



# PROVINCIA DI RAVENNA

## PROGETTO ESECUTIVO PER

INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL TRATTO STRADALE  
FRANTO LUNGO LA S.P. n. 70 "Prugno" alla P. Km.  
1+300 (giardino officinale)  
in COMUNE DI CASOLA VALSENI

CUP J67H23001610001

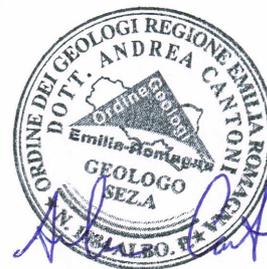
	<b>03</b>	
		<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>
SCALA	-	
DATA	24/03/2025	

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	SPAZIO RISERVATO UFFICI PUBBLICI
<b>Ing. PAOLO NOBILE</b> Settore LAVORI PUBBLICI PROVINCIA DI RAVENNA P.zza Caduti per la Libertà n.2 - 48121 RAVENNA	
REFERENTE AMBITO FAENZA	
<b>Geom. ROBERTO LASI</b> Settore LAVORI PUBBLICI PROVINCIA DI RAVENNA P.zza Caduti per la Libertà n.2 - 48121 RAVENNA	
IL PROGETTISTA	
<b>Ing. CLAUDIO MORARA</b>  <u>STUDIO TECNICO INGEGNERIA</u> Via XX Settembre n.29 - 48018 FAENZA (RA)	

**CANTONI ANDREA GEOLOGO**

Via Naldi n. 19  
48013 Brisighella (RA)  
tel. 335 6811781  
Part.I.V.A.: 02134490396

**RELAZIONE GEOLOGICA E MODELLAZIONE  
GEOLOGICO-TECNICA, INDAGINE GEOFISICA  
RIGUARDANTI IL DISSESTO DI UN TRATTO DI  
STRADA PROVINCIALE SP 70 PRUGNO P.K. 1+300  
ALL'ALTEZZA DEL GIARDINO DELLE ERBE  
OFFICINALI IN COMUNE DI CASOLA VALSENO.  
(Fenomeno avvenuto durante le avverse condizioni  
meteorologiche – frane e alluvione Romagna maggio  
2023).**



Committente:

Provincia di Ravenna

Settore Lavori Pubblici – Servizio Strade

Unità Organizzativa Manutenzione e gestione Rete Stradale Area Montana

Piazza dei Caduti per la Libertà 2

## INDICE

1. <i>Introduzione</i>	<i>pag. 3</i>
2. <i>Normative di riferimento</i>	<i>pag. 4</i>
3. <i>Inquadramento geologico</i>	<i>pag. 5</i>
4. <i>Inquadramento geomorfologico e idrologico</i>	<i>pag. 7</i>
5. <i>Inquadramento sismico</i>	<i>pag. 10</i>
6. <i>Prove penetrometriche statiche, dinamiche medie e carotaggio continuo</i>	<i>pag. 11</i>
7. <i>Caratterizzazione e modellazione geologico-tecnica dei terreni</i>	<i>pag. 18</i>
8. <i>Conclusioni</i>	<i>pag. 22</i>
 <i>Allegati</i>	 <i>pag. 24</i>
- <i>planimetria ubicazione prove penetrometriche, modello geologico-tecnico e indicazioni di massima per la progettazione</i>	
- <i>prove geotecniche di laboratorio</i>	
- <i>prove penetrometriche statiche, dinamiche medie e carotaggio continuo</i>	
- <i>indagine geofisica con tecnica HVSR</i>	
- <i>documentazione fotografica</i>	

## 1. INTRODUZIONE

Su richiesta della Provincia di Ravenna Settore Lavori Pubblici Servizio Strade con sede in Piazza dei Caduti per la Libertà a Ravenna è stata eseguita un'indagine geologico-tecnica su un area sita all'altezza del Giardino delle Erbe Officinali in comune di Casola Valsenio lungo la strada Provinciale SP 70 Prugno P.K. 1+300 distinta al foglio 19 del Comune di Casola Valsenio riguardante un dissesto avvenuto su un versante che ha coinvolto anche la banchina e la sede stradale della SP70. Di seguito vengono descritte le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrologiche, sismiche ed alcune caratteristiche geotecniche dei terreni. L'indagine è stata condotta nel mese di agosto e settembre 2023 mediante rilievo di campagna, prove penetrometriche statiche e dinamiche medie, indagine geofisica con la tecnica HVSR, carotaggio continuo, analisi geotecniche di laboratorio e utilizzando anche risultanze di precedenti studi eseguiti in aree limitrofe. Lo scopo di questo studio è quello di acquisire elementi utili al riconoscimento della natura litologica, di alcune caratteristiche geotecniche dei terreni, della morfologia e caratteristiche del fenomeno franoso, dell'eventuale presenza di falda

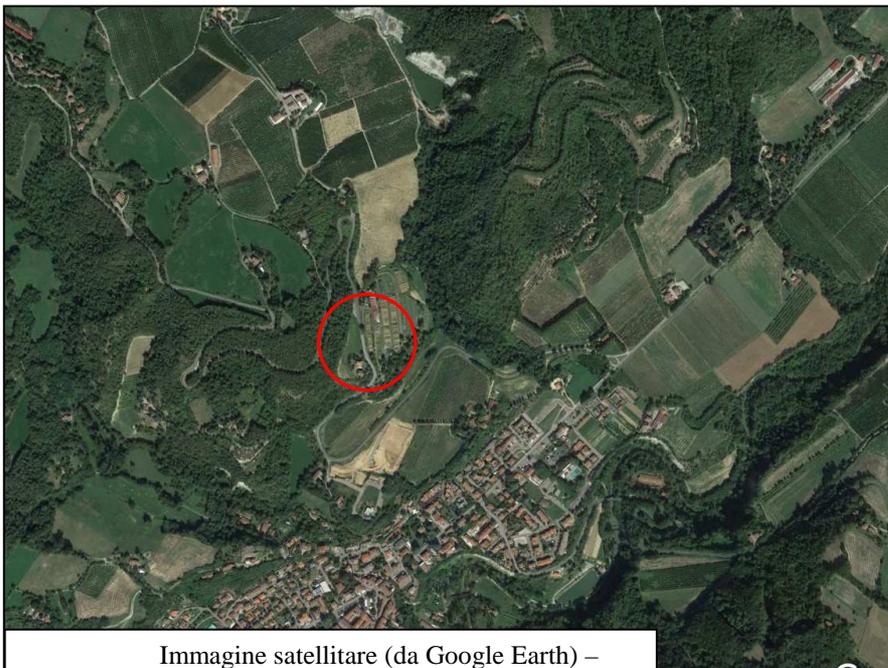
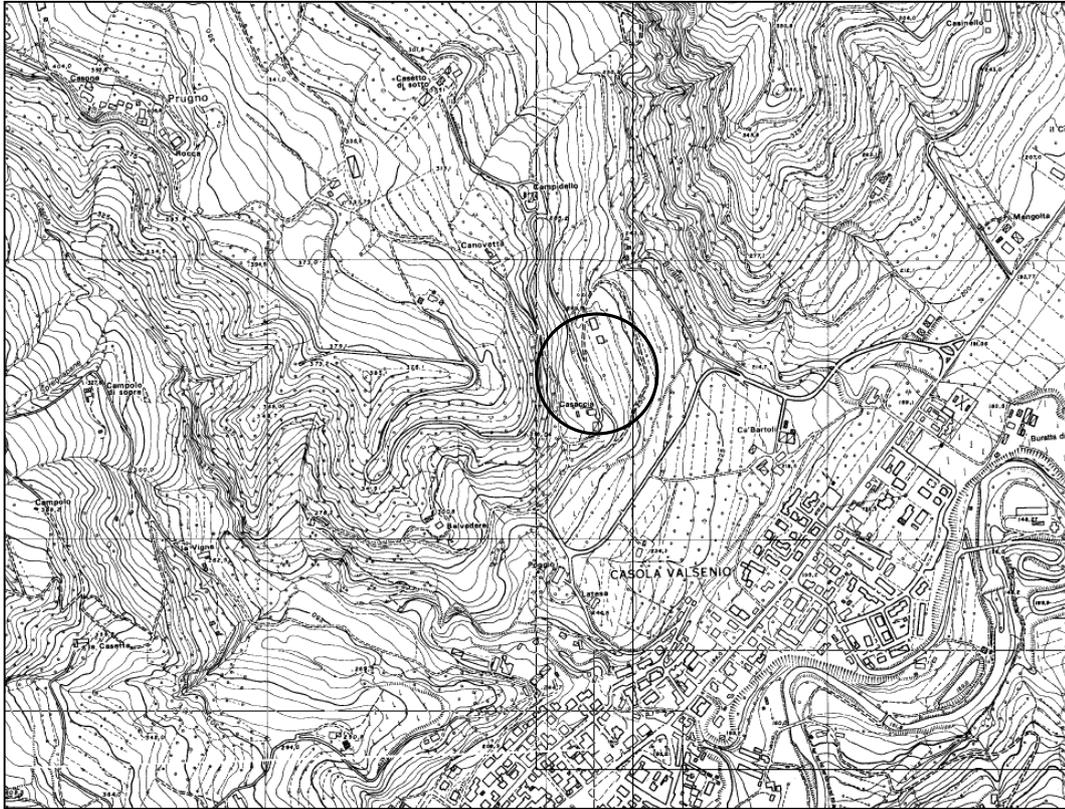


Immagine satellitare (da Google Earth) –  
Inquadramento generale dell' area di studio

idrica e/o falde  
idriche sospese, con  
lo scopo di elaborare  
un modello  
geologico-tecnico  
utile ai fini dei  
calcoli strutturali per  
la progettazione di  
eventuali interventi  
di messa in

sicurezza finalizzati alla riduzione del rischio. In allegato vengono riportati, il modello geologico-tecnico, l'ubicazione delle prove penetrometriche statiche e dinamiche con i relativi grafici, il carotaggio e l'indagine geofisica.



Estratto CTR – Inquadramento di dettaglio dell'area di studio

## ***2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO***

*Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003*

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

*Norme tecniche per le Costruzioni 2008*

*Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.*

*Aggiornamento delle NTC del 17/01/2018*

*Circolare del 21/01/2019 n.7 - C.S.LL.PP.*

*Eurocodice 7*

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

*Eurocodice 8*

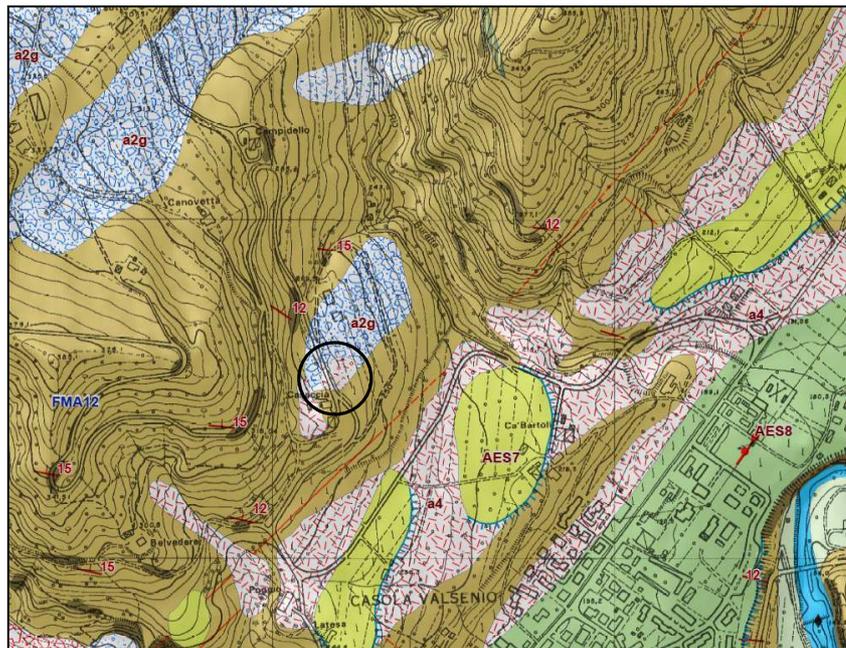
Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

### **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

La geologia dell'area è dominata dalla Formazione Marnoso-arenacea e dalle sovrastanti coltri detritiche eluvio-colluviali. Il substrato roccioso marnoso-arenaceo è costituito da rocce sedimentarie di origine marina (batiale) di età compresa tra il Langhiano e Tortoniano (Miocene medio) ed è caratterizzata in prevalenza da regolari alternanze di banchi arenacei e banchi marnosi. Quasi sempre i banchi arenacei sono caratterizzati da sequenze torbiditiche, data la vastità del bacino, in essa sono presenti anche depositi di conoide sottomarina e di piana batiale. L'intera sequenza torbiditica marnoso-arenacea viene distinta in 14 membri sulla base di due parametri: distribuzione dei letti arenitici molto variabili e rapporto arenaria-pelite (A:P) che generalmente varia da 2:1 a 7:1. In particolare l'area di studio si trova in prossimità del Membro di Castel del Rio (indicato nella cartografia geologica regionale del Servizio geologico e sismico dei suoli con la sigla FMA12) ed è caratterizzato da Torbiditi arenaceo-siltitico-marnose con rapporto arenaria-pelite A:P piuttosto variabile. Vi sono arenarie medie e fini, talora grossolane; siltiti e marne spesso siltose e sabbiose. Rare emipelagiti. Possono abbondare i letti arenacei spessi, con A/P fino a >20, con strati talora amalgamati; per il resto prevalgono quelli medi e sottili. Talora si inseriscono pacchi di strati decametrici più pelitici con A/P < 3 (fino a 1/2). Limite inferiore su FMA11 (o su FMA10 in parziale eteropia) graduale rapido, posto in corrispondenza di un pacco (15 m) di strati arenacei spessi, alternati a torbiditi sottili. Potenza fino a 500 metri. (*Tortoniano*). Il substrato roccioso marnoso arenaceo quando non è affiorante è ricoperto da una coltre eluvio-colluviale costituita da materiale detritico generalmente fine (sabbie, limi e

peliti) prodotti dall'alterazione in situ della roccia sottostante o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità.

La giacitura degli strati dedotta dalla cartografia geologica regionale è la seguente: immersione verso Nord/Est con inclinazione di circa 12° (strati a franapoggio).



Legenda	
Province	a1g - Deposito di frana attiva complessa
Comuni	a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
Griglia 10.000	a2g - Deposito di frana quiescente complessa
Prove lineari	a3 - Deposito di versante s.l.
- prova MASW	a4 - Deposito eluvio-colluviale
Punti geomorf./antrop. (10K)	b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
♦ discarica, deposito di origine antropica	Limiti di unità geologiche (10K)
■ ee geomorf./antrop. (10K)	— contatto stratigrafico o litologico certo
■ orlo di terrazzo fluviale	— faglia certa
Punti di osservaz. e misura (10K)	— faglia incerta
— stratificazione dritta	— limite di natura incerta
Coperture quaternarie (10K)	Affioramenti (aree) (10K)
■ AES7 - Subsistema di Villa Verucchio	■ Unità geologiche (10K)
■ AES8 - Subsistema di Ravenna	■ FMA10 - Formazione Marmoso-Arenacea - membro di Dovadola
■ AES8a - Unità di Modena	■ FMA12 - Formazione Marmoso-Arenacea - membro di Castel del Rio
■ a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento	■ mv - Livello Monte della Vecchia
	■ rc - Riempimenti di canali arenacei

*Estratto dalla cartografia geologica del Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna*

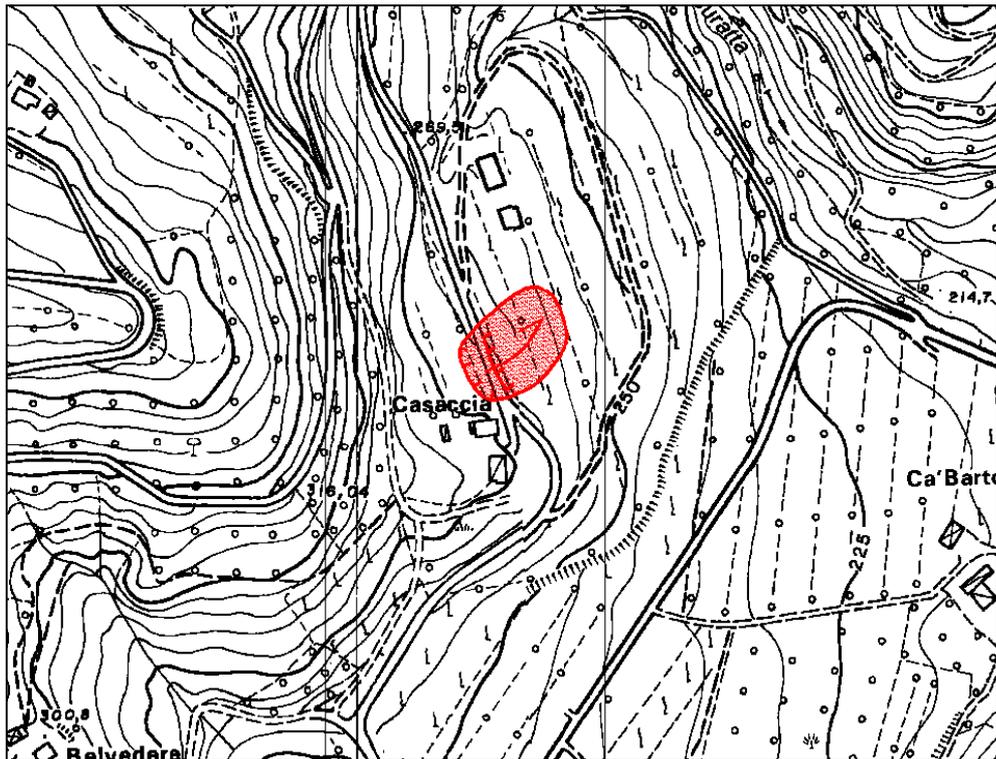
#### ***4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROLOGICO***

L'area oggetto d'indagine è inserita in un ambiente collinare a pochi chilometri di distanza dall'abitato di Casola Valsenio. E' inserita all'interno di un versante con esposizione Nord-Est dotato di inclinazione media di circa 16° e si trova ad una quota di circa m 270 slm. La geomorfologia della zona è caratterizzata in generale dall'assetto stratigrafico e dai processi chiamati "di denudazione" che tendono a modellare e modificare il paesaggio allontanando i materiali di copertura dei versanti e mettendo a nudo la roccia sottostante. I fenomeni responsabili di tale modellamento comprendono i processi erosivi e deposizionali ad opera del dilavamento delle acque superficiali e incanalate, erosivi ad opera dei fenomeni atmosferici come il crioclastismo e il termoclastismo e, ovviamente, gli eventi di tipo gravitativo come i fenomeni franosi. All'interno del versante, nella parte di valle, sono presenti delle gradonature di natura antropica sulle quali è inserito il "Giardino delle Erbe Officinali" di Casola Valsenio.

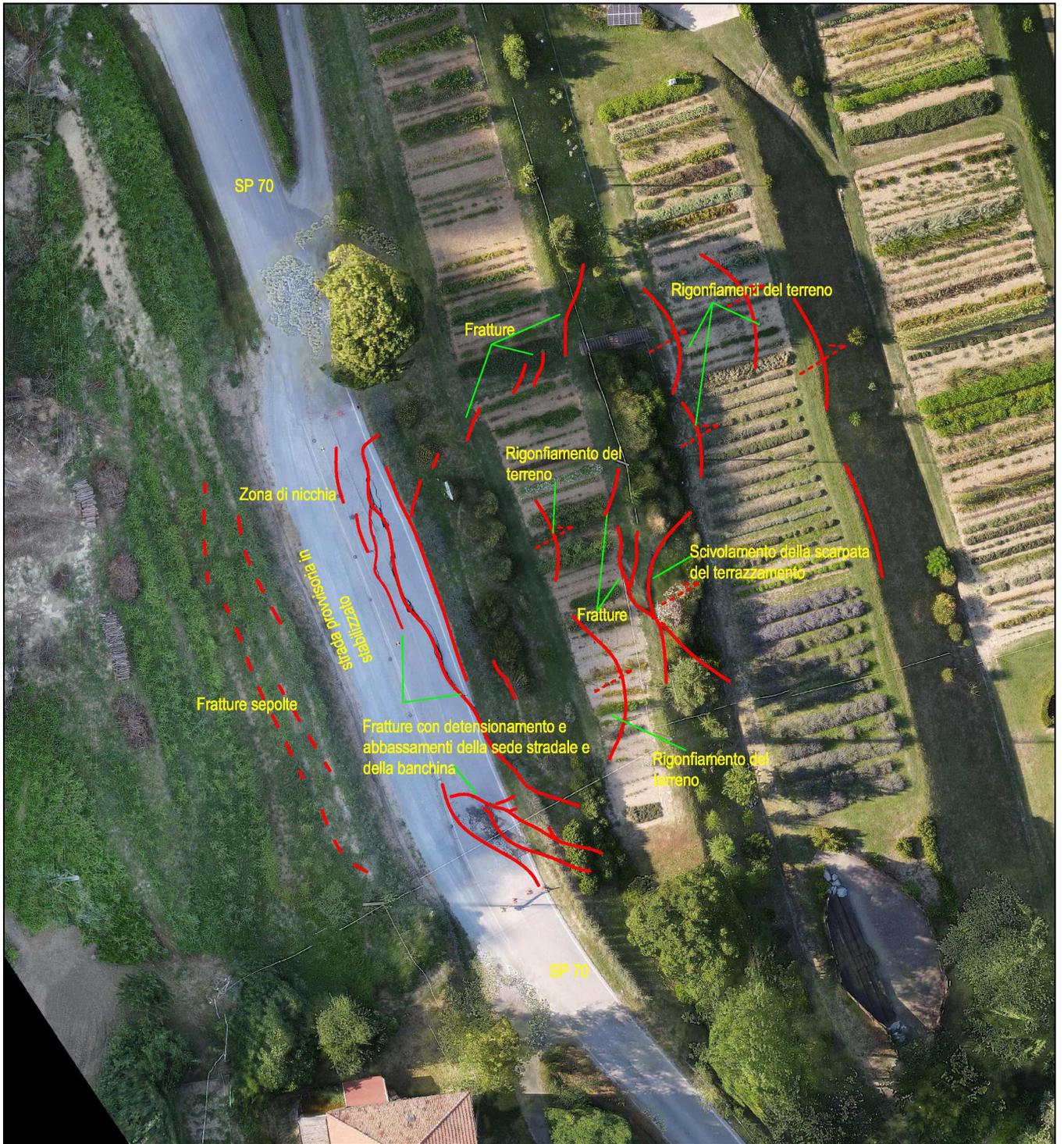
A mezza costa lungo sul versante è inserita la Strada Provinciale SP70 Prugno che in questo punto è sostenuta da un rilevato antropico. In seguito agli eventi meteorici eccezionali avvenuti il 2-3 maggio e 16-17 maggio 2023 si è verificato un movimento franoso superficiale di tipo "scorrimento traslativo di detrito" che ha provocato il cedimento della sede stradale con formazione di fratture e abbassamenti, parziale franamento della banchina stradale, formazione di zone "rigonfiate" e cedimenti di alcune gradonature all'interno del Giardino delle Erbe officinali. Tale movimento franoso, presenta un fronte di circa 50 m di larghezza con uno sviluppo di circa m 60 di lunghezza, una profondità della superficie di scivolamento massima di circa 6,50 m. Il volume complessivo stimato del terreno interessato dalla frana è di circa 4.000 mc.

Per quanto riguarda l'idrologia generale dell'area l'elemento idrologico principale è rappresentato dal rio Buratta un piccolo corso d'acqua che scorre in

direzione Nord-Ovest/Sud-Est ad una distanza di circa m 210 ed ad una quota inferiore di circa m 60; le acque meteoriche sono regimate dai fossi posti ai bordi della strada SP 70, delle carraie sottostanti e quelle inseriti all'interno del giardino delle erbe; in parte sono libere di scorrere sulla superficie topografica ed essere assorbite dal suolo. Per quanto concerne le acque del sottosuolo, durante l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche è stata rilevata acqua di falda e/o falde idriche sospese all'interno dei fori di sondaggio alla profondità di circa m 3,70-3,90: è presumibile pensare che nei periodi particolarmente piovosi tale livello piezometrico sia situato ad una quota più elevata.



*Estratto CTR -Ubicazione movimento franoso*



*Planimetria di dettaglio del movimento franoso*

## 5. **INQUADRAMENTO SISMICO**

Il presente studio è stato condotto tenendo conto dell'Ordinanza di Protezione Civile n. 3274 del 20 marzo 2003 del Presidente del Consiglio "Normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica e connessa classificazione sismica del territorio nazionale"; dell'Ordinanza di Protezione Civile n. 3519 del 28 aprile 2006 del Presidente del Consiglio "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone e delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. del 17/01/2018.

L'adozione della nuova riclassificazione sismica nazionale con cui viene ristabilito il grado di sismicità di tutti i Comuni dalla zona 1, la più sismica, fino alla zona 4 a sismicità molto bassa, suddivide il territorio nazionale in 4 zone sismiche in funzione del parametro  $a_g$  (accelerazione di picco orizzontale su suolo di categoria A).

<i>Zona</i>	<i>Valore di <math>a_g</math></i>
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

L'area in esame è ubicata nel Comune di Casola Valsenio che risulta classificato in Zona 2 (intensità sismica media).

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

Per quanto concerne gli effetti di amplificazione locale, la corrispondente categoria di sottosuolo definita dalle Norme Tecniche per le costruzioni approvate con D.M. del 17/01/2018 corrisponde alla categoria B (*Rocce tenere e depositi di terreni a*

*grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s) in base all'indagine geofisica eseguita in sito con metodologia HVSR (si veda indagine geofisica in allegato).*

Per le condizioni topografiche, tenuto conto che si tratta di una configurazione superficiale semplice, si può assumere come categoria topografica "T2".

## **6. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE, DINAMICHE MEDIE E CAROTAGGIO CONTINUO**

Al fine di verificare l'uniformità litologica e geotecnica dell'area in oggetto, di individuare l'eventuale presenza e profondità della falda idrica, di accertare la presenza di terreno rimaneggiato e/o di riporto, la profondità della superficie di scivolamento e la profondità del substrato roccioso, sono state eseguite n.5 prove penetrometriche statiche CPT, n.2 prove penetrometriche dinamiche medie DIN e un carotaggio continuo. Le quote sono riferite al piano di campagna e l'ubicazione delle prove viene riportata in cartografia allegata. L'indagine è stata eseguita con penetrometro statico tipo Deep Drill da 10t, con costante di trasformazione  $C_t = 20$ , velocità della punta di 2 cm/s, punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35,7$  mm (area punta 10 cmq e apertura di  $60^\circ$ ) con manicotto laterale di 150 cmq di superficie e con penetrometro dinamico medio Deep Drill tipo DPM 030 di Kg 30 di peso di maglio cadente da una altezza di cm 20 con aste di Kg 3: dalla resistenza alla punta riscontrata nella prova applicando la "formula degli Olandesi":

$$Qd = \frac{M^2 \cdot H}{e \cdot (P + M) \cdot A}$$

ove:

$M$  = massa del maglio

$H$  = altezza di caduta del maglio

$P$  = peso delle aste

$e$  = penetrazione della punta per colpo di maglio cadente da altezza  $H$

$A$  = sezione della punta ( $\text{cm}^2$  10)

si ottiene il carico dinamico in  $\text{Kg}/\text{cm}^2$ .

Fra le prove eseguite esiste una differenza di quota come riportato nella tabella sottostante considerando la prova DIN 1 a quota 0:

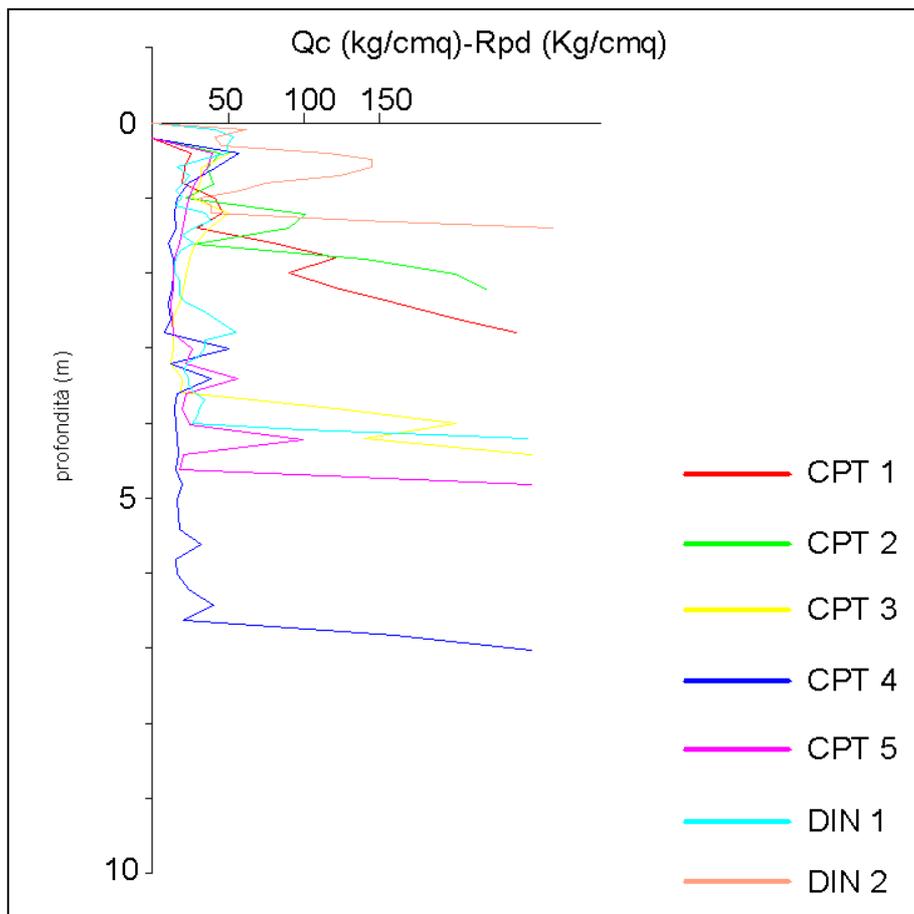
<b>Prove</b>	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT 4	CPT 5	DIN 1	DIN 2
<b>Differenza di quota (m)</b>	- 1,0	- 4,90	- 6,30	+ 5,80	+ 6,80	0	+ 0,20

In generale le prove evidenziano una certa disomogeneità dei terreni sia in senso verticale che orizzontale dovuta ad un diverso grado di addensamento dei litotipi indagati e ad una variabilità laterale dovuta ad una diversa profondità del substrato roccioso. In particolare le prove CPT 1, CPT 2 e CPT 3, eseguite sotto la strada provinciale e all'interno dei terrazzamenti del giardino delle erbe officinali hanno evidenziato, dopo un primo strato di terreno di riporto spesso circa m 0,40-3,60 di natura sabbioso-limosa, limoso-sabbiosa e limoso-argillosa mediamente consistenti, sabbie-limose addensate fino alla profondità di circa m 2,20-4,40 dove le prove sono andate a rifiuto per l'eccessiva resistenza statica alla punta dovuta alla presenza del substrato roccioso marnoso-arenaceo alterato e fratturato. Anche le prove dinamiche medie DIN 1 e DIN 2 sono state eseguite all'interno del giardino delle erbe officinali e hanno rilevato, dopo un primo strato di terreno di riporto spesso circa m 0,30-0,50,

terreni dotati di caratteristiche geotecniche da discrete a più che discrete fino alla profondità di circa m 1,40-4,20 dove le prove sono andate a rifiuto per l'eccessiva resistenza dinamica alla punta dovuta alla presenza del substrato roccioso alterato e fratturato. Le prove CPT 4 e CPT 5 sono state eseguite nel campo soprastrada: dopo un primo strato di terreno di riporto sovraconsolidato spesso circa m 0,60, hanno evidenziato limi-sabbiosi debolmente argillosi da mediamente a scarsamente addensati fino alla profondità di circa m 2,80; in seguito si hanno limi-argillosi e sabbiosi mediamente addensati fino alla profondità di circa m 4,80-7,0 circa dove le prove sono andate a rifiuto per la presenza del substrato roccioso alterato.

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche e dinamiche medie è stata rilevata la presenza di acqua di falda all'interno dei fori di sondaggio delle prove CPT 4, CPT 5 e DIN 1 alla profondità di circa m 3,50-3,90 dal piano campagna. All'interno dei fori di sondaggio sono stati inseriti dei micropiezometri per consentire un breve monitoraggio del livello statico della falda. Si veda tabella sottostante:

<b>Periodo</b>	<b>Piezometro n.1 (CPT 1)</b>	<b>Piezometro n.2 (CPT 3)</b>	<b>Piezometro n. 3 (CPT 4)</b>	<b>Piezometro n. 4 (CPT 5)</b>	<b>Piezometro n. 5( DIN 1)</b>	<b>Piezometro n. 6 (DIN 2)</b>
05/08/2023	no acqua	no acqua	- 3,70 m	- 3,90	- 3,50	no acqua
12/09/2023	no acqua	no acqua	- 4,35 m	- 4,40	no acqua	no acqua



*Sovrapposizione e confronto delle verticali d'indagini delle prove penetrometriche statiche eseguite (nel grafico di confronto non è stata considerata la differenza di quota fra le prove).*



Foto posizionamento CPT 1



Foto posizionamento CPT 2



Foto posizionamento CPT 3



Foto posizionamento CPT 4



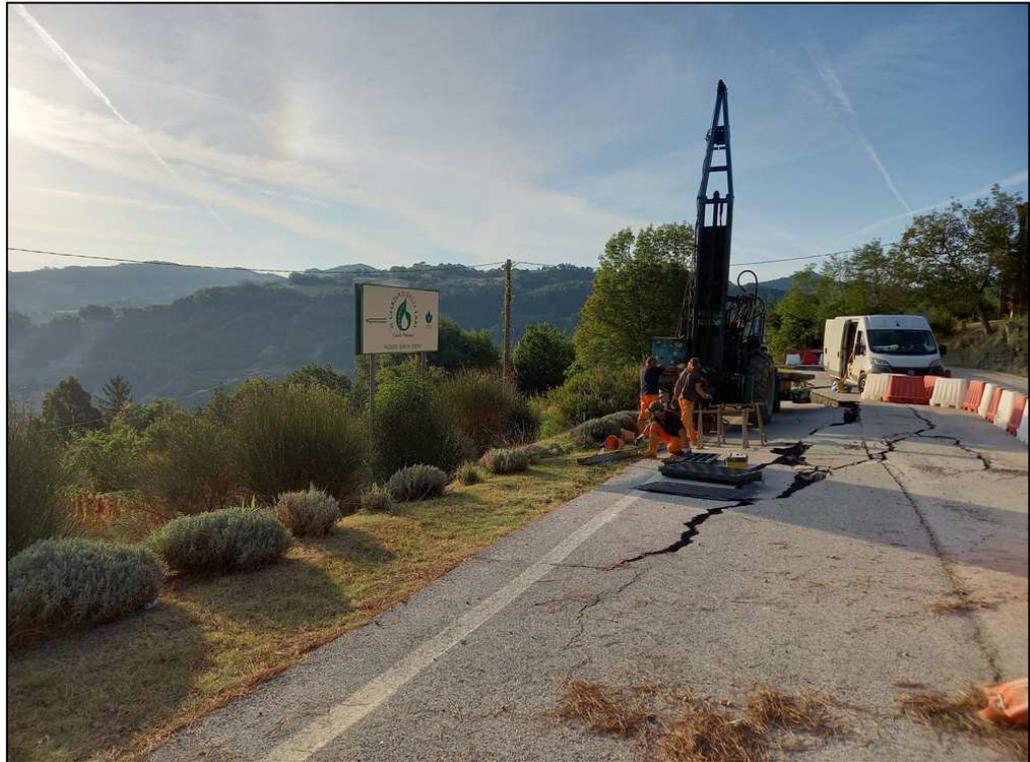
Foto posizionamento CPT 5



Foto posizionamento DIN 1



Foto posizionamento DIN 2



Posizionamento carotaggio

## ***7. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEI TERRENI***

Per modello geologico si intende una rappresentazione grafica e semplificata del sottosuolo ricavata, in questo caso, dall'interpretazione dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche e dinamiche, dal carotaggio continuo con analisi geotecnica di laboratorio di uno "spezzone di carota", dal rilievo di campagna, dalla consultazione della cartografia geologica e dall'indagine geofisica con tecnica HVSR. *Il modello geologico di riferimento rappresenta la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio attraverso la descrizione dei terreni presenti, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici (NTC 2018).* I modelli

geologici elaborati, secondo il rilievo plano-altimetrico e i profili morfologici forniti dal progettista, sono visibili nelle pagine seguenti secondo le sezioni n.2 e n.5, A-B e C-D.

*Per modello geotecnico del sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico che devono includere i parametri geotecnici caratteristici dei terreni indagati(NTC 2018). Il valore caratteristico di un parametro geotecnico rappresenta una stima ragionata e cautelativa del dato considerato. Per costruire il modello geotecnico si è quindi proceduto attraverso un'elaborazione statistica utilizzando il metodo del 5° percentile della distribuzione normale dei valori medi della tangente di  $\phi$  (angolo d'attrito), della distribuzione normale dei valori medi di E (modulo elastico di Young), della distribuzione log-normale dei valori medi di Cu (coesione non drenata) e della distribuzione normale dei valori medi di Mo (modulo edometrico) considerando un volume significativo di terreno pari a tutto lo spessore indagato. I parametri geomeccanici  $c'$  (coesione efficace) e  $\phi'$  (angolo d'attrito efficace) del substrato roccioso marnoso-arenaceo alterato sono stati desunti da bibliografia e/o da studi precedenti e successivamente caratterizzati.*

Nelle pagine seguenti è riportato il modello geotecnico con i valori caratteristici da utilizzare per le eventuali verifiche agli stati limite ultimo e di esercizio mentre qui di seguito sono riportati i valori ottenuti dalle prove elaborate statisticamente:

#### CPT 1

<b>Strato</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Cu (Kg/cmq)</b>	<b><math>\phi</math> (°)</b>	<b>Mo (Kg/cmq)</b>	<b>E (Kg/cmq)</b>	<b><math>\gamma</math> (t/mc)</b>
Str 2 bis	0-1,40		28		63	1,85
Str 3	2,60		33		133	1,90
Str 4	> 2,60					

**CPT 2**

<b>Strato</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Cu (Kg/cmq)</b>	<b>φ (°)</b>	<b>Mo (Kg/cmq)</b>	<b>E (Kg/cmq)</b>	<b>γ (t/mc)</b>
Str 3 bis	0-1,0		29		80	1,85
Str 3	2,0		31		86	1,90
Str 4	> 2,0					

**CPT 3**

<b>Strato</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Cu (Kg/cmq)</b>	<b>φ (°)</b>	<b>Mo (Kg/cmq)</b>	<b>E (Kg/cmq)</b>	<b>γ (t/mc)</b>
Str 3 bis	0-1,20		28		40	1,85
Str 4 bis	3,60	0,65		50		1,85
Str 3	4,20		33		140	1,90
Str 4	> 4,20					

**CPT 4**

<b>Strato</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Cu (Kg/cmq)</b>	<b>φ (°)</b>	<b>Mo (Kg/cmq)</b>	<b>E (Kg/cmq)</b>	<b>γ (t/mc)</b>
Str 1	0-2,80	0,54		42		1,85
Str 2	6,80	0,68		50		1,85
Str 4	> 6,80					

**CPT 5**

<b>Strato</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Cu (Kg/cmq)</b>	<b>φ (°)</b>	<b>Mo (Kg/cmq)</b>	<b>E (Kg/cmq)</b>	<b>γ (t/mc)</b>
Str 1	0-2,80	0,62		47		1,85
Str 2	4,60	0,80		60		1,85
Str 4	>4,60					

### DIN1

Strato	Profondità (m)	Cu (Kg/cmq)	$\phi$ (°)	Mo (Kg/cmq)	E (Kg/cmq)	$\gamma$ (t/mc)
Str 2 bis	0-0,50					1,85
Str 2	4,10		29			1,85
Str 4	>4,10					

### DIN2

Strato	Profondità (m)	Cu (Kg/cmq)	$\phi$ (°)	Mo (Kg/cmq)	E (Kg/cmq)	$\gamma$ (t/mc)
Str 2 bis	0-0,30					1,85
Str 3	1,30		30			1,85
Str 4	>1,30					

Gli strati 1bis, 2bis, 3bis e 4bis, in base alla modellazione e all'interpretazione geologica del sottosuolo, corrispondono alle gradonature e/o rilevati di terreno di origine antropica presenti all'interno del giardino delle erbe officinali.

Successivamente al carotaggio continuo eseguito in sito, uno spezzone di carota prelevato alla profondità di circa 3,20 metri, è stato sottoposto a prova di taglio diretto CD consolidata-drenata in laboratorio geotecnico certificato. Qui di seguito si riportano in sintesi i risultati ottenuti, mentre i grafici e le tabelle della prova di laboratorio sono riportati in allegato:

Coazione efficace (coazione drenata)  $c' = 0,24 \text{ Kg/cmq}$

Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 26^\circ$

caratterizzando si ottiene:

**Coazione efficace (coazione drenata) caratteristica  $c'_k = 0,16 \text{ Kg/cmq}$**

**Angolo d'attrito efficace caratteristico  $\phi'_k = 24^\circ$**

Si riporta qui di seguito una tabella riassuntiva con la stima cautelativa dei parametri geotecnici caratteristici in condizioni drenate (a lungo termine) riferita agli strati principali del modello geologico tecnico:

	$c'_k$ Coesione efficace	$\varphi'_k$ Angolo d'attrito efficace
Str 1	0,08 Kg/cmq	24°
Str 2	0,16 Kg/cmq	24°
Str 3	/	29°
Str 4	0,7 Kg/cmq	30°
Str 1 bis	0,06 kg/cmq	23°

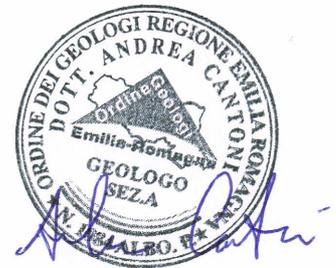
## 8. CONCLUSIONI

Sulla base delle risultanze riscontrate nel corso delle indagini geologiche e geofisiche, dal rilievo di campagna e dell'interpretazione dei dati rilevati, in ordine agli aspetti geologici, geomorfologici e geotecnici si ritiene opportuno effettuare il consolidamento e la messa in sicurezza del pendio e della strada provinciale in dissesto e in particolare si consiglia:

- la messa in opera di dreni sub-orizzontali aventi inclinazione di circa 3° da realizzarsi su due livelli (si veda in allegato "indicazioni di massima per la progettazione") e relativa rete scolante (con pozzetti e condotte) per smaltire e allontanare le acque provenienti dai drenaggi;

- la messa in opera di opportuna struttura di sostegno tipo palizzata krainer a doppia parete con pali di castagno poggiante su platea di fondazione e in parte anche su pali di fondazione (attestati per almeno m 2,0 circa all'interno del substrato roccioso) specialmente nella zona di esecuzione della DIN 1; a tergo della palizzata dovrà essere predisposto opportuno drenaggio costituito da materiale drenante enkadrein e tubo microfessurato;
- di compattare in maniera opportuna i terreni del nuovo rilevato stradale;
- la messa in opera di un fosso di scolo rivestito da realizzare a monte della strada provinciale, circa ai piedi del pendio sub-verticale posto in zona Ovest/Sud-Ovest (si veda in allegato “indicazioni di massima per la progettazione” );
- di mantenere sempre in efficienza le rete di regimazione delle acque superficiali e garantire la sua regolare manutenzione;
- di realizzare i lavori nella stagione più idonea.

Brisighella 30/09/2023

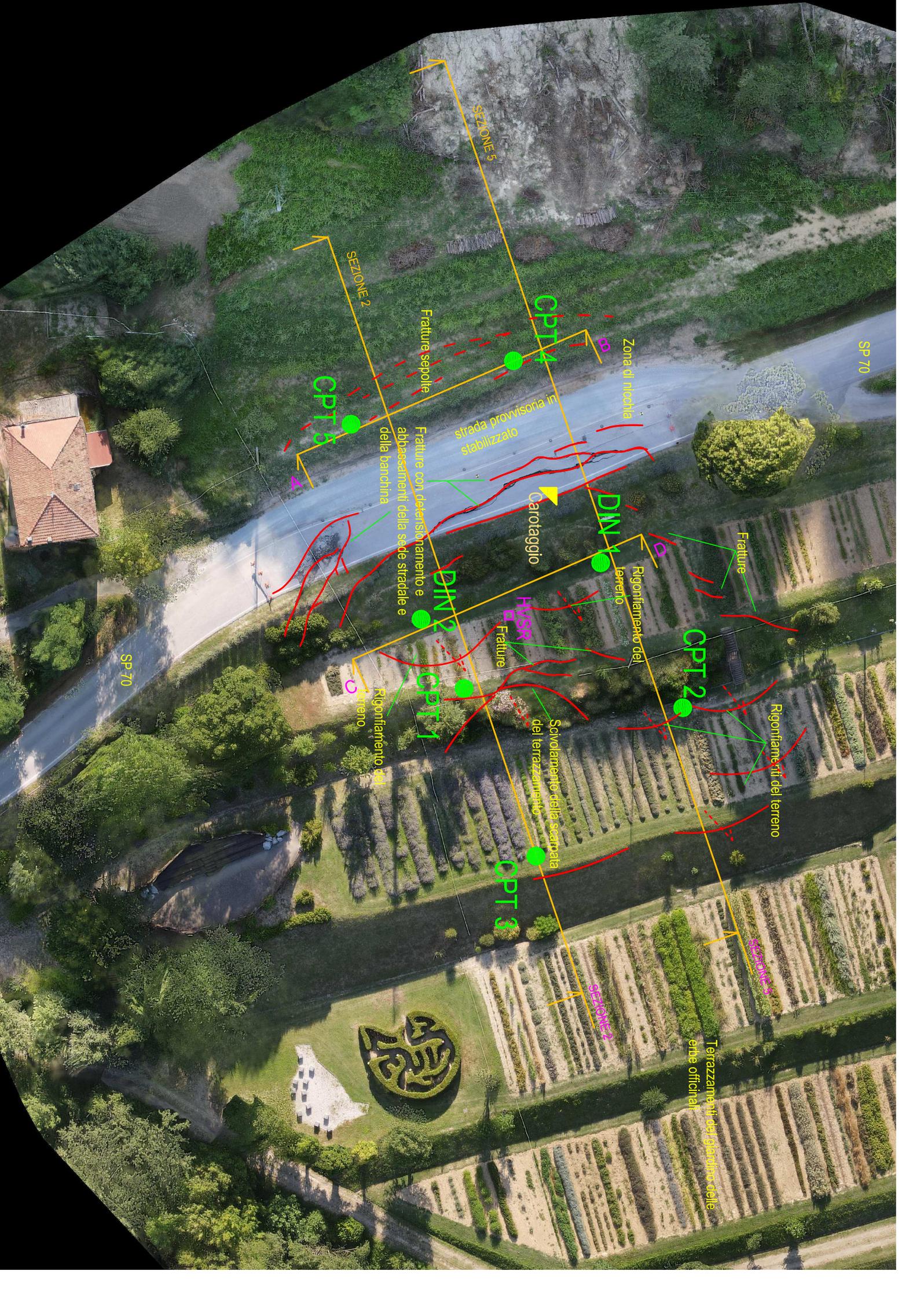


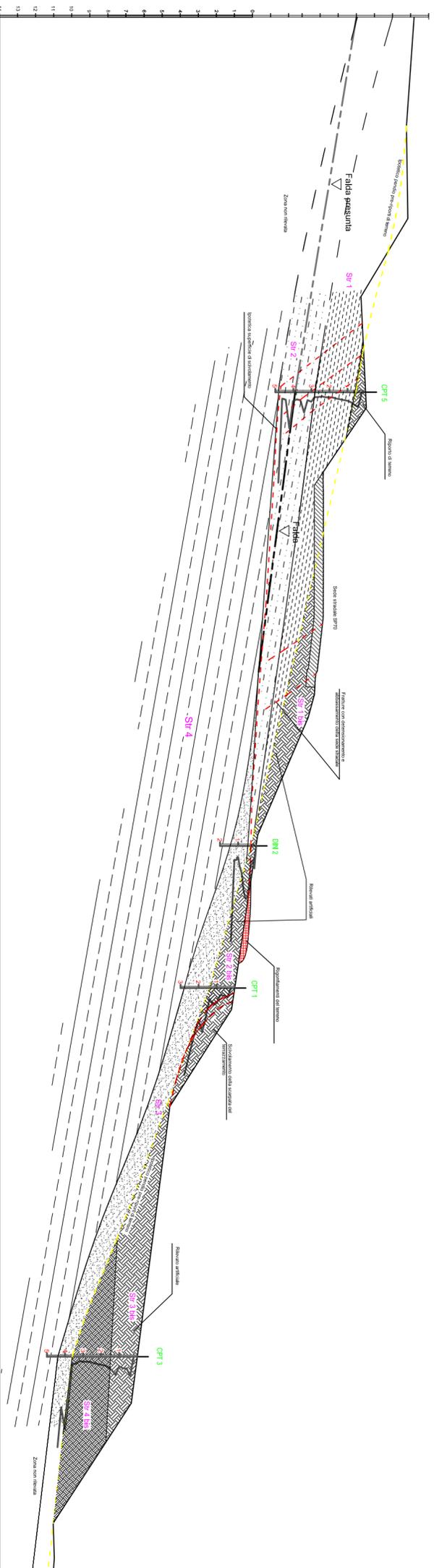
Dott. Geol.

Andrea Cantoni

## *ALLEGATI*

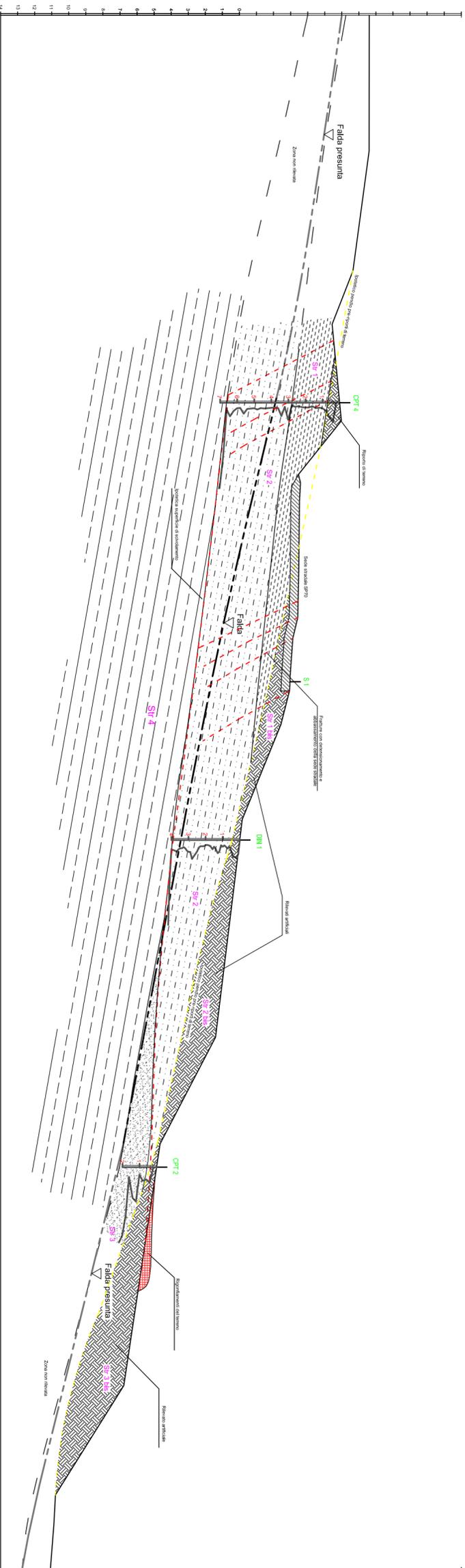
Planimetria ubicazione indagini geologiche e modello  
geologico-tecnico





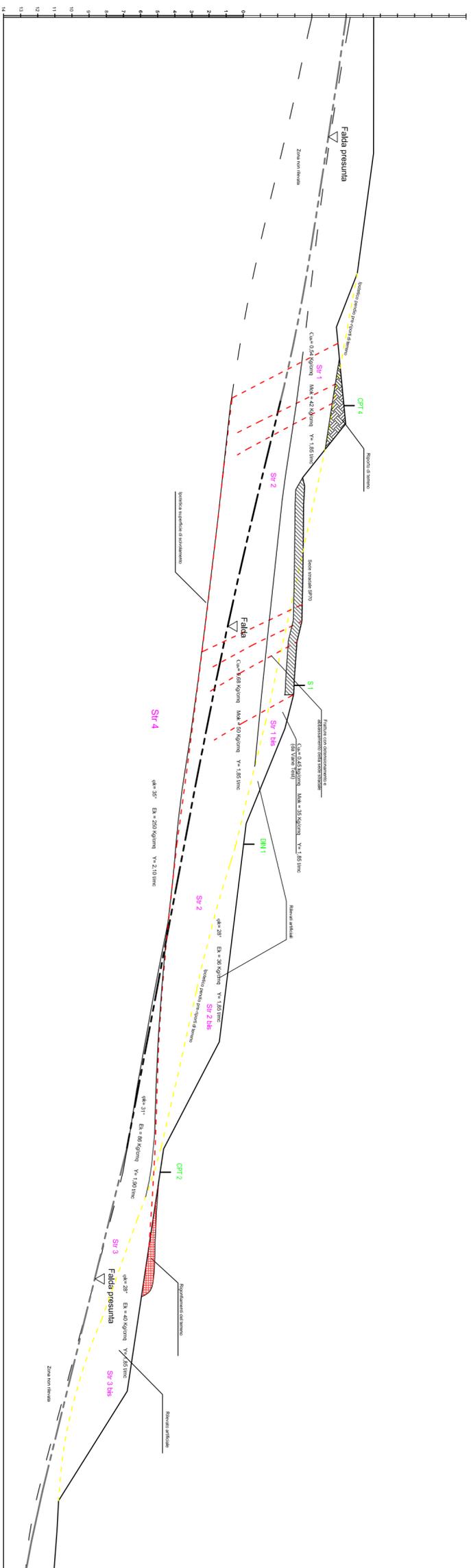
MODELLO GEOLOGICO  
Scala 1:200  
SEZIONE 2

- SR 1 Liti calcarei debolmente argillosi da mediamente a scarsamente arginosi
  - SR 2 Liti calcarei e calcarei mediamente arginosi
  - SR 3 Sabbie limose arginose
  - SR 4 Substrato roccioso massoso arenaceo alterato e fratturato
  - SR 1bs Sabbie limose a fini calcarei mediamente arginosi
  - SR 2bs Sabbie limose a fini calcarei mediamente arginosi
  - SR 3bs Liti argillosi mediamente consistenti
  - SR 4bs Liti argillosi mediamente consistenti
- Diposito eluvio-colluviale
- Substrato mafico alterato
- Terreno di ripro



MODELLO GEOLOGICO  
Scala 1:200  
SEZIONE 5

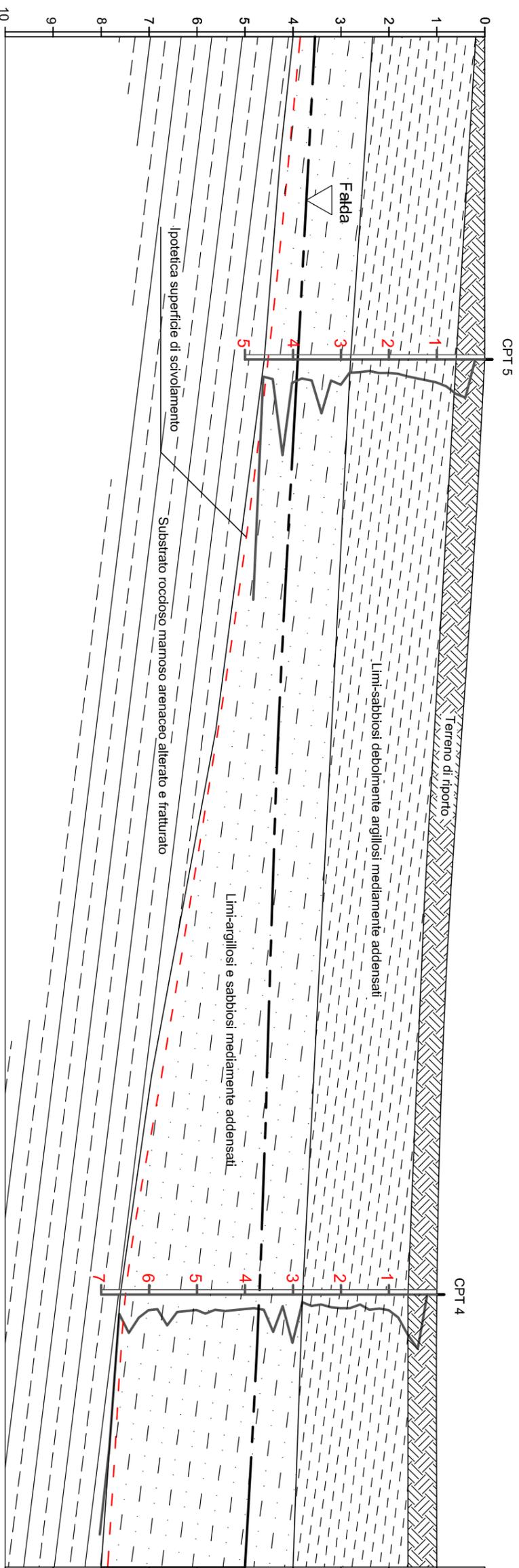
- SR 1 Limi-sabbiosi debolmente argillosi da mediamente a scarsamente addensati
  - SR 2 Limi-argilla e sabbia mediamente addensati
  - SR 3 Sabbie limose addensate
  - SR 4 Substrato roccioso massiccio sferico-irregolare o fratturato
  - SR 1 lit Sabbie limose e fini sabbiosi mediamente addensati
  - SR 2 lit Sabbie limose e fini sabbiosi mediamente addensati
  - SR 3 lit
- Deposito olivico-colluviale
- Sustrato matricato alterato
- Terreno di riparto



MODELLO GEOTECNICO  
Scale 1:200  
**SEZIONE 5**

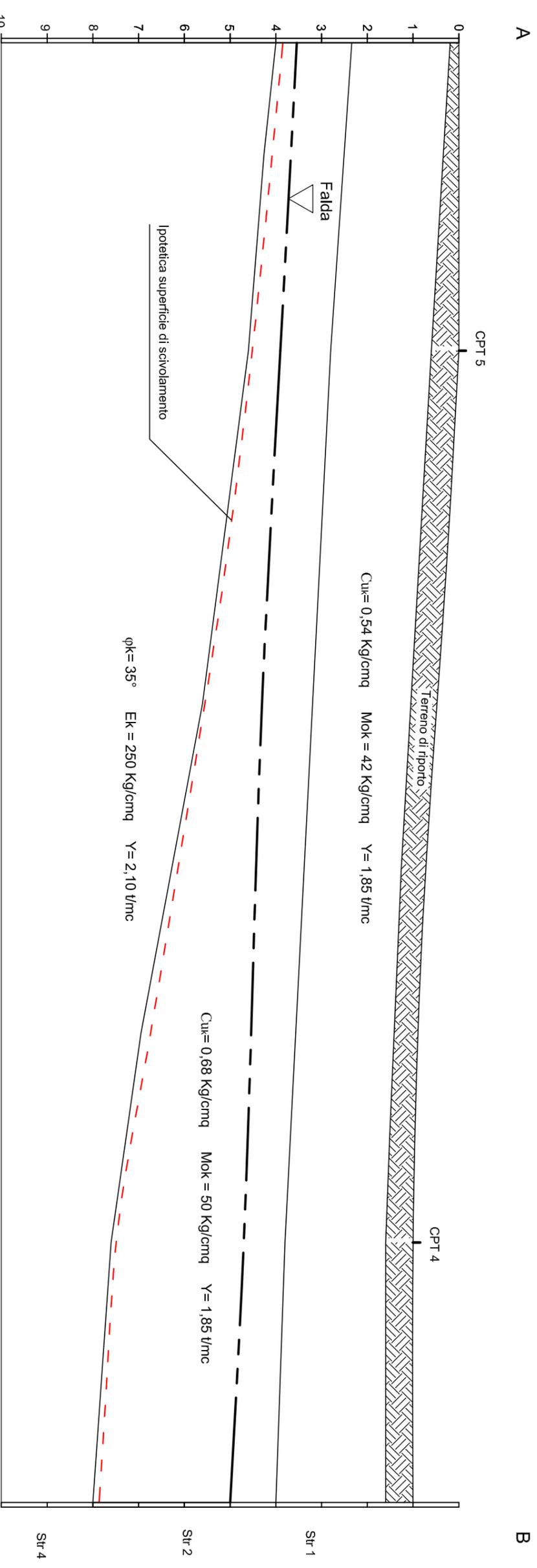
SR 1	Linea sabbiosi debolmente argillosi da mediamente a scarsamente addensati	Dopofo aluvio-colluviale
SR 2	Linea argillosi e sabbiosi mediamente addensati	
SR 3	Sabbie limose addensate	Substrato marino alterato
SR 4	Substrato roccioso massoso arenaceo alterato e fratturato	
SR 1 HB	Sabbie limose e fini sabbiosi mediamente addensati	Terreno di riporto
SR 2 HB		
SR 3 HB		

A



MODELLO GEOLOGICO  
Scala 1:100

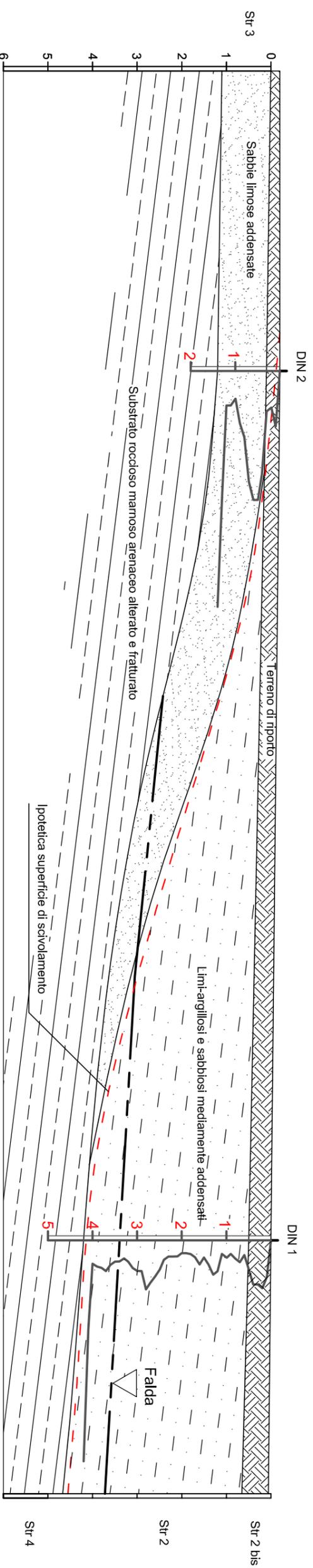
B



B

MODELLO GEOTECNICO  
Scala 1:100

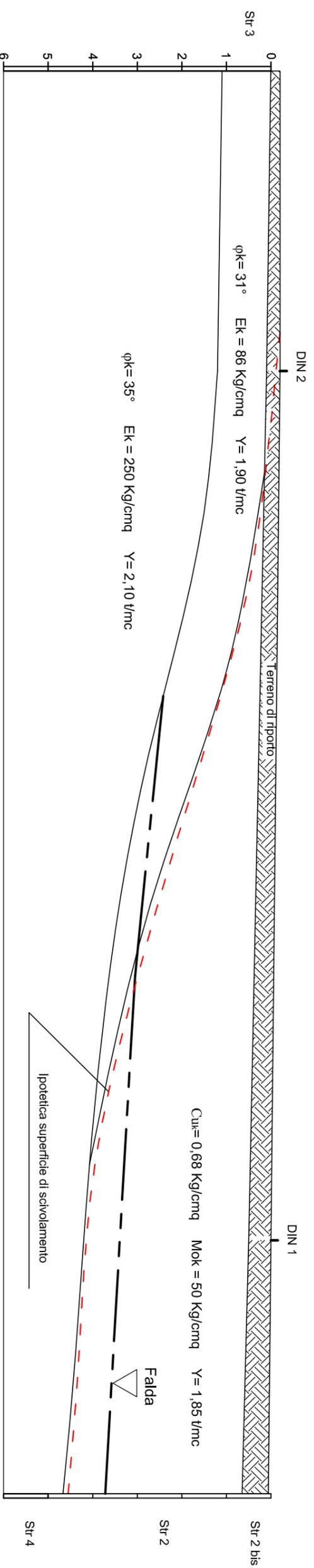
C



D

MODELLO GEOLOGICO  
Scala 1:100

C

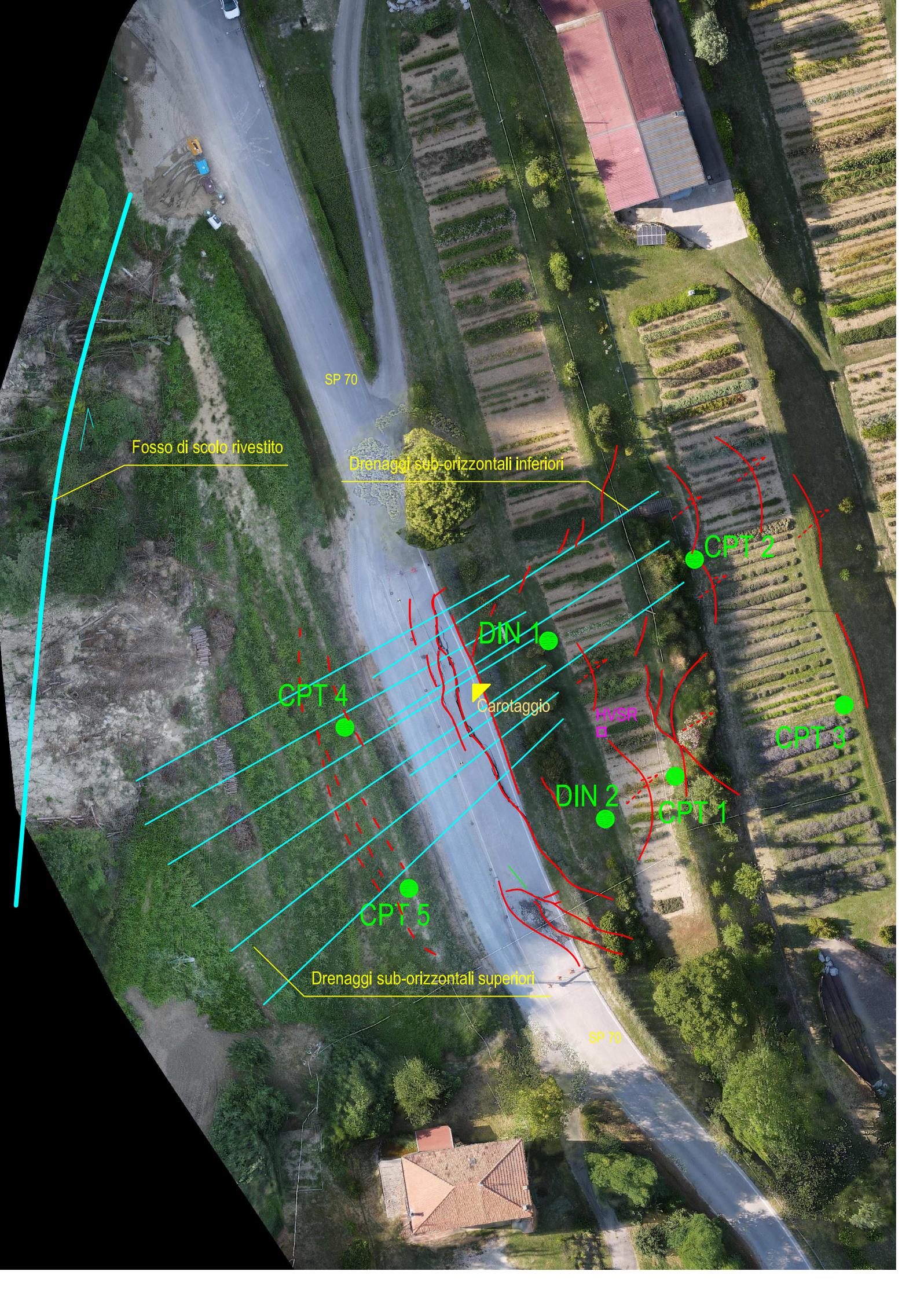


D

MODELLO GEOTECNICO  
Scala 1:100

*Planimetria*

*Indicazioni di massima per la progettazione*



SP 70

Fosso di scolo rivestito

Drenaggi sub-orizzontali inferiori

CPT 2

DIN 1

CPT 4

Carotaggio

HVSr

CPT 3

CPT 1

DIN 2

CPT 5

Drenaggi sub-orizzontali superiori

SP 70

## *Prove geotecniche di laboratorio*



**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**  
 Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -  
 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01*

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

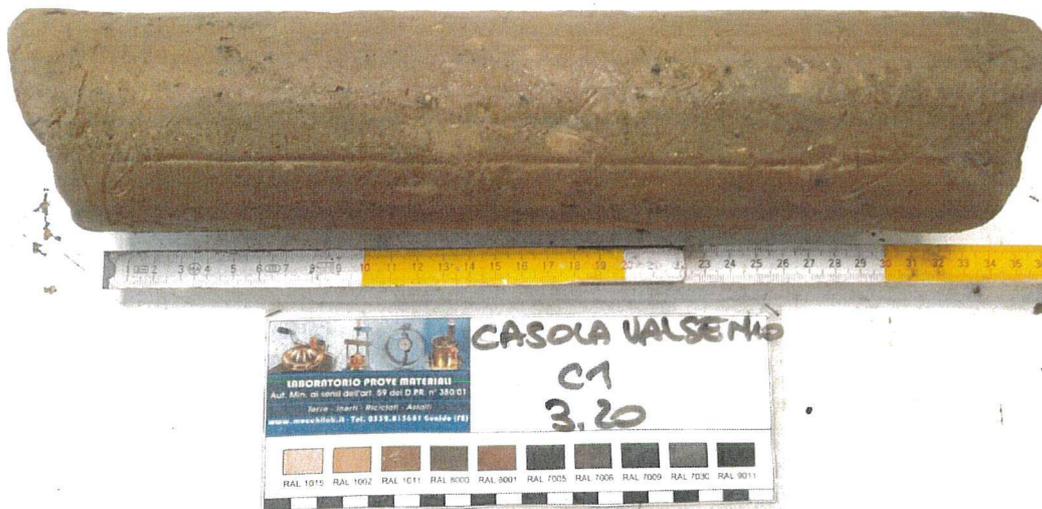
**SCHEDA APERTURA CAMPIONE**  
**Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977**

Committente: **Dott. Geol. Andrea Cantoni**  
 Cantiere: **Strada Prov. SP 70 Prugno - all'altezza del Giardino erbe officinali Comune di Casola Valsenio**  
 Campione: **C1** Profondità: **3.2** **mt**  
 Data apertura: **18/09/2023**  
**Verbale di accettazione n.59 del 11/09/2023**

Tipo di contenitore:  Fustella       Sacchetto       Cassetta

Qualità del campione: Scadente      Discreta       Buona      Eccellente

ALTO 0  BASSO 35 cm



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	TrCD
A	Argilla debolmente limosa color marrone	180	60						*		

**LEGENDA PROVE**

Pocket penetrometrico P.P. (kPa)	Granulometria G	Compressione E.L.L C
Vane test V.T (kPa)	Limiti di Atterberg LA	Triassiale T.R
Peso di volume Y	Prova edometrica Ed	Permeabilità k
Contenuto d'acqua W	Prova di taglio PT	Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	U Direttore	Certificato di prova n.	1060
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	25/09/2023



**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -  
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**

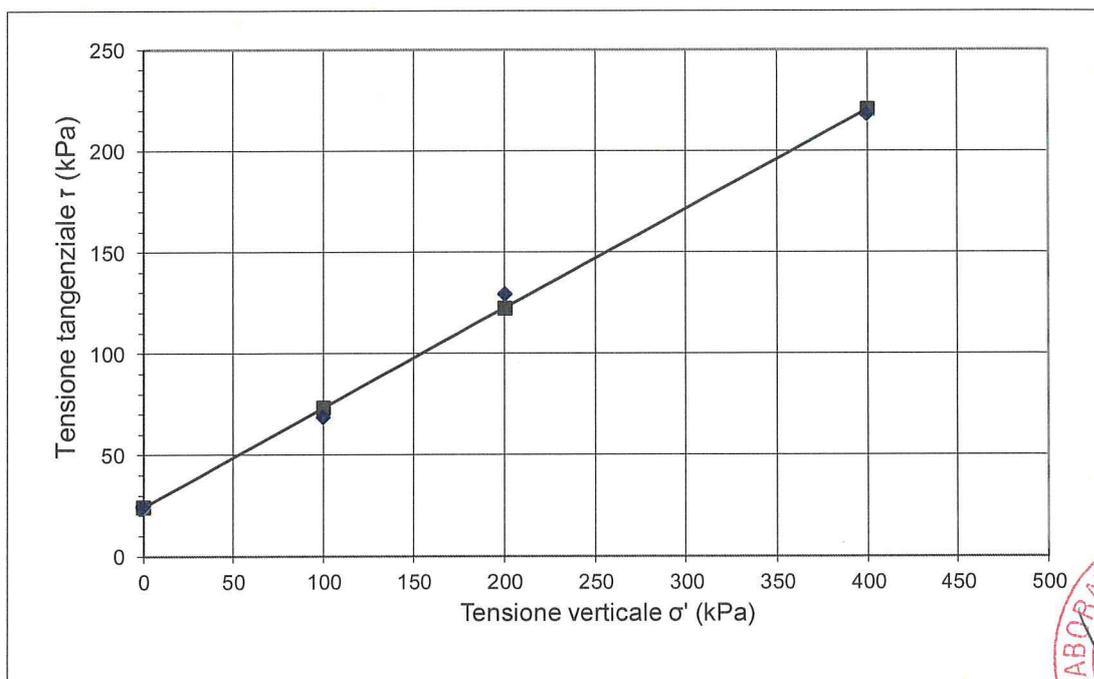
Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Committente: **Dott. Geol. Andrea Cantoni**  
Cantiere : **SP 70 Prugno - all'altezza del Giardino delle erbe officinali**  
**Comune di Casola Valsenio**  
Campione: **C1**  
Prof. ( mt ) : **3.2**  
Data inizio prova : **18/09/2023**

MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO		
Provino ( n° )	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)	Tensione tangenziale $\tau$ (kPa)
1	100	68.649
2	200	129.452
3	400	218.304

<b>COESIONE EFFICACE <math>c'_p</math> ( kPa ):</b>	24.22
<b>ANGOLO D'ATTRITO EFFICACE <math>\phi'_p</math> (° sess):</b>	26



L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissata spetta al Progettista o Professionista incaricato





**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -  
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

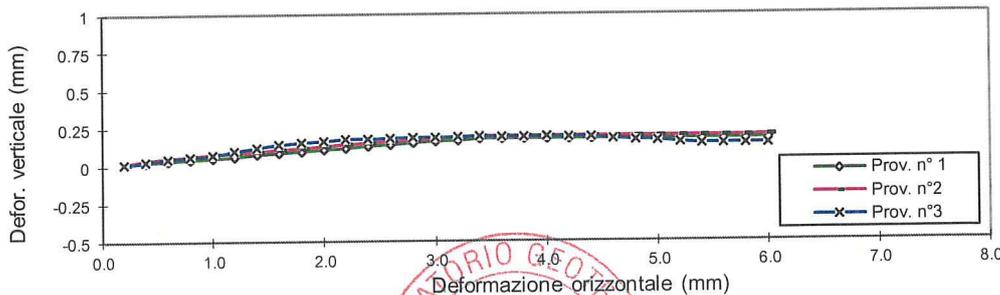
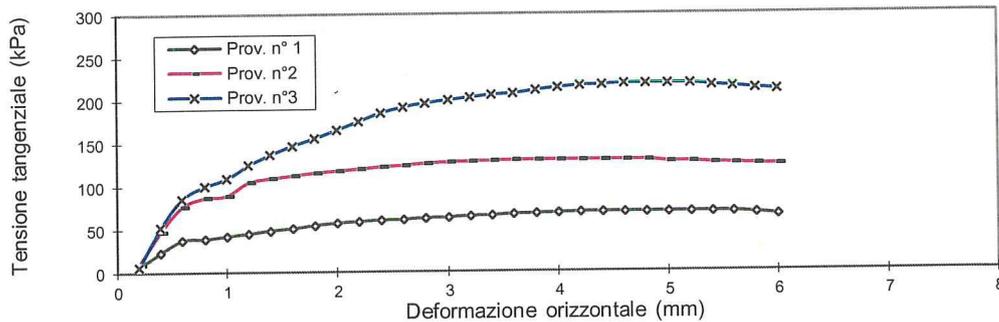
**LABORATORIO PROVE MATERIALI**  
Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01  
Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti

**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**Raccomandazioni AGI 1994**

Committente: **Dott. Geol. Andrea Cantoni**  
Cantiere : **SP 70 Prugno - all'altezza del Giardino delle erbe officinali**  
Campione: **C1 mt 3.2**  
Data inizio prova : **18/09/2023** **Verbale di accettazione n.59 del 11/09/2023**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - Raccomandazioni AGI 1994						
Def. Oriz. (mm)	Tensione Tangenziale (kPa)			Deformazione verticale (mm)		
	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3
0.20	6.67	9.51	6.57	0.014	0.016	0.012
0.40	23.34	47.37	52.27	0.025	0.041	0.03
0.60	37.66	76.30	85.62	0.036	0.052	0.046
0.80	39.23	86.60	100.13	0.045	0.063	0.06
1.00	42.37	88.95	109.05	0.052	0.078	0.072
1.20	45.31	104.54	124.65	0.062	0.086	0.098
1.40	48.45	108.96	136.81	0.078	0.095	0.12
1.60	51.09	112.29	146.91	0.085	0.106	0.14
1.80	54.43	115.53	155.34	0.096	0.115	0.154
2.00	57.27	117.68	165.54	0.106	0.128	0.162
2.20	58.84	119.74	174.96	0.115	0.139	0.174
2.40	60.31	122.10	184.76	0.128	0.149	0.174
2.60	61.10	123.76	191.63	0.138	0.158	0.18
2.80	62.27	126.02	196.14	0.149	0.162	0.184
3.00	63.26	127.49	199.47	0.158	0.178	0.184
3.20	64.53	128.08	202.51	0.163	0.185	0.186
3.40	65.31	128.96	205.75	0.174	0.192	0.19
3.60	66.39	129.45	207.03	0.174	0.192	0.188
3.80	67.18	129.45	210.46	0.174	0.192	0.188
4.00	67.86	129.45	213.60	0.174	0.192	0.19
4.20	68.65	129.45	215.75	0.174	0.192	0.188
4.40	68.65	129.45	216.93	0.174	0.192	0.186
4.60	68.65	129.45	218.30	0.174	0.192	0.174
4.80	68.65	129.45	218.30	0.174	0.192	0.168
5.00	68.65	127.49	218.30	0.174	0.192	0.162
5.20	68.65	126.90	218.30	0.174	0.192	0.148
5.40	68.65	126.02	215.75	0.174	0.192	0.14
5.60	68.65	125.04	214.28	0.175	0.192	0.14
5.80	67.47	124.06	212.32	0.176	0.193	0.14
6.00	65.31	123.08	210.56	0.177	0.194	0.14



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	1061
1 di 2	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	25/09/2023



**LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi**Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -  
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.itAzienda con sistema di  
gestione per la qualità  
certificato da KIWA  
=UNI EN ISO 9001=**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad  
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01****PROVA DI TAGLIO DIRETTO  
Raccomandazioni AGI 1994**

Committente: **Dott. Geol. Andrea Cantoni**  
Cantiere : **SP 70 Prugno - all'altezza del Giardino delle erbe officinali  
Comune di Casola Valsenio**  
Campione: **C1**  
Prof. ( mt ) : **3.2**  
Data inizio prova : **18/09/2023**

**Verbale di accettazione n.59 del 11/09/2023**Descrizione litologica del provino : **argilla deb. limosa****Caratteristiche dei provini**

Provino :	1	2	3
Provino indisturbato :	*	*	*
Provino ricostruito su passante ai 2 mm :			
Altezza del provino (cm)	2.3	2.3	2.3
Sezione del provino (cm <sup>2</sup> )	36	36	36
Peso dell'unità di volume stato naturale(kN/m <sup>3</sup> )	18.455	18.464	18.437
Peso dell'unità di volume stato secco (kN/m <sup>3</sup> )	15.186	15.193	15.174
Contenuto d'acqua : (W%)	21.52	21.53	21.51

**Modalità di consolidazione e rottura**

Tensione verticale (kPa)	100	200	400
Velocità di deformazione (mm/min)	0.004	0.004	0.004

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	1061
2 di 2	Dr. Malaguti D.	Ing. Mucchi Valentina	Data emissione:	25/09/2023



*Prove penetrometriche statiche,  
dinamiche medie e carotaggio continuo*

<b>PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE</b> <b>SCHEMA PENETROMETRO</b>	riferimento	<b>17-2023</b>

Committente: <b>Provincia di Ravenna</b>		
Cantiere: <b>Frana strada SP 70</b>		
Località: <b>Casola Valsenio - giardino erbe officinali</b>		

<b>SP100</b>	<b>GeoDeepDrill</b>	
<b>Sigla</b>	<b>SP100</b>	Nominativo o sigla dello strumento
<b>Beta eff.</b>		Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
<b>M(massa)</b>		Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
<b>H(maglio)</b>		Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
<b>L(aste)</b>	<b>1,00 m</b>	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
<b>M(aste)</b>		Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
<b>M(sistema)</b>		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
<b>A(punta)</b>	<b>10,00 cm<sup>2</sup></b>	Area della superficie laterale del cono della punta
<b>Alfa(punta)</b>	<b>60 °</b>	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60°e 90°
<b>Prf.(1<sup>a</sup>asta)</b>	<del>0,80m</del>	Profondità di giunzione della prima asta infissa
<b>N</b>	<b>0,20 m</b>	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
<b>Rivest.</b>		Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
<b>ø(punta)</b>	<b>36,00 mm</b>	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
<b>MaxCE%</b>		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
<b>L/DM</b>		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
<b>D(tb)</b>		Diametro della testa di battuta.
<b>DEV(a)[&lt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
<b>DEV(a)[&gt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
<b>ECCmax(a)</b>		Massima eccentricità consentita alle aste
<b>Dest(aste)</b>		Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
<b>Dint(aste)</b>		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
<b>Dmin(punta)</b>		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
<b>hcl(punta)</b>		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
<b>Ras(punta)</b>		Rastremazione del cono nella parte alta
<b>Hc(punta)</b>		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
<b>RangeCP</b>		Massimo numero di colpi utile
<b>Spinta</b>	<b>t</b>	Spinta nominale strumento

	<b>Lo sperimentatore:</b>  <b>Il direttore laboratorio:</b>
--	---

<h1 style="margin: 0;">PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</h1> <h2 style="margin: 0;">LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</h2>	<b>CPT</b>	<b>1</b>
	riferimento	<b>17-2023</b>
	certificato n°	sp70-casol

Committente: <b>Provincia di Ravenna</b> Cantiere: <b>Frana strada SP 70</b> Località: <b>Casola Valsenio - giardino erbe officinali</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b> Pagina: 1 Elaborato:	Data esec.: 05/08/2023 Data certificato: 05/08/2023 Falda: Assente
--	--	--

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0,20	0,0	0,0	-	0,00	0,13	0									
0,40	13,0	14,0	-	26,00	0,13	200	0,5								
0,60	11,0	12,0	-	22,00	0,13	169	0,6								
0,80	10,0	11,0	-	20,00	0,27	74	1,4								
<b>1,00</b>	<b>21,0</b>	<b>23,0</b>	-	<b>42,00</b>	<b>0,20</b>	<b>210</b>	<b>0,5</b>								
1,20	23,0	24,5	-	46,00	1,33	35	2,9								
1,40	15,0	25,0	-	30,00	2,67	11	8,9								
1,60	40,0	60,0	-	80,00	1,33	60	1,7								
1,80	60,0	70,0	-	120,00	3,33	36	2,8								
<b>2,00</b>	<b>45,0</b>	<b>70,0</b>	-	<b>90,00</b>	<b>6,67</b>	<b>13</b>	<b>7,4</b>								
2,20	60,0	110,0	-	120,00	6,67	18	5,6								
2,40	80,0	130,0	-	160,00	5,33	30	3,3								
2,60	100,0	140,0	-	200,00	2,67	75	1,3								
2,80	120,0	140,0	-	240,00											

H = profondità L1 = prima lettura (punta) L2 = seconda lettura (punta + laterale) Lt = terza lettura (totale) CT = 20,00 costante di trasformazione	qc = resistenza di punta fs = resistenza laterale calcolata 0.20 m sopra quota qc F = rapporto Begemann (qc / fs) Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100	<b>Lo sperimentatore:</b>  <b>Il direttore laboratorio:</b>
---	---	---

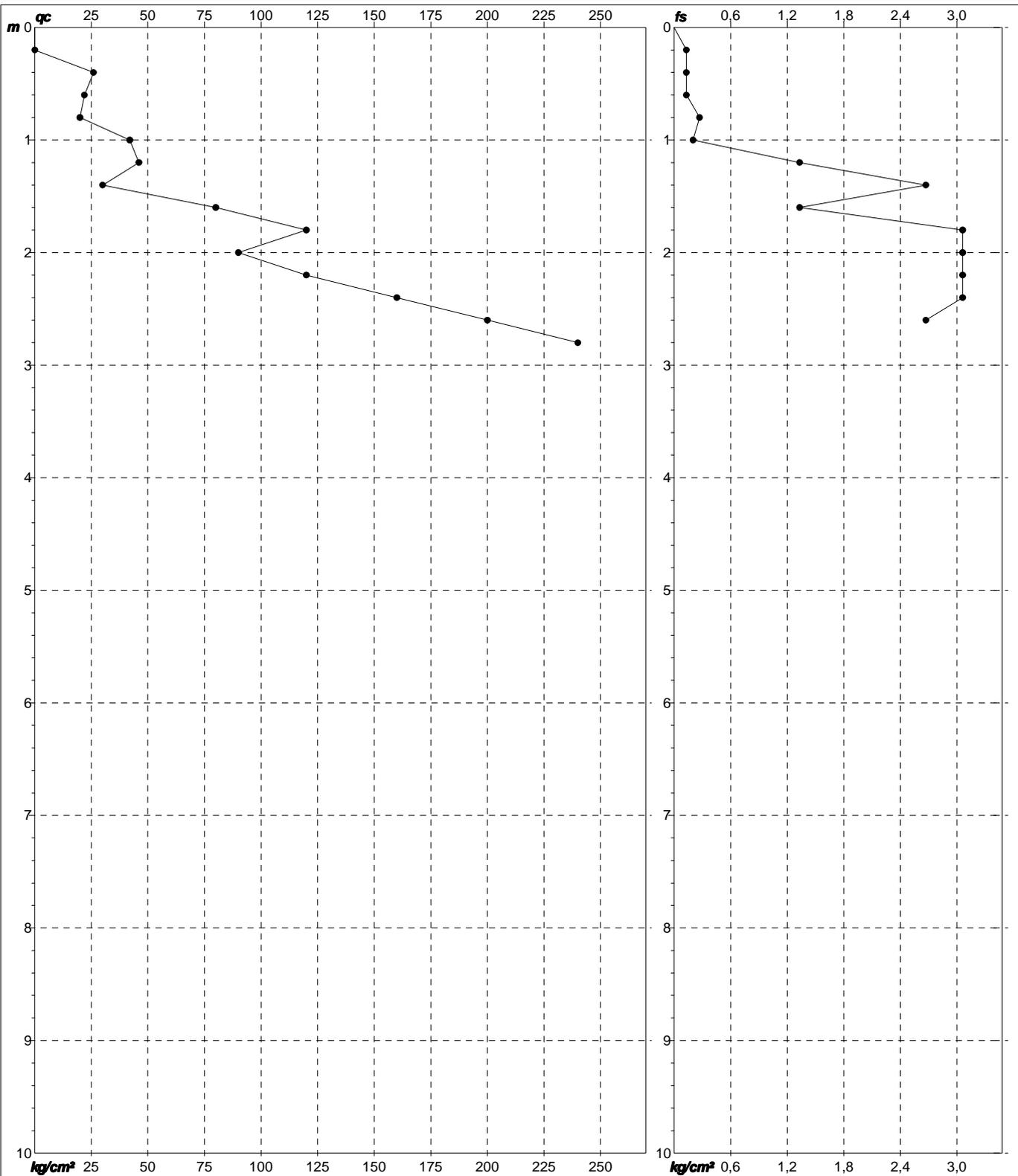
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>17-2023</b>
certificato n°	sp70-casol

Committente: **Provincia di Ravenna**  
 Cantiere: **Frana strada SP 70**  
 Località: **Casola Valsenio - giardino erbe officinali**

U.M.: **kg/cm²**    Data esec.: 05/08/2023  
 Scala: 1:50    Data certificato: 05/08/2023  
 Pagina: 1    Quota inizio: - 1 m da DIN 1  
 Elaborato:    Falda: Assente



Penetrometro: SP100	Corr.astine: kg/ml	Preforo: m
Responsabile:	Cod. punta:	<b>Lo sperimentatore:</b>
Assistente:		<b>Il direttore laboratorio:</b>

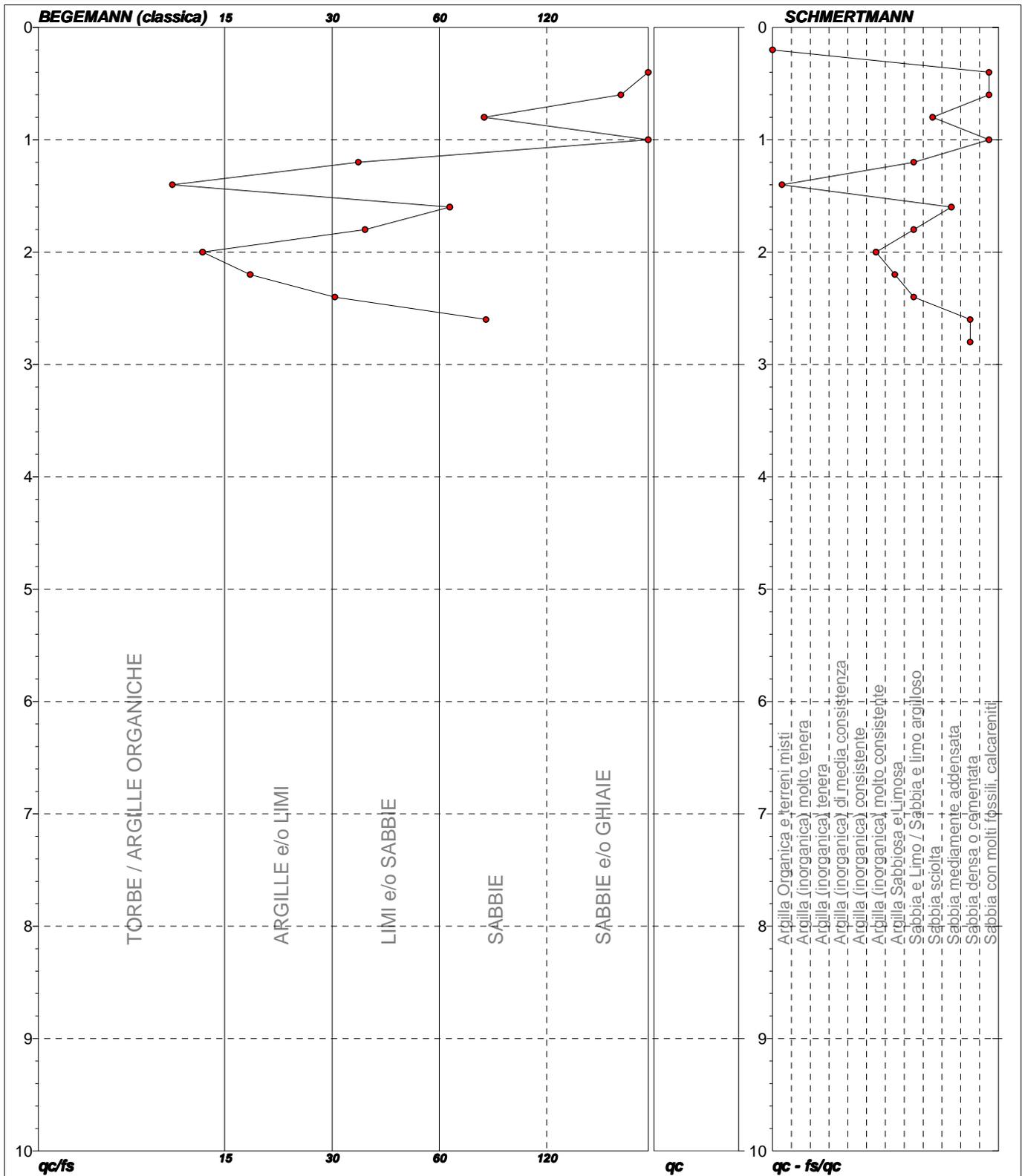
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>17-2023</b>
certificato n°	sp70-casol

Committente: **Provincia di Ravenna**  
 Cantiere: **Frana strada SP 70**  
 Località: **Casola Valsenio - giardino erbe officinali**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: 05/08/2023  
 Scala: 1:50    Data certificato: 05/08/2023  
 Pagina: 1  
 Elaborato:    Falda: Assente



Torbe / Argille org. :    3 punti, 21,43%  
 Argille e/o Limi :    1 punto, 7,14%  
 Limi e/o Sabbie :    3 punti, 21,43%  
 Sabbie:    3 punti, 21,43%  
 Sabbie e/o Ghiaie :    3 punti, 21,43%

**Lo sperimentatore:**

**Il direttore laboratorio:**

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b>											<b>CPT</b>		<b>1</b>											
<b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>											riferimento		<b>17-2023</b>											
											<b>certificato n°</b>		sp70-casol											
Committente: <b>Provincia di Ravenna</b>						U.M.: <b>kg/cm²</b>		Data esec.: 05/08/2023																
Cantiere: <b>Frana strada SP 70</b>						Pagina: 1		Data certificato: 05/08/2023																
Località: <b>Casola Valsenio - giardino erbe officinali</b>						Elaborato:		Falda: Assente																
											<b>NATURA COESIVA</b>					<b>NATURA GRANULARE</b>								
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	FL1	FL2	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	26,00	200,00	3	1,85	0,07	189	--	--	--	--	--	89	42	39	36	34	42	28	43,3	65,0	78,0	--	--	
0,60	22,00	169,23	3	1,85	0,11	177	--	--	--	--	--	74	40	36	33	31	40	28	36,7	55,0	66,0	--	--	
0,80	20,00	74,07	4	1,85	0,15	171	0,80	51,7	136,0	204,0	60,0	63	39	34	31	29	38	27	33,3	50,0	60,0	--	--	
<b>1,00</b>	42,00	210,00	3	1,85	0,19	226	--	--	--	--	--	83	41	37	34	32	41	30	70,0	105,0	126,0	--	--	
1,20	46,00	34,59	3	1,85	0,22	234	--	--	--	--	--	82	41	36	34	31	40	31	76,7	115,0	138,0	--	--	
1,40	30,00	11,24	4	1,85	0,26	199	1,00	34,0	170,0	255,0	90,0	64	39	33	31	29	38	29	50,0	75,0	90,0	--	--	
1,60	80,00	60,15	3	1,85	0,30	289	--	--	--	--	--	94	43	38	35	33	41	33	133,3	200,0	240,0	--	--	
1,80	120,00	36,04	3	1,85	0,33	336	--	--	--	--	--	100	43	39	36	34	43	35	200,0	300,0	360,0	--	--	
<b>2,00</b>	90,00	13,49	4	1,85	0,37	302	3,00	85,9	510,0	765,0	270,0	93	42	37	34	32	41	33	150,0	225,0	270,0	--	--	
2,20	120,00	17,99	4	1,85	0,41	336	4,00	99,9	680,0	1020,0	360,0	100	43	38	35	33	42	35	200,0	300,0	360,0	--	--	
2,40	160,00	30,02	3	1,85	0,44	375	--	--	--	--	--	100	43	39	36	34	43	36	266,7	400,0	480,0	--	--	
2,60	200,00	74,91	3	1,85	0,48	408	--	--	--	--	--	100	43	40	37	35	43	38	333,3	500,0	600,0	--	--	
2,80	240,00	--	3	1,85	0,52	437	--	--	--	--	--	100	43	40	38	35	44	39	400,0	600,0	720,0	--	--	

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio:

FON099

<h2 style="margin: 0;">PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</h2> <h3 style="margin: 0;">LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</h3>	CPT	2
	riferimento	17-2023
	certificato n°	sp70-caso

Committente: <b>Provincia di Ravenna</b> Cantiere: <b>Frana strada SP 70</b> Località: <b>Casola Valsenio - giardino erbe officinali</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b> Pagina: 1 Elaborato:	Data esec.: 05/08/2023 Data certificato: 05/08/2023 Falda: Assente
--	--	--

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0,20	0,0	0,0	-	0,00	0,27	0									
0,40	22,0	24,0	-	44,00	0,27	163	0,6								
0,60	18,0	20,0	-	36,00	0,53	68	1,5								
0,80	20,0	24,0	-	40,00	1,20	33	3,0								
<b>1,00</b>	<b>11,0</b>	<b>20,0</b>	-	<b>22,00</b>	<b>1,33</b>	<b>17</b>	<b>6,0</b>								
1,20	50,0	60,0	-	100,00	0,67	149	0,7								
1,40	45,0	50,0	-	90,00	1,87	48	2,1								
1,60	14,0	28,0	-	28,00	1,33	21	4,8								
1,80	70,0	80,0	-	140,00	1,33	105	1,0								
<b>2,00</b>	<b>100,0</b>	<b>110,0</b>	-	<b>200,00</b>	<b>1,33</b>	<b>150</b>	<b>0,7</b>								
2,20	110,0	120,0	-	220,00											

H = profondità L1 = prima lettura (punta) L2 = seconda lettura (punta + laterale) Lt = terza lettura (totale) CT = 20,00 costante di trasformazione	qc = resistenza di punta fs = resistenza laterale calcolata 0.20 m sopra quota qc F = rapporto Begemann (qc / fs) Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100	<b>Lo sperimentatore:</b>  <b>Il direttore laboratorio:</b>
---	---	---

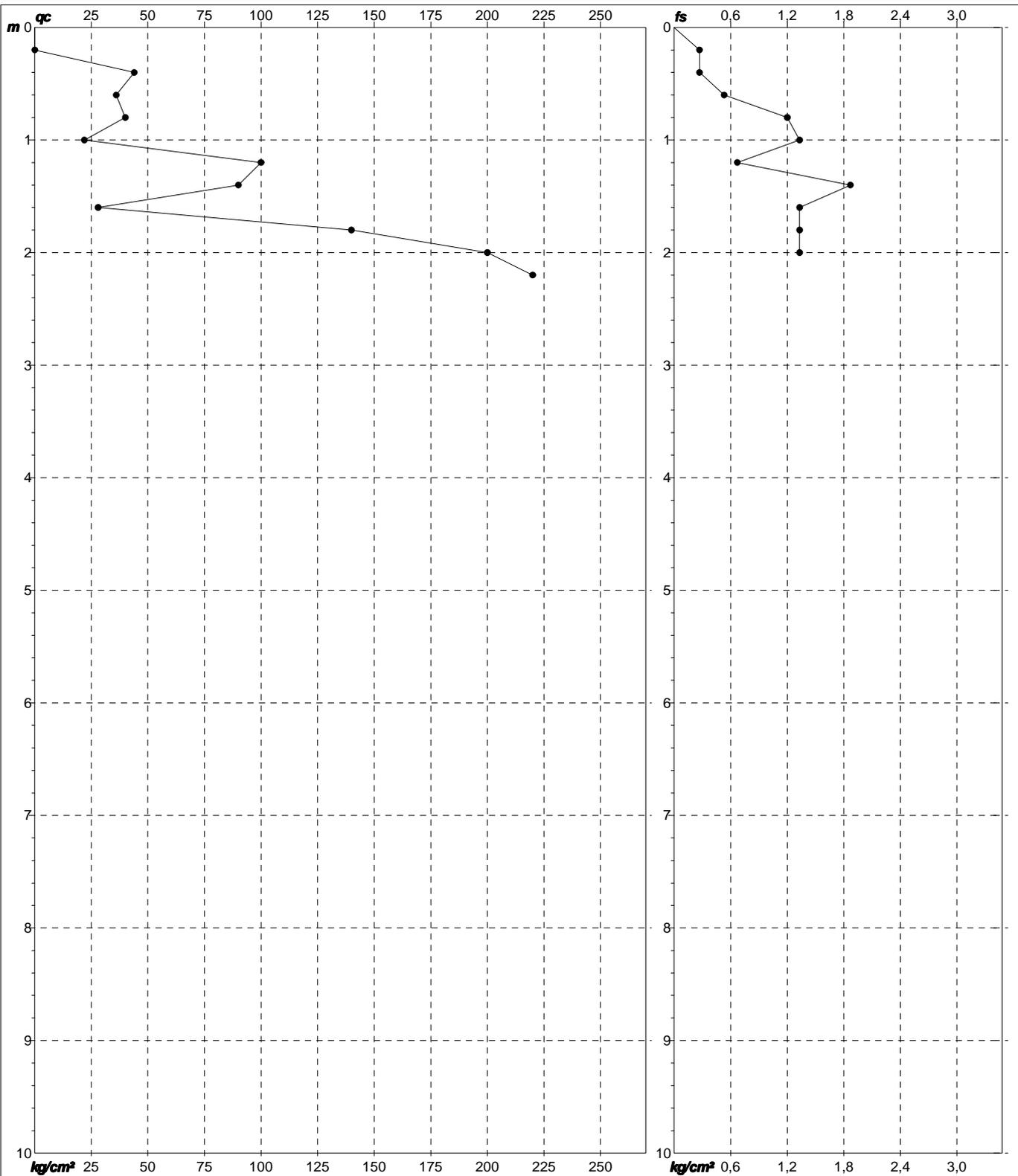
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	<b>17-2023</b>
certificato n°	sp70-caso

Committente: **Provincia di Ravenna**  
 Cantiere: **Frana strada SP 70**  
 Località: **Casola Valsenio - giardino erbe officinali**

U.M.: **kg/cm²**    Data esec.: 05/08/2023  
 Scala: 1:50    Data certificato: 05/08/2023  
 Pagina: 1    Quota inizio: - 4,90 m da DIN 1  
 Elaborato:    Falda: Assente



Penetrometro: SP100	Corr.astine: kg/ml	Preforo: m
Responsabile:	Cod. punta:	<b>Lo sperimentatore:</b>
Assistente:		<b>Il direttore laboratorio:</b>

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

**2**

riferimento

**17-2023**

certificato n°

sp70-caso

Committente: **Provincia di Ravenna**

Cantiere: **Frana strada SP 70**

Località: **Casola Valsenio - giardino erbe officinali**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Data eseg.: 05/08/2023

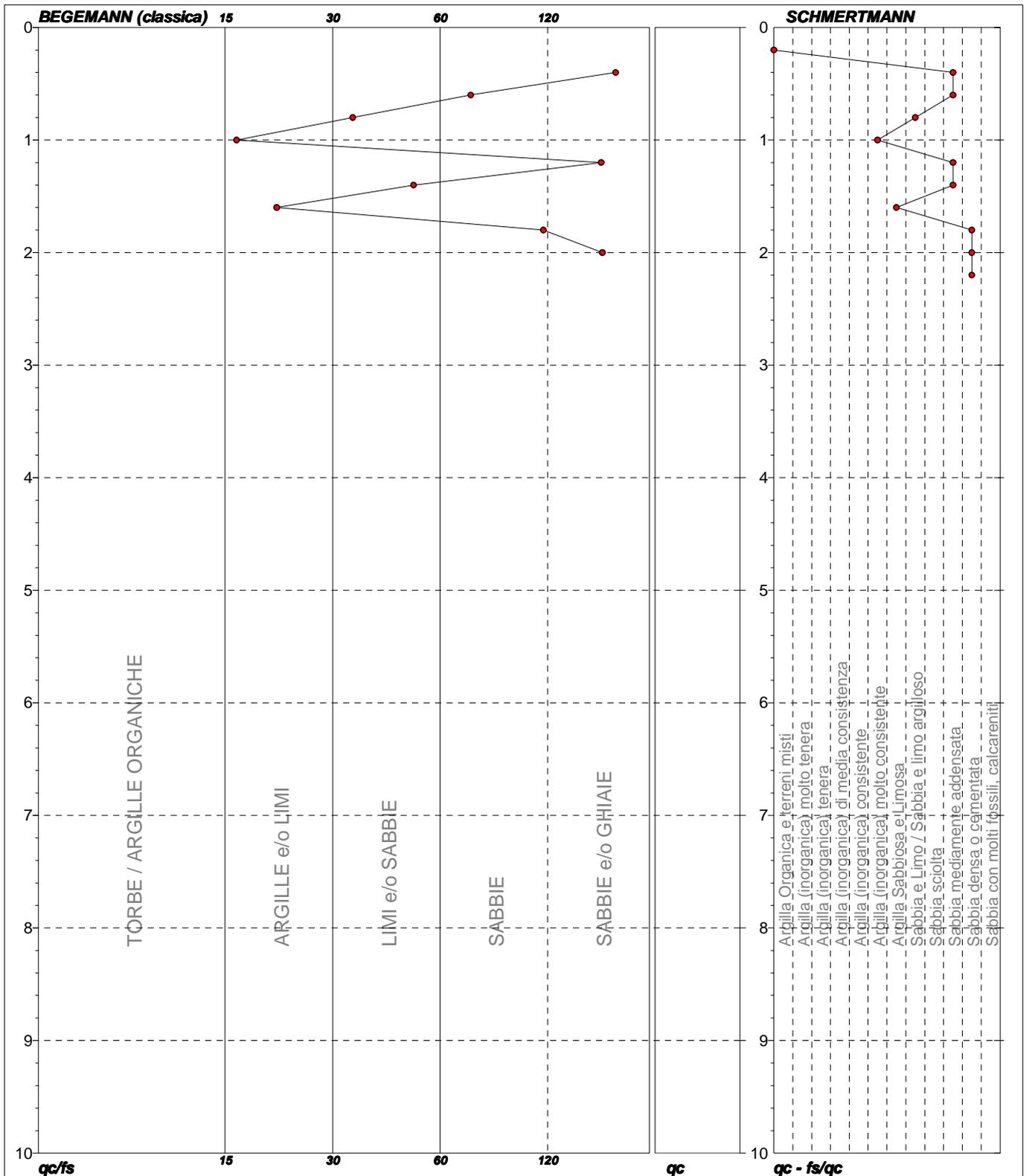
Scala: 1:50

Data certificato: 05/08/2023

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: Assente



Torbe / Argille org. :	1 punti, 9,09%
Argille e/o Limi :	2 punti, 18,18%
Limi e/o Sabbie :	2 punti, 18,18%
Sabbie:	2 punti, 18,18%
Sabbie e/o Ghiaie :	3 punti, 27,27%

**Lo sperimentatore:**

**Il direttore laboratorio:**

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI</b>	<b>CPT</b>	<b>2</b>
	riferimento	<b>17-2023</b>
	certificato n°	sp70-caso

Committente: <b>Provincia di Ravenna</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: 05/08/2023
Cantiere: <b>Frana strada SP 70</b>	Pagina: 1	Data certificato: 05/08/2023
Località: <b>Casola Valsenio - giardino erbe officinali</b>	Elaborato:	Falda: Assente

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE																								
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	FL1	FL2													
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
0,40	44,00	162,96	3	1,85	0,07	230	--	--	--	--	--	100	43	41	39	36	45	31	73,3	110,0	132,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
0,60	36,00	67,92	3	1,85	0,11	214	--	--	--	--	--	91	42	38	36	33	42	30	60,0	90,0	108,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0,80	40,00	33,33	3	1,85	0,15	222	--	--	--	--	--	87	42	38	35	33	41	30	66,7	100,0	120,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
<b>1,00</b>	22,00	16,54	4	1,85	0,19	177	0,85	42,0	143,8	215,8	66,0	61	39	34	31	29	38	28	36,7	55,0	66,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,20	100,00	149,25	3	1,85	0,22	314	--	--	--	--	--	100	43	40	38	35	43	34	166,7	250,0	300,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	90,00	48,13	3	1,85	0,26	302	--	--	--	--	--	100	43	39	36	34	42	33	150,0	225,0	270,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	28,00	21,05	4	1,85	0,30	194	0,97	27,5	164,1	246,2	84,0	58	38	32	29	28	37	28	46,7	70,0	84,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	140,00	105,26	3	1,85	0,33	356	--	--	--	--	--	100	43	40	37	35	43	36	233,3	350,0	420,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>2,00</b>	200,00	150,38	3	1,85	0,37	408	--	--	--	--	--	100	43	41	39	36	44	38	333,3	500,0	600,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	220,00	--	3	1,85	0,41	422	--	--	--	--	--	100	43	41	39	36	44	38	366,7	550,0	660,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT****3**

riferimento

**17-2023**

certificato n°

sp70-cas

Committente: **Provincia di Ravenna**Cantiere: **Frana strada SP 70**Località: **Casola Valsenio - giardino erbe officinali**U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Data esec.: 05/08/2023

Pagina: 1

Data certificato: 05/08/2023

Elaborato:

Falda: Assente

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%	m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%
0,20	0,0	0,0	-	0,00	0,13	0									
0,40	26,0	27,0	-	52,00	0,67	78	1,3								
0,60	16,0	21,0	-	32,00	0,80	40	2,5								
0,80	16,0	22,0	-	32,00	0,40	80	1,3								
<b>1,00</b>	<b>13,0</b>	<b>16,0</b>	-	<b>26,00</b>	<b>0,53</b>	<b>49</b>	<b>2,0</b>								
1,20	25,0	29,0	-	50,00	2,13	23	4,3								
1,40	19,0	35,0	-	38,00	1,87	20	4,9								
1,60	14,0	28,0	-	28,00	2,40	12	8,6								
1,80	12,0	30,0	-	24,00	1,47	16	6,1								
<b>2,00</b>	<b>11,0</b>	<b>22,0</b>	-	<b>22,00</b>	<b>1,87</b>	<b>12</b>	<b>8,5</b>								
2,20	10,0	24,0	-	20,00	2,13	9	10,7								
2,40	9,0	25,0	-	18,00	2,27	8	12,6								
2,60	7,0	24,0	-	14,00	1,73	8	12,4								
2,80	7,0	20,0	-	14,00	1,47	10	10,5								
<b>3,00</b>	<b>7,0</b>	<b>18,0</b>	-	<b>14,00</b>	<b>1,73</b>	<b>8</b>	<b>12,4</b>								
3,20	6,0	19,0	-	12,00	1,33	9	11,1								
3,40	10,0	20,0	-	20,00	1,33	15	6,7								
3,60	9,0	19,0	-	18,00	1,33	14	7,4								
3,80	60,0	70,0	-	120,00	1,33	90	1,1								
<b>4,00</b>	<b>100,0</b>	<b>110,0</b>	-	<b>200,00</b>	<b>1,33</b>	<b>150</b>	<b>0,7</b>								
4,20	70,0	80,0	-	140,00	1,33	105	1,0								
4,40	150,0	160,0	-	300,00											

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 20,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

**Lo sperimentatore:****Il direttore laboratorio:**

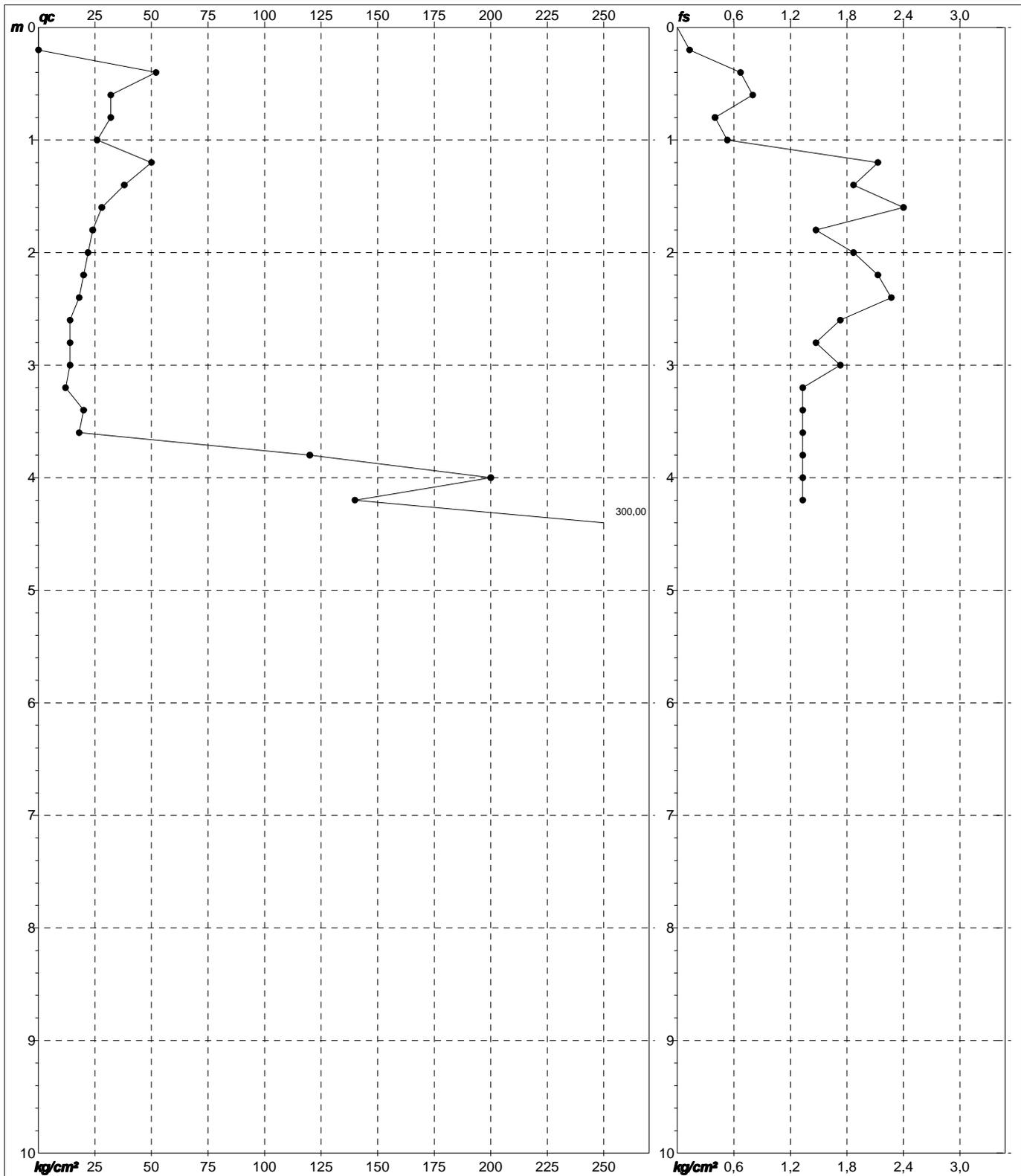
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>3</b>
riferimento	<b>17-2023</b>
certificato n°	sp70-cas

Committente: **Provincia di Ravenna**  
 Cantiere: **Frana strada SP 70**  
 Località: **Casola Valsenio - giardino erbe officinali**

U.M.: **kg/cm²**    Data eseg.: 05/08/2023  
 Scala: 1:50    Data certificato: 05/08/2023  
 Pagina: 1    Quota inizio: - 6,30 m da DIN 1  
 Elaborato:    Falda: Assente



Penetrometro: SP100  
 Responsabile:  
 Assistente:

Corr.astine: kg/ml  
 Cod. punta:

Preforo: m  
**Lo sperimentatore:**  
**Il direttore laboratorio:**

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

**3**

referimento

**17-2023**

certificato n°

sp70-cas

Committente: **Provincia di Ravenna**

Cantiere: **Frana strada SP 70**

Località: **Casola Valsenio - giardino erbe officinali**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Scala: 1:50

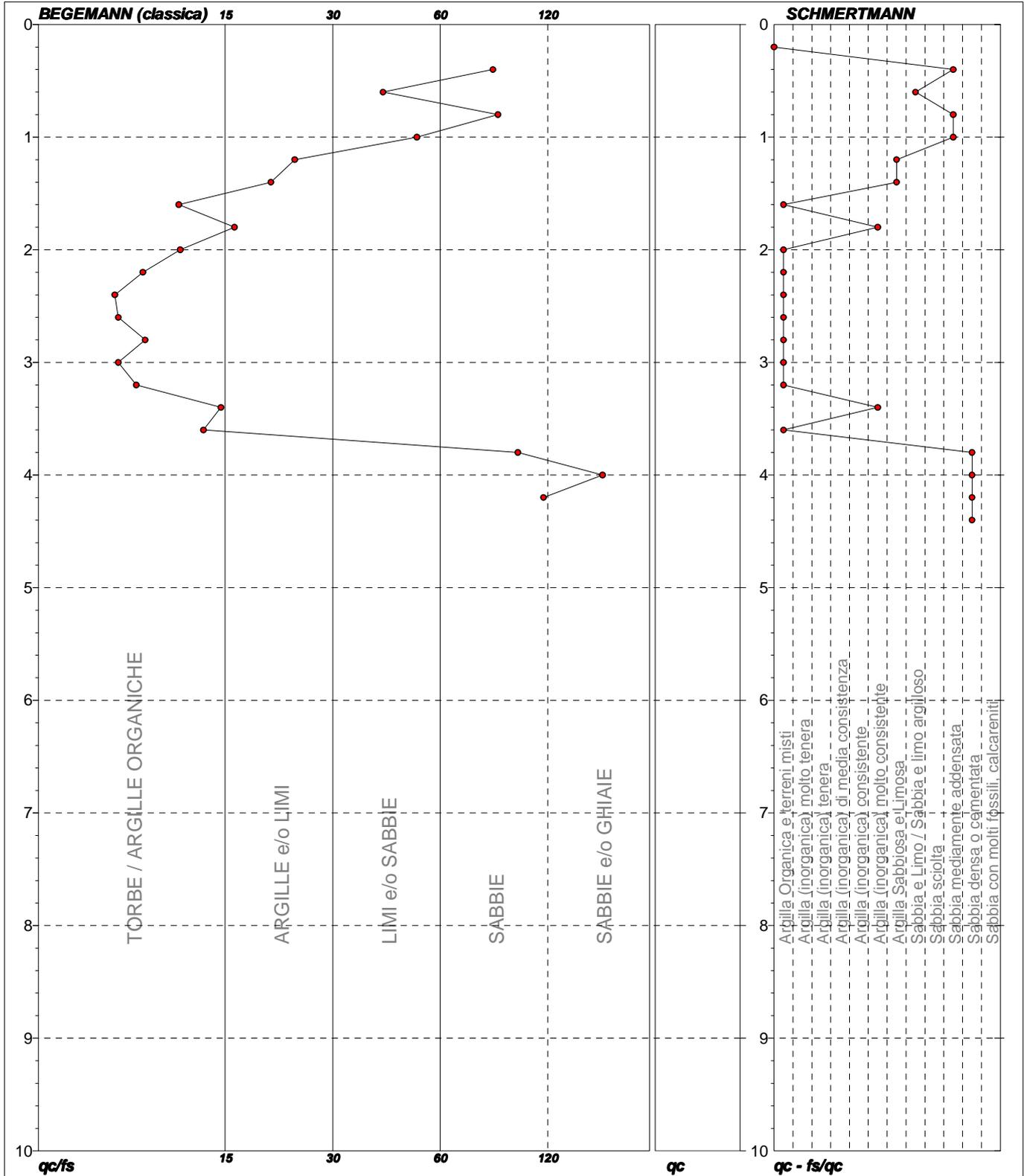
Pagina: 1

Elaborato:

Data eseg.: 05/08/2023

Data certificato: 05/08/2023

Falda: Assente



Torbe / Argille org. :	10 punti, 45,45%
Argille e/o Limi :	4 punti, 18,18%
Limi e/o Sabbie :	2 punti, 9,09%
Sabbie:	4 punti, 18,18%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 4,55%

**Lo sperimentatore:**

**Il direttore laboratorio:**

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI</b>	<b>CPT</b>	<b>3</b>
	riferimento	<b>17-2023</b>
	certificato n°	sp70-cas

Committente: <b>Provincia di Ravenna</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data eseg.: 05/08/2023
Cantiere: <b>Frana strada SP 70</b>	Pagina: 1	Data certificato: 05/08/2023
Località: <b>Casola Valsenio - giardino erbe officinali</b>	Elaborato:	Falda: Assente

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE																									
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	FL1	FL2														
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0,40	52,00	77,61	3	1,85	0,07	245	--	--	--	--	--	100	43	42	40	37	45	31	86,7	130,0	156,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0,60	32,00	40,00	3	1,85	0,11	204	--	--	--	--	--	86	42	38	35	33	42	29	53,3	80,0	96,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,80	32,00	80,00	3	1,85	0,15	204	--	--	--	--	--	79	41	36	34	31	40	29	53,3	80,0	96,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
<b>1,00</b>	26,00	49,06	3	1,85	0,19	189	--	--	--	--	--	67	39	34	32	29	39	28	43,3	65,0	78,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,20	50,00	23,47	4	1,85	0,22	242	1,67	78,0	283,3	425,0	150,0	85	41	37	34	32	41	31	83,3	125,0	150,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	38,00	20,32	4	1,85	0,26	218	1,27	45,7	215,3	323,0	114,0	72	40	35	32	30	39	30	63,3	95,0	114,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	28,00	11,67	4	1,85	0,30	194	0,97	27,5	164,1	246,2	84,0	58	38	32	29	28	37	28	46,7	70,0	84,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	24,00	16,33	4	1,85	0,33	183	0,89	21,4	151,1	226,7	72,0	50	37	31	28	26	35	28	40,0	60,0	72,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>2,00</b>	22,00	11,76	4	1,85	0,37	177	0,85	17,7	143,8	215,8	66,0	44	37	30	27	25	34	28	36,7	55,0	66,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	20,00	9,39	4	1,85	0,41	171	0,80	14,6	136,0	204,0	60,0	39	36	29	26	24	33	27	33,3	50,0	60,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	18,00	7,93	2	1,85	0,44	164	0,75	12,1	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	14,00	8,09	2	1,85	0,48	150	0,64	8,9	114,0	171,0	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,80	14,00	9,52	2	1,85	0,52	150	0,64	8,1	123,9	185,9	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
<b>3,00</b>	14,00	8,09	2	1,85	0,56	150	0,64	7,4	136,2	204,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,20	12,00	9,02	2	1,85	0,59	141	0,57	6,0	156,6	234,9	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,40	20,00	15,04	2	1,85	0,63	171	0,80	8,5	149,3	224,0	60,0	28	35	27	24	22	31	27	33,3	50,0	60,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,60	18,00	13,53	2	1,85	0,67	164	0,75	7,3	164,7	247,1	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,80	120,00	90,23	3	1,85	0,70	336	--	--	--	--	--	87	42	35	33	30	39	35	200,0	300,0	360,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>4,00</b>	200,00	150,38	3	1,85	0,74	408	--	--	--	--	--	100	43	38	35	33	41	38	333,3	500,0	600,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	140,00	105,26	3	1,85	0,78	356	--	--	--	--	--	90	42	36	33	31	40	36	233,3	350,0	420,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	300,00	--	3	1,85	0,81	475	--	--	--	--	--	100	43	39	37	34	43	40	500,0	750,0	900,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>4</b>
	riferimento	<b>17-2023</b>
	certificato n°	sp70-ca

Committente: <b>Provincia di Ravenna</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: 05/08/2023
Cantiere: <b>Frana strada SP 70</b>	Pagina: 1	Data certificato: 05/08/2023
Località: <b>Casola Valsenio - giardino erbe officinali</b>	Elaborato:	Falda: -3,70 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%	m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%
0,20	0,0	0,0	-	0,00	0,27	0									
0,40	28,0	30,0	-	56,00	1,20	47	2,1								
0,60	21,0	30,0	-	42,00	2,13	20	5,1								
0,80	12,0	28,0	-	24,00	1,47	16	6,1								
<b>1,00</b>	<b>8,0</b>	<b>19,0</b>	-	<b>16,00</b>	<b>0,93</b>	<b>17</b>	<b>5,8</b>								
1,20	7,0	14,0	-	14,00	0,80	18	5,7								
1,40	8,0	14,0	-	16,00	0,93	17	5,8								
1,60	5,0	12,0	-	10,00	0,80	13	8,0								
1,80	7,0	13,0	-	14,00	0,80	18	5,7								
<b>2,00</b>	<b>7,0</b>	<b>13,0</b>	-	<b>14,00</b>	<b>0,87</b>	<b>16</b>	<b>6,2</b>								
2,20	6,5	13,0	-	13,00	0,80	16	6,2								
2,40	5,0	11,0	-	10,00	0,80	13	8,0								
2,60	6,0	12,0	-	12,00	1,07	11	8,9								
2,80	4,0	12,0	-	8,00	0,67	12	8,4								
<b>3,00</b>	<b>25,0</b>	<b>30,0</b>	-	<b>50,00</b>	<b>1,73</b>	<b>29</b>	<b>3,5</b>								
3,20	6,0	19,0	-	12,00	0,13	92	1,1								
3,40	19,0	20,0	-	38,00	0,53	72	1,4								
3,60	8,0	12,0	-	16,00	0,93	17	5,8								
3,80	7,0	14,0	-	14,00	1,00	14	7,1								
<b>4,00</b>	<b>7,5</b>	<b>15,0</b>	-	<b>15,00</b>	<b>0,93</b>	<b>16</b>	<b>6,2</b>								
4,20	8,0	15,0	-	16,00	0,87	18	5,4								
4,40	8,5	15,0	-	17,00	1,07	16	6,3								
4,60	8,0	16,0	-	16,00	0,53	30	3,3								
4,80	10,0	14,0	-	20,00	0,93	22	4,7								
<b>5,00</b>	<b>8,0</b>	<b>15,0</b>	-	<b>16,00</b>	<b>0,87</b>	<b>18</b>	<b>5,4</b>								
5,20	8,5	15,0	-	17,00	0,67	25	3,9								
5,40	9,0	14,0	-	18,00	0,27	67	1,5								
5,60	16,0	18,0	-	32,00	0,87	37	2,7								
5,80	7,5	14,0	-	15,00	1,20	13	8,0								
<b>6,00</b>	<b>8,0</b>	<b>17,0</b>	-	<b>16,00</b>	<b>0,67</b>	<b>24</b>	<b>4,2</b>								
6,20	12,0	17,0	-	24,00	1,33	18	5,5								
6,40	20,0	30,0	-	40,00	1,60	25	4,0								
6,60	10,0	22,0	-	20,00	2,67	7	13,4								
6,80	80,0	100,0	-	160,00	1,33	120	0,8								
<b>7,00</b>	<b>150,0</b>	<b>160,0</b>	-	<b>300,00</b>	-	-	-								

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 20,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
0,20 m sopra quota qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

**Lo sperimentatore:**

**Il direttore laboratorio:**

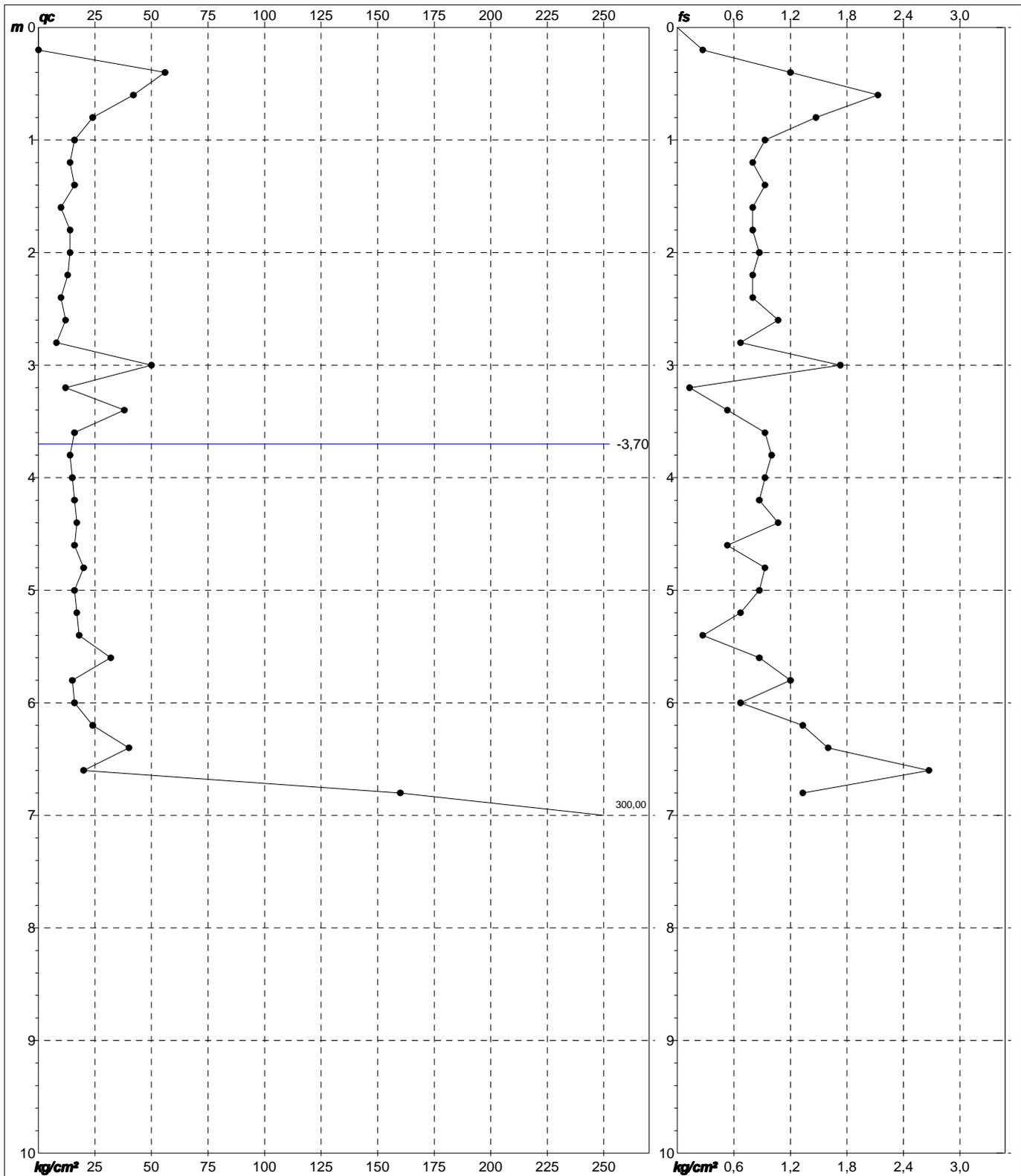
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>4</b>
riferimento	<b>17-2023</b>
certificato n°	sp70-ca

Committente: **Provincia di Ravenna**  
 Cantiere: **Frana strada SP 70**  
 Località: **Casola Valsenio - giardino erbe officinali**

U.M.: **kg/cm²**    Data esec.: 05/08/2023  
 Scala: 1:50    Data certificato: 05/08/2023  
 Pagina: 1    Quota inizio: + 5,80 m da DIN 1  
 Elaborato:    Falda: -3,70 m da quota inizio



Penetrometro: SP100  
 Responsabile:  
 Assistente:

Corr.astine: kg/ml  
 Cod. punta:

Preforo: m  
**Lo sperimentatore:**  
**Il direttore laboratorio:**

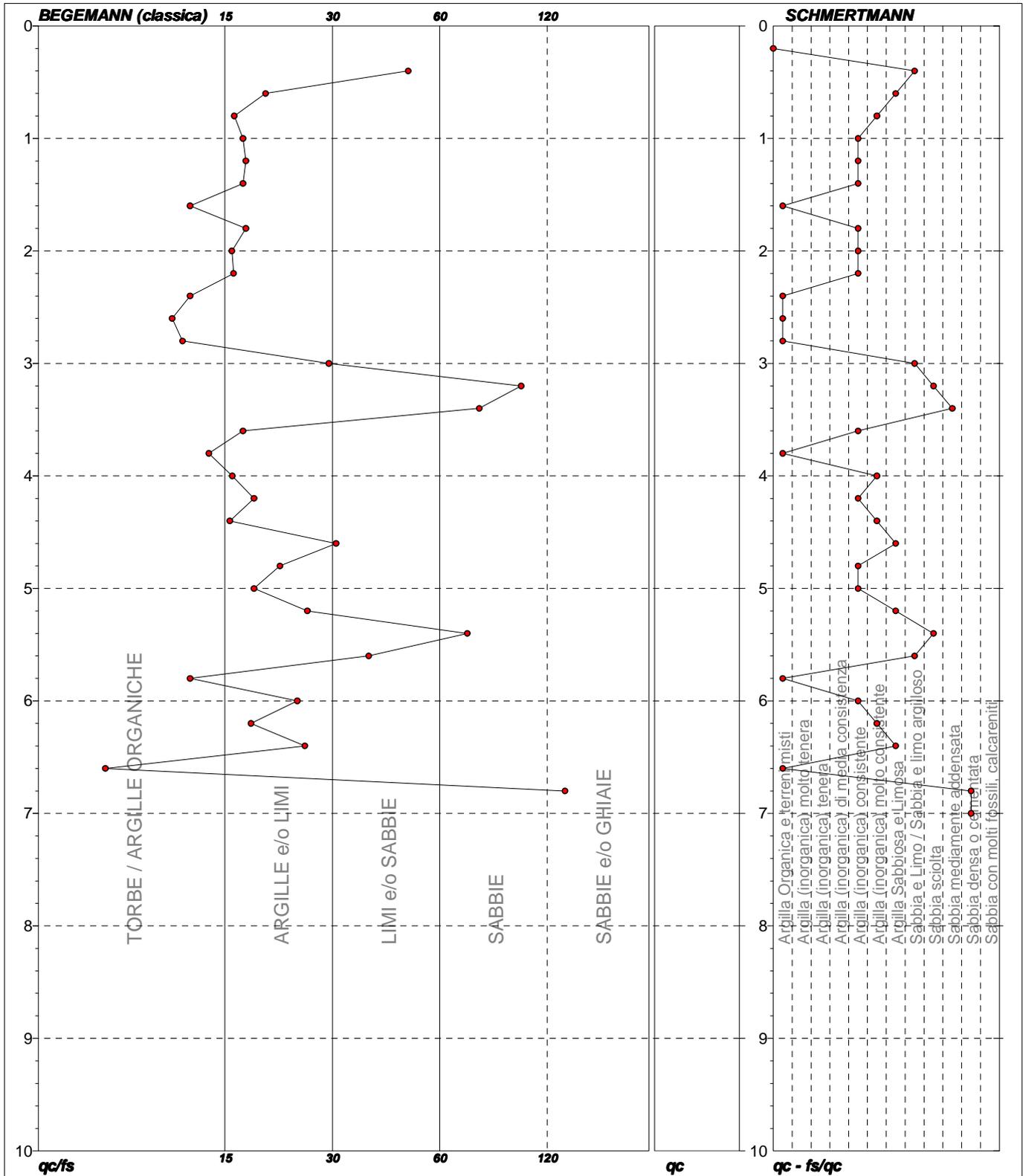
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>4</b>
riferimento	<b>17-2023</b>
certificato n°	sp70-ca

Committente: **Provincia di Ravenna**  
 Cantiere: **Frana strada SP 70**  
 Località: **Casola Valsenio - giardino erbe officinali**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: 05/08/2023  
 Scala: 1:50    Data certificato: 05/08/2023  
 Pagina: 1  
 Elaborato:    Falda: -3,70 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	8 punti, 22,86%
Argille e/o Limi :	19 punti, 54,29%
Limi e/o Sabbie :	3 punti, 8,57%
Sabbie :	3 punti, 8,57%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 2,86%

**Lo sperimentatore:**

**Il direttore laboratorio:**



<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>5</b>
	riferimento	<b>17-2023</b>
	certificato n°	sp70-c

Committente: <b>Provincia di Ravenna</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: 05/08/2023
Cantiere: <b>Frana strada SP 70</b>	Pagina: 1	Data certificato: 05/08/2023
Località: <b>Casola Valsenio - giardino erbe officinali</b>	Elaborato:	Falda: -3,90 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0,20	0,0	0,0	-	0,00	0,27	0									
0,40	20,0	22,0	-	40,00	0,13	308	0,3								
0,60	18,0	19,0	-	36,00	0,80	45	2,2								
0,80	14,0	20,0	-	28,00	0,80	35	2,9								
<b>1,00</b>	<b>12,0</b>	<b>18,0</b>	-	<b>24,00</b>	<b>0,67</b>	<b>36</b>	<b>2,8</b>								
1,20	11,0	16,0	-	22,00	1,20	18	5,5								
1,40	10,0	19,0	-	20,00	1,47	14	7,4								
1,60	9,0	20,0	-	18,00	1,67	11	9,3								
1,80	7,5	20,0	-	15,00	1,33	11	8,9								
<b>2,00</b>	<b>7,0</b>	<b>17,0</b>	-	<b>14,00</b>	<b>1,33</b>	<b>11</b>	<b>9,5</b>								
2,20	7,0	17,0	-	14,00	1,60	9	11,4								
2,40	6,0	18,0	-	12,00	0,87	14	7,3								
2,60	6,5	13,0	-	13,00	1,07	12	8,2								
2,80	7,0	15,0	-	14,00	0,93	15	6,6								
<b>3,00</b>	<b>13,0</b>	<b>20,0</b>	-	<b>26,00</b>	<b>1,47</b>	<b>18</b>	<b>5,7</b>								
3,20	11,0	22,0	-	22,00	1,07	21	4,9								
3,40	28,0	36,0	-	56,00	2,53	22	4,5								
3,60	11,0	30,0	-	22,00	1,33	17	6,0								
3,80	10,0	20,0	-	20,00	1,47	14	7,4								
<b>4,00</b>	<b>12,0</b>	<b>23,0</b>	-	<b>24,00</b>	<b>1,33</b>	<b>18</b>	<b>5,5</b>								
4,20	50,0	60,0	-	100,00	1,33	75	1,3								
4,40	10,0	20,0	-	20,00	0,67	30	3,4								
4,60	9,0	14,0	-	18,00	2,67	7	14,8								
4,80	180,0	200,0	-	360,00											

H = profondità	qc = resistenza di punta	<b>Lo sperimentatore:</b>  <b>Il direttore laboratorio:</b>
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata	
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc	
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)	
CT = 20,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100	

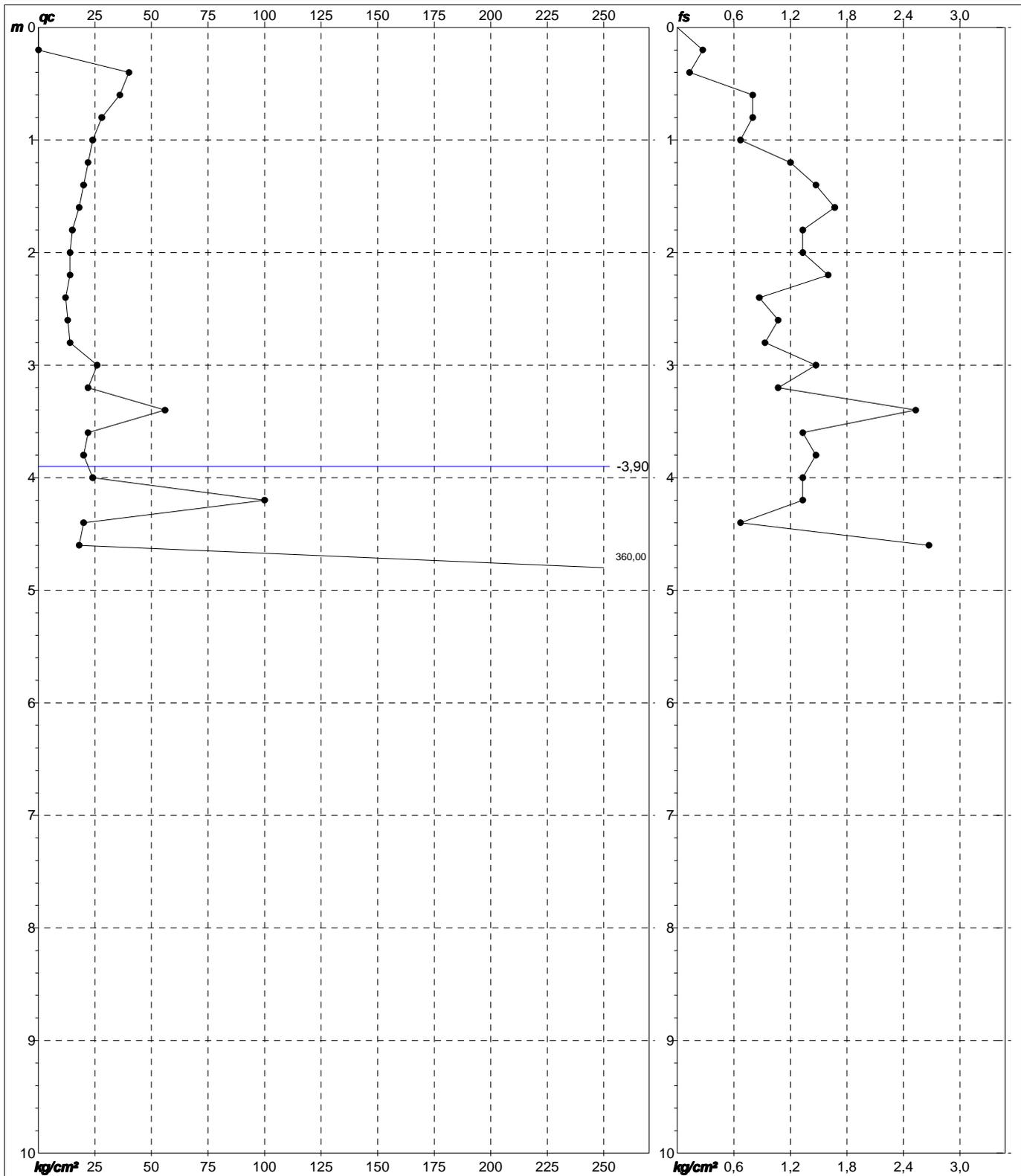
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>5</b>
riferimento	<b>17-2023</b>
certificato n°	sp70-c

Committente: **Provincia di Ravenna**  
 Cantiere: **Frana strada SP 70**  
 Località: **Casola Valsenio - giardino erbe officinali**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: 05/08/2023  
 Scala: 1:50    Data certificato: 05/08/2023  
 Pagina: 1    Quota inizio: + 6,80 m da DIN 1  
 Elaborato:    Falda: -3,90 m da quota inizio



Penetrometro: SP100  
 Responsabile:  
 Assistente:

Corr.astine: kg/ml  
 Cod. punta:

Preforo: m  
**Lo sperimentatore:**  
**Il direttore laboratorio:**

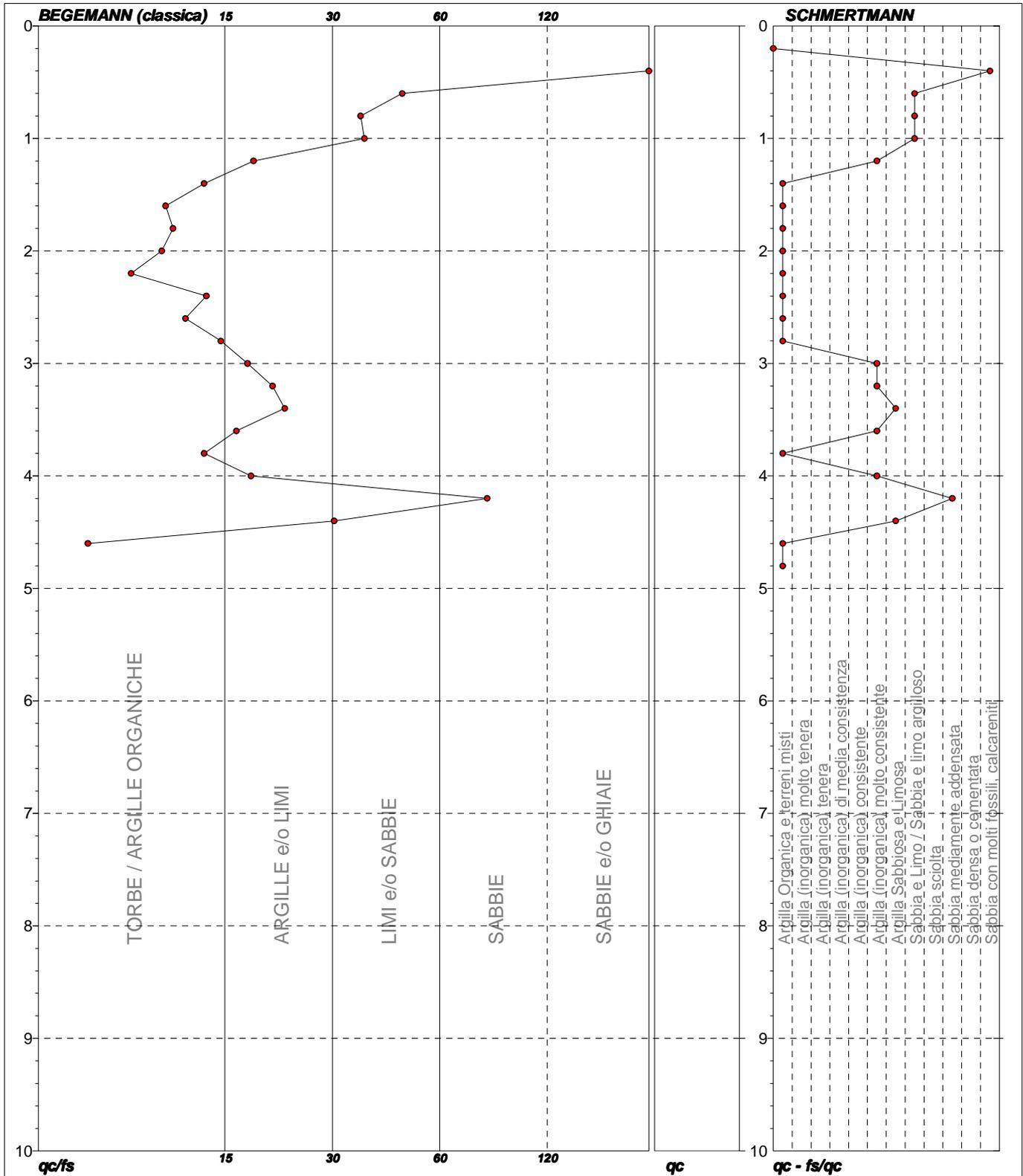
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>5</b>
riferimento	<b>17-2023</b>
certificato n°	sp70-c

Committente: **Provincia di Ravenna**  
 Cantiere: **Frana strada SP 70**  
 Località: **Casola Valsenio - giardino erbe officinali**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: 05/08/2023  
 Scala: 1:50    Data certificato: 05/08/2023  
 Pagina: 1  
 Elaborato:    Falda: -3,90 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	10 punti, 41,67%
Argille e/o Limi :	8 punti, 33,33%
Limi e/o Sabbie :	3 punti, 12,50%
Sabbie:	1 punti, 4,17%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 4,17%

**Lo sperimentatore:**

**Il direttore laboratorio:**



**PENETROMETRO DINAMICO IN USO : *DM-30 (60)***

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

**CARATTERISTICHE TECNICHE : *DM-30 (60)***

PESO MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 13,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 2,90 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 6,00 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t$ N)

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

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

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
 e = infissione per colpo =  $\delta / N$

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

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm <sup>2</sup> = 0.098067 MPa $\approx$ 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m <sup>2</sup> = 10.197 kg/cm <sup>2</sup>
1 bar = 1.0197 kg/cm <sup>2</sup> = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 1**

- cantiere : Provincia di Ravenna  
- lavoro : Frana strada SP70  
- località : Casola Valsenio - giardino erbe officinali

- data prova : 05/08/2023  
- quota inizio : 0  
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio  
- data emiss. : 05/08/2023

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	10	39,2	1	2,10 - 2,20	5	17,4	3
0,10 - 0,20	13	51,0	1	2,20 - 2,30	5	17,4	3
0,20 - 0,30	12	47,1	1	2,30 - 2,40	6	20,9	3
0,30 - 0,40	12	47,1	1	2,40 - 2,50	9	31,3	3
0,40 - 0,50	8	31,4	1	2,50 - 2,60	11	38,3	3
0,50 - 0,60	4	15,7	1	2,60 - 2,70	13	45,3	3
0,60 - 0,70	6	23,5	1	2,70 - 2,80	15	52,2	3
0,70 - 0,80	5	19,6	1	2,80 - 2,90	10	33,0	4
0,80 - 0,90	4	14,8	2	2,90 - 3,00	10	33,0	4
0,90 - 1,00	5	18,4	2	3,00 - 3,10	9	29,7	4
1,00 - 1,10	4	14,8	2	3,10 - 3,20	7	23,1	4
1,10 - 1,20	9	33,2	2	3,20 - 3,30	6	19,8	4
1,20 - 1,30	10	36,9	2	3,30 - 3,40	7	23,1	4
1,30 - 1,40	7	25,8	2	3,40 - 3,50	7	23,1	4
1,40 - 1,50	5	18,4	2	3,50 - 3,60	8	26,4	4
1,50 - 1,60	7	25,8	2	3,60 - 3,70	10	33,0	4
1,60 - 1,70	5	18,4	2	3,70 - 3,80	9	29,7	4
1,70 - 1,80	4	14,8	2	3,80 - 3,90	9	28,2	5
1,80 - 1,90	4	13,9	3	3,90 - 4,00	8	25,0	5
1,90 - 2,00	4	13,9	3	4,00 - 4,10	30	93,9	5
2,00 - 2,10	5	17,4	3	4,10 - 4,20	75	234,8	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60)**

- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **35,70** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]

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

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 1**

Scala 1: 50

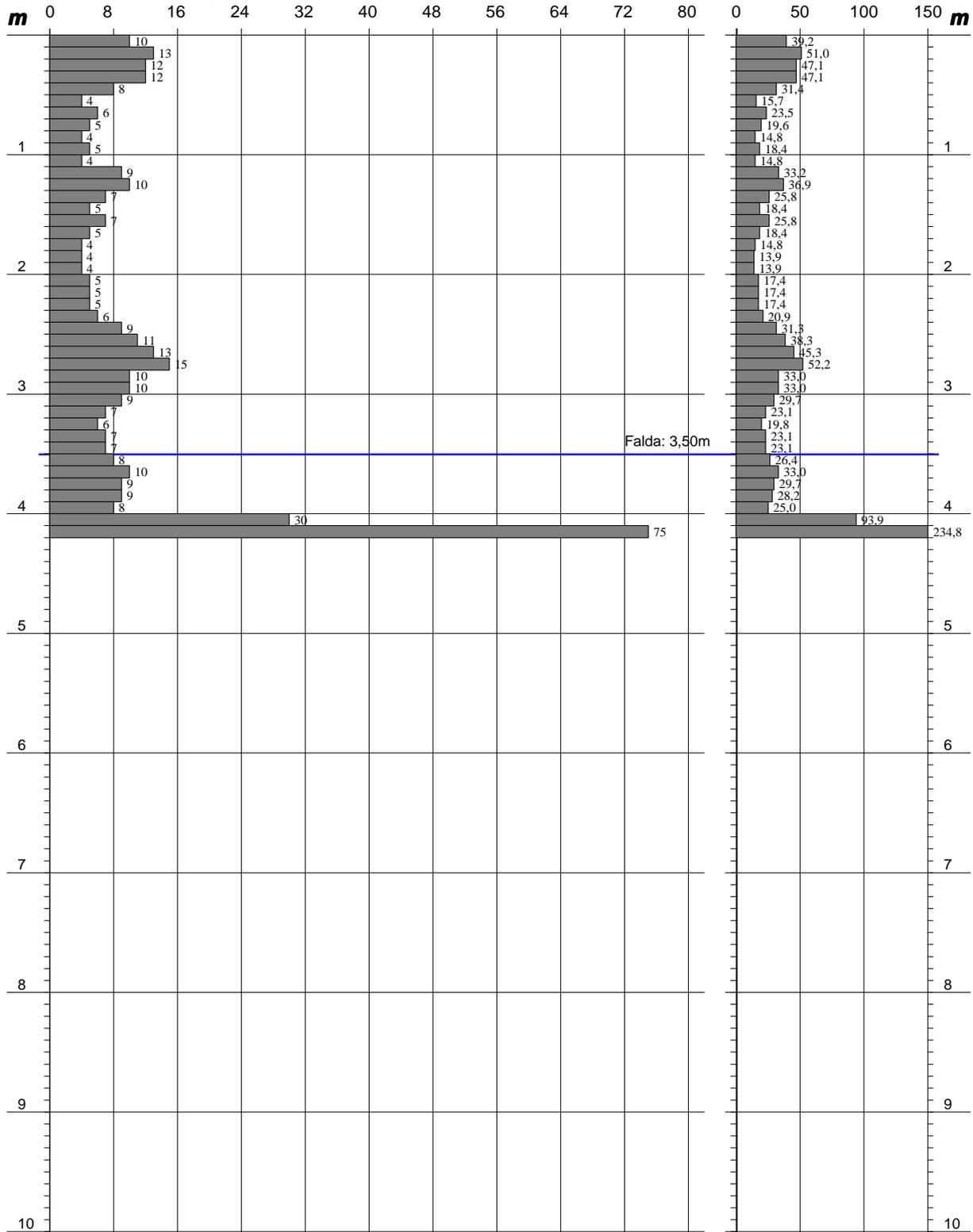
- cantiere : Provincia di Ravenna  
 - lavoro : Frana strada SP70  
 - località : Casola Valsenio - giardino erbe officinali

- data prova : 05/08/2023  
 - quota inizio : 0  
 - prof. falda : 3,50 m da quota inizio  
 - data emiss. : 05/08/2023

- note :

**$N = N(10)$  numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

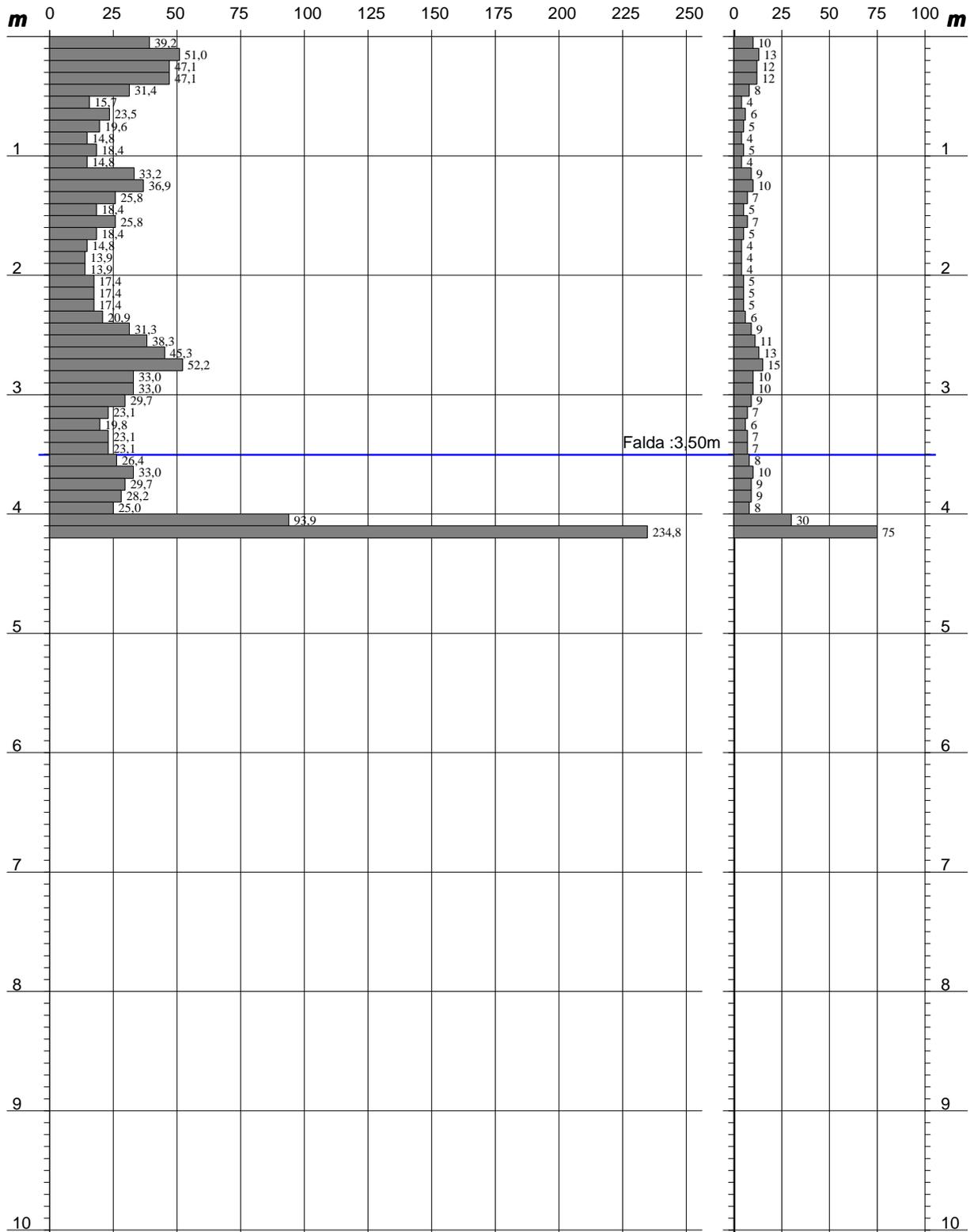
DIN 1  
 Scala 1: 50

- cantiere : Provincia di Ravenna  
 - lavoro : Frana strada SP70  
 - località : Casola Valsenio - giardino erbe officinali

- data prova : 05/08/2023  
 - quota inizio : 0  
 - prof. falda : 3,50 m da quota inizio  
 - data emiss. : 05/08/2023

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formu la "Olandese"**

**N = N(10) n°colpi δ = 10**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 2**

- cantiere : Provincia di Ravenna  
- lavoro : Frana strada SP70  
- località : Casola Valsenio - giardino erbe officinali

- data prova : 05/08/2023  
- quota inizio : + 0,20 m da DIN 1  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 05/08/2023

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	15	58,8	1	0,70 - 0,80	18	70,6	1
0,10 - 0,20	10	39,2	1	0,80 - 0,90	15	55,3	2
0,20 - 0,30	11	43,1	1	0,90 - 1,00	8	29,5	2
0,30 - 0,40	28	109,8	1	1,00 - 1,10	10	36,9	2
0,40 - 0,50	35	137,3	1	1,10 - 1,20	10	36,9	2
0,50 - 0,60	35	137,3	1	1,20 - 1,30	35	129,1	2
0,60 - 0,70	30	117,6	1	1,30 - 1,40	75	276,6	2

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60)**

- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]

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

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

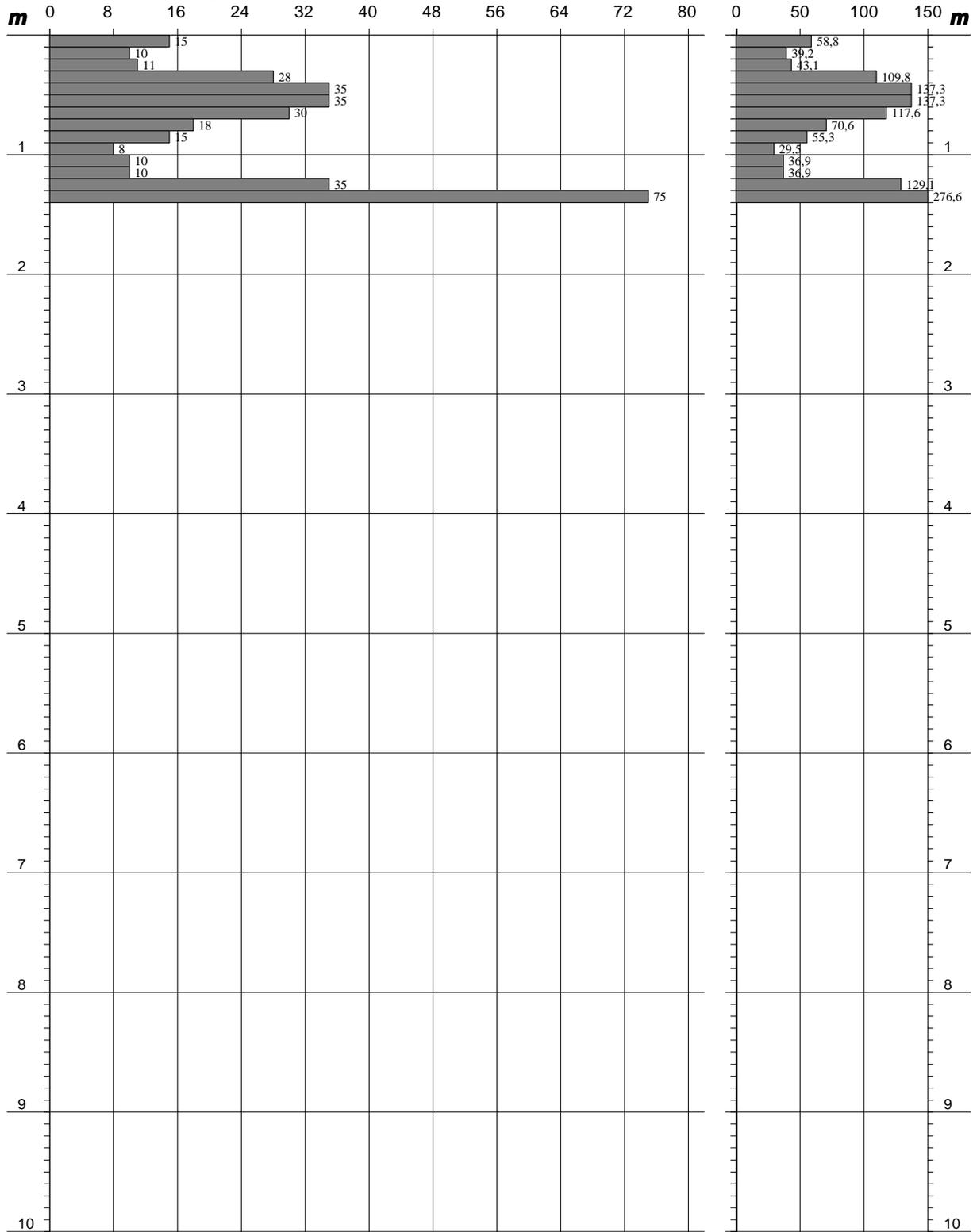
- cantiere : Provincia di Ravenna  
 - lavoro : Frana strada SP70  
 - località : Casola Valsenio - giardino erbe officinali

- data prova : 05/08/2023  
 - quota inizio : + 0,20 m da DIN 1  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 05/08/2023

- note :

**$N = N(10)$  numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

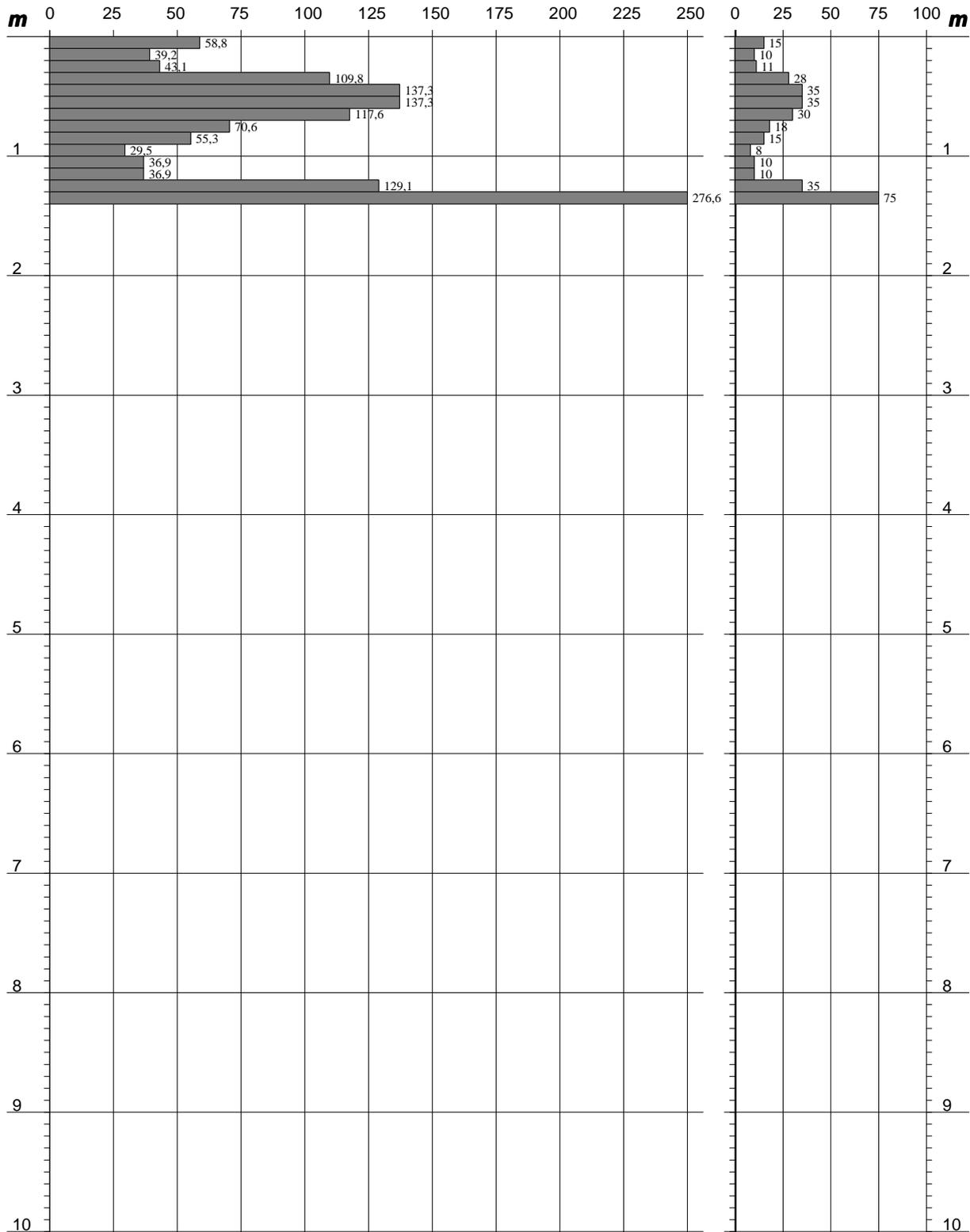
DIN 2  
 Scala 1: 50

- cantiere : Provincia di Ravenna  
 - lavoro : Frana strada SP70  
 - località : Casola Valsenio - giardino erbe officinali

- data prova : 05/08/2023  
 - quota inizio : + 0,20 m da DIN 1  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 05/08/2023

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**

**N = N(10) n°colpi δ = 10**





**SOGEO** S.R.L.  
 INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI  
 Via S. Potito n. 43 - 48022 S. Potito di LUGO (RA)  
 Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com  
 Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C  
 Decr. n. 005754 del 05/07/2010

COMMITTENTE: Dott. Geol. Cantoni Andrea	SOND.N°: S.1	PROF.(m): 12.50
CANTIERE: Casola Valsenio (RA) - S.P. 70 Km.2	QUOTA (m): p.d.c.	
PERFORATRICE: Ellettari EK200/STR	LATITUDINE (°):	
METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°):	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice e doppio Ø 101 mm (*)	DATA INIZ-FINE: 12/09/2023-12/09/2023
PIEZOMETRO: -----		SCALA: 1:100
RIF.PREV.N°: 140-23	CERTIFICATO N°: C23-096-1	RAPPORTO N°: -----
		DATA DI EMISSIONE: 13/09/2023
		PAGINA N°: 1 di 1

scala	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz.Norton	Carotaggio	R.Q.D.
											20 40 60 80	20 40 60 80
0.00			0.30		Asfalto e ghiaia con sabbia							
1.00	2.2	0.90										
2.00	2.8	0.30										
3.00	2.4	0.80										
4.00	2.1	0.60										
5.00	2.5	0.80										
6.00	3.6	1.00										
7.00	2.2	0.60										
8.00	3.5	0.90										
9.00			5.40		Sabbia medio-fine, debolmente limosa, debolmente cementata, di colore grigio-marrone chiaro							
10.00			5.70									
11.00												
12.00												
13.00			12.50		Alternanza tra livelli pelitici di colore grigio, ben cementati e laminati, e livelli siltoso/arenacei di colore variabile da grigio a marrone chiaro, da massivi a laminati, con grado di cementazione da buono a scarso. Pelite > arenaria/siltite. Livelli di arenaria da -7.35 a -7.60 m e da -9.90 a -10.70 m							

Note:  
 (\*) Da 0.00 a -6.00 m perforazione mediante carotiere semplice.  
 Da -6.00 a -12.50 m perforazione mediante doppio carotiere.

C. = campione rimaneggiato

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



**SOGGEO** s.r.l.  
INDAGNI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI  
Via S. Polito n. 43 - 48022 S. Polito di Lupatoto (RA)  
Tel. 0545222042 - Fax 0545344443 - E-mail: soggeo@soggeo-sil.com

**COMMITTENTE:** Dott. Geol. Cantoni Andrea  
**RIF. N° :** 140-23

**LOCALITA':** Casola Valsenio (RA) - S.P.70 Km.2 **SONDAGGIO N.:** S.1  
**ALLEGATO A:** C23-096-1  
**DATA:** 12/09/2023



Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m



Posizionamento



Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m

***INDAGINE GEOFISICA CON TECNICA HVSr***

## ***1. Cenni sulla metodologia HVSR***

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) consiste nella misura passiva a stazione singola del rumore sismico ambientale (microtemori) ovvero di oscillazioni continue di piccola ampiezza originate dalla sovrapposizione di effetti generati sia da sorgenti naturali (onde oceaniche, perturbazioni meteorologiche a larga scala, vento, sismi, ecc) che da sorgenti antropiche (traffico, attività industriali, attività agricole, ecc). In particolare questo metodo consiste nel calcolo del rapporto (indicato come H/V) della media delle componenti orizzontali rispetto alla componente verticale dello spettro di Fourier del rumore ambientale, registrato in un unico sito da sensore tridimensionale. L'evidenza empirica, supportata da simulazioni numeriche, indica che il massimo del rapporto spettrale H/V avviene generalmente a livello o vicino alla frequenza di risonanza fondamentale del sito, a condizione che vi sia un contrasto d'impedenza sufficientemente forte in profondità. Tale metodo è stato inizialmente sviluppato in Giappone da Nogoshi e Igarashi (1971) per caratterizzare la risposta di sito sotto azione sismica ed è stato successivamente reso popolare e diffuso al mondo occidentale da Nakamura (1989).

Le linee guida della tecnica per l'ottimizzazione del rilievo sono state illustrate dal progetto SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitation); in particolare nell'effettuare la misura il protocollo sperimentale si raccomanda di:

- verificare il buon accoppiamento tra sensore e il terreno;
- verificare la sufficiente distanza da edifici, alberi, strutture in elevazione;
- verificare l'assenza di sorgenti dominanti di rumore o sorgenti ad elevata intensità in prossimità del sito di misura;
- una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz);
- verificare l'assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze;
- sorgenti di rumore uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione.

## ***2. Cenni teorici del metodo***

La risonanza è un fenomeno fisico che interviene quando si verifica una variazione di impedenza acustica "I" tra due mezzi ( $I=pv$ , dove  $p$  è la densità del mezzo attraversato e  $v$  è la velocità di propagazione delle onde sismiche nello stesso).

Nell'esempio semplificato di un sistema omogeneo e isotropo a due strati, quando all'interfaccia tra i due mezzi il rapporto delle impedenze supera il 25%, si genera un picco sulla curva del rapporto spettrale H/V in corrispondenza della frequenza di risonanza del sito ( $f_0$ ). Tale

frequenza dipende dalla profondità dell'interfaccia che genera il contrasto di impedenza (H) e dalla velocità media di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) nello strato superficiale secondo la formula  $f_0 = V_s/4H$ . Da ciò ne consegue che, a parità di  $V_s$  dello strato più superficiale, maggiore è la frequenza del picco di risonanza del sito e minore è la profondità delle discontinuità che lo genera all'interno del sottosuolo. Viceversa, l'assenza di picchi di risonanza significativi sulla curva del rapporto spettrale H/V, indica sostanziale omogeneità all'interno del sottosuolo. Tale situazione si verifica o in siti su roccia o in siti in cui la velocità di propagazione delle onde di taglio aumenta gradualmente con la profondità, senza significative variazioni di impedenza all'interno dello stesso.

### **3. Procedimento**

L'indagine è stata condotta tramite sismografo digitale 24 bit con sensori da 4,5 Hz modello Geobox della SARA Electronic Instruments e software di elaborazione GeoExplorer HVSR.

Lo strumento è stato collocato orizzontalmente in bolla orientato a Nord direttamente a contatto con il terreno rimuovendo lo strato superficiale erboso.

Si esegue quindi una registrazione del rumore ambientale lungo le tre direzioni ortogonali fra loro (x,y,z) con stazione singola. Tale registrazione è stata effettuata secondo le indicazioni del progetto SESAME per una durata non inferiore a 20 minuti, nel nostro caso si è scelto di eseguire una registrazione di 30 minuti. Una volta acquisita la registrazione si è proceduto con un'elaborazione al computer svolgendo un'operazione chiamata di windowing, in cui le tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata: secondo le indicazioni del progetto SESAME tale dimensione detta long Period, deve essere almeno pari a 20 secondi. Si sono ottenute così delle finestre "long" che sono sincronizzate fra le tracce. Successivamente è stato eseguito un filtraggio delle finestre per individuare la presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione. Con le finestre rimanenti ritenute valide è stato ricavato lo spettro di Fourier che è stato sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo la tecnica di Konno-Ohmachi. In seguito sono stati calcolati i rapporti spettrali H/V per ogni finestra e attraverso una successiva elaborazione è stata ricavata la curva H/V media in cui la frequenza di picco se presente, rappresenta la stima della frequenza naturale o fondamentale  $F_0$  di vibrazione del sito (frequenza di risonanza). Tale valore assume notevole importanza in campo ingegneristico in quanto in caso di terremoto si potrebbe generare il fenomeno della doppia risonanza che causerebbe il crollo degli edifici quando la frequenza fondamentale  $F_0$  del sottosuolo coincide con quella dell'edificio.

Dopo aver calcolato la curva H/V media occorre eseguire le verifiche di attendibilità del risultato in termini di affidabilità e di chiarezza del picco massimo di frequenza e della curva: tali

criteri vengono riportati nel progetto SESAME che ritiene affidabile una curva che soddisfi tutti e tre i criteri di affidabilità (criteria for reliable H/V curve) e di ammettere come chiaro un picco che soddisfi almeno 5 su 6 dei criteri di chiarezza (criteria for a clear H/V peak).

Infine si è proceduto all'elaborazione della curva H/V sperimentale e alla realizzazione di una modellazione sismica del sottosuolo in cui vengono identificati dei sismostrati con specifico valore di  $V_s$  e densità. I valori di  $V_s$  (velocità onde di taglio) sono stati estrapolati da indagini geofisiche di tipo Masw eseguite in area limitrofe su terreni simili o da bibliografia e come supporto all'interpretazione sono state utilizzate anche le prove penetrometriche statiche eseguite. Da questa elaborazione è stato possibile ricavare l'andamento delle velocità  $V_s$  in profondità ed estrapolare una stima della categoria di sottosuolo tenendo conto che, tale valore non va assunto come dato certo ma considerando un certo margine di errore. L'analisi ha consentito estrapolare un profilo di velocità delle onde sismiche di taglio con presenza di bedrock sismico alla profondità di 10,90 m dal piano di campagna e depositi superficiali caratterizzati da  $V_s$  equivalente (entro i primi 10,90 m) pari a 379 m/s. Nel nostro caso quindi la categoria di sottosuolo definita dalle Norme Tecniche per le costruzioni approvate con D.M. del 17/01/2018 corrisponde alla categoria B (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

Di seguito si riporta il report di registrazione e la modellazione elaborata.

## STATION INFORMATION

*Station code:* -

*Model:* SARA GEOBOX

*Sensor:* SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* SP 70 p.k.1+300 - giardino erbe officinali

*Address:* Comune di Casola Valsenio

*Latitude:* -

*Longitude:* -

*Coordinate system:* -

*Elevation:* 270 m s.l.m.

*Weather:* -

*Notes:* -

## PHOTOGRAPHIC REFERENCES



### SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

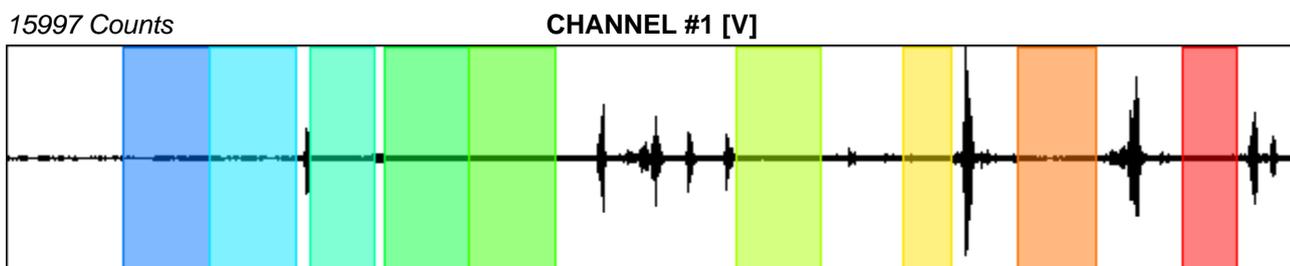
Recording start time: 2023/08/01 10:04:57

Recording length: 30 min

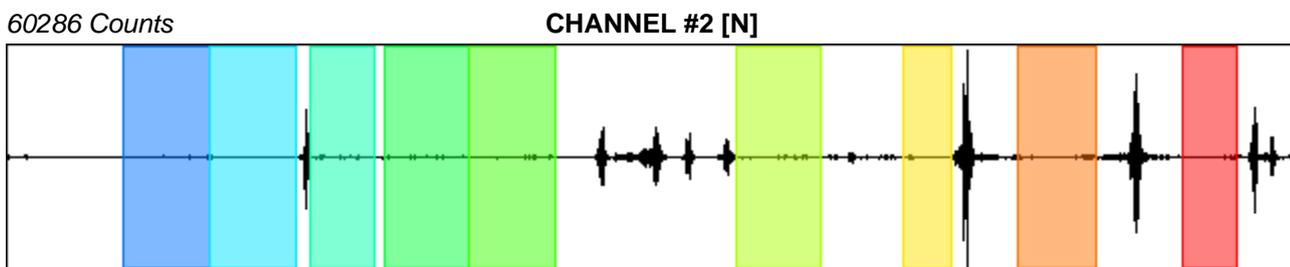
Windows count: 9

Average windows length: 104.48

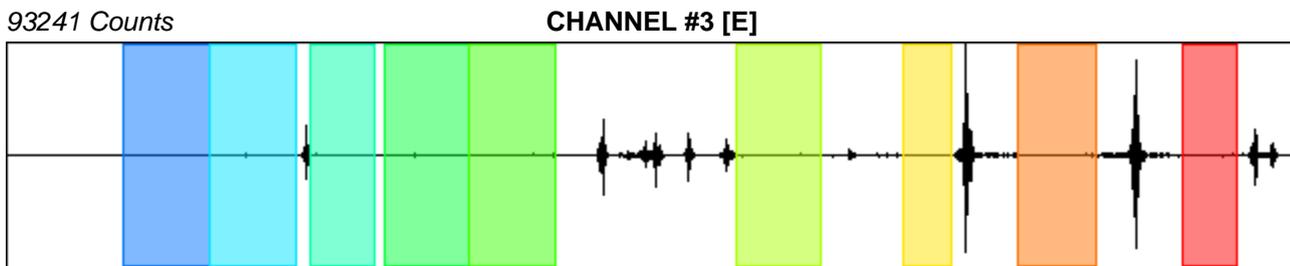
Signal coverage: 52.24%



-13899 Counts



-62625 Counts



-82286 Counts

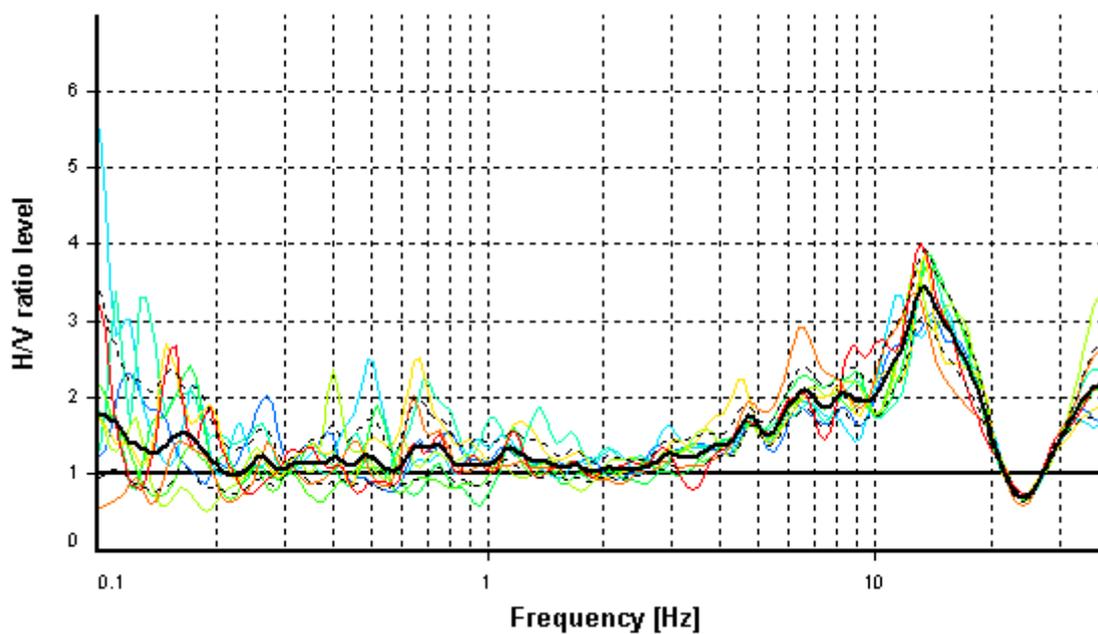
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

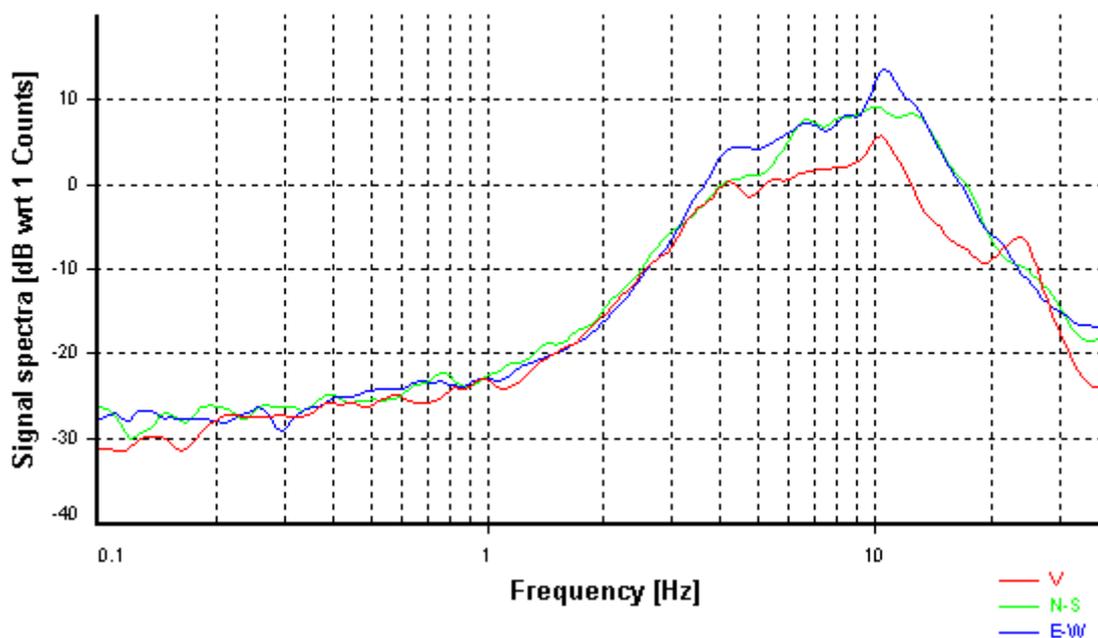
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

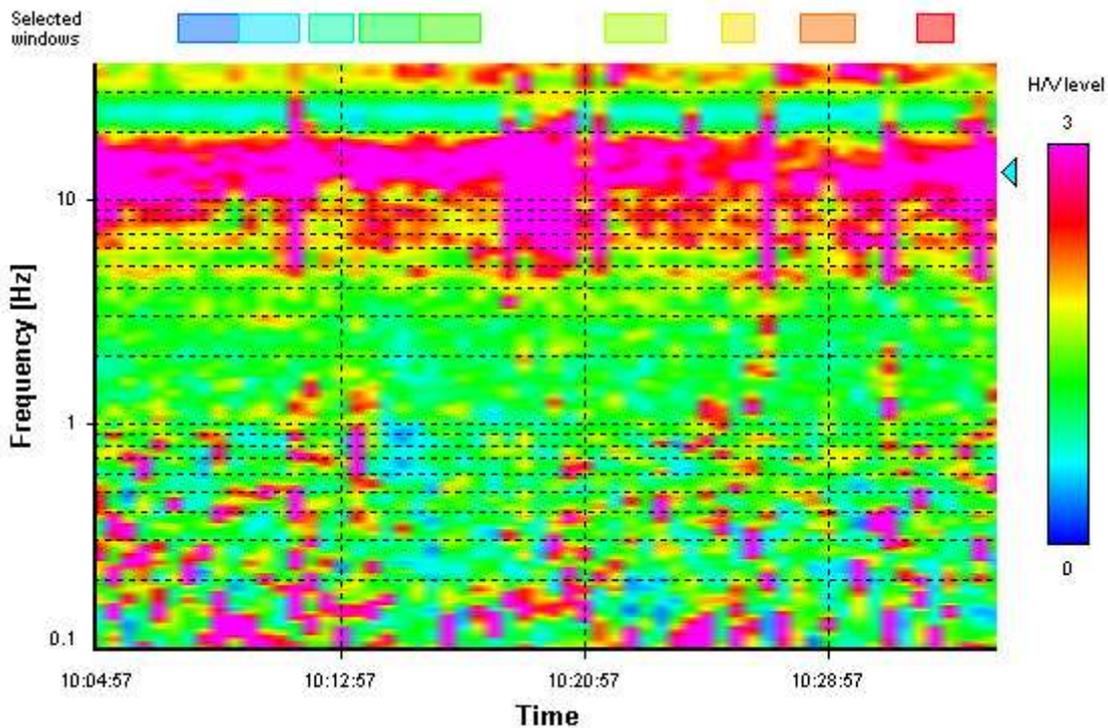
### HVSR average



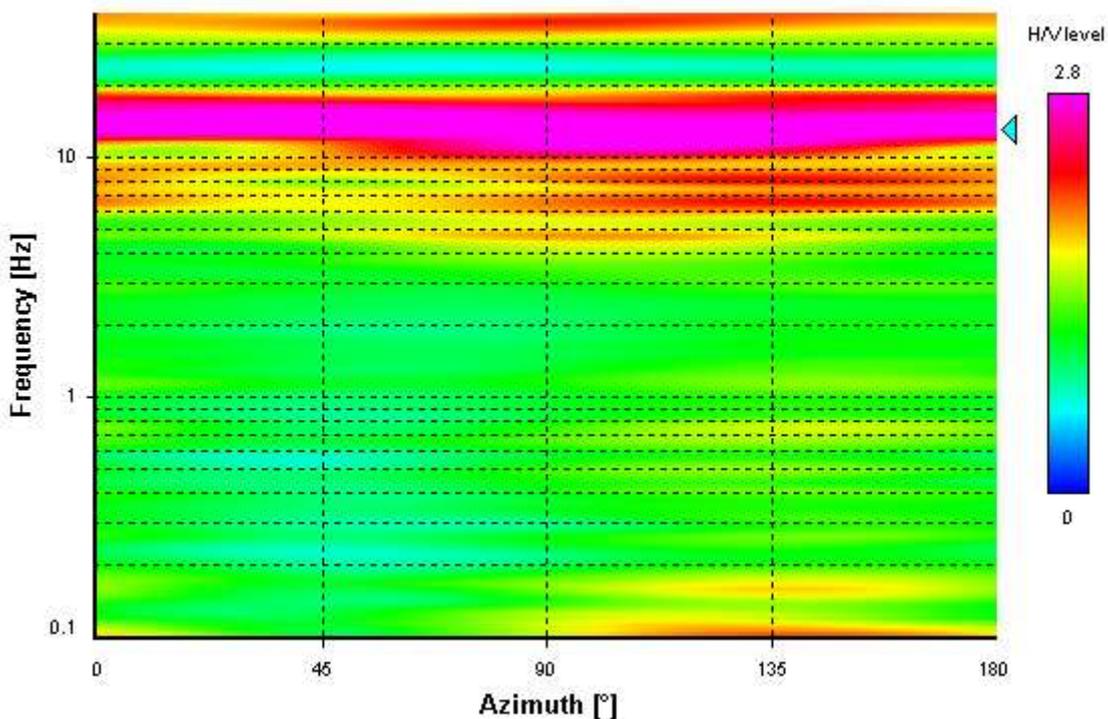
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



### HVSR directional analysis



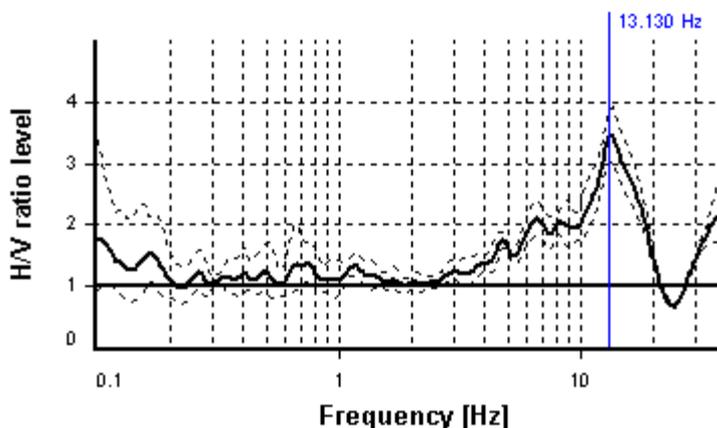
### SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

13.130 Hz

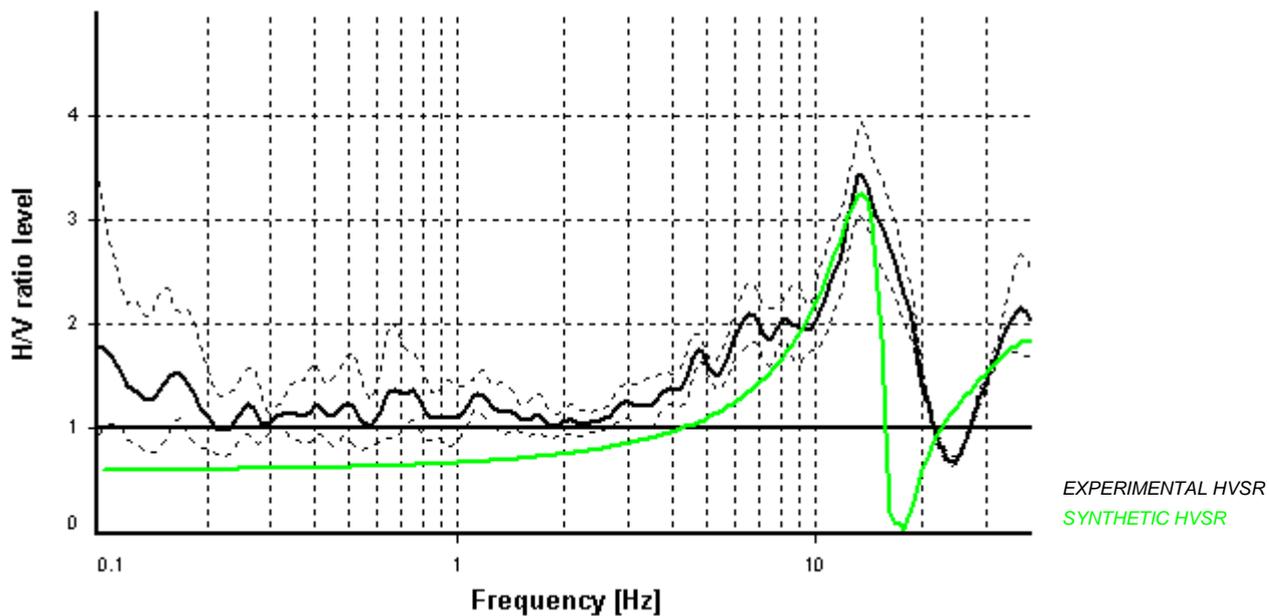
**$A_0$  amplitude = 3.427**

**Average  $f_0 = 13.193 \pm 0.733$**

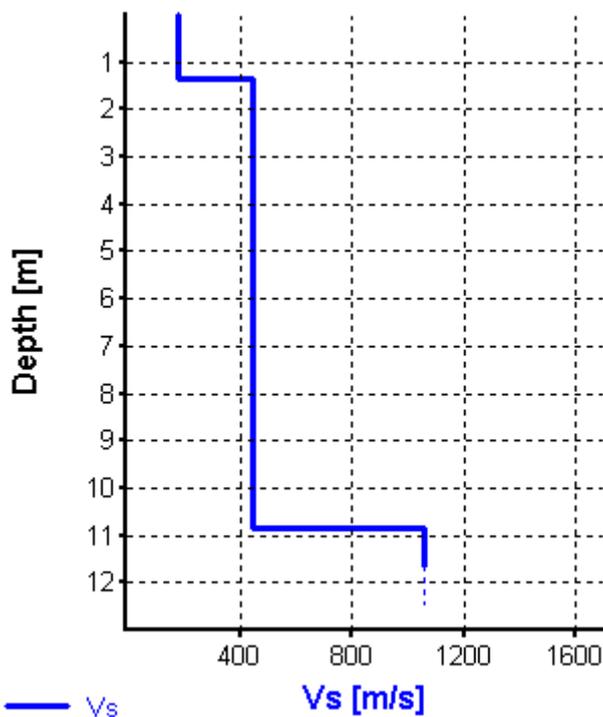


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	9 valid windows (length > 0.76 s) out of 9	OK
$n_c(f_0) > 200$	12345.87 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 47	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	5.6512 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	19.41975 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.43 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.06% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.73301 >= 0.65649	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.12889 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

### Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1.35	1.35	612	180	1700
9.5	10.85	1470	450	1900
-	> 10.85	2939	1060	2000



**$V_{s_{eq}} 10.9 = 379 \text{ m/s (Offset = 0 m)}$**

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

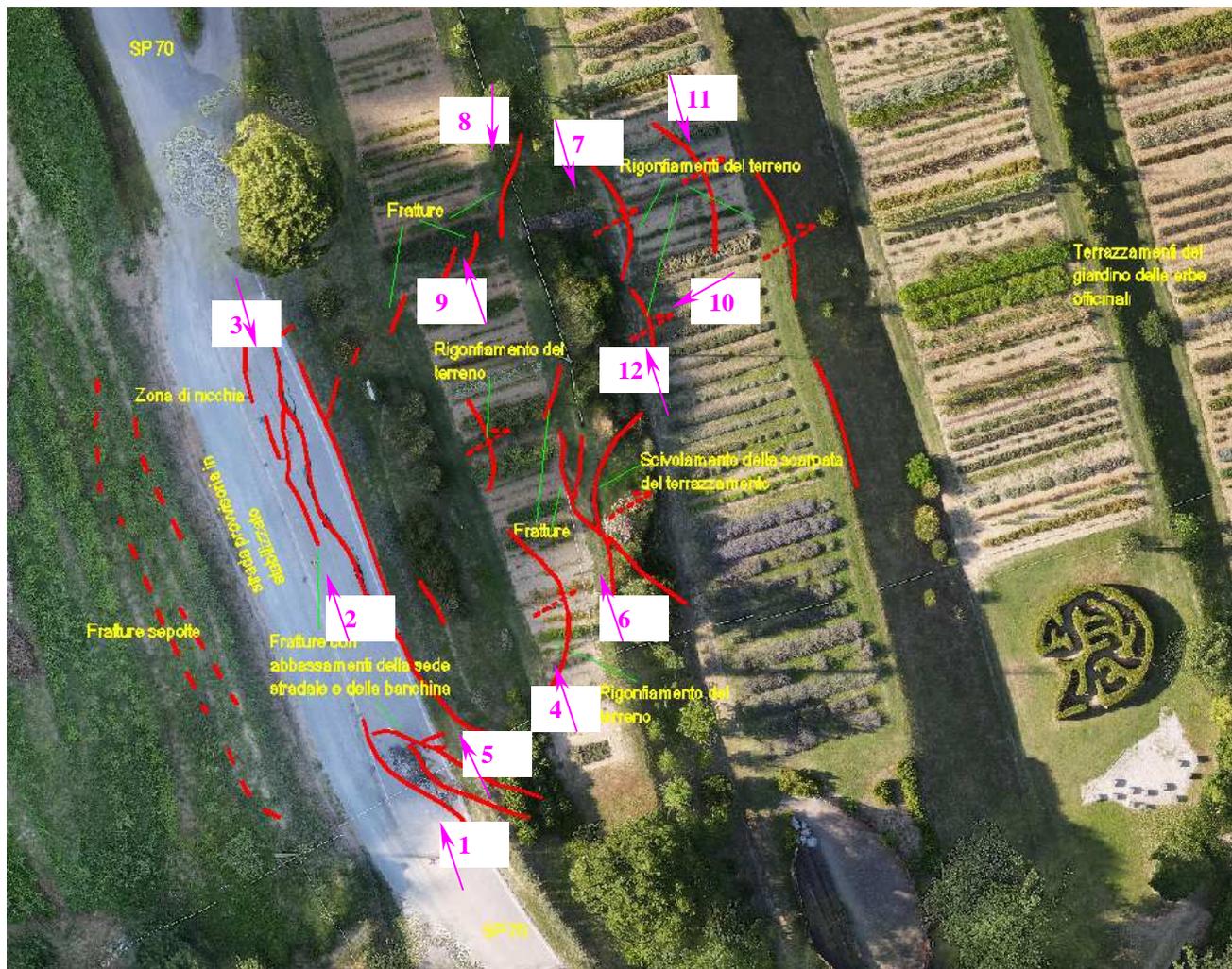




FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3

FOTO 4  
(rigonfiamenti del terreno)



FOTO 5



FOTO 6



FOTO 7  
(rigonfiamenti del terreno)

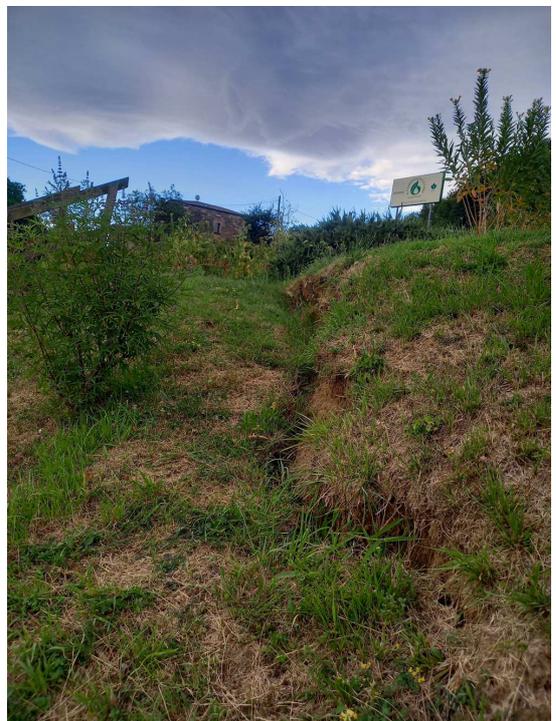


FOTO 8



FOTO 9 (fratture)

FOTO 10  
(rigonfiamenti del terreno)



FOTO 11  
(rigonfiamenti del terreno)



FOTO 12  
(rigonfiamenti del terreno)