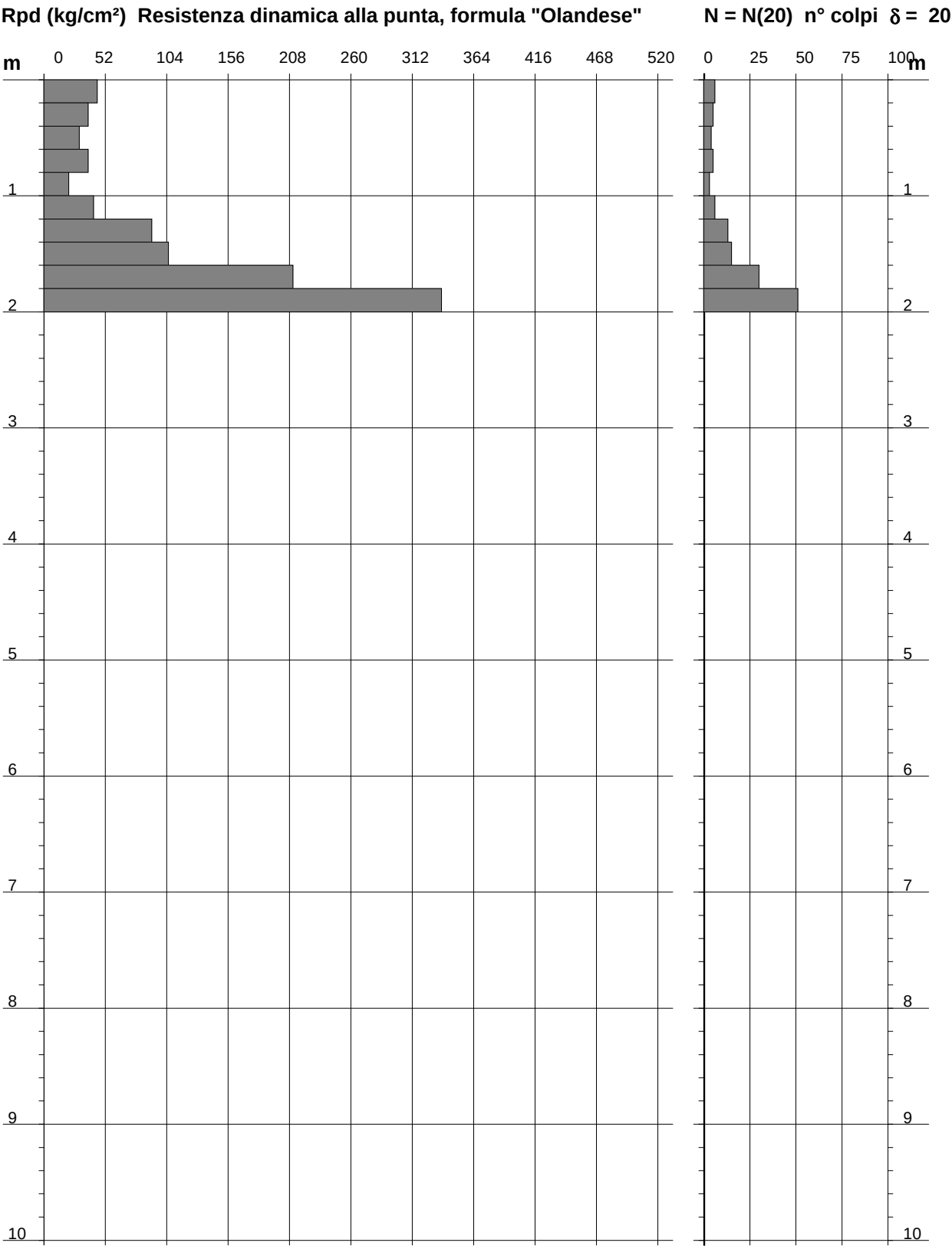
- committente :	Geol. Roberto Maggiore	- data :	26/06/2023
- lavoro :	indagine geognostica	- quota inizio :	piano campagna
- localit� :	Mutigliano - Lucca (LU)	- prof. falda :	Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

DIN 2
Scala 1: 50

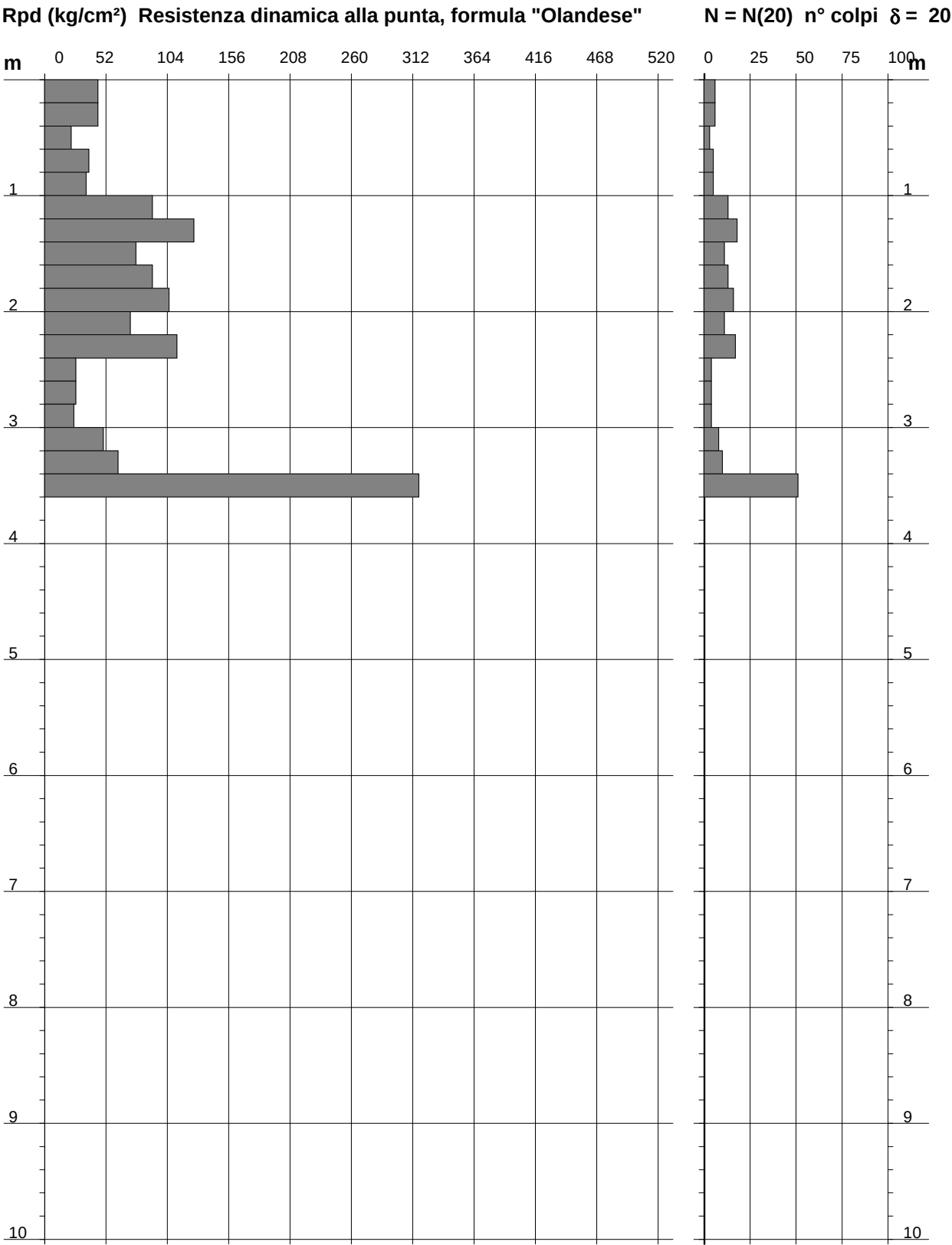
- committente :	Geol. Roberto Maggiore	- data :	26/06/2023
- lavoro :	indagine geognostica	- quota inizio :	piano campagna
- localit� :	Mutigliano - Lucca (LU)	- prof. falda :	Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

DIN 3
Scala 1: 50

- committente :	Geol. Roberto Maggiore	- data :	26/06/2023
- lavoro :	indagine geognostica	- quota inizio :	piano campagna
- localit� :	Mutigliano - Lucca (LU)	- prof. falda :	Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente :
- lavoro :
- località :
- note :

Geol. Roberto Maggiore
indagine geognostica
Mutigliano - Lucca (LU)
-1.8m rifiuto strumentale

- data :
- quota inizio :
- prof. falda :
- pagina :

26/06/2023
piano campagna
Falda non rilevata
1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	1,40	N Rpd	5,4 39,7	4 30	6 45	4,7 34,9	---- 6,2	4,6 33,5	6,2 45,9	5 37	1,52	8
2	1,40	1,60	N Rpd	15,0 105,5	15 106	15 106	15,0 105,5	---- ----	---- ----	---- ----	15 106	1,52	23
3	1,60	1,80	N Rpd	51,0 358,7	51 359	51 359	51,0 358,7	---- ----	---- ----	---- ----	51 359	1,52	78

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico β_t = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.40		8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945
2	1.40	1.60		23	54.5	33.9	369	2.01	1.62	1.44	2.06	23	0.610
3	1.60	1.80		78	95.5	44.4	793	2.21	1.94	4.88	2.72	-01	-0.013

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente :
- lavoro :
- localit  :
- note :

Geol. Roberto Maggiore
indagine geognostica
Mutigliano - Lucca (LU)
-2.0m rifiuto strumentale

- data :
- quota inizio :
- prof. falda :
- pagina :

26/06/2023
piano campagna
Falda non rilevata
1

n�	Profondit� (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,20	N Rpd	4,8 35,6	3 21	6 45	3,9 28,4	1,2 8,8	3,7 26,9	6,0 44,4	5 37	1,52	8
2	1,20 1,80	N Rpd	19,3 136,0	13 91	30 211	16,2 113,7	---- ----	---- ----	---- ----	19 134	1,52	29
3	1,80 2,00	N Rpd	51,0 336,8	51 337	51 337	51,0 336,8	---- ----	---- ----	---- ----	51 337	1,52	78

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico β_t = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n�	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 1.20		8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945
2	1.20 1.80		29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	1.81	2.13	19	0.506
3	1.80 2.00		78	95.5	44.4	793	2.21	1.94	4.88	2.72	-01	-0.013

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densit  relativa ϕ' ( ) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- committente : Geol. Roberto Maggiore
- lavoro : indagine geognostica
- località : Mutigliano - Lucca (LU)
- note : -3.6m rifiuto strumentale

- data : 26/06/2023
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,00	N Rpd	5,0 37,1	3 23	6 45	4,0 29,8	---- ----	---- ----	---- ----	5 37	1,52	8
2	1,00 2,40	N Rpd	14,1 96,8	11 73	18 127	12,6 84,7	2,9 19,3	11,3 77,5	17,0 116,0	14 96	1,52	21
3	2,40 3,00	N Rpd	4,0 25,9	4 25	4 26	4,0 25,4	---- ----	---- ----	---- ----	4 26	1,52	6
4	3,00 3,40	N Rpd	9,0 56,0	8 50	10 62	8,5 52,9	---- ----	---- ----	---- ----	9 56	1,52	14
5	3,40 3,60	N Rpd	51,0 317,4	51 317	51 317	51,0 317,4	---- ----	---- ----	---- ----	51 317	1,52	78

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 1.00		8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945
2	1.00 2.40		21	51.5	33.3	353	2.00	1.60	1.31	2.03	24	0.648
3	2.40 3.00		6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
4	3.00 3.40		14	41.0	31.2	299	1.96	1.53	0.88	1.95	30	0.795
5	3.40 3.60		78	95.5	44.4	793	2.21	1.94	4.88	2.72	-01	-0.013

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



INDAGINE SISMICA MASW, RIFRAZIONE (onde P)

Committente: Provincia di Lucca

Sito: Loc. Mutigliano - Istituto N. Busdraghi



DATA: Luglio 2023

INDICE

1. - Presentazione e finalità del progetto
2. - Metodo di acquisizione
3. - Descrizione della strumentazione utilizzata
4. - Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici
5. - Parametri di acquisizione
6. - Risultati ottenuti

Allegati:

- 1 - Tabulati e grafici indagine a Rifrazione e MASW Stesa A;

RELAZIONE TECNICA

1. Presentazione e finalità del progetto

Nell'ambito delle indagini per la realizzazione interventi edilizi all'interno del complesso scolastico "N. Busdraghi", nel Comune di Lucca (LU), , sono state realizzate indagini sismiche condotte conformemente alla vigente normativa sismica ed in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003, al D.M. 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni ed al DPGR 1/R del 2022.

Sono state eseguite n. 1 indagine sismica a rifrazione, con acquisizione in onde P e MASW, lungo il medesimo stendimento.

Lo stendimento è stato effettuato in prossimità dell'area di intervento considerando sia l'assetto geometrico della futura struttura che lo spazio a disposizione.

Nella presente relazione tecnica verrà illustrato il metodo di acquisizione, elaborazione ed i risultati ottenuti.

2. Metodo di acquisizione

RIFRAZIONE IN ONDE P

La prospezione sismica a rifrazione si basa sulla misura dei tempi di percorso delle onde di volume (P o S) dirette e rifratte (i cosiddetti primi arrivi) che, partendo in un istante noto da una sorgente artificiale di posizione conosciuta, arrivano ai diversi geofoni (sensori collocati a distanze note dalla sorgente).

Le onde dirette sono quelle che si propagano direttamente dalla sorgente ai geofoni senza scendere in profondità, mentre le onde rifratte sono quelle che, dopo essere penetrate in profondità nel sottosuolo, incontrano un rifrattore (superficie di aumento significativo della velocità di propagazione) e vengono da esso trasmesse in superficie (a causa del fenomeno dell'incidenza critica dei raggi sismici).

Per tali indagini vengono utilizzati geofoni (ad asse verticale o orizzontale) con frequenza di taglio pari a 4,5 Hz.

Le acquisizioni sono eseguite con array lineari in cui i geofoni sono rigorosamente collocati in modo che la distanza che li separa sia costante: tale distanza è detta distanza intergeofonica.

Le energizzazioni si effettuano sia internamente che esternamente allo stendimento e vengono ripetute più volte nello stesso punto in modo da sommare successivamente i segnali ottenuti ottenendo così un aumento del rapporto segnale/rumore.

I dati ricavati da tale tipo di indagine consentono di determinare un modello bidimensionale del sottosuolo. Utilizzando le distanze tra il punto di scoppio, i vari geofoni ed i tempi di arrivo del segnale sismico, si ricavano le curve tempo-distanza (dromocrone); dai tempi relativi ai primi arrivi si risale, tramite interpretazione GRM (Palmer R.) ai profili sismici del sottosuolo fino alla base del rifrattore più profondo individuato.

Oltre alle inevitabili anisotropie e disomogeneità del terreno, che impediscono una ricostruzione univoca del modello geometrico, è necessario ricordare che le velocità delle onde dipendono da diversi fattori quali la compattezza, la porosità, la tessitura, l'alterazione della roccia, il grado di saturazione. Tutti questi elementi contribuiscono ad una grande variabilità di valori anche per singole classi di rocce o terreni.

MASW

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. I metodi di utilizzo delle MASW sono di tipo attivo e passivo; nel primo caso il concetto è quello di energizzare verticalmente con i metodi tradizionali e procedere ad un'analisi del segnale non più nel campo nel tempo, come si fa abitualmente con la rifrazione, ma nel dominio della frequenza. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5/10 Hz e 70/100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente. Nel caso invece del metodo passivo, denominato anche MASW oReMI a seconda degli autori, l'analisi delle frequenze viene condotta su registrazioni, che in questo caso devono essere prolungate per un tempo sufficientemente lungo, dei "naturali" rumori di fondo. I principali vantaggi pratici nell'utilizzo di queste tecniche sono evidentemente nella semplicità di acquisizione rispetto alla sismica a rifrazione; le onde di taglio infatti non sempre possono essere rilevate in modo soddisfacente sia per il basso rapporto segnale/rumore, sia per la mancanza degli spazi necessari per effettuare profili di lunghezza adeguata.

Il metodo passivo risulta inoltre particolarmente indicato in situazioni di elevato rumore di fondo caratteristico delle aree urbane, anche se può risentire negativamente di fonti di rumore orientate (fonti industriali).

Le tecniche di indagine M.A.S.W. (Multichannelanalysis of surfacewaves) derivano da sperimentazioni condotte, alla fine degli anni '90, da ricercatori del Kansas Geological Survey. Tali indagini risultano fra le più utilizzate nel mondo poiché consentono di determinare una classificazione del suolo in modo speditivo e non invasivo generando, mediante una sorgente artificiale (generalmente una mazza battente su piastra), onde che si propagano lungo un piano verticale. Come nella prospezione sismica a rifrazione, tali energizzazioni possono essere ripetute più volte nello stesso punto, sommando in modo aritmetico i segnali per ottenere un aumento del rapporto segnale/rumore.

Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz), vengono utilizzati geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Le acquisizioni sono eseguite con array lineari, in cui la distanza intergeofonica è costante.

L'analisi delle onde "S" mediante tecnica MASW viene eseguita attraverso la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier che restituisce lo spettro del segnale nel dominio trasformato. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda "S" si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa: questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

La curva di dispersione sperimentale viene confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente modificato in base alle differenze riscontrate tra le due curve. Ciò è finalizzato all'ottenimento di un modello sintetico che approssima nel miglior modo possibile la curva sperimentale a quella teorica. Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta "fase di inversione".

3. Descrizione della strumentazione utilizzata

L'apparecchiatura utilizzata per l'indagine sismica si compone di:

- **SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI**

- n.1 sismografo analogico a 24 canali "SYSMATRACK" della ditta M.A.E. S.r.l., perfettamente idoneo per sismica a rifrazione, acquisizione dati per calcolo di V_{s30} , monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche Down-Hole e VSP.
- n.1 PC portatile Acer per il salvataggio dei dati acquisiti.

- **SISTEMA DI RICEZIONE**

- n.24 geofoni ad asse verticale con frequenza pari a 4,5 Hz, collegati al sistema di acquisizione tramite due cavi paralleli ognuno avente 12 connessioni spaziate 5 m.

- **SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE e STARTER**

- n.1 mazza da 8 Kg
- n.1 piastra di diametro pari a 20 cm.
- n.1 geofono starter collegato al sismografo tramite un cavo elettrico;

4. Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici

RIFRAZIONE

La fase di elaborazione dei dati è stata preceduta dall'osservazione diretta dei sismogrammi acquisiti e l'identificazione dei primi arrivi delle onde P registrati. Questi ultimi sono stati inseriti in uno specifico software "Rayfract", attraverso il quale si sono ottenuti i profili sismici.

La metodologia utilizzata dal software è tomografica e consente di ricostruire le geometrie del sottosuolo considerando sia le variazioni laterali che verticali.

La prima fase di elaborazione dei dati ai fini della ricostruzione tomografica prevede l'immagazzinamento e la gestione del dataset costituito dai tempi di primo arrivo ai geofoni: per ogni percorso delle onde sismiche si determina il tempo di primo arrivo delle onde P conoscendo a priori la geometria del profilo (posizione dell'energizzazione e posizione dei geofoni). Nella tecnica tomografica il numero complessivo dei percorsi sismici impiegati per la ricostruzione del sottosuolo corrisponde al prodotto del numero di stazioni riceventi per il numero di energizzazioni effettuate.

I software tomografici permettono di intervenire sui parametri del modello e di "controllare" le iterazioni successive, al fine di ridurre l'errore quadratico medio (indice della differenza tra i percorsi delle onde sismiche calcolate quelli misurati). A partire dal modello con parametri predefiniti dall'operatore (numero di iterazioni da effettuare, intervallo delle velocità sismiche di riferimento, posizione delle celle, dimensione delle celle e forma delle celle), i valori iniziali di velocità sismica relativi alle singole celle vengono modificati mediante iterazioni successive allo scopo di "fittare" i segmenti dei percorsi sismici e renderli compatibili con le misure sperimentali. L'obiettivo è quindi il calcolo del tempo di transito dell'onda attraverso le celle del modello ed il confronto di tale tempo con quello sperimentale. Attraverso successivi processi iterativi si determina un modello di velocità sismica finale che permette di soddisfare contemporaneamente le caratteristiche dei vari raggi sismici.

MASW

Per l'interpretazione dei dati sperimentali relativi alle indagini sismiche MASW sono stati utilizzati i software di elaborazione Geopsy e Dinver.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale *velocity-frequency*, che consente di analizzare l'energia di propagazione del rumore in un'unica direzione della linea sismica rappresentando poi lo spettro di frequenza su un grafico che mette in relazione la velocità e la frequenza dell'onda.

Dallo spettro così ottenuto viene eseguito un picking i cui valori sono poi riportati sul software Dinver per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello interpretativo ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva di dispersione calcolata in modo da ottenere un buon *fitting* (indicato dal valore di RMS, *RootMeanSquaredError*) con i valori sperimentali assumendo tale modello come interpretativo.

Al fine di ridurre i casi di equivalenza, quando possibile, si opera introducendo nell'interpretazione, come inamovibili, elementi quali: le densità dei litotipi dell'area indagata ed il numero degli strati con la loro rispettiva potenza. Lo studio dello spettro di potenza permette in definitiva la ricostruzione di un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, con le velocità delle onde di superficie S e la profondità.

5. Parametri di acquisizione

Nella tabella sottostante sono riportati i dati tecnici utilizzati durante l'esecuzione della prova in campagna:

RIFRAZIONE Stesa A

Lunghezza stendimento	34,5 m
N° geofoni	24
Frequenza geofoni	4,5Hz
Spaziatura intergeofonica	1.50 m
N° energizzazioni	7
Frequenza campionamento	3750 camp./s
Tempo passo di campionamento	0.266 ms
Tempo registrazione	0.5 s

Tab. 1 - Parametri di acquisizione indagini sismiche.

Nella figura sottostante è mostrato lo schema di acquisizione delle indagini a Rifrazione:

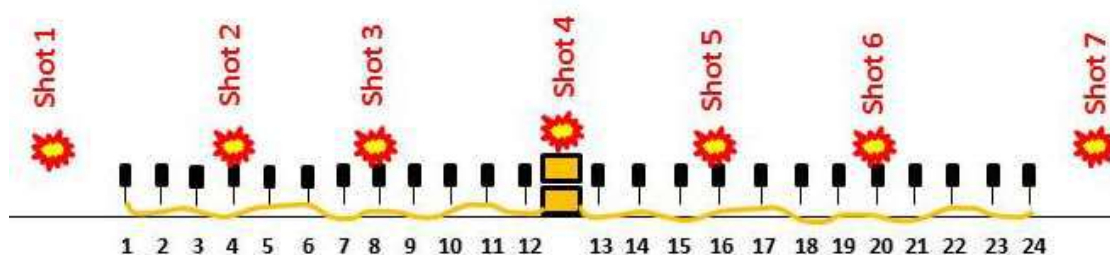


Fig.1: schema di acquisizione indagine sismica a rifrazione.

MASW

Nella tabella sottostante sono riportati i dati tecnici utilizzati durante l'esecuzione della prova in campagna:

N° geofoni	24
Frequenza geofoni	4,5Hz
N° energizzazioni	6
Frequenza campionamento	1000 camp./s
Tempo passo di campionamento	1,0 ms
Tempo registrazione	2,05 s

6. Risultati ottenuti

RIFRAZIONE

Nell'allegato 1 vengono riportati i dati dell'elaborazioni della sismica a rifrazione suddivisa per sito e tipologia di acquisizione (onde P).

Di seguito riassumiamo brevemente i risultati:

RIFRAZIONE

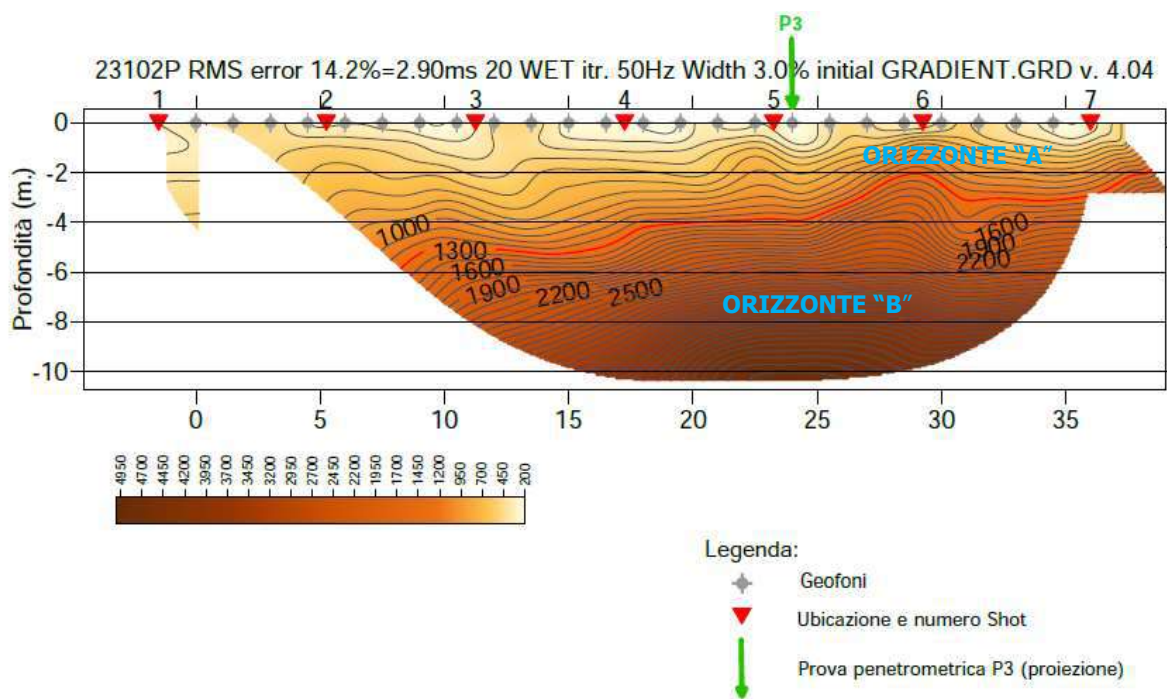


Fig.2: Tomografia risultante dall'indagine sismica.

MASW

L'elaborazione dei dati ottenuti dall'indagine MASW in base a quanto descritto fin ora, ha consentito di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro V_{Seq} relativi al sottosuolo del sito.

Inoltre, suddividendo gli strati secondo i valori della velocità delle onde S (sismostrati) è possibile ipotizzare una successione stratigrafica riportata nella tabella sottostante

Modello Masw

Dott. Geol. Roberto Maggiore Via dei Capannoresi 1109, 55100 Lucca
☎ 347-4013701 e-mail: r.maggiore@geo-omnia.it www.geo-omnia.it

Spessore strato (m)	V _s misurata in situ (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali-onda S misurata (sec)
1,1	205	h_1/V_1	0,005
2,6	270	h_2/V_2	0,010
3,1	355	h_3/V_3	0,009
2,8	538	h_4/V_4	0,005
3,1	695	h_5/V_5	0,004
-	>800	h_6/V_6	-

Ricordiamo che l'interpretazione, ovvero la definizione dei sismostrati, sopra riportata, è soggettiva e può essere modificata dal geologo incaricato sotto la sua esclusiva responsabilità. In allegato è riportato il modello scaturito dall'elaborazione dei dati che può essere usato come punto di partenza per una successiva interpretazione.

Il calcolo della velocità equivalente V_{seq} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, sulla base dei risultati ottenuti, è stato effettuato mediante la seguente espressione:

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

dove:

H 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 V_s inferiore a 800 m/s

Per il calcolo di tale parametro sono stati considerati i primi 12,7 metri al di sopra del bedrock sismico individuato; pertanto la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro $V_{S,12,7}$, ottenuto ponendo $H=12,7$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il valore del parametro V_{seq} è pari a:

Dott. Geol. Roberto Maggiore Via dei Capannoresi 1109, 55100 Lucca
 ☎ 347-4013701 **e-mail:** r.maggiore@geo-omnia.it www.geo-omnia.it

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità.

Il valore del parametro $V_{s,30}$, riportato per convenzione al centro del relativo stendimento geofonico, è pari a:

STESA

$V_{s12,7}$

380 m/s

Di seguito vengono riportati l'ubicazione delle prove, la curva di dispersione, la curva teorica sovrapposta a quella calcolata e il modello originale ottenuto dall'elaborazione dei dati acquisiti.

Lucca, 08/07/2023

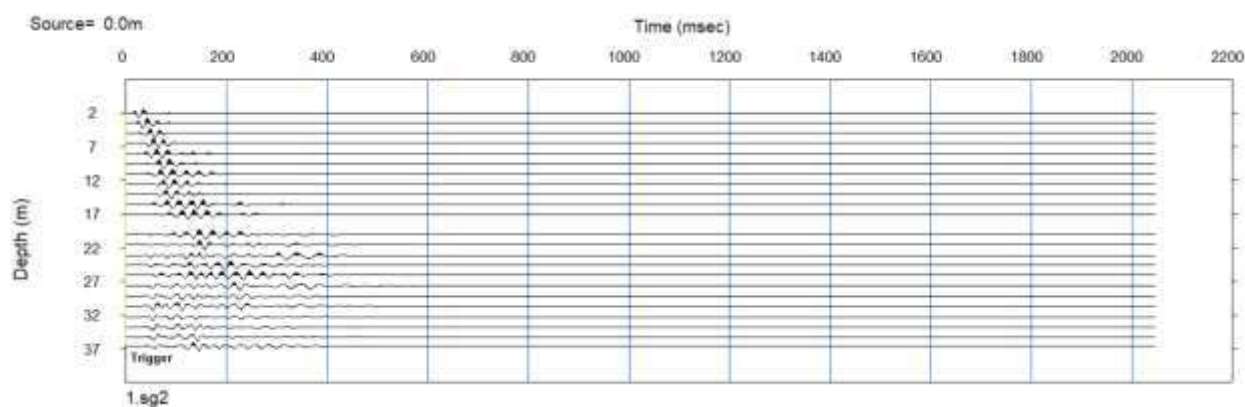
Dott. Geologo
Roberto Maggiore



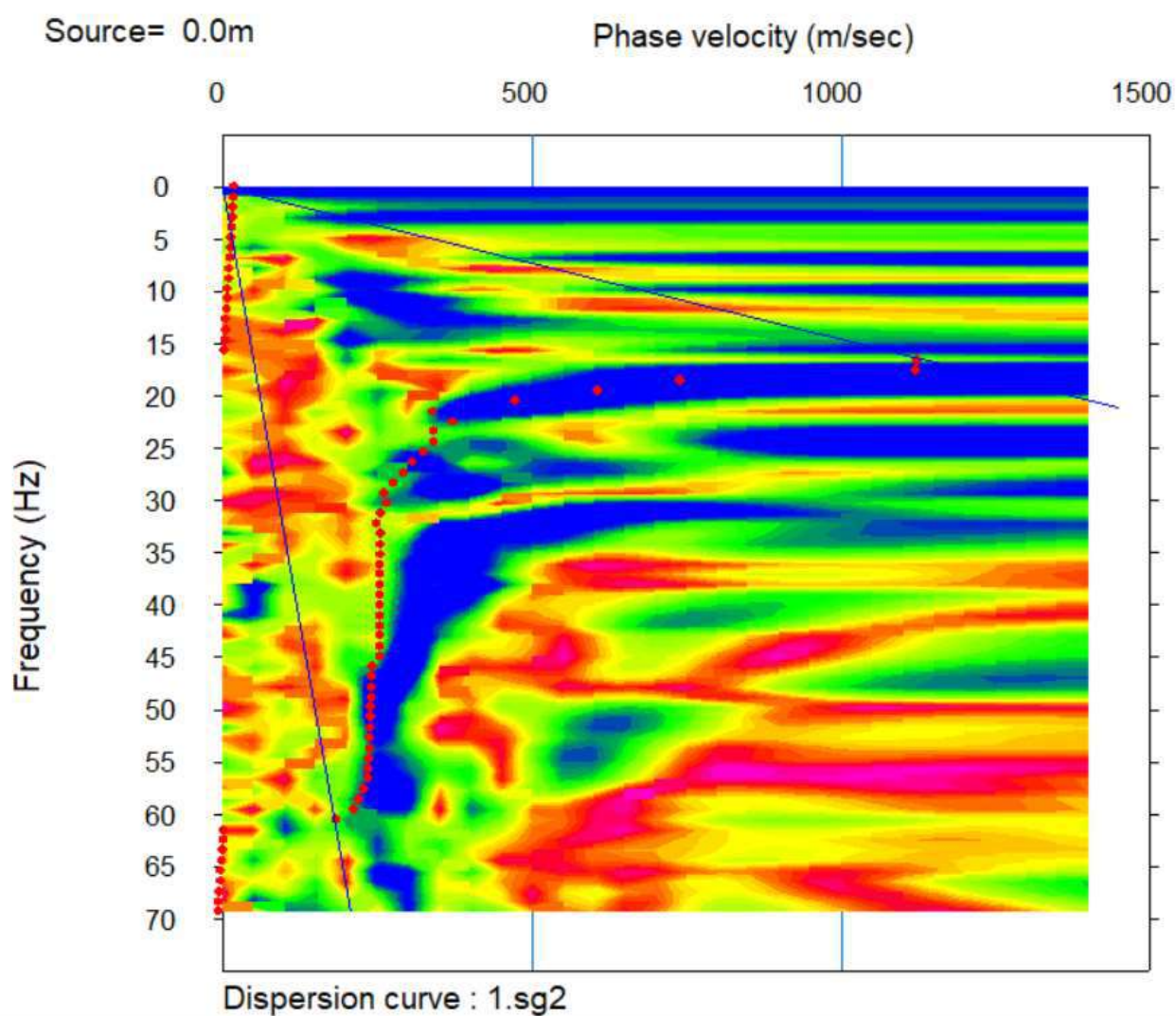
Ubicazione indagini.

1 - Tabulati e grafici indagine a Rifrazione;

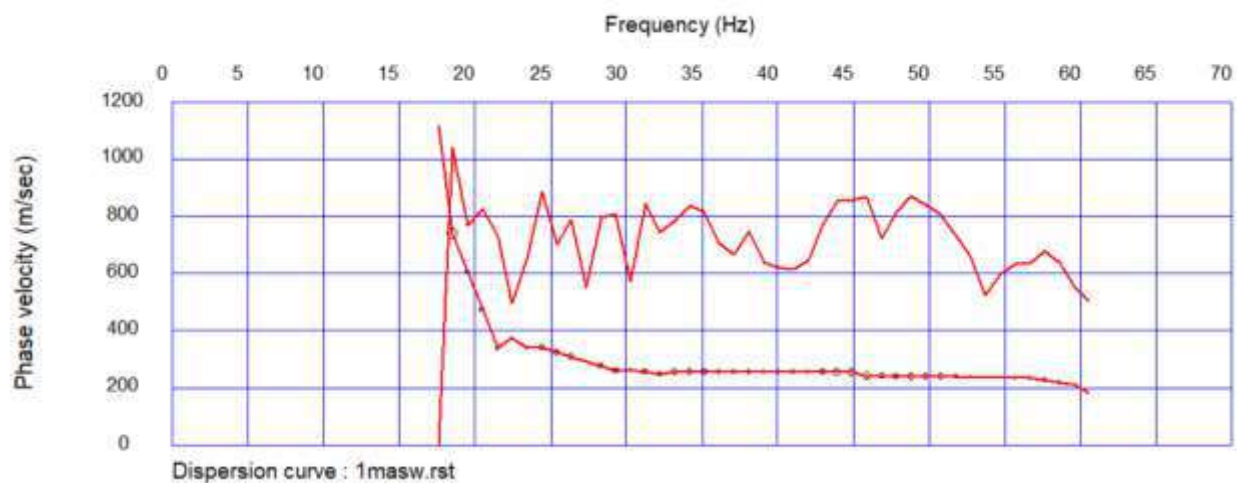
Tabulati e grafici indagine MASW ;



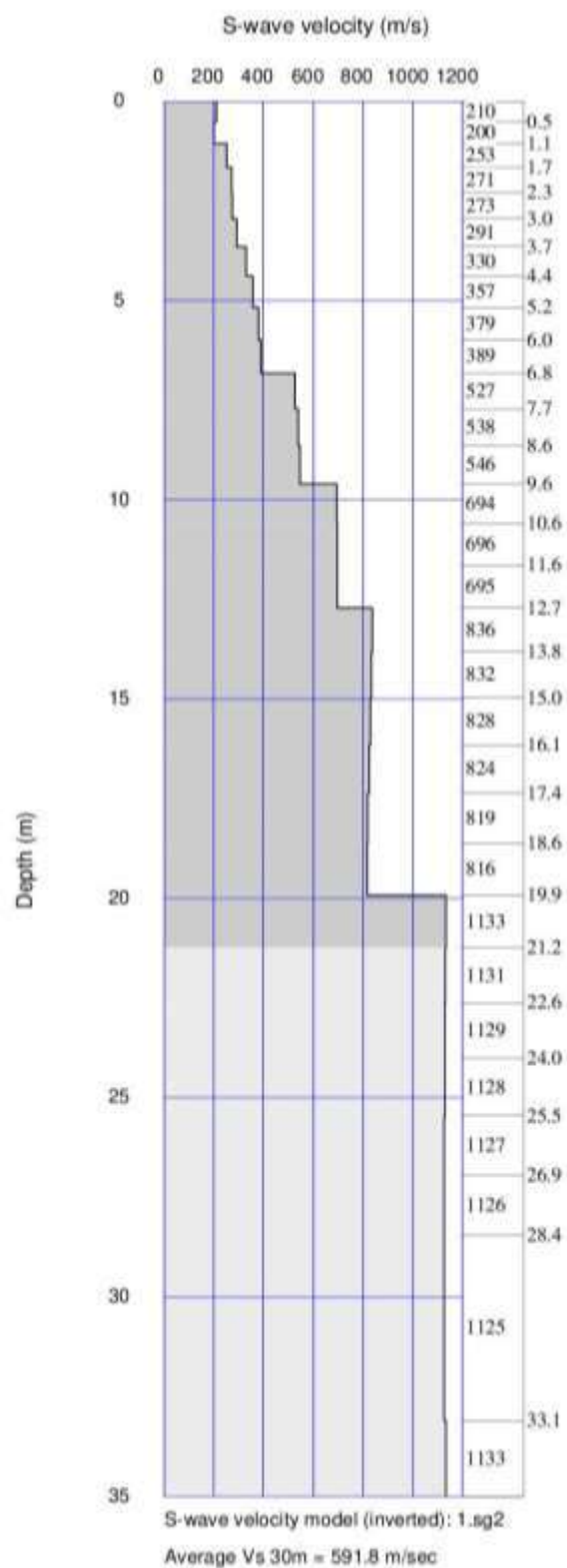
Sismogramma del segnale acquisito



Curva di dispersione



*Sovrapposizione della Curva calcolata
e del picking effettuato*



Modello di velocità

INDAGINI DI CORRELAZIONE

Provincia di Lucca

Comune di Lucca



ALLEGATO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

- STRATIGRAFIA E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO S1
- STRATIGRAFIA E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO S2
- TABULATI E DIAGRAMMI ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO
- TABULATI E DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
- REPORT INDAGINE SISMICA H.V.S.R.
- REPORT INDAGINE SISMICA MASW-ESAC
- REPORT INDAGINE SISMICA DOWN-HOLE

Intervento: **Miglioramento sismico, messa in sicurezza ed adeguamento alla normativa antincendio di edificio da destinare a laboratori didattici a servizio dell'Istituto Agrario "Brancoli Busdraghi"**

Committenza: **Provincia di Lucca**

Sito: **Via Opera Nazionale di assistenza civile e religiosa orfani di guerra, frazione di Mutigliano, Comune di Lucca (LU)**



Dott. Geol. Silvia Interdonato

Via dei Capannoresi n. 1109

55100, Lucca

☎ 347-4013701

e-mail: r.maggiore@geo-omnia.it

www.geo-omnia.it

00	22165	06/12/2022	1^ Redazione	S. Caccavale	S. Interdonato
Revisione	Commessa	Data	Descrizione	Redatto	Approvato



MAPPO GEOGNOSTICA s.r.l.
Loc. Biagioni, 60 - 55011 Spianate (LU)
Tel. 0583 20799 - 335 7215712
E-mail: mappogeognostica@virgilio.it
C.F. E P. IVA 02019570460

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n 5021 del 24 maggio 2011

Int. Certificati:

Provincia di Lucca

Cantiere: via ONACROG Località: loc. Mutigliano, Lucca Data inizio: 04/10/2022 Data fine: 07/10/2022
Sondaggio n.: 1 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo m. 13,0 Diamm. (mm): 101/127

Il presente certificato è composto da n. 4 pagine

SONDAGGIO GEOGNOSTICO



Norma di riferimento: *raccomandazioni AGI 1977.*

Deviazione dalla norma: Nessuna

Verbale di accettazione n. 190/2022 Del. 04/11/2022

Certificato di prova n. 322/2022 del. 07/12/2022

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Perforatrice: Sonda IPC DRILL 650

Caratteristiche tecniche della perforatrice: Il gruppo rotary è costituito da un motore di 315 cm³ che consente una coppia massima di 745 daNm e un numero di giri massimi di 289 r.p.m. Il gruppo morsa-svitatore, una forza di serraggio di 15904 daN e una coppia di sviamento pari a 3000 daNm.

Diametro perforazione ϕ : 101

Diametro rivestimento ϕ : 127

Sistema di perforazione:

Carotaggio continuo



Distruzione di nucleo



Cantiere: via ONACROG Località: loc. Mutigliano, Lucca Data inizio: 04/10/2022 Data fine: 07/10/2022
 Sondaggio n.: 1 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo m. 13,0 Diamm. (mm): 101/127
 Redattore stratigrafia Dott. Geol. Giorgio Seghieri

o mm	R v	A r	Pz	metri ban.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m.	DESCRIZIONE
														Asfalto
				1		1) She < 1,00 1,50				10-8-8	14		0,2	Terreno rimaneggiato limo argilloso sabbioso con scheletro di colore da giallo ocra a bruno con talora concrezioni di Fe/Mn millimetriche
				2									2,0	Limo argilloso sabbioso con scheletro di colore giallo ocra con talora concrezioni di Fe/Mn millimetriche e screziature rossastre grigie
				3									3,0	Limo con argilla di colore giallo ocra con concrezioni di Fe/Mn millimetriche. Oltre -6,0 m sabbia con clasti da angolari a sub-angolari centimetrici
				4										
				5										
				6										
				7									6,5	Roccia molto da poco fratturata a fratturata con talora intercalazioni di lavelletti foliati
				8										
				9										
				10										
				11										
				12										
				13									13,0	

Installato tubo in PVC, diametro 80mm, per prova sismica in foro di tipo Down-Hole

She = Shelby Den = Denison Ost = Osterberg
 Ar = Livello acqua rinvenuta
 As = Livello acqua stabilizzata
 Pz = Piezometro
 Rp = Penetrometro tascabile
 V.T. = Vane Test (kg/cm²) max-residuo
 S.P.T. = Standard Penetration Test
 N = Napt
 R.Q.D. = Rock Quality Designation



Riporto

Terreno vegetale

Argilla

Limo

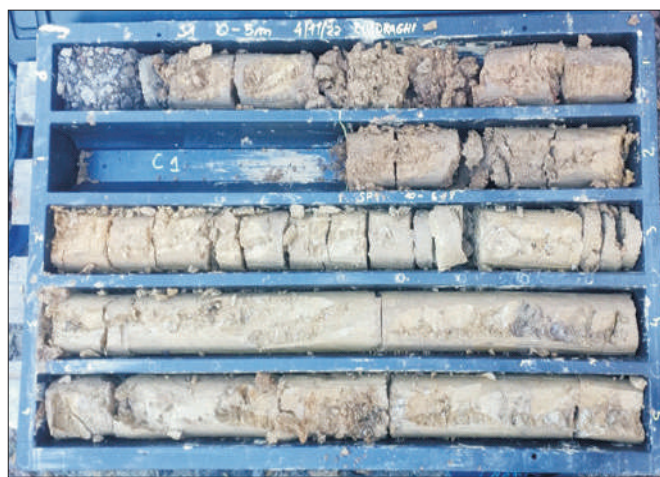
Sabbia

Ghiaia, ciottoli

NOTE: _____

Cantiere: **via ONACROG** Località: **loc. Mutigliano, Lucca** Data inizio: **04/10/2022** Data fine: **07/10/2022**
 Sondaggio n.: **1** Metodo perfor.: **Sondaggio a carotaggio continuo m. 13,0** Diamm. (mm): **101/127**

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CAROTE DI SONDAGGIO



Cassetta n. 1: da 0,0 m a - 5,0 m



Cassetta n. 2: da - 5,0 m a - 10,0 m



Cassetta n. 3: da - 10,0 m a - 13,0 m

Cantiere: via ONACROG Località: loc. Mutigliano, Lucca Data inizio: 04/10/2022 Data fine: 07/10/2022
 Sondaggio n.: 1 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo m. 13,0 Diamm. (mm): 101/127

UBICAZIONE INDAGINE





MAPPO GEOGNOSTICA s.r.l.
Loc. Biagioni, 60 - 55011 Spianate (LU)
Tel. 0583 20799 - 335 7215712
E-mail: mappogeognostica@virgilio.it
C.F. E P. IVA 02019570460

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n 5021 del 24 maggio 2011

Int. Certificati:

Provincia di Lucca

Cantiere: via ONACROG Località: loc. Mutigliano, Lucca Data inizio: 07/10/2022 Data fine: 08/10/2022
Sondaggio n.: 2 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo m. 10,0 Diamm. (mm): 101/127

Il presente certificato è composto da n. 4 pagine

SONDAGGIO GEOGNOSTICO



Norma di riferimento: *raccomandazioni AGI 1977.*

Deviazione dalla norma: Nessuna

Verbale di accettazione n. 190/2022 Del. 04/11/2022

Certificato di prova n. 323/2022 del. 07/12/2022

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Perforatrice: Sonda IPC DRILL 650

Caratteristiche tecniche della perforatrice: Il gruppo rotary è costituito da un motore di 315 cm³ che consente una coppia massima di 745 daNm e un numero di giri massimi di 289 r.p.m. Il gruppo morsa-svitatore, una forza di serraggio di 15904 daN e una coppia di sviamento pari a 3000 daNm.

Diametro perforazione ϕ : 101

Diametro rivestimento ϕ : 127

Sistema di perforazione:

Carotaggio continuo



Distruzione di nucleo



Cantiere: via ONACROG Località: loc. Mutigliano, Lucca Data inizio: 07/10/2022 Data fine: 08/10/2022

Sondaggio n.: 2 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo m. 10,0 Diamm. (mm): 101/127

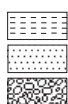
Redattore stratigrafia Dott. Geol. Giorgio Seghieri

o mm	R v	A f s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 -- 100	S.P.T. S.P.T.	RQD % 0 -- 100	prof. m	DESCRIZIONE
				1		1) She < 1,20 1,40						0,8	Coltre vegetale limo sabbiosa talora argillosa color marrone
				2									Limo argilloso compatto color marrone arancionato, con talora inclusi trovanti di marne di colore grigio (da -3,9 a -4,0 m)
				3									
				4								4,3	
				5					28-36-50/3cm Rif				Roccia da poco fratturata a fratturata con talora intercalazioni di livelletti foliati. Da -4,3 a -5,0 livello di argillite grigio scuro alterata.
				6									
				7									
				8									
				9									
				10									

She = Shelby Den = Denison Osl = Osterberg
 Ar = Livello acqua rilevata
 As = Livello acqua stabilizzata
 Pz = Piezometro
 Rp = Penetrometro tascabile
 V.T. = Vane Test (kg/cm²) max-residuo
 S.P.T. = Standard Penetration Test
 N = Napt
 R.Q.D. = Rock Quality Designation



Ripporto
 Terreno vegetale
 Argilla



Limo
 Sabbia
 Ghiaia, ciottoli

NOTE: _____

Cantiere: **via ONACROG** Località: **loc. Mutigliano, Lucca** Data inizio: **07/10/2022** Data fine: **08/10/2022**
 Sondaggio n.: **2** Metodo perfor.: **Sondaggio a carotaggio continuo m. 10.0** Diamm. (mm): **101/127**

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CAROTE DI SONDAGGIO



Cassetta n. 1: da 0,0 m a - 5,0 m



Cassetta n. 2: da - 5,0 m a - 10,0 m

Cantiere: via ONACROG Località: loc. Mutigliano, Lucca Data inizio: 07/10/2022 Data fine: 08/10/2022
 Sondaggio n.: 2 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo m. 10.0 Diamm. (mm): 101/127

UBICAZIONE INDAGINE





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 :	Mappo Geognostica srl
Cantiere :	Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)
Verbale Accettazione n° :	510 del 09/11/2022
Data Certificazione :	30/11/2022
Campioni n°:	2
Certificati da n° a n° :	05532 a 05539

**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:	Mappo Geognostica srl		
RIFERIMENTO:	Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	1.0-1.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	17,3	%
Peso di volume	17,4	kN/m³
Peso di volume secco	14,8	kN/m³
Peso di volume saturo	19,1	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	0,785	
Porosità	44,0	%
Grado di saturazione	59,3	%
Limite di liquidità	30,1	%
Limite di plasticità	21,9	%
Indice di plasticità	8,2	%
Indice di consistenza	1,57	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A4	I.G. = 8

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	9,3	%
Sabbia	20,7	%
Limo	57,9	%
Argilla	12,1	%
D 10	0,001694	mm
D 50	0,019400	mm
D 60	0,032861	mm
D 90	1,784985	mm
Passante set. 10	90,7	%
Passante set. 42	83,7	%
Passante set. 200	73,6	%

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_u Rim$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	18,5	kPa	
ϕ'	38,6	°	
c'_{Res}		kPa	
ϕ'_{Res}		°	

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

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	C_v cm²/sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	2576	0,001424	5,42E-08
49,2 ÷ 98,4	2638	0,008980	3,34E-07
98,4 ÷ 196,8	4058	0,002713	6,56E-08
196,8 ÷ 393,6	6683	0,002672	3,92E-08
393,6 ÷ 787,2	13690	0,002023	1,45E-08
787,2 ÷ 1574,4	27052	0,002436	8,83E-09
1574,4 ÷ 3148,8	60905	0,003362	5,41E-09

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5
------------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove CF GR ED TD	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				Limo sabbioso e argilloso debolmente ghiaioso (presenza di laterizi) MUNSELL SOIL COLOR: 7.5YR 5/3 Brown
	5				
	10				
	15				
	20				
	25			25	Le caratteristiche naturali del campione (granulometria) non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prova ELL

**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°: 05535	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 30/11/22	Inizio analisi: 22/11/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22		Apertura campione: 17/11/22	Fine analisi: 25/11/22

COMMITTENTE: Mappo Geognostica srl				
RIFERIMENTO: Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 1.0-1.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	90,7	%	Limite di liquidità	30,1	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	83,7	%	Limite di plasticità	21,9	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	73,6	%	Indice di plasticità	8,2	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A4 INDICE DI GRUPPO: 8

Tipi usuali dei materiali principali:
Limi poco compressibili

**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°: 05532	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 30/11/22	Inizio analisi: 17/11/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22		Apertura campione: 17/11/22	Fine analisi: 18/11/22

COMMITTENTE: Mappo Geognostica srl			
RIFERIMENTO: Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.0-1.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 17,3 %

☒ Omogeneo

Struttura del materiale:

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**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°: 05533	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 30/11/22	Inizio analisi: 17/11/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22		Apertura campione: 17/11/22	Fine analisi: 17/11/22

COMMITTENTE: Mappo Geognostica srl			
RIFERIMENTO: Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.0-1.5

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 = 17,4 kN/m³

**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°: 05534 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22

DATA DI EMISSIONE: 30/11/22 Inizio analisi: 21/11/22

Apertura campione: 17/11/22 Fine analisi: 22/11/22

COMMITTENTE: Mappo Geognostica srl

RIFERIMENTO: Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.0-1.5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	30,1	%
Limite di plasticità	21,9	%
Indice di plasticità	8,2	%
Indice di consistenza	1,57	
Passante al set. n° 42	SI	

C - Argille inorganiche

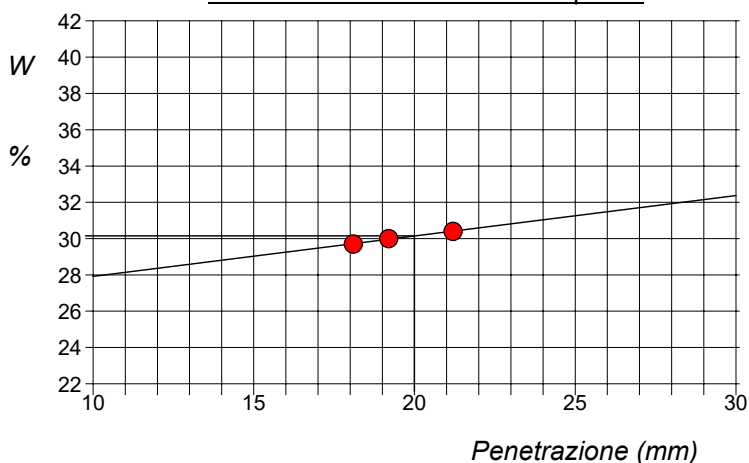
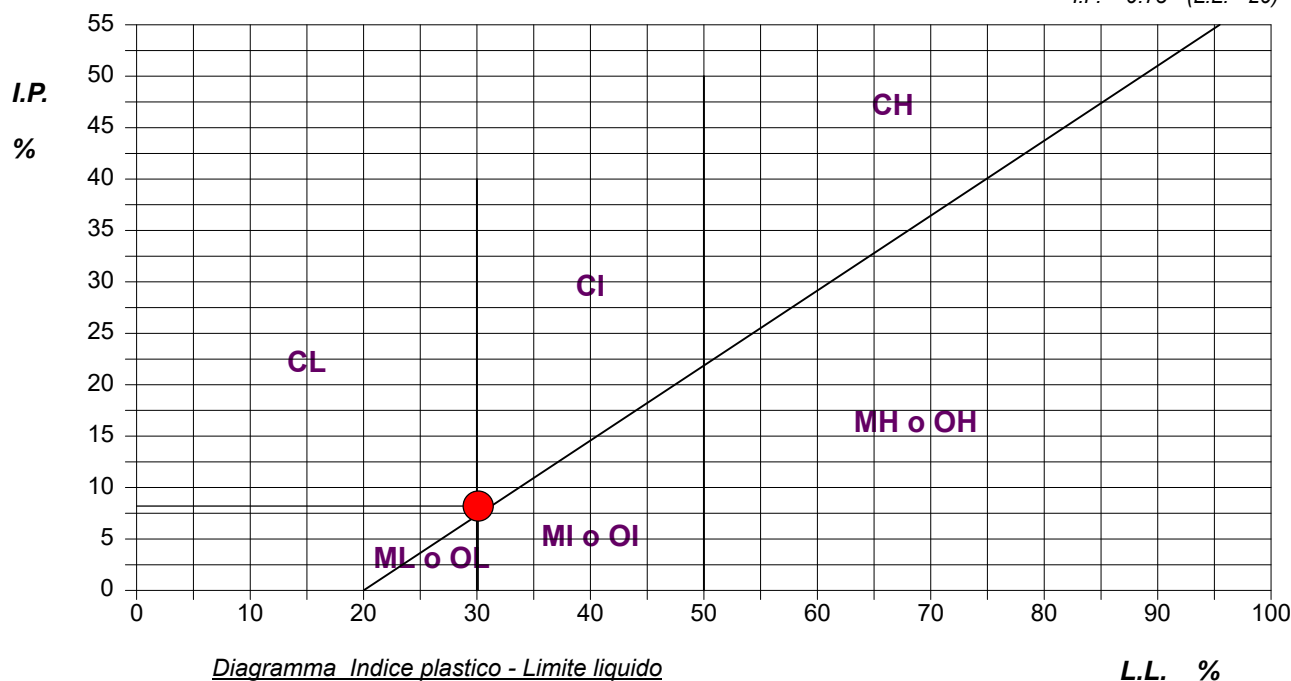
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

Determinazione del Limite di liquidità**ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE** $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**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°: 05535 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22

DATA DI EMISSIONE: 30/11/22 Inizio analisi: 22/11/22

Apertura campione: 17/11/22 Fine analisi: 25/11/22

COMMITTENTE: Mappo Geognostica srl

RIFERIMENTO: Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)

SONDAGGIO: 1

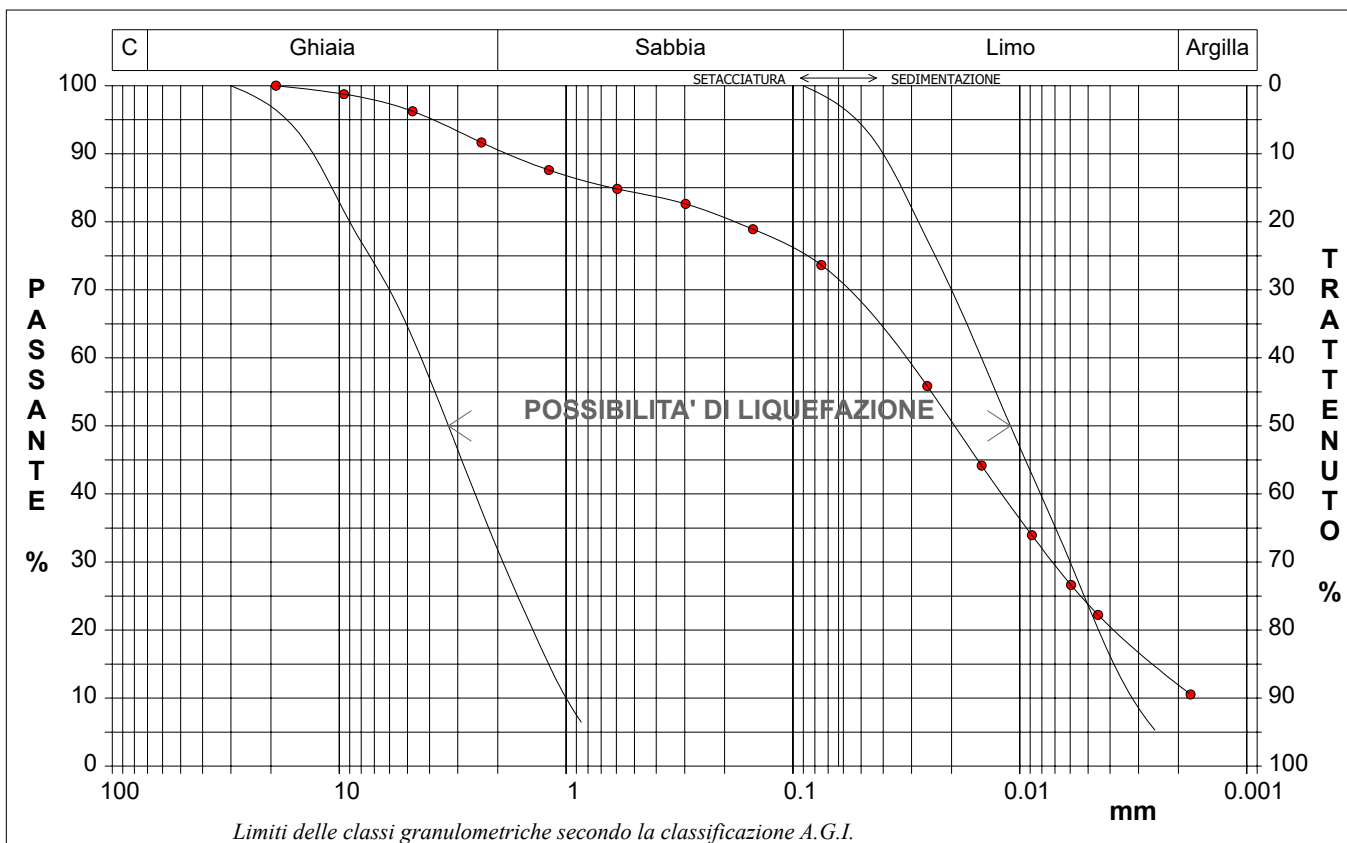
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.0-1.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	9,3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	90,7 %	D10	0,00169 mm	
Sabbia	20,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	83,7 %	D30	0,00715 mm	
Limo	57,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	73,6 %	D50	0,01940 mm	
Argilla	12,1 %			D60	0,03286 mm	
Coefficiente di uniformità		19,40	Coefficiente di curvatura	0,92	D90	1,78499 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,5950	84,83	0,0147	44,17				
9,5200	98,75	0,2970	82,62	0,0088	33,93				
4,7500	96,25	0,1500	78,91	0,0059	26,62				
2,3600	91,65	0,0750	73,65	0,0045	22,23			Setacci	8
1,1900	87,60	0,0256	55,87	0,0018	10,53			Punti sediment.	6

**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-ACCREDITA
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°: 05536 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22

DATA DI EMISSIONE: 30/11/22 Inizio analisi: 17/11/22

Apertura campione: 17/11/22 Fine analisi: 29/11/22

COMMITTENTE: Mappo Geognostica srl

RIFERIMENTO: Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.0-1.5

PROVA EDOMETRICA

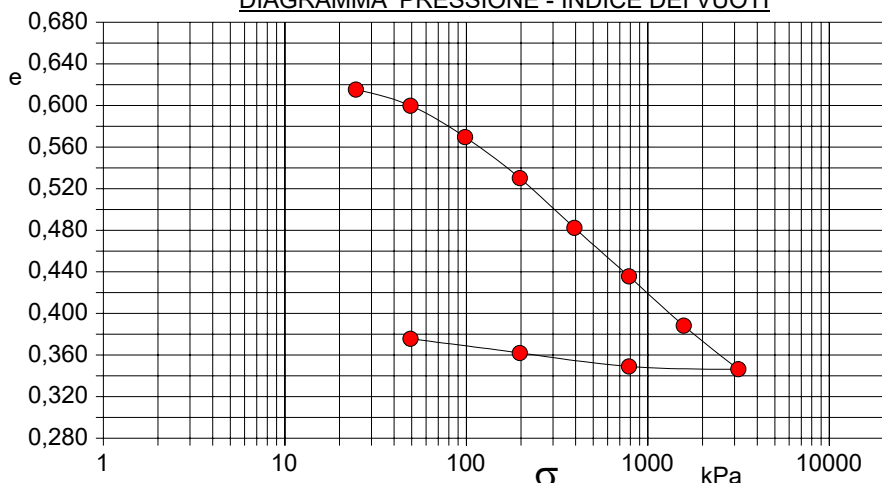
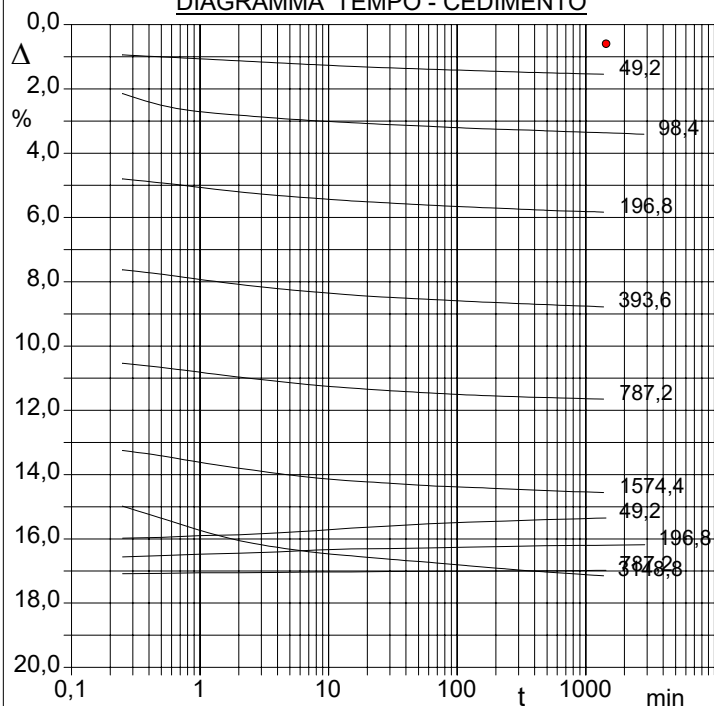
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

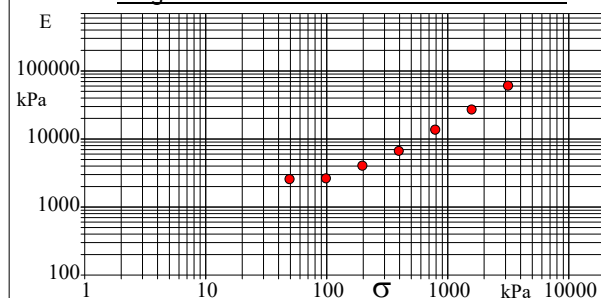
Peso di volume (kN/m³) 18,99
Umidità (%) 16,6
Peso specifico (kN/m³) 26,47

Altezza provino (cm) 2,00
Diametro provino (cm) 5,00
Sezione provino (cm²) 19,63
Volume provino (cm³) 39,27

Volume dei vuoti (cm³) 15,10
Indice dei vuoti 0,62
Porosità (%) 38,46
Saturazione (%) 71,5

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI**DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
24,6	11,8	0,615				
49,2	30,9	0,600	0,052	2576	0,001424	5,42E-08
98,4	68,2	0,570	0,101	2638	0,008980	3,34E-07
196,8	116,7	0,530	0,131	4058	0,002713	6,56E-08
393,6	175,6	0,482	0,159	6683	0,002672	3,92E-08
787,2	233,1	0,436	0,155	13690	0,002023	1,45E-08
1574,4	291,3	0,388	0,157	27052	0,002436	8,83E-09
3148,8	343,0	0,346	0,140	60905	0,003362	5,41E-09
787,2	339,6	0,349				
196,8	323,7	0,362				
49,2	307,0	0,376				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
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°: 05536** Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22

DATA DI EMISSIONE: 30/11/22 Inizio analisi: 17/11/22

Apertura campione: 17/11/22 Fine analisi: 29/11/22

COMMITTENTE: Mappo Geognostica srl

RIFERIMENTO: Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.0-1.5

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	11,8			0,02	30,9	2880,00	68,2	0,02	68,2			0,02	116,7		
0,25	18,8			0,25	42,9			0,25	95,9			0,25	152,5		
0,50	20,0			0,50	50,1			0,50	98,4			0,50	155,3		
1,00	21,2			1,00	54,1			1,00	101,3			1,00	158,6		
2,00	22,4			2,00	56,3			2,00	104,0			2,00	161,6		
4,00	23,7			4,00	58,2			4,00	106,3			4,00	164,3		
8,00	24,9			8,00	59,8			8,00	108,1			8,00	166,4		
15,00	26,0			15,00	61,0			15,00	109,7			15,00	168,2		
30,00	26,8			30,00	62,2			30,00	111,0			30,00	169,7		
60,00	27,7			60,00	63,2			60,00	112,3			60,00	170,9		
120,00	28,4			120,00	64,4			120,00	113,4			120,00	172,1		
240,00	29,2			240,00	65,2			240,00	114,4			240,00	173,2		
480,00	29,9			480,00	66,0			480,00	115,5			480,00	174,2		
900,00	30,5			900,00	66,8			900,00	116,2			900,00	175,0		
1199,98	30,8			1200,00	67,1			1200,00	116,5			1200,00	175,4		
1439,98	30,9			1440,00	67,3			1440,00	116,7			1408,47	175,6		

Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 3148,8 kPa				Pressione 787,2 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	175,6			0,02	233,1			0,02	291,3			0,02	343,0		
0,25	210,7			0,25	265,0			0,25	299,6			0,25	341,7		
0,50	213,3			0,50	268,3			0,50	307,2			0,50	341,5		
1,00	216,3			1,00	272,4			1,00	314,7			1,00	341,1		
2,00	219,3			2,00	276,0			2,00	321,0			2,00	341,1		
4,00	221,9			4,00	279,3			4,00	325,3			4,00	340,9		
8,00	224,4			8,00	282,1			8,00	328,5			8,00	340,6		
15,00	226,2			15,00	283,9			15,00	330,6			15,00	340,6		
30,00	227,8			30,00	285,4			30,00	332,7			30,00	340,3		
60,00	229,1			60,00	286,9			60,00	334,6			60,00	340,2		
120,00	230,4			120,00	287,9			120,00	336,7			120,00	340,1		
240,00	231,3			240,00	288,9			240,00	338,7			240,00	340,0		
480,00	232,0			480,00	289,9			480,00	340,6			480,00	339,9		
900,00	232,6			900,00	290,7			900,00	342,0			900,00	339,8		
1200,00	232,9			1200,00	291,0			1200,00	342,7			1200,00	339,6		
1440,00	233,1			1440,00	291,3			1393,25	343,0			1440,00	339,6		

Pressione 196,8 kPa				Pressione 49,2 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	339,6	2880,00	323,7	0,02	323,7										
0,25	331,2			0,25	319,6										
0,50	330,4			0,50	319,0										
1,00	329,6			1,00	318,0										
2,00	328,9			2,00	317,5										
4,00	328,2			4,00	316,3										
8,00	326,9			8,00	314,9										
15,00	326,3			15,00	313,3										
30,00	326,0			30,00	312,0										
60,00	325,7			60,00	310,6										
120,00	325,2			120,00	309,6										
240,00	324,8			240,00	308,9										
480,00	324,3			480,00	308,0										
900,00	324,1			900,00	307,5										
1200,00	324,0			1200,00	307,2										
1440,00	323,9			1440,00	307,0										

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
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°: 05537 Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22

DATA DI EMISSIONE: 30/11/22 Inizio analisi: 22/11/22

Apertura campione: 17/11/22 Fine analisi: 30/11/22

COMMITTENTE: Mappo Geognostica srl

RIFERIMENTO: Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.0-1.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

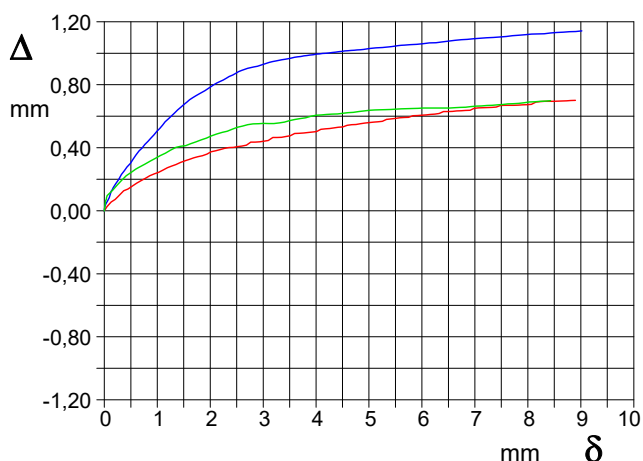
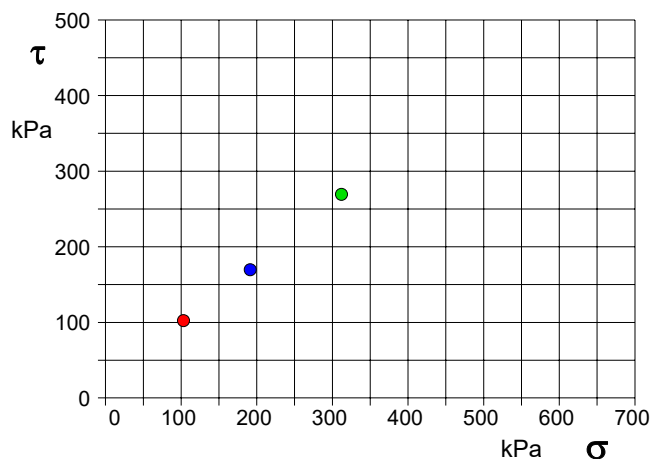
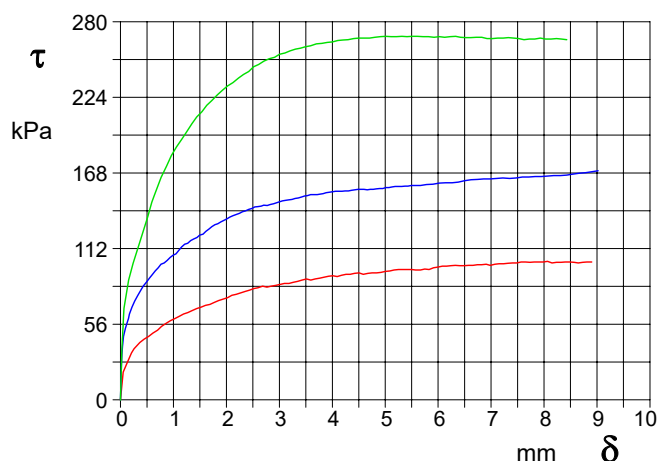
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	102	170	269
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	8,07	9,02	5,01
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,68	1,14	0,64
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 22,1	--- 20,7	--- 19,5
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,4 21,3	17,0 20,6	17,7 21,1

DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,010 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-ACCREDITA
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°: 05537	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 30/11/22	Inizio analisi: 22/11/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22		Apertura campione: 17/11/22	Fine analisi: 30/11/22

COMMITTENTE: Mappo Geognostica srl				
RIFERIMENTO: Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 1.0-1.5

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
0,051	20,5	0,03	0,009	17,0	0,03	0,026	37,8	0,06
0,256	37,8	0,09	0,038	39,9	0,05	0,042	49,8	0,08
0,531	47,0	0,16	0,132	58,0	0,12	0,055	61,5	0,10
0,776	54,4	0,21	0,217	68,6	0,17	0,240	101,1	0,16
1,026	60,1	0,24	0,379	80,9	0,25	0,508	135,0	0,24
1,271	64,7	0,28	0,546	90,1	0,33	0,767	164,7	0,30
1,522	68,6	0,32	0,713	97,9	0,40	1,058	187,3	0,35
1,769	72,1	0,34	0,878	103,2	0,46	1,351	204,6	0,40
2,021	75,6	0,37	1,048	108,1	0,52	1,629	218,0	0,43
2,270	79,2	0,40	1,211	115,2	0,58	1,927	229,3	0,46
2,517	82,3	0,41	1,382	119,1	0,64	2,228	238,2	0,50
2,766	83,4	0,44	1,560	122,6	0,69	2,514	246,6	0,53
3,017	85,5	0,44	1,725	128,3	0,73	2,810	252,7	0,55
3,264	86,9	0,47	1,896	131,8	0,76	3,106	256,9	0,55
3,513	89,4	0,48	2,067	135,3	0,80	3,402	260,4	0,56
3,764	90,1	0,49	2,244	138,2	0,83	3,700	263,6	0,59
4,010	91,9	0,50	2,424	141,0	0,86	4,004	265,0	0,61
4,257	92,9	0,52	2,593	143,1	0,89	4,298	266,8	0,61
4,505	94,0	0,53	2,772	143,8	0,91	4,600	267,8	0,62
4,753	94,0	0,55	2,949	145,9	0,92	4,910	268,9	0,63
5,001	95,1	0,56	3,115	147,7	0,94	5,212	268,9	0,64
5,252	96,5	0,57	3,298	149,1	0,96	5,509	269,3	0,65
5,499	96,5	0,59	3,473	150,9	0,97	5,816	268,9	0,65
5,747	96,8	0,59	3,654	151,9	0,98	6,122	268,6	0,65
5,992	98,2	0,61	3,827	152,7	0,99	6,421	268,6	0,65
6,244	99,3	0,61	4,006	154,1	0,99	6,719	268,6	0,66
6,491	99,3	0,63	4,183	154,4	1,00	7,026	267,5	0,66
6,742	100,0	0,64	4,367	155,1	1,01	7,326	268,2	0,67
6,985	99,6	0,65	4,542	155,8	1,01	7,622	266,8	0,68
7,235	100,7	0,66	4,719	155,8	1,02	7,929	267,8	0,69
7,484	101,4	0,67	4,895	156,5	1,02	8,235	267,5	0,70
7,733	101,8	0,67	5,070	157,2	1,03			
7,984	102,1	0,67	5,251	158,0	1,04			
8,235	101,8	0,69	5,431	158,3	1,04			
8,483	102,1	0,70	5,610	158,7	1,05			
8,732	101,8	0,70	5,902	159,7	1,06			
			6,265	160,8	1,07			
			6,621	162,9	1,08			
			6,979	163,6	1,09			
			7,351	164,0	1,10			
			7,710	165,0	1,11			
			8,070	165,7	1,12			
			8,428	166,4	1,13			
			8,786	168,2	1,14			

**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°: 05537 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22

DATA DI EMISSIONE: 30/11/22 Inizio analisi: 22/11/22

Apertura campione: 17/11/22 Fine analisi: 30/11/22

COMMITTENTE: Mappo Geognostica srl

RIFERIMENTO: Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.0-1.5

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)	2,386
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

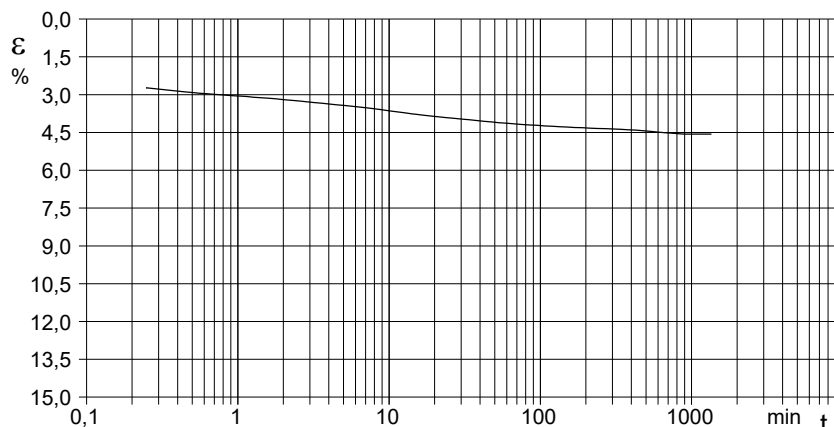


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,255
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

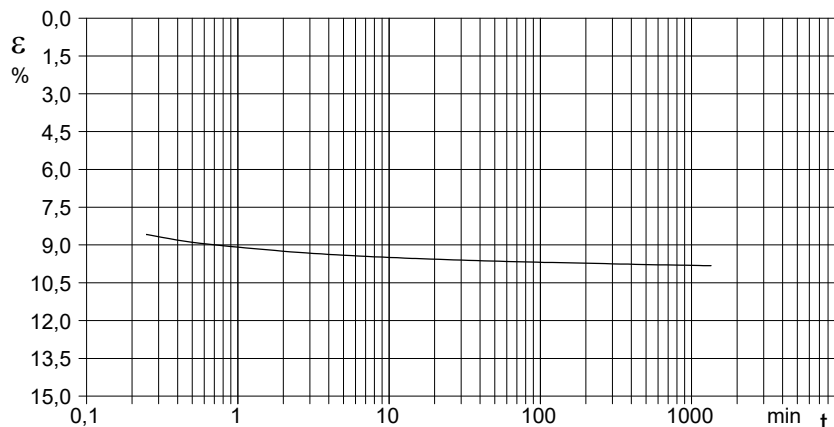
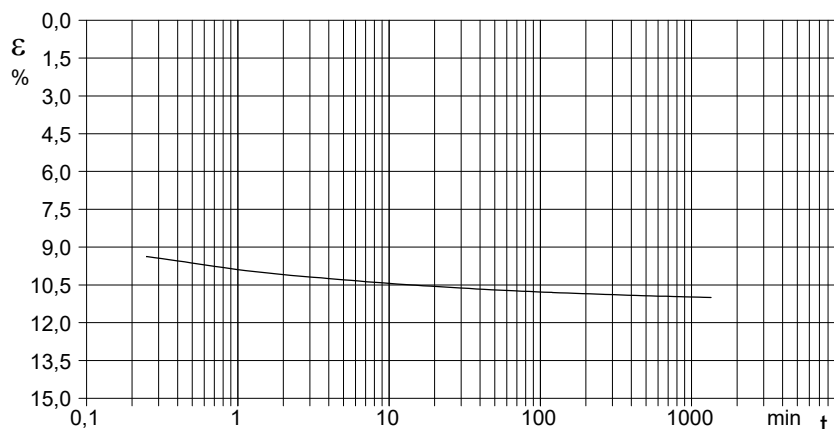


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,225
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 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05537	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 30/11/22	Inizio analisi: 22/11/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22		Apertura campione: 17/11/22	Fine analisi: 30/11/22

COMMITTENTE:	Mappo Geognostica srl			
RIFERIMENTO:	Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)			
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 1.0-1.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

COMMITTENTE:	Mappo Geognostica srl		
RIFERIMENTO:	Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	1.0-1.5

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):	102	170	269
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	8,07	9,02	5,01
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,68	1,14	0,64
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 22,1	--- 20,7	--- 19,5
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,4 21,3	17,0 20,6	17,7 21,1

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 18,5 kPa
Angolo di attrito interno: 38,6 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,010 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

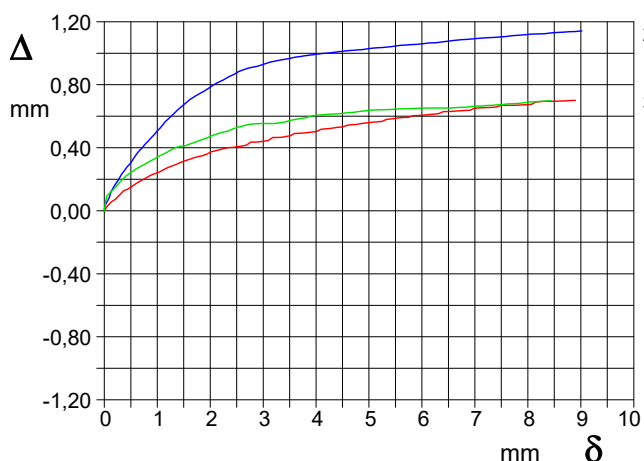
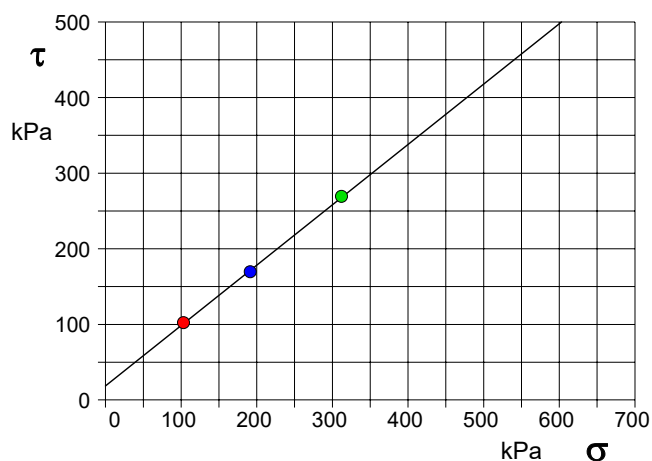


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

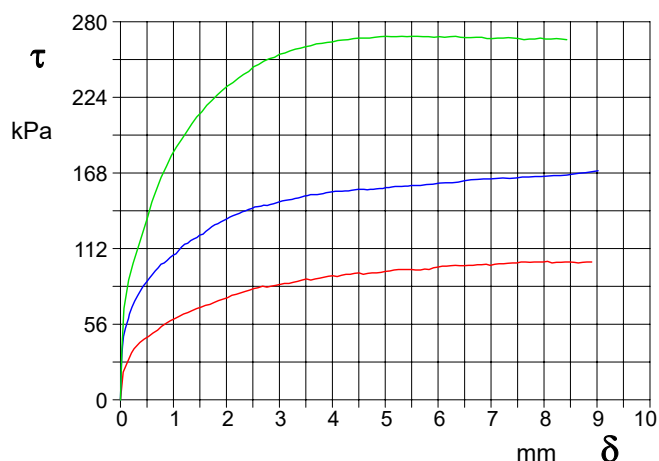


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**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:	Mappo Geognostica srl				
RIFERIMENTO:	Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)				
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m	1.2-1.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	18,7	%
Peso di volume		kN/m³
Peso di volume secco		kN/m³
Peso di volume saturo		kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità	46,9	%
Limite di plasticità	22,8	%
Indice di plasticità	24,1	%
Indice di consistenza	1,17	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	%
Sabbia	%
Limo	%
Argilla	%
D 10	mm
D 50	mm
D 60	mm
D 90	mm
Passante set. 10	%
Passante set. 42	%
Passante set. 200	%

COMPRESSIONE

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

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
c'	kPa
ϕ'	°
c'_{Res}	kPa
ϕ'_{Res}	°

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

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	C_v cm²/sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove CF	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				Siltiti e marme in matrice limo argillosa MUNSELL SOIL COLOR: 7.5YR 5/3 Brown
	5				
	10	400			Le caratteristiche del campione non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prove fisico-meccaniche
	15			15	

**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°: 05538	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 30/11/22	Inizio analisi: 17/11/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22		Apertura campione: 17/11/22	Fine analisi: 18/11/22

COMMITTENTE: Mappo Geognostica srl			
RIFERIMENTO: Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.2-1.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 18,7 %

☒ Omogeneo

Struttura del materiale:

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**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°: 05539 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 510 del 09/11/22

DATA DI EMISSIONE: 30/11/22 Inizio analisi: 21/11/22

Apertura campione: 17/11/22 Fine analisi: 22/11/22

COMMITTENTE: Mappo Geognostica srl

RIFERIMENTO: Istituto Agrario Busdraghi - Mutigliano (LU)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.2-1.5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	46,9	%
Limite di plasticità	22,8	%
Indice di plasticità	24,1	%
Indice di consistenza	1,17	
Passante al set. n° 42	SI	

C - Argille inorganiche

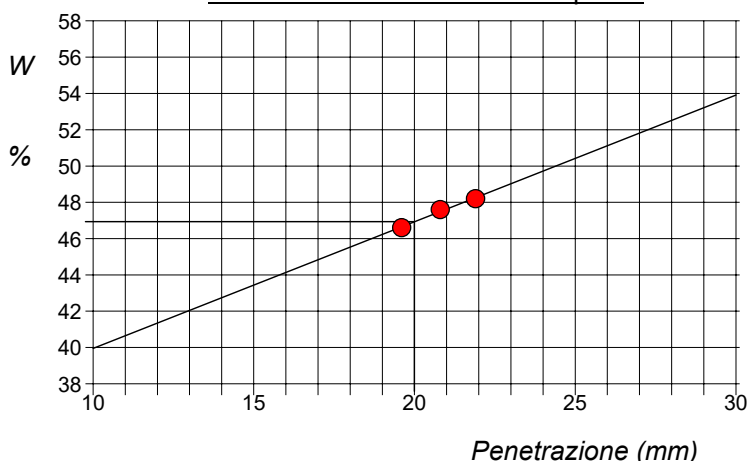
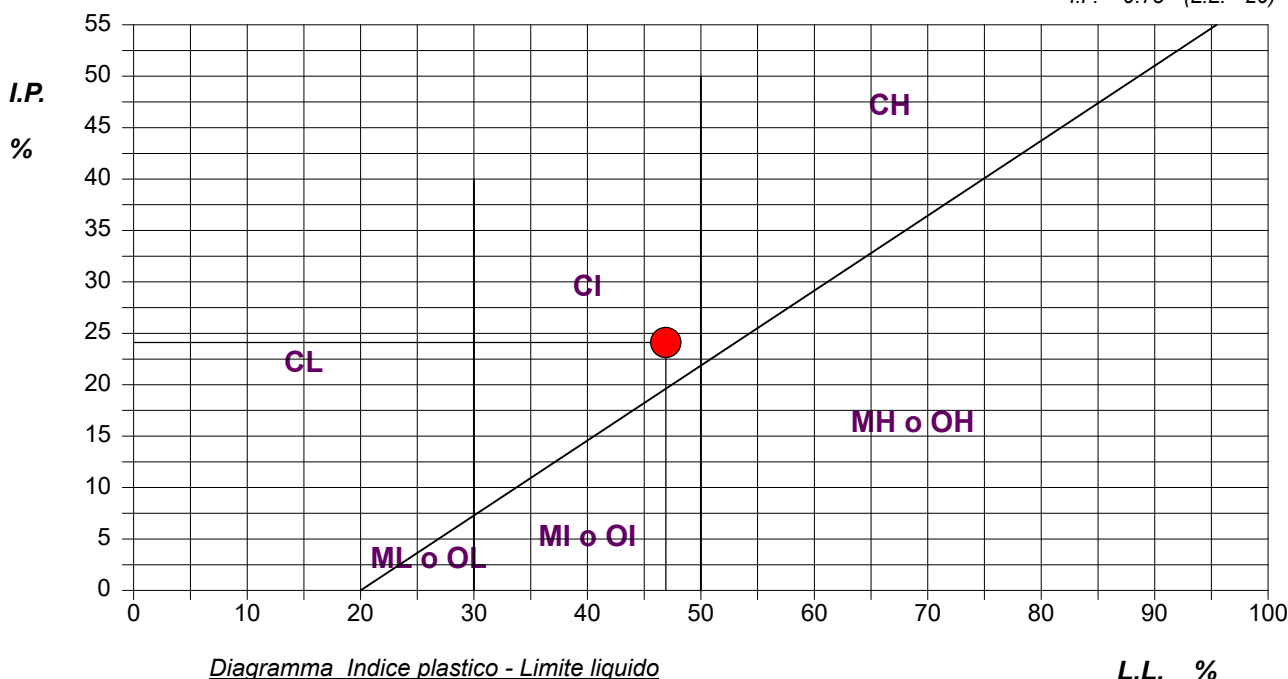
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

Determinazione del Limite di liquidità**ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE** $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 



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 DINAMICA (D.P.S.H.)

Il presente certificato è composto da n. 4 pagine

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1977
deviazioni dalla norma: **Prova eseguita senza rivestimento**

verbale di accettazione n. **190/2022** del **04/11/2022**
certificato di prova n. **292/2022** del **11/11/2022**

Int. Certificati: **Provincia di Lucca**
Località: **Via O.N.A.C.R.O.G., loc. Cutigliano, Lucca**
prova n. **1**

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

<i>penetrometro:</i>	Pagani TG 63-100/200 n. matricola P 001138
<i>peso massa battente</i>	63,5 Kg
<i>altezza caduta libera:</i>	0,75 m
<i>diametro aste ϕ:</i>	32 mm
<i>area base punta conica:</i>	20,00 cmq
<i>angolo apertura punta α:</i>	90°
<i>lunghezza delle aste:</i>	1,0
<i>peso aste per metro:</i>	6.31 Kg
<i>prof. giunzione 1° asta:</i>	0,40 m
<i>avanzamento punta δ:</i>	0,20 m
<i>rivestimento:</i>	NO
<i>energia specifica per colpo:</i>	11,91 Kg/cmq
<i>coeff. teorico di energia:</i>	1.521

DATI DI PROVA

<i>data inizio lavori:</i> 11/11/2022	<i>prof. inizio prova (m):</i>	0.00	da p.c.
<i>data fine lavori:</i> 11/11/2022	<i>prof. fine prova (m): -</i>	5.00	da p.c.
	<i>totale metri prova:</i>	5.00	
	<i>installato piezometro (m):</i>	0.00	
	<i>livello di falda (m): -</i>	Non rilev.	da p.c.

Prova interrotta causa rifiuto strumentale (N. Colpi > 50)



55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)

tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712

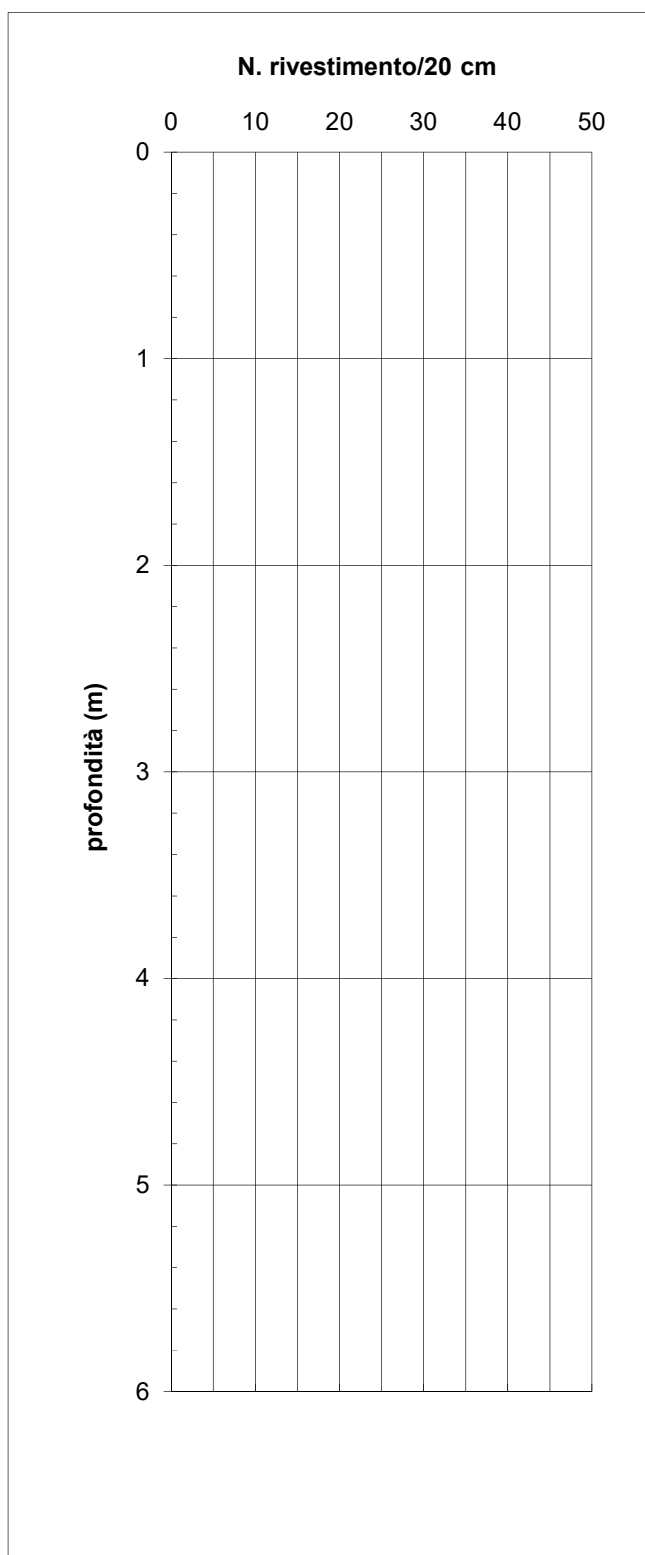
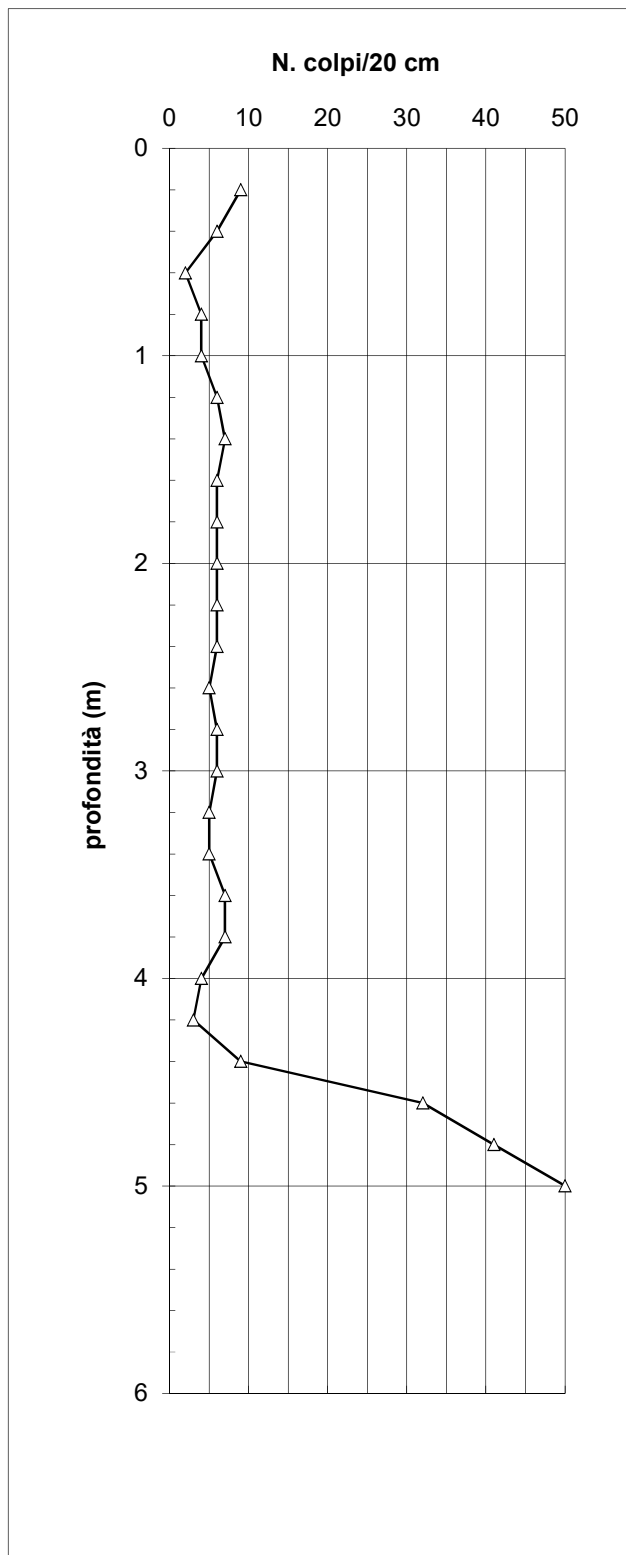
P.IVA 02019570460

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

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>N. colpi/20 cm</i>	<i>N° colpi rivestimento</i>
0.20	9	
0.40	6	
0.60	2	
0.80	4	
1.00	4	
1.20	6	
1.40	7	
1.60	6	
1.80	6	
2.00	6	
2.20	6	
2.40	6	
2.60	5	
2.80	6	
3.00	6	
3.20	5	
3.40	5	
3.60	7	
3.80	7	
4.00	4	
4.20	3	
4.40	9	
4.60	32	
4.80	41	
5.00	> 50	
5.20		
5.40		
5.60		
5.80		
6.00		
6.20		
6.40		
6.60		
6.80		
7.00		
7.20		
7.40		
7.60		
7.80		
8.00		

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>N. colpi/20 cm</i>	<i>N. colpi rivestimento</i>
8.20		
8.40		
8.60		
8.80		
9.00		
9.20		
9.40		
9.60		
9.80		
10.00		
10.20		
10.40		
10.60		
10.80		
11.00		
11.20		
11.40		
11.60		
11.80		
12.00		
12.20		
12.40		
12.60		
12.80		
13.00		
13.20		
13.40		
13.60		
13.80		
14.00		
14.20		
14.40		
14.60		
14.80		
15.00		
15.20		
15.40		
15.60		
15.80		
16.00		

DIAGRAMMI



UBICAZIONE DELLA PROVA



NOTE



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 DINAMICA (D.P.S.H.)

Il presente certificato è composto da n. 4 pagine

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1977
deviazioni dalla norma: **Prova eseguita senza rivestimento**

verbale di accettazione n. **190/2022** del **04/11/2022**
certificato di prova n. **293/2022** del **11/11/2022**

Int. Certificati: **Provincia di Lucca**
Località: **Via O.N.A.C.R.O.G., loc. Cutigliano, Lucca**
prova n. **2**

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

<i>penetrometro:</i>	Pagani TG 63-100/200 n. matricola P 001138
<i>peso massa battente</i>	63,5 Kg
<i>altezza caduta libera:</i>	0,75 m
<i>diametro aste ϕ:</i>	32 mm
<i>area base punta conica:</i>	20,00 cmq
<i>angolo apertura punta α:</i>	90°
<i>lunghezza delle aste:</i>	1,0
<i>peso aste per metro:</i>	6.31 Kg
<i>prof. giunzione 1° asta:</i>	0,40 m
<i>avanzamento punta δ:</i>	0,20 m
<i>rivestimento:</i>	NO
<i>energia specifica per colpo:</i>	11,91 Kg/cm ²
<i>coeff. teorico di energia:</i>	1.521

DATI DI PROVA

<i>data inizio lavori:</i> 11/11/2022	<i>prof. inizio prova (m):</i>	0.00	da p.c.
<i>data fine lavori:</i> 11/11/2022	<i>prof. fine prova (m):</i> -	4.00	da p.c.
	<i>totale metri prova:</i>	4.00	
	<i>installato piezometro (m):</i>	0.00	
	<i>livello di falda (m):</i> -	Non rilev.	da p.c.

Prova interrotta causa rifiuto strumentale (N. Colpi > 50)



55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)

tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712

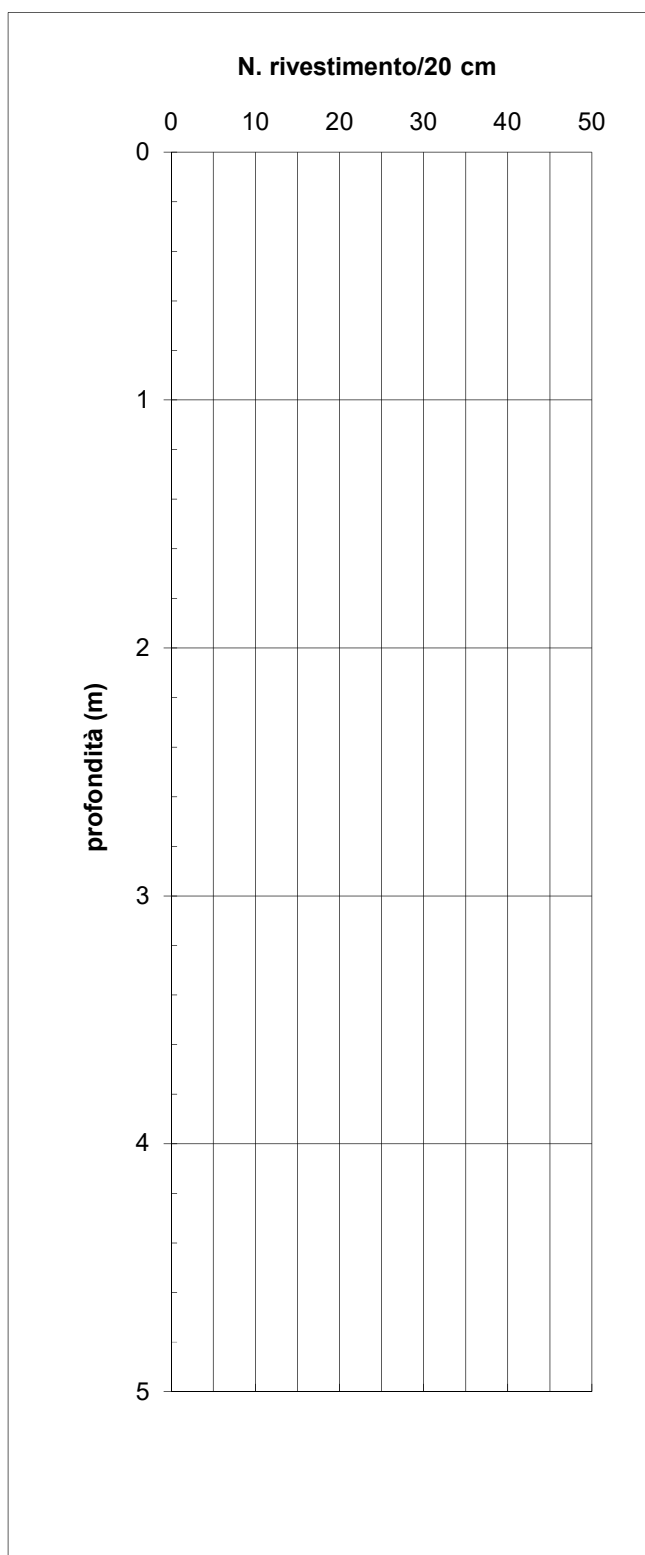
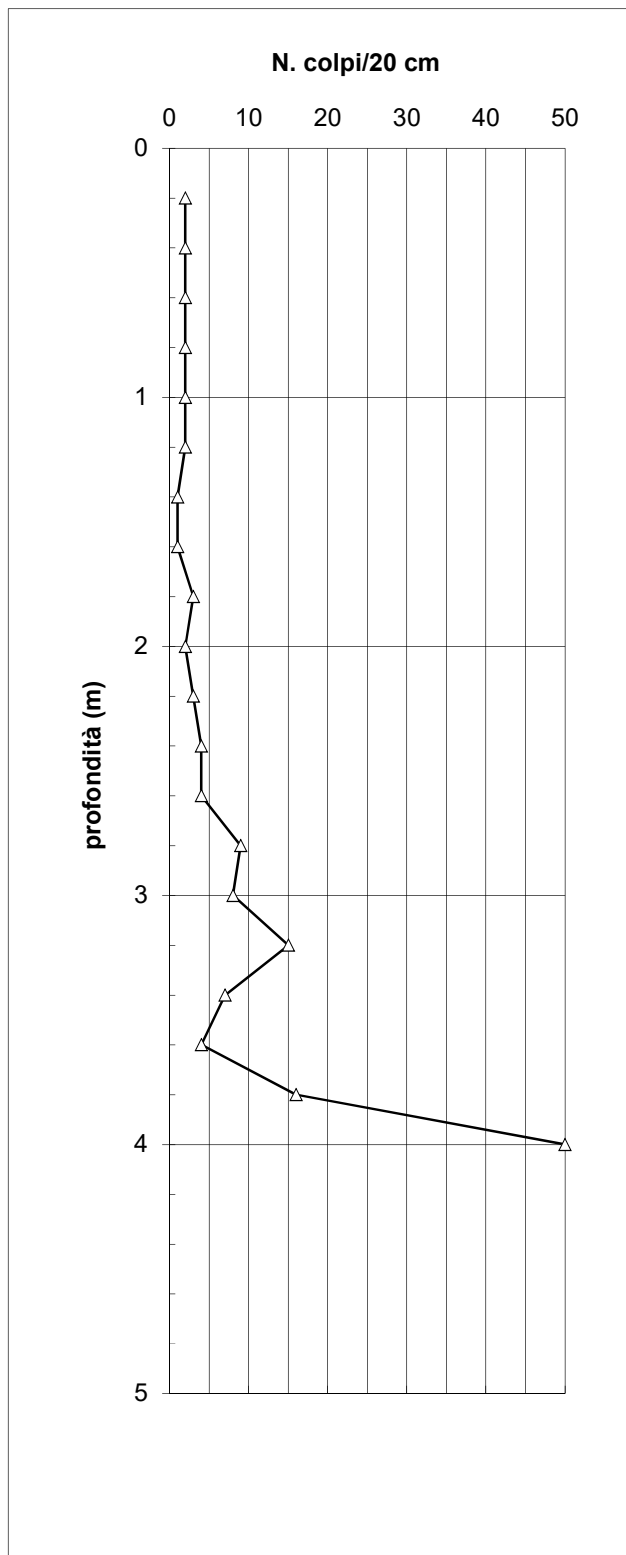
P.IVA 02019570460

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

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>N. colpi/20 cm</i>	<i>N° colpi rivestimento</i>
0.20	2	
0.40	2	
0.60	2	
0.80	2	
1.00	2	
1.20	2	
1.40	1	
1.60	1	
1.80	3	
2.00	2	
2.20	3	
2.40	4	
2.60	4	
2.80	9	
3.00	8	
3.20	15	
3.40	7	
3.60	4	
3.80	16	
4.00	> 50	
4.20		
4.40		
4.60		
4.80		
5.00		
5.20		
5.40		
5.60		
5.80		
6.00		
6.20		
6.40		
6.60		
6.80		
7.00		
7.20		
7.40		
7.60		
7.80		
8.00		

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>N. colpi/20 cm</i>	<i>N. colpi rivestimento</i>
8.20		
8.40		
8.60		
8.80		
9.00		
9.20		
9.40		
9.60		
9.80		
10.00		
10.20		
10.40		
10.60		
10.80		
11.00		
11.20		
11.40		
11.60		
11.80		
12.00		
12.20		
12.40		
12.60		
12.80		
13.00		
13.20		
13.40		
13.60		
13.80		
14.00		
14.20		
14.40		
14.60		
14.80		
15.00		
15.20		
15.40		
15.60		
15.80		
16.00		

DIAGRAMMI



UBICAZIONE DELLA PROVA



NOTE

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **TG 63-100 EML.C**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

- indagine : Provincia di Lucca
 - cantiere :
 - località : Via O.N.A.C.R.O.G., loc. Cutigliano, Lucca
 - note :

- data : 11/11/2022
 - quota inizio : 0
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	9	96,6	----	1	2,60 - 2,80	6	50,8	----	4
0,20 - 0,40	6	64,4	----	1	2,80 - 3,00	6	50,8	----	4
0,40 - 0,60	2	19,7	----	2	3,00 - 3,20	5	42,3	----	4
0,60 - 0,80	4	39,4	----	2	3,20 - 3,40	5	42,3	----	4
0,80 - 1,00	4	39,4	----	2	3,40 - 3,60	7	55,3	----	5
1,00 - 1,20	6	59,1	----	2	3,60 - 3,80	7	55,3	----	5
1,20 - 1,40	7	69,0	----	2	3,80 - 4,00	4	31,6	----	5
1,40 - 1,60	6	54,6	----	3	4,00 - 4,20	3	23,7	----	5
1,60 - 1,80	6	54,6	----	3	4,20 - 4,40	9	71,1	----	5
1,80 - 2,00	6	54,6	----	3	4,40 - 4,60	32	237,2	----	6
2,00 - 2,20	6	54,6	----	3	4,60 - 4,80	41	303,9	----	6
2,20 - 2,40	6	54,6	----	3	4,80 - 5,00	50	370,6	----	6
2,40 - 2,60	5	42,3	----	4					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine : Provincia di Lucca
- cantiere :
- località : Via O.N.A.C.R.O.G., loc. Cutigliano, Lucca
- note :

- data : 11/11/2022
- quota inizio : 0
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	2	21,5	----	1	2,00 - 2,20	3	27,3	----	3
0,20 - 0,40	2	21,5	----	1	2,20 - 2,40	4	36,4	----	3
0,40 - 0,60	2	19,7	----	2	2,40 - 2,60	4	33,8	----	4
0,60 - 0,80	2	19,7	----	2	2,60 - 2,80	9	76,1	----	4
0,80 - 1,00	2	19,7	----	2	2,80 - 3,00	8	67,7	----	4
1,00 - 1,20	2	19,7	----	2	3,00 - 3,20	15	126,9	----	4
1,20 - 1,40	1	9,9	----	2	3,20 - 3,40	7	59,2	----	4
1,40 - 1,60	1	9,1	----	3	3,40 - 3,60	4	31,6	----	5
1,60 - 1,80	3	27,3	----	3	3,60 - 3,80	16	126,4	----	5
1,80 - 2,00	2	18,2	----	3	3,80 - 4,00	50	395,1	----	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

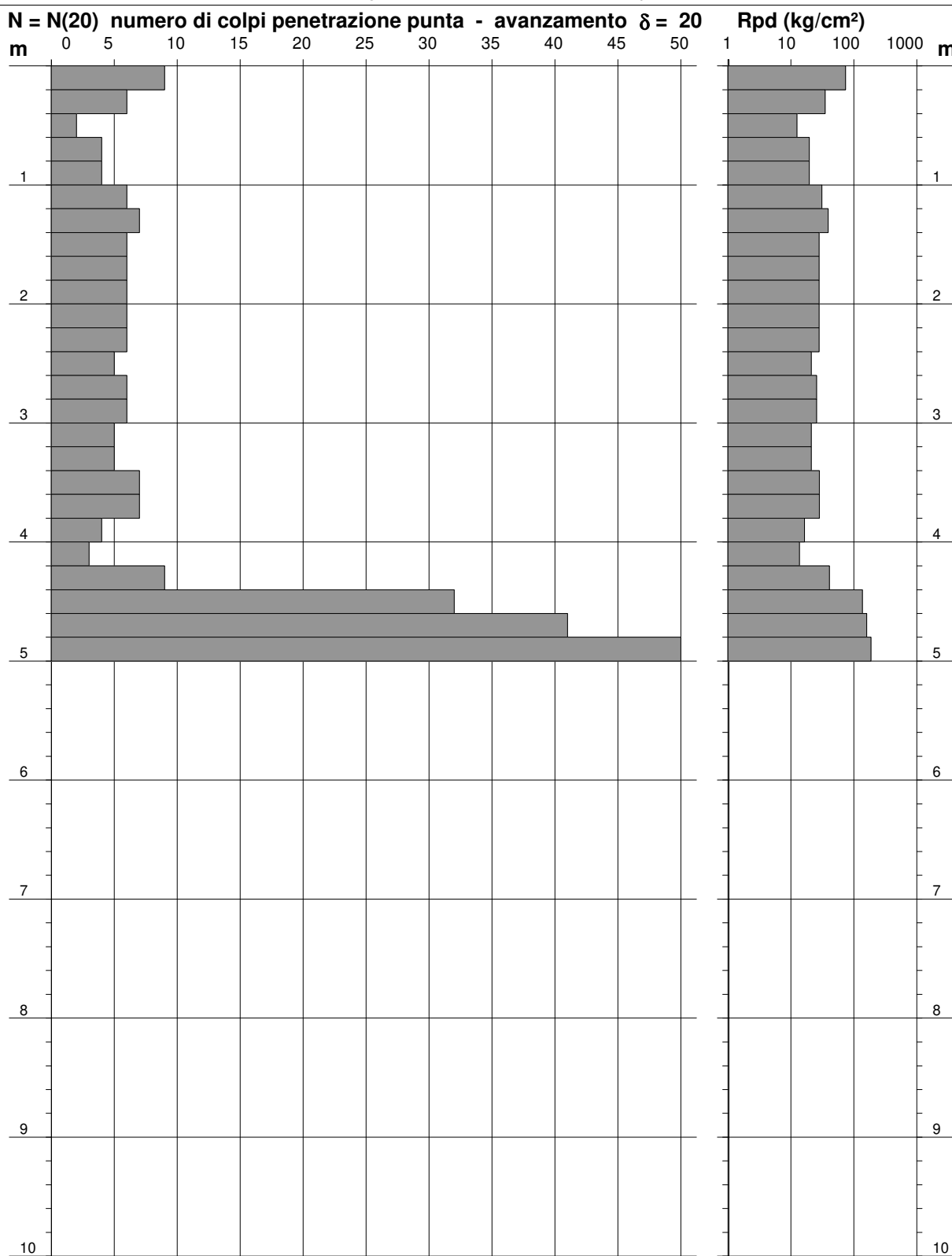
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : Provincia di Lucca
 - cantiere :
 - località : Via O.N.A.C.R.O.G., loc. Cutigliano, Lucca

- data : 11/11/2022
 - quota inizio : 0
 - prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

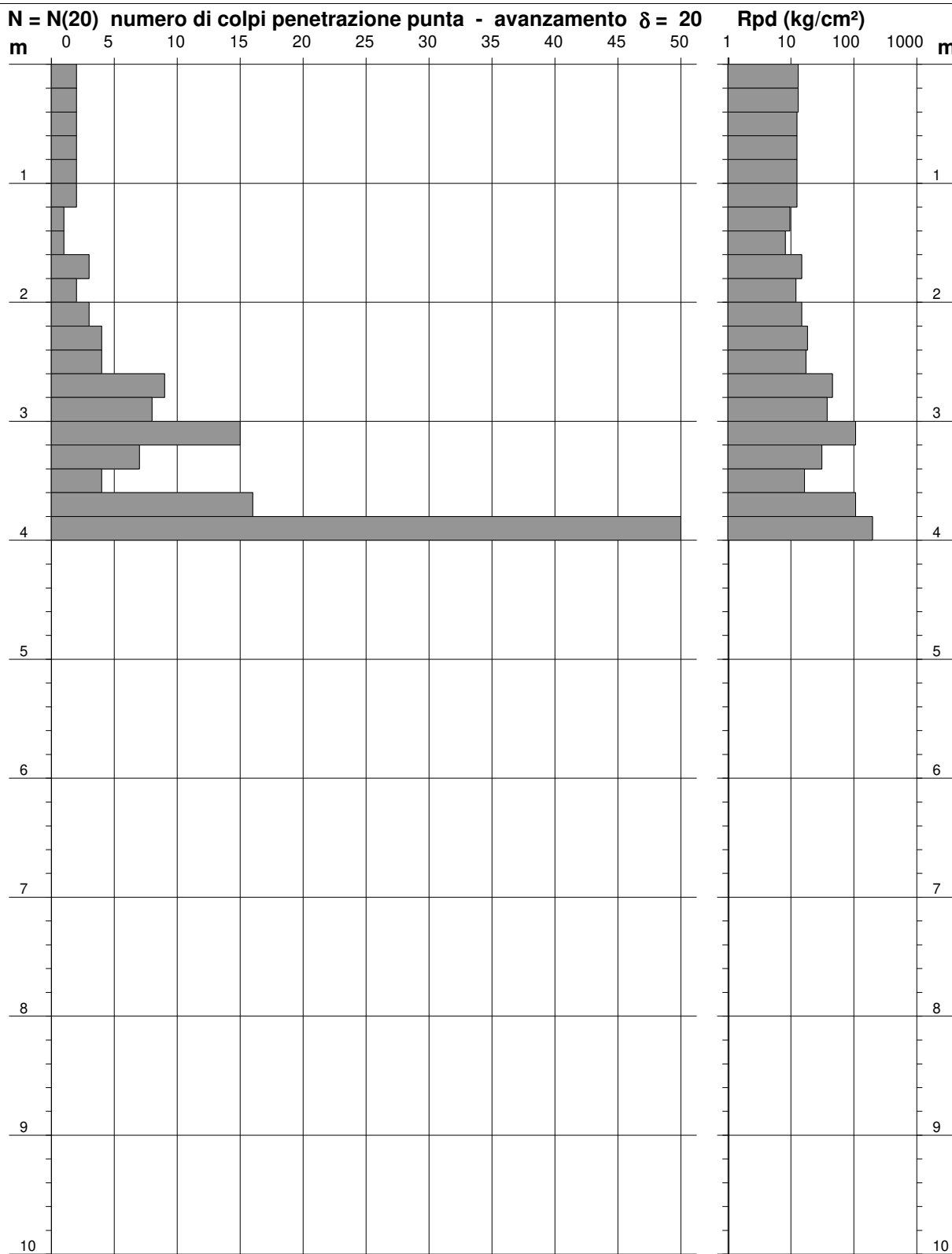
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 2

Scala 1: 50

- indagine : Provincia di Lucca
 - cantiere :
 - località : Via O.N.A.C.R.O.G., loc. Cutigliano, Lucca

- data : 11/11/2022
 - quota inizio : 0
 - prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

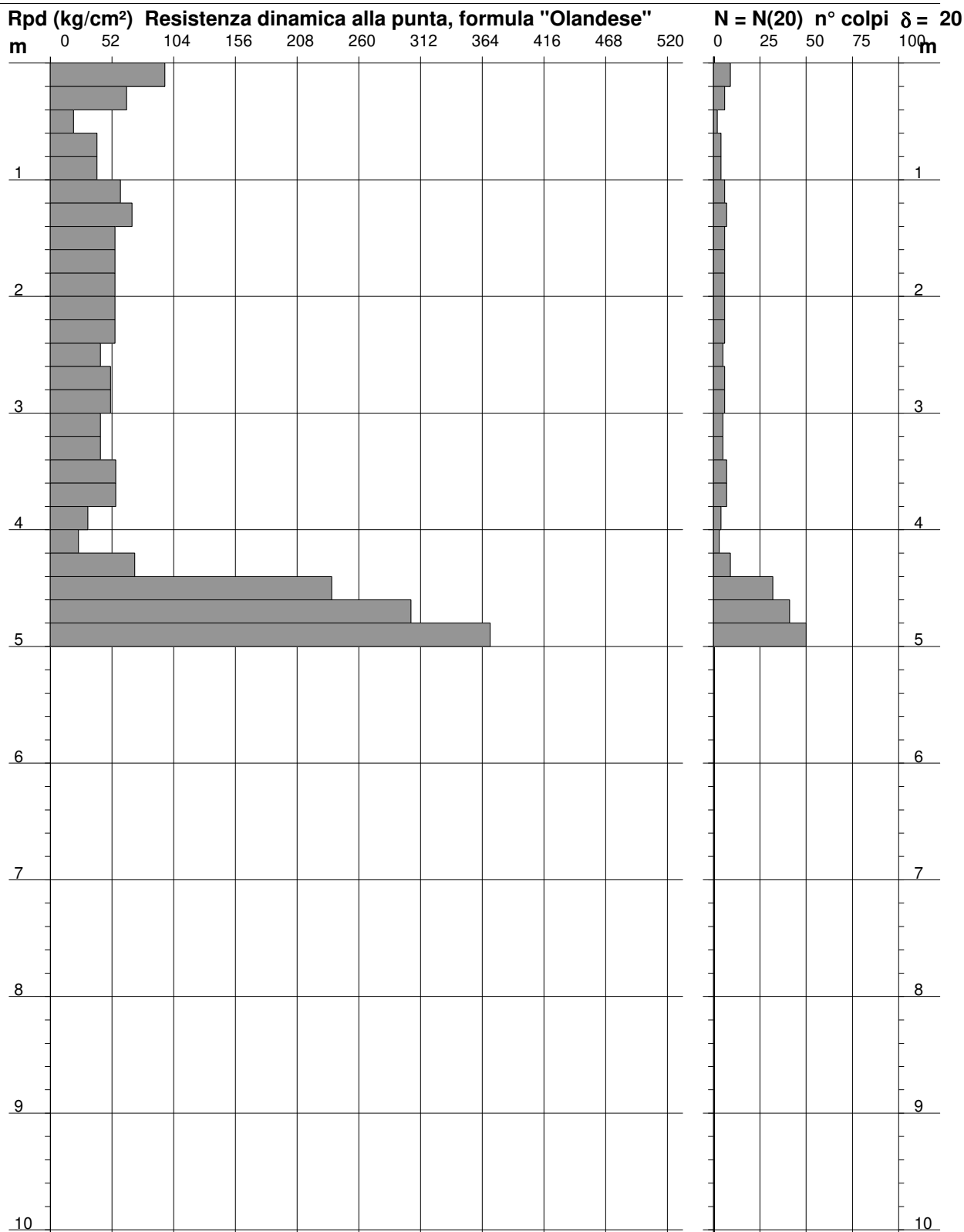
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : Provincia di Lucca
 - cantiere :
 - località : Via O.N.A.C.R.O.G., loc. Cutigliano, Lucca

- data : 11/11/2022
 - quota inizio : 0
 - prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

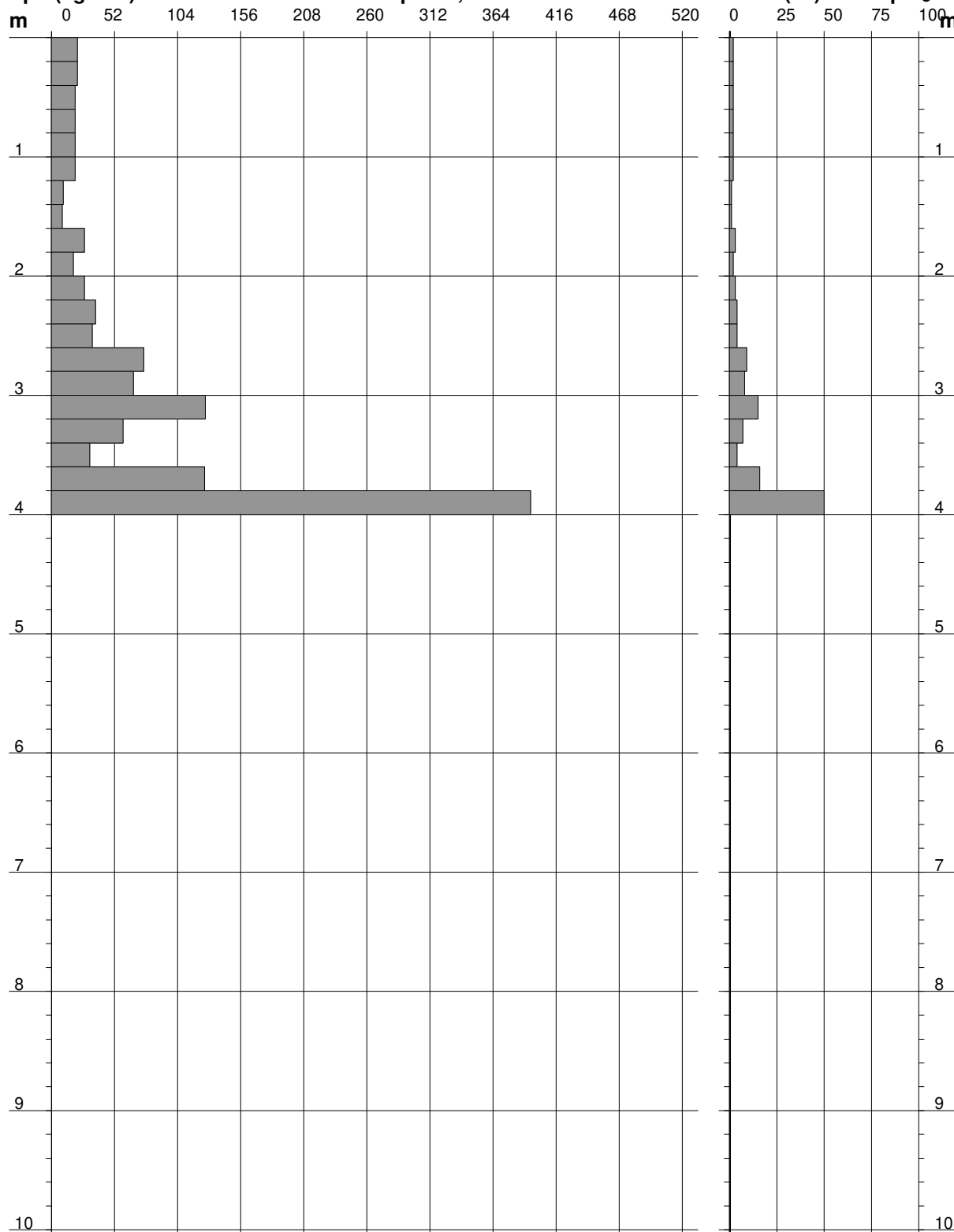
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 2

Scala 1: 50

- indagine : Provincia di Lucca
 - cantiere :
 - località : Via O.N.A.C.R.O.G., loc. Cutigliano, Lucca

- data : 11/11/2022
 - quota inizio : 0
 - prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"N = N(20) n° colpi $\delta = 20$ - PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

- indagine :	Provincia di Lucca	- data :	11/11/2022
- cantiere :		- quota inizio :	0
- località :	Via O.N.A.C.R.O.G., loc. Cutigliano, Lucca	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	0

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	4.20		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
2	4.20	5.00		50	85.0	41.0	577	2.15	1.85	3.13	2.38	09	0.229

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

- indagine :	Provincia di Lucca	- data :	11/11/2022
- cantiere :		- quota inizio :	0
- località :	Via O.N.A.C.R.O.G., loc. Cutigliano, Lucca	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	0

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	2.60		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	2.60	3.40		15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773
3	3.40	3.60		6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
4	3.60	4.00		50	85.0	41.0	577	2.15	1.85	3.13	2.38	09	0.229

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Provincia di Lucca
Cantiere: Istituto agrario
Località: Mutigliano

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

OPERATORE
Mappogeognostica

RESPONSABILE
Geol. Interdonato

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... sapt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica

($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$),

diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha =$

$60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$Nspt = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $s_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°.
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.

- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65 \text{ t/mc}$ e per peso di volume secco variabile da 1,33 ($N_{spt} = 0$) a 1,99 ($N_{spt} = 95$)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). $Cu \text{ min-max}$.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenzov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{spt}=0$) a 0,545 ($N_{spt}=28$)

PROVA ...S1-SPT1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO
 16/11/2022

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
1,65	10
1,80	6
1,95	8

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Graniulometria mista	14	1,95	82,83	82,83	92,14	41,17

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Graniulometria mista	14	1,95	14	31	24	31,92	27,77	35,13	39,6	30-32	29,49	31,2	28,25	31,73

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Graniulometria mista	14	1,95	14	267,08	112,00	165,90	285,00	145,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Graniulometria mista	14	1,95	14	84,00	56,22	99,40	100,44

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Graniulometria mista	14	1,95	14	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - Graniulometria mista	14	1,95	14	Meyerhof ed altri	1,85

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - Graniulometria mista	14	1,95	14	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Graniulometria mista	14	1,95	14	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Graniulometria mista	14	1,95	14	776,74	626,89

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità (m/s)
[1] - Graniulometria mista	14	1,95	14	Ohta & Goto (1978) Limi	107,468

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
[1] - Graniulometria mista	14	1,95	14		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Graniulometria mista	14	1,95	14		---

PROVA ...S2-SPT2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO
 16/11/2022

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
5,15	7
5,30	11
5,45	22

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	33	5,45	100	100	100	66,41

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	33	5,45	33	36,43	29,43	37,24	26,81	40,29	42	32-35	37,25	36,9	30,02	40,69

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	33	5,45	33	410,04	264,00	390,10	427,50	240,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	33	5,45	33	198,00	95,25	234,30	185,18

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	33	5,45	33	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] -	33	5,45	33	Meyerhof ed altri	2,16

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] -	33	5,45	33	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	33	5,45	33	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	33	5,45	33	1739,07	1058,58

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità (m/s)
[1] -	33	5,45	33	Ohta & Goto (1978) Limi	152,002

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
[1] -	33	5,45	33		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	33	5,45	33		---

STATION INFORMATION

Station code: HVSR1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors)

Notes: traffico assente

PLACE INFORMATION

Place ID: 22165

Address: Mutigliano - Via ONACROG - Istituto Busdraghi

Latitude: 43°52'56"

Longitude: 10°28'18"

Coordinate system: WGS84

Elevation: 79 m s.l.m.

Weather: Sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

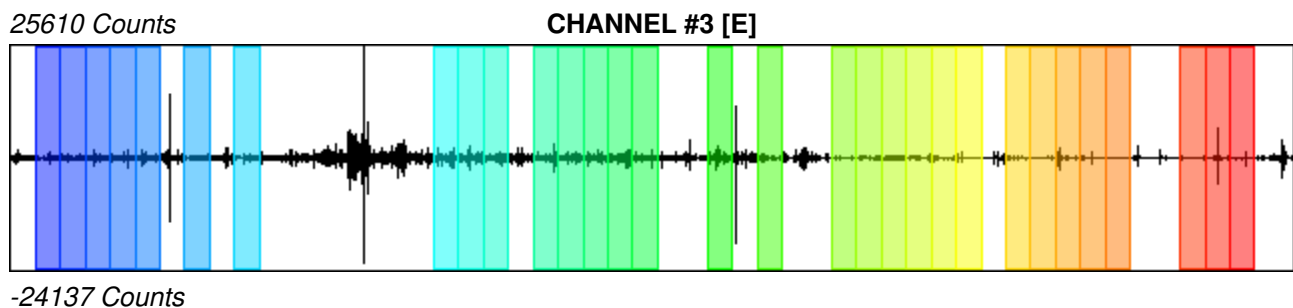
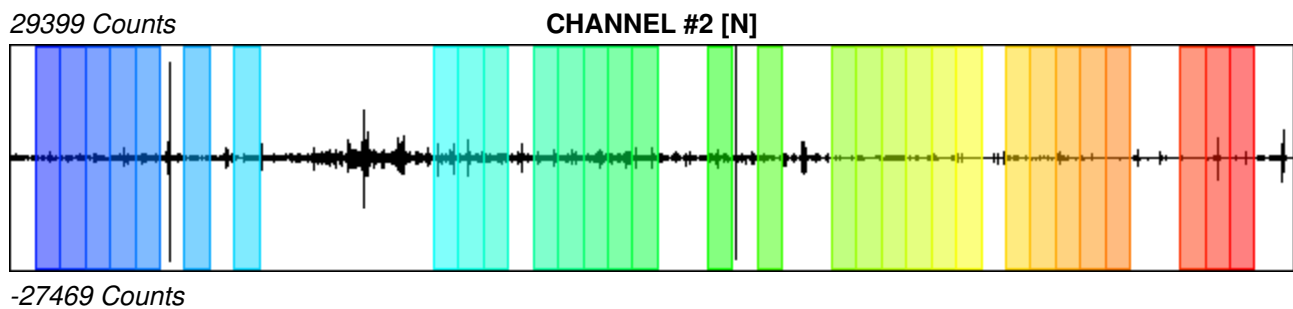
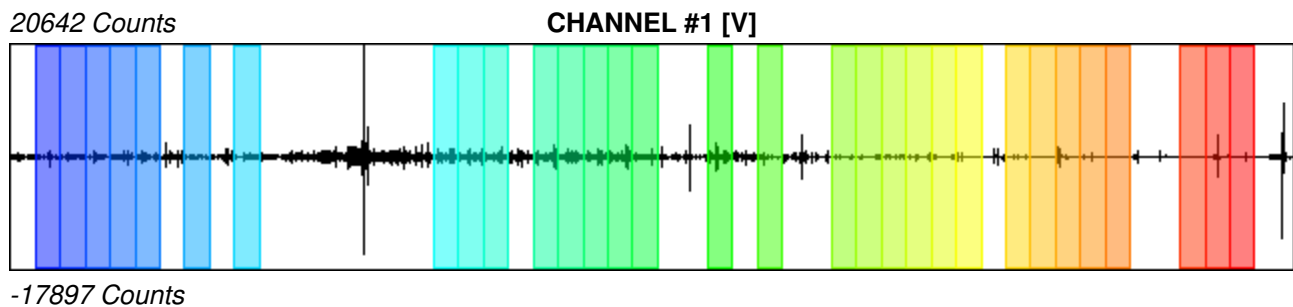
Recording start time: 2022/11/02 13:23:24

Recording length: 43 min

Windows count: 31

Average windows length: 50

Signal coverage: 60.08%



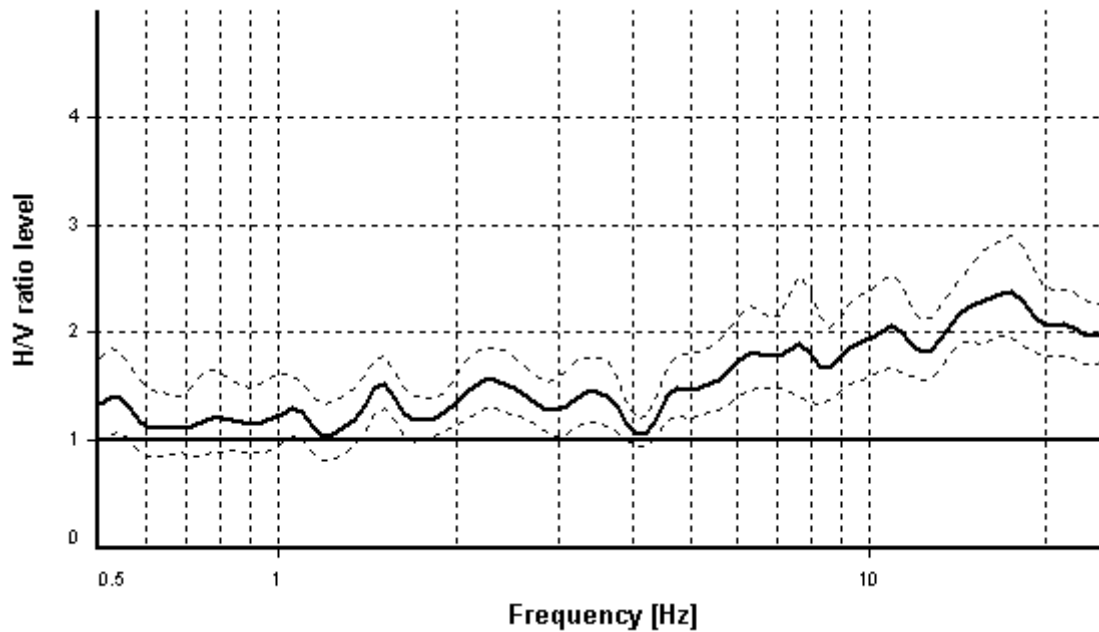
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

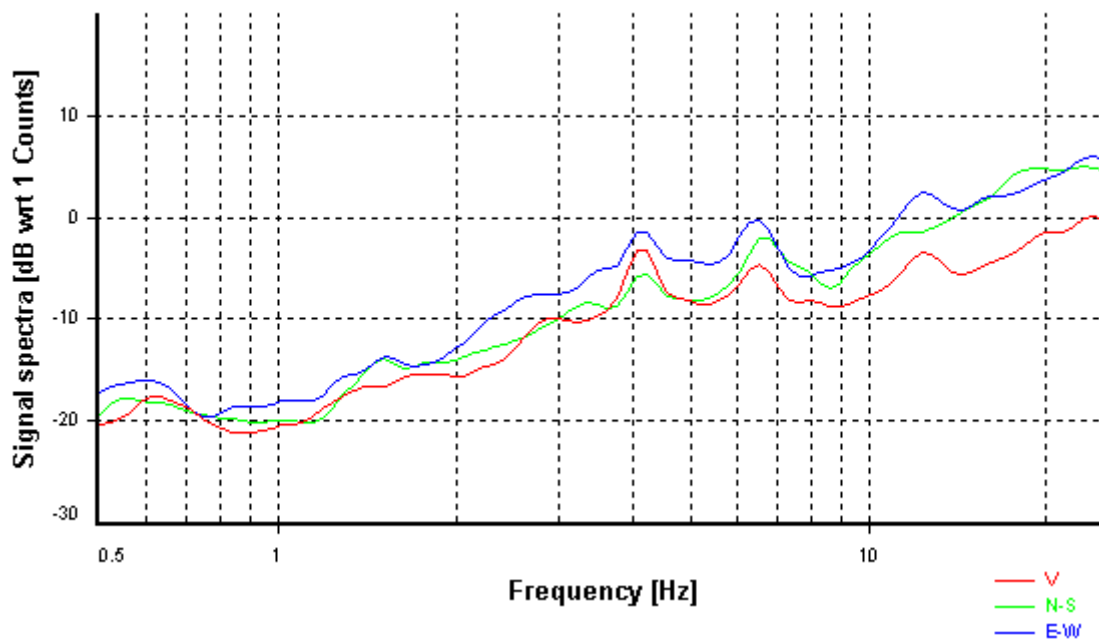
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

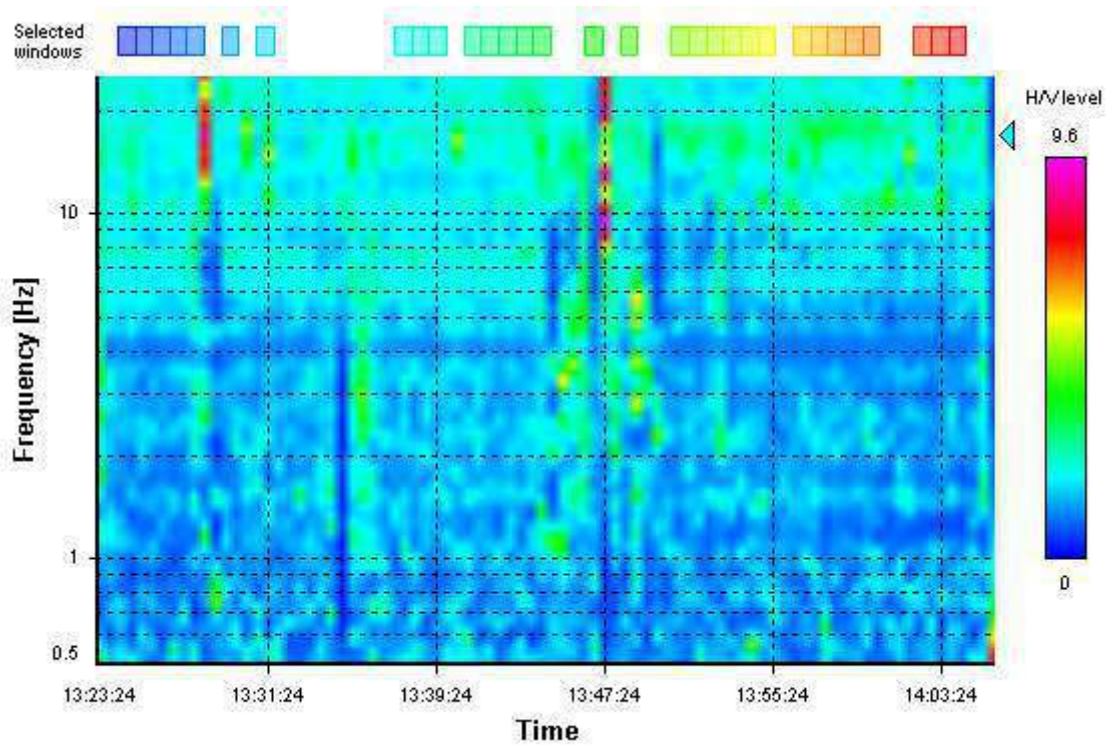
HVSR average



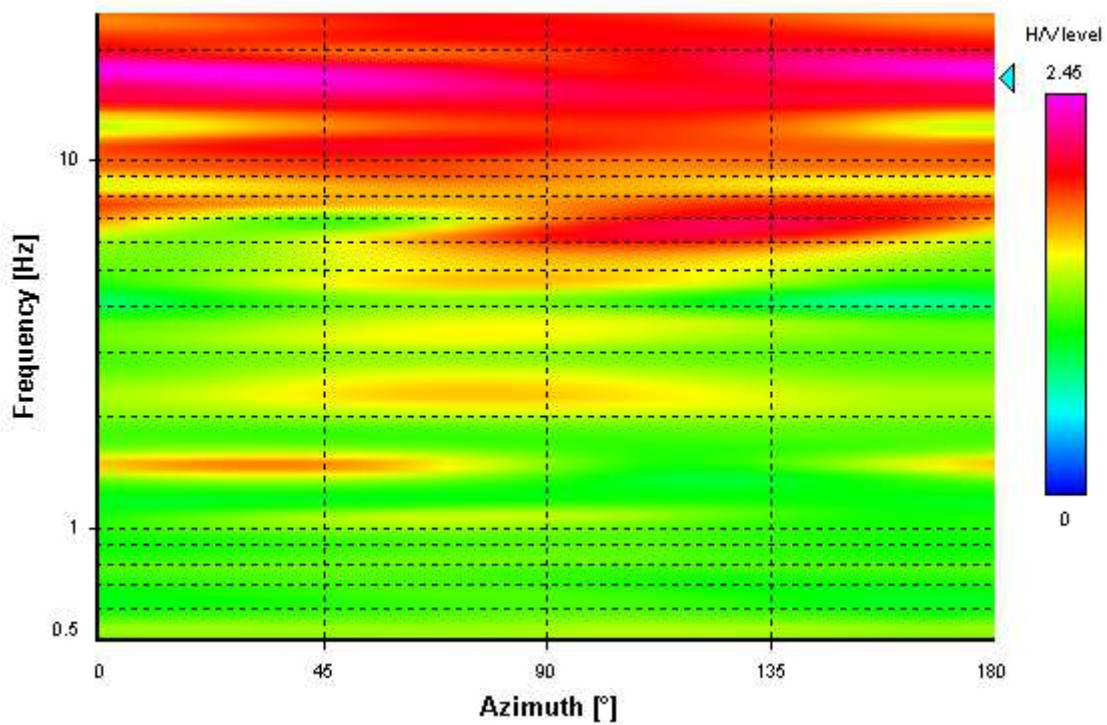
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



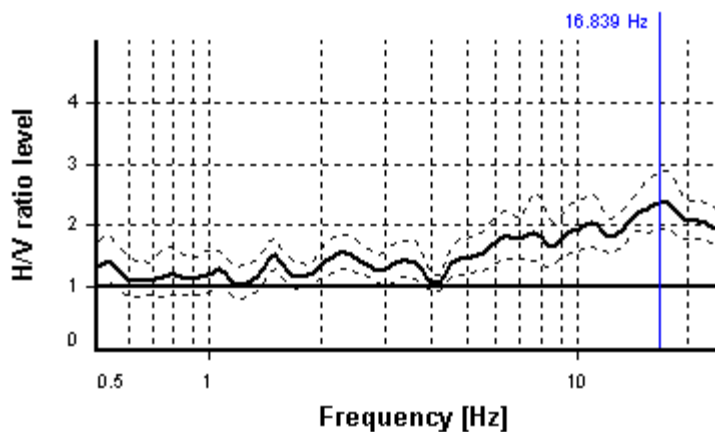
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

16.839 Hz

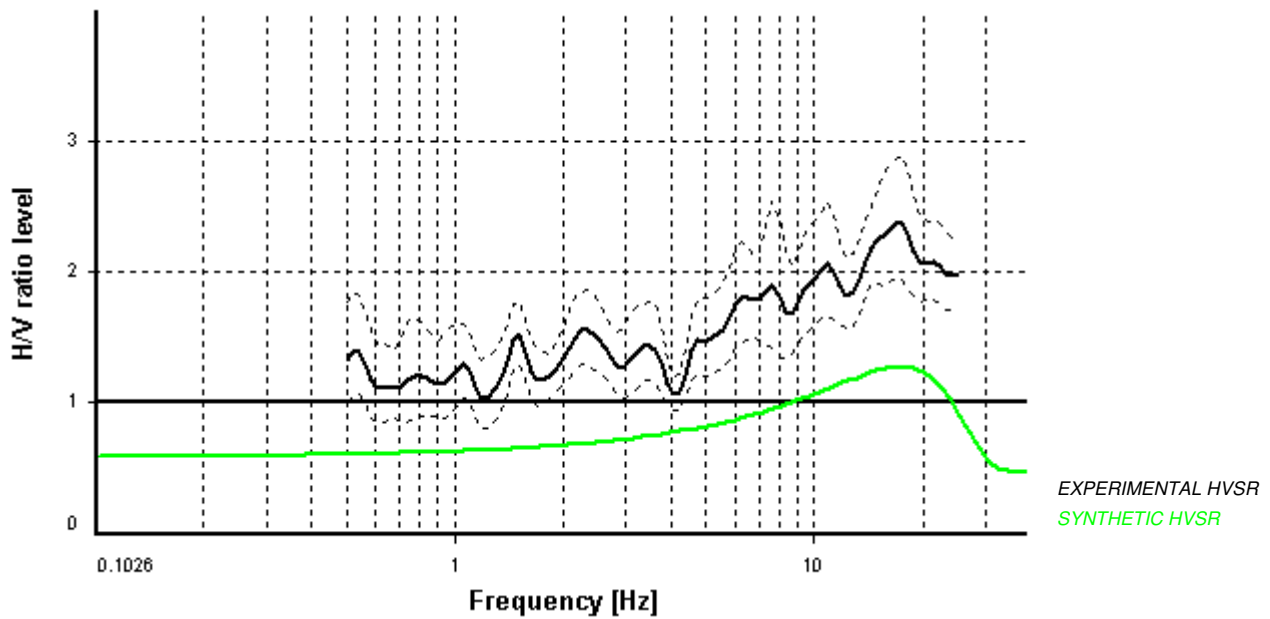
A_0 amplitude = 2.367

Average $f_0 = 17.475 \pm 2.610$

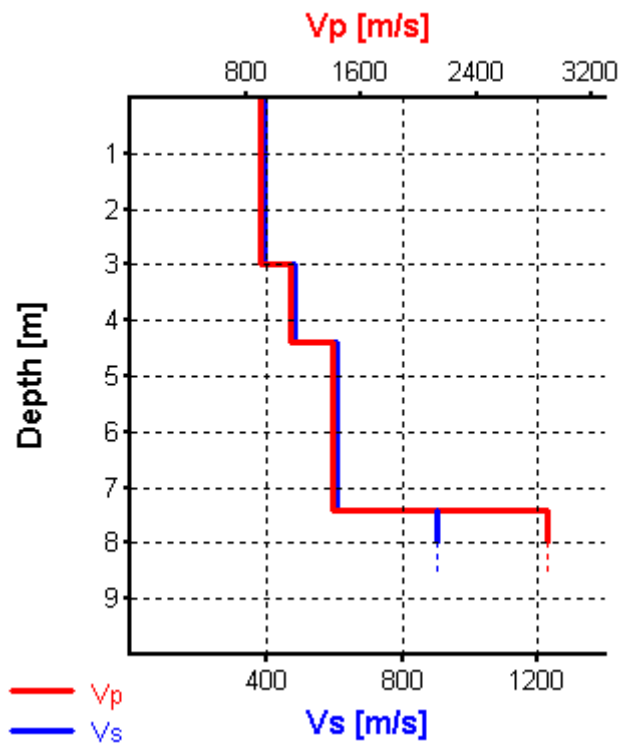


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	31 valid windows (length > 0.59 s) out of 31	OK
$n_c(f_0) > 200$	26101.09 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 28	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	4.22358 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.37 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.03% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.61041 >= 0.84197	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.20748 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3	3	900	390	1850
1.4	4.4	1100	480	1930
3	7.4	1400	603	1950
-	> 7.4	2900	900	2020



$V_{s_{eq} 30} = 737$ m/s (Offset = 0 m)

**RISULTATO DI N. 1 INDAGINE MASW ESAC e HVSR EFFETTUATA IN
VIA ONACROG, LOC. MUTIGLIANO NEL COMUNE DI LUCCA (LU)**



Committente: Provincia di Lucca

Novembre 2022

Mappo Geognostica Srl

Loc. Biagioni, 60

55010 Spianate (LU)

Tel. 0583.20799 Fax 0572.930069

P.IVA 02019570460

www.mappogeognostica.it

INDICE

1. - Presentazione e finalità del progetto
2. - Metodo di acquisizione
3. - Descrizione della strumentazione utilizzata
4. - Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici
5. - Parametri di acquisizione
6. - Risultati ottenuti

Allegati:

- 1 - Tabulati e diagrammi indagini lineari;
- 2 - Report indagini HVSR;

ELAZIONE TECNICA

1. Presentazione e finalità del progetto

Nell'ambito delle indagini per interventi edilizi in via O.N.A.C.R.O.G. presso l'istituto Busdraghi a Mutigliano, nel Comune di Lucca, è stata realizzata una campagna di indagine sismica condotta conformemente alla vigente normativa sismica ed in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003, al D.M. NTC 2018 e smi.

In particolare sono state effettuate n. 1 indagine M.A.S.W. (Multichannel Analysis of SurfaceWaves) elaborate congiuntamente a n. 1 indagine ESAC (Extended Spatial Autocorrelation), e n. 1 acquisizione di microtremori di tipo HVSr (Horizontal and Vertical Spectral Ratio).

Per la definizione del parametro V_{Seq} edella categoria di sottosuolo è stato quindi eseguito, in data 02/11/2022, n.1 stendimento sismico di lunghezza pari a 22 m utilizzando la tecnica di indagine M.A.S.W. (Multichannel Analysis of SurfaceWaves).

Lo stendimento è stato effettuato in corrispondenza dell'area di intervento considerando sia l'assetto geometrico della futura struttura che la risposta sismica verificata in fase di sopralluogo (considerando il rumore di fondo), sia lo spazio a disposizione.

Nella presente relazione tecnica verrà illustrato il metodo di acquisizione, elaborazione ed i risultati ottenuti.

2. Metodo di acquisizione

MASW e ESAC

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde

con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. I metodi di utilizzo delle MASW sono di tipo attivo, mentre le acquisizioni di sismica passiva sono ReMi (se acquisite con stedimento lineare o ESAC se acquisite con geometria bidimensionale; nel primo caso il concetto è quello di energizzare verticalmente con i metodi tradizionali e procedere ad un'analisi del segnale non più nel campo nel tempo, come si fa abitualmente con la rifrazione, ma nel dominio della frequenza. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5/10 Hz e 70/100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 20m-30m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente. Nel caso invece del metodo passivo, denominato anche ESAC o ReMi a seconda degli autori, l'analisi delle frequenze viene condotta su registrazioni, che in questo caso devono essere prolungate per un tempo sufficientemente lungo, dei "naturali" rumori di fondo. I principali vantaggi pratici nell'utilizzo di queste tecniche sono evidentemente nella semplicità di acquisizione rispetto alla sismica a rifrazione; le onde di taglio infatti non sempre possono essere rilevate in modo soddisfacente sia per il basso rapporto segnale/rumore, sia per la mancanza degli spazi necessari per effettuare profili di lunghezza adeguata.

Il metodo passivo risulta inoltre particolarmente indicato in situazioni di elevato rumore di fondo caratteristico delle aree urbane, anche se può risentire negativamente di fonti di rumore orientate (fonti industriali). Il metodo passivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 2 Hz e 15/25 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più profonda del suolo, generalmente compresa oltre i primi 20m-30m, sempre in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche delle sorgenti.

Le tecniche di indagine M.A.S.W. (Multichannelanalysis of surfacewaves) derivano da

sperimentazioni condotte, alla fine degli anni '90, da ricercatori del Kansas Geological Survey. Tali indagini risultano fra le più utilizzate nel mondo poiché consentono di determinare una classificazione del suolo in modo speditivo e non invasivo generando, mediante una sorgente artificiale (generalmente una mazza battente su piastra), onde che si propagano lungo un piano verticale. Come nella prospezione sismica a rifrazione, tali energizzazioni possono essere ripetute più volte nello stesso punto, sommando in modo aritmetico i segnali per ottenere un aumento del rapporto segnale/rumore. Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz), vengono utilizzati geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Le acquisizioni sono eseguite con array lineari, in cui la distanza intergeofonica è costante.

L'analisi delle onde "S", indipendentemente dalla tecnica di acquisizione (attiva o passiva), viene eseguita attraverso la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier che restituisce lo spettro del segnale nel dominio trasformato. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda "S" si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa: questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

La curva di dispersione sperimentale viene confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente modificato in base alle differenze riscontrate tra le due curve. Ciò è finalizzato all'ottenimento di un modello sintetico che approssima nel miglior modo possibile la curva sperimentale a quella teorica. Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta "fase di inversione".

HVSR

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico o microtremore) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003). L'origine del rumore sismico è dovuto alle perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche e si propagano come onde superficiali di Rayleigh. L'analisi delle misure di rumore sismico che sembra fornire i risultati migliori è proprio quello dei rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR.

L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato. Tramite l'elaborazione di modi superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai modi superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato.

Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito (funzione di amplificazione), sia degli effetti sulle costruzioni ed ottenere una stima della velocità delle onde di taglio V_{seq} per la definizione della categoria sismica dei terreni in ottemperanza alle nuove N.T.C. - D.M. 2018 integrato con la circ. 02/02/09 N° 617 C.S. LL.PP.

3. Descrizione della strumentazione utilizzata

L'apparecchiatura utilizzata per l'indagine sismica si compone di:

- SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI
- n.1 sismografo analogico a 24 canali "SYSMATRACK" della ditta M.A.E. S.r.l., perfettamente idoneo per sismica a rifrazione, acquisizione dati per calcolo di V_{s30} , monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche Down-Hole e VSP.
- n.1 PC portatile Acer per il salvataggio dei dati acquisiti.

- SISTEMA DI RICEZIONE
- n.24 geofoni ad asse verticale con frequenza pari a 4,5 Hz, collegati al sistema di acquisizione tramite due cavi paralleli ognuno avente 12 connessioni spaziate 5 m.
- SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE e STARTER
- n.1 mazza da 8 Kg
- n.1 piastra di diametro pari a 20 cm.
- n.1 geofono starter collegato al sismografo tramite un cavo elettrico.
- INDAGINE HVSR
- n.1 PC portatile Acer per il salvataggio dei dati acquisiti.
- n.1 Tromografo digitale SR04 a tre componenti con frequenza dei geofoni di 4,5 Hz

Il sismografo SR04 è finalizzato alla rilevazione di vibrazioni naturali e artificiali, dal rumore di fondo ai forti terremoti sfruttando le seguenti caratteristiche:

Alimentazione:	10-16Vdc o da batteria interna < 1W
Numero canali:	3 a 24 bit (SD)
Range dinamico:	124dB (144dB, 24 bit effettivi [enob], fra 0.1 e 10Hz)
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Samplingrates:	da 10-600 Hz
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincronizzazione :	GPS via PPS modulato
Velocità:	115200 baud
Contenitore:	Monoblocco in alluminio IP66
Temperatura operativa:	-30/+60°C
Dimensioni e peso:	155x140x110 mm
Precisione rispetto a UTC:	<50ms

Interfaccia dati sismici:	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20HS
Peso:	3.1kg con sensori da 4.5Hz; 4.4kg con sensori da 2Hz
Conformità:	CE (EN55022, EN55011)

Tab. 2 - Caratteristiche tecniche tromografo.

4. Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici

MASW e ESAC

Per l'interpretazione dei dati sperimentali relativi alle indagini sismiche MASW sono stati utilizzati i software di elaborazione Geopsy e Dinver.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale *velocity-frequency*, che consente di analizzare l'energia di propagazione del rumore in un'unica direzione della linea sismica rappresentando poi lo spettro di frequenza su un grafico che mette in relazione la velocità e la frequenza dell'onda.

Dallo spettro così ottenuto viene eseguito un pickingi cui valori sono poi riportati sul software Dinver per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello interpretativo ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva di dispersione calcolata in modo da ottenere un buon *fitting* (indicato dal valore di RMS, *Root Mean Squared Error*) con i valori sperimentali assumendo tale modello come interpretativo.

Al fine di ridurre i casi di equivalenza, quando possibile, si opera introducendo nell'interpretazione, come inamovibili, elementi quali: le densità dei litotipi dell'area indagata ed il numero degli strati con la loro rispettiva potenza. Lo studio dello spettro di potenza permette in definitiva la ricostruzione di un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, con le velocità delle onde di superficie S e la profondità.

HVSR

Per l'interpretazione dei dati sperimentali relativi all'indagine sismica HVSR è stato utilizzato il software di elaborazione Geoplotter della Sara instruments di Perugia, che permette l'analisi dei dati acquisiti fino all'ottenimento della frequenza di risonanza F_0 e la verifica di altri fattori quali la permanenza spettrale e successivamente, tramite l'inversione dei dati, permette di arrivare alla restituzione di un modello monodimensionale del sottosuolo.

5. Parametri di acquisizione

Nelle tabelle sottostanti sono riportati i dati tecnici generali utilizzati durante le esecuzioni in campagna:

MASW

Distanza intergeofonica (m)	2
N° geofoni	12
Frequenza geofoni	4,5Hz
Frequenza campionamento	1000 camp./s
Tempo passo di campionamento	1,0 ms
Tempo registrazione	2,05 s

ESAC

Distanza intergeofonica (m)	4
N° geofoni	9
Frequenza geofoni	4,5Hz
Frequenza campionamento	500 camp./s
Tempo passo di campionamento	2,0 ms
Tempo registrazione complessivo	330 s

N° tracce	3
Frequenza geofoni	4,5Hz
Frequenza campionamento	200 camp./s
Direzioni tracce	N-S, E-W, Verticale
Tempo registrazione	2580 s

6. Risultati ottenuti

L'elaborazione congiunta dei dati ottenuti dalle indagini MASW e ESAC ed HVSR in base a quanto descritto fin ora, ha consentito di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro V_{Seq} relativi al sottosuolo del sito.

Inoltre, suddividendo gli strati secondo i valori della velocità delle onde S (sismostrati) è possibile ipotizzare le successioni stratigrafiche riportate nelle tabelle che seguono, suddivise per numero di indagine:

Ricordiamo che l'interpretazione, ovvero la definizione dei sismostrati, è soggettiva e può essere modificata dal geologo incaricato sotto la sua esclusiva responsabilità. In allegato è riportato il modello scaturito dall'elaborazione dei dati che può essere usato come punto di partenza per una successiva interpretazione.

Il calcolo della velocità equivalente V_{Seq} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, sulla base dei risultati ottenuti, è stato effettuato mediante la seguente espressione:

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

dove:

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 V_s inferiore a 800 m/s per un totale di n sismostrati presenti nei primi 30 metri di profondità.

Per il calcolo di tale parametro sono stati considerati i primi 11,6 metri della prova con velocità inferiore a 800 m/s: la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,11,6}$ ottenuto ponendo $H=11,6$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nella tabella sottostante vengono riportati i sismostrati utilizzati per il calcolo della V_{seq} .

Profondità (m)	Spessore strato (m)	V_s misurata in situ (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali-onda S misurata (sec)
1,7	1,7	375	h_1/V_1	0,005
3,0	1,3	363	h_2/V_2	0,004
7,7	4,7	510	h_3/V_3	0,009
9,6	1,9	630	h_4/V_4	0,003
11,6	2,0	780	h_5/V_5	0,003

Di seguito vengono riportate l'ubicazione delle indagini, il sismogramma del MASW, le curve di dispersione del MASW e dell'ESAC, la curva di dispersione del picking effettuato congiuntamente (MASW+ESAC) e il modello risultante.



Successivamente è inserito il report dell'indagine HVSR

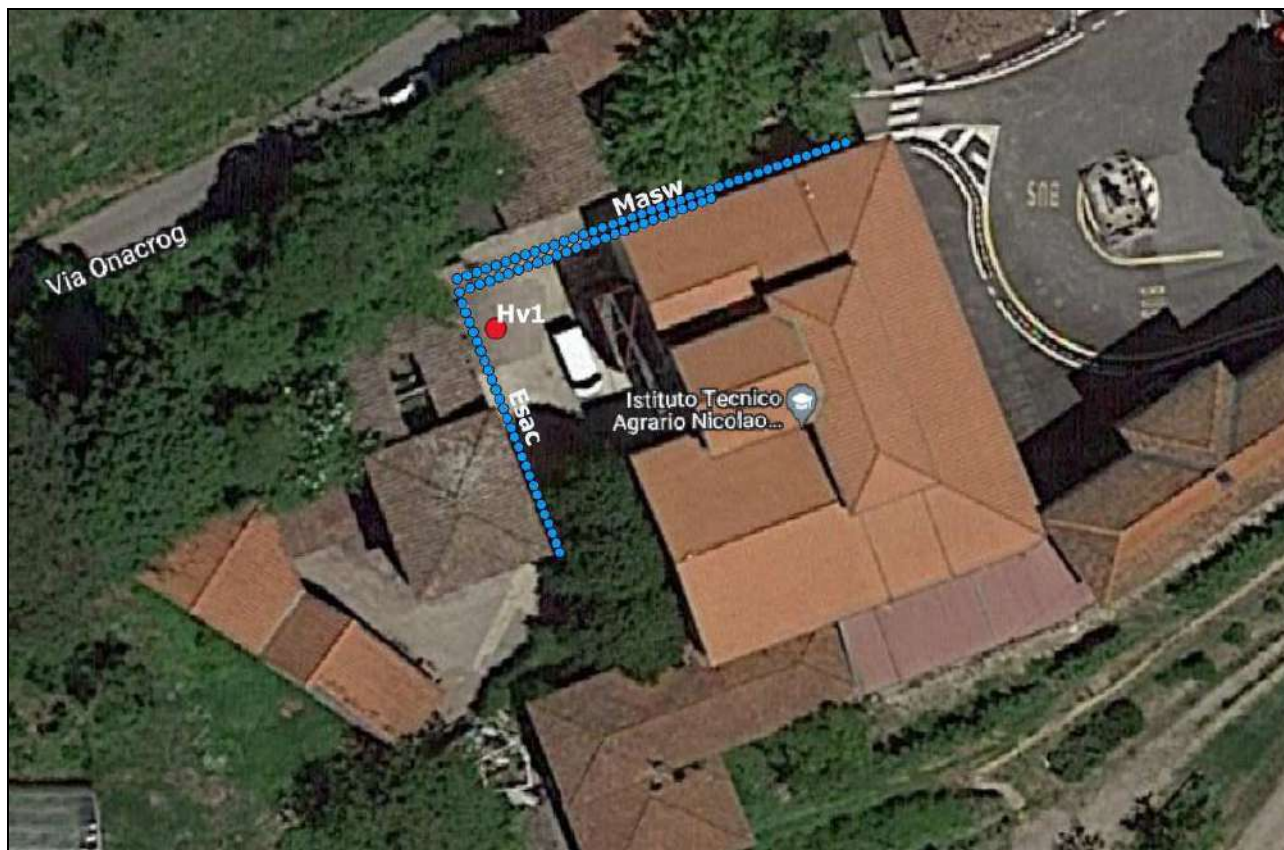
Altopascio, novembre 2022

MAPPO GEOGNOSTICA s.r.l.
Loc. Biagioni, 60 - 55010 SPIANATE (LU)
Tel. 0583.20799 Fax 0572.930069
P.IVA 02019570460
Reg. Imprese di Lucca 02019570460
Capitale versato € 12.000,00

Mappo Geognostica Srl

Loc. Biagioni, 60
55010 Spianate (LU)
Tel. 0583.20799 Fax 0572.930069
P.IVA 02019570460
www.mappogeognostica.it

UBICAZIONE INDAGINI



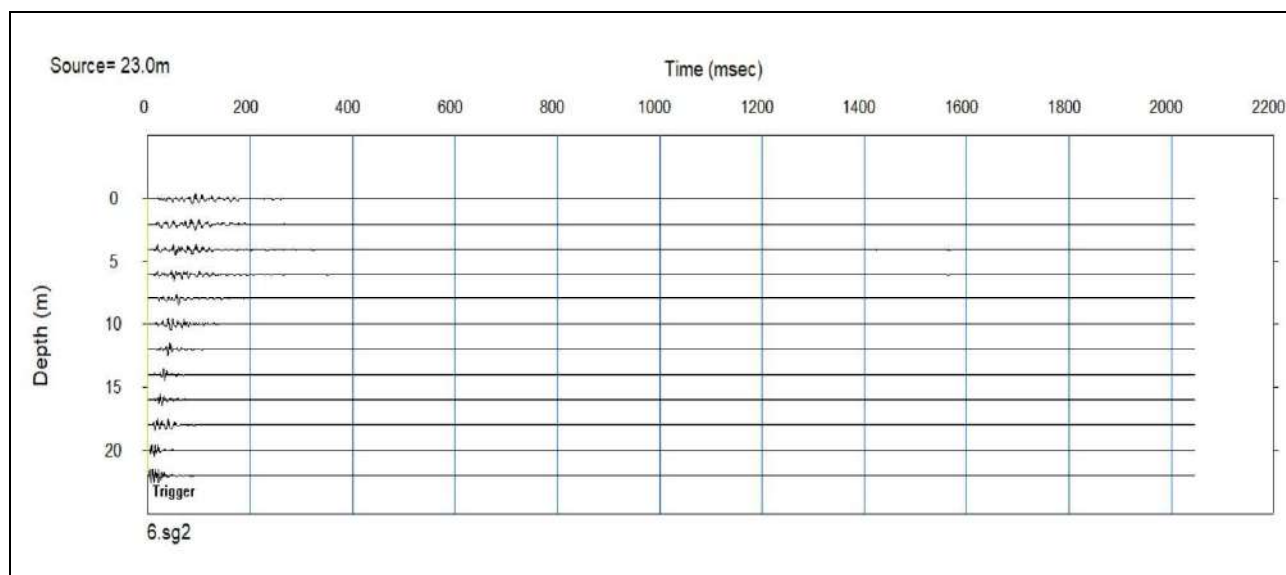
ALLEGATI:

- 1 - Tabulati e diagrammi indagini lineari;
- 2 - Report indagini HVSR;

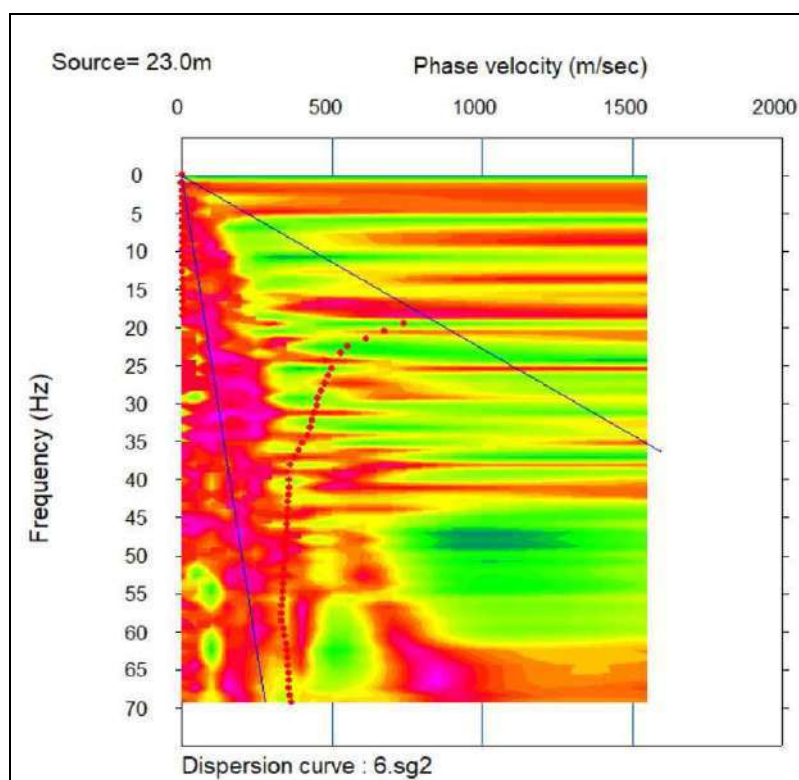
Mappo Geognostica Srl

Loc. Biagioni, 60
55010 Spianate (LU)
Tel. 0583.20799 Fax 0572.930069
P.IVA 02019570460
www.mappogeognostica.it

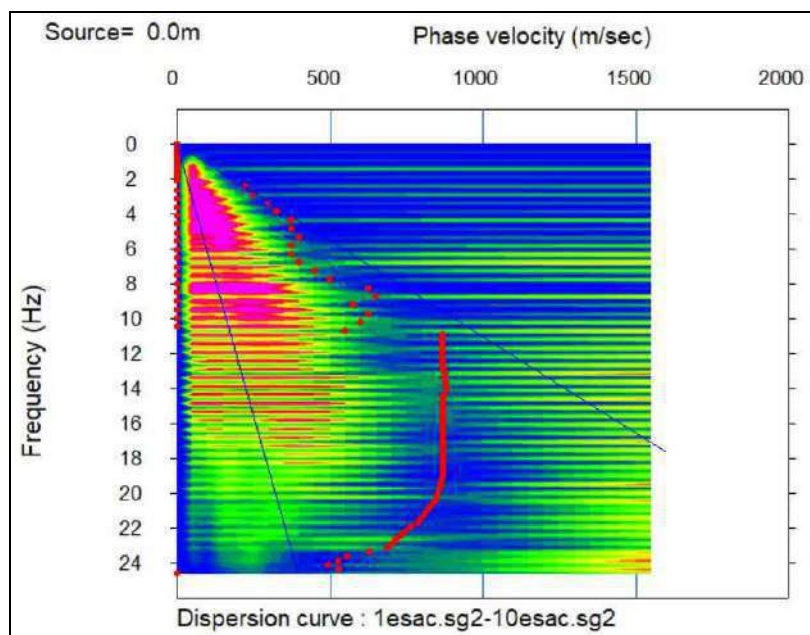
MASW-ESAC



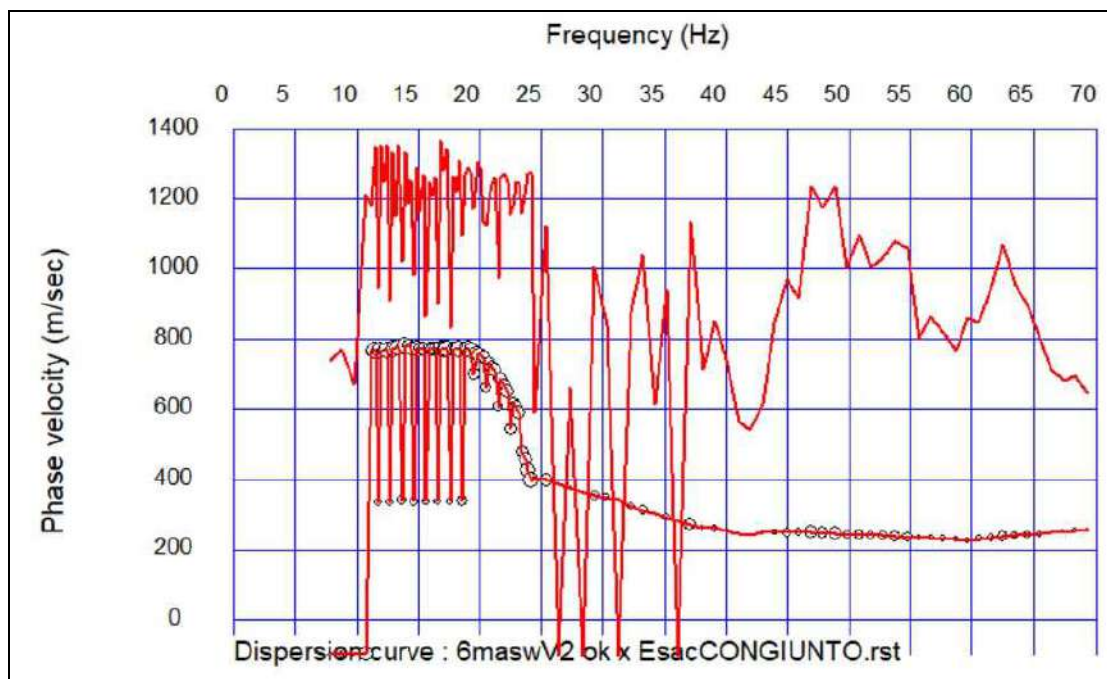
Sismogramma del segnale acquisito



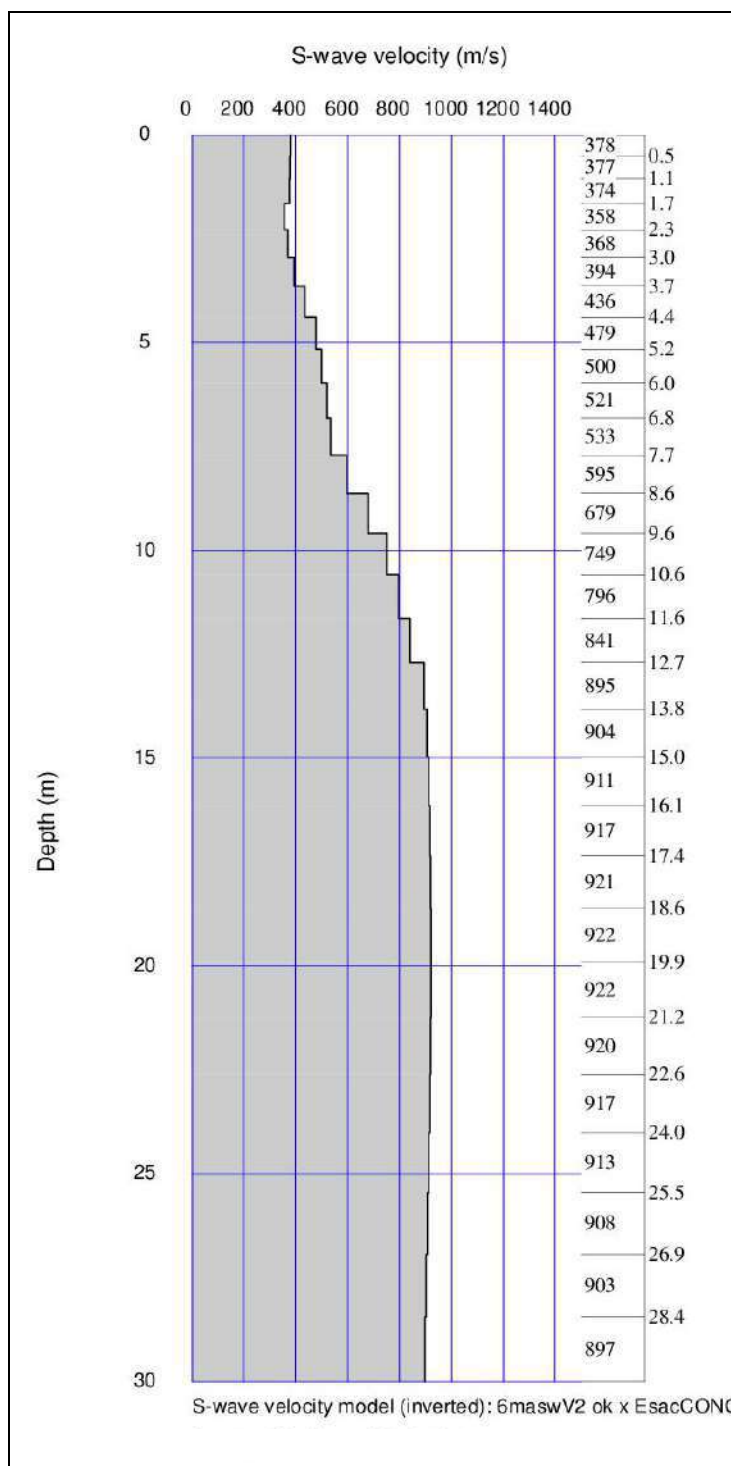
Curva di dispersione da MASW



Curva di dispersione da ESAC



Distribuzione dei punti del picking effettuato (congiunto).



Modello di velocità

**INDAGINE SISMICA DOWN HOLE IN VIA ONACROG, LOC.
MUTIGLIANO NEL COMUNE DI LUCCA**



Committente: Provincia di Lucca

Novembre 2022

Mappo Geognostica Srl

Loc. Biagioni, 60

55010 Spianate (LU)

Tel. 0583.20799 Fax 0572.930069

P.IVA 02019570460

www.mappogeognostica.it

INDICE

- 1. - Presentazione e finalità del progetto
- 2. - Metodo di acquisizione
- 3. - Descrizione della strumentazione utilizzata
- 4. - Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici
- 5. - Parametri di acquisizione
- 6. - Risultati ottenuti

RELAZIONE TECNICA

1. Presentazione e finalità del progetto

Nell'ambito delle indagini per interventi edilizi in via O.N.A.C.R.O.G. presso l'Istituto Busdraghi a Mutigliano, nel Comune di Lucca, è stata realizzata una campagna di indagine sismica condotta conformemente alla vigente normativa sismica ed in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003, al D.M. NTC 2018 e s.m.i., è stata effettuata n. 1 prova sismica tipo Down-hole in foro di sondaggio di profondità 13 metri realizzato nel lotto di intervento.

La prova tipo Down-hole è stata condotta conformemente alla vigente normativa sismica ed in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003, al D.M. 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni ed al DPGR 36/R del 2009.

Per la definizione del parametro V_{Seq} e della categoria di sottosuolo è stata quindi eseguita, in data 21/11/2022, la prova suddetta, nel foro di sondaggio - S1-DH.

Nella presente relazione tecnica verrà illustrato il metodo di acquisizione, elaborazione ed i risultati ottenuti.

2. Metodo di acquisizione

La prova down-hole consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno d'onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde Sh). Mediante tre ricevitori (geofoni) disposti nel terreno, a profondità note, rilevano l'istante di arrivo del treno di onde P e S, rispetto all'istante in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza (nota) tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e S.

Per tali indagini viene utilizzato un geofono da foro (con n.1 geofono interno ad asse verticale e n.2 ad asse orizzontale con frequenza di taglio pari a 4,5 Hz). Le acquisizioni sono eseguite con array verticali. Le energizzazioni si effettuano in modo da generare onde di compressione ed onde di taglio (P ed S) per ogni quota a cui è stato fissato il geofono da foro; vengono ripetute più volte nello stesso punto in modo da sommare successivamente i segnali ottenuti ottenendo così un aumento del rapporto segnale/rumore.

Questa metodologia d'indagine si basa sulla teoria della rifrazione che consiste nella misura dei tempi di percorso delle onde di volume (P o S) dirette e rifratte (i cosiddetti primi arrivi) che, partendo in un istante noto da una sorgente artificiale di posizione conosciuta, arrivano ai diversi geofoni (sensori collocati a distanze note dalla sorgente)

Le onde dirette sono quelle che si propagano direttamente dalla sorgente ai geofoni senza scendere in profondità, invece le onde rifratte, sono quelle che, dopo essere penetrate in profondità nel sottosuolo, incontrano un rifratore (superficie di aumento significativo della velocità di propagazione) e vengono da esso trasmesse in superficie (a causa del fenomeno dell'incidenza critica dei raggi sismici).

I dati ricavati da tale tipo di indagine consentono di determinare un modello monodimensionale del sottosuolo. Utilizzando la distanza tra il punto di scoppio, la profondità dei geofoni ed i tempi di arrivo del segnale sismico, si ricavano le curve tempo-distanza (dromocrone); dai tempi relativi ai primi arrivi uniti alle varie quote di ricezione.

Oltre alle inevitabili anisotropie e disomogeneità del terreno, che impediscono una ricostruzione univoca del modello geometrico, è necessario ricordare che le velocità delle onde dipendono da diversi fattori quali la compattezza, la porosità, la tessitura, l'alterazione della roccia, il grado di saturazione. Tutti questi elementi contribuiscono ad una grande variabilità di valori anche per singole classi di rocce o terreni.

3. Descrizione della strumentazione utilizzata

L'apparecchiatura utilizzata per l'indagine sismica Down-Hole si compone di:

- SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI

- n.1 sismografo analogico a 24 canali "SYSMATRACK" della ditta M.A.E. S.r.l., perfettamente idoneo per sismica a rifrazione, acquisizione dati per calcolo di V_{s30} , monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche Down-Hole e VSP.

- n.1 PC portatile Samsung per il salvataggio dei dati acquisiti.

- SISTEMA DI RICEZIONE

- n.1 geofono d foro a tre componenti con frequenza pari a 10 Hz, collegati al sistema di acquisizione tramite un cavo.

- SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE e STARTER

- n.1 mazza da 8 Kg

- n.1 piastra di diametro pari a 20 cm.

- n.1 traversina in legno del peso > 20 Kg.

- n.1 cella piezoelettrica per lo *starter* collegato al sismografo tramite un cavo elettrico.

- Mezzo di contrasto: Suzuki jimny.

4. Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici

La fase di elaborazione dei dati è stata preceduta dall'osservazione diretta dei sismogrammi acquisiti e l'identificazione dei primi arrivi delle onde P ed S registrate. Questi ultimi sono stati inseriti in uno specifico programma PS_Lab, attraverso il quale si sono ottenuti i profili sismici.

Avendo effettuato la prova con un solo ricevitore procediamo all'elaborazione dei dati con il metodo diretto; questo metodo consiste nel correggere i tempi di arrivo delle onde ai ricevitori per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro (fig.1), r la distanza fra la sorgente e la terna di geofoni in foro, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti mediante la seguente formula di conversione:

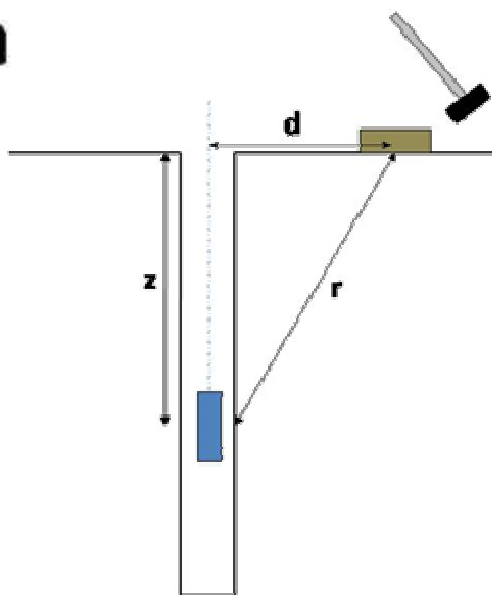


Fig. 1- Schema per la correzione dei tempi

$$t_{corr} = t \cdot \frac{z}{r}$$

Calcolati i tempi corretti per ogni profondità e per ogni tipo d'onda si realizza il grafico t_{corr} Vs z in modo da rappresentare la velocità media dei vari sismostrati mediante l'inclinazione della retta lungo la quale si allineano i dati sperimentale.

5. Parametri di acquisizione

Nella tabella sottostante sono riportati i dati tecnici utilizzati durante l'esecuzione delle prove in campagna, valido per tutte le acquisizioni:

Profondità indagine	12 m	
Distanza energizzazione	P	Sh
	3.0	3.0
Frequenza geofoni	10 Hz	
Intervallo di campionamento	1 m	
N° energizzazioni per ogni posizione	4	
Frequenza campionamento	7500 camp./s	
Tempo passo di campionamento	0,066ms	
Tempo registrazione	0,475 s	

6. Risultati ottenuti

L'elaborazione dei dati ottenuti dall'indagine Down-hole in base a quanto descritto fin ora, ha consentito di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "P" ed "Sh", sia il parametro V_{seq} relativi al sottosuolo del sito che la ricostruzione stratigrafica.

Per quanto riguarda la ricostruzione stratigrafica effettuata, è stata basata sulle informazioni ricavate dai rispettivi sondaggi eseguiti in corrispondenza della verticale d'indagine, mostrando peraltro una buona corrispondenza con i sismostrati evidenziati dall'analisi delle dromocrone.

Relativamente ai risultati delle indagini di superficie, precedentemente effettuate, il modello risultante è perfettamente paragonabile: la differenza maggiore si ha nella velocità assoluta misurata, ma essendo la Down-hole un prova di maggior dettaglio, riteniamo ragionevole validare il modello sottostante.

Suddividendo gli strati secondo i valori dalla velocità delle onde S è possibile ipotizzare una successione stratigrafica riportata nella tabella sottostante:

DH 1

S pessore strato (m)	V_p misurata in situ (m/s)	V_s misurata insitu (m/s)	R apporto spessore velocità	Tempi parziali-onda S misurata (sec)	Coef ficiente di Poisson
1	714	435	$\frac{h_1}{V_1}$	0,002	0.20
4	784	305	$\frac{h_2}{V_2}$	0,013	0.41
4	1600	678	$\frac{h_3}{V_3}$	0,006	0.39
-	2500	1154	$\frac{h_4}{V_4}$	-	0.36

N.B. Tali risultati sono stati interpretati con il METODO delle intercette: tale procedura, specie a profondità elevate, fornisce un valore mediato della velocità su tutti gli strati superiori senza tener conto delle differenti rigidzze. Per determinare la velocità (VP , VS) basterebbe dividere la distanza diretta sorgente-ricevitore (d1 e d2) per il relativo tempo di arrivo ('reale'), oppure la profondità di ciascun geofono (z1 e z2) per il rispettivo tempo di arrivo 'corretto'.

Il calcolo della velocità equivalente $V_{s,eq}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m. di profondità, sulla base dei risultati ottenuti, è stato effettuato mediante la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove:

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 V_s inferiore a 800 m/s

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di 4 sismostrati presenti nei primi 12 metri di profondità.

Per il calcolo di tale parametro si rimanda al tecnico incaricato.

In allegato vengono riportati l'ubicazione della prova, la tabella dei tempi dei primi arrivi, le relative dromocrone, relative all'indagine eseguita, al fine di rendere migliore il confronto tra le stesse.

Altopascio, novembre 2022

Mappo Geognostica s.r.l.
Loc. Biagioni, 60 - 55010 SPIANATE (LU)
C.F. 02019570460
Reg. Imprese di Lucca 02019570460
Capitale versato € 12.000,00

UBICAZIONE INDAGINE



Mappo Geognostica Srl

Loc. Biagioni, 60
55010 Spianate (LU)
Tel. 0583.20799 Fax 0572.930069
P.IVA 02019570460
www.mappogeognostica.it

INSTRUMENTS INFO

Model type: sysmatrack

Sensor type: 3 canali

Site info

Place: Istituto Busdraghi

Address: Via ONACROG - Mutigliano

Latitude: 43°52'56"

Longitude: 10°28'18"

Datum: WGS84

Elevation [m]: 77

Weather: Sereno

Note: -

ACQUISITION INFO

Date: 26/11/2022

Client: Provincia di Lucca

User: Operatore

SPS: 7500

Samples number: 4096

Length [s]: 0,5461333333333333

Depth [m]: 12

P Shot distance [m]: 3

S Shot distance [m]: 3

Mappo Geognostica Srl

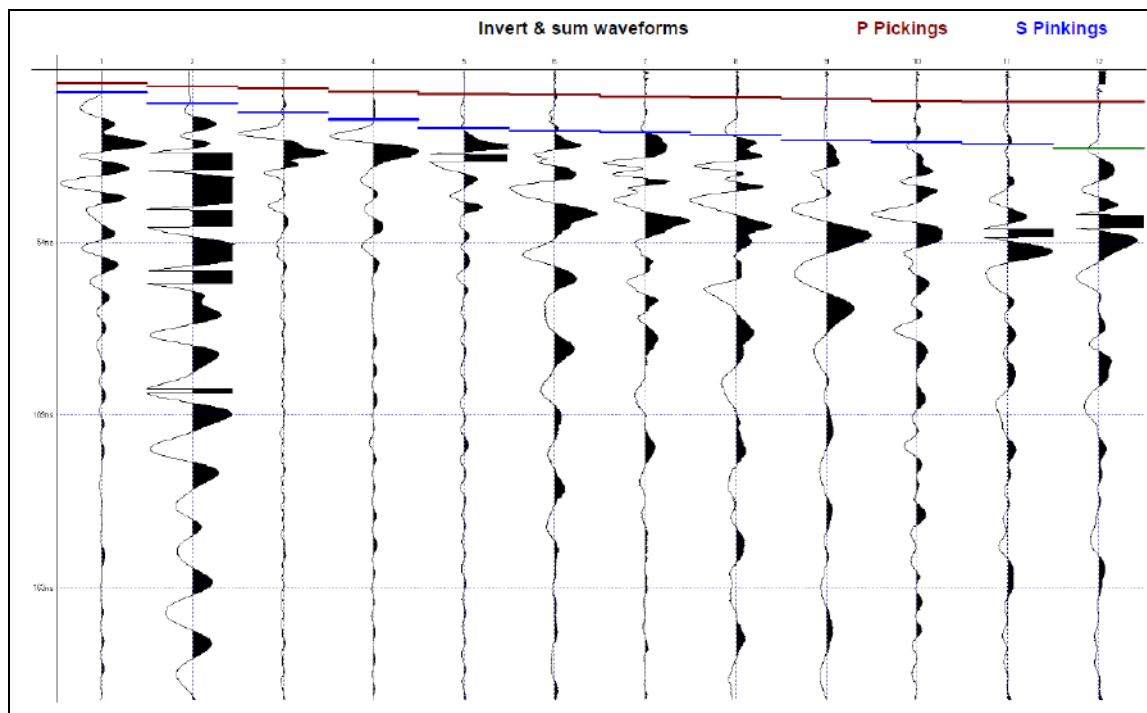
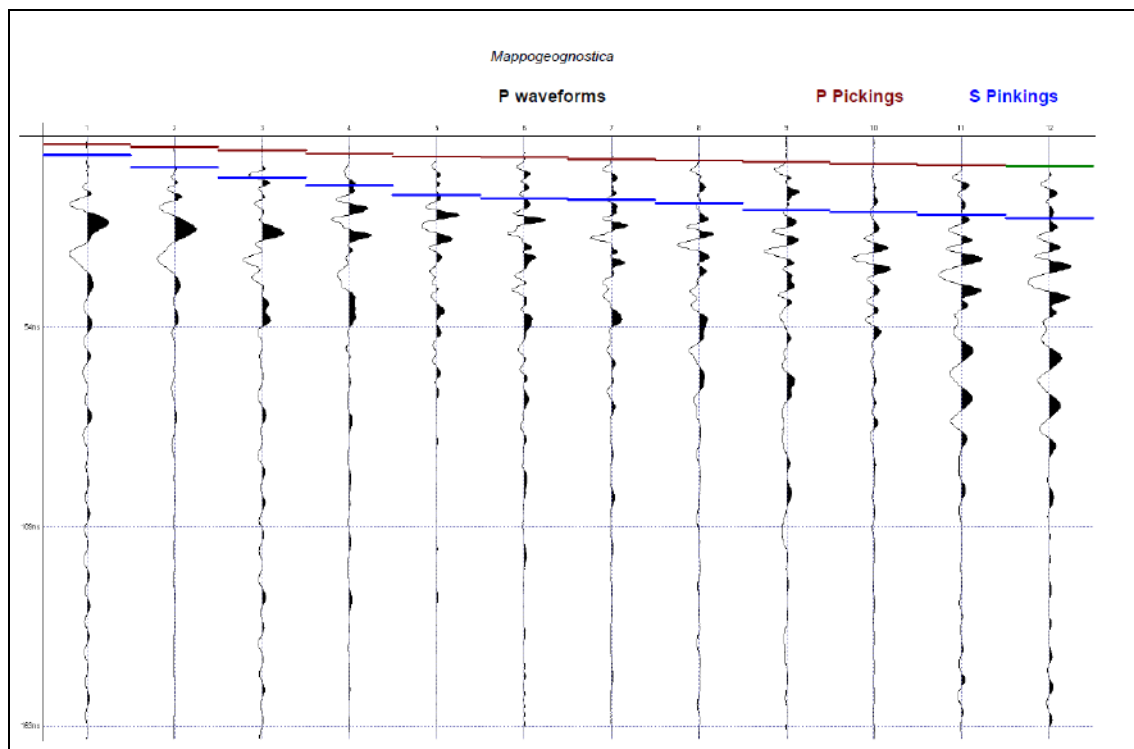
Loc. Biagioni, 60

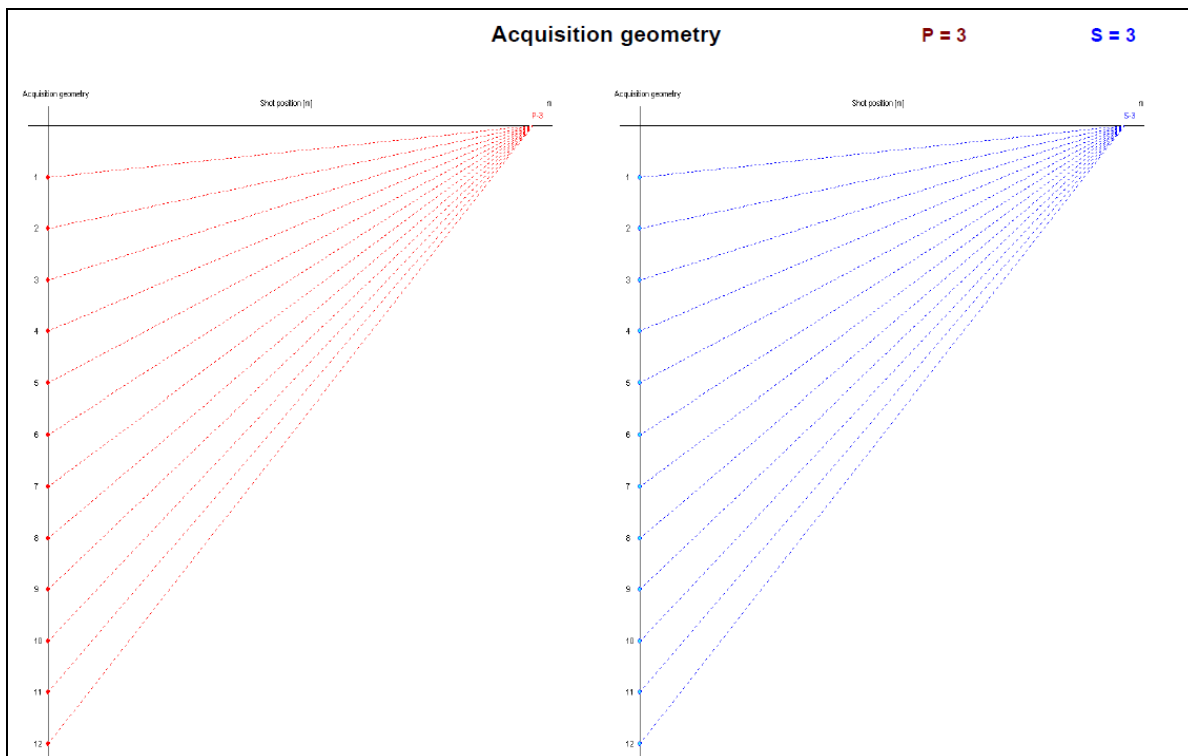
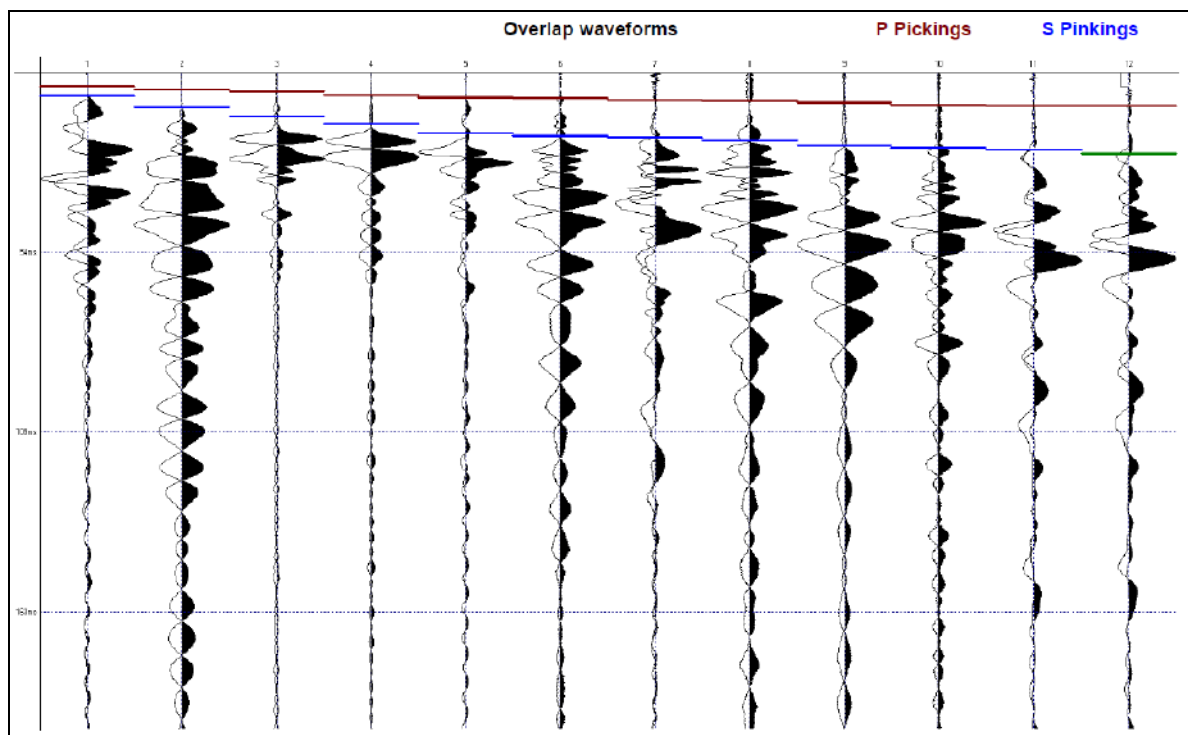
55010 Spianate (LU)

Tel. 0583.20799 Fax 0572.930069

P.IVA 02019570460

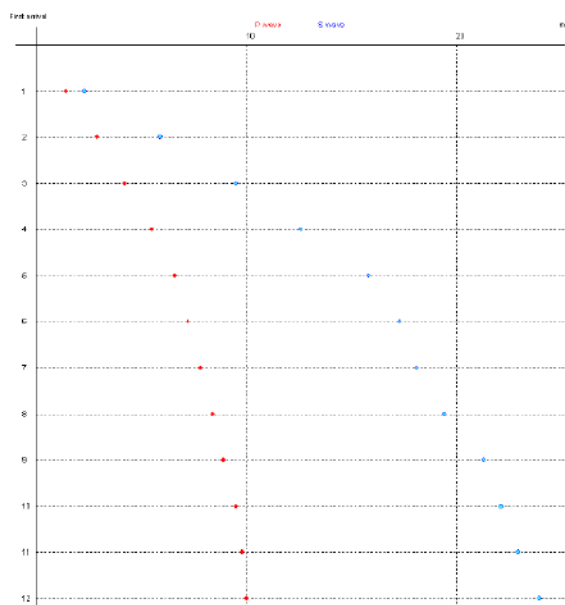
www.mappogeognostica.it





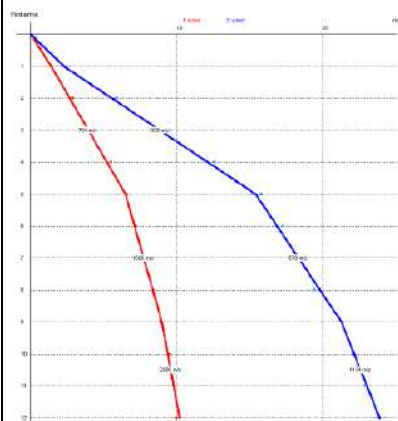
DATASET

Depth	P [ms]	S [ms]	Ps [ms]	Ss [ms]
1	4.4	7.3	1.4	2.3
2	5.2	10.7	2.9	5.9
3	6	13.5	4.2	9.5
4	6.9	15.7	5.5	12.6
5	7.7	18.4	6.6	15.8
6	8	19.3	7.2	17.3
7	8.5	19.7	7.8	18.1
8	8.9	20.7	8.4	19.4
9	9.3	22.4	8.9	21.3
10	9.9	23.1	9.5	22.1
11	10.1	23.7	9.8	22.9
12	10.3	24.7	10	23.9

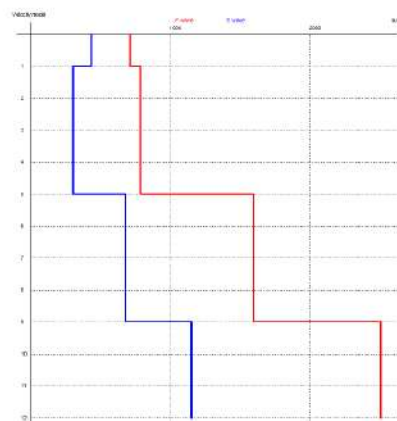


Mappogeognostica

INTERCEPT METHOD



Depth [m]	Vp [m/s]	Depth [m]	Vs [m/s]
1	714	1	435
5	784	5	305
9	1600	9	678
12	2500	12	1154



Mappo Geognostica Srl

Loc. Biagioni, 60

55010 Spianate (LU)

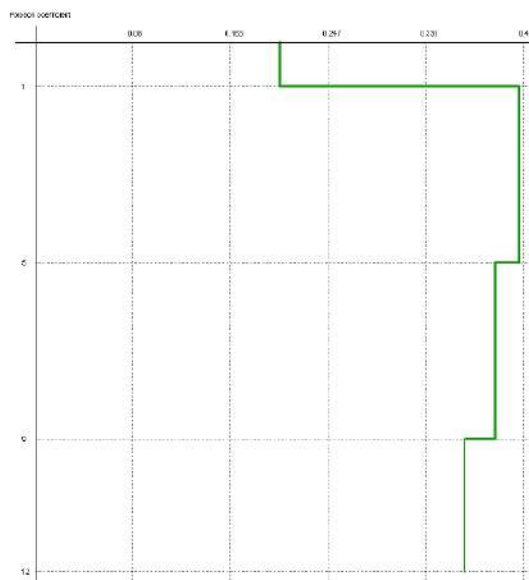
Tel. 0583.20799 Fax 0572.930069

P.IVA 02019570460

www.mappogeognostica.it

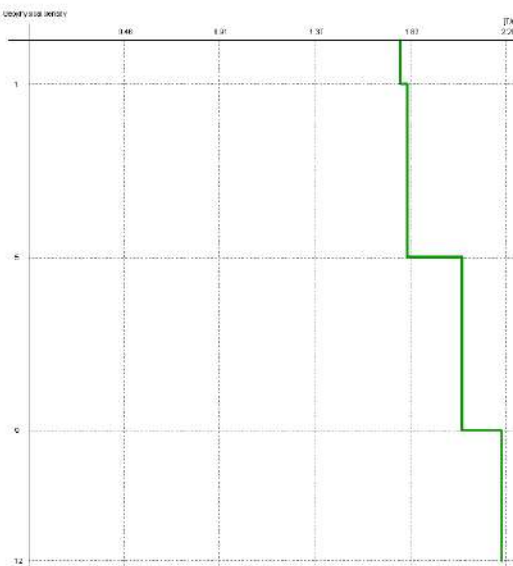
**Intercept method
Poisson**

Depth [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Poisson
0 + 1	714	435	0.206
1 + 5	784	305	0.411
5 + 9	1600	678	0.391
9 + 12	2500	1154	0.365



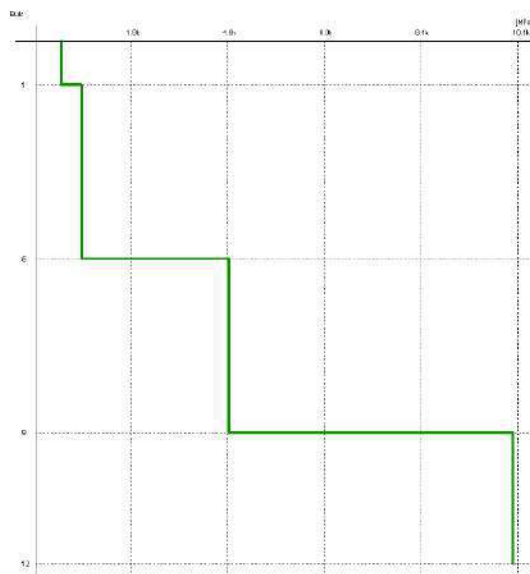
**Intercept method
G. Density**

Depth [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	G. Density [t/m³]
0 + 1	714	435	1.78
1 + 5	784	305	1.81
5 + 9	1600	678	2.07
9 + 12	2500	1154	2.26



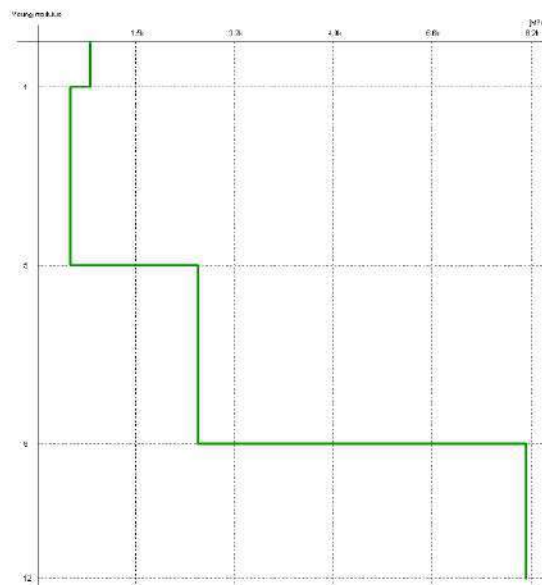
**Intercept method
Bulk**

Depth [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Bulk [MPa]
0 + 1	714	435	458.87
1 + 5	784	305	888.09
5 + 9	1600	678	4.0k
9 + 12	2500	1154	10.0k



**Intercept method
Young**

Depth [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Young [MPa]
0 + 1	714	435	810.25
1 + 5	784	305	475.95
5 + 9	1600	678	2.6k
9 + 12	2500	1154	8.1k



**Intercept method
Shear**

Depth [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Shear [MPa]
0 ÷ 1	714	435	336.01
1 ÷ 5	784	305	168.69
5 ÷ 9	1600	678	952.29
9 ÷ 12	2500	1154	3.0k

