

# RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

## PROGETTO DI IMPIANTO AGRIVOLTAICO NEL COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO (AR)

Pistoia, 16 dicembre 2025

Dott. Geol. Gaddo Mannori



**Mannori & Associati Geologia Tecnica**  
Largo San Biagio, 149 - 51100 Pistoia  
Tel. 0573368448 – E-mail: [mannori@mannorieassociati.it](mailto:mannori@mannorieassociati.it)

## INDICE

1 – PREMESSA.....	3
2 – CARATTERISTICHE DEI LUOGHI.....	3
2.1 – Morfologia e litologia.....	3
2.2 – Idrografia ed idrogeologia.....	4
3 – SITUAZIONE VINCOLISTICA COMUNALE E SOVRACOMUNALE.....	4
4 – INDAGINI DI SOTTOSUOLO.....	6
4.1 – Prove penetrometriche statiche CPT.....	7
4.2 – Prove di laboratorio geotecnico.....	8
4.3 – Indagine sismica ESAC/MASW e misura HVSR.....	9
4.3.1 – Metodologia.....	9
4.3.2 – Strumentazione utilizzata.....	11
4.3.3 – Prospezioni eseguite.....	12
4.3.4 – Analisi dei risultati.....	13
5 – MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO.....	14
6 – CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E TOPOGRAFICA.....	15
6.1 – Categoria di sottosuolo.....	15
6.2 – Categoria topografica.....	16

## **1 – PREMESSA**

Nella presente relazione sono riportati i risultati di un'indagine geologico tecnica e sismica eseguita nell'ambito del progetto di un impianto agrivoltaico nella parte meridionale del territorio comunale di Castiglion Fiorentino (AR).

L'ubicazione dell'area d'intervento è riportata a diverse scale nelle Figure 1 e 2.

Il progetto prevede la realizzazione di pannelli fotovoltaici che poggiano su strutture metalliche infisse nel suolo; è prevista inoltre la realizzazione di due strutture leggere relative alle cabine elettriche. Il tracciato di collegamento alla rete esistente sarà realizzato interrato lungo la viabilità, anch'essa esistente.

Lo scopo dell'indagine è stato quello di verificare le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e geomorfologiche dell'area, nonché di acquisire gli elementi necessari per la caratterizzazione geomeccanica del sottosuolo. Le due cabine elettriche in progetto non superano il volume di 150 mc e l'intervento ricade pertanto in Classe di Indagine 1 ai sensi del D.P.G.R. 1/R/22.

La parametrizzazione geotecnica è stata ricavata mediante l'esecuzione delle seguenti indagini:

- n. 4 prove penetrometriche statiche spinte fino a 10 m di profondità;
- prelievo di n. 2 campioni di terreno indisturbato su cui sono state eseguite le prove di laboratorio geotecnico di analisi granulometrica, prova di compressione a espansione laterale libera e prova di taglio diretto.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici sono state eseguite un'indagine sismica ESAC/MASW ed una misura di rumore ambientale a stazione singola HVSR.

## **2 – CARATTERISTICHE DEI LUOGHI**

### **2.1 – Morfologia e litologia**

L'area per l'installazione dell'impianto fotovoltaico in progetto è posta nella parte meridionale del territorio comunale di Castiglion Fiorentino, ad est dell'abitato di

Castroncello. Il lotto è posto alla quota media di 245 m s.l.m., è attualmente utilizzato per attività agricola e presenta una debole pendenza verso est.

Come risulta dall'estratto della carta geologica allegata al PSI (Figura 3), il terreno è costituito da depositi alluvionali rappresentati principalmente da limi e argille; si osserva tuttavia che in occasione dei sopralluoghi, in corrispondenza della porzione ovest del lotto di intervento, è stata rilevata la presenza di ciottoli e ghiaie in affioramento. Si tratta di una modesta estensione, dell'ordine di 100 – 200 mq, in cui i ciottolami risultano ben evidenti durante le fasi immediatamente successive alla lavorazione del terreno.

## **2.2 – Idrografia ed idrogeologia**

Le acque meteoriche sono raccolte dai fossi campestri, che non saranno modificati dalle opere in progetto, e convogliate ad est verso il Fosso Renello che scorre in direzione nord-sud al limite est del lotto di intervento.

Sul lato nord del lotto è presente un altro corso d'acqua che rientra nel reticolo idrografico normato dalla L.R. 79/12: il progetto ha tenuto conto della fascia di rispetto di 10 m dal ciglio di sponda dei suddetti corsi d'acqua, non prevedendo opere all'interno.

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche è stata rilevata la presenza di acqua di sottosuolo tra 2.0 e 2.7 m di profondità.

## **3 – SITUAZIONE VINCOLISTICA COMUNALE E SOVRACOMUNALE**

Si riporta di seguito l'analisi dei vincoli di carattere geologico, idraulico e sismico che interessano l'area in esame ai sensi delle NTA degli strumenti urbanistici vigenti e della normativa sovracomunale emanata dall'Autorità di Distretto Appennino Settentrionale.

PSI/PO	Pericolosità geologica PSI	G2 – pericolosità geologica media Una piccola parte del lotto a ovest ricade in G3 – Pericolosità geologica elevata
	Pericolosità sismica PSI	Non classificato
	Pericolosità idraulica PSI	P1 – pericolosità per alluvioni rare
	Fattibilità geologica PO	Fattibilità in aree classificate a pericolosità geologica elevata G3
	Fattibilità sismica PO	Non classificato
	Fattibilità idraulica PO	Non classificato
PAI PGRA	PGRA Idraulica	P1 – pericolosità bassa
	PAI Dissesti	Non classificata



#### AREE A PERICOLOSITA' GEOLOGICA

- G.4 - Pericolosità geologica molto elevata  
Aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione ed aree in cui sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo
- G.3 - Pericolosità geologica elevata  
Aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione; aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, ad acclività, a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee e relativi processi di microdinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da fenomeni di soliflusso, fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geomeccaniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori a 15 gradi
- G.2 - Pericolosità geologica media  
Aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti inferiori a 15 gradi

#### Pericolosità geologica – Piano strutturale Intercomunale

Il presente studio risponde alle prescrizioni di fattibilità. L'area risulta praticamente pianeggiante con una debole pendenza verso est; non si rilevano criticità dal punto di vista geologico, sismico o idraulico.

In merito alla porzione del lotto che ricade in area a pericolosità geologica elevata G3 si osserva:

- la pericolosità elevata G3 deriva dalla presenza, come indicato nella carta geomorfologica allegata al PSI, di una zona soggetta a erosione superficiale. Tale

zona, corrisponde con la porzione ovest del lotto di intervento;



Deposito alluvionale      area interessata da erosione superficiale

*Carta geomorfologica – Piano strutturale Intercomunale*

- durante il sopralluogo non sono stati rilevati indizi di erosione superficiale. Come detto infatti, in questa porzione di area, sono è stata rilevata la presenza di ciottoli e ghiaie in affioramento che probabilmente sono stati interpretati da foto aeree come zone in erosione;
- l'area è attualmente coltivata e non presenta indizi di movimenti gravitativi;
- le opere in progetto non altereranno la morfologia dei luoghi, mantenendo l'attuale reticolo idraulico.

#### **4 – INDAGINI DI SOTTOSUOLO**

La parametrizzazione geotecnica è stata ricavata mediante l'esecuzione delle seguenti indagini:

- n. 4 prove penetrometriche statiche spinte fino a 10 m di profondità;
- prelievo di n. 2 campioni di terreno indisturbato su cui sono state eseguite le prove di laboratorio geotecnico di analisi granulometrica, prova di compressione a espansione laterale libera e prova di taglio diretto.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici sono state eseguite un'indagine sismica ESAC/MASW ed una misura di rumore ambientale a stazione singola HVSR.

L'ubicazione delle indagini è riportata in Figura 4; i risultati delle indagini sono

riportati in Appendice.

#### 4.1 – Prove penetrometriche statiche CPT

La prova penetrometrica statica (CPT) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica infissa nel terreno ad una velocità costante di 2 cm/sec mediante una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta stessa.

Agendo separatamente sulla punta, sulla punta più il manicotto e sull'insieme di aste, è possibile misurare, ogni 20 cm di approfondimento, la resistenza sia all'avanzamento della sola punta ( $Q_c$  o  $R_p$  a seconda delle denominazioni) che all'avanzamento della punta più la resistenza per attrito laterale sul manicotto ( $f_s$  o  $R_l$ ).

Attraverso le correlazioni empiriche proposte dai vari ricercatori, per mezzo dei valori di  $Q_c$  e del rapporto  $Q_c/f_s$ , è possibile definire la tipologia dei terreni del sottosuolo e stimare il valore dei principali parametri che caratterizzano i terreni dal punto di vista geotecnico.

Il giorno 8 novembre 2025 sono state realizzate n. 4 prove penetrometriche statiche che hanno raggiunto la profondità di 10 metri. Nel perforo della CPT1 e della CPT3 è stata misurato il livello di falda rispettivamente a 2.06 m e 2.72 m di profondità.

I grafici delle prove e le relative tabelle numeriche sono riportati in Appendice.

Si riporta di seguito una sintesi dei risultati ottenuti:

##### CPT1

- 0.0 – 8.4 m: limi e argille sabbiosi ( $Q_c=13$  kg/cmq);
- 8.4 – 10.0 m: sabbie limose con ghiaia ( $Q_c=58$  kg/cmq).

##### CPT2

- 0.0 – 8.4 m: limi e argille sabbiosi ( $Q_c=14$  kg/cmq);
- 8.4 – 10.0 m: sabbie limose con ghiaia ( $Q_c=27$  kg/cmq).

##### CPT3

- 0.0 – 5.4 m: limi e argille sabbiosi ( $Q_c=23$  kg/cmq);
- 5.4 – 10.0 m: sabbie limose con ghiaia ( $Q_c=71$  kg/cmq).

### CPT4

- 0.0 – 6.2 m: limi e argille sabbiosi ( $Q_c=12$  kg/cmq);
- 6.2 – 8.4 m: sabbie limose con ghiaia ( $Q_c=28$  kg/cmq).
- 8.4 – 10.0 m: limi e argille sabbiosi ( $Q_c=18$  kg/cmq).

### 4.2 – Prove di laboratorio geotecnico

Nel lotto in esame sono stati prelevati n.2 campioni di terreno indisturbato in fustella *Shelby* alla profondità di 1 m, sui quali sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- contenuto d'acqua;
- peso di volume;
- analisi granulometrica;
- prova di compressione a espansione laterale libera;
- prova di taglio diretto.

Di seguito sono riportati i risultati delle analisi, il dettaglio di ciascuna prova è riportata in Appendice:

SONDAGGIO:		CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.00
<u>CARATTERISTICHE FISICHE</u>		<u>ANALISI GRANULOMETRICA</u>	<u>COMPRESSIONE</u>
Umidità naturale	30,1 %	Ghiaia	$\sigma$ 144 kPa
Peso di volume	16,8 kN/m <sup>3</sup>	Sabbia	$c_u$ 72 kPa
Peso di volume secco	12,9 kN/m <sup>3</sup>	Limo	$\sigma_{Rim}$ kPa
Peso di volume saturo	17,9 kN/m <sup>3</sup>	Argilla	$c_u$ Rim kPa
Peso specifico	26,4 kN/m <sup>3</sup>	D 10	
Indice dei vuoti	1,045	D 50	
Porosità	51,1 %	D 60	
Grado di saturazione	77,6 %	D 90	
Limite di liquidità	%	Passante set. 10	100,0 %
Limite di plasticità	%	Passante set. 42	100,0 %
Indice di plasticità	%	Passante set. 200	97,7 %
Indice di consistenza	%		
			<u>TAGLIO DIRETTO</u>
			Prova consolidata-lenta
			$c'$ 18,8 kPa
			$\phi'$ 23,6 °

SONDAGGIO:		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 1.00	
<b>CARATTERISTICHE FISICHE</b>		<b>ANALISI GRANULOMETRICA</b>		<b>COMPRESSIONE</b>	
Umidità naturale	17,8 %	Ghiaia	2,0 %	$\sigma$	90 kPa
Peso di volume	19,6 kN/m <sup>3</sup>	Sabbia	33,6 %	$c_u$	45 kPa
Peso di volume secco	16,7 kN/m <sup>3</sup>	Limo	52,3 %	$\sigma_{Rim}$	kPa
Peso di volume saturo	20,3 kN/m <sup>3</sup>	Argilla	12,1 %	$c_u$ Rim	kPa
Peso specifico	26,4 kN/m <sup>3</sup>	D 10	0,001229 mm	<b>TAGLIO DIRETTO</b>	
Indice dei vuoti	0,586	D 50	0,038964 mm	Prova consolidata-lenta	
Porosità	37,0 %	D 60	0,052544 mm	$c'$	15,8 kPa
Grado di saturazione	81,7 %	D 90	0,311246 mm	$\phi'$	28,3 °
Limite di liquidità	%	Passante set. 10	98,0 %		
Limite di plasticità	%	Passante set. 42	92,5 %		
Indice di plasticità	%	Passante set. 200	71,9 %		
Indice di consistenza	%				

### 4.3 – Indagine sismica ESAC/MASW e misura HVSR

#### 4.3.1 – Metodologia

##### Indagine ESAC/MASW

Per quanto riguarda l'analisi delle onde superficiali, il metodo si basa sul fatto che si tratta di onde dispersive e che quindi la loro velocità dipende, oltre che dalle caratteristiche fisiche del terreno, anche dalla loro frequenza. Inoltre, per un intervallo piuttosto ampio del valore del rapporto di Poisson, la velocità delle onde di Rayleigh si avvicina molto a quella delle onde di taglio (onde S), cosa che le rende particolarmente utili per la determinazione della categoria del suolo di fondazione.

I metodi di utilizzo delle MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) sono di tipo *attivo* e *passivo*; nel primo caso il concetto è quello di energizzare verticalmente il terreno con i metodi tradizionali e procedere ad un'analisi del segnale non più nel campo del tempo, come si fa abitualmente con la sismica a rifrazione, ma nel dominio della frequenza. Nel caso invece del metodo passivo, denominato anche NASW, MAM o ReMI a seconda degli autori, l'analisi delle frequenze viene condotta su registrazioni (che in questo caso devono essere prolungate per un tempo sufficientemente lungo) delle "naturali" vibrazioni di fondo del terreno. Una particolare configurazione per l'esecuzione del profilo sismico di tipo passivo è costituita dall'indagine ESAC

(*Extended Spatial Autocorrelation Method*), che prevede un array bidimensionale, nel nostro caso a forma di “L”, che permette di ovviare ai problemi legati alle velocità apparenti derivanti dall’utilizzo di un array unidirezionale (ReMI).

I principali vantaggi pratici nell’utilizzo di queste tecniche sono evidentemente nella semplicità di acquisizione rispetto alla sismica a rifrazione; le onde di taglio infatti non sempre possono essere rilevate in modo soddisfacente sia per il basso rapporto segnale/rumore, sia per la mancanza degli spazi necessari per effettuare profili di lunghezza adeguata. Il metodo passivo risulta inoltre particolarmente indicato in situazioni di elevato rumore di fondo caratteristico delle aree urbane.

Gli svantaggi consistono in un minor dettaglio nella ricostruzione stratigrafica rispetto alla rifrazione, specialmente nei primi 5-10 metri a partire dal piano di campagna. Per questo motivo generalmente a questa indagine viene sempre associato un profilo MASW attivo, particolarmente indicato per la discriminazione delle onde superficiali nei primi metri di terreno. L’interpretazione congiunta delle indagini passive (ESAC o ReMI) e attive (MASW), consente una buona ricostruzione sismostratigrafica che tiene conto dei punti di forza di entrambe le metodologie.

La bibliografia abbonda di documenti che discutono il grado di dettaglio delle ricostruzioni stratigrafiche ottenute con questi metodi. Un dato comunque su cui c’è univoca concordanza è il buon grado di affidabilità nella determinazione delle Vs medie entro lo spessore indagato. In altre parole, indipendentemente dalla situazione stratigrafica, il valore medio delle onde superficiali, e quindi di quelle di taglio, all’interno del volume di sottosuolo indagato è da ritenersi valido; questo valore infatti è il primo risultato prodotto dal metodo, dal quale, attraverso procedure iterative a partire da un modello imposto dall’operatore o dal software in modo semi-automatico, viene successivamente estratto il profilo stratigrafico.

Alla luce di questa interpretazione, il metodo risulta elettivo nella determinazione delle Vs30 nel caso, naturalmente, in cui si raggiungano profondità significative.

### Misura di rumore ambientale a stazione singola (HVSR)

L'indagine rappresenta una tecnica di sismica passiva basata sull'analisi del campo delle vibrazioni ambientali, costituite da movimenti del terreno caratterizzati da ampiezze molto piccole. La misura è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche del sottosuolo: la struttura del segnale registrato in superficie è infatti funzione delle peculiarità dei terreni che le onde hanno attraversato; in particolare si ottiene un'indicazione sulla possibilità che in un sito si sviluppino amplificazioni del moto delle onde sismiche, per motivi stratigrafici, in occasione di eventi sismici.

Le misure sono realizzate tramite un sismometro tricomponente (a stazione singola) sensibile per un intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (almeno tra 0,1 Hz e 20 Hz) nelle due direzioni orizzontali (N – S, E – W) e nella direzione verticale. L'elaborazione dei dati permette una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale tra la media delle due componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) in funzione della frequenza di vibrazione: per questo motivo la prova è denominata con l'acronimo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). Il rapporto H/V consente di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica dovuti a situazioni sismostratigrafiche caratterizzate da contrasti di impedenza e consente di stimare le frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato.

Nei casi in cui il sottosuolo è costituito da strati di coperture soffici al di sopra di un basamento rigido la tecnica permette inoltre di stabilire una relazione tra lo spessore ( $h$ ) delle coperture, la loro velocità media delle onde S ( $V_s$ ) e la frequenza di risonanza fondamentale ( $\nu$ ), ricavata dai rapporti di ampiezza spettrale, secondo la formula:

$$\nu = V_s / (4 h)$$

#### *4.3.2 – Strumentazione utilizzata*

##### Indagine ESAC/MASW

Il lavoro è stato eseguito con un sismografo GEODE della Geometrics che ha le seguenti caratteristiche: 24 canali di acquisizione; 24 bit di risoluzione di acquisizione;

1.75 – 20000 Hz di larghezza della banda di ingresso; 0.02 – 16 ms di intervallo di campionamento; 144 dB di range dinamico di sistema; 16.000 campioni per traccia.

Per la ricezione delle onde superficiali sono stati utilizzati n. 21 geofoni verticali con frequenza naturale di 4.5 Hz.

Come sorgente di energia, per il metodo MASW, è stata utilizzata una mazza da 9 Kg battente su una piastra di “AluFer”.

Per l’elaborazione dei dati rilevati in campagna è stato utilizzato il programma *SeisImager* con i moduli per l’interpretazione delle onde superficiali.

#### Misura di rumore ambientale a stazione singola

È stato utilizzato il sismografo tricomponente TROMINO ZERO 3G con frequenza di campionamento di 128 Hz, durata di acquisizione di 30 minuti e registrazione nell’intervallo di frequenze compreso tra 0 Hz e 64 Hz.

Per l’interpretazione della registrazione effettuata è stato utilizzato il programma “Grilla”.

#### 4.3.3 – Prospezioni eseguite

Il giorno 17 novembre 2025 è stato realizzato un profilo ESAC utilizzando n. 21 geofoni da 4.5 Hz, con distanza intergeofonica di 5 m, disposti su di un array a forma di “L”, con bracci di 50 m di lunghezza.

Successivamente, su uno dei due bracci della “L”, è stato eseguito un profilo MASW attivo utilizzando 12 geofoni intervallati ogni 5 m, disposti secondo un array lineare di lunghezza pari a 55 m; sono state eseguite energizzazioni a 5 m e 10 m dal geofono estremo n. 12.

Nella tabella che segue sono riassunte le principali caratteristiche geometriche del profilo.

<b>Metodo passivo (ESAC)</b>	
Tempo di acquisizione	30 s
Intervallo di campionamento	2 ms
Numero di acquisizioni	30
Distanza intergeofonica	5.0 m
Lunghezza bracci (disposti ad “L”)	50 m

<b>Metodo attivo (MASW)</b>	
Tempo di acquisizione	4 s
Intervallo di campionamento	0.250 ms
Numero di acquisizioni	2
Lunghezza profilo	55 m
Ubicazione scoppi	60 m e 65 m

Nelle vicinanze del profilo è stata eseguita una misura di rumore ambientale (HVSR) con i seguenti parametri:

	<b>HVSR</b>
Tempo di acquisizione	30 min
Frequenza di campionamento	128 Hz
Intervallo di frequenze	0 – 64 Hz

#### 4.3.4 – Analisi dei risultati

##### Indagine ESAC/MASW

Le tracce registrate lungo il profilo ESAC sono state interpretate congiuntamente con la migliore delle registrazioni attive (MASW, corrispondente allo scoppio eseguito a 5 m dal geofono n. 12, ovvero 60 m del profilo), al fine di ottenere una migliore ricostruzione sismostratigrafica che tenga conto dei punti di forza di entrambe le metodologie.

Le tracce presentano una buona qualità dei dati: l'analisi ha fornito uno spettro di potenza (grafico velocità di fase / frequenza) interpretabile tra circa 2 Hz e 16 Hz.

L'analisi ha permesso di raggiungere una profondità di indagine di circa 50 m ed indica un generale aumento delle velocità delle onde sismiche nel sottosuolo con la profondità; risulta un valore di  $V_{S30}$  pari a 280 m/sec.

In Appendice sono riportati i grafici relativi all'interpretazione.

#### Misura di rumore ambientale a stazione singola

Dall'interpretazione della misura di rumore ambientale risulta un picco del rapporto spettrale H/V a 0.38 Hz ( $\pm 0.04$  Hz): la qualità dei dati risulta molto buona infatti nel grafico che rappresenta l'andamento degli spettri si nota una forma ad "occhio" tra le componenti orizzontali e quella verticale in corrispondenza della frequenza di picco e la direzionalità del fenomeno di risonanza risulta perfettamente omogenea rispetto all'azimut. Il picco è caratterizzato da una ampiezza di 6.35 che testimonia un elevato contrasto di impedenza tra le velocità delle onde nel sottosuolo nei diversi sismostrati.

Il picco del contrasto di impedenza registrato corrisponde a profondità molto elevate (questa è infatti inversamente proporzionale alla frequenza di picco), superiore ai 100 metri, indicando quindi che non sono presenti elevati contrasti di impedenza entro i 30 m di profondità.

Il report ed i grafici relativi all'analisi sono riportati in Appendice.

## **5 – MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO**

Sulla base delle indagini descritte al capitolo precedente, è stato ricostruito il seguente modello geologico del sottosuolo, come riportato nelle sezioni di Figura 5 (la cui ubicazione è riportata in Figura 4):

- **Livello A**, 0.0 m – 5.4 /8.4 m e, solo nella porzione sud est, 8.4/10.0 m: limi e argille sabbiosi;
- **Livello B**, 5.4/8.4 m –10.0 m e, solo nella porzione sud est, 6.2/8.4 m: sabbie limose con ghiaia.

Sulla base delle misure piezometriche eseguite si considera la presenza della falda acquifera a 2 m dal piano campagna.

Le fondazioni delle cabine elettriche poggeranno sul livello A, che nel complesso ha un comportamento di tipo coesivo; il valore della coesione non drenata a breve termine è attribuito tenendo conto sia della prova di compressione a espansione laterale libera, sia attraverso i risultati delle prove penetrometriche statiche con la correlazione numerica  $C_u = Q_c / \beta$ , con  $\beta$  pari a 20.

Per quanto riguarda il Livello B, con comportamento prevalentemente granulare, l'angolo di attrito interno  $\varphi'$  si ricava solitamente attraverso la correlazione tra i risultati delle varie prove eseguite con il numero di colpi della prova SPT; applicando la relazione  $\varphi' = 0.3 \times N_{spt} + 27$  (Japanese National Railway). La coesione efficace sarà pari a 0 kg/cmq. A lungo termine si assegnano i parametri maggiormente cautelativi derivanti dalle prove di taglio eseguite sui campioni di terreno indisturbato.

Nella tabella seguente sono riportati i parametri fisico-meccanici caratteristici dei vari livelli interessati dalle opere in progetto:

Livello	Peso di volume $\gamma$ (t/mc)	Peso di volume saturo $\gamma$ (t/mc)	Breve termine		Lungo termine	
			Angolo di attrito interno $\varphi'$ (°)	Coazione non drenata $C_u$ (kg/cmq)	Angolo di attrito interno $\varphi'$ (°)	Coazione $c'$ (kg/cmq)
A	1.8	2.1	0	0.5	23	0.15
B	1.8	2.1	29	0	29	0

## 6 – CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E TOPOGRAFICA

### 6.1 – Categoria di sottosuolo

Per la determinazione della *Categoria del suolo di fondazione*, ai fini della

definizione dell'azione sismica di progetto, le Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/18 indicano 5 classi definite nella tabella seguente:

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

Sulla base dell'indagine sismica eseguita risulta che:

- la  $V_{s30}$  dei terreni è 280 m/sec;
- il *bedrock* sismico con  $V_s > 800$  m/sec non è presente entro 30 m di profondità.

Si attribuisce all'area oggetto di studio la **Categoria di sottosuolo C**.

## 6.2 – Categoria topografica

La zona di intervento si presenta con una pendenza media inferiore a 15°: si attribuisce pertanto la **Categoria T1**.

Pistoia, 16 dicembre 2025

Dott. Geol. Gaddo Mannori

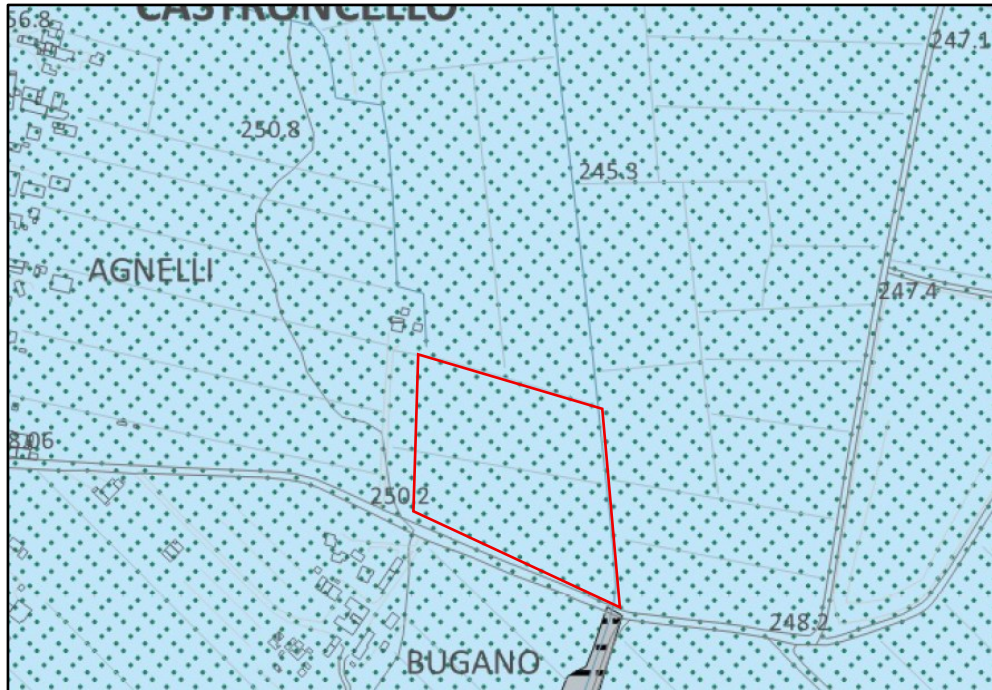


## **APPENDICE**


- Figure del testo
- Prove penetrometriche statiche
- Prove di laboratorio geotecnico
- Indagine sismica ESAC/MASW
- Misura di rumore ambientale a stazione singola HVSR





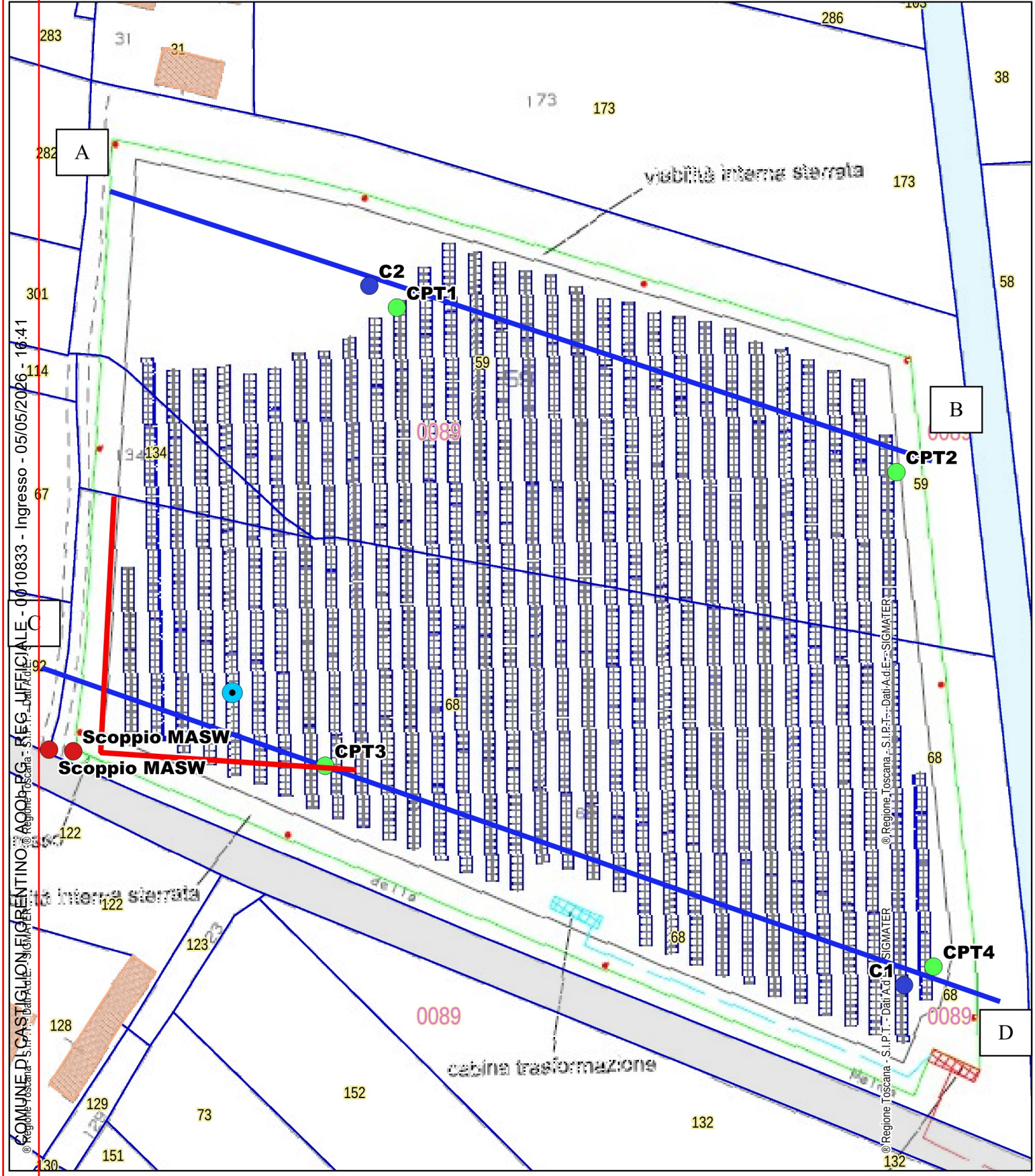


DEPOSITI OLOCENICI

 Deposito alluvionale

**Figura 3**

**Estratto Carta Geologica Piano Strutturale**



**Legenda**

- Campione indisturbato di terreno
- Prova penetrometrica statica CPT
- Scoppio profilo sismico MASW
- Misura di rumore ambientale a stazione singola HVS
- Indagine sismica ESAC/MASW
- Traccia delle sezioni litologiche

**Figura 4**  
**Ubicazione indagini**  
**Scala 1:1.000**

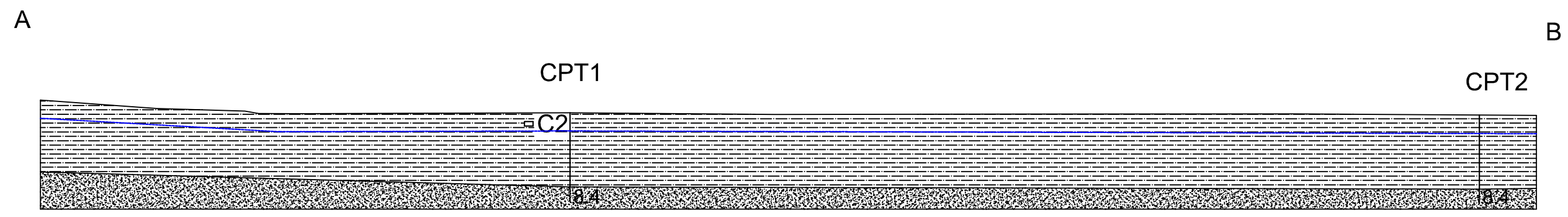



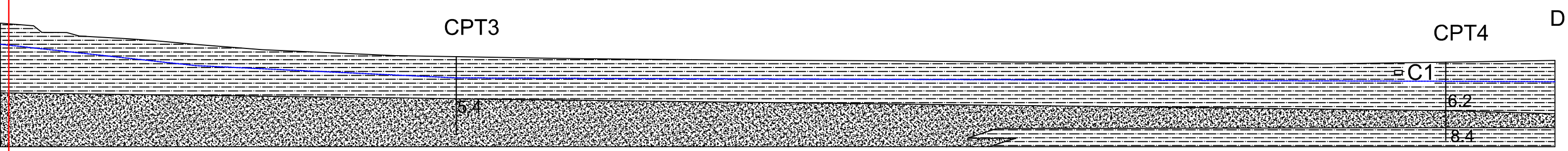


Fig. 5  
Sezioni litologiche  
scala 1:500

-  Livello A: limi e argille sabbiosi
-  Livello B: sabbie limose con ghiaie
-  Livello piezometrico





**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

**CPT**

**1**

Riferimento

**021-2025**

Committente **Renience s.a.p.a.**

Cantiere **Campo fotovoltaico**

Località **Loc. Castroncello - Castiglion Fiorentino (AR)**

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

Data esec. **08/11/2025**

Pagina **1**

Elaborato

Falda **-2,06 m da p.c.**

H	L1	L2	Tot	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Tot	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	-	0,0	0,00	-	-								
0,40	20,0	23,0	-	20,0	0,20	100	1,0								
0,60	9,0	24,0	-	9,0	1,00	9	11,1								
0,80	13,0	23,0	-	13,0	0,67	19	5,2								
<b>1,00</b>	19,0	31,0	-	19,0	0,80	24	4,2								
1,20	12,0	20,0	-	12,0	0,53	23	4,4								
1,40	18,0	20,0	-	18,0	0,13	138	0,7								
1,60	16,0	24,0	-	16,0	0,53	30	3,3								
1,80	6,0	16,0	-	6,0	0,67	9	11,2								
<b>2,00</b>	5,0	10,0	-	5,0	0,33	15	6,6								
2,20	4,0	8,0	-	4,0	0,27	15	6,8								
2,40	4,0	7,0	-	4,0	0,20	20	5,0								
2,60	5,0	7,0	-	5,0	0,13	38	2,6								
2,80	5,0	8,0	-	5,0	0,20	25	4,0								
<b>3,00</b>	7,0	13,0	-	7,0	0,40	18	5,7								
3,20	9,0	14,0	-	9,0	0,33	27	3,7								
3,40	11,0	18,0	-	11,0	0,47	23	4,3								
3,60	14,0	21,0	-	14,0	0,47	30	3,4								
3,80	16,0	23,0	-	16,0	0,47	34	2,9								
<b>4,00</b>	14,0	22,0	-	14,0	0,53	26	3,8								
4,20	11,0	21,0	-	11,0	0,67	16	6,1								
4,40	15,0	22,0	-	15,0	0,47	32	3,1								
4,60	12,0	18,0	-	12,0	0,40	30	3,3								
4,80	9,0	17,0	-	9,0	0,53	17	5,9								
<b>5,00</b>	8,0	15,0	-	8,0	0,47	17	5,9								
5,20	7,0	13,0	-	7,0	0,40	18	5,7								
5,40	9,0	15,0	-	9,0	0,40	23	4,4								
5,60	9,0	15,0	-	9,0	0,40	23	4,4								
5,80	12,0	18,0	-	12,0	0,40	30	3,3								
<b>6,00</b>	11,0	20,0	-	11,0	0,60	18	5,5								
6,20	11,0	21,0	-	11,0	0,67	16	6,1								
6,40	15,0	23,0	-	15,0	0,53	28	3,5								
6,60	18,0	30,0	-	18,0	0,80	23	4,4								
6,80	17,0	33,0	-	17,0	1,07	16	6,3								
<b>7,00</b>	22,0	36,0	-	22,0	0,93	24	4,2								
7,20	23,0	44,0	-	23,0	1,40	16	6,1								
7,40	22,0	36,0	-	22,0	0,93	24	4,2								
7,60	14,0	33,0	-	14,0	1,27	11	9,1								
7,80	11,0	22,0	-	11,0	0,73	15	6,6								
<b>8,00</b>	13,0	28,0	-	13,0	1,00	13	7,7								
8,20	23,0	40,0	-	23,0	1,13	20	4,9								
8,40	33,0	46,0	-	33,0	0,87	38	2,6								
8,60	39,0	66,0	-	39,0	1,80	22	4,6								
8,80	64,0	95,0	-	64,0	2,07	31	3,2								
<b>9,00</b>	73,0	94,0	-	73,0	1,40	52	1,9								
9,20	16,0	61,0	-	16,0	3,00	5	18,8								
9,40	122,0	138,0	-	122,0	1,07	114	0,9								
9,60	70,0	119,0	-	70,0	3,27	21	4,7								
9,80	38,0	90,0	-	38,0	3,47	11	9,1								
<b>10,00</b>	42,0	75,0	-	42,0	2,20	19	5,2								

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta  
fs = resistenza laterale  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

FON172

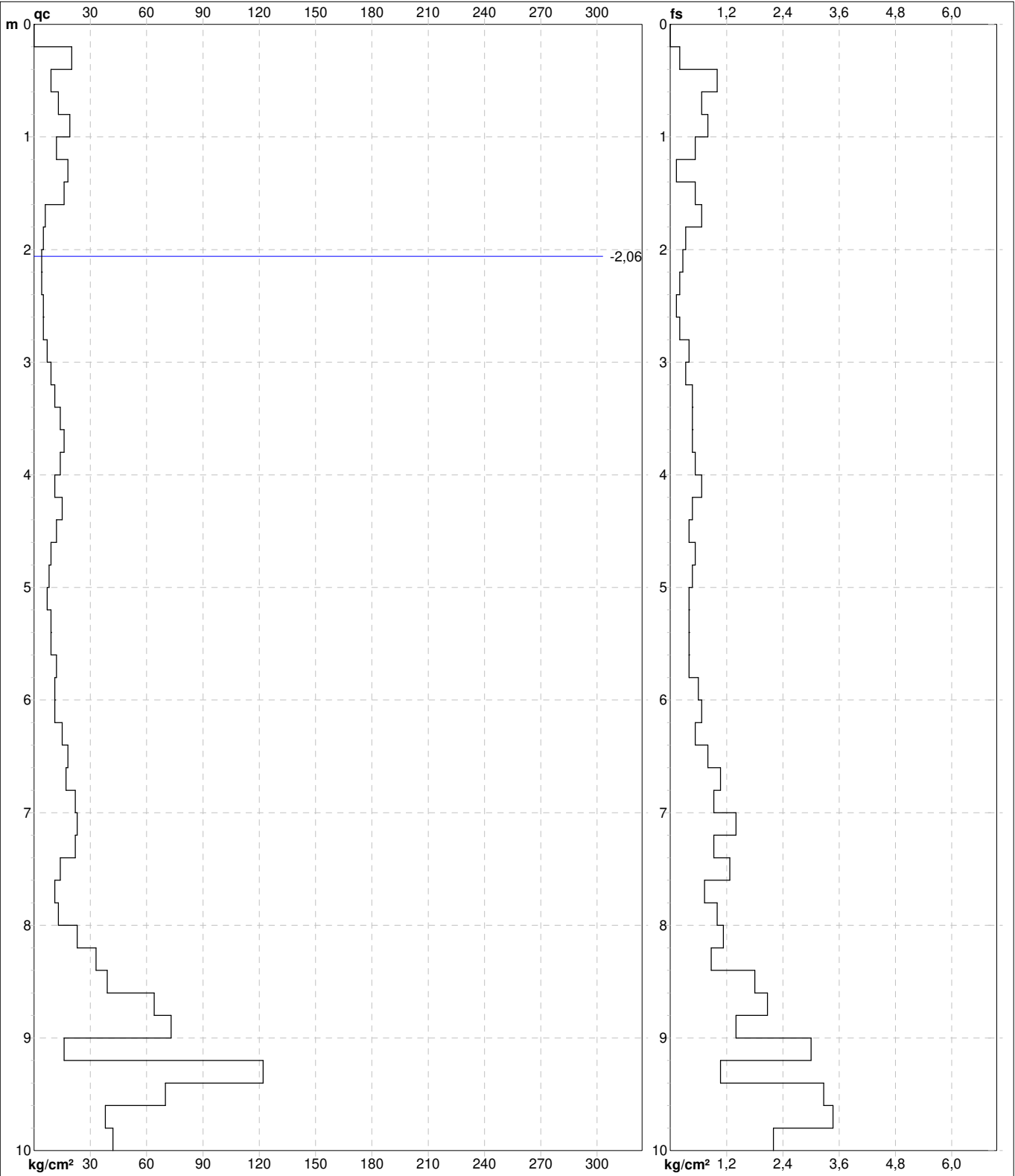


**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>021-2025</b>

Committente <b>Renience s.a.p.a.</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec. <b>08/11/2025</b>
Cantiere <b>Campo fotovoltaico</b>	Scala: <b>1:50</b>	Quota inizio:
Località <b>Loc. Castroncello - Castiglion Fiorentino (AR)</b>	Pagina <b>1</b>	Falda <b>-2,06 m da p.c.</b>
	Elaborato	

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41



	Penetrometro: <b>TG63-200Stat</b>	preforo <b>m</b>
	Responsabile:	Corr.astine: <b>kg/ml</b>
	Assistente:	Cod. tip:

FON172



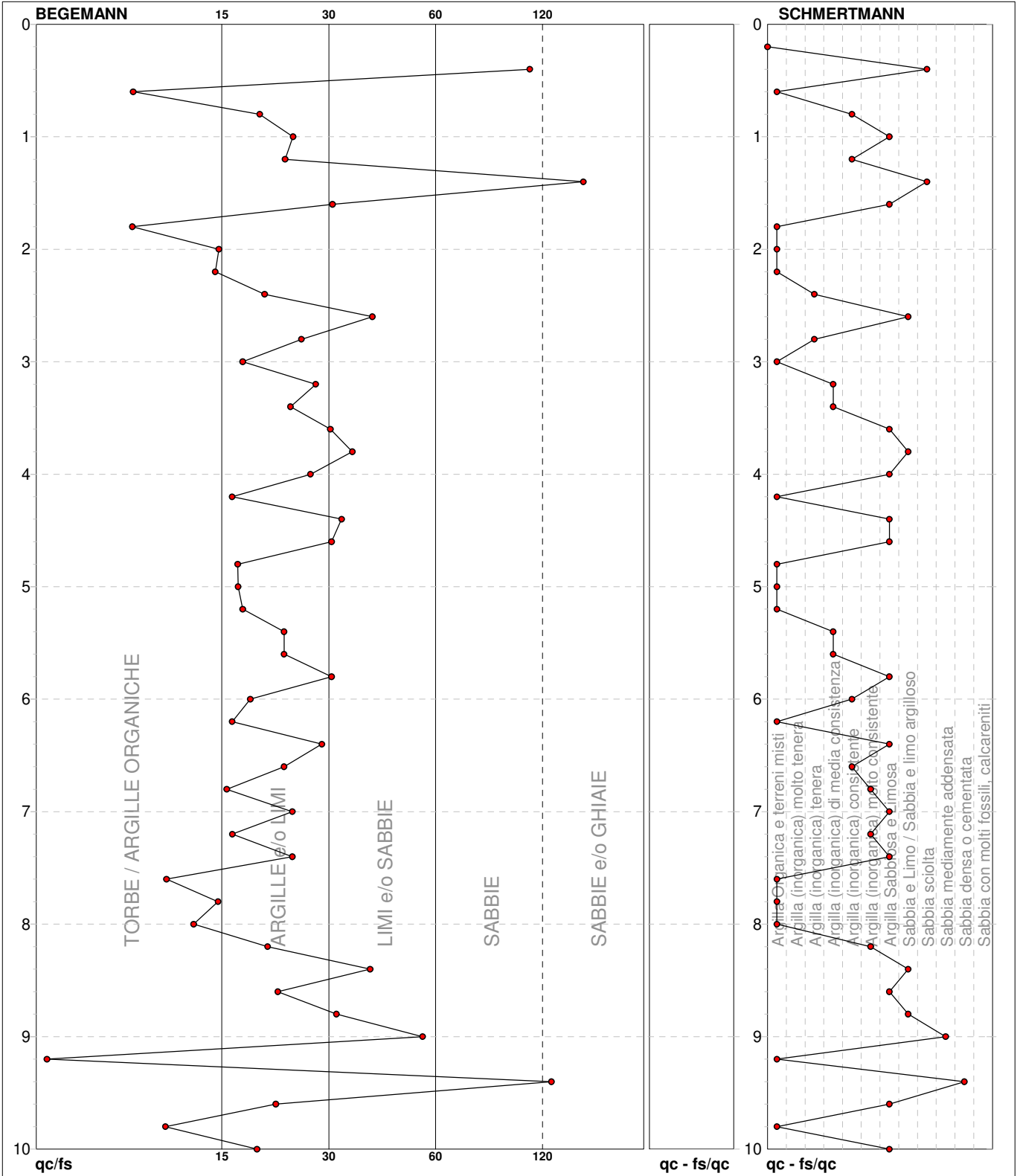
**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>021-2025</b>

Committente **Renience s.a.p.a.**  
Cantiere **Campo fotovoltaico**  
Località **Loc. Castroncello - Castiglion Fiorentino (AR)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg. **08/11/2025**  
Scala: **1:50**  
Pagina **1**  
Elaborato **Falda -2,06 m da p.c.**

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41



● 021-2025 [1] : 10,00 m

FON172





**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>021-2025</b>

Committente	<b>Renience s.a.p.a.</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	08/11/2025
Cantiere	<b>Campo fotovoltaico</b>	Pagina	1	Falda	Foro chiuso
Località	<b>Loc. Castroncello - Castiglion Fiorentino (AR)</b>	Elaborato			

H	L1	L2	Tot	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Tot	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	-	0,0	0,00	-	-								
0,40	55,0	69,0	-	55,0	0,93	59	1,7								
0,60	46,0	79,0	-	46,0	2,20	21	4,8								
0,80	42,0	92,0	-	42,0	3,33	13	7,9								
<b>1,00</b>	30,0	87,0	-	30,0	3,80	8	12,7								
1,20	20,0	66,0	-	20,0	3,07	7	15,4								
1,40	13,0	48,0	-	13,0	2,33	6	17,9								
1,60	10,0	33,0	-	10,0	1,53	7	15,3								
1,80	9,0	26,0	-	9,0	1,13	8	12,6								
<b>2,00</b>	7,0	23,0	-	7,0	1,07	7	15,3								
2,20	5,0	16,0	-	5,0	0,73	7	14,6								
2,40	5,0	16,0	-	5,0	0,73	7	14,6								
2,60	4,0	8,0	-	4,0	0,27	15	6,8								
2,80	4,0	10,0	-	4,0	0,40	10	10,0								
<b>3,00</b>	4,0	8,0	-	4,0	0,27	15	6,8								
3,20	5,0	11,0	-	5,0	0,40	13	8,0								
3,40	8,0	13,0	-	8,0	0,33	24	4,1								
3,60	7,0	15,0	-	7,0	0,53	13	7,6								
3,80	8,0	13,0	-	8,0	0,33	24	4,1								
<b>4,00</b>	9,0	16,0	-	9,0	0,47	19	5,2								
4,20	7,0	14,0	-	7,0	0,47	15	6,7								
4,40	5,0	12,0	-	5,0	0,47	11	9,4								
4,60	5,0	11,0	-	5,0	0,40	13	8,0								
4,80	6,0	11,0	-	6,0	0,33	18	5,5								
<b>5,00</b>	5,0	10,0	-	5,0	0,33	15	6,6								
5,20	9,0	12,0	-	9,0	0,20	45	2,2								
5,40	13,0	17,0	-	13,0	0,27	48	2,1								
5,60	16,0	23,0	-	16,0	0,47	34	2,9								
5,80	15,0	26,0	-	15,0	0,73	21	4,9								
<b>6,00</b>	14,0	25,0	-	14,0	0,73	19	5,2								
6,20	14,0	29,0	-	14,0	1,00	14	7,1								
6,40	19,0	29,0	-	19,0	0,67	28	3,5								
6,60	17,0	31,0	-	17,0	0,93	18	5,5								
6,80	18,0	34,0	-	18,0	1,07	17	5,9								
<b>7,00</b>	19,0	33,0	-	19,0	0,93	20	4,9								
7,20	24,0	38,0	-	24,0	0,93	26	3,9								
7,40	23,0	37,0	-	23,0	0,93	25	4,0								
7,60	17,0	33,0	-	17,0	1,07	16	6,3								
7,80	10,0	24,0	-	10,0	0,93	11	9,3								
<b>8,00</b>	11,0	21,0	-	11,0	0,67	16	6,1								
8,20	13,0	22,0	-	13,0	0,60	22	4,6								
8,40	12,0	24,0	-	12,0	0,80	15	6,7								
8,60	24,0	30,0	-	24,0	0,40	60	1,7								
8,80	26,0	40,0	-	26,0	0,93	28	3,6								
<b>9,00</b>	25,0	43,0	-	25,0	1,20	21	4,8								
9,20	28,0	48,0	-	28,0	1,33	21	4,8								
9,40	25,0	44,0	-	25,0	1,27	20	5,1								
9,60	31,0	49,0	-	31,0	1,20	26	3,9								
9,80	28,0	53,0	-	28,0	1,67	17	6,0								
<b>10,00</b>	27,0	51,0	-	27,0	1,60	17	5,9								

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta  
fs = resistenza laterale  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41

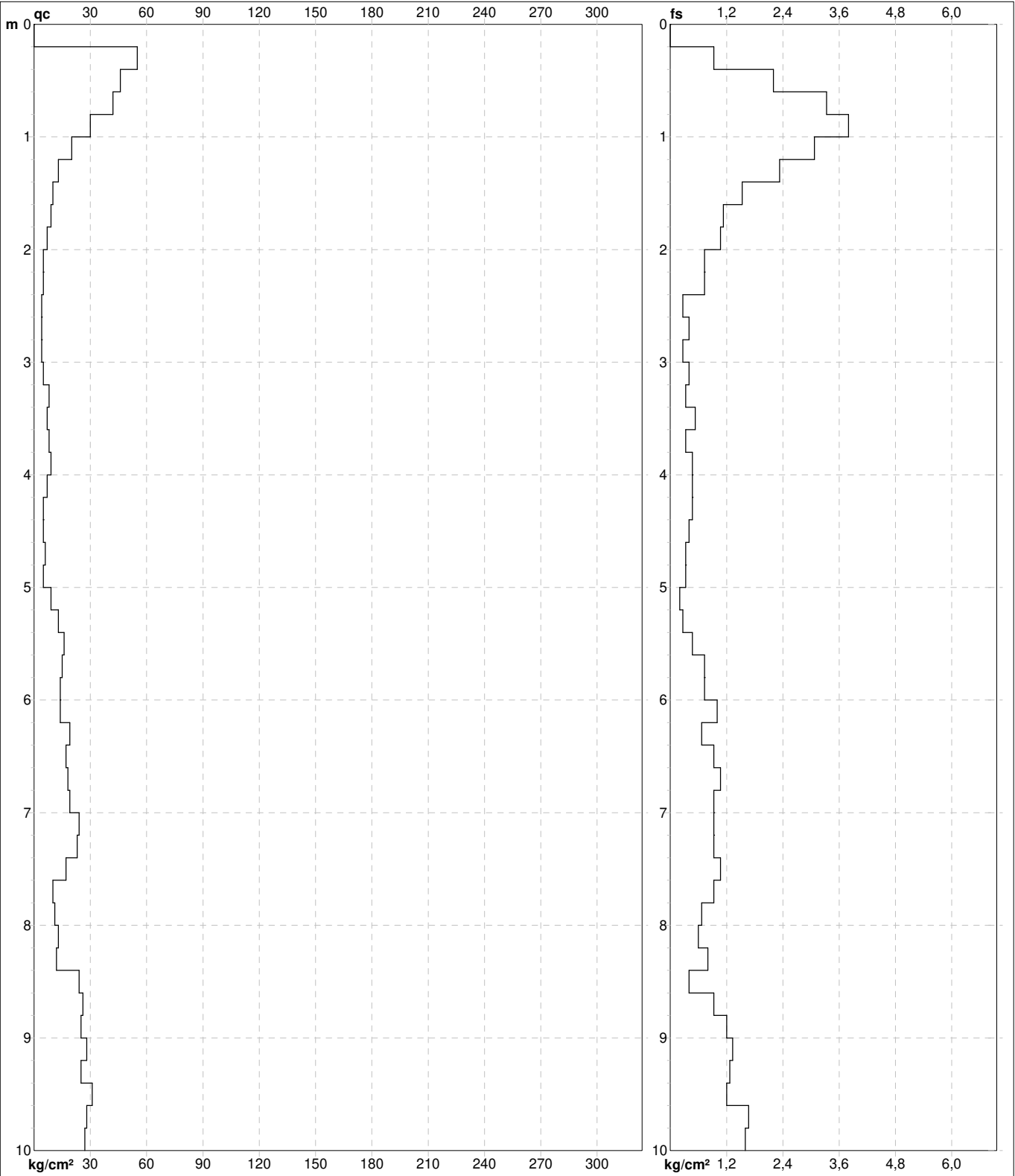


**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>021-2025</b>

Committente	<b>Renience s.a.p.a.</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	08/11/2025
Cantiere	<b>Campo fotovoltaico</b>	Scala:	1:50	Quota inizio:	
Località	<b>Loc. Castroncello - Castiglion Fiorentino (AR)</b>	Pagina	1	Falda	Foro chiuso
		Elaborato			

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41



		Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
		Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	Cod. tip:

FON172



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

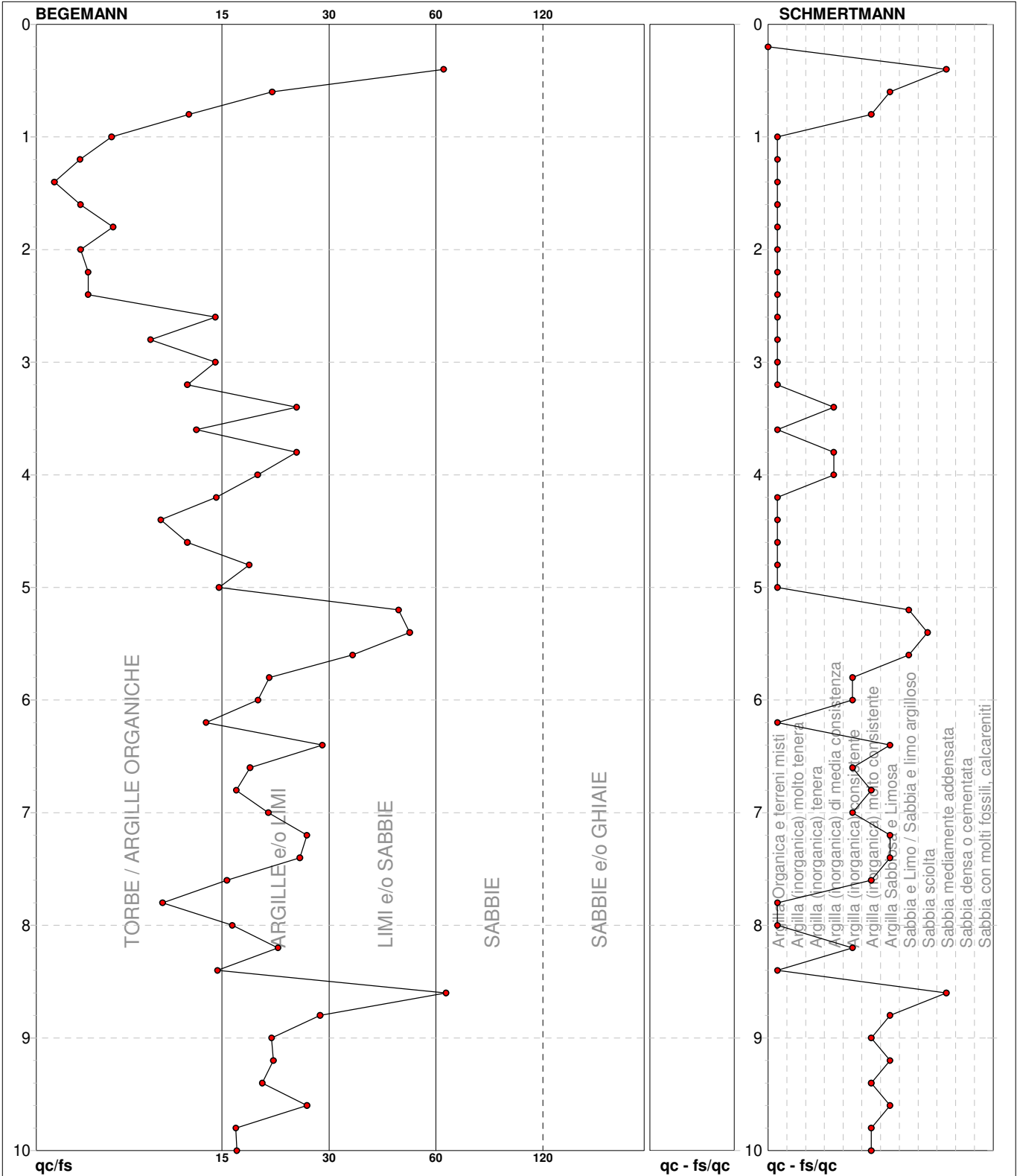
## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>021-2025</b>

Committente **Renience s.a.p.a.**  
 Cantiere **Campo fotovoltaico**  
 Località **Loc. Castroncello - Castiglion Fiorentino (AR)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato **Falda Foro chiuso**  
 Data esec. **08/11/2025**

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_ UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41



● 021-2025 [2] : 10,00 m

FON172





**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

**CPT**

**3**

Riferimento

**021-2025**

Committente **Renience s.a.p.a.**

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

Data esec. 08/11/2025

Cantiere **Campo fotovoltaico**

Pagina 1

Località **Loc. Castroncello - Castiglion Fiorentino (AR)**

Elaborato

Falda -2,72 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	0,00										
0,40	23,0	36,0		23,0	0,87	26	3,8								
0,60	25,0	59,0		25,0	2,27	11	9,1								
0,80	45,0	56,0		45,0	0,73	62	1,6								
<b>1,00</b>	25,0	58,0		25,0	2,20	11	8,8								
1,20	24,0	45,0		24,0	1,40	17	5,8								
1,40	29,0	57,0		29,0	1,87	16	6,4								
1,60	26,0	50,0		26,0	1,60	16	6,2								
1,80	16,0	38,0		16,0	1,47	11	9,2								
<b>2,00</b>	12,0	37,0		12,0	1,67	7	13,9								
2,20	14,0	35,0		14,0	1,40	10	10,0								
2,40	15,0	34,0		15,0	1,27	12	8,5								
2,60	17,0	35,0		17,0	1,20	14	7,1								
2,80	15,0	33,0		15,0	1,20	13	8,0								
<b>3,00</b>	23,0	38,0		23,0	1,00	23	4,3								
3,20	24,0	38,0		24,0	0,93	26	3,9								
3,40	23,0	33,0		23,0	0,67	34	2,9								
3,60	23,0	41,0		23,0	1,20	19	5,2								
3,80	27,0	37,0		27,0	0,67	40	2,5								
<b>4,00</b>	32,0	43,0		32,0	0,73	44	2,3								
4,20	24,0	38,0		24,0	0,93	26	3,9								
4,40	21,0	36,0		21,0	1,00	21	4,8								
4,60	20,0	32,0		20,0	0,80	25	4,0								
4,80	22,0	36,0		22,0	0,93	24	4,2								
<b>5,00</b>	27,0	44,0		27,0	1,13	24	4,2								
5,20	17,0	39,0		17,0	1,47	12	8,6								
5,40	22,0	42,0		22,0	1,33	17	6,0								
5,60	66,0	82,0		66,0	1,07	62	1,6								
5,80	66,0	92,0		66,0	1,73	38	2,6								
<b>6,00</b>	101,0	129,0		101,0	1,87	54	1,9								
6,20	72,0	93,0		72,0	1,40	51	1,9								
6,40	27,0	72,0		27,0	3,00	9	11,1								
6,60	22,0	41,0		22,0	1,27	17	5,8								
6,80	29,0	56,0		29,0	1,80	16	6,2								
<b>7,00</b>	73,0	126,0		73,0	3,53	21	4,8								
7,20	143,0	186,0		143,0	2,87	50	2,0								
7,40	59,0	84,0		59,0	1,67	35	2,8								
7,60	37,0	102,0		37,0	4,33	9	11,7								
7,80	42,0	71,0		42,0	1,93	22	4,6								
<b>8,00</b>	31,0	68,0		31,0	2,47	13	8,0								
8,20	45,0	74,0		45,0	1,93	23	4,3								
8,40	49,0	72,0		49,0	1,53	32	3,1								
8,60	43,0	79,0		43,0	2,40	18	5,6								
8,80	46,0	81,0		46,0	2,33	20	5,1								
<b>9,00</b>	60,0	101,0		60,0	2,73	22	4,6								
9,20	96,0	130,0		96,0	2,27	42	2,4								
9,40	179,0	231,0		179,0	3,47	52	1,9								
9,60	198,0	209,0		198,0	0,73	271	0,4								
9,80															
<b>10,00</b>															

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta  
fs = resistenza laterale  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

FON172

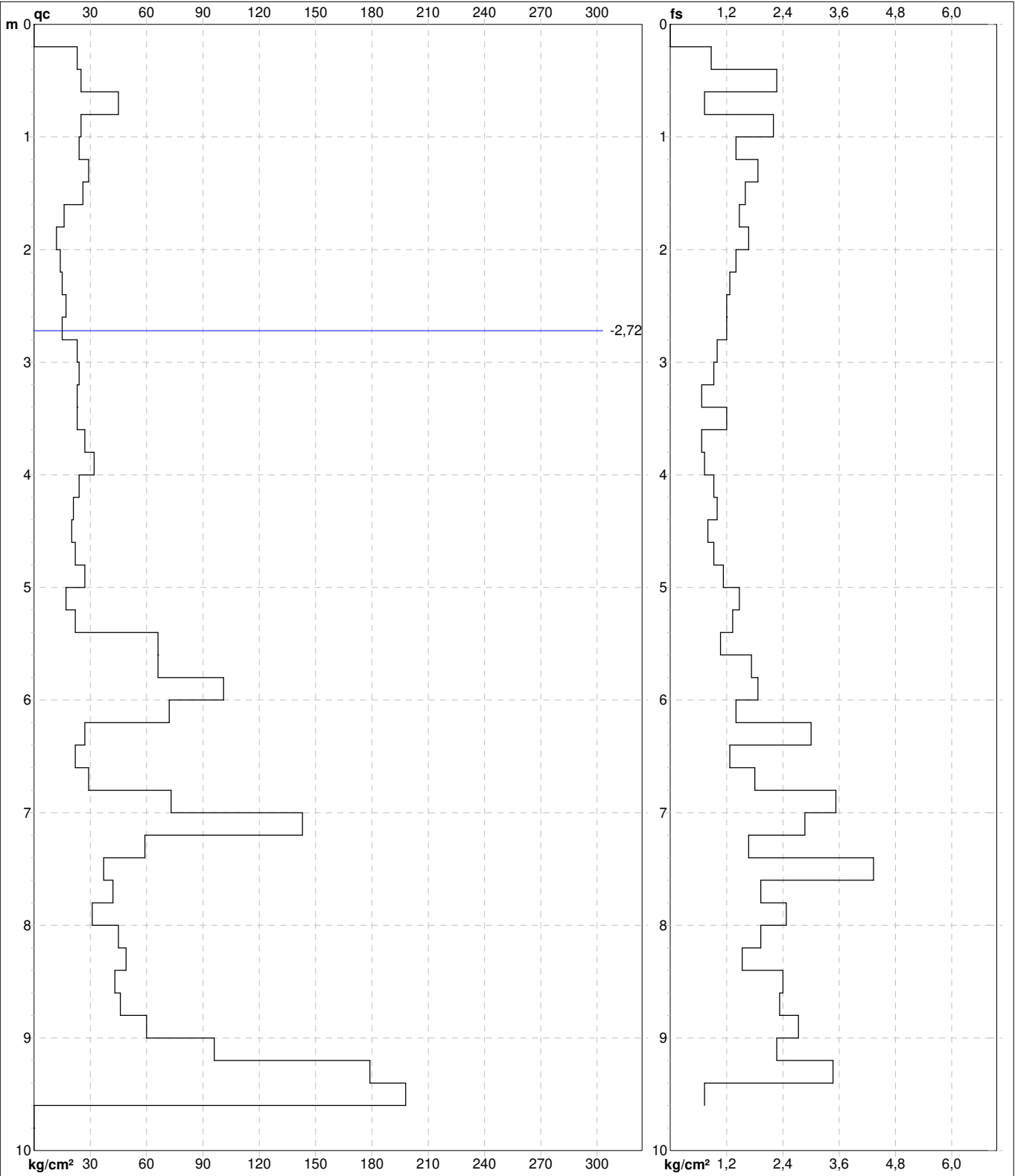


**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>3</b>
Riferimento	<b>021-2025</b>

Committente	<b>Renience s.a.p.a.</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	08/11/2025
Cantiere	<b>Campo fotovoltaico</b>	Scala:	1:50	Quota inizio:	
Località	<b>Loc. Castroncello - Castiglion Fiorentino (AR)</b>	Pagina	1	Falda	-2,72 m da p.c.
		Elaborato			

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41



		Penetrometro: TG63-200Stat	preforo	m
		Responsabile:	Corr.astine:	kg/ml
		Assistente:	Cod. tip:	

FON172



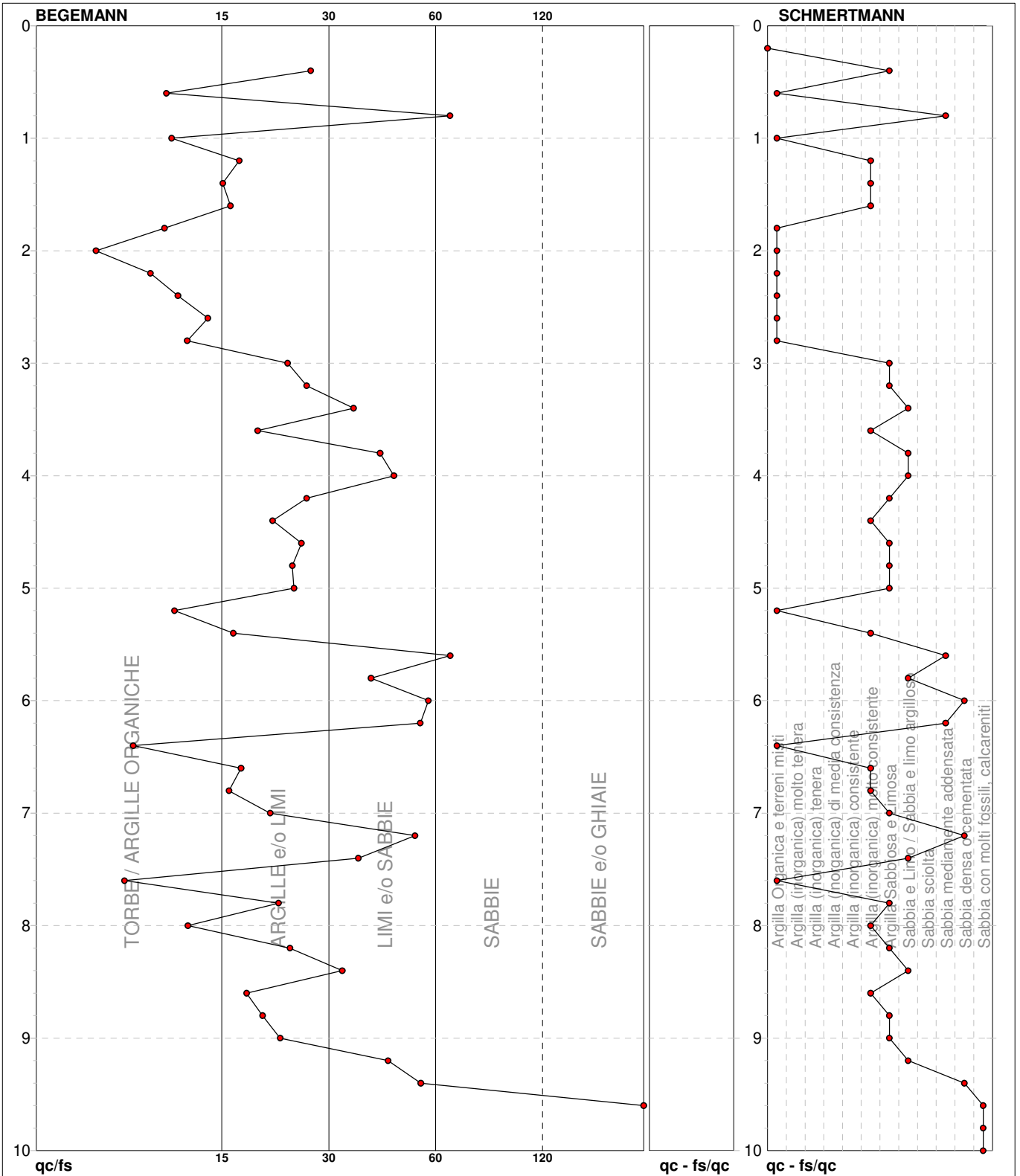
**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>3</b>
Riferimento	<b>021-2025</b>

Committente **Renience s.a.p.a.**  
Cantiere **Campo fotovoltaico**  
Località **Loc. Castroncello - Castiglion Fiorentino (AR)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data esec. **08/11/2025**  
Scala: **1:50**  
Pagina **1**  
Elaborato **Falda -2,72 m da p.c.**

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41



● 021-2025 [3] : 9,60 m





**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

**CPT**

**4**

Riferimento

**021-2025**

Committente **Renience s.a.p.a.**

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

Data esec. 08/11/2025

Cantiere **Campo fotovoltaico**

Pagina 1

Località **Loc. Castroncello - Castiglion Fiorentino (AR)**

Elaborato

Falda Foro chiuso

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0	-	0,0	0,00	-	-								
0,40	46,0	58,0	-	46,0	0,80	58	1,7								
0,60	50,0	71,0	-	50,0	1,40	36	2,8								
0,80	44,0	79,0	-	44,0	2,33	19	5,3								
<b>1,00</b>	26,0	73,0	-	26,0	3,13	8	12,0								
1,20	17,0	32,0	-	17,0	1,00	17	5,9								
1,40	10,0	31,0	-	10,0	1,40	7	14,0								
1,60	7,0	13,0	-	7,0	0,40	18	5,7								
1,80	8,0	21,0	-	8,0	0,87	9	10,9								
<b>2,00</b>	6,0	8,0	-	6,0	0,13	46	2,2								
2,20	7,0	16,0	-	7,0	0,60	12	8,6								
2,40	5,0	16,0	-	5,0	0,73	7	14,6								
2,60	5,0	9,0	-	5,0	0,27	19	5,4								
2,80	4,0	10,0	-	4,0	0,40	10	10,0								
<b>3,00</b>	5,0	9,0	-	5,0	0,27	19	5,4								
3,20	7,0	11,0	-	7,0	0,27	26	3,9								
3,40	13,0	15,0	-	13,0	0,13	100	1,0								
3,60	10,0	19,0	-	10,0	0,60	17	6,0								
3,80	7,0	12,0	-	7,0	0,33	21	4,7								
<b>4,00</b>	7,0	14,0	-	7,0	0,47	15	6,7								
4,20	6,0	12,0	-	6,0	0,40	15	6,7								
4,40	9,0	14,0	-	9,0	0,33	27	3,7								
4,60	6,0	15,0	-	6,0	0,60	10	10,0								
4,80	6,0	11,0	-	6,0	0,33	18	5,5								
<b>5,00</b>	7,0	14,0	-	7,0	0,47	15	6,7								
5,20	7,0	13,0	-	7,0	0,40	18	5,7								
5,40	6,0	14,0	-	6,0	0,53	11	8,8								
5,60	7,0	13,0	-	7,0	0,40	18	5,7								
5,80	11,0	16,0	-	11,0	0,33	33	3,0								
<b>6,00</b>	8,0	15,0	-	8,0	0,47	17	5,9								
6,20	11,0	20,0	-	11,0	0,60	18	5,5								
6,40	18,0	26,0	-	18,0	0,53	34	2,9								
6,60	20,0	30,0	-	20,0	0,67	30	3,4								
6,80	21,0	34,0	-	21,0	0,87	24	4,1								
<b>7,00</b>	25,0	39,0	-	25,0	0,93	27	3,7								
7,20	24,0	45,0	-	24,0	1,40	17	5,8								
7,40	57,0	60,0	-	57,0	0,20	285	0,4								
7,60	32,0	57,0	-	32,0	1,67	19	5,2								
7,80	27,0	48,0	-	27,0	1,40	19	5,2								
<b>8,00</b>	25,0	47,0	-	25,0	1,47	17	5,9								
8,20	30,0	47,0	-	30,0	1,13	27	3,8								
8,40	30,0	49,0	-	30,0	1,27	24	4,2								
8,60	28,0	51,0	-	28,0	1,53	18	5,5								
8,80	27,0	48,0	-	27,0	1,40	19	5,2								
<b>9,00</b>	26,0	45,0	-	26,0	1,27	20	4,9								
9,20	22,0	43,0	-	22,0	1,40	16	6,4								
9,40	18,0	36,0	-	18,0	1,20	15	6,7								
9,60	11,0	24,0	-	11,0	0,87	13	7,9								
9,80	7,0	16,0	-	7,0	0,60	12	8,6								
<b>10,00</b>	9,0	17,0	-	9,0	0,53	17	5,9								

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10,00 costante di trasformazione

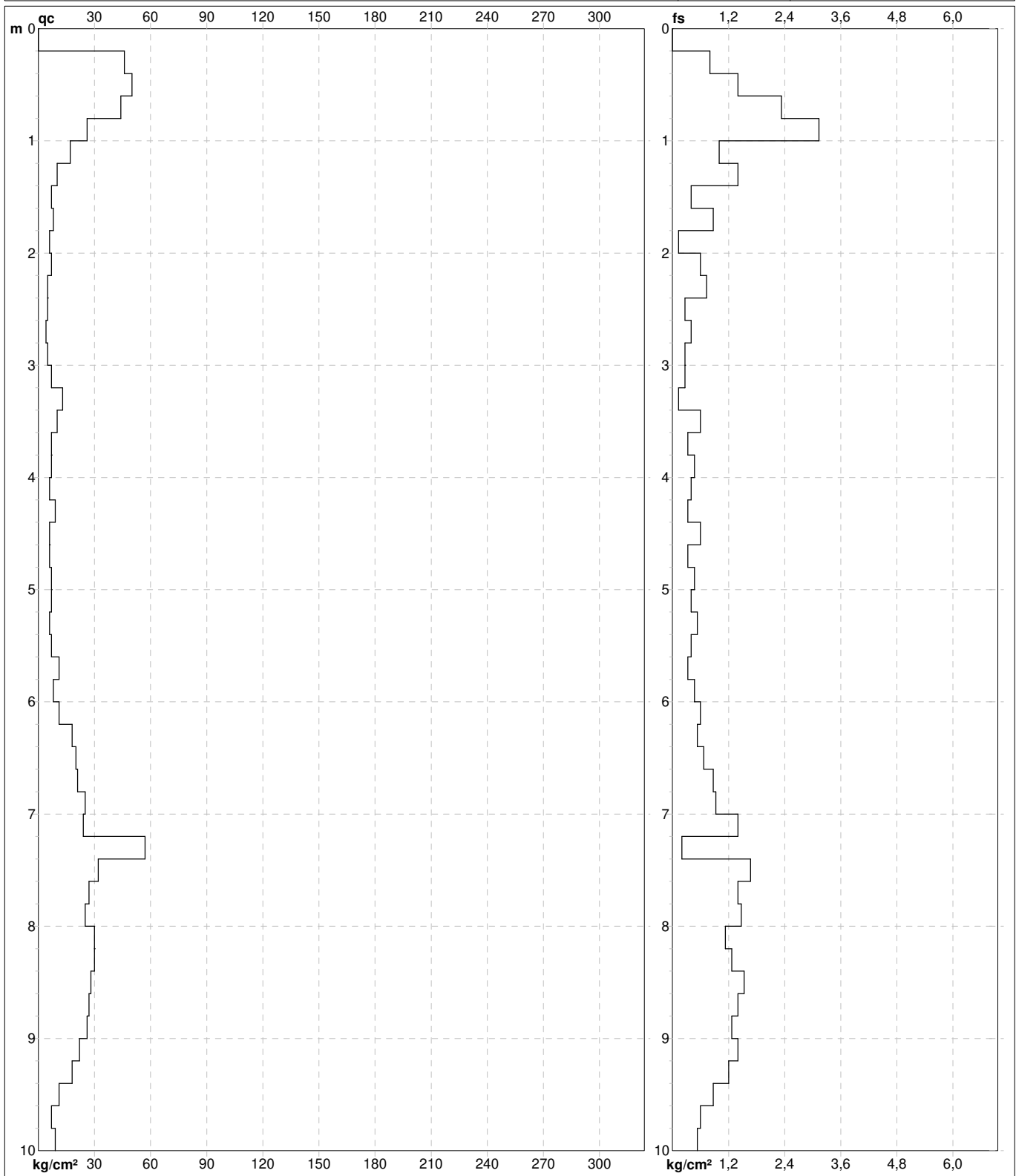
qc = resistenza punta  
fs = resistenza laterale  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100



<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA</b>	<b>CPT</b>	<b>4</b>
	Riferimento	<b>021-2025</b>

Committente <b>Renience s.a.p.a.</b> Cantiere <b>Campo fotovoltaico</b> Località <b>Loc. Castroncello - Castiglion Fiorentino (AR)</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b> Scala: <b>1:50</b> Pagina <b>1</b> Elaborato	Data esec. <b>08/11/2025</b> Quota inizio: Falda <b>Foro chiuso</b>
--	--	---

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41



	Penetrometro: TG63-200Stat Responsabile: Assistente:	preforo m Corr.astine: kg/ml Cod. tip:
--	--	--

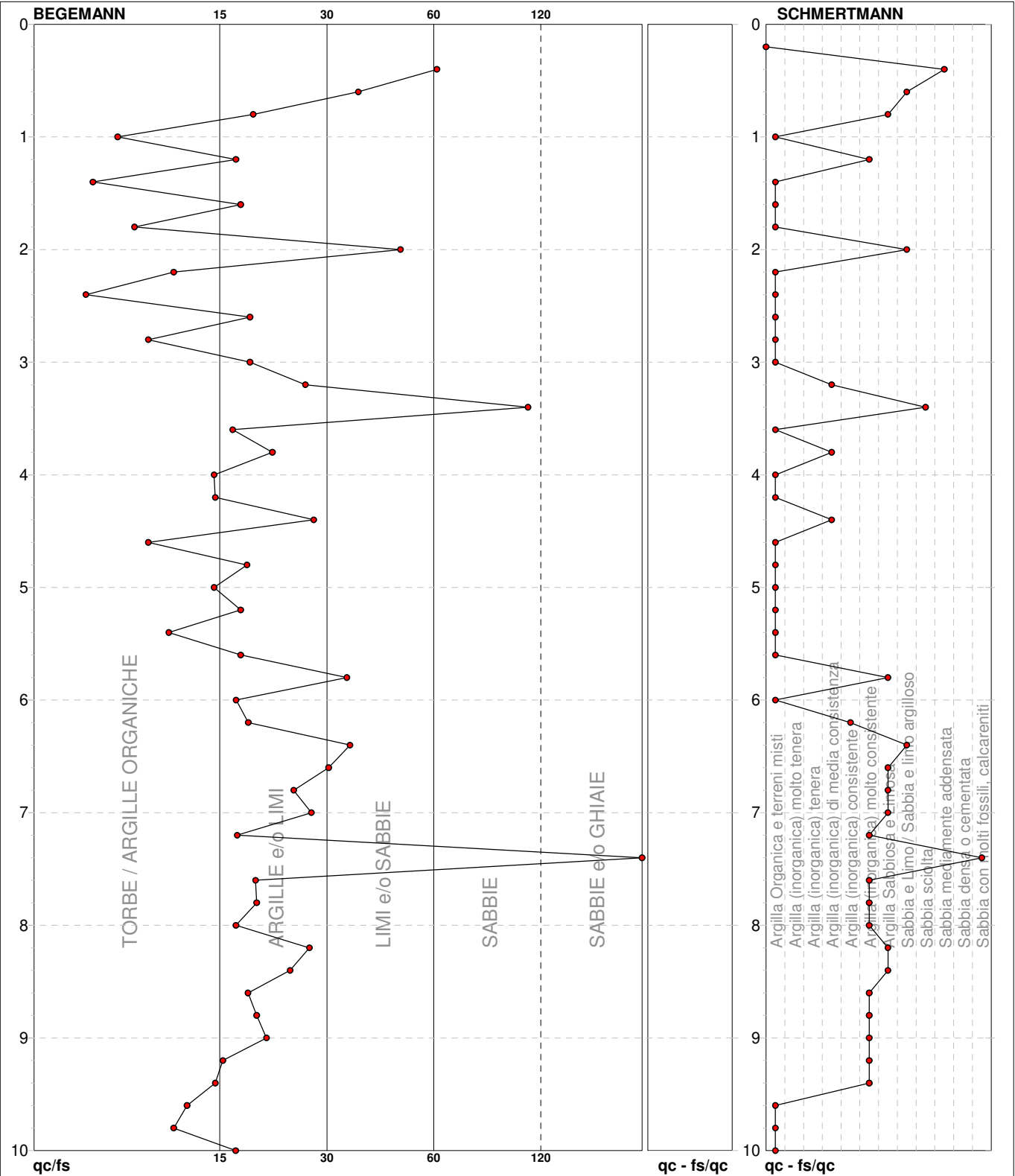


**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>4</b>
Riferimento	<b>021-2025</b>

Committente **Renience s.a.p.a.**  
Cantiere **Campo fotovoltaico**  
Località **Loc. Castroncello - Castiglion Fiorentino (AR)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
Scala: **1:50**  
Pagina **1**  
Elaborato **Falda Foro chiuso**



● 021-2025 [4] : 10,00 m

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41





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

# LABOTER Srl

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

**Committente :** Altenergia srl  
**Cantiere :** Castiglion Fiorentino (AR)

**Verbale Accettazione n° :** 531 del 10/11/2025  
**Data Certificazione :** 03/12/2025  
**Campioni n°:** 2  
**Certificati da n° a n° :** 05922 a 05931





COMMITTENTE: Altenergia srl

RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.00

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	30,1	%
Peso di volume	16,8	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	12,9	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	17,9	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,4	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	1,045	
Porosità	51,1	%
Grado di saturazione	77,6	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		%
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	4,8	%
Limo	51,7	%
Argilla	43,5	%
D 10	0,000244	mm
D 50	0,003001	mm
D 60	0,005282	mm
D 90	0,037311	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	100,0	%
Passante set. 200	97,7	%

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	144	kPa
$c_u$	72	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_{u Rim}$		kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta		
$c'$	18,8	kPa
$\phi'$	23,6	°
$c'_{Res}$		kPa
$\phi'_{Res}$		°

**PERMEABILITA'**

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

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA**



**OSSERVAZIONI**

Tipi di campione: Cilindrico      Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove	cm	Rp kPa	VT kPa	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF GR CS TD	0			Limo con argilla MUNSELL SOIL COLOR: 7.5YR 6/3 Light brown
	10	425		Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test < 24.5 kPa molto molle 24.5 - 49.1 kPa molle 49.1 - 98.1 kPa plastico
	20	400		98.1 - 196.2 kPa consistente 196.2 - 392.4 kPa molto consistente >392,4 kPa duro
	30			
			32	



**LABOTER S.r.l.**  
Via di Montalbano 65  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.it

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

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

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05922** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25

DATA DI EMISSIONE: 03/12/25 Inizio analisi: 24/11/25

Apertura campione: 24/11/25 Fine analisi: 25/11/25

COMMITTENTE: Altenergia srl

RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 30,1 %**

Struttura del materiale:  Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER S.r.l.**  
Via di Montalbano 65  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.it

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

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

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05923** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25

DATA DI EMISSIONE: 03/12/25

Inizio analisi: 24/11/25

Apertura campione: 24/11/25

Fine analisi: 24/11/25

COMMITTENTE: Altenergia srl

RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.00

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 part2-par.7

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 16,8 kN/m<sup>3</sup>**

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_ UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41



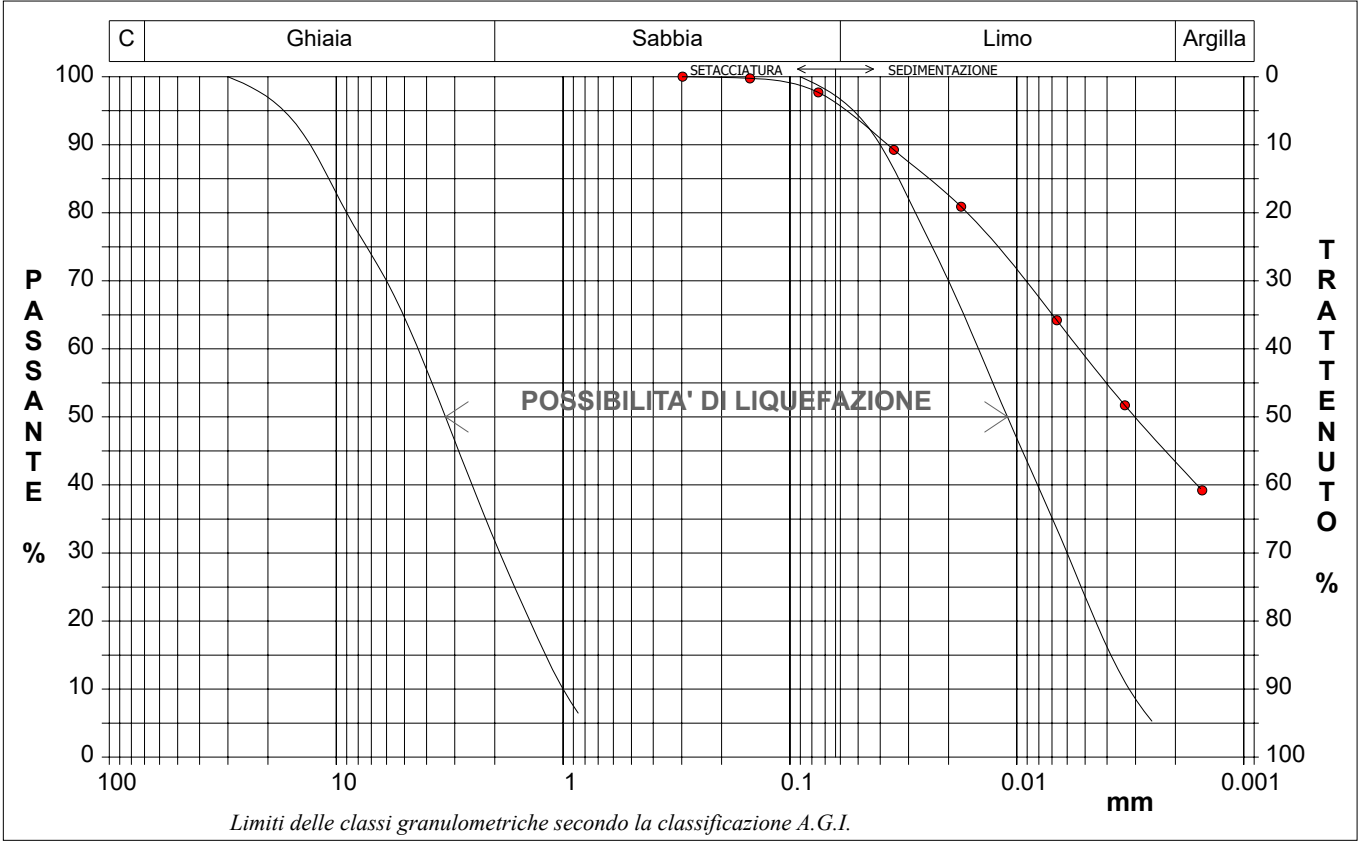
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05924</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 03/12/25	Inizio analisi: 25/11/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25		Apertura campione: 24/11/25	Fine analisi: 28/11/25

COMMITTENTE: Altenergia srl
RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 6913

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 2 mm	100,0 %	D10	0,00024 mm
Sabbia	4,8 %	Passante setaccio 0.4 mm	100,0 %	D30	--- mm
Limo	51,7 %	Passante setaccio 0.075 mm	97,7 %	D50	0,00300 mm
Argilla	43,5 %			D60	0,00528 mm
Coefficiente di uniformità	21,69	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,03731 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,2970	100,00	0,0067	64,22						
0,1500	99,75	0,0033	51,71						
0,0750	97,70	0,0015	39,20						
0,0348	89,24							Setacci	2
0,0176	80,90							Punti sediment.	5

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05925** Pagina 1/1  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25

DATA DI EMISSIONE: 03/12/25 Inizio analisi: 24/11/25  
Apertura campione: 24/11/25 Fine analisi: 25/11/25

COMMITTENTE: Altenergia srl

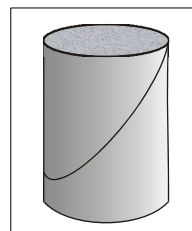
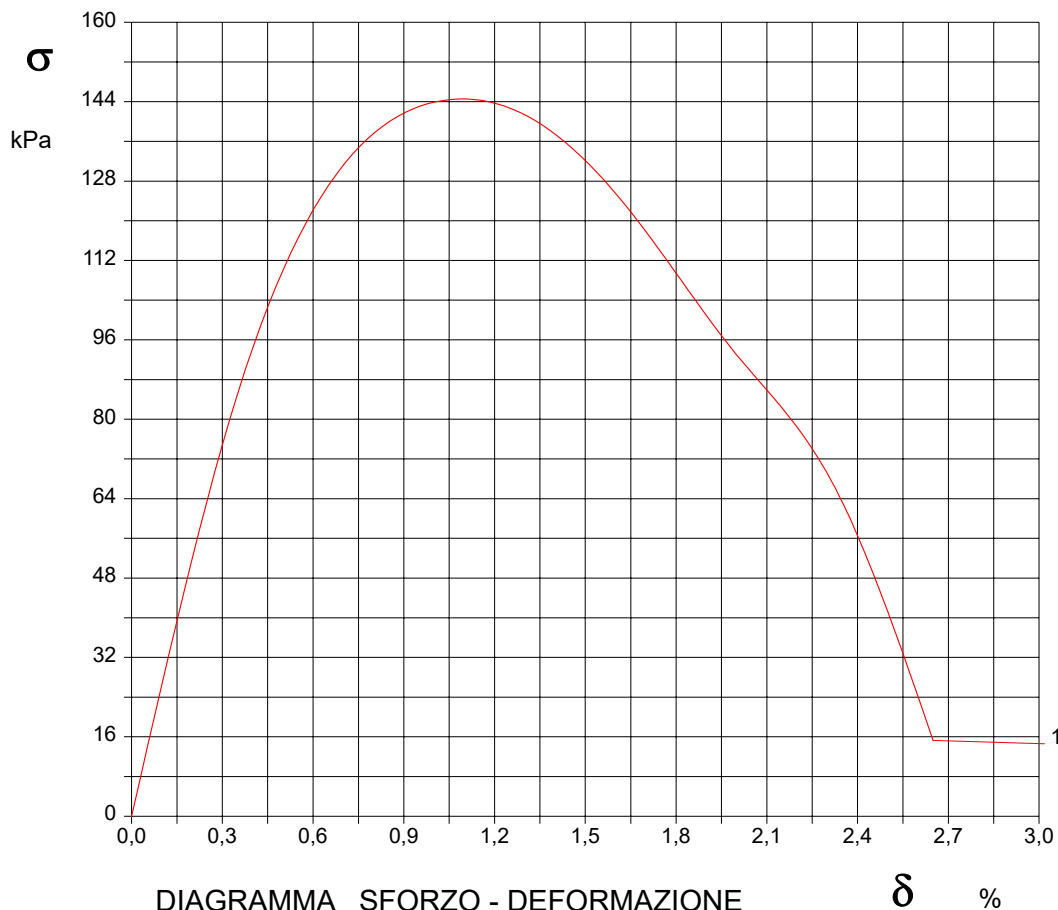
RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

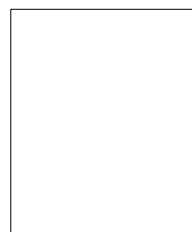
**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

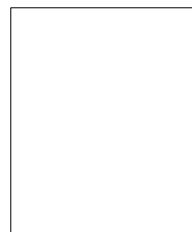
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	----	----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,270	----	----
Altezza (cm):	7,60	----	----
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	11,34	----	----
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> ):	18,4	----	----
Umidità naturale (%):	29,4	----	----
Deformazione a rottura (%):	1,01	----	----
Sforzo a rottura (kPa):	144,0	----	----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 24290	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---





**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05926** Pagina 1/4  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25

DATA DI EMISSIONE: 03/12/25 Inizio analisi: 24/11/25  
Apertura campione: 24/11/25 Fine analisi: 02/12/25

COMMITTENTE: Altenergia srl

RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	55	111	146
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,20	1,61	1,53
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,13	0,25	0,29
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 32,4	--- 27,9	--- 32,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	16,6 21,9	17,1 21,8	16,8 22,3

**DIAGRAMMA**

Tensione - Pressione verticale

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

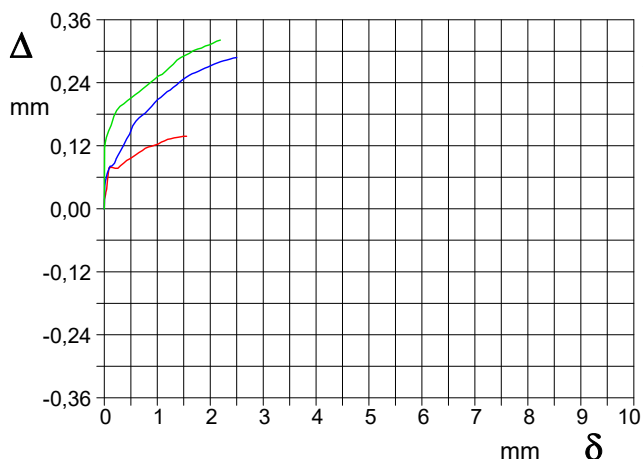
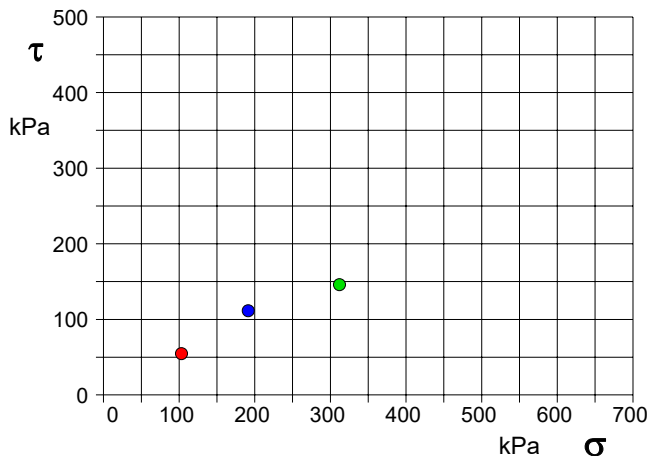


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

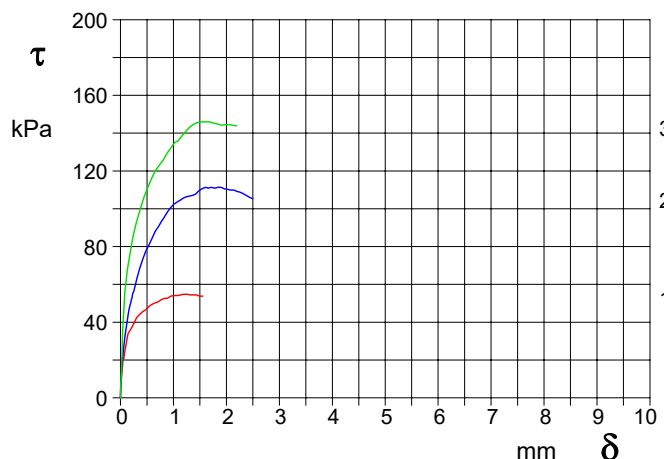


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05926** Pagina 2/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25

DATA DI EMISSIONE: 03/12/25 Inizio analisi: 24/11/25

Apertura campione: 24/11/25 Fine analisi: 02/12/25

COMMITTENTE: Altenergia srl

RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,002	4,6	0,02	0,008	7,4	0,04	0,005	7,8	0,12
0,014	9,2	0,02	0,037	20,5	0,06	0,009	9,5	0,12
0,022	12,0	0,03	0,075	30,0	0,07	0,012	11,7	0,12
0,031	14,5	0,03	0,108	37,1	0,08	0,014	12,7	0,12
0,037	17,0	0,04	0,148	44,5	0,08	0,017	13,1	0,13
0,044	19,4	0,04	0,195	50,5	0,09	0,018	13,8	0,13
0,059	20,5	0,06	0,216	52,7	0,09	0,019	14,5	0,13
0,089	25,4	0,08	0,235	55,5	0,10	0,021	15,2	0,13
0,142	33,9	0,08	0,305	62,5	0,11	0,038	34,3	0,14
0,203	36,7	0,08	0,423	73,5	0,13	0,081	55,5	0,15
0,256	39,6	0,08	0,537	80,9	0,16	0,129	67,8	0,16
0,304	42,4	0,08	0,654	88,0	0,17	0,181	76,3	0,18
0,366	44,2	0,09	0,772	93,3	0,18	0,232	84,8	0,19
0,424	45,6	0,09	0,895	98,6	0,20	0,298	92,6	0,20
0,482	46,6	0,10	1,011	102,5	0,21	0,368	99,3	0,20
0,541	48,4	0,10	1,130	104,6	0,22	0,437	105,7	0,21
0,600	49,5	0,10	1,244	106,4	0,23	0,508	111,0	0,21
0,652	50,2	0,11	1,365	107,1	0,24	0,580	115,5	0,22
0,718	50,9	0,11	1,482	109,5	0,25	0,653	119,8	0,22
0,773	51,9	0,12	1,605	111,3	0,25	0,730	123,0	0,23
0,839	52,7	0,12	1,712	111,3	0,26	0,805	125,8	0,24
0,886	52,7	0,12	1,839	111,3	0,27	0,880	129,3	0,24
0,949	53,7	0,12	1,959	110,6	0,27	0,952	132,2	0,25
1,015	54,1	0,12	2,084	109,9	0,28	1,022	135,0	0,25
1,079	54,1	0,13	2,195	109,2	0,28	1,093	136,0	0,26
1,137	54,4	0,13	2,311	108,1	0,28	1,159	138,5	0,26
1,196	54,8	0,13	2,440	106,0	0,29	1,231	141,0	0,27
1,252	54,8	0,13				1,303	143,1	0,28
1,317	54,4	0,14				1,374	144,5	0,28
1,378	54,4	0,14				1,447	145,6	0,29
1,434	54,4	0,14				1,525	145,9	0,29
1,493	53,7	0,14				1,604	145,9	0,30
1,554	53,7	0,14				1,684	145,9	0,30
						1,764	145,2	0,30
						1,834	144,9	0,31
						1,907	144,2	0,31
						1,982	144,5	0,31
						2,050	144,5	0,32
						2,122	144,2	0,32
						2,193	143,8	0,32



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05926** Pagina 3/4  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25

DATA DI EMISSIONE: 03/12/25 Inizio analisi: 24/11/25  
Apertura campione: 24/11/25 Fine analisi: 02/12/25

COMMITTENTE: Altenergia srl

RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 1.00

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,300
Altezza finale (cm)	2,226
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

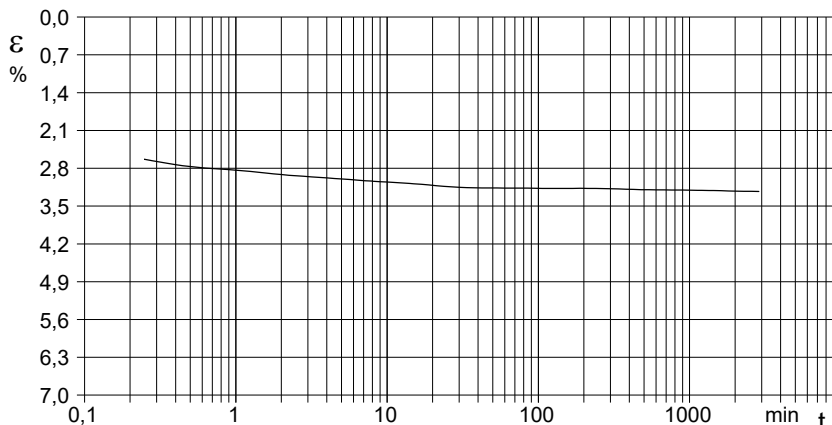


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,300
Altezza finale (cm)	2,158
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

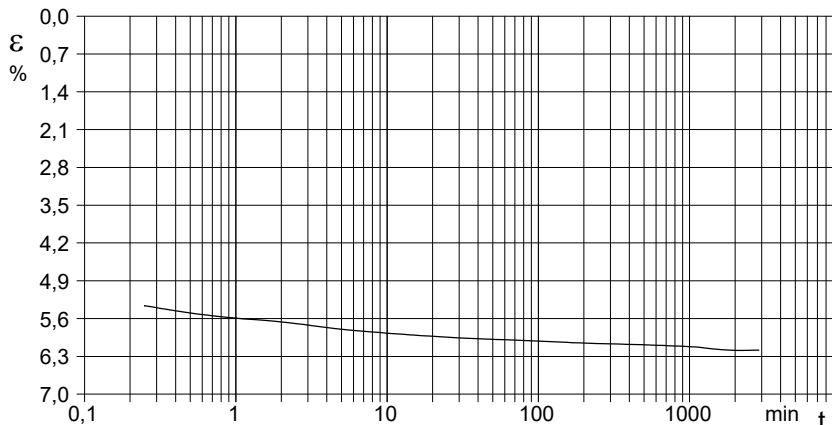
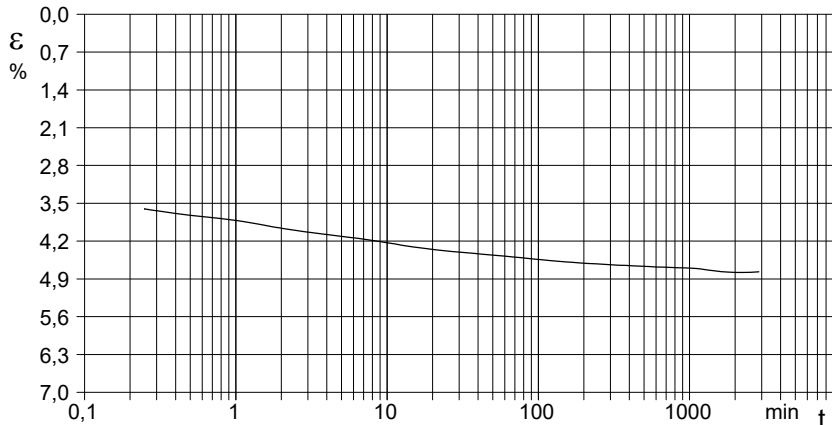


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,300
Altezza finale (cm)	2,190
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



$V_s = \text{Velocità stimata di prova}$      $D_f = \text{Deformazione a rottura stimata}$      $t_f = 50 \times T_{50}$      $V_s = D_f / t_f$



COMMITTENTE: Altenergia srl			
RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)			
SONDAGGIO:	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.00

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	55	111	146
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,20	1,61	1,53
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,13	0,25	0,29
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 32,4	--- 27,9	--- 32,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	16,6 21,9	17,1 21,8	16,8 22,3

**DIAGRAMMA**  
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	18,8 kPa
Angolo di attrito interno:	23,6 °

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

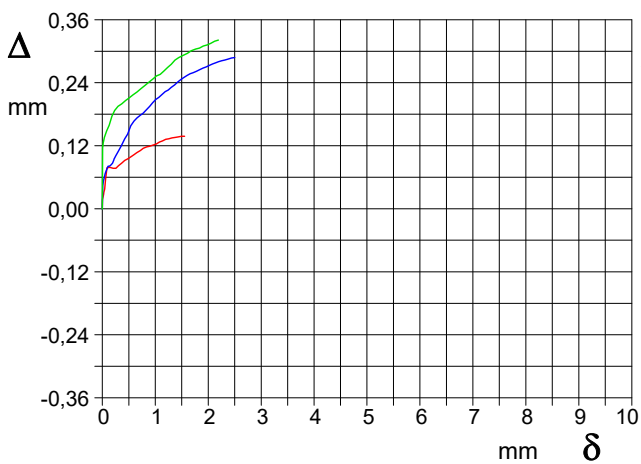
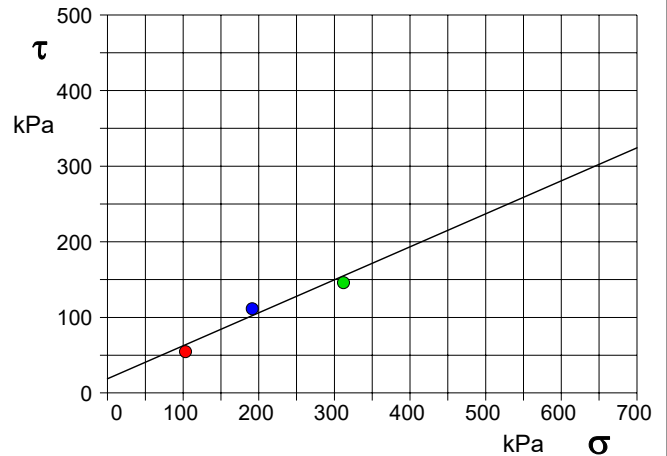


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

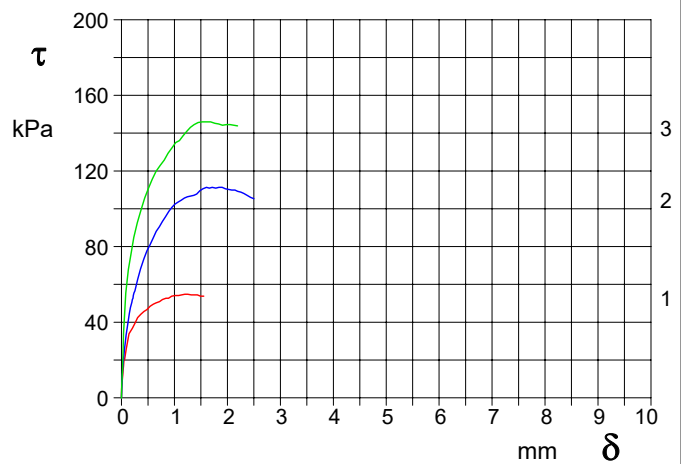


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



COMMITTENTE: Altenergia srl

RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 1.00

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	17,8	%
Peso di volume	19,6	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	16,7	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,3	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,4	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,586	
Porosità	37,0	%
Grado di saturazione	81,7	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		%
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	2,0	%
Sabbia	33,6	%
Limo	52,3	%
Argilla	12,1	%
D 10	0,001229	mm
D 50	0,038964	mm
D 60	0,052544	mm
D 90	0,311246	mm
Passante set. 10	98,0	%
Passante set. 42	92,5	%
Passante set. 200	71,9	%

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	90	kPa
$c_u$	45	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_{u Rim}$		kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta		
$c'$	15,8	kPa
$\phi'$	28,3	°
$c'_{Res}$		kPa
$\phi'_{Res}$		°

**PERMEABILITA'**

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

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA**



**OSSERVAZIONI**

Tipi di campione: Cilindrico      Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF GR CS TD	0	175		32	Limo con sabbia argilloso, con litici millimetrici MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 5/4 Light olive brown
	10				Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test < 24.5 kPa      molto molle 24.5 - 49.1 kPa      molle 49.1 - 98.1 kPa      plastico 98.1 - 196.2 kPa      consistente 196.2 - 392.4 kPa      molto consistente >392,4 kPa      duro
	20				
	30				



**LABOTER S.r.l.**  
Via di Montalbano 65  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.it

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

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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 05927</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 03/12/25	Inizio analisi: 24/11/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25		Apertura campione: 24/11/25	Fine analisi: 25/11/25

COMMITTENTE: Altenergia srl
RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 1.00

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 17,8 %**

- Struttura del materiale:
- Omogeneo
  - Stratificato
  - Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41



**LABOTER S.r.l.**  
Via di Montalbano 65  
51100 Pistoia  
Tel. 0573 570566  
e-mail: laboter@laboterpt.it

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

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

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05928** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25

DATA DI EMISSIONE: 03/12/25 Inizio analisi: 24/11/25

Apertura campione: 24/11/25 Fine analisi: 24/11/25

COMMITTENTE: Altenergia srl

RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 1.00

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 part2-par.7

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,6 kN/m<sup>3</sup>**

COMUNE DI CASTIGLION FIORENTINO - AOOB-PG - REG\_ UFFICIALE - 0010833 - Ingresso - 05/05/2026 - 16:41



CERTIFICATO DI PROVA N°: **05929** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25

DATA DI EMISSIONE: 03/12/25

Inizio analisi: 25/11/25

Apertura campione: 24/11/25

Fine analisi: 28/11/25

COMMITTENTE: Altenergia srl

RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO:

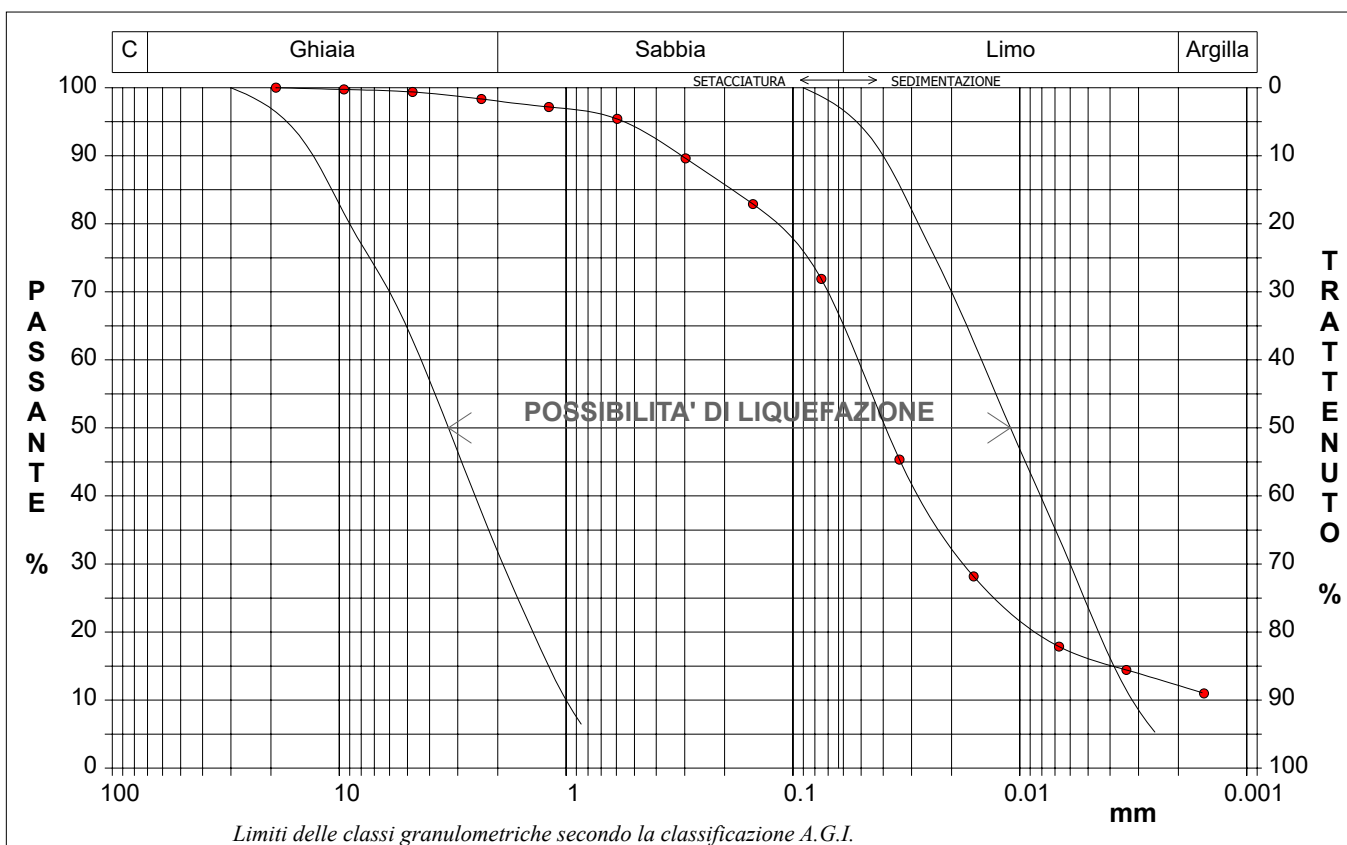
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 1.00

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 6913

Ghiaia	2,0 %	Passante setaccio 2 mm	98,0 %	D10	0,00123 mm
Sabbia	33,6 %	Passante setaccio 0.4 mm	92,5 %	D30	0,01732 mm
Limo	52,3 %	Passante setaccio 0.075 mm	71,9 %	D50	0,03896 mm
Argilla	12,1 %			D60	0,05254 mm
				D90	0,31125 mm
Coefficiente di uniformità		42,75	Coefficiente di curvatura		4,64



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,5950	95,41	0,0160	28,17				
9,5200	99,74	0,2970	89,61	0,0067	17,86				
4,7500	99,36	0,1500	82,88	0,0034	14,43				
2,3600	98,33	0,0750	71,90	0,0015	10,99			Setacci	8
1,1900	97,16	0,0339	45,34					Punti sediment.	5



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05930** Pagina 1/1  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25

DATA DI EMISSIONE: 03/12/25 Inizio analisi: 24/11/25  
Apertura campione: 24/11/25 Fine analisi: 25/11/25

COMMITTENTE: Altenergia srl

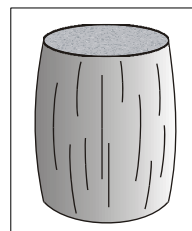
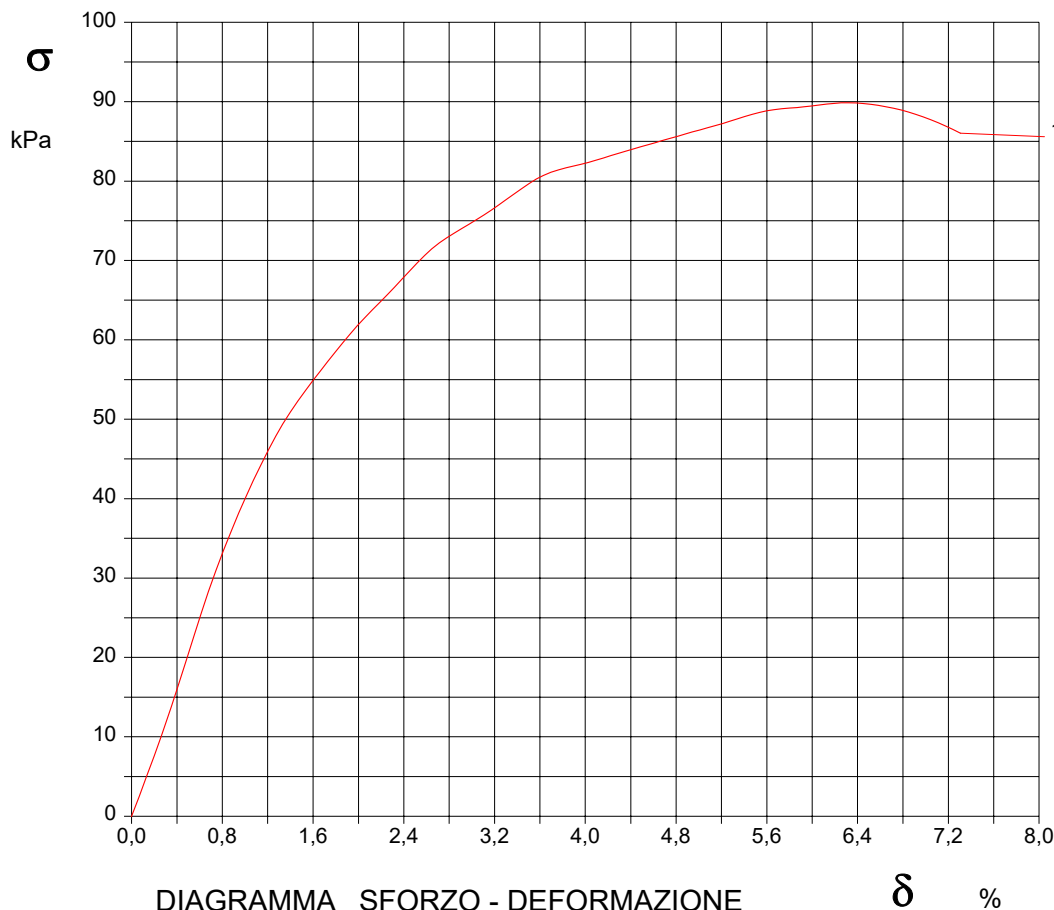
RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 1.00

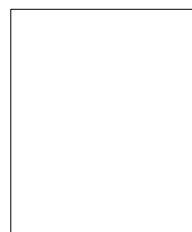
**PROVA DI COMPRESIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

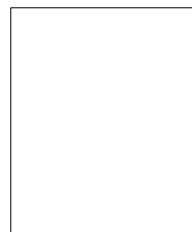
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	----	----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,270	----	----
Altezza (cm):	7,62	----	----
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	11,58	----	----
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> ):	19,3	----	----
Umidità naturale (%):	17,8	----	----
Deformazione a rottura (%):	6,26	----	----
Sforzo a rottura (kPa):	89,8	----	----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1:	3934	Provino 2:	---	Provino 3:	---
	Secante	Provino 1:	---	Provino 2:	---	Provino 3:	---
	A rottura	Provino 1:	---	Provino 2:	---	Provino 3:	---





**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05931** Pagina 1/4  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25

DATA DI EMISSIONE: 03/12/25 Inizio analisi: 24/11/25  
Apertura campione: 24/11/25 Fine analisi: 03/12/25

COMMITTENTE: Altenergia srl

RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 1.00

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	69	120	182
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	6,08	6,47	6,90
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,02	0,30	0,58
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 16,8	--- 25,3	--- 17,0
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,9 23,2	18,8 23,5	20,2 23,6

**DIAGRAMMA**

Tensione - Pressione verticale

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

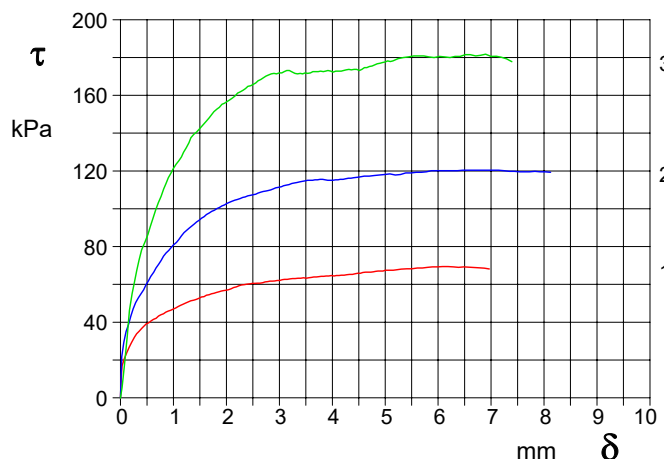
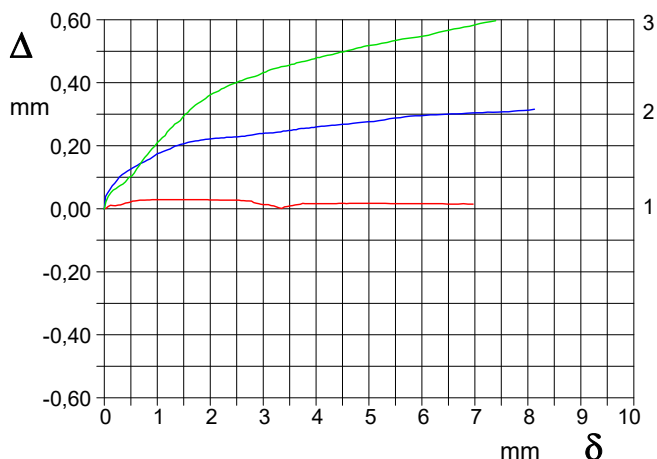
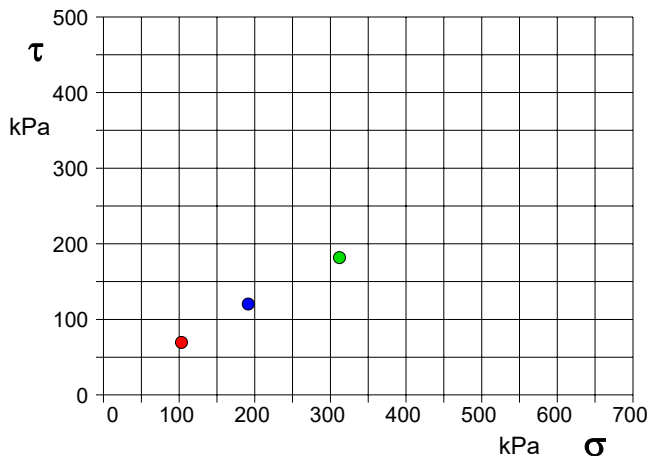


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05931** Pagina 2/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25

DATA DI EMISSIONE: 03/12/25 Inizio analisi: 24/11/25

Apertura campione: 24/11/25 Fine analisi: 03/12/25

COMMITTENTE: Altenergia srl

RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 1.00

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,011	9,4	0,00	0,023	21,8	0,04	0,029	5,4	0,02
0,119	23,8	0,01	0,151	38,7	0,07	0,169	46,3	0,06
0,261	32,0	0,01	0,286	50,3	0,10	0,307	67,5	0,07
0,402	36,8	0,02	0,439	57,1	0,12	0,461	82,4	0,10
0,533	39,7	0,02	0,571	64,2	0,13	0,611	94,9	0,13
0,673	42,1	0,03	0,721	70,7	0,15	0,767	106,6	0,16
0,812	44,5	0,03	0,862	76,6	0,16	0,904	116,4	0,19
0,947	46,3	0,03	0,999	80,8	0,18	1,050	123,6	0,22
1,089	48,3	0,03	1,151	85,7	0,18	1,190	129,8	0,24
1,230	50,1	0,03	1,292	89,6	0,20	1,331	137,6	0,27
1,383	51,7	0,03	1,438	93,0	0,20	1,480	141,8	0,29
1,530	53,3	0,03	1,579	95,8	0,21	1,619	146,3	0,31
1,674	54,5	0,03	1,724	98,7	0,22	1,767	151,3	0,33
1,811	55,7	0,03	1,867	100,6	0,22	1,914	155,2	0,35
1,951	56,7	0,03	2,014	102,9	0,22	2,060	157,6	0,37
2,089	57,7	0,03	2,161	104,6	0,22	2,212	161,2	0,38
2,237	59,3	0,03	2,310	106,0	0,23	2,360	163,6	0,39
2,388	60,1	0,03	2,455	107,1	0,23	2,499	165,7	0,40
2,539	60,5	0,03	2,598	108,3	0,23	2,651	168,4	0,41
2,687	60,9	0,03	2,746	109,4	0,23	2,796	170,7	0,42
2,823	61,7	0,02	2,883	110,5	0,24	2,947	171,3	0,43
2,960	62,1	0,01	3,041	111,7	0,24	3,091	172,5	0,44
3,098	62,7	0,01	3,183	112,8	0,24	3,245	172,2	0,45
3,251	63,1	0,01	3,332	113,9	0,24	3,394	171,6	0,45
3,403	63,3	0,01	3,479	114,8	0,25	3,533	171,6	0,46
3,555	63,5	0,01	3,627	115,0	0,25	3,682	172,5	0,47
3,701	63,9	0,01	3,770	115,6	0,26	3,829	172,5	0,47
3,839	64,3	0,02	3,915	115,0	0,26	3,972	172,8	0,48
3,985	64,7	0,02	4,064	115,3	0,26	4,116	172,8	0,48
4,126	64,7	0,02	4,206	115,6	0,26	4,264	173,4	0,49
4,274	65,1	0,02	4,355	116,2	0,27	4,410	173,7	0,49
4,432	65,7	0,02	4,604	117,3	0,27	4,558	173,7	0,50
4,575	66,3	0,02	4,889	117,9	0,28	4,702	175,2	0,51
4,726	66,5	0,02	5,190	117,9	0,28	4,849	176,7	0,51
4,863	67,1	0,02	5,487	119,0	0,29	4,996	177,6	0,52
5,005	67,5	0,02	5,777	119,6	0,29	5,145	178,2	0,52
5,153	67,5	0,02	6,072	120,1	0,30	5,439	180,3	0,53
5,410	68,3	0,02	6,366	120,1	0,30	5,730	180,9	0,54
5,703	68,7	0,02	6,659	120,4	0,30	6,026	180,6	0,55
5,989	69,3	0,02	6,945	120,4	0,30	6,320	180,6	0,56
6,288	69,3	0,02	7,243	120,1	0,31	6,607	181,5	0,57
6,584	69,1	0,02	7,537	119,6	0,31	6,897	181,8	0,58
6,870	68,6	0,02	7,827	119,9	0,31	7,193	180,1	0,59
			8,123	119,3	0,32			



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 05931** Pagina 3/4  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 531 del 10/11/25

DATA DI EMISSIONE: 03/12/25 Inizio analisi: 24/11/25  
Apertura campione: 24/11/25 Fine analisi: 03/12/25

COMMITTENTE: Altenergia srl

RIFERIMENTO: Castiglion Fiorentino (AR)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 1.00

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,335
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

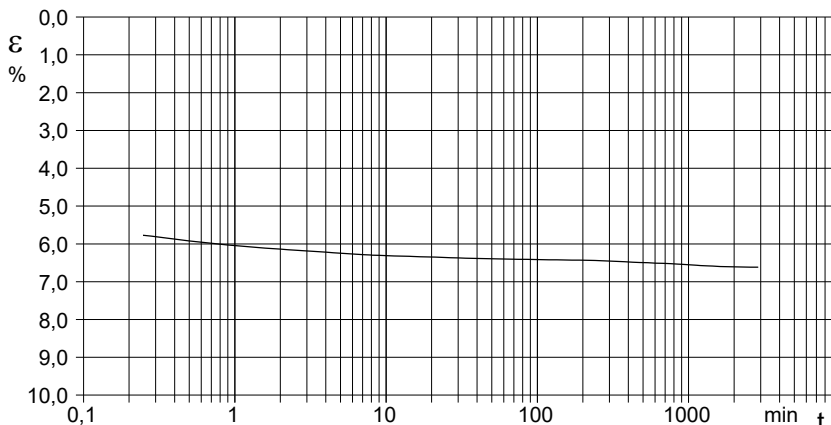


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,261
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

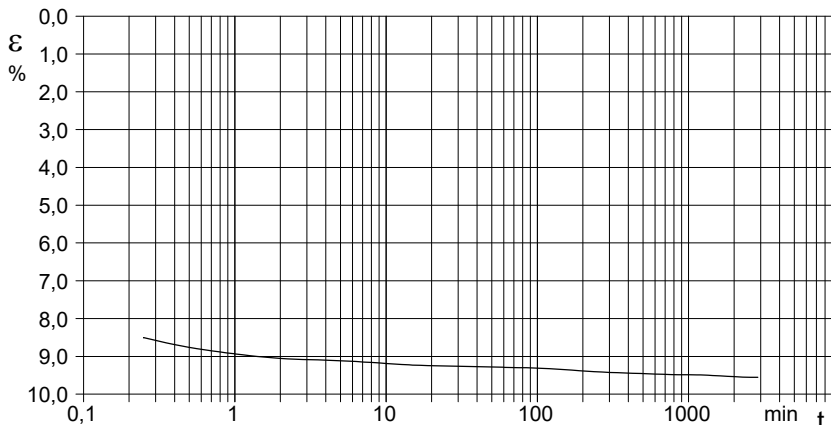
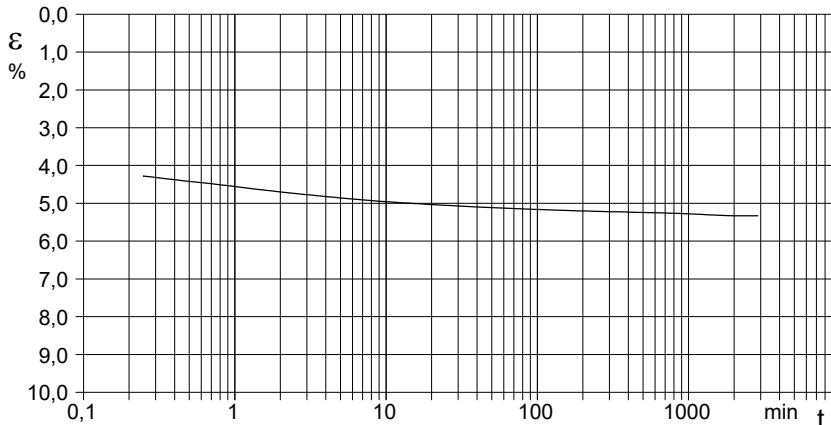


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,367
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



$V_s = \text{Velocità stimata di prova}$     $D_f = \text{Deformazione a rottura stimata}$     $t_f = 50 \times T_{50}$     $V_s = D_f / t_f$



COMMITTENTE:	Altenergia srl		
RIFERIMENTO:	Castiglion Fiorentino (AR)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	2	PROFONDITA': m 1.00

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	69	120	182
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	6,08	6,47	6,90
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,02	0,30	0,58
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 16,8	--- 25,3	--- 17,0
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,9 23,2	18,8 23,5	20,2 23,6

**DIAGRAMMA**  
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	15,8 kPa
Angolo di attrito interno:	28,3 °

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

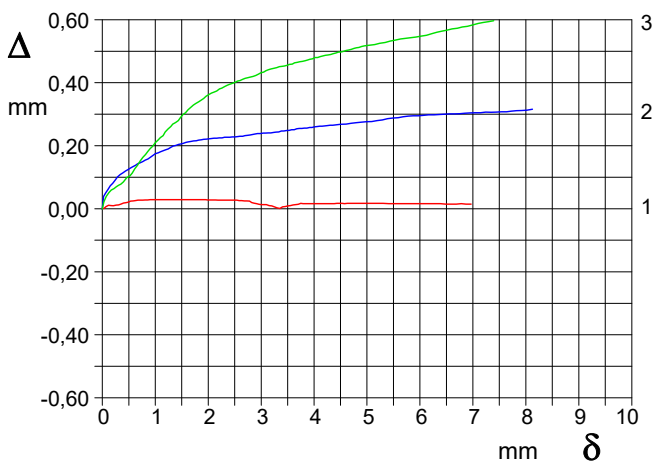
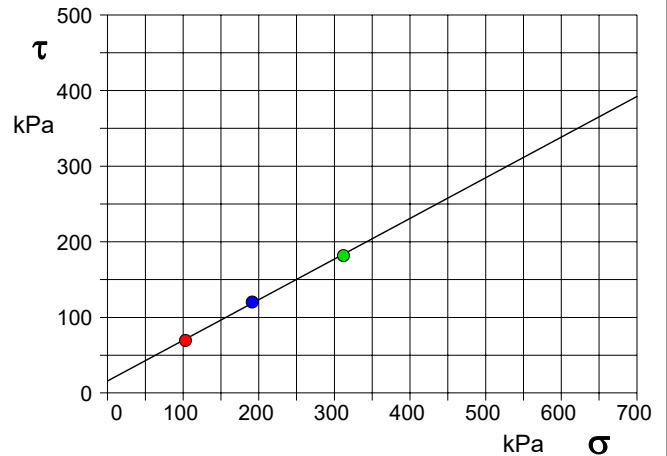


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

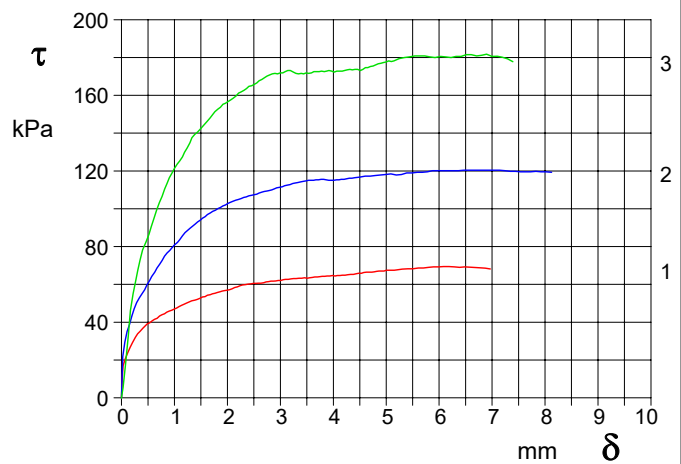


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Località Castroncello  
Comune di Castiglion Fiorentino  
**Profilo ESAC - MASW**

Data: 17 novembre 2025

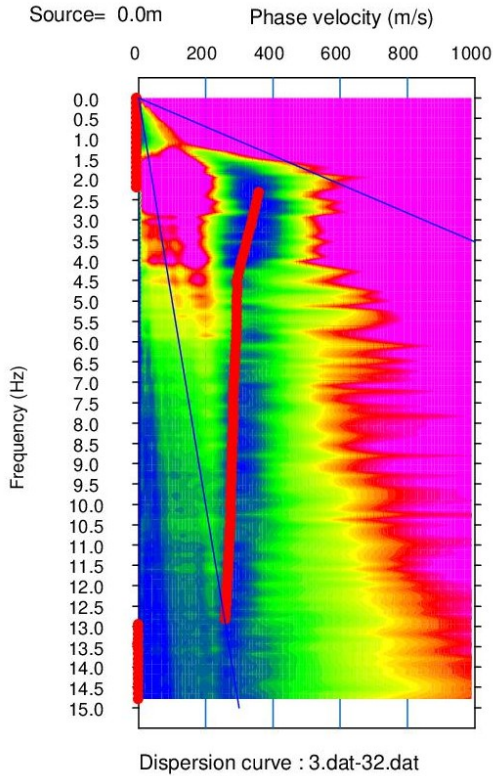
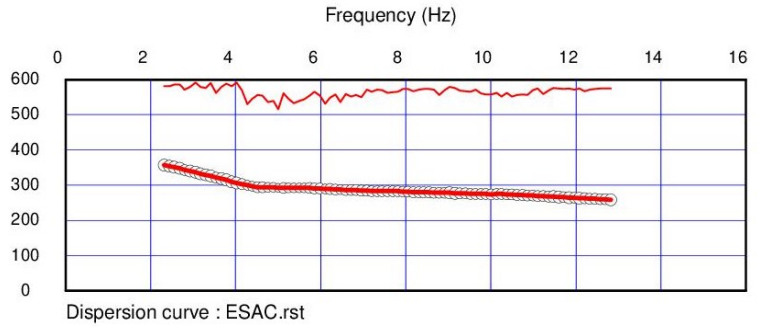


Grafico Velocità di fase-Frequenza (ESAC)



Curva di dispersione (ESAC)

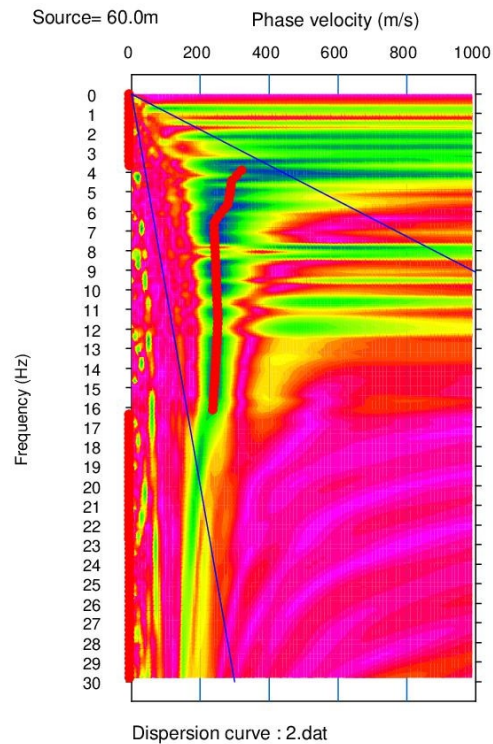
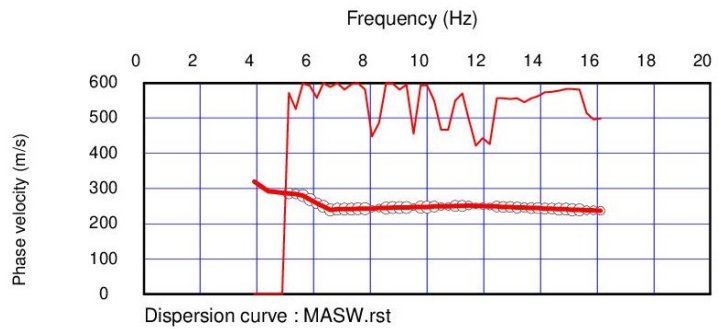
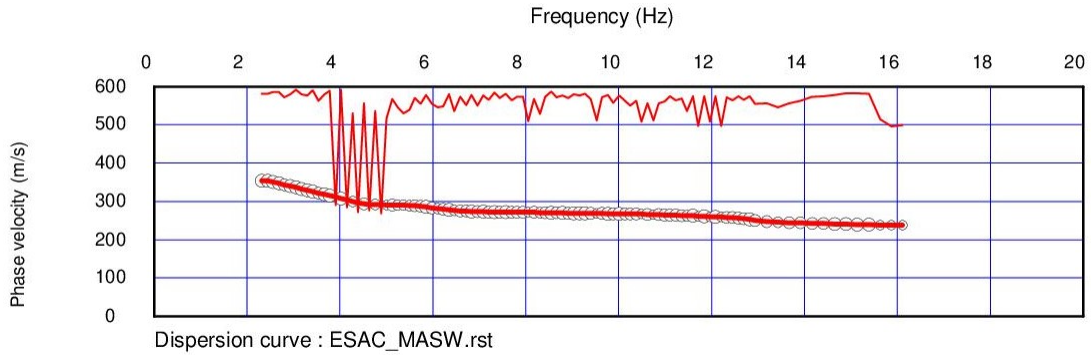


Grafico Velocità di fase-Frequenza (MASW)

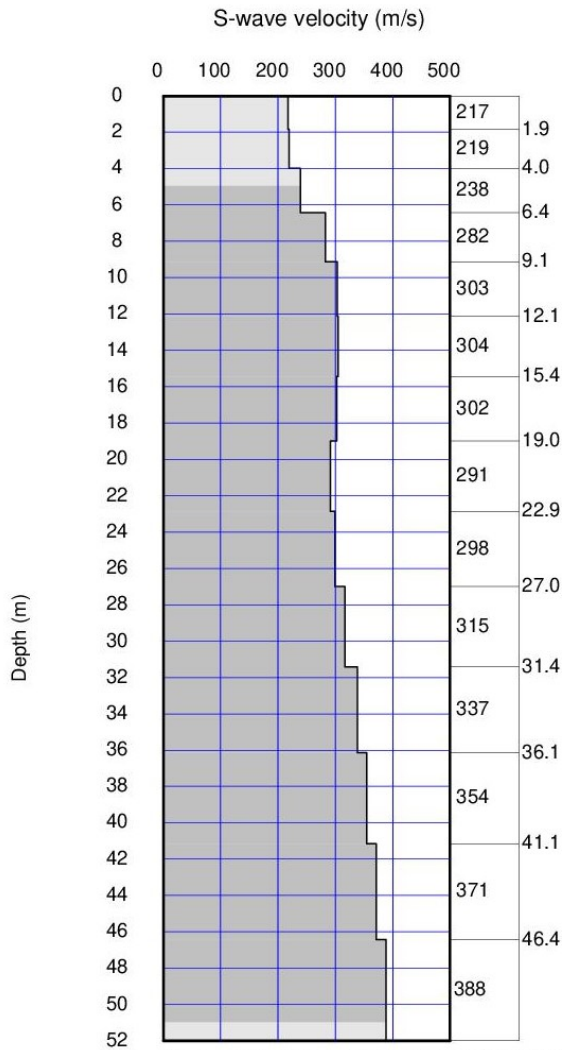


Curva di dispersione (MASW)

Località Cerreto Guidi  
 Piazza XX Settembre  
**Profilo ESAC - MASW**  
 Data: 20 aprile 2022



Curva di dispersione congiunta ESAC - MASW



S-wave velocity model (inverted) : ESAC\_MASW.rst

Average Vs 30m = 280.5 m/sec

Ricostruzione stratigrafica indicativa congiunta ESAC – MASW

*Località Cerreto Guidi*  
*Piazza XX Settembre*  
**Profilo ESAC - MASW**  
Data: 20 aprile 2022

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



Mannori & Associati Geologia Tecnica  
Largo San Biagio, 149 – 51100 Pistoia  
Tel 0573368448 – Email mannori@mannorieassociati.it

Località Cerreto Guidi  
Piazza XX Settembre

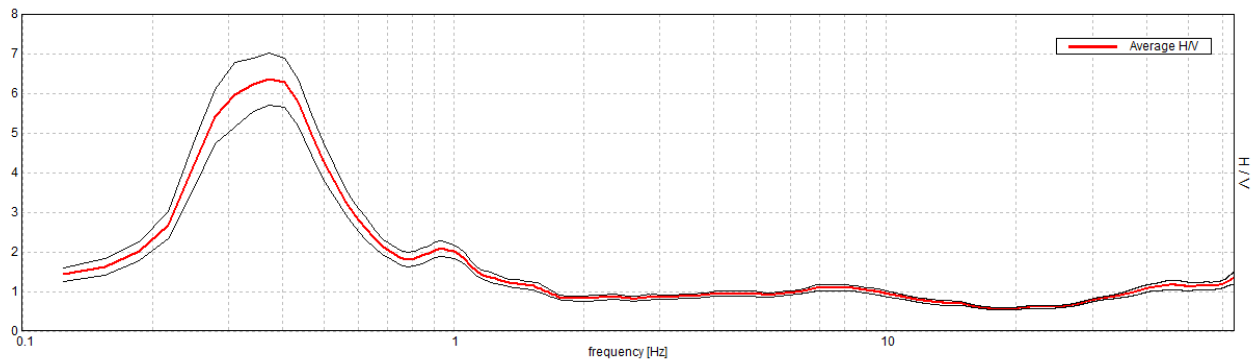
### Misure HVSR

Strumento: TZ3-0015/01-13  
Formato dati: 32 byte  
Fondo scala [mV]: 51  
Inizio registrazione: 17/11/25 15:05:40 Fine registrazione: 17/11/25 15:35:40  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

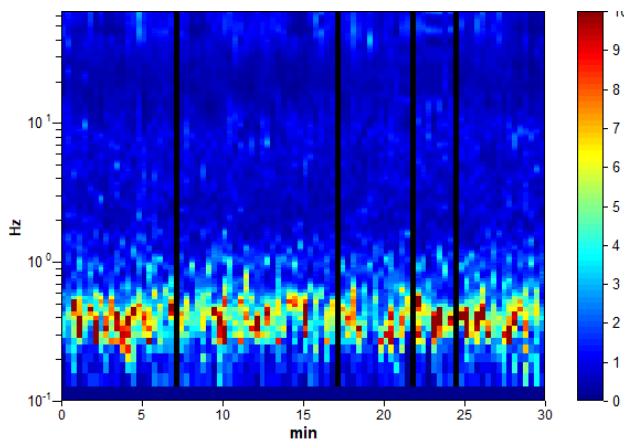
Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 96% tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 10%

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

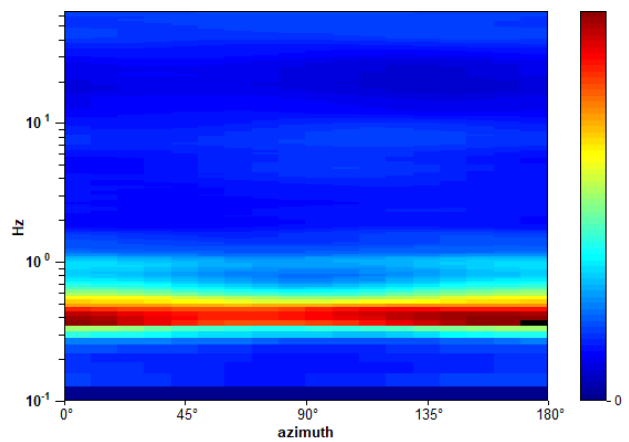
Max. H/V at 0.38 ± 0.04 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



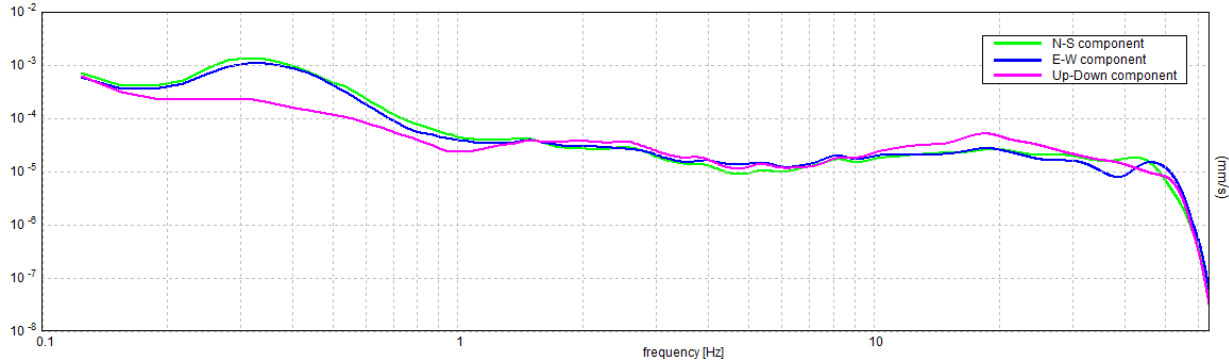
#### SERIE TEMPORALE H/V



#### DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $0.38 \pm 0.04$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.38 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$645.0 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 19	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.219 Hz	<b>OK</b>	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.594 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$6.35 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11331  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04249 < 0.075$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.656 < 2.5$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$

Mannori & Associati Geologia Tecnica  
Largo San Biagio, 149 – 51100 Pistoia  
Tel 0573368448 – Email mannori@mannorieassociati.it

$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
---------------	---

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

