



AREA SERVIZI TERRITORIALI METROPOLITANI

STRADA: SP36 "VAL DI ZENA"		Settore Strade e Sicurezza	
LAVORO: LAVORI DI RIPRISTINO DEFINITIVO DELLA SEDE STRADALE E DELLE SCARPATE DI MONTE E DI VALLE DELLA SP36 VAL DI ZENA DAL KM 11+820 AL KM 12+050			
ELABORATO: RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA		PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA	
PROGETTAZIONE GENERALE E SPECIALISTICA:  <small>Sede operativa: via Bruno Buozzi 90, 59100 Prato Sede legale: via dei Della Robbia 23, 50132 Firenze www.proteoing.it proteo@proteoing.it proteo@pec.proteoing.it CF/P.IVA 07069190481</small> Ing. CARLO BAIETTI		GEOLOGIA: Dott. Geol. CLAUDIO CINTI GEOTEA S.r.L. ARCHEOLOGIA: Dott.ssa ROSSANA GABRIELLI Dott. FRANCESCO DALL'ARMI Leonardo S.r.l.	
COLLABORATORE: Ing. GIANPIERO BRUNO STICCHI 			
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: ING. LUCIA MOLICA-FRANCO			
B		SCALA:	TAV./ELAB Nr.
A	MAGGIO 2025	EMISSIONE	F
REV.	DATA	MODIFICA	

QUESTO DISEGNO E LA RELATIVA INVENZIONE SONO DI PROPRIETA' DELL'AMMINISTRAZIONE
 NON NE E' CONSENTITO L'UTILIZZO SE NON SU ESPLICITA AUTORIZZAZIONE
 OGNI DIRITTO A TALE RIGUARDO E' ESPRESSAMENTE RISERVATO ED ESCLUSIVO

REGIONE EMILIA ROMAGNA
Città Metropolitana di Bologna
Comune di Pianoro

Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050

Relazione Geologica e Sismica

Aggiornamenti	4				
	3				
	2				
	1				
	0	maggio 2025	Claudio Cinti	Stefano Maggi	Emissione
	N	Data	Redatto	Approvazione	Descrizione

Committente:

PROTEO INGEGNERIA SRL

Redatto da:



GEOTE s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

CERTIFIED QUALITY
MANAGEMENT SYSTEM
CQY
CERTQUALITY
UNI EN ISO 9001:2015

Fornitori:



MOD PROD14 REV00

Codice Cliente:

Codice interno: 25.2076

Geotea s.r.l. - via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel 051 6255377- Fax 051 4998378
e-mail: info@geoteasrl.it

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p> <p>Relazione Geologica e Sismica</p>	
------------------------------	--	---

SOMMARIO

1.	IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3.	PREMESSE	5
3.1.	Riferimenti cartografici	6
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	7
4.1.	Caratteri morfologici, litologici	8
4.2.	Assetto idrologico dell'area	9
5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO	10
5.1.	Sismicità di base	10
5.2.	Amplificazione locale	10
5.3.	Modello sismico di sottosuolo	11
6.	INDAGINI GEOGNOSTICHE	12
6.1.	Prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH)	12
6.2.	Sondaggi a carotaggio continuo	13
6.3.	Prove SPT in foro di sondaggio	15
6.4.	Caratteristiche geomeccaniche della locale formazione - (Hoeck-Brown Classification)	16
6.5.	Analisi di laboratorio geotecnico	17
7.	ANALISI DEI DATI	18
7.1.	Modello geologico stratigrafico	18
8.	PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO	19
8.1.	Fondazioni e opere di sostegno	19
8.2.	Verifiche di stabilità	19
9.	CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI	20

ALLEGATI

- ALL1 - Prove penetrometriche dinamiche DPSH
- ALL2 - Sondaggi a carotaggio continuo e prove SPT in foro
- ALL3 - Prospezioni geofisiche MASW-HVSR
- ALL4 - Prove di laboratorio geotecnico
- ALL5 - Caratterizzazione geomeccanica
- TAV.1 – Ubicazione Indagini
- TAV.2 – Profilo Stratigrafico

PROTEO INGEGNERIA SRL	Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050 Relazione Geologica e Sismica	
-----------------------	---	---

1. IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO

Note identificative.

Il presente lavoro viene identificato per mezzo del codice numero di commessa interno 25.2076 rev. n° 00, del nostro archivio interno.

Direzione indagini e coordinamento lavoro.

Dott. Geol. Claudio Cinti.

Redazione del documento

Il presente documento è stato redatto dal Dott. Geol. Claudio Cinti

Collaboratori.

Dott. Giacomo Parente

Composizione del documento.

Il presente documento è formato da n° 20 fogli di testo e 65 pagine di allegati.

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p> <p>Relazione Geologica e Sismica</p>	
------------------------------	--	---

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento elencate di seguito:

Circolare Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 21.01.2019

Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni " di cui al D.M.17 gennaio 2018.

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 02.02.2009

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni " di cui al D.M.14 gennaio 2008.

Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario -Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n.36 del 27.07.2007

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 sito(2002).UNI

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I :Regole Generali .-UNI

Circ. Min. LL.PP. n° 30483 24 Settembre 1988

Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

Decreto Ministeriale 11 Marzo 1988

"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazioni".

3. PREMESSE

A seguito di un evento di dissesto che ha coinvolto parte della carreggiata della Strada Provinciale SP36 Val di Zena, al km 11+900, nell'ambito del progetto di realizzazione di una nuova variante stradale, è stato commissionato agli scriventi uno studio geologico e geotecnico delle aree interessate dalla futura variante che troverà sede a monte dell'attuale piano viabile.



Fig.1 - zona in dissesto sottostante la carreggiata



Fig.2 - Fronte in dissesto sotto la carreggiata

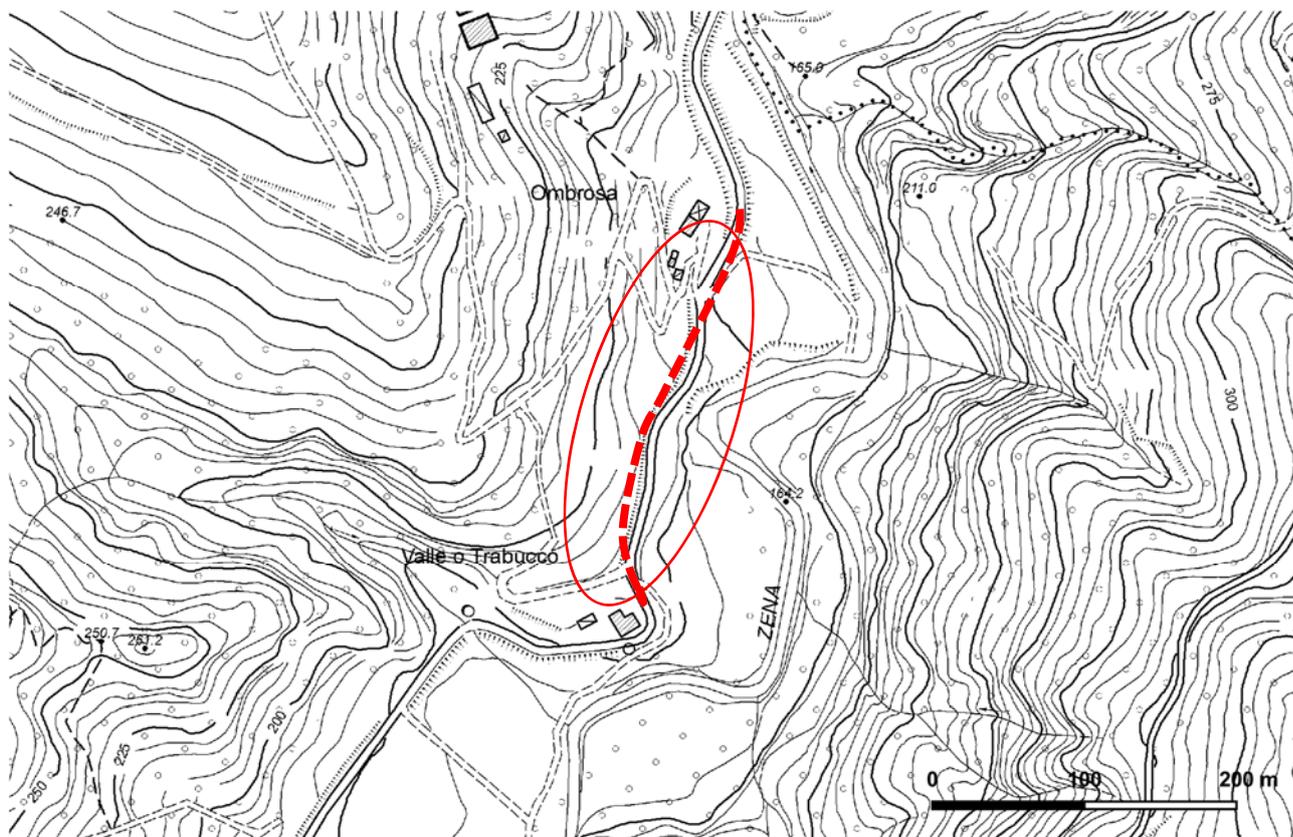


Fig. 3 – Estratto CTR Regione Emilia Romagna – In rosso l'area di indagine e il tracciato della nuova variante.

Per lo studio è stata programmata una campagna di indagini geognostiche consistita nell'esecuzione di:

- n°2 Sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT in foro e prelievo di campioni
- n°4 Prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH)
- Prove di laboratorio geotecnico
- Prospezioni geofisiche sismiche per la determinazione della categoria di suolo

I risultati ottenuti nel corso delle indagini sono stati utilizzati per la costruzione del modello geologico e geotecnico del sito e per le successive verifiche di stabilità dei versanti.

3.1. Riferimenti cartografici

Da un punto di vista cartografico l'area in oggetto è compresa nei seguenti elaborati tecnici CTR della Regione Emilia Romagna:

- Foglio n. 238 – Castel San Pietro Terme
- Sezione n. 238010 – Pianoro
- Elemento n. 238012 – Ca' Bazzone

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p> <p>Relazione Geologica e Sismica</p>	
------------------------------	--	---

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nel settore di studio si rinvencono terreni appartenenti alle Unità Plioceniche, rappresentati dalla Formazione di Monte Adone (ADO) oltre a depositi appartenenti alla Successione neogenico – quaternaria del margine appenninico padano, identificati dai depositi appartenenti all'Unità di Modena (AES8a).

Nell'area affiorano diffusamente i terreni appartenenti al Membro delle Ganzole (ADO2), definiti *Prevalenti arenarie grigie, beige se alterate, poco cementate, con matrice siltoso-argillosa e subordinati conglomerati, in strati da medi a banchi, alternate a peliti sabbiose grigie con stratificazione da sottile a spessa, a geometria tabulare e lenticolare. Verso l'alto aumentano le peliti. Stratificazione poco evidente per bioturbazione.*

L'area interessata dal dissesto è rappresentata da una parete subverticale generata dall'azione erosiva del torrente Zena, che pone in affioramento i terreni appartenenti alla Formazione di Monte Adone – Membro delle Ganzole (ADO2).

Il torrente Zena, che in questo tratto scorre incassato circa 20m al di sotto dei depositi terrazzati riferibili all'Unità di Modena, genera un'azione erosiva in corrispondenza della riva concava del meandro, che ha come risultato l'erosione al piede della scarpata sottostante al piano stradale della SP36.

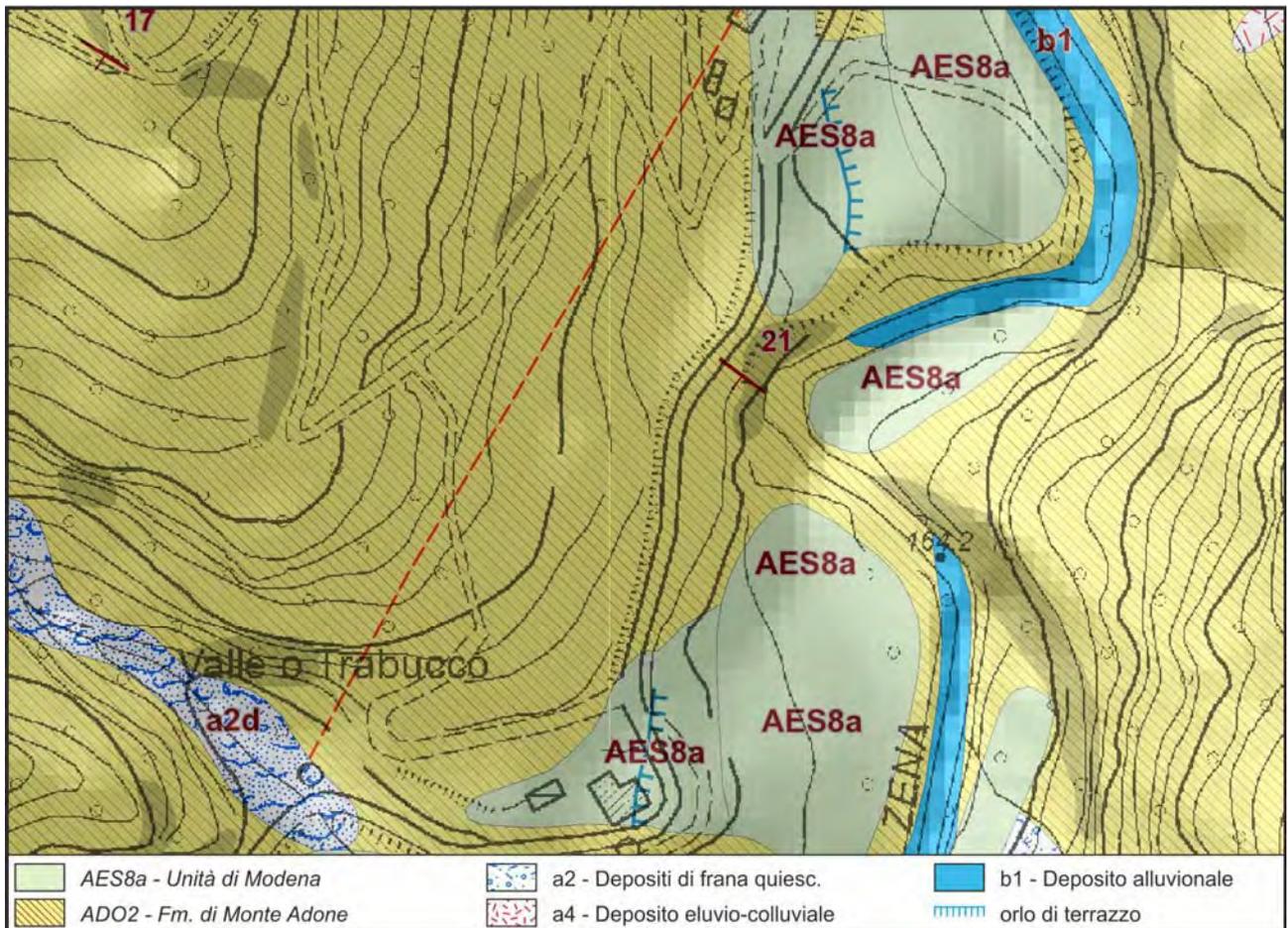


Fig.4 – Estratto Carta geologica della Regione Emilia Romagna

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p> <p>Relazione Geologica e Sismica</p>	
------------------------------	--	---

4.1. Caratteri morfologici, litologici

In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**2 si osserva il dissesto che ha coinvolto il tratto della SP36 in prossimità della scarpata modellata dall'attività erosiva del torrente Zena.

Attualmente la sede della SP36 corre in fregio alla linea di distacco della frana.

Il dissesto coinvolge la parte superiore della scarpata, occupata da materiali detritici soggetti ad una costante erosione concentrata, da parte delle acque stradali.

Le arenarie di Monte Adone formano la parte inferiore del pendio. Si presentano ad andamento sub verticale nella parte mediana, separate nella parte più bassa da un tetto aggettante.

L'evoluzione avviene per arretramento della scarpata per erosione spondale e crollo semplice di spessori metrici di arenaria. Attualmente il rischio di evoluzione del movimento è molto alto, con pericolo di crollo di una porzione della sede stradale.

Il progetto del nuovo tratto in variante, troverà sede al piede del versante, e interesserà i terreni a monte della attuale carreggiata.

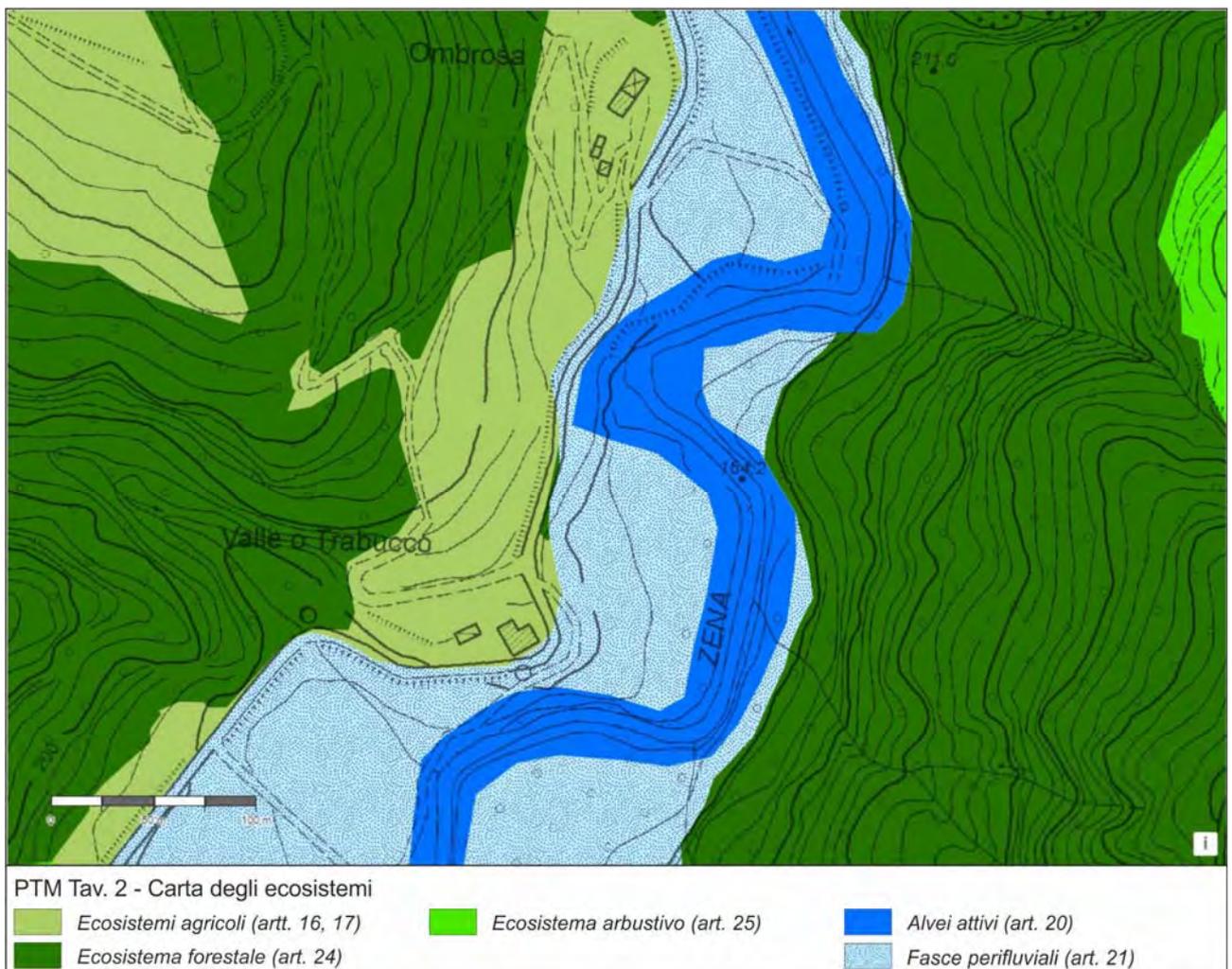


Fig.1 – Estratto da “Carta degli ecosistemi” del PTM della Città Metropolitana di Bologna.

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p> <p>Relazione Geologica e Sismica</p>	
------------------------------	--	---

Il sito oggetto di studio ricade su terreni sottoposti a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923 e non ricade nelle aree boscate tutelate ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs 42/2004 smi.

L'area in cui si è verificato il fenomeno di dissesto ricade all'interno del poligono "Alvei attivi e invasi dei bacini idrici" (Fig.1), definito dal PTM art. 20, così come rappresentato nella Carta degli ecosistemi (PTM Tav. 2) e nella Carta delle reti ecologiche, della fruizione e del turismo (PTM Tav. 5) mentre il tratto della SP36 interessato ricade all'interno delle "Fasce perfluviali di collina e montagna" definite dal PTM art. 21.

Il lotto interessato dall'ipotesi di bypass stradale ricade invece all'interno del poligono "Ecosistemi agricoli – Aree agricole nelle aree montano-collinari intravallive", definito dal PTM artt. 16 e 17.

4.2. Assetto idrologico dell'area

Non è segnalata la presenza di falde e, in sede di indagine, non sono stati riscontrati livelli freatici.

Data la permeabilità della coltre superficiale limoso-sabbiosa non si esclude che localmente possano esservi vie preferenziali di filtrazione. Tuttavia queste, potrebbero trovare naturale vie di fuga, o emersioni in forma di sorgente, al contatto con la sottostante formazione.

PROTEO INGEGNERIA SRL	Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050 Relazione Geologica e Sismica	
-----------------------	--	---

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO

5.1. Sismicità di base

Identificazione del sito

Via Zena – SP36 km 11+800 12+050

Pianoro (BO)

Latitudine

44.364104 (ED50) – 44.363162 (WGS84)

Longitudine

11.402221 (ED50) – 11.401232 (WGS84)

Punti di interpolazione del reticolo

17397 - 17398 - 17620 - 17619

Tipo di costruzione

Opere sostegno

Vita nominale

50 anni

Classe d'uso

II - Normali affollamenti

Vita di riferimento

50 anni

Categoria sottosuolo

B

Categoria topografica

T2

Stati limite		P _{VR} (%)	T _R (anni)	a _g (g)	F ₀ (adm)	T _C * (s)
SLE	SLO	81	30	0,061	2,466	0,259
	SLD	63	50	0,076	2,448	0,269
SLU	SLV	10	475	0,178	2,501	0,295
	SLC	5	975	0,222	2,535	0,308

P_{VR} = probabilità di superamento nel periodo di riferimento;
 T_R = periodo di ritorno dell'azione sismica;
 a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di riferimento rigido orizzontale;
 F₀ = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
 T_C* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

5.2. Amplificazione locale

Da misure HVSR (vedi Allegato3) la velocità media equivalente delle onde di taglio S con profondità del substrato (V_s > 800 m/sec) posto ad H>30m, come da cap. C3.2.2 NTC 2018 e Circolare applicativa, è risultata pari a **V_{seq} = 438 m/s**, pertanto seguendo l'approccio semplificato di cui alle NTC 2018, è **possibile collocare il sottosuolo in classe B**.

In base alle caratteristiche topografiche della zona, si attribuisce una categoria T2 (S_t=1.2)

Dai dati riportati in precedenza è possibile definire l'**azione sismica per il sito in esame relativamente alla**

verifica di pendii e fondazioni:

Stati limite		S _s (-)	C _c (-)	S _T (-)	Kh (-)	K _v (-)	A _{max} (m/s ²)	Beta (-)
SLE	SLO	1.20	1.44	1.20	0.017	0.009	0.855	0.20
	SLD	1.20	1.43	1.20	0.022	0.011	1.079	0.20
SLU	SLV	1.20	1.40	1.20	0.061	0.031	2.511	0.24
	SLC	1.17	1.39	1.20	0.087	0.044	3.056	0.28

Tab. 1 - Coefficienti sismici considerando V_R = 50anni (C_U = 1; Classe d'uso II)

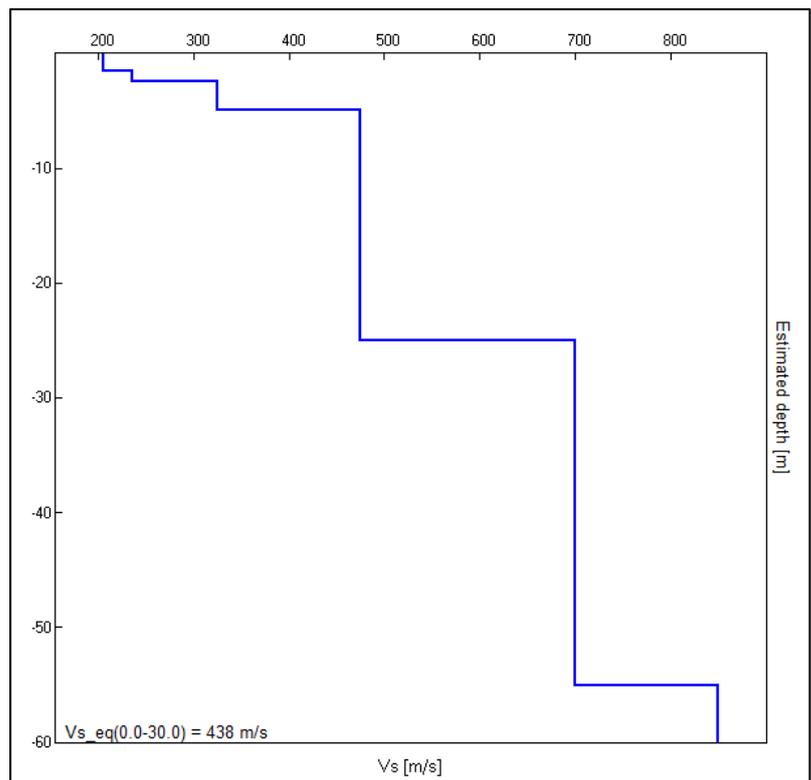
relativamente all'opera di sostegno:

Stati limite		Ss (-)	Cc (-)	Sr (-)	Kh (-)	Kv (-)	Amax (m/s ²)	Beta (-)
SLE	SLO	1.20	1.44	1.20	-	-	0.855	-
	SLD	1.20	1.43	1.20	0.052	0.026	1.079	0.47
SLU	SLV	1.20	1.40	1.20	0.097	0.049	2.511	0.38
	SLC	1.17	1.39	1.20	-	-	3.056	-

5.3. Modello sismico di sottosuolo

Dall'interpretazione dei dati acquisiti, il modello di sottosuolo sismico proposto in termini di Vs, è il seguente:

Profondità base strato (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1.50	1.50	205
2.50	1.00	235
5.00	2.50	325
25.00	20.00	475
55.00	30.00	700
inf.	inf.	850



La curva sperimentale HVSR (Figg.2-3 Allegato3) è caratterizzata da una significativa amplificazione locale del moto del suolo per risonanza stratigrafica a elevato contrasto d'impedenza con picco a circa 15 Hz.

PROTEO INGEGNERIA SRL	Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050 Relazione Geologica e Sismica	
-----------------------	--	---

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Una campagna di indagini specifiche è stata eseguita in Aprile 2025 ed è consistita nell'esecuzione di Prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH), di n°2 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati e prove spt in foro, prove di laboratorio geotecnico.

6.1. Prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH)

La prova penetrometrica dinamica (DIN 4094) consiste nell'infingere una punta conica (angolo 90°; $\phi=51$ mm) per tratti consecutivi di 20 cm, tramite apposita massa battente, del peso standard di 63.5 Kg liberata da un'altezza di caduta di 0.75 m, misurandone il n° di colpi necessari all'infissione.

Per le prove si è utilizzato un penetrometro PAGANI TG 63/200, e l'elaborazione dei dati è stata eseguita mediante il software *Dynamic Probing* di *Geostru Software*, con interpretazione litologica dei dati di campagna ottenuti tramite le più diffuse correlazioni disponibili in letteratura geotecnica specialistica. (Vedi Allegato 1)

DPSH1

Prof. (m)	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
0,00-2,20	C	16,18	18,24	--	39,72	3,42	3,18	--	--	--
2,20-2,40	I	20,50	22,56	36,38	-	17,96	17,44	0,32	95,36	85,05
2,40-2,80	C-I	24,52	24,52	42,67	672,15	55,02	53,77	0,24	274,86	100

DPSH2

Prof. (m)	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
0,00-0,80	C	16,18	18,24	--	40,31	3,47	3,23	--	--	--
0,80-1,20	I	21,08	23,05	39,5	-	29,38	28,64	0,30	152,02	100
1,20-1,80	C-I	24,52	24,52	42,1	854,06	69,86	68,32	0,21	344,27	100

DPSH3

Prof. (m)	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
0,00-1,80	C	16,97	18,34	--	55,60	4,72	4,45	--	--	--
1,80-3,40	I	20,30	22,36	35,55	-	15,43	14,96	0,32	82,55	75,59
3,40-3,80	C-I	24,52	24,52	42,66	739,81	60,54	59,18	0,23	300,80	100

DPSH4

Prof. (m)	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
0,00-1,20	C	13,63	17,95	--	--	0,18	---	--	--	--
1,20-2,60	I	18,04	18,53	32,3	-	6,70	6,39	0,34	37,14	53,74
2,60-3,40	C-I	24,52	24,52	42,1	853,7	69,84	68,30	0,21	344,18	100

6.2. Sondaggi a carotaggio continuo

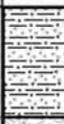
SONDAGGIO S1

	Committente: Geotea	Sond.N°:S1 Prof.(m):7.20m
	Cantiere: Val di Zena	Quota (m):
	Perforatrice: CMV	Data(inizio-fine):03.04.25
	Metodo perforazione: Carotaggio continuo	Lat.: 44°21'47.0"N
Rivestimento: Ø 127	Attrezzo perforazione: C.S. Ø 101; C.D. T6 Ø 101	Long.: 11°24'04.0"E
Piezometro:		Scala: 1:100
Rif. prev.: 054-25	Data emissione: 04.04.25	Pagina: 1

Scala	P.P. (daN/cm ²)	Vane test (daN/cm ²)	Profondità (m)	Stratigrafia	Descrizione	Indice RQD	S.P.T.	Campioni indisturbati	Falda (m)	Strumentazione installata:
	1.1	0.6	0.70		Limo debolmente sabbioso di colore grigio (da 0 a 0.20m) e marrone (da 0.20 a 1.70m).					
1			1.30		C.I. 1				0.70	
			1.75		S.P.T. 1 (4/6/8)		1.30		1.30	
2	1.8	0.6			Limo debolmente argilloso di colore marrone con screziature nerastre e ocra.		1.75			
3	2.3	0.9								
	2.4	1.0	3.20		Limo debolmente sabbioso di colore grigio con livelli di colore ocra.					
	2.2	0.8	3.90							
4	1.3	0.7	4.00		Limo debolmente sabbioso molto compatto.		4.00			
			4.04		S.P.T. 2 (Rifuto a 4 cm)		4.04			
	5.3				Limo debolmente sabbioso molto compatto. Presenza di livello di arenaria tra 4.10 e 4.20 m.					
	2.3		5.40							
5	>6		5.40		Palte mediamente litificata grigia.	5.50				
			5.90		Arenaria poco cementate di colore giallastro con frammenti di fossili.	86%				
6						6.20				
						6.80				
7			7.20			0%				
						7.20				
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										

SONDAGGIO S2

	Committente: Geotea	Sond.N°:S2 Prof.(m):6.10m
	Cantiere: Val di Zena	Quota (m):
	Perforatrice: CMV	Data(inizio-fine):03.04.25
	Metodo perforazione: Carotaggio continuo	Lat.: 44°21'48.0"N
	Rivestimento: Ø 127	Attrezzo perforazione: C.S. Ø 101; C.D. T6 Ø 101
Piezometro:		Scala: 1:100
Rif. prev.: 054-25	Data emissione: 04.04.25	Pagina: 3

Scala	P.P. (daN/cm ²)	Vane test (daN/cm ²)	Profondità (m)	Stratigrafia	Descrizione	Indice RQD	S.P.T.	Campioni indisturbati	Falda (m)	Strumentazione installata:
1	1.7	0.4	1.70		Limo debolmente sabbioso di colore grigio (da 0 a 0.20m) e marrone (da 0.20 a 1.70m).					
	1.3	0.2								
2	0.8	0.2			Ghiaia con sabbie. Clasti arrotondati con diametro massimo di 6-7cm.					
3			3.00		S.P.T. 1 (Rifiuto a 13 cm)		3.00			
			3.13		Ghiaia con sabbie. Clasti arrotondati con diametro massimo di 6-7cm.		3.13			
			3.20		Arenarie poco cementate di colore giallastro con frammenti di fossili.					
4						3.30				
						71%				
						4.00				
						27%				
5			4.70		S.P.T. 2 (Rifiuto a 2 cm)		4.70			
			4.72		Arenarie poco cementate di colore giallastro con frammenti di fossili.		4.72			
						79%				
6			6.10			6.10				
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										

PROTEO INGEGNERIA SRL	Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050 Relazione Geologica e Sismica	
-----------------------	--	---

La successione stratigrafica è costituita da uno strato superficiale di terreno limoso-sabbioso, avente spessore variabile da 1.70 m. (S2) a 4.00 m. (S1), profondità oltre le quali si individua la locale formazione arenitica. Solo localmente, sulla verticale S2, a profondità compresa tra 1.70m. e 3.00 m. si ha la presenza di uno strato di ghiaie riconducibile ai depositi alluvionali terrazzati del Torrente Zena.

6.3. Prove SPT in foro di sondaggio

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI S1 - PROVE SPT 1-2

Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
1.45-1,75	14,00	C-I	20,10	22,06	35,13	171,62	14,18	13,73	0,33	76,17	91,55
4.00-4,04	50,00	C-I	24,52	24,52	42,47	612,92	50,19	49,03	0,25	252,04	100

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI S2 - PROVE SPT1-2

Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
3,00-3,13	50,00	C-I	24,52	24,52	42,47	612,92	50,19	49,03	0,25	252,04	100
4,70-4,72	55,00	C-I	24,52	24,52	42,67	674,21	55,19	53,94	0,24	275,66	100

Durante la perforazione del sondaggio sono state eseguite prove SPT in foro e prelevati campioni indisturbati di terreno, tramite campionatore Shelby a pareti sottili, per le successive prove di laboratorio geotecnico.

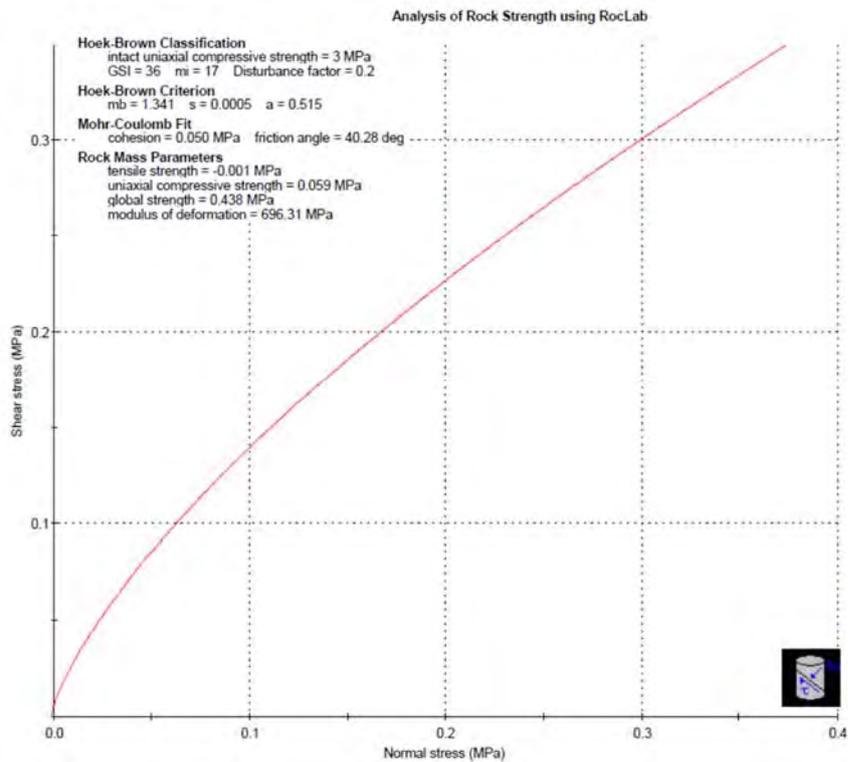
Il Rapporto completo sul Sondaggio a carotaggio continuo e le prove SPT in foro è riportato in Allegato 2.

6.4. Caratteristiche geomeccaniche della locale formazione - (Hoek-Brown Classification)



Dalle caratteristiche dell'affioramento sottostante l'attuale sede stradale, per la locale formazione arenitica, sono stati ricavati i seguenti dati giacitureali: Direzione strati: 127°; Immersione: 217° - SW; Inclinazione: 21°

A seguire, l'ammasso roccioso è stato caratterizzato dal punto di vista geomeccanico, attraverso il criterio di classificazione di Hoek-Brown (vedi Allegato 5).



Ottenendo i seguenti parametri geotecnici Mohr-Coulomb:

c 0.0498 MPa
phi 40.28 degrees

PROTEO INGEGNERIA SRL	Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050 Relazione Geologica e Sismica	
-----------------------	--	---

6.5. Analisi di laboratorio geotecnico

In sede di indagine, nel foro di sondaggio S1, sono stati prelevati campioni di terreno provenienti sia dalla coltre superficiale che dalla formazione alterata sottostante, sui quali sono state eseguite prove di laboratorio geotecnico.

Campione	tipologia	profondità
S1-C1	Campione indisturbato	0.70-1.30
DPSH1-C1	Campione indisturbato	1.50-2.00
DPSH4-C2	Campione indisturbato	1.50-2.10
S1-C2	Campione disturbato di roccia	6.65-6.80
S1-C3	Campioni disturbati di roccia	6.80-7.20

Gli esiti delle prove eseguite sono riportati nei rapporti di prova emessi dal nostro laboratorio autorizzato dal Servizio Tecnico Centrale (Circ. STC 7618/2010) Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - ai sensi del Art. 59 DPR 380/2001.

Di seguito si riporta il riepilogo dei risultati, dettagliatamente esposti in Allegato 4.

Terreni coltre superficiale

Campione	Prof. (m)	W	Peso di volume		LL	LP	IP	Class	lg	PP	Tor Vane	q _u ELL	c _u	Taglio diretto	
		(%)	Umido (kN/m ³)	Secco (kN/m ³)	%	%	%			(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	c' (kPa)	φ' (°)
S1-C1	0.70-1.30	18.01	18.26	15.48	29.27	21.48	8	A4	2	102.97	19.61	55.40	27.70	8.59	32.85
DPSH1-C1	1.50-2.00	18.12	18.59	15.74	31.26	20.49	11	A6	2	176.52	29.42	-	-	11.00	32.23
DPSH4-C2	1.50-2.10	19.68	19.99	16.70	38.40	20.12	18	A7-6	8	176.52	78.45	94.18	47.09	3.51	30.20

Formazione lapidea arenitica

Campione	Prof. (m)	Compress.Uniassiale S _u	Point Load Test S _u
		(kPa)	(kPa)
S1-C2	6.65-6.80	2892.9	-
S1-C3	6.80-7.20	-	2130.0 - 1240.0

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p> <p>Relazione Geologica e Sismica</p>	
------------------------------	--	---

7. ANALISI DEI DATI

7.1. Modello geologico stratigrafico

L'assetto geologico-stratigrafico del comparto è costituito da una coltre superficiale di depositi limoso-sabbiosi, sovrastanti la locale formazione arenitica.

Da 0.00 a 4.00 m.

Coltre superficiale limoso- sabbiosa

Il peso di volume $\gamma_n = 18.3-20.0 \text{ kN/m}^3$

Per questa unità posso attribuirsi i seguenti parametri efficaci ottenuti da prova taglio in laboratorio: $\phi' = 30^\circ - 32.8^\circ$ ed una coesione $c' = 3.5 - 11.0 \text{ kPa}$.

La resistenza al taglio espressa in funzione della coesione non drenata si stima in $c_u = 28-47 \text{ kPa}$, ma tale valore risulta scarsamente attendibile dato il carattere prevalentemente attritivo del sedimento.

Il modulo elastico attribuibile a questa unità è mediamente $E_y = 7.0-17.0 \text{ MPa}$

da 1.70 a 3.00 m. (S2)

Ghiaie in matrice sabbiosa

aventi peso di volume $\gamma_n = 22.0-24.0 \text{ kN/m}^3$.

In termini di angolo di attrito interno possono attribuirsi valori $\phi = 40-42^\circ$ kPa

Il modulo elastico attribuibile a questa unità è $E_y = 49 \text{ MPa}$

da 4.00 a >7.20 m.

Areniti poco cementate

per questa formazione lapidea, dotata di debole cementazione, si stima un peso di volume $\gamma_n = 23.0-24.0 \text{ kN/m}^3$.

Da prova penetrometrica deriva un angolo di resistenza al taglio $\phi' > 40^\circ$.

I parametri ottenuti da prove di compressione uniassiale in laboratorio, su spezzone di carota, è risultato il seguente $S_u = 2.89 \text{ MPa}$

Prove Point load su diversi spezzoni di carote prelevate consentono di definire un range di resistenze $S_u = 1.24-2.13 \text{ MPa}$

Il modulo elastico attribuibile a questa unità è $E_y = 50-68 \text{ MPa}$

Sulla base dei parametri Mohr-Coulomb ottenuti dalla caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso, tramite il metodo di classificazione di Hoek-Brown, possono cautelativamente considerarsi: $\phi' = 39^\circ$; $c' = 50 \text{ kPa}$

8. PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

Si riportano alcuni modelli schematici dei dati fisico-meccanici proposti per i diversi strati omogenei, ai quali ci si potrà riferire per la scelta dei parametri caratteristici da adottare nelle differenti verifiche.

I modelli suggeriti vengono distinti in relazione alla tipologia di verifiche da eseguire.

8.1. Fondazioni e opere di sostegno

profondità		litologia	φ'	c'	c_u	γ_n	γ_{sat}	E_y
da	a							
0.00	4.00	Coltre limoso-sabbiosa	30	3.5	28	18.5	20.0	7.0
4.00	>7.20	Formazione arenitica	39	50.0	-	23.0	24.0	50.0

φ' angolo di attrito interno (°)
 c' coesione efficace (kPa)
 c_u coesione non drenata (kPa)
 γ_n densità naturale (kN/m³)
 γ_{sat} densità satura (kN/m³)
 M_o modulo edometrico (MPa)
 E_m modulo elastico (MPa)

8.2. Verifiche di stabilità

litologia	φ_k'	c_k'	c_{uk}	γ_{nk}	γ_{ksat}
	°	(kPa)	(kPa)	(kN/m ³)	(kN/m ³)
Coltre limoso-sabbiosa	30	3.5	-	18.5	20.0
Formazione arenitica	39	50.0	-	23.0	24.0

φ_k' angolo di attrito interno (°)
 c_k' coesione efficace (kPa)
 c_{uk} coesione non drenata (kPa)
 γ_n densità naturale (kN/m³)
 γ_{sat} densità satura (kN/m³)
 M_o modulo edometrico (MPa)
 E_m modulo elastico (MPa)

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p> <p>Relazione Geologica e Sismica</p>	
------------------------------	--	---

9. CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

L'area indagata è caratterizzata da una coltre superficiale di terreni limoso-sabbiosi, e localmente sabbioso ghiaiosi, sovrastanti strati arenitici addensati e molto addensati, a scarsa cementazione, assoggettabili alla Formazione delle Arenarie e Peliti di Monte Adone, in particolare al Membro delle Ganzole (ADO2)

Dalle misure geofisiche HVSR ai sensi delle NTC 2018, il suolo è riconducibile ad una categoria di suolo B, con un picco di amplificazione (93.7 Hz.) legato al passaggio litologico tra la coltre superficiale e la formazione sottostante.

Dalla correlazione tra le indagini è stata ricostruita la sezione stratigrafica (Tav.1) e dai dati delle prove in sito e laboratorio, si è ipotizzato un modello geologico-geotecnico di riferimento utilizzato per le verifiche puntuali e di stabilità globale.

La nuova variante stradale, potrà essere realizzata in trincea, al tetto della locale formazione, realizzando a monte, per l'intero sviluppo del nuovo tracciato, un'opera di sostegno (es. gabbioni, terra rinforzata o altro presidio analogo) dei i terreni di copertura.

Questi terreni dotati di buone caratteristiche meccaniche, sono tuttavia particolarmente vulnerabili all'azione erosiva meccanica delle acque meteoriche di dilavamento che, percolanti sul versante a seguito di una cattiva regimazione a monte, sono causa di eventi di dissesto.

Si sottolinea quindi l'importanza di adottare, a completamento degli interventi, una controllata regimazione delle acque, evitando dispersioni lungo il versante ma recapitando le acque superficiali provenienti da monte, e dalla strada, verso locali impluvi, scarichi fognari esistenti o appositamente realizzati.

San Lazzaro di Savena (BO), 07/05/2025

Dott. Geol. Claudio Cinti



ALLEGATO 1

Prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH)

PROTEO INGEGNERIA SRL	Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050	
-----------------------	--	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER PESANTE

Committente: PROTEO INGEGNERIA SRL
 Cantiere: VARIANTE SP36 km 11+820 – km 12+050
 Località: Trabucco - Comune di Pianoro (BO)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

OPERATORE

Dott. Parente Giacomo – Dott. Asticher Gabriele

RESPONSABILE

Dott. Geol. Cinti Claudio

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p>	 <p>GEOTECA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
-------------------------------------	---	--

PROVA DPSH1



Strumento utilizzato: **DPSH TG 63-200 PAGANI**

Prova eseguita in data: 14/04/2025

Profondità prova: 2.80 m.p.c.

Falda: non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,855	0,88	1,03	44,03	51,52
0,40	2	0,851	1,75	2,06	87,66	103,04
0,60	2	0,847	1,60	1,89	80,10	94,57
0,80	2	0,843	1,60	1,89	79,75	94,57
1,00	2	0,840	1,59	1,89	79,42	94,57
1,20	3	0,836	2,37	2,84	118,63	141,85
1,40	2	0,833	1,58	1,89	78,76	94,57
1,60	2	0,830	1,45	1,75	72,49	87,39
1,80	3	0,826	2,17	2,62	108,31	131,08
2,00	8	0,823	5,75	6,99	287,74	349,54
2,20	3	0,820	2,15	2,62	107,50	131,08
2,40	12	0,817	8,57	10,49	428,44	524,31
2,60	19	0,764	11,79	15,43	589,65	771,55
2,80	55	0,611	27,31	44,67	1365,57	2233,43



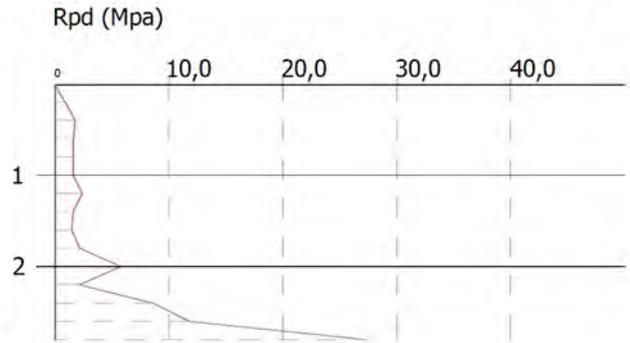
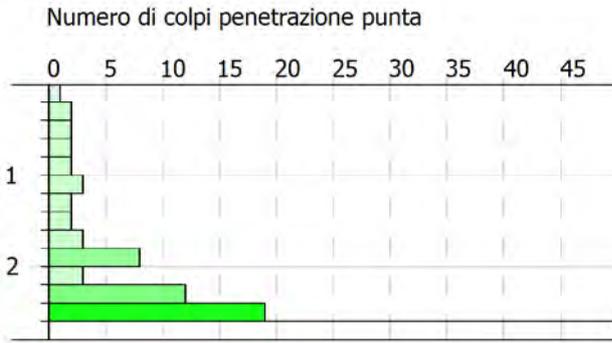
GEOTEAS Srl
Via della Tecnica 57/A4
San Lazzaro di Savena (BO)
www.geoteasrl.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 25.2076_DPSH1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: PROTEO INGEGNERIA
Descrizione: VARIANTE SP36
Localita': TRABUCCO KM 11+800

14/04/2025

Scala 1:80



<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p>	 <p>GEOTEIA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
------------------------------	---	---

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,2	2,2	2,04	17,8	1,47	3,24	suolo
2,4	12	10,48	37,65	1,48	17,78	limi-sabbiosi
2,8	37	30,04	44,6	1,48	54,83	arenarie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1

Prof. (m)	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
0,00-2,20	C	16,18	18,24	--	39,72	3,42	3,18	--	--	--
2,20-2,40	I	20,50	22,56	36,38	-	17,96	17,44	0,32	95,36	85,05
2,40-2,80	C-I	24,52	24,52	42,67	672,15	55,02	53,77	0,24	274,86	100

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p>	 <p>GEOTECA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
------------------------------	---	---

PROVA DPSH2



Strumento utilizzato: **DPSH TG 63-200 PAGANI**

Prova eseguita in data: 14/04/2025

Profondità prova: 1.80 m.p.c.

Falda: Non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,855	0,88	1,03	44,03	51,52
0,40	1	0,851	0,88	1,03	43,83	51,52
0,60	2	0,847	1,60	1,89	80,10	94,57
0,80	5	0,843	3,99	4,73	199,38	236,42
1,00	21	0,740	14,69	19,86	734,56	992,98
1,20	19	0,786	14,13	17,97	706,39	898,41
1,40	35	0,683	22,60	33,10	1130,12	1654,97
1,60	52	0,630	28,61	45,44	1430,36	2272,02
1,80	55	0,626	30,10	48,06	1505,13	2403,10



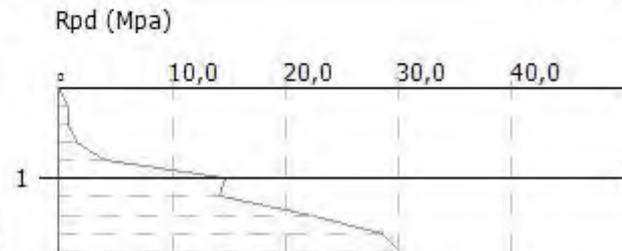
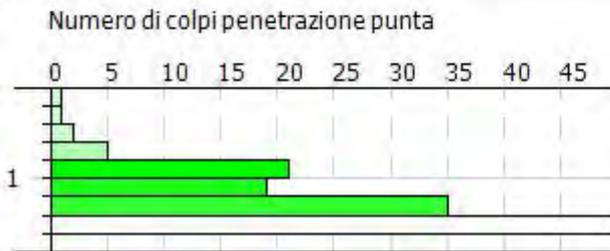
GEOTEAS Srl
Via della Tecnica 57/A4
San Lazzaro di Savena (BO)
www.geoteasrl.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 25.2076_DPSH2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: PROTEO INGEGNERIA
Descrizione: VARIANTE SP36
Località: TRABUCCO KM 11+800

14/04/2025

Scala 1:80



<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p>	 <p>GEOTEIA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
------------------------------	---	---

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,8	2,25	2,17	6,47	1,46	3,29	suolo
1,2	20,00	18,91	17,16	1,46	29,2	limi-sabbiosi
1,8	47,33	42,20	28,73	1,47	69,67	arenarie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2

Prof. (m)	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
0,00-0,80	C	16,18	18,24	--	40,31	3,47	3,23	--	--	--
0,80-1,20	I	21,08	23,05	39,5	-	29,38	28,64	0,30	152,02	100
1,20-1,80	C-I	24,52	24,52	42,1	854,06	69,86	68,32	0,21	344,27	100

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p>	 <p>GEOTEIA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
------------------------------	---	---

PROVA DPSH3



Strumento utilizzato: **DPSH TG 63-200 PAGANI**

Prova eseguita in data: 14/04/2025

Profondità prova: 3.80 m.p.c.

Falda: Non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,855	0,88	1,03	44,03	51,52
0,40	1	0,851	0,88	1,03	43,83	51,52
0,60	2	0,847	1,60	1,89	80,10	94,57
0,80	3	0,843	2,39	2,84	119,63	141,85
1,00	3	0,840	2,38	2,84	119,12	141,85
1,20	4	0,836	3,16	3,78	158,17	189,14
1,40	4	0,833	3,15	3,78	157,53	189,14
1,60	5	0,830	3,62	4,37	181,23	218,46
1,80	5	0,826	3,61	4,37	180,52	218,46
2,00	8	0,823	5,75	6,99	287,74	349,54
2,20	10	0,820	7,17	8,74	358,33	436,93
2,40	14	0,767	9,39	12,23	469,26	611,70
2,60	15	0,764	9,31	12,18	465,51	609,12
2,80	10	0,811	6,59	8,12	329,50	406,08
3,00	9	0,809	5,91	7,31	295,55	365,47
3,20	6	0,806	3,93	4,87	196,38	243,65
3,40	4	0,803	2,61	3,25	130,50	162,43
3,60	26	0,701	13,82	19,72	691,18	986,17
3,80	55	0,598	24,97	41,72	1248,37	2086,14



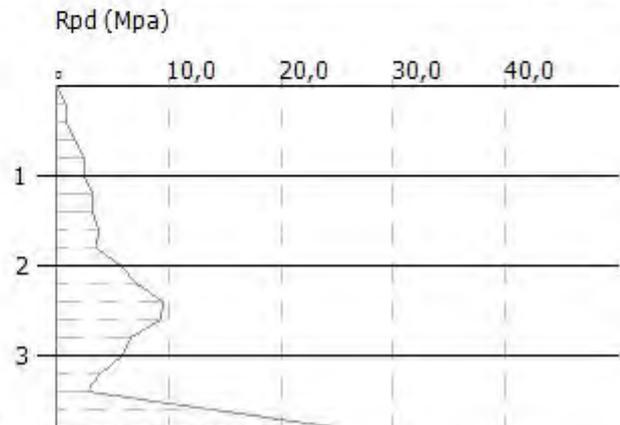
GEOTEAS Srl
Via della Tecnica 57/A4
San Lazzaro di Savena (BO)
www.geoteasrl.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 25.2076 DPH3
Strumento utilizzato... DPH3 TG 63-200 PAGANI

Committente: PROTEO INGEGNERIA
Descrizione: VARIANTE SP36
Localita': TRABUCCO KM 11+800

14/04/2025

Scala 1:80



<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p>	 <p>GEOTEIA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
-------------------------------------	---	--

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,8	3,11	2,881194	15,27	1,46	4,54	suolo
3,4	10,29	8,635736	46,79	1,48	15,25	limi-sabbiosi
3,8	40,50	30,72326	67,93	1,49	60,35	arenarie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH3

Prof. (m)	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
0,00-1,80	C	16,97	18,34	--	55,60	4,72	4,45	--	--	--
1,80-3,40	I	20,30	22,36	35,55	-	15,43	14,96	0,32	82,55	75,59
3,40-3,80	C-I	24,52	24,52	42,66	739,81	60,54	59,18	0,23	300,8	100

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p>	
------------------------------	---	---

PROVA DPSH4



Strumento utilizzato: **DPSH TG 63-200 PAGANI**

Prova eseguita in data: 14/04/2025

Profondità prova: 3.40 m.p.c.

Falda: Non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	0	0,851	0,00	0,00	0,00	0,00
0,60	0	0,847	0,00	0,00	0,00	0,00
0,80	0	0,843	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0	0,840	0,00	0,00	0,00	0,00
1,20	0	0,836	0,00	0,00	0,00	0,00
1,40	4	0,833	3,15	3,78	157,53	189,14
1,60	4	0,830	2,90	3,50	144,98	174,77
1,80	4	0,826	2,89	3,50	144,42	174,77
2,00	5	0,823	3,60	4,37	179,84	218,46
2,20	5	0,820	3,58	4,37	179,17	218,46
2,40	4	0,817	2,86	3,50	142,81	174,77
2,60	5	0,814	3,31	4,06	165,32	203,04
2,80	12	0,811	7,91	9,75	395,40	487,29
3,00	34	0,659	18,19	27,61	909,41	1380,67
3,20	52	0,606	25,59	42,23	1279,64	2111,61
3,40	55	0,603	26,95	44,67	1347,66	2233,43



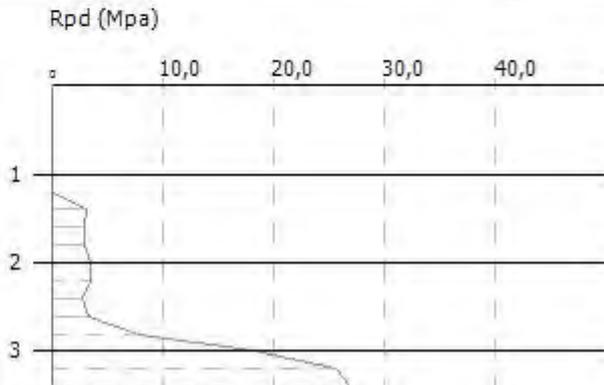
GEOTEAS Srl
Via della Tecnica 57/A4
San Lazzaro di Savena (BO)
www.geoteasrl.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 25.2076_DPSH4
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: PROTEO INGEGNERIA
Descrizione: VARIANTE SP36
Localita': TRABUCCO KM 11+800

14/04/2025

Scala 1:80



<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p>	 <p>GEOTECA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
------------------------------	---	---

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,2	-	-	8,18	1,46	0	suolo
2,6	4,43	3,866762	28,98	1,47	6,52	limi-sabbiosi
3,4	47	38,17141	51,42	1,48	69,65	arenarie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH4

Prof. (m)	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
0,00-1,20	C	13,63	17,95	--	--	0,18	---	--	--	--
1,20-2,60	I	18,04	18,53	32,3	-	6,70	6,39	0,34	37,14	53,74
2,60-3,40	C-I	24,52	24,52	42,1	853,7	69,84	68,30	0,21	344,18	100

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p>	 <p>GEOTEIA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
------------------------------	---	---

Correlazione con N_{spt}

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 N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_i \cdot N$$

Dove:

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

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 R_{pd}

Formula Olandesi

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

- R_{pd} 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.

NOTA:

Le correlazioni utilizzate per la stima dei parametri geotecnici riportati in tabella provengono da autori noti in letteratura scientifica (es: Terzaghi-Peck, Meyerhof, Bowles, Schmertmann etc...), le cui formulazioni sono riportate nel database del software di calcolo utilizzato dallo scrivente (Dynamyc Probing, ver. 2020 - Geostru).

Tali correlazioni sono solo alcune delle correlazioni disponibili in letteratura che è possibile utilizzare per la derivazione dei parametri geotecnici da prove penetrometriche statiche e dinamiche.

In fase di relazione d'opera geotecnica, l'utilizzo delle correlazioni qui proposte, o di altre da letteratura, sarà responsabilità del tecnico progettista.

PROTEO INGEGNERIA SRL	Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050	 <p>GEOTE A s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
-----------------------	--	---

NOTA:

Le correlazioni impiegate per l'elaborazione delle prove riportate nel presente documento sono solo alcune delle correlazioni disponibili in letteratura che è possibile utilizzare per la derivazione dei parametri geotecnici da prove penetrometriche statiche. In fase di relazione d'opera geotecnica, l'utilizzo delle correlazioni qui proposte, o di altre da letteratura, sarà responsabilità del tecnico progettista.

Termini e condizioni:

I dati e le relative elaborazioni di queste prove penetrometriche sono di proprietà fisica e intellettuale della GEOTE A S.r.l e del Cliente indicato nell'intestazione. È vietata la riproduzione e l'utilizzo anche parziale dei dati contenuti senza autorizzazione esplicita.

The physical and intellectual property of this CPT test, both data and graphics, is of GEOTE A S.r.l. and it's Client. Any disclosure, copying or distribution of this document is strictly prohibited without permission.

ALLEGATO 2

Sondaggi a carotaggio continuo e prove SPT in foro



Committente: Geotea	Sond.N°:S1 Prof.(m):7.20m
Cantiere: Val di Zena	Quota (m):
Perforatrice: CMV	Data(inizio-fine):03.04.25
Metodo perforazione: Carotaggio continuo	Lat.: 44°21'47.0"N
Rivestimento: Ø 127	Attrezzo perforazione: C.S. Ø 101; C.D. T6 Ø 101
Piezometro:	Scala: 1:100
Rif. prev.: 054-25	Data emissione: 04.04.25
	Pagina: 1

Scala	P.P. (daN/cm ²)	Vane test (daN/cm ²)	Profondità(m)	Stratigrafia	Descrizione	Indice RQD	S.P.T.	Campioni indisturbati	Falda (m)	Strumentazione installata:
1	1.1	0.6	0.70		Limo debolmente sabbioso di colore grigio (da 0 a 0.20m) e marrone (da 0.20 a 1.70m).					
			1.30	C.I. 1						
2	1.8	0.6	1.75		Limo debolmente argilloso di colore marrone con screziature nerastre e ocre.		1.30 S.P.T. 1	1.30		
			2.30	S.P.T. 1 (4/6/8)						
3	2.3	0.9	3.20		Limo debolmente sabbioso di colore grigio con livelli di colore ocre.					
			2.40							
4	2.2	0.8	3.90		Limo debolmente sabbioso molto compatto.		4.00 S.P.T. 2	4.04		
			1.30	S.P.T. 2 (Rifiuto a 4 cm)						
5	5.3	2.3	4.04		Limo debolmente sabbioso molto compatto. Presenza di livello di arenaria tra 4.10 e 4.20 m.					
			>6							
6			5.40		Pelite mediamente litificata grigia.	5.50				
			5.90	Arenaria poco cementata di colore giallastro con frammenti di fossili.	86%					
7			7.20			6.20				
					60%					
8						6.80				
9						0%				
10						7.20				
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										



Committente: Geotea	Sond. N°: S1
Cantiere: Val di Zena	Rif. prev.: 054-25
Perforatrice: CMV	Data(inizio-fine): 03.04.25
Prof.(m): 7.20 m	Pagina:2



Foto posizionamento sondaggio:



Committente: Geotea	Sond.N°:S2 Prof.(m):6.10m
Cantiere: Val di Zena	Quota (m):
Perforatrice: CMV	Data(inizio-fine):03.04.25
Metodo perforazione: Carotaggio continuo	Lat.: 44°21'48.0"N
Rivestimento: Ø 127	Attrezzo perforazione: C.S. Ø 101; C.D. T6 Ø 101
Piezometro:	Scala: 1:100
Rif. prev.: 054-25	Data emissione: 04.04.25
	Pagina: 3

Scala	P.P. (daN/cm ²)	Vane test (daN/cm ²)	Profondità(m)	Stratigrafia	Descrizione	Indice RQD	S.P.T.	Campioni indisturbati	Falda (m)	Strumentazione installata:
1	1.7	0.4	1.70		Limo debolmente sabbioso di colore grigio (da 0 a 0.20m) e marrone (da 0.20 a 1.70m).					
2	1.3	0.2			Ghiaia con sabbia. Clasti arrotondati con diametro massimo di 6-7cm.					
3	0.8	0.2	3.00		S.P.T. 1 (Rifiuto a 13 cm)		3.00			
			3.13		Ghiaia con sabbia. Clasti arrotondati con diametro massimo di 6-7cm.		3.13			
			3.20		Arenaria poco cementata di colore giallastro con frammenti di fossili.	3.30				
4						71%				
						4.00				
						27%				
5			4.70		S.P.T. 2 (Rifiuto a 2 cm)	4.70	4.70			
			4.72		Arenaria poco cementata di colore giallastro con frammenti di fossili.	4.72	4.72			
6						79%				
			6.10			6.10				
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										



Committente: Geotea	Sond. N°: S2
Cantiere: Val di Zena	Rif. prev.: 054-25
Perforatrice: CMV	Data(inizio-fine): 03.04.25
Prof.(m): 6.10 m	Pagina:4



Foto posizionamento sondaggio:

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050</p>	 <p>GEOTEIA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
-------------------------------------	---	--

PROVE SPT IN FORO

<p>Committente: Proteo Ingegneria Descrizione: Variante SP36 Localita': SP36 km 11+850</p>	
--	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali: 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
Diámetro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

SONDAGGIO S1 - PROVE SPT1-2

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 17/04/2025
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
1,45	4
1,60	6
1,75	8
4,00	0
4,04	50
-	-

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI S1 - PROVE SPT 1-2

Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
1.45-1,75	14,00	C-I	20,10	22,06	35,13	171,62	14,18	13,73	0,33	76,17	91,55
4.00-4,04	50,00	C-I	24,52	24,52	42,47	612,92	50,19	49,03	0,25	252,04	100

PROTEO INGEGNERIA SRL	Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050	 <p>GEOTEIA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
-----------------------	--	--

SONDAGGIO S2 - PROVE SPT1-2

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
 Prova eseguita in data 17/04/2025
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
3,00	0
3,13	50
-	-
4,70	0
4,72	55
-	-

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI S2 - PROVE SPT1-2

Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
3,00-3,13	50,00	C-I	24,52	24,52	42,47	612,92	50,19	49,03	0,25	252,04	100
4,70-4,72	55,00	C-I	24,52	24,52	42,67	674,21	55,19	53,94	0,24	275,66	100

ALLEGATO 3

Prospezioni geofisiche sismiche MASW-HVSR

COMUNE DI PIANORO

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA

Stima della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S ($V_{s,eq}$) mediante indagine sismica di superficie presso la SP 36 Val di Zena dal Km 11+820 al Km 12+050 in località Trabucco.

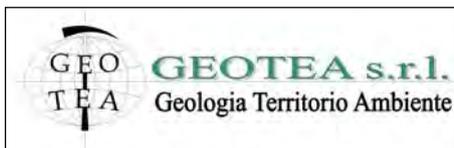


GEOTEA SRL
Via della Tecnica 57/A4
40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel 0516255377 – Cell 349 7846581
Fax 0514998378
E-mail geotea.srl@database.it

Committente: **PROTEO INGEGNERIA S.R.L.**

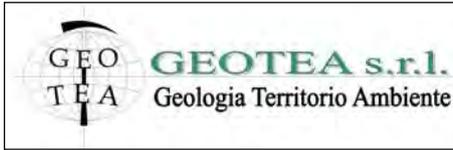
Dott. Geol. Stefano Maggi

Data indagine 14/04/2025
Commessa 25.2076



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW e HVSr per la stima della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S dell'area sita presso la SP 36 Val di Zena dal Km 11+820 al Km 12+050 in loc. Trabucco nel comune di Pianoro (BO).

SOMMARIO.....	
2	IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO 3
3	PREMESSE 4
4	DESCRIZIONE DELLE INDAGINI 5
4.1	Tecnica MASW 5
4.2	Tecnica Re.Mi. 5
4.3	Misura a stazione singola H/V: procedura e strumentazione utilizzata 6
5	Risultati indagine 7
5.1	TECNICA IN ARRAY 7
6	TECNICA HVSr 8
7	MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO 10
8	CONCLUSIONI 11



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW e HVSr per la stima della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S dell'area sita presso la SP 36 Val di Zena dal Km 11+820 al Km 12+050 in loc. Trabucco nel comune di Pianoro (BO).

2 IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO

- Il presente documento viene identificato con il numero 25.2076 rev. n° 0;
- Le indagini e il lavoro svolto sono stati coordinati dal Dott. Geol. Stefano Maggi;
- Il presente documento è stato redatto dal Dott. Geol. Stefano Maggi in data 24/04/2025;
- Il documento si compone di n° 12 fogli



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW e HVSr per la stima della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S dell'area sita presso la SP 36 Val di Zena dal Km 11+820 al Km 12+050 in loc. Trabucco nel comune di Pianoro (BO).

3 PREMESSE

Presso l'area della SP 36 Val di Zena nel tratto compreso tra il Km 11+820 e il Km 12+050, in località Trabucco nel comune di Pianoro (BO), in data 14/04/2025 è stata effettuata un'indagine geofisica mediante prova in array con tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), Re.Mi. (*Refraction Microtremor*) e misura a stazione singola con tecnica HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) al fine di ottenere la classificazione del tipo di suolo presente nel sito, sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio S (V_s ,eq), in ottemperanza a quanto riportato nel decreto del Ministero delle Infrastrutture, 17 gennaio 2018.

La presente indagine geofisica è consistita in:

- N. 1 profilo sismico in array con tecnica MASW-ReMi.
- N. 1 misura a stazione singola con tecnica HVSr

Per quanto riguarda la prova in array l'acquisizione è stata effettuata mediante sismografo digitale modello ECHO 24 canali 24 bit. La misura a stazione singola è stata eseguita con tromografo digitale modello Tromino® Engy.

I software utilizzati per la costruzione dello spettro di velocità di fase delle onde R e successivo *picking* della curva di dispersione sono stati "GEOPSY" ver. 2.10.0 (All rights reserved). Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati di microtremore è stato "GRILLA", Release 2021 ver. 9.7.2 beta.

4 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI

4.1 Tecnica MASW

La procedura MASW si può sintetizzare in tre stadi successivi e distinti:

- acquisizione delle onde superficiali (*ground roll*);
- costruzione della curva di dispersione : grafico velocità di fase V_r – frequenza ν ,
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale della V_s .

La prima fase viene effettuata direttamente in campagna generando un treno di onde superficiali mediante l'utilizzo di una sorgente sismica attiva, quale generalmente una mazza battente, e uno stendimento lineare di geofoni ricevitori (vedi Fig. 2). L'indagine svolta nel presente lavoro è stata condotta utilizzando la strumentazione descritta nelle premesse.

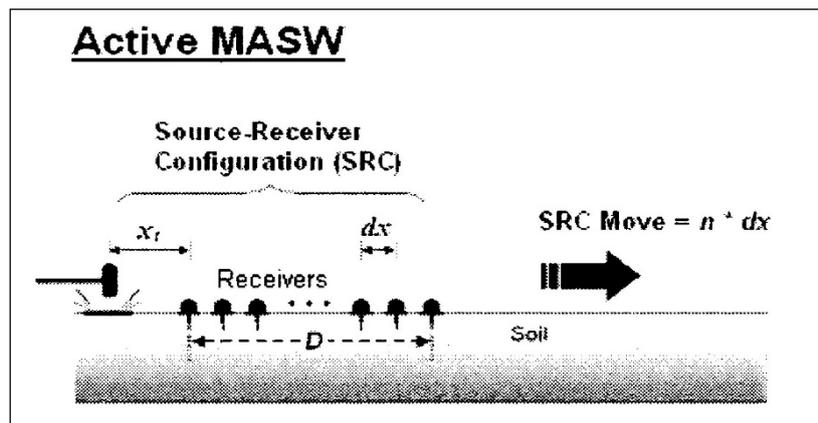


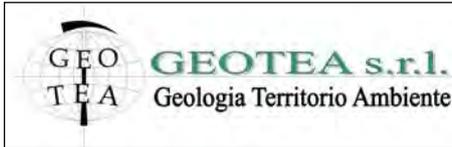
Figura 1 - MASW : stendimento lineare e sorgente attiva

Mediante il software si procede alla lettura dei dati acquisiti (*common-shot gather*) e al calcolo dello spettro di velocità di fase (trasformata di Fourier) dal quale è possibile estrarre la curva di dispersione sperimentale. Si procede quindi alla definizione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio S.

4.2 Tecnica Re.Mi.

A differenza del convenzionale metodo MASW, il quale prevede l'utilizzo di una sorgente sismica attiva (es: mazza battente), la tecnica Re.Mi. utilizza onde di superficie generate passivamente dall'ambiente circostante. L'origine di questo cosiddetto "rumore di fondo" è sia di tipo naturale (onde oceaniche di marea, perturbazioni atmosferiche) sia di tipo antropico (traffico veicolare, industrie, ferrovie, etc...).

L'utilizzo di profili di geofoni a geometria lineare, genera il problema della sovrastima della velocità di fase (velocità apparente) nello spettro di velocità che si ottiene dall'elaborazione dei dati. La velocità apparente nello spettro deriva dal fatto che la direzione di propagazione delle onde (rumore di fondo) non necessariamente è parallela allo stendimento di geofoni. Per questo motivo la pratica comune prevede che il picking sulla curva di dispersione sperimentale venga eseguito non in corrispondenza del massimo di energia, ma in corrispondenza del bordo inferiore.



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW e HVSR per la stima della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S dell'area sita presso la SP 36 Val di Zena dal Km 11+820 al Km 12+050 in loc. Trabucco nel comune di Pianoro (BO).

Il metodo Re.Mi. eseguito nel presente studio ha sfruttato la stessa geometria di profilo utilizzata per il metodo MASW. Solitamente il campionamento complessivo è della durata di qualche minuto.

4.3 Misura a stazione singola H/V: procedura e strumentazione utilizzata

Il metodo *HVSR* (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) proposto da Nogoshi e Igarashi (1970) e successivamente modificato da Nakamura (1989), si basa sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontale (H) e verticale (V) del rumore sismico registrato in un sito. Il rumore sismico è presente ovunque ed è generato sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) che dall'attività antropica. Il rumore sismico è indicato spesso come microtremore poiché è caratterizzato da oscillazioni molto deboli (dell'ordine dei $\mu\text{m/s}$). I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma soprattutto da onde superficiali, la cui velocità è comunque prossima a quella delle onde S (Mulargia et al., 2007). La tecnica di misura del rumore sismico richiede tempi di registrazione pari a 14-30 minuti e necessita di sensori tridirezionali da sismologia con messa in bolla, digitalizzatore 24 bit con elevata dinamica, elevato guadagno ed elevata frequenza di campionamento nativo, con minimizzazione del rumore elettro/meccanico.

L'acquisizione è stata eseguita utilizzando un tromografo digitale, "TROMINO ENGY" (*Micromed S.p.A.*) dotato di 3 canali velocimetrici (N-S, E-W, Up-Down) ad alto guadagno per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a ~ 1.5 mm/s); il sistema opera nell'intervallo di frequenze 0.1–1024 Hz. L'elaborazione dei dati di rumore sismico acquisiti è avvenuta mediante software *Grilla*.

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW e HVSr per la stima della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S dell'area sita presso la SP 36 Val di Zena dal Km 11+820 al Km 12+050 in loc. Trabucco nel comune di Pianoro (BO).

5 RISULTATI INDAGINE

5.1 TECNICA IN ARRAY

Strumentazione utilizzata.....Sismografo digitale 24 canali – 24 bit modello ECHO
 Numero di geofoni verticali (freq. Propria 4.5 Hz).....12
 Spaziatura tra i geofoni.....3.00 m
 Frequenza di campionamento.....2.090 Hz (MASW) – 156 Hz (Re.Mi.)
 Lunghezza traccia acquisita.....1 sec (MASW) – 120 sec (Re.Mi.)
 Sorgente.....mazza 5 kg e rumore ambientale

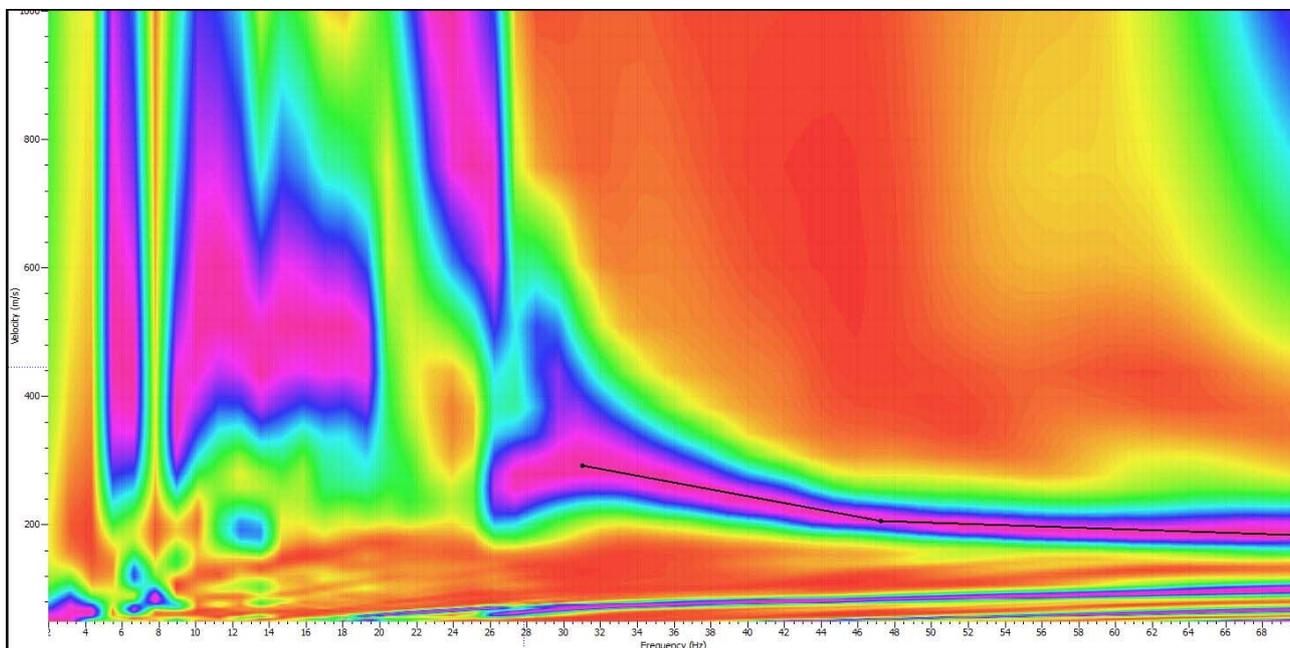


Figura 2 - Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per il profilo sismico eseguito in array con tecnica MASW-Re.Mi. mediante sismografo digitale ECHO24. In alto il picking sulla curva di dispersione eseguito con GEOPSY.

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW e HVSR per la stima della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S dell'area sita presso la SP 36 Val di Zena dal Km 11+820 al Km 12+050 in loc. Trabucco nel comune di Pianoro (BO).

6 TECNICA HVSR

Strumento: TROMINO MODELLO ENGY

Data registrazione: 14/04/2025

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Freq. campionamento: 512Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

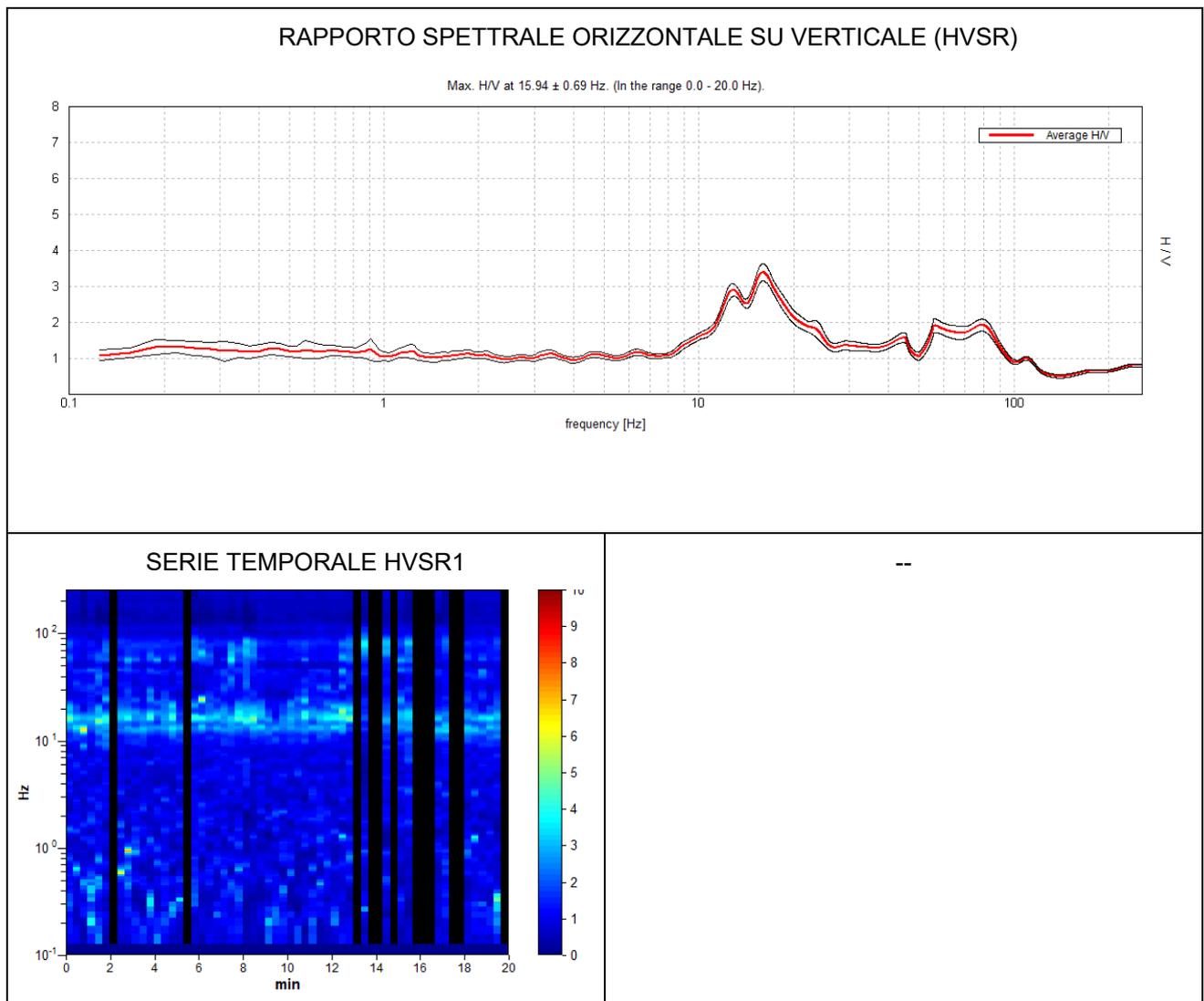


Figura 3 - Curva H/V (HVSR) registrata nel sito in esame e serie temporale considerata nell'analisi.

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW e HVSR per la stima della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S dell'area sita presso la SP 36 Val di Zena dal Km 11+820 al Km 12+050 in loc. Trabucco nel comune di Pianoro (BO).

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI HVSR1

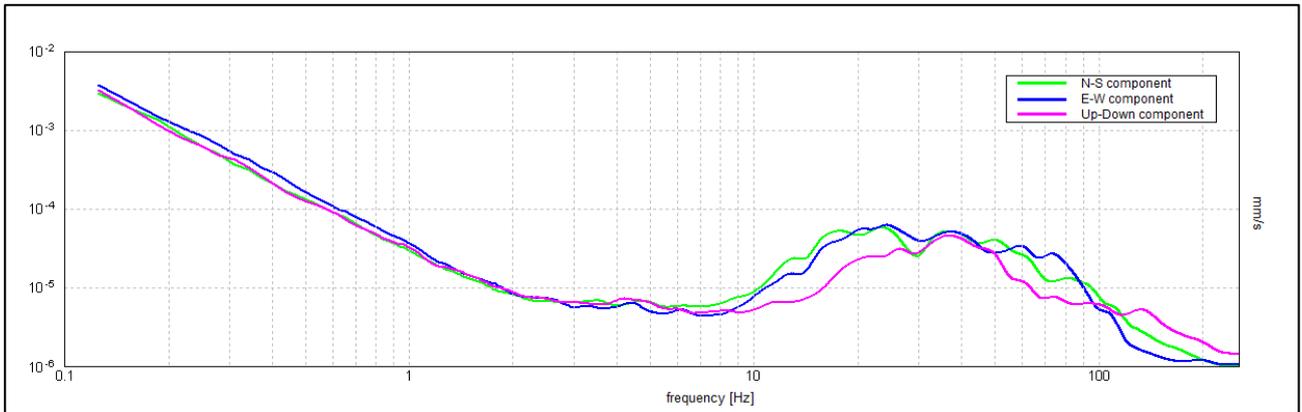


Figura 4 - spettri delle 3 componenti del moto in velocità registrate nel sito

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

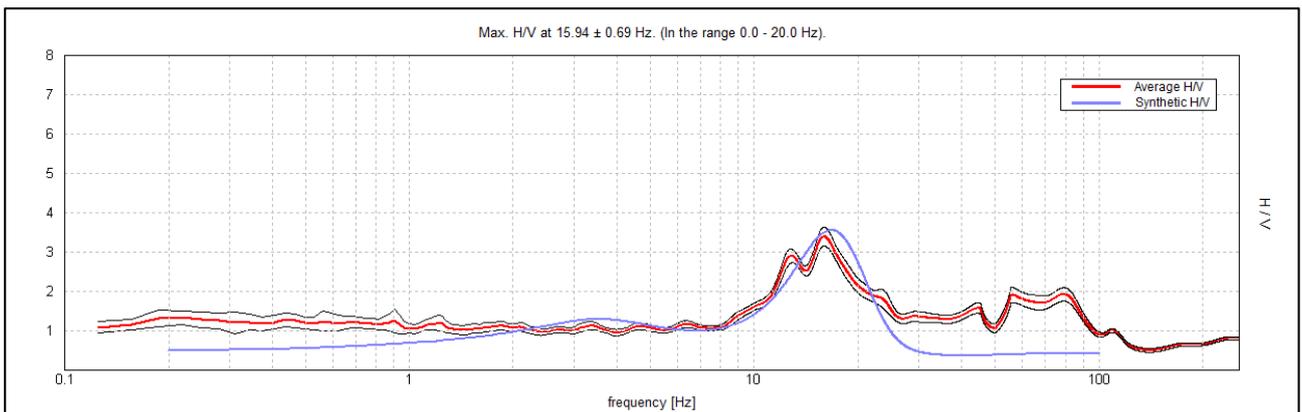


Figura 5 - confronto tra curva HVSR1 sperimentale registrata nel sito e curva teorica (blu) relativa al modello di sottosuolo proposto per il sito.

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW e HVSR per la stima della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S dell'area sita presso la SP 36 Val di Zena dal Km 11+820 al Km 12+050 in loc. Trabucco nel comune di Pianoro (BO).

7 MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO

Sulla base dei risultati ottenuti e dell'interpretazione dei dati acquisiti il modello di sottosuolo proposto per il sito in studio, in termini di profilo verticale di Vs, è il seguente:

Profondità base strato (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1.50	1.50	205
2.50	1.00	235
5.00	2.50	325
25.00	20.00	475
55.00	30.00	700
inf.	inf.	850

Tabella 1 – Modello di sottosuolo proposto per il sito

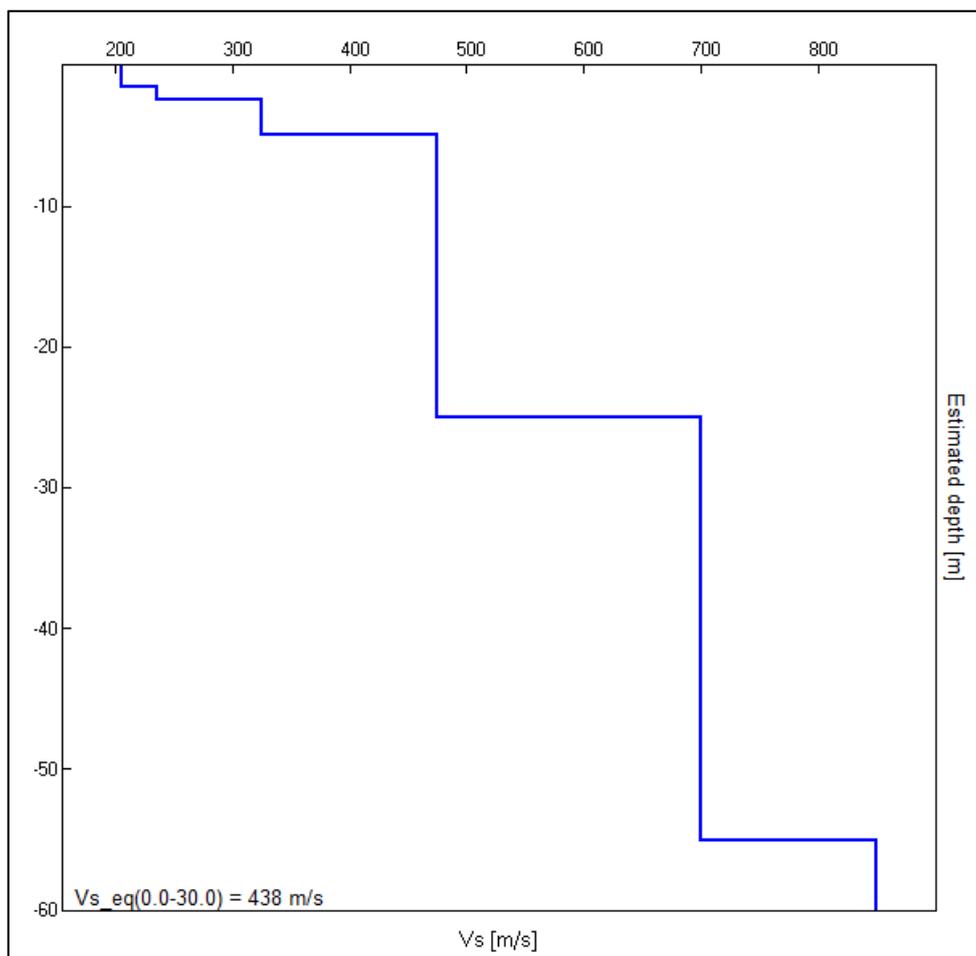
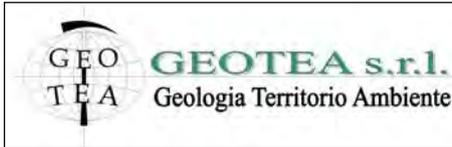


Figura 6 - Modello di velocità delle onde di taglio S



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW e HVSR per la stima della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S dell'area sita presso la SP 36 Val di Zena dal Km 11+820 al Km 12+050 in loc. Trabucco nel comune di Pianoro (BO).

8 CONCLUSIONI

Vs,eq=Vs30 [m/s] da quota piano campagna su cui è stata eseguita l'indagine geofisica.....438

La curva sperimentale HVSR è caratterizzata da una significativa amplificazione locale del moto del suolo per risonanza stratigrafica a elevato contrasto d'impedenza con picco a circa 15 Hz.

La normativa applicata nel presente lavoro è il DM 17 gennaio 2018.

San Lazzaro di Savena (BO), 24/04/2025

ALLEGATO 4

Prove di laboratorio geotecnico



GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

PESO DI VOLUME CON FUSTELLA TARATA

Determination of bulk and dry density of fine-grained soil with sampling tube

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-2

Technical specification

Rapporto di prova - <i>Test report</i>	10011- 25.2076- 001
Verbale - <i>Acceptance report</i>	10011
Committente - <i>Commissioner</i>	PROTEO INGEGNERIA SRL
Località - <i>Locality</i>	TRABUCCO- PIANORO (BO)
Cantiere - <i>Site</i>	SP36 KM 11+800
Sondaggio - <i>Borehole</i>	S1
Campione - <i>Sample</i>	C1
Profondità - <i>Depth</i>	0.70- 1.30m
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	04/04/2025
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	04/04/2025
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	22/04/2025
Data emissione rapporto - <i>Report date</i>	22/04/2025
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	04/04/2025
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	71.66
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	99.38
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	95.15
Volume fustella tarata (cm ³) <i>Sampling tube volume</i>	14.88
Umidità naturale (%) - <i>Water content</i>	18.01
Massa volumica umida (kg/m³) - <i>Bulk density</i>	1862.40
Massa volumica secca (kg/m³) - <i>Dry density</i>	1578.20

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*

Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

CLASSIFICAZIONE DI UNA TERRA

IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF SOIL

Normativa di riferimento: UNI 11531-1

Technical specification

Rapporto di prova - *Test report*
 Verbale - *Acceptance report*
 Committente - *Commissioner*
 Località - *Locality*
 Cantiere - *Site*
 Sondaggio - *Borehole*
 Campione - *Sample*
 Profondità - *Depth*
 Data ricevimento - *Receiving date*
 Data inizio prove - *Test starting date*
 Data fine prove - *Test ending date*
 Data emissione rapporto - *Report date*
 Data apertura campione - *Sample opening date*

1001I- 25.2076- 002
 1001I
 PROTEO INGEGNERIA SRL
 TRABUCCO- PIANORO (BO)
SP36 KM 11+800
S1
C1
 0.70- 1.30m
 04/04/2025
 04/04/2025
 22/04/2025
 22/04/2025
 04/04/2025

Analisi granulometrica 3 setacci

UNI EN 933-1

Peso campione (g) - *Specimen weight*

414.85

setaccio 2 mm - *sieve*
 setaccio 0,4 mm - *sieve*
 setaccio 0,063 mm - *sieve*

Pesate (g) - *Weight*
 12.64
 17.90
 188.41

Passante (%) - % finer than D
 96.95
 92.64
 47.22

Limiti di Atterberg - *Atterberg limits*

UNI CEN ISO/TS17892-12

Penetrazione del cono (mm)
Cone penetration
 Massa tara (g) - *Tara weight*
 Massa campione umido + tara (g)
Moist specimen + tara
 Massa campione secco + tara (g)
Dried specimen + tara
 Contenuto in acqua (%) - *Moisture content*

Provino 1 - *Specimen 1*

Provino 2 - *Specimen 2*

Provino 3 - *Specimen 3*

152

207

253

71.06

71.91

20.40

84.78

79.75

40.23

81.86

77.96

35.44

27.04

29.48

31.85

Limite liquido (%) - *Limit liquid*

29.27

Massa tara (g) - *Tara weight*

21.21

61.98

Massa campione umido + tara (g)

27.32

70.47

Massa campione secco + tara (g)

26.24

68.97

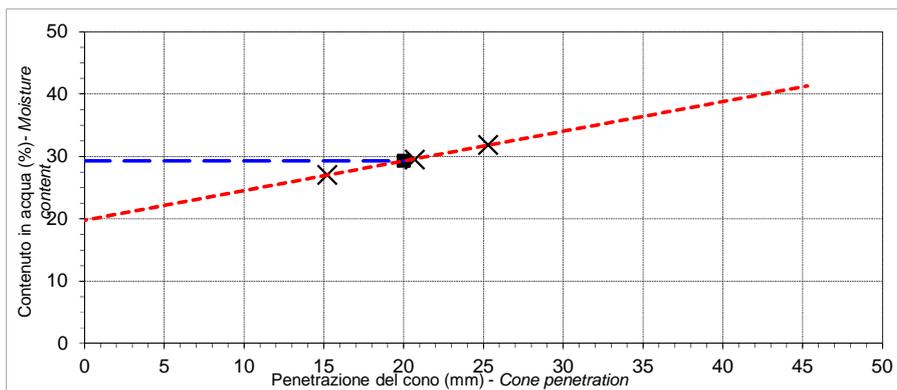
Limite plastico (%) - *Plastic limit*

21.47

21.48

Indice plastico - *Plastic index* 8

Differenza percentuale 0.04



Classificazione CNR-UNI - *Classification of soil according to CNR-UNI* A 4

Indice di Gruppo - *Group index* 2

Classificazione USCS - *Classification of soil according to USCS* -

Direttore *Manager*

Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*

Dr.ssa Geol. Sara Venturini

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
 e-mail laboratorio.geotea@database.it
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

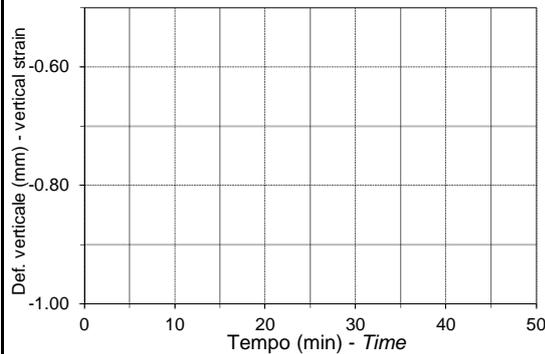
Technical specification

Rapporto di prova - *Test report*
 Verbale - *Acceptance report*
 Committente - *Commissioner*
 Località - *Locality*
 Cantiere - *Site*
 Sondaggio - *Borehole*
 Campione - *Sample*
 Profondità - *Depth*
 Data ricevimento - *Receiving date*
 Data inizio prove - *Test starting date*
 Data fine prove - *Test ending date*
 Data emissione rapporto - *Report date*
 Data apertura campione - *Sample opening date*
 Classe del campione - *Sample quality*

10011- 25.2076- 003
 10011
 PROTEO INGEGNERIA SRL
 TRABUCCO- PIANORO (BO)
 SP36 KM 11+800
S1
C1
0.70- 1.30m
 04/04/2025
 04/04/2025
 22/04/2025
 22/04/2025
 04/04/2025
 Q4

Umidità iniziale - <i>Initial water content</i>	%	18.01		
Densità naturale iniziale - <i>Initial wet density</i>	kg/m ³	1862.40		
Densità secca iniziale - <i>Initial dry density</i>	kg/m ³	1578.20		
Provino - <i>Specimen id</i>	n°	1	2	3
Lato - <i>Specimen side</i>	mm	60.0	60.0	60.0
Altezza iniziale - <i>Initial specimen height</i>	mm	20.0	20.0	20.0
Velocità di taglio utilizzata - <i>Strain rate</i>	mm/min	0.006	0.006	0.006
Press. di consolidazione <i>Consolidation pressure</i>	kPa	98.1	196.1	294.2
Umidità finale - <i>Final water content</i>	%	17.46	17.00	16.94

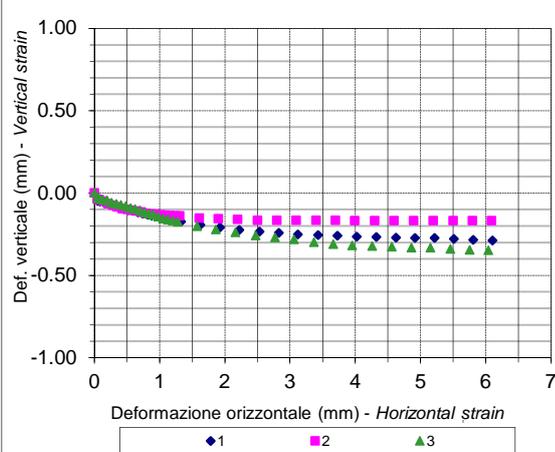
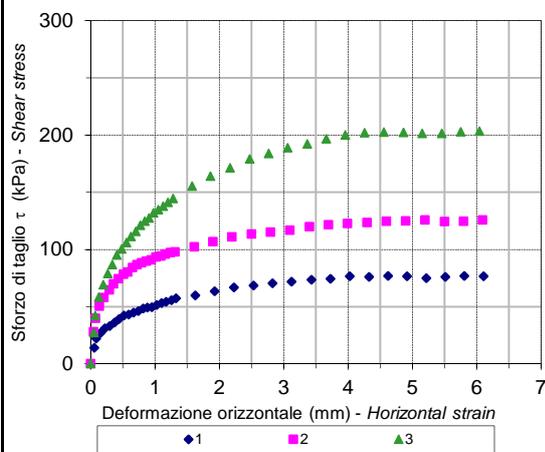
Fase di consolidazione - *Consolidation test*



Note - *Remarks*

Limo sabbioso. Colore marrone giallastro scuro.

Pocket Penetrometer 1.2- 0.9 kg/cm²
 Tor Vane 0.2- 0.2 kg/cm²



Direttore *Manager*

Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*

Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: ± 0,15%

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
 e-mail laboratorio.geotea@database.it
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori





GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Rapporto di prova - Test report 10011- 25.2076- 003
Verbale - Acceptance report 10011

Consolidation test (0-100 kPa)		Provino 1 - Specimen 1			Provino 2 - Specimen 2			Provino 3 - Specimen 3		
time (s)	def. ↓ (mm)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
1		0.05	0.05	14.06	0.05	0.04	28.04	0.05	0.03	26.94
6		0.09	0.05	22.00	0.08	0.04	39.68	0.07	0.03	41.94
12		0.15	0.06	27.19	0.14	0.05	50.26	0.13	0.04	58.06
24		0.22	0.07	30.86	0.21	0.07	57.67	0.19	0.05	68.89
30		0.30	0.08	33.00	0.29	0.08	64.55	0.26	0.06	78.61
60		0.37	0.09	36.06	0.35	0.09	69.84	0.34	0.07	86.67
90		0.44	0.10	39.11	0.43	0.10	74.34	0.40	0.07	95.00
120		0.51	0.10	42.17	0.51	0.10	78.04	0.48	0.08	100.28
180		0.59	0.11	43.08	0.57	0.11	80.16	0.55	0.09	105.83
240		0.67	0.12	44.61	0.65	0.11	84.13	0.63	0.10	111.11
300		0.74	0.13	46.14	0.72	0.12	86.51	0.70	0.11	115.56
360		0.82	0.13	48.28	0.79	0.12	88.10	0.77	0.12	120.83
420		0.88	0.14	49.19	0.86	0.13	89.68	0.84	0.13	124.44
480		0.95	0.14	49.50	0.94	0.13	90.74	0.91	0.13	127.22
540		1.02	0.15	51.33	1.02	0.13	93.12	0.98	0.15	131.67
600		1.10	0.16	53.17	1.09	0.14	94.18	1.05	0.16	134.44
900		1.17	0.16	54.08	1.16	0.14	95.77	1.13	0.16	137.78
1200		1.25	0.17	55.61	1.24	0.14	97.09	1.20	0.17	141.11
1500		1.33	0.17	57.14	1.31	0.14	97.62	1.28	0.18	144.44
1800		1.63	0.19	59.89	1.61	0.15	102.12	1.58	0.20	155.28
2100		1.92	0.21	63.25	1.90	0.16	106.61	1.86	0.22	163.89
2400		2.22	0.23	66.61	2.20	0.16	110.85	2.16	0.24	171.11
2700		2.53	0.23	68.44	2.50	0.17	113.23	2.47	0.26	178.89
3000		2.83	0.24	70.28	2.80	0.17	115.08	2.77	0.27	183.61
3300		3.12	0.25	71.81	3.09	0.17	116.67	3.06	0.28	188.89
3600		3.43	0.26	73.33	3.40	0.17	119.84	3.36	0.30	192.22
4200		3.72	0.26	74.25	3.70	0.17	121.43	3.66	0.31	196.67
4800		4.02	0.27	76.39	3.99	0.17	122.49	3.95	0.32	200.00
5400		4.32	0.27	76.08	4.30	0.17	123.28	4.26	0.32	201.94
6000		4.62	0.27	76.69	4.59	0.17	124.60	4.56	0.33	202.50
7200		4.92	0.27	76.39	4.90	0.17	124.87	4.86	0.33	202.22
8400		5.21	0.27	74.86	5.20	0.17	125.66	5.15	0.33	201.39
9600		5.51	0.28	76.08	5.50	0.17	124.34	5.46	0.34	201.39
10800		5.81	0.29	76.69	5.80	0.17	124.60	5.75	0.35	202.78
12000		6.10	0.29	76.39	6.09	0.17	125.66	6.04	0.35	203.33
13200										
14400										
16800										
19200										
21600										
28800										
36000										
45600										
54000										
72000										
79200										
82800										
86400										

Note - Remarks

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*
Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

TAGLIO DIRETTO

Committente: PROTEO INGEGNERIA SRL
 Località: TRABUCCO- PIANORO (BO)
 Cantiere: SP36 KM 11+800

Sondaggio: S1
 Campione: C1
 Profondità: 0.70- 1.30m

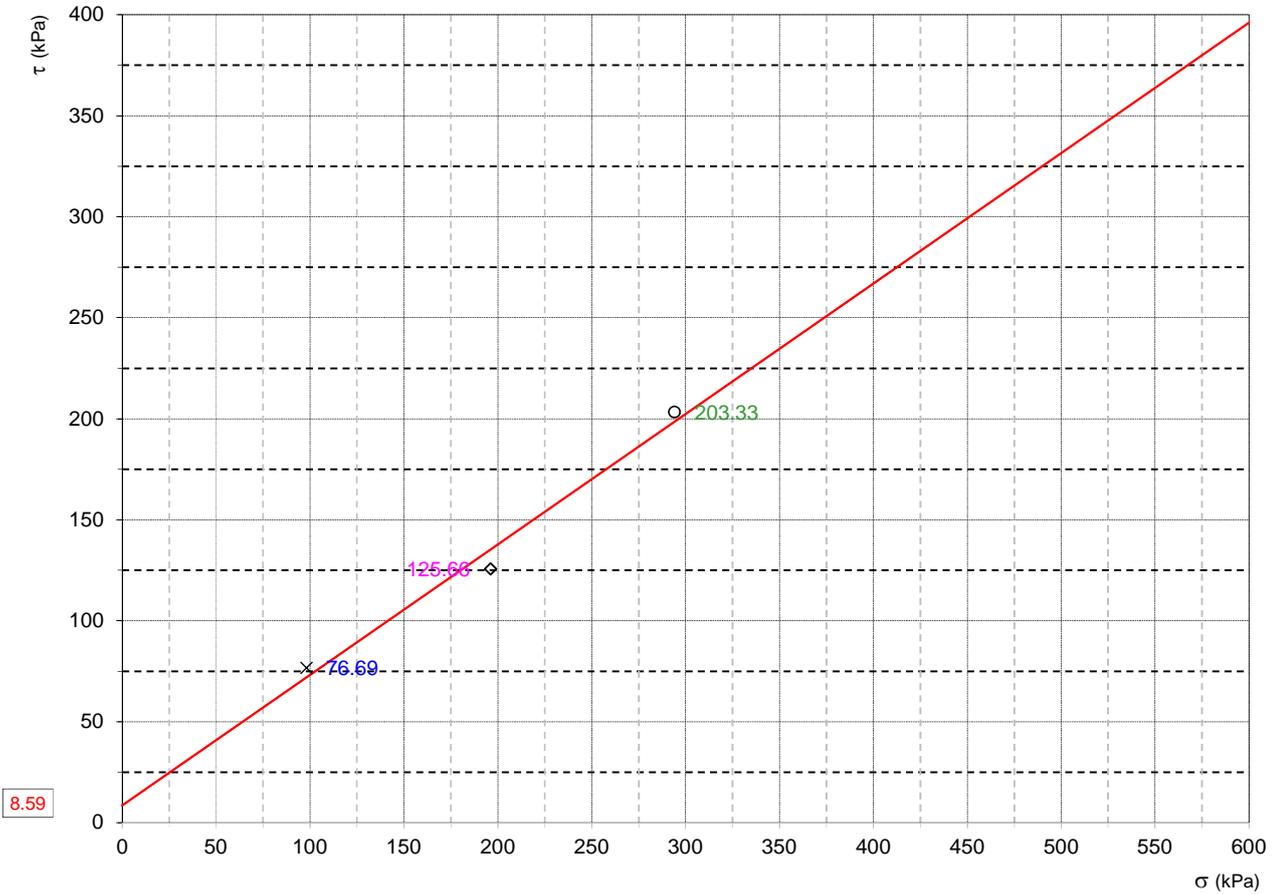
REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

Lato provino	60.00	mm
Altezza iniziale	20.00	mm

Valori dei provini a rottura				
Provino	n°	1	2	3
Sforzo a rottura	kPa	76.69	125.66	203.33
Intercetta C'	KPa	8.59		
ϕ'	° sess	32.85		

Velocità di prova
 0.006
 mm/min

Limo sabbioso. Colore marrone giallastro scuro.



8.59

×1

◇2

○3

La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova di taglio diretto eseguita mediante una semplice regressione lineare sui tre punti di sforzo massimo e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.



GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

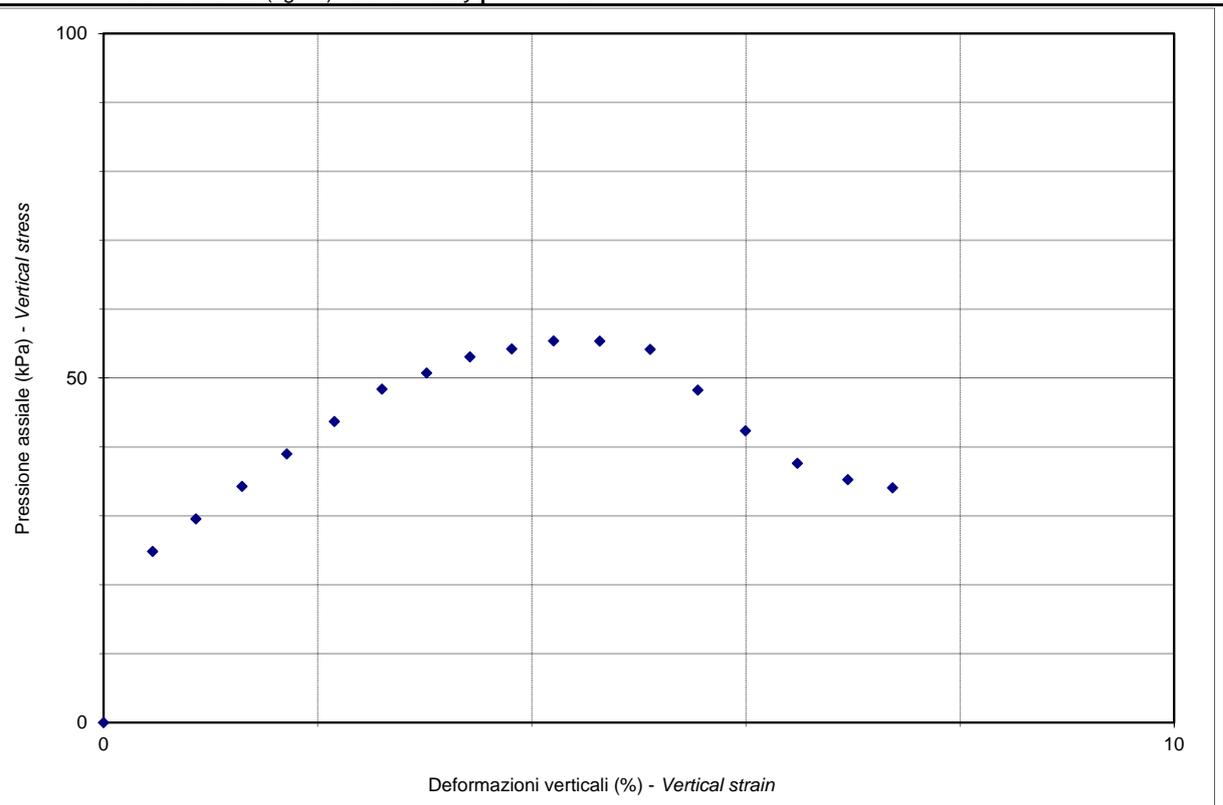
COMPRESSIONE NON CONFINATA

UNCONFINED COMPRESSION TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-7

Technical specification

Rapporto di prova - <i>Test report</i>	10011- 25.2076- 004
Verbale - <i>Acceptance report</i>	10011
Committente - <i>Commissioner</i>	PROTEO INGEGNERIA SRL
Località - <i>Locality</i>	TRABUCCO- PIANORO (BO)
Cantiere - <i>Site</i>	SP36 KM 11+800
Sondaggio - <i>Borehole</i>	S1
Campione - <i>Sample</i>	C1
Profondità - <i>Depth</i>	0.70- 1.30m
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	04/04/2025
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	04/04/2025
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	22/04/2025
Data emissione rapporto - <i>Report date</i>	22/04/2025
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	04/04/2025
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4
Diametro (cm) - <i>Specimen diameter</i>	3.81
Altezza provino (cm) - <i>Initial specimen height</i>	7.62
Volume provino (cm ³) - <i>Specimen volume</i>	86.87
Velocità di Prova (mm/min) - <i>Shear rate</i>	0.65
Pressione max (kPa) - <i>Max. effective stress</i>	55.39
Pocket penetrometer (kg/cm ²)	1.2- 0.9
Tor vane (kg/cm ²)	0.2- 0.2
Umidità naturale iniziale (%) - <i>Initial water content</i>	18.01
Densità naturale (kg/m ³) - <i>Bulk density</i>	1862.40
Densità secca (kg/m ³) - <i>Dried density</i>	1578.20



Note - Remarks: grado di incertezza delle misure: 0,25%.

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*

Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

PESO DI VOLUME CON FUSTELLA TARATA

Determination of bulk and dry density of fine-grained soil with sampling tube

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-2

Technical specification

Rapporto di prova - <i>Test report</i>	10011- 25.2076- 005
Verbale - <i>Acceptance report</i>	10011
Committente - <i>Commissioner</i>	PROTEO INGEGNERIA SRL
Località - <i>Locality</i>	TRABUCCO- PIANORO (BO)
Cantiere - <i>Site</i>	SP36 KM 11+800
Sondaggio - <i>Borehole</i>	DPSH1
Campione - <i>Sample</i>	C1
Profondità - <i>Depth</i>	1.50- 2.00m
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	04/04/2025
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	04/04/2025
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	22/04/2025
Data emissione rapporto - <i>Report date</i>	22/04/2025
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	04/04/2025
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	71.49
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	99.71
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	95.38
Volume fustella tarata (cm ³) <i>Sampling tube volume</i>	14.88
Umidità naturale (%) - <i>Water content</i>	18.12
Massa volumica umida (kg/m³) - <i>Bulk density</i>	1896.00
Massa volumica secca (kg/m³) - <i>Dry density</i>	1605.08

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*

Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

**GEOTEA s.r.l.**

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTQUALITY

CLASSIFICAZIONE DI UNA TERRA

IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF SOIL

Normativa di riferimento: UNI 11531-1

Technical specification

Certificato - *Test report*
 Verbale - *Acceptance report*
 Committente - *Commissioner*
 Località - *Locality*
 Cantiere - *Site*
 Sondaggio - *Borehole*
 Campione - *Sample*
 Profondità - *Depth*
 Data ricevimento - *Receiving date*
 Data inizio prove - *Test starting date*
 Data fine prove - *Test ending date*
 Data certificazione - *Report date*
 Data apertura campione - *Sample opening date*

10011- 25.2076- 006
 10011
 PROTEO INGEGNERIA SRL
 TRABUCCO- PIANORO (BO)
SP36 KM 11+800
DPSH1
C1
 1.50- 2.00m
 04/04/2025
 04/04/2025
 22/04/2025
 22/04/2025
 04/04/2025

Analisi granulometrica 3 setacci**Particle size analysis 3 sieves****UNI EN 933-1**Peso campione (g) - *Specimen weight*

363.82

setaccio 2 mm - *sieve*

4.91

Passante (%) - % finer than D

98.65

setaccio 0,4 mm - *sieve*

8.62

96.28

setaccio 0,063 mm - *sieve*

183.42

45.87

Limiti di Atterberg - Atterberg limits**UNI CEN ISO/TS17892-12**Penetrazione del cono (mm)
*Cone penetration*Provino 1 - *Specimen 1*Provino 2 - *Specimen 2*Provino 3 - *Specimen 3*

145

200

248

Massa tara (g) - *Tara weight*

62.49

71.46

70.85

Massa campione umido + tara (g)
Moist specimen + tara

76.02

90.45

99.04

Massa campione secco + tara (g)
Dried specimen + tara

73.04

85.91

91.93

Contenuto in acqua (%) - *Moisture content*

28.25

31.42

33.73

Limite liquido (%) - Limit liquid**31.26**Massa tara (g) - *Tara weight*

70.04

71.27

Massa campione umido + tara (g)

79.98

78.45

Massa campione secco + tara (g)
Dried specimen + tara

78.29

77.23

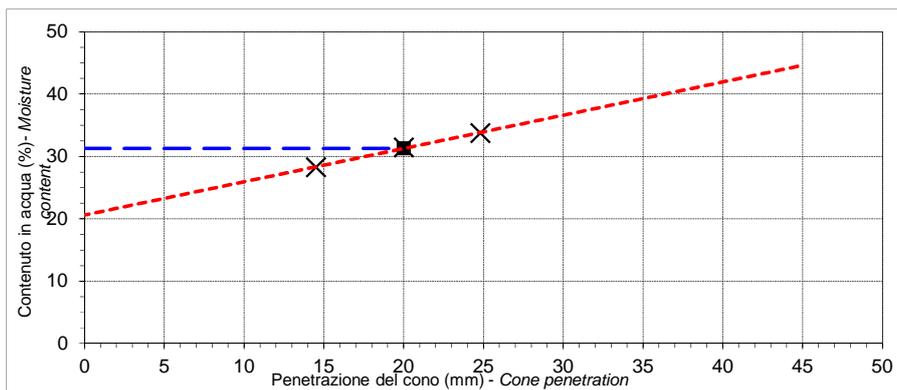
Limite plastico (%) - *Plastic limit*

20.52

20.47

Indice plastico - Plastic index 11

Differenza percentuale 0.24

Limite plastico (%) - Plastic limit**20.49****Classificazione CNR-UNI - Classification of soil according to CNR-UNI** A 6**Indice di Gruppo - Group index** 2**Classificazione USCS - Classification of soil according to USCS** -Direttore *Manager*

Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*

Dr.ssa Geol. Sara Venturini

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
 e-mail laboratorio.geotea@database.it

Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

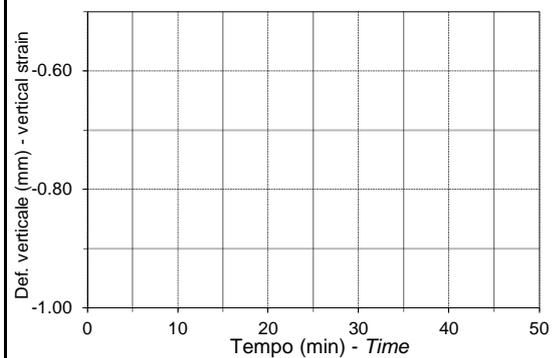
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Rapporto di prova - <i>Test report</i>	10011- 25.2076- 007
Verbale - <i>Acceptance report</i>	10011
Committente - <i>Commissioner</i>	PROTEO INGEGNERIA SRL
Località - <i>Locality</i>	TRABUCCO- PIANORO (BO)
Cantiere - <i>Site</i>	SP36 KM 11+800
Sondaggio - <i>Borehole</i>	DPSH1
Campione - <i>Sample</i>	C1
Profondità - <i>Depth</i>	1.50- 2.00m
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	04/04/2025
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	04/04/2025
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	22/04/2025
Data emissione rapporto - <i>Report date</i>	22/04/2025
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	04/04/2025
Classe del campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Umidità iniziale - <i>Initial water content</i>	%	18.12		
Densità naturale iniziale - <i>Initial wet density</i>	kg/m ³	1896.00		
Densità secca iniziale - <i>Initial dry density</i>	kg/m ³	1605.08		
Provino - <i>Specimen id</i>	n°	1	2	3
Lato - <i>Specimen side</i>	mm	60.0	60.0	60.0
Altezza iniziale - <i>Initial specimen height</i>	mm	20.0	20.0	20.0
Velocità di taglio utilizzata - <i>Strain rate</i>	mm/min	0.006	0.006	0.006
Press. di consolidazione - <i>Consolidation pressure</i>	kPa	98.1	196.1	294.2
Umidità finale - <i>Final water content</i>	%	16.75	16.33	15.27

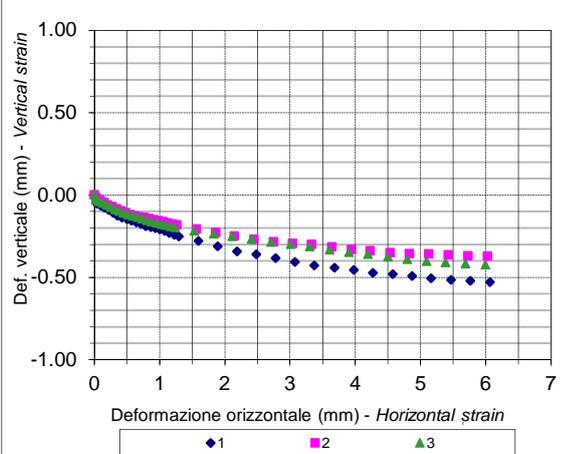
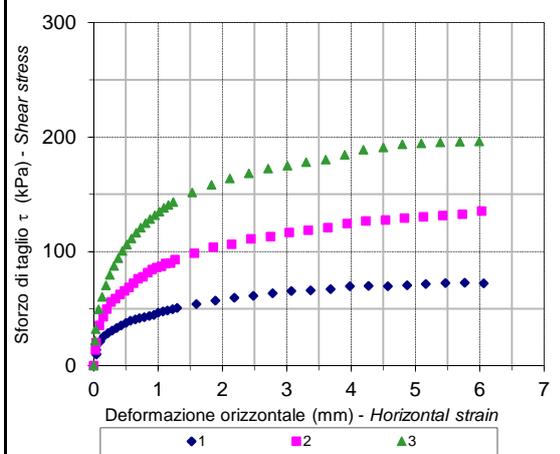
Fase di consolidazione - *Consolidation test*



Note - *Remarks*

Limo sabbioso. Colore marrone giallastro scuro.

Pocket Penetrometer	1.7- 1.9	kg/cm ²
Tor Vane	0.2- 0.4	kg/cm ²



Direttore *Manager*

Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*

Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: ± 0,15%

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
 e-mail laboratorio.geotea@database.it
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori





GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Rapporto di prova - Test report 10011- 25.2076- 007
Verbale - Acceptance report 10011

Consolidation test (0-100 kPa)		Provino 1 - Specimen 1			Provino 2 - Specimen 2			Provino 3 - Specimen 3		
time (s)	def. ↓ (mm)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
1		0.04	0.05	9.72	0.03	0.02	13.61	0.02	0.03	21.74
6		0.04	0.05	10.28	0.04	0.02	20.00	0.03	0.03	31.88
12		0.04	0.05	13.89	0.09	0.03	35.28	0.08	0.04	49.28
24		0.10	0.07	21.11	0.15	0.05	42.78	0.13	0.05	60.14
30		0.15	0.08	25.56	0.21	0.06	49.44	0.19	0.06	70.05
60		0.22	0.09	28.61	0.27	0.07	55.56	0.25	0.08	79.23
90		0.29	0.11	30.83	0.34	0.09	58.61	0.32	0.09	87.20
120		0.35	0.13	33.06	0.41	0.10	62.22	0.38	0.10	93.72
180		0.42	0.14	35.28	0.48	0.11	65.28	0.45	0.11	100.24
240		0.50	0.15	37.50	0.55	0.12	68.33	0.52	0.12	105.80
300		0.57	0.16	39.44	0.62	0.13	71.94	0.59	0.13	111.11
360		0.64	0.17	40.56	0.69	0.13	75.83	0.66	0.14	116.18
420		0.71	0.18	41.67	0.77	0.14	77.50	0.73	0.15	120.53
480		0.79	0.19	42.50	0.84	0.14	81.11	0.81	0.15	124.40
540		0.86	0.20	43.61	0.91	0.15	84.17	0.88	0.16	128.26
600		0.93	0.20	44.44	0.98	0.16	85.83	0.95	0.17	131.40
900		1.00	0.21	46.39	1.05	0.16	86.94	1.02	0.18	134.54
1200		1.08	0.22	47.50	1.12	0.17	89.44	1.09	0.18	137.92
1500		1.15	0.23	48.33	1.19	0.18	89.72	1.16	0.19	140.58
1800		1.22	0.24	49.44	1.26	0.18	92.78	1.23	0.20	143.00
2100		1.30	0.25	50.56	1.57	0.21	98.33	1.53	0.22	151.21
2400		1.60	0.28	53.89	1.86	0.23	103.61	1.83	0.24	157.97
2700		1.89	0.31	56.94	2.15	0.25	106.11	2.11	0.25	163.53
3000		2.19	0.34	59.44	2.45	0.27	110.83	2.41	0.27	168.12
3300		2.48	0.36	61.11	2.75	0.28	112.78	2.71	0.29	172.22
3600		2.78	0.38	63.33	3.04	0.29	116.39	3.01	0.30	174.88
4200		3.07	0.41	65.28	3.33	0.30	118.33	3.30	0.31	177.78
4800		3.37	0.43	65.83	3.64	0.32	120.56	3.61	0.33	180.19
5400		3.68	0.44	66.94	3.94	0.33	124.17	3.90	0.35	184.30
6000		3.98	0.46	69.44	4.23	0.34	126.39	4.19	0.36	188.65
7200		4.27	0.47	69.72	4.54	0.35	127.22	4.50	0.38	190.82
8400		4.57	0.48	69.44	4.83	0.36	128.89	4.80	0.39	193.48
9600		4.87	0.49	70.28	5.13	0.36	130.00	5.09	0.40	194.44
10800		5.16	0.51	71.39	5.43	0.37	131.11	5.38	0.41	195.17
12000		5.47	0.52	72.22	5.73	0.37	132.22	5.69	0.42	195.65
13200		5.77	0.52	72.50	6.03	0.37	135.28	5.99	0.42	196.14
14400		6.06	0.53	71.94						
16800										
19200										
21600										
28800										
36000										
45600										
54000										
72000										
79200										
82800										
86400										

Note - Remarks

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*
Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

TAGLIO DIRETTO

Committente: PROTEO INGEGNERIA SRL
 Località: TRABUCCO- PIANORO (BO)
 Cantiere: SP36 KM 11+800

Sondaggio: DPSH1
 Campione: C1
 Profondità: 1.50- 2.00m

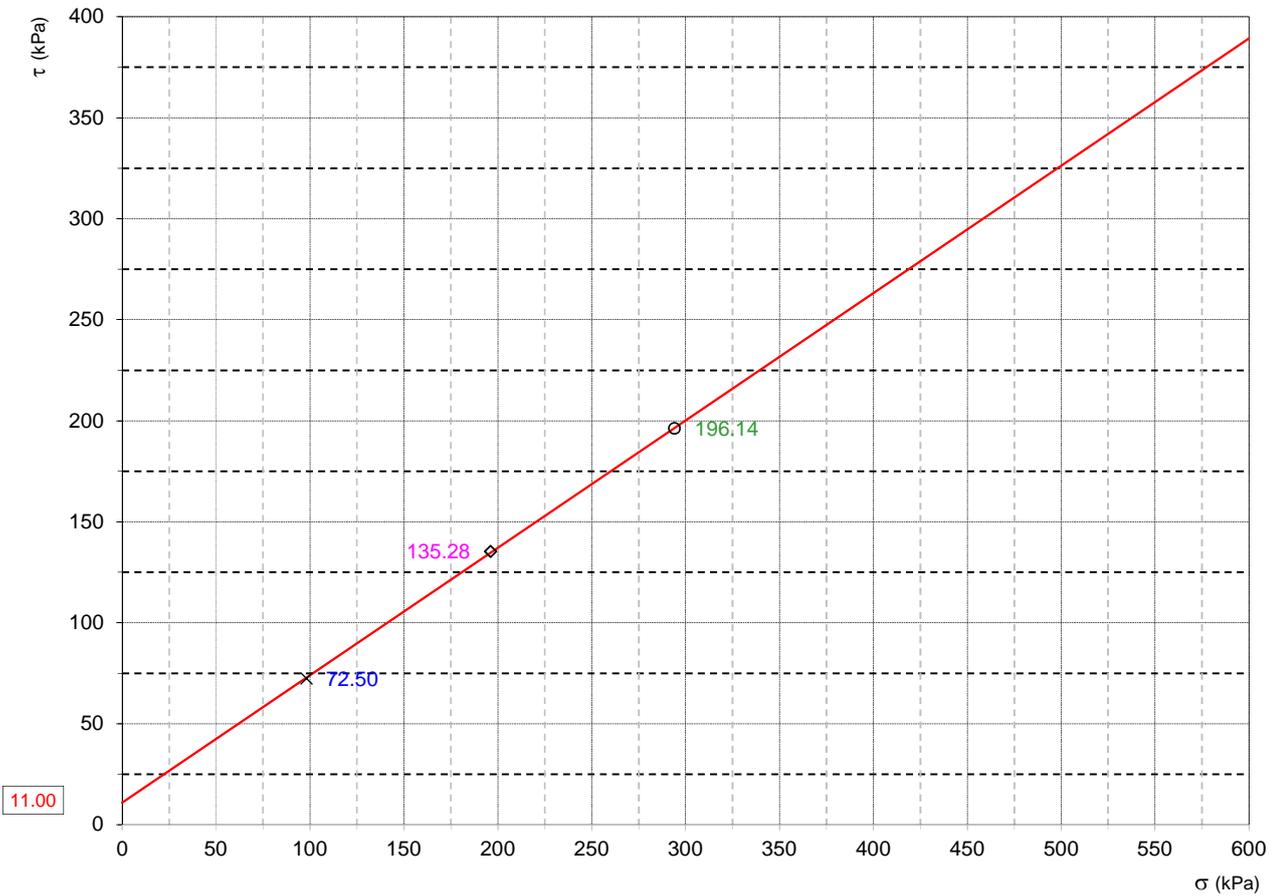
REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

Lato provino	60.00	mm
Altezza iniziale	20.00	mm

Valori dei provini a rottura				
Provino	n°	1	2	3
Sforzo a rottura	kPa	72.50	135.28	196.14
Intercetta C'	KPa	11.00		
ϕ'	° sess	32.23		

Velocità di prova
 0.006
 mm/min

Limo sabbioso. Colore marrone giallastro scuro.



11.00

×1

◇2

○3

La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova di taglio diretto eseguita mediante una semplice regressione lineare sui tre punti di sforzo massimo e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.



GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

PESO DI VOLUME CON FUSTELLA TARATA

Determination of bulk and dry density of fine-grained soil with sampling tube

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-2

Technical specification

Rapporto di prova - <i>Test report</i>	10011- 25.2076- 008
Verbale - <i>Acceptance report</i>	10011
Committente - <i>Commissioner</i>	PROTEO INGEGNERIA SRL
Località - <i>Locality</i>	TRABUCCO- PIANORO (BO)
Cantiere - <i>Site</i>	SP36 KM 11+800
Sondaggio - <i>Borehole</i>	DPSH4
Campione - <i>Sample</i>	C2
Profondità - <i>Depth</i>	1.50- 2.10m
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	04/04/2025
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	04/04/2025
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	22/04/2025
Data emissione rapporto - <i>Report date</i>	22/04/2025
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	04/04/2025
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	71.54
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	101.88
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	96.89
Volume fustella tarata (cm ³) <i>Sampling tube volume</i>	14.88
Umidità naturale (%) - <i>Water content</i>	19.68
Massa volumica umida (kg/m³) - <i>Bulk density</i>	2038.43
Massa volumica secca (kg/m³) - <i>Dry density</i>	1703.17

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*

Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTQUALITY

CLASSIFICAZIONE DI UNA TERRA

IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF SOIL

Normativa di riferimento: UNI 11531-1

Technical specification

Rapporto di prova - *Test report*
 Verbale - *Acceptance report*
 Committente - *Commissioner*
 Località - *Locality*
 Cantiere - *Site*
 Sondaggio - *Borehole*
 Campione - *Sample*
 Profondità - *Depth*
 Data ricevimento - *Receiving date*
 Data inizio prove - *Test starting date*
 Data fine prove - *Test ending date*
 Data emissione rapporto - *Report date*
 Data apertura campione - *Sample opening date*

1001I- 25.2076- 009
 1001I
 PROTEO INGEGNERIA SRL
 TRABUCCO- PIANORO (BO)
SP36 KM 11+800
DPSH4
C2
 1.50- 2.10m
 04/04/2025
 04/04/2025
 22/04/2025
 22/04/2025
 04/04/2025

Analisi granulometrica 3 setacci

Particle size analysis 3 sieves

UNI EN 933-1

Peso campione (g) - *Specimen weight*

244.72

setaccio 2 mm - *sieve*
 setaccio 0,4 mm - *sieve*
 setaccio 0,063 mm - *sieve*

Pesate (g) - *Weight*
 0.73
 3.52
 93.01

Passante (%) - *% finer than D*
 99.70
 98.26
 60.26

Limiti di Atterberg - *Atterberg limits*

UNI CEN ISO/TS17892-12

Penetrazione del cono (mm)
Cone penetration
 Massa tara (g) - *Tara weight*
 Massa campione umido + tara (g)
Moist specimen + tara
 Massa campione secco + tara (g)
Dried specimen + tara
 Contenuto in acqua (%) - *Moisture content*

Provino 1 - *Specimen 1*

Provino 2 - *Specimen 2*

Provino 3 - *Specimen 3*

152

210

250

71.17

62.44

62.23

87.37

81.44

81.13

83.15

76.12

75.55

35.23

38.89

41.89

Limite liquido (%) - *Limit liquid*

38.40

Massa tara (g) - *Tara weight*

7.94

7.98

Massa campione umido + tara (g)

13.91

13.65

Massa campione secco + tara (g)

12.91

12.70

Limite plastico (%) - *Plastic limit*

20.10

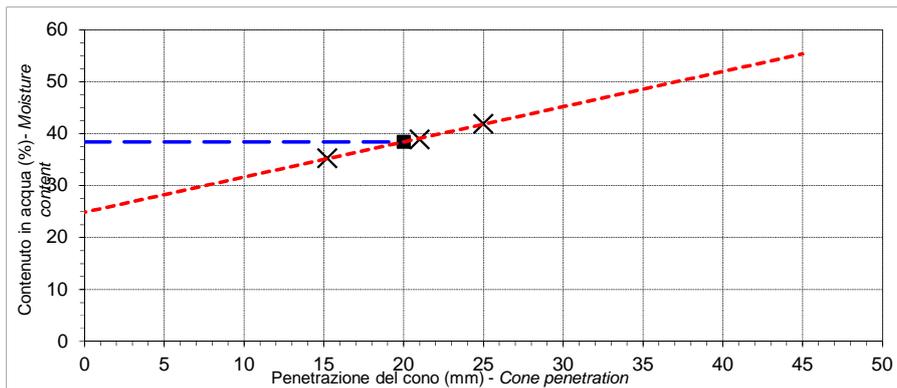
20.13

Limite plastico (%) - *Plastic limit*

20.12

Indice plastico - *Plastic index* 18

Differenza percentuale 0.15



Classificazione CNR-UNI - *Classification of soil according to CNR-UNI* A7-6

Indice di Gruppo - *Group index* 8

Classificazione USCS - *Classification of soil according to USCS* CH-OH

Direttore *Manager*

Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*

Dr.ssa Geol. Sara Venturini

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
 e-mail laboratorio.geotea@database.it
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

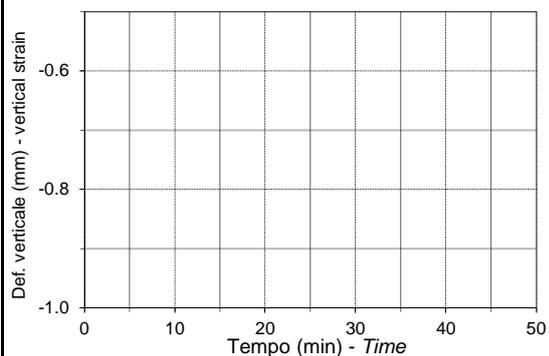
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Rapporto di prova - Test report	10011- 25.2076- 010
Verbale - Acceptance report	10011
Committente - Commissioner	PROTEO INGEGNERIA SRL
Località - Locality	TRABUCCO- PIANORO (BO)
Cantiere - Site	SP36 KM 11+800
Sondaggio - Borehole	DPSH4
Campione - Sample	C2
Profondità - Depth	1.50- 2.10m
Data ricevimento - Receiving date	04/04/2025
Data inizio prove - Test starting date	04/04/2025
Data fine prove - Test ending date	22/04/2025
Data emissione rapporto - Report date	22/04/2025
Data apertura campione - Sample opening date	04/04/2025
Classe campione - Sample quality	Q4

Umidità iniziale - Initial water content	%	19.68		
Densità naturale iniziale - Initial wet density	kg/m ³	2038.43		
Densità secca iniziale - Initial dry density	kg/m ³	1703.17		
Provino - Specimen id	n°	1	2	3
Lato - Specimen side	mm	60.0	60.0	60.0
Altezza iniziale - Initial specimen height	mm	20.0	20.0	20.0
Velocità di taglio utilizzata - Strain rate	mm/min	0.006	0.006	0.006
Press. di consolidazione - Consolidation pressure	kPa	98.1	196.1	294.2
Umidità finale - Final water content	%	19.00	18.11	17.06

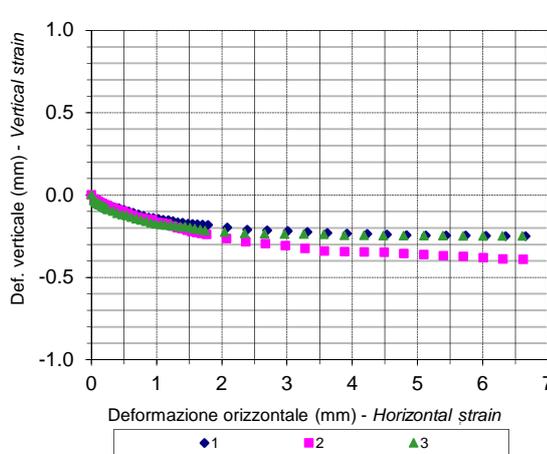
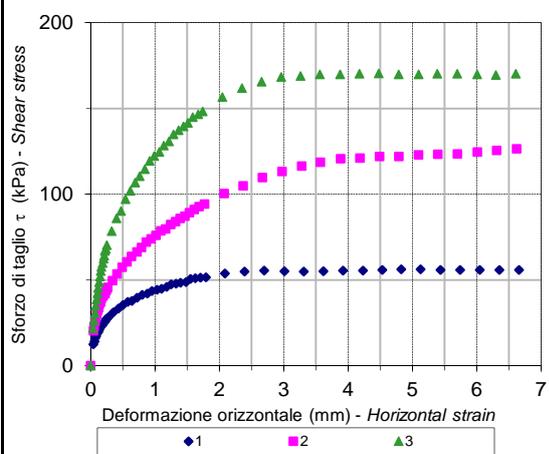
Fase di consolidazione - Consolidation test



Note - Remarks

Limo sabbioso. Colore marrone giallastro scuro.

Pocket Penetrometer	1.8	kg/cm ²
Tor Vane	0.8	kg/cm ²



Direttore *Manager*

Dott. Geol. Enrico Gumoli

Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: ± 0,14%

Sperimentatore *Technician*

Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
 e-mail laboratorio.geotea@database.it
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori



GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Rapporto di prova - Test report 10011- 25.2076- 010

Verbale - Acceptance report 10011

Consolidation test (0-100 kPa)		Provino 1 - Specimen 1			Provino 2 - Specimen 2			Provino 3 - Specimen 3		
time (s)	def. ↓ (mm)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
1		0.04	0.02	12.38	0.04	0.03	20.26	0.04	0.03	21.84
6		0.06	0.03	14.15	0.06	0.03	22.83	0.05	0.04	26.45
12		0.07	0.03	16.27	0.07	0.03	25.73	0.06	0.04	30.45
24		0.09	0.04	17.33	0.09	0.04	27.98	0.08	0.05	34.76
30		0.10	0.04	18.75	0.09	0.04	30.23	0.09	0.05	38.45
60		0.11	0.04	19.46	0.11	0.04	32.16	0.10	0.06	42.14
90		0.13	0.05	20.52	0.13	0.05	33.77	0.12	0.06	45.22
120		0.14	0.05	21.58	0.14	0.05	35.69	0.13	0.06	48.60
180		0.16	0.05	22.64	0.16	0.05	36.98	0.14	0.06	51.98
240		0.17	0.05	23.35	0.17	0.05	38.91	0.15	0.06	55.06
300		0.18	0.06	24.05	0.18	0.06	40.20	0.17	0.07	57.52
360		0.20	0.06	24.76	0.19	0.06	40.84	0.18	0.07	59.67
420		0.21	0.06	25.47	0.21	0.06	41.80	0.20	0.08	62.44
480		0.23	0.06	26.18	0.22	0.06	42.13	0.21	0.08	63.98
540		0.24	0.06	27.24	0.24	0.06	43.73	0.22	0.08	66.75
600		0.26	0.06	27.59	0.25	0.07	44.70	0.24	0.08	67.98
900		0.28	0.07	28.30	0.26	0.07	45.66	0.25	0.09	70.13
1200		0.35	0.08	31.13	0.34	0.08	49.52	0.33	0.10	78.44
1500		0.43	0.08	33.25	0.41	0.09	53.38	0.40	0.11	85.82
1800		0.50	0.09	35.37	0.49	0.10	57.24	0.47	0.12	90.12
2100		0.57	0.10	37.14	0.56	0.11	60.46	0.54	0.13	96.89
2400		0.64	0.11	37.85	0.64	0.12	63.67	0.61	0.14	101.81
2700		0.72	0.12	39.62	0.72	0.14	66.24	0.69	0.15	106.73
3000		0.80	0.13	41.39	0.79	0.14	68.82	0.76	0.15	110.43
3300		0.88	0.14	42.09	0.86	0.15	72.03	0.84	0.16	114.42
3600		0.95	0.14	43.51	0.94	0.15	73.96	0.91	0.17	119.35
4200		1.03	0.15	44.22	1.01	0.17	75.89	0.99	0.18	122.11
4800		1.10	0.15	44.92	1.09	0.17	78.46	1.07	0.18	124.58
5400		1.18	0.15	45.99	1.17	0.18	79.75	1.14	0.18	128.27
6000		1.25	0.16	47.40	1.24	0.19	82.32	1.21	0.19	130.73
7200		1.32	0.17	47.75	1.32	0.20	83.93	1.29	0.19	134.73
8400		1.40	0.17	48.46	1.39	0.21	85.86	1.36	0.19	137.19
9600		1.48	0.17	48.81	1.46	0.21	87.15	1.44	0.19	139.34
10800		1.55	0.18	50.58	1.54	0.22	89.08	1.51	0.20	141.49
12000		1.62	0.18	50.94	1.61	0.23	91.01	1.58	0.21	144.88
13200		1.71	0.18	51.29	1.69	0.24	92.61	1.67	0.21	146.41
14400		1.79	0.18	51.64	1.77	0.24	94.22	1.74	0.22	148.26
16800		2.09	0.20	53.77	2.08	0.27	100.33	2.04	0.23	156.56
19200		2.39	0.21	54.83	2.37	0.29	104.83	2.35	0.23	161.79
21600		2.70	0.22	55.54	2.67	0.30	109.66	2.65	0.24	165.48
28800		3.01	0.22	55.18	2.98	0.31	113.19	2.96	0.24	168.25
36000		3.31	0.22	54.83	3.28	0.33	116.41	3.26	0.24	168.87
45600		3.62	0.23	55.18	3.57	0.34	118.66	3.56	0.24	169.79
54000		3.92	0.24	55.54	3.88	0.34	120.59	3.88	0.25	169.79
72000		4.23	0.24	55.54	4.19	0.35	120.91	4.18	0.25	170.10
79200		4.53	0.24	55.89	4.49	0.35	121.88	4.48	0.25	170.41
82800		4.83	0.24	56.24	4.79	0.36	121.88	4.78	0.25	169.79
86400		5.13	0.25	56.24	5.10	0.36	122.84	5.10	0.25	169.79
		5.44	0.25	55.89	5.40	0.37	123.16	5.39	0.25	170.10
		5.74	0.25	55.89	5.70	0.37	123.48	5.70	0.25	170.10
		6.05	0.25	55.89	6.01	0.38	124.45	6.01	0.25	169.79
		6.35	0.25	55.89	6.31	0.39	125.41	6.30	0.25	169.48
		6.65	0.25	55.89	6.62	0.39	126.38	6.60	0.25	170.10

Note - Remarks

Direttore Manager

Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore

Technician

Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)

Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378

e-mail laboratorio.geotea@database.it

Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

TAGLIO DIRETTO

Committente: PROTEO INGEGNERIA SRL
 Località: TRABUCCO- PIANORO (BO)
 Cantiere: SP36 KM 11+800

Sondaggio: DPSH4
 Campione: C2
 Profondità: 1.50- 2.10m

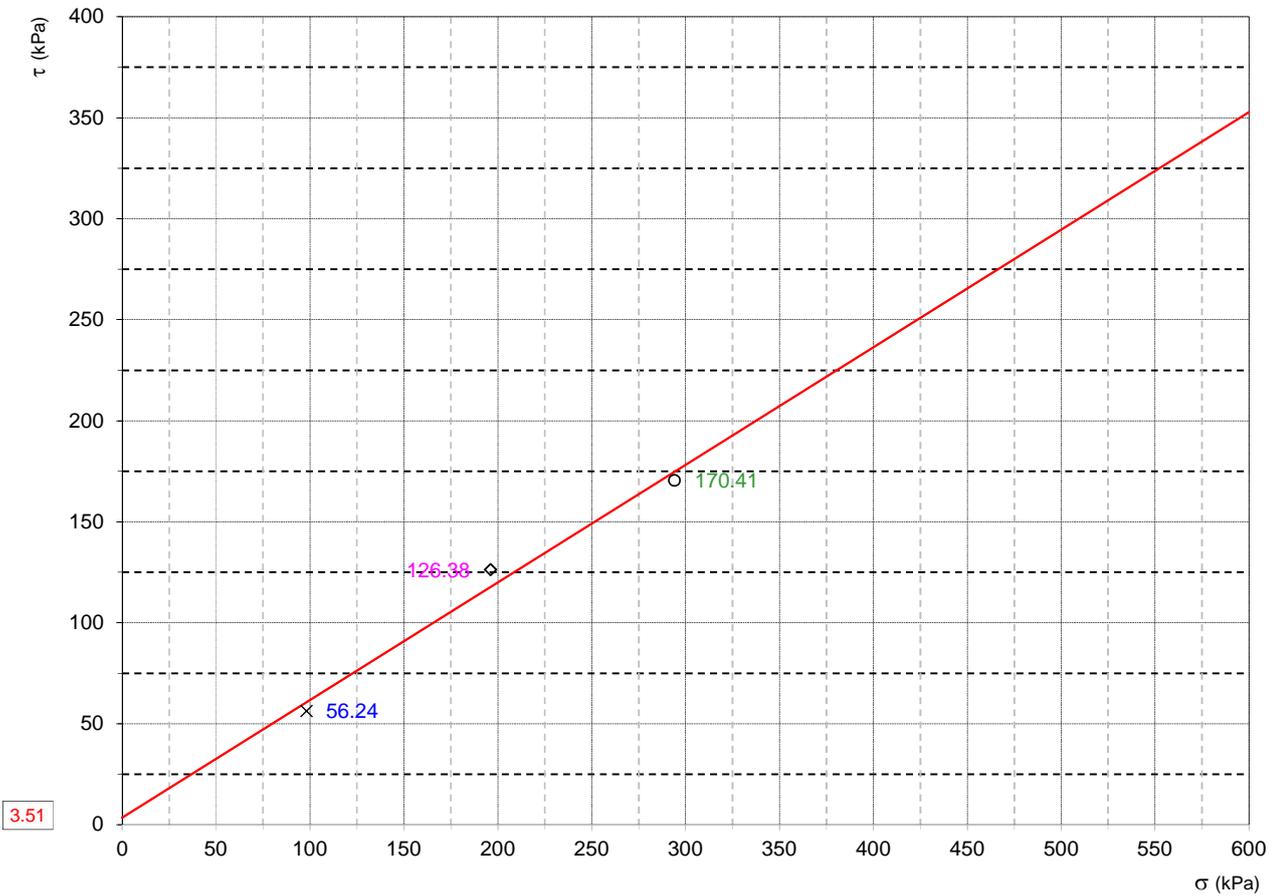
REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

Lato provino	60.00	mm
Altezza iniziale	20.00	mm

Valori dei provini a rottura				
Provino	n°	1	2	3
Sforzo a rottura	kPa	56.24	126.38	170.41
Intercetta C'	KPa	3.51		
ϕ'	° sess	30.20		

Velocità di prova
 0.006
 mm/min

Limo sabbioso. Colore marrone giallastro scuro.



×1

◇2

○3

La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova di taglio diretto eseguita mediante una semplice regressione lineare sui tre punti di sforzo massimo e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.



GEOTE s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

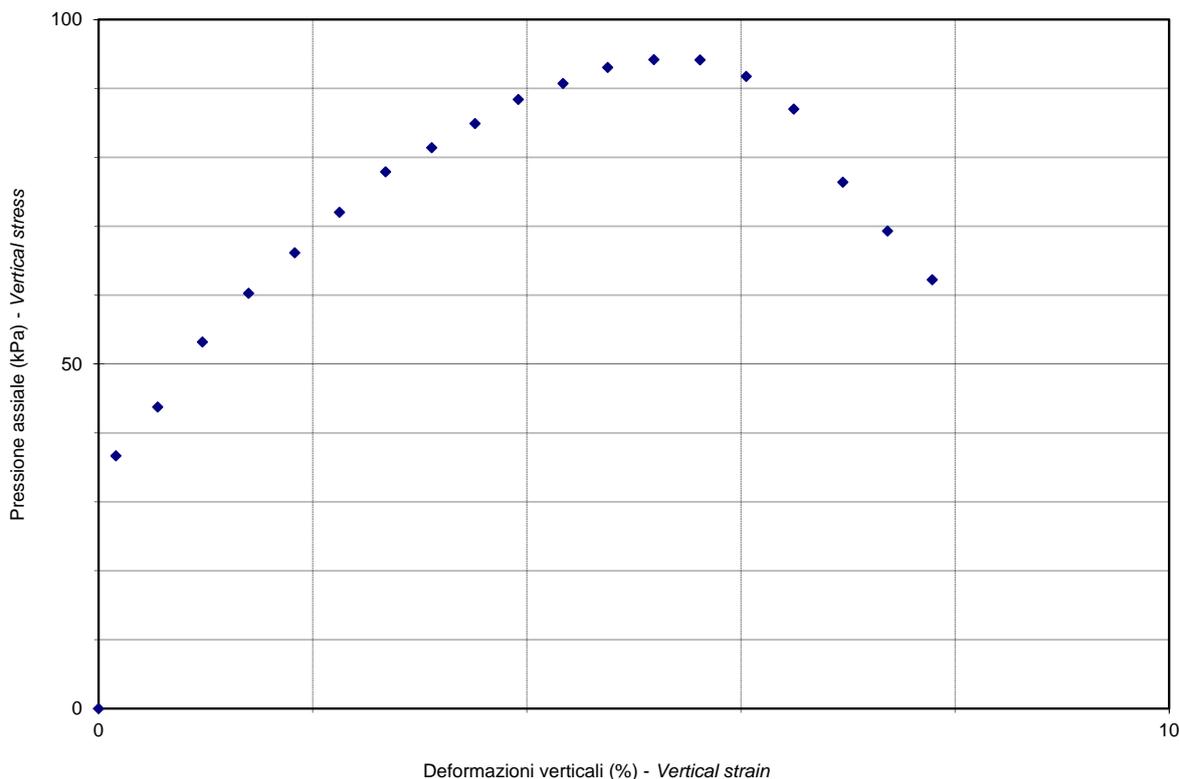
COMPRESSIONE NON CONFINATA

UNCONFINED COMPRESSION TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-7

Technical specification

Rapporto di prova - <i>Test report</i>	10011- 25.2076- 011
Verbale - <i>Acceptance report</i>	10011
Committente - <i>Commissioner</i>	PROTEO INGEGNERIA SRL
Località - <i>Locality</i>	TRABUCCO- PIANORO (BO)
Cantiere - <i>Site</i>	SP36 KM 11+800
Sondaggio - <i>Borehole</i>	DPSH4
Campione - <i>Sample</i>	C2
Profondità - <i>Depth</i>	1.50- 2.10m
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	04/04/2025
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	04/04/2025
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	22/04/2025
Data emissione rapporto - <i>Report date</i>	22/04/2025
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	04/04/2025
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4
Diametro (cm) - <i>Specimen diameter</i>	3.81
Altezza provino (cm) - <i>Initial specimen height</i>	7.62
Volume provino (cm ³) - <i>Specimen volume</i>	86.87
Velocità di Prova (mm/min) - <i>Shear rate</i>	0.65
Pressione max (kPa) - <i>Max. effective stress</i>	94.18
Pocket penetrometer (kg/cm ²)	1.8
Tor vane (kg/cm ²)	0.8
Umidità naturale iniziale (%) - <i>Initial water content</i>	19.68
Densità naturale (kg/m ³) - <i>Bulk density</i>	2038.43
Densità secca (kg/m ³) - <i>Dried density</i>	1703.17



Note - Remarks: grado di incertezza delle misure: 0,25%.

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*
Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



GEOTE s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

COMPRESSIONE UNIASSIALE

COMPRESSION TEST OF HYDRAULICALLY BOUND MIXTURES

Normativa di riferimento:
Technical specification

C.N.R. BOLLETTINO UFFICIALE ANNO
VI - N.29 7 Novembre 1972

Rapporto di prova - <i>Test report</i> Verbale - <i>Acceptance report</i> Committente - <i>Commissioner</i> Località - <i>Locality</i> Cantiere - <i>Site</i>	10011- 25.2076- 012 10011 PROTEO INGEGNERIA SRL TRABUCCO- PIANORO (BO) SP36 KM 11+800
Campione - <i>Sample</i> Profondità Data ricevimento - <i>Receiving date</i> Data inizio prove - <i>Test starting date</i> Data fine prove - <i>Test ending date</i> Data emissione rapporto - <i>Report date</i> Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	S1 6.65- 6.80m 04/04/2025 04/04/2025 22/04/2025 22/04/2025 04/04/2025
Dimensione provino <i>Specimen size</i> Altezza (mm): <i>Height</i> Diametro (mm): <i>Diameter</i> Massa (g): <i>Mass</i>	140.00 80.00 1091.20
Carico totale a rottura (daN): <i>Total Load</i> Resistenza a compressione (N/mm²): <i>Compression resistance</i>	1480.80 2.95

Direttore *Manager*

Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*

Dr.ssa Geol. Sara Venturini

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

POINT LOAD TEST

POINT LOAD STRENGTH INDEX

Normativa di riferimento: ASTM D-5731-07

Technical specification

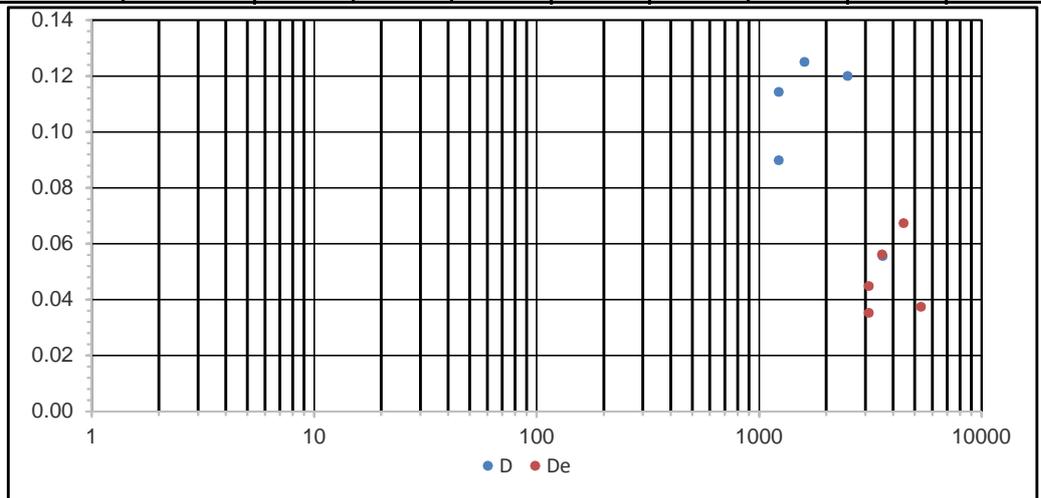
Rapporto di prova - Test report
 Verbale - Acceptance report
 Committente - Commissioner
 Località - Locality
 Cantiere - Site
 Sondaggio - Borehole
 Campione - Sample
 Profondità - Depth
 Data ricevimento - Receiving date
 Data inizio prove - Test starting date
 Data fine prove - Test ending date
 Data rapporto - Report date
 Data apertura campione - Sample opening date

1001I- 25.2076- 013
 1001I
 PROTEO INGEGNERIA SRL
 TRABUCCO- PIANORO (BO)
 SP36 KM 11+800
 -
S1
6.80- 7.20m
 04/04/2025
 04/04/2025
 22/04/2025
 22/04/2025
 04/04/2025

Provino	W	D	P	D ²	D ^{2e}	D			De		
						Is	F	Is ₅₀	Is	F	Is ₅₀
	cm	cm	kN	(mm ²)	(mm ²)	Mpa	-	Mpa	Mpa	-	Mpa
1	7	5	0.3	2500	4459	0.12	1.00	0.12	0.07	1.16	0.08
2	7	4	0.2	1600	3567	0.13	0.89	0.11	0.06	1.09	0.06
3	7	6	0.2	3600	5350	0.06	1.10	0.06	0.04	1.21	0.05
4	7	3.5	0.14	1225	3121	0.11	0.84	0.10	0.04	1.06	0.05
5	7	3.5	0.11	1225	3121	0.09	0.84	0.08	0.04	1.06	0.04
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

D	
P _{medio} (kN)	0.19
Is (Mpa)	0.10
Is ₅₀ (Mpa)	0.09
Su (Mpa)	2.32
Su ₅₀ (Mpa)	2.13
De	
P _{medio} (kN)	0.19
Is (Mpa)	0.05
Is ₅₀ (Mpa)	0.05
Su (Mpa)	1.11
Su ₅₀ (Mpa)	1.24

Tipo = B



Note - Remarks:

D=diametral; A=axial; B=block; I=irregular lump test; P=perpendicular; PP=parallel to planes of weakness

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
 e-mail laboratorio.geotea@database.it
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



ALLEGATO 5

Caratterizzazione geomeccanica

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050 Caratterizzazione Geomeccanica</p>	<p>  AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY </p>
------------------------------	--	--

Caratterizzazione Geomeccanica della Formazione Arenitica

<p>Committente: PROTEO INGEGNERIA SRL Cantiere: VARIANTE SP36 km 11+820 – km 12+050 Località: Trabucco - Comune di Pianoro (BO)</p>	<p>Codice commessa: 25.2076</p>
---	---------------------------------

AFFIORAMENTO



Giacitura

Direzione strati: 127°

Immersione: 217° - SW

Inclinazione: 21°

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050 Caratterizzazione Geomeccanica</p>	 <p>GEOTEIA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
------------------------------	--	--

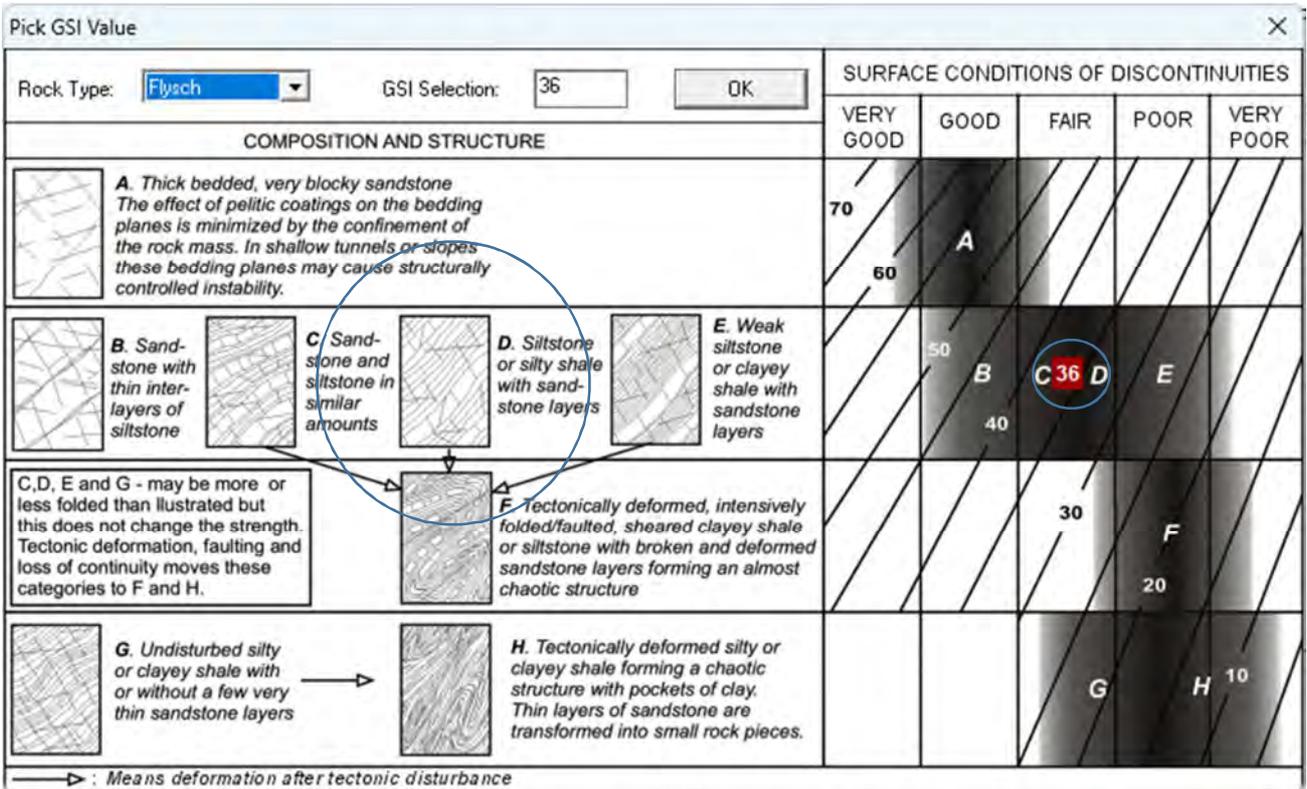
Hoek Brown Classification

sigci 3 MPa
 GSI 36
 mi 17
 D 0.2

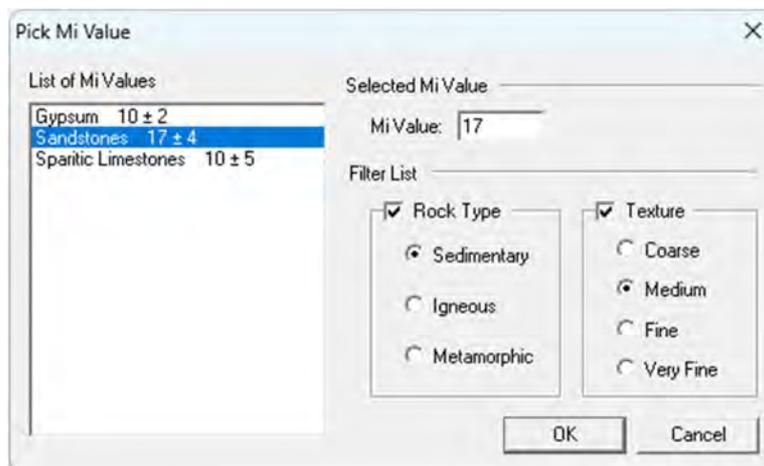
Field Estimate of Strength	Examples	Strength (MPa)
Specimen can only be chipped with a geological hammer.	Fresh basalt, chert, diabase, gneiss, granite, quartzite.	>250
Specimen requires many blows of a geological hammer to fracture it.	Amphibolite, sandstone, basalt, gabbro, gneiss, granodiorite, limestone, marble, rhyolite, tuff.	100-250
Specimen requires more than one blow of a geological hammer to fracture it.	Limestone, marble, phyllite, sandstone, schist, shale.	50-100
Cannot be scraped or peeled with a pocket knife, specimen can be fractured with a single blow from a geological hammer.	Claystone, coal, concrete, schist, shale, siltstone.	25-50
Can be peeled with a pocket knife with difficulty, shallow indentation made by firm blow with point of a geological hammer.	Chalk, rocksalt, potash.	5-25
Crumbles under firm blows with point of a geological hammer, can be peeled by a pocket knife.	Highly weathered or altered rock.	1-5
Indented by thumbnail.	Stiff fault gouge.	0.25-1

Uniaxial Compressive Strength (sigci): MPa

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050 Caratterizzazione Geomeccanica</p>	 <p>GEOTEIA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
------------------------------	--	--

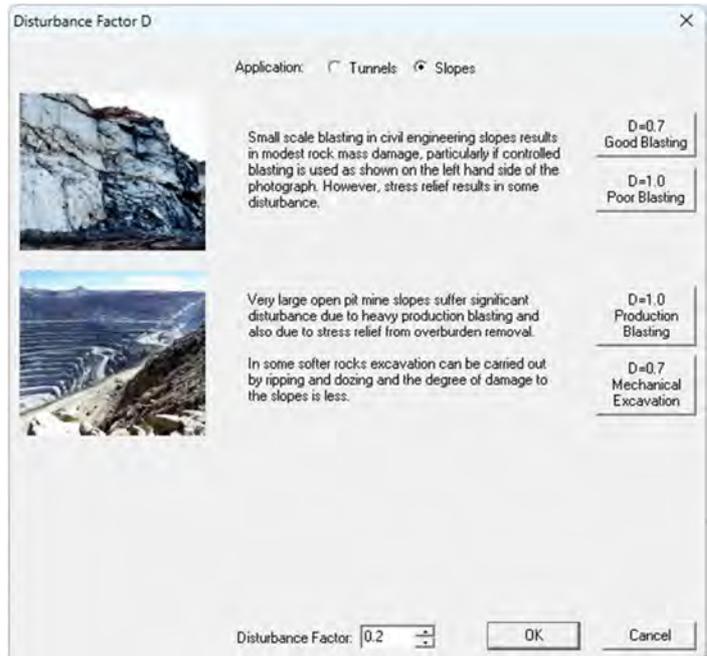


GSI 36



mi 17

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050 Caratterizzazione Geomeccanica</p>	 <p>GEOTEIA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
------------------------------	--	---



Hoek Brown Criterion

mb 1.34115
 s 0.000491009
 a 0.514908

Failure Envelope Range

Application Slopes
 sig3max 0.182398 MPa
 Unit Weight 0.024 MN/m3
 Slope Height 10 m

Mohr-Coulomb Fit

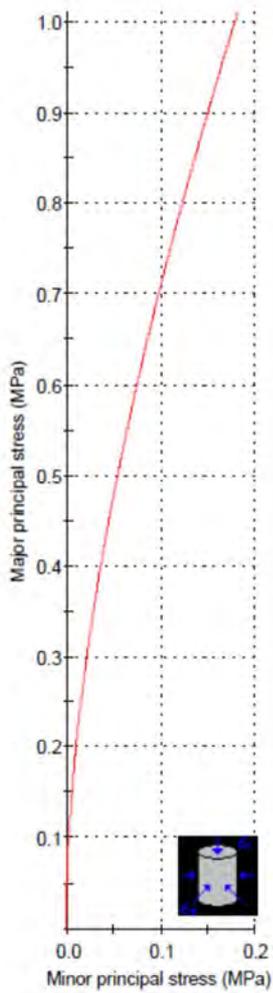
c 0.0497657 MPa
 phi 40.2806 degrees

Rock Mass Parameters

sigt -0.00109833 MPa
 sigc 0.0593387 MPa
 sigcm 0.437569 MPa
 Em 696.311 MPa

<p>PROTEO INGEGNERIA SRL</p>	<p>Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.36 Val di Zena dal km 11+820 al km 12+050 Caratterizzazione Geomeccanica</p>	 <p>GEOTEIA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> <p>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</p>
------------------------------	--	---

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 3 MPa
 GSI = 36 mi = 17 Disturbance factor = 0.2

Hoek-Brown Criterion

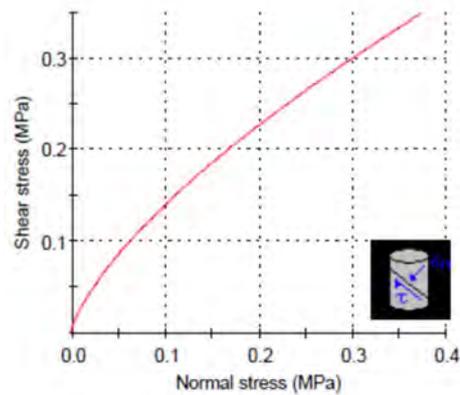
mb = 1.341 s = 0.0005 a = 0.515

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.050 MPa friction angle = 40.28 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.001 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.059 MPa
 global strength = 0.438 MPa
 modulus of deformation = 696.31 MPa

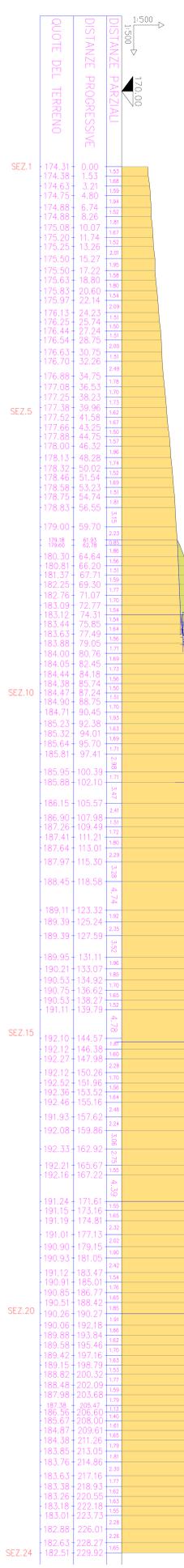




- DPSH Prova penetrometrica dinamica superpesante
- S1 Sondaggio a carotaggio continuo
- ▼ HVSR Prospezione geofisica HVSR
- MASW Prospezione geofisica MASW

 GEOTEA S.r.l. Geologia Territorio Ambiente	TAVOLA 1 Ubicazione indagini
	Rif.Int. 25.2076 Maggio 2025
Relazione Geologica e Sismica	

PROFLO STRATIGRAFICO



CANTIERE		SISTEMI DI FONDEZZIONE	
Nome		Tipologia	
Descrizione		Materiali	
Coordinate		Dimensioni	
Stato		Altezza	
Autore		Profondità	
Verificatore		Stato	
Approvatore		Coordinate	
Revisione		Stato	
Ultima Modifica		Coordinate	

CANTIERE		SISTEMI DI FONDEZZIONE	
Nome		Tipologia	
Descrizione		Materiali	
Coordinate		Dimensioni	
Stato		Altezza	
Autore		Profondità	
Verificatore		Stato	
Approvatore		Coordinate	
Revisione		Stato	
Ultima Modifica		Coordinate	

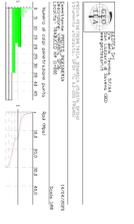
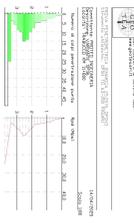
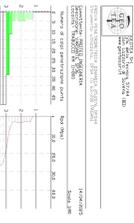


TAVOLA 2
PROFLO STRATIGRAFICO

Ref. Int. 25/2076
Maggio 2025
Comitente: PROTEO INGEGNERIA SRL
Relazione Geologica e Sismica