

# IMPIANTO FOTOVOLTAICO 'MONTALTO PESCIA'

Regione Lazio, Provincia di Viterbo, Comune di Montalto di Castro  
Regione Toscana, Provincia di Grosseto, Comune di Manciano

Titolo elaborato

## RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E IDRAULICA

Proponente



**IBERDROLA RENEVABLES ITALIA S.p.A.**

Piazzale dell'Industria 40/46, Roma

Studio di impatto ambientale e integrazione delle prestazioni specialistiche



**ENVIarea snc stp**

Viale XX Settembre 266bis, Carrara (MS)

Progettazione specialistica



**Geol. Alessandro Murratzu**

Ordine dei Geologi della Toscana, n. 640

Scala	Formato	Codice elaborato
-	A4	<b>MNT-VIA-REL-06-00</b>

Revisione	Data	Descrizione
00	05/2022	Emissione per VIA art. 23
01	-	-
02	-	-

Proponente: Iberdrola Renovables Italia S.p.A.



*RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA ED IDRAULICA DI SUPPORTO AL PROCEDIMENTO DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE (EX ART. 23 D.LGS. 152/2006) PER IL PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "MONTALTO-PESCIA" NEL COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO (VT) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DI UN NUOVA STAZIONE ELETTRICA (S.E.) POSTA NEL COMUNE DI MANCIANO (GR)*

Maggio 2022

## SOMMARIO

1 – PREMESSA .....	1
AREA IMPIANTO.....	3
AREA S.E. TERNA DI MANCIANO .....	5
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO.....	6
AREA IMPIANTO.....	6
AREA S.E. TERNA DI MANCIANO .....	7
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOTECNICO.....	8
AREA IMPIANTO.....	8
AREA S.E. TERNA DI MANCIANO .....	9
4. CONSIDERAZIONI GENERALI SULL'ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO.....	9
AREA IMPIANTO.....	9
AREA S.E. TERNA DI MANCIANO .....	10
5. STUDI DI SUPPORTO ALLO S.U.G. VIGENTE: CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITA' DELL'AREA.....	11
AREA IMPIANTO.....	11
AREA S.E. TERNA DI MANCIANO .....	11
5.1 Considerazioni sul Piano di Assetto Idrogeologico – AREA S.E. TERNA DI MANCIANO .....	13
5.2 Considerazioni relative al tracciato del cavidotto ed al suo attraversamento di corsi d'acqua.....	14
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU E CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI – AREA IMPIANTO .....	16
6.1 Criteri di indagine .....	16
6.2 Descrizione delle indagini .....	16
6.3 Caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area d'intervento .....	17
6.4 Caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e modellazione geotecnica .....	19
6.5 Categoria di sottosuolo.....	23
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU E CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI – AREA S.E. TERNA DI MANCIANO.....	25
7.1 Criteri di indagine .....	25
7.2 Descrizione delle indagini .....	25
7.3 Caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area d'intervento .....	26
7.4 Caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e modellazione geotecnica .....	27
7.5 Categoria di sottosuolo.....	27
8. MODELLAZIONE SISMICA .....	29
AREA IMPIANTO.....	29
AREA S.E. TERNA DI MANCIANO .....	32
8. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	35
8.1– Parametri caratteristici e di progetto .....	35
AREA IMPIANTO.....	35
AREA S.E. TERNA DI MANCIANO .....	37
9. CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO CONCLUSIONI.....	38
AREA IMPIANTO.....	38
AREA S.E. TERNA DI MANCIANO .....	39
9.1– Vincolo Idrogeologico (D.P.G.R. n.48/R del 08/08/2003 e s.m.i.): considerazioni sull'assetto idrogeologico dell'area e verifiche di stabilità dei terreni .....	40

### ELABORATI CARTOGRAFICI

#### ALLEGATI:

- Allegato 1 - certificati prove penetrometriche statiche/dinamiche

(sezione "Area Impianto" e "S.E. Terna – Manciano)

- Allegato 2 - indagine sismica M.A.S.W.

(sezione "Area Impianto" e "S.E. Terna – Manciano)

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA ED IDRAULICA DI SUPPORTO AL PROCEDIMENTO DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE (EX ART. 23 D.LGS. 152/2006) PER IL PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “MONTALTO-PESCIA” NEL COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO (VT) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DI UN NUOVA STAZIONE ELETTRICA (S.E.) POSTA NEL COMUNE DI MANCIANO (GR)**

\*\*\*\*\*

**1 – PREMESSA**

Il presente documento costituisce la relazione geologico-geotecnica e idraulica da allegare all'avvio del procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale (ex art. 23 D.lgs. 152/2006) inerente il progetto per la realizzazione di impianto fotovoltaico ad inseguimento monoassiale con potenza nominale pari a 65.286 kWp (@STC) e tecnologia a silicio monocristallino installato a terra avanzato da Iberdrola Renovables Italia S.p.A. con sede legale in Piazzale dell'Industria n. 40, 00144 Roma (RM). L'impianto fotovoltaico sarà connesso mediante opportuni collegamenti alla RTN di una nuova stazione elettrica (S.E.) posta nel comune di Manciano (GR).

La connessione prevede l'inserimento dell'impianto alla RTN mediante collegamento in antenna a 132 kV con la sezione 132 kV di una nuova Stazione Elettrica (S.E.) della RTN a 380/132 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV “Montalto-Suvereto”. La nuova SE, denominata “Maccabove” della RTN a 380/132 kV sorgerà nel Comune di Manciano (GR).

**SI SPECIFICA CHE**

il presente studio analizza gli impatti associati alle seguenti opere (Fig. A):

- impianto fotovoltaico denominato “Montalto-Pescia”, da realizzarsi nei territori del comune di Montalto di Castro (VT) – Regione Lazio.
- stazione elettrica (SE TERNA “Maccabove”) della RTN 380/132 kV da realizzarsi nei territori del Comune di Manciano (GR) - Regione Toscana.
- raccordi aerei a 380 kV tra la nuova stazione elettrica di Manciano e l'esistente elettrodotto 380 kV “Montalto – Suvereto” da realizzarsi nei territori del Comune di Manciano (GR) - Regione Toscana.
- cavidotto interrato in MT che dalla cabina di centrale raggiunge la sottostazione elettrica utente di trasformazione 30/132 kV (SSEU Iberdrola).

Il presente studio non prende in considerazione gli impatti generati dalla realizzazione:

- della sottostazione elettrica utente di trasformazione 30/132 kV (SSEU Iberdrola) al fine di connettere alla RTN l'impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare;
- dalle opere di connessione per l'inserimento dell'impianto fotovoltaico alla RTN mediante collegamento in antenna a 132 kV con la sezione 132 kV di una nuova Stazione Elettrica (SE)

della RTN a 380/132 kV e il cavidotto interrato in MT che dalla cabina di centrale raggiunge la sottostazione elettrica utente di trasformazione 30/132 kV (SSEU Iberdrola);

- dell'area comune -condivisione stallo che riceve l'energia proveniente dagli impianti di diversi produttori a 132 kV e la convoglia nel punto fisico di connessione della RTN alla tensione di 132kV situato all'interno della sottostazione elettrica.

che e rientrano tra le opere previste per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico a terra da circa 62,3 Mwp, denominato "Manciano", sito in loc. Poggio Contino, Comune di Manciano (GR) per il quale è stato avviato un procedimento di verifica di assoggettabilità a VIA in data 29/01/2021.

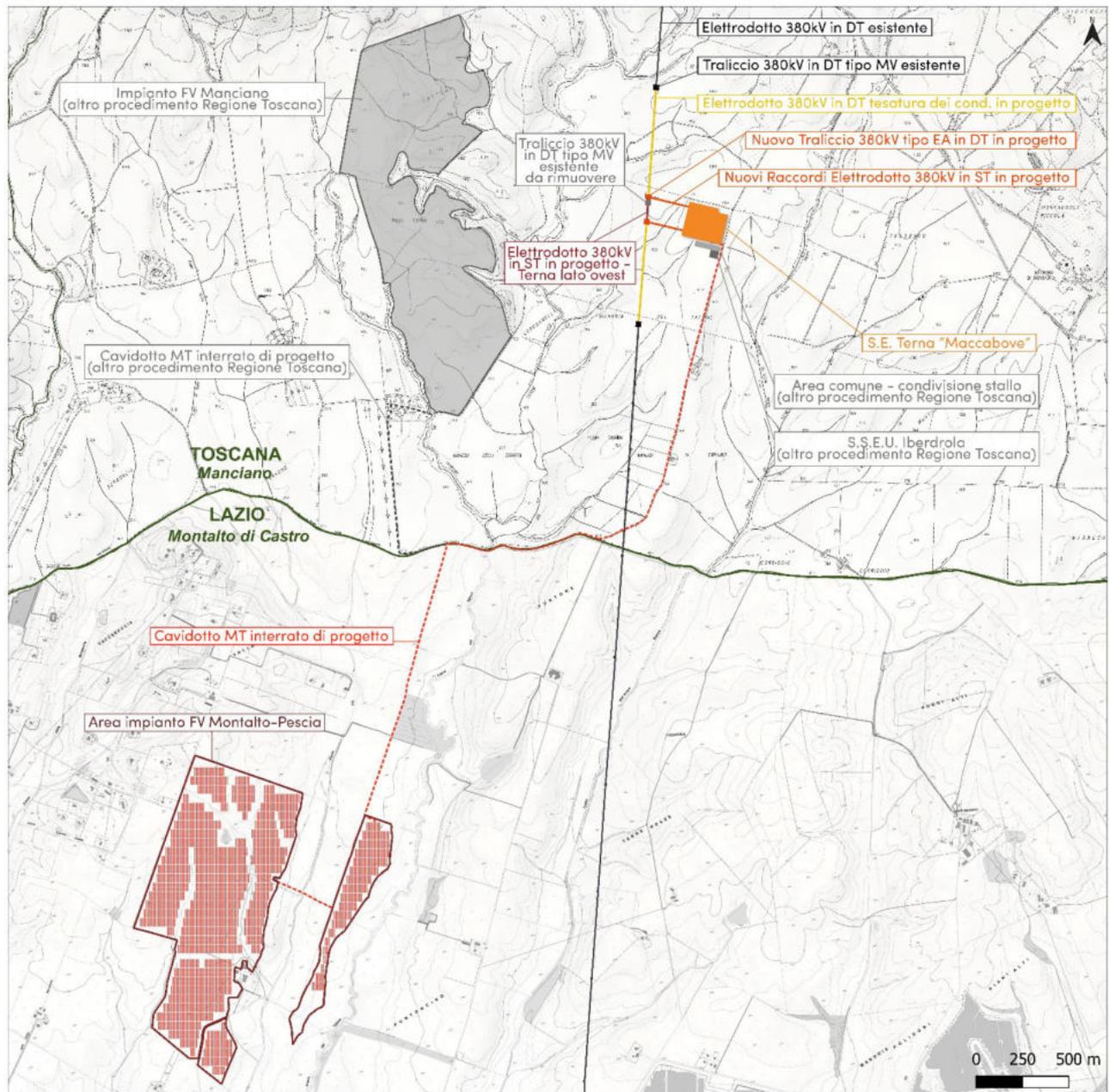


Fig. A - Opere analizzate

## AREA IMPIANTO

Il progetto prevede l'installazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia da fonte rinnovabile nel comune di Montalto di Castro, provincia di Viterbo, in località Imposto Vaccareccia, in un'area compresa tra il Fosso del Tafone ad est e la strada Vaccareccia ad ovest, mentre al centro (ma non incluso nel perimetro del progetto) scorre il fosso del Tafoncino. L'area è posta a meno di 1,5 km dal confine Lazio-Toscana.

Il progetto per il quale si richiede la connessione in rete è un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare che prevede di installare 120.900 moduli fotovoltaici bifacciali in silicio monocristallino da 540 Wp ciascuno, su strutture ad inseguimento monoassiale in acciaio zincato a caldo mediante infissione nel terreno.

L'impianto fotovoltaico sarà costituito complessivamente da 9 sottocampi fotovoltaici suddivisi come di seguito indicato:

- n° 4 sottocampi, costituiti ognuno da 188 inseguitori e con una potenza nominale pari a 7.918,56 kWp.
- n° 4 sottocampi, costituiti ognuno da 154 inseguitori e con una potenza nominale pari a 6.486,48 kWp.
- n° 1 sottocampi, costituiti ognuno da 182 inseguitori e con una potenza nominale pari a 7.665,84 kWp.

La tensione MT interna al campo fotovoltaico sarà pari a 30 kV. Le linee elettriche MT, in uscita dalle cabine di sottocampo, verranno poi collegate ad una cabina di centrale, mediante un collegamento a semplice anello e conformemente allo schema elettrico unifilare. I cavidotti interrati a 30 kV interni all'impianto fotovoltaico avranno un percorso interamente su strade private, mentre i cavidotti che collegheranno la cabina di centrale alla cabina di stazione (situata all'interno della SSEU) avranno un percorso su strade private e parzialmente su strade pubbliche. I cavidotti interrati saranno costituiti da terne di conduttori ad elica visibile. Nei punti d'intersezione con i corsi d'acqua, il cavidotto verrà interrato mediante "spingi tubo" ad una profondità di 2,5 m dal fondo dell'alveo, con la realizzazione di pozzetti di sezionamento in entrata e in uscita, posti esternamente alla fascia di rispetto fluviale.

I 9 sottocampi saranno raggruppati in due sezioni afferenti alla cabina di raccolta denominata cabina di centrale. La cabina di centrale sarà poi collegata alla cabina di stazione, (situata all'interno della SSEU), mediante due cavidotti interrati a doppia terna di conduttori ad elica visibile. La cabina di stazione, ubicata all'interno della nuova sottostazione elettrica di trasformazione utente (SSEU), riceve l'energia elettrica proveniente dall'impianto fotovoltaico ad una tensione pari a 30 kV e mediante un trasformatore elevatore AT/MT eleva la tensione al livello della RTN pari a 132 kV, per poi essere ceduta alla rete RTN. La connessione alla RTN è prevista mediante dell'elettrodotto aereo a 132 kV, previa condivisione dello stallo nella nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Montalto-Suvereto".

Il generatore fotovoltaico è suddiviso in 9 sottocampi di differenti tipologie. In particolare, sarà costituito da:

- N° 4 Sottocampi fotovoltaici aventi le seguenti caratteristiche:
  - 14.664 moduli da 540 Wp/cad;
  - 564 stringhe;
  - 26 moduli per stringa;
  - potenza sottocampo pari a 7.918,56 Wp;
  - una cabina di sottocampo con 4 inverter, quadri BT, MT e 1 trasformatore da 7.200 kVA.
- N° 4 Sottocampi fotovoltaici aventi le seguenti caratteristiche:
  - 12.012 moduli da 540 Wp/cad;
  - 462 stringhe;
  - 26 moduli per stringa;
  - potenza sottocampo pari a 6.486,48 Wp;
  - una cabina di sottocampo con 4 inverter, quadri BT, MT e 1 trasformatore da 7.200 kVA.
- N° 1 Sottocampo fotovoltaico avente le seguenti caratteristiche:
  - 14.196 moduli da 540 Wp/cad;
  - 546 stringhe;
  - 26 moduli per stringa;
  - potenza sottocampo pari a 7.665,84 Wp;
  - una cabina di sottocampo con 4 inverter, quadri BT, MT e 1 trasformatore da 7.200 kVA

Dall'impianto partirà, poi, il cavidotto interrato che, seguendo la viabilità esistente, arriverà nell'area dove è presente la SSE "Iberdrola" e la nuova SE di Manciano.

Per maggiori dettagli tecnici si rimanda alle relazioni specialistiche redatte dalle Società Antex group ed Ingegneria & Innovazione.

Partendo dal quadro conoscitivo derivante dalla consultazione del P.R.G. comunale, la presente relazione geologica viene redatta a seguito di adeguati approfondimenti di carattere geologico, geomorfologico ed idrologico – idraulico.

Il Comune di Montalto di Castro è classificato fra i comuni sismici in zona 3b (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Lazio n. 387 del 22 maggio 2009, successivamente modificata con la D.G.R. n. 571 del 2 agosto 2019) ossia zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. La sottozona 3B indica un valore di  $ag < 0,10g$ .

*Si fa presente che l'area d'intervento non risulta interessata dal Vincolo Idrogeologico se non per una piccola parte attraversata dal cavidotto interrato (R.D. 3267/1923 e R.D. n. 1126/1926; la regione Lazio ha decentrato parte delle competenze in materia di Vincolo Idrogeologico agli Enti Locali con Legge Regionale n.53 del 11 dicembre 1998 e Deliberazione di Giunta Regionale n. 3888 del 30 settembre 1998 e ha regolamentato il rilascio di tale parere tramite la Pubblicazione di Linee Guida con il DGR 2649/1999 – Fig. 1.).*

## AREA S.E. TERNA DI MANCIANO

Dal punto di vista catastale, l'area in cui si prevede di realizzare la SE "Maccabove" di Manciano e i nuovi raccordi, ricadono nella particella catastale 10 del Foglio 269 del Comune di Manciano (GR).

La nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/132 kV si inserirà in entrata alla linea RTN 380 kV "Montalto-Suvereto".

La nuova Stazione Elettrica di Manciano sarà composta da una sezione a 380 kV, una sezione a 132 kV e saranno installati n. 2 Autotrasformatori (ATR) 380/132 kV, con una planimetria elettromeccanica di dimensione 188,6x219 m.

La sezione a 132 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà costituita da:

- n. 01 sistema a doppia sbarra;
- n. 01 stallo linea;
- n. 01 stallo parallelo sbarre;
- n. 08 stalli linea disponibili;
- n. 02 stalli secondario ATR.

La sezione a 380 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà costituita da:

- n° 01 sistema a doppia sbarra;
- n° 02 stalli linea;
- n° 02 stalli primario ATR;
- n° 01 stallo parallelo sbarre;
- n° 01 stalli linea disponibili.

Per ciò che riguarda i nuovi raccordi, essi avranno uno sviluppo complessivo pari a 450 metri e collegheranno la nuova stazione elettrica di Manciano e l'esistente elettrodotto 380 kV "Montalto – Suvereto". Si prevede l'infissione lungo l'asse della linea 380 kV "Montalto – Suvereto" di due sostegni di tipo EA in doppia terna di altezza pari a 39 m; la terna ad Ovest proseguirà lungo l'asse della linea esistente mentre quella ad Est entrerà in stazione.

Per maggiori dettagli tecnici si rimanda alle relazioni specialistiche redatte dalle Società Antex group ed Ingegneria & Innovazione.

Partendo dal quadro conoscitivo derivante dalla consultazione del Piano Strutturale (P.S.) comunale, la presente relazione geologica viene redatta a seguito di adeguati approfondimenti di carattere geologico, geomorfologico ed idrologico – idraulico.

Il Comune di Manciano è classificato fra i comuni sismici in zona 3 (Ordinanza P.C.M. n. 3274/03 e s.m.i. e Del. G.R.T. n.421 del 26/05/2014).

*Si fa presente che l'area d'intervento risulta interessata dal Vincolo Idrogeologico (R.D. 3267/1923 e L.R. 39/00 con relativo Regolamento di Attuazione D.P.G.R. n. 48/R del 08/08/2003 e s.m.i. – Fig. 1a).*

## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO**

### **AREA IMPIANTO**

L'area dove verrà realizzato l'impianto fotovoltaico denominato "Montalto-Pescia" ricade nella porzione settentrionale del comune di Montalto di Castro (VT), quasi al confine con il limite regionale Lazio - Toscana, in una zona collinare posta in località Imposto Vaccareccia. Il perimetro borda ad est il fosso del Tafone mentre, tra le due aree in cui è suddiviso il perimetro, scorre il fosso del Tafoncino, mentre ad ovest borda la strada Vaccareccia (figg. 2 - 2a).

Poco più a sud, a circa 1.6 km passa la SS1 "Aurelia" e il centro abitato più prossimo dista circa 3 km e coincide con la frazione di Pescia Romana.

L'area in cui è prevista la realizzazione dell'impianto fotovoltaico "Montalto-Pescia" è rappresentata da blandi rilievi collinari allungati in direzione sostanzialmente ortogonale alla linea di costa, tra le colline interessate dall'incisione dei corsi d'acqua presenti (fosso del Tafone e fosso del Tafoncino principalmente).

Tale area si pone nella sua totalità lungo un esteso colle baulato che si sviluppa in direzione SSW. La porzione topograficamente più rilevata, nella fascia nord, raggiunge circa i 60 m s.l.m., mentre la quota minima interessata è circa 38 m s.l.m.

Da un punto di vista geomorfologico, sia a livello comunale che provinciale che regionale, non si è riusciti a reperire una cartografia che descriva i principali elementi geomorfologici.

Il layout dell'impianto mostra come il cavidotto interrato interferisce con i fossi in alcuni punti (rifarsi all'allegato del progetto definitivo "Piano Tecnico delle Interferenze):

- Interferenza 1 – la condotta interrata interferisce con il fosso del Tafone nel punto di confine regionale, in corrispondenza della strada dell'Abbadia;
- Interferenza 2 – la condotta interrata interferisce con un fosso che si immette nel fosso del Tafoncino;
- Interferenza 3 – la condotta interrata interferisce con il fosso del Tafoncino;
- Interferenza 4 - la condotta interrata interferisce con un fosso che si immette nel fosso del Tafoncino.

In data 7 gennaio 2021 è stato effettuato un rilievo geologico - geomorfologico di dettaglio, volto ad individuare gli elementi geomorfologici principali in un'areale più esteso rispetto al perimetro in cui verrà realizzato l'impianto in oggetto (fig. 3).

Tale rilievo ha evidenziato la presenza di un areale con terreni a pendenze variabili: nella porzione centrale non inclusa all'interno del perimetro, lungo un versante con pendenze maggiori, si rinvennero segnali di soliflusso. Tale areale è escluso dalla presenza dei pannelli fotovoltaici, ma è interessata dall'attraversamento della condotta interrata.

Spostandosi più ad ovest, si ritrovano dei pendii con pendenze abbastanza elevate interessate da fenomeni di erosione incanalata.

Nelle immediate vicinanze sono presenti due fossi: il fosso del Tafoncino (che scorre tra i due areali individuati) e il fosso del Tafone, ad est. Nessuno dei due corsi d'acqua rientra all'interno dei perimetri individuati.

In conclusione, sulla base di quanto evidenziato dal rilievo effettuato è possibile affermare che l'areale scelto presenti buone caratteristiche dal punto di vista geomorfologico: sono presenti, però, piccole criticità, di sola natura geomorfologica, così come sopra esplicitato, che possono condizionare l'intervento progettato in alcuni punti.

## AREA S.E. TERNA DI MANCIANO

L'area dove verrà realizzata la nuova Stazione Elettrica denominata "Maccabove" di Manciano ricade nella porzione meridionale del comune di Manciano (GR), in prossimità dei toponimi Mandria del Tafone e Maccabove, in un'area collinare a basse pendenze delimitata ad ovest dal Fosso del Tafone e ad est dal Borro dell'Acqua Bianca, in prossimità del confine tra Lazio e Toscana (figg. 2b – 2c). Il cavidotto, dalla stazione elettrica, percorre la strada sterrata fino al confine regionale per poi percorrere la strada dell'Abbadia per circa 800/1000 m.

L'area di interesse presenta una quota variabile tra i 105 m s.l.m. in corrispondenza della Stazione Elettrica e i 54 m s.l.m. in corrispondenza della condotta, nel punto di confine regionale.

L'area di interesse si colloca nella parte più meridionale della provincia di Grosseto, sulle ultime propaggini collinari che poi terminano nella piana della Tuscia Viterbese.

Come riportato nel piano paesaggistico – ambito 20 bassa Maremma e ripiano tufacei – l'area della bassa Maremma è costituita da una successione di paesaggi fisiograficamente diversificati: dalle propaggini meridionali del Monte Amiata, ai ripiani tufacei (unici in tutta la Toscana), al paesaggio collinare complesso formato da rilievi isolati, brevi successioni di rilievi e piccoli altopiani, fino al paesaggio agrario di fondovalle e della bonifica, e ai rilievi costieri e insulari

Nello specifico, la zona di Manciano fa parte del sistema morfogenetico della Collina dei bacini neo-quadernari a litologie alternate, dove le forme principali sono legate ad un modellamento erosivo intenso, sono presenti rari ripiani sommitali residuali e versanti ripidi con movimenti di massa come balze e calanchi (come sono presenti anche lungo il perimetro dell'area d'interesse, nella sua parte centrale, ad est). Sono presenti litologie costituite da alternanza di depositi neo-quadernari diversi con suoli dei sistemi a sabbie e argille dominanti.

Dal punto di vista dell'uso del suolo, l'area è caratterizzata da un paesaggio dove predomina il seminativo irriguo e non irriguo.

Dalla consultazione della carta geomorfologica del Piano Strutturale (Fig. 3a) l'area in esame è interessata principalmente da superfici di terrazzamento fluviale. Essi sono presenti anche lungo il percorso del cavidotto. Nessun elemento geomorfologico di natura gravitativa interessa l'area in esame.

In data 23 marzo 2020 è stato effettuato un rilievo geologico - geomorfologico di dettaglio, volto ad individuare gli elementi geomorfologici principali e verificare quelli effettivamente presenti che non ha evidenziato problematiche geomorfologiche in corrispondenza dell'area d'installazione della

SE Maccabove, confermando quindi ciò che è riportato nel Piano Strutturale. Nel corso di un ulteriore rilievo effettuato a marzo 2021, si è evidenziata, però, la presenza di un piccolo avvallamento lungo la strada sterrata dove verrà interrato il cavidotto, probabilmente dovuto alle numerose piogge invernali (fig. 3b). Considerando la tipologia d'opera, non si riscontrano, comunque, problematiche nella sua installazione e si consiglia, quindi, la posa in opera di tubazioni flessibili.

Inoltre, si segnala che il cavidotto interrato interferisce con il fosso del Tafone lungo il confine regionale, in corrispondenza della strada dell'Abbadia.

In base a quanto evidenziato dal rilievo geomorfologico effettuato, è possibile affermare, quindi, che non vi sono criticità, di natura geomorfologica, in grado di compromettere la fattibilità degli interventi di progetto.

### **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOTECNICO**

#### **AREA IMPIANTO**

Dal punto di vista geologico si rileva la presenza di depositi riferibili al "Complesso costiero-alluvionale", affiorante nell'area in esame e lungo tutta la fascia costiera, sino a lambire le pendici dei rilievi di M. Maggiore e M. Capita. Il complesso comprende tutti i sedimenti marini di età Tirreniana e Siciliana, i quali costituiscono i vasti terrazzi che, dall'entroterra, degradano dolcemente verso il mare. Nello specifico in affioramento si evince la presenza di depositi prevalentemente limoso-sabbiosi, a luoghi debolmente ghiaiosi, con orizzonti conglomeratici, riferibili ad ambienti deposizionali marini e salmastri.

Nello specifico, dall'analisi della carta geologica della Regione Lazio a scala 1:25.000, estrapolata dal portale della regione Lazio, si evidenzia la presenza delle seguenti litologie vulcaniche (Fig. 4):

- terreni ghiaiosi/sabbiosi/argillosi
- terreni prevalentemente sabbiosi

I terreni ghiaiosi/sabbiosi/argillosi coincidono con terreni alluvionali ghiaiosi, sabbiosi, argillosi antiche terrazzate, depositi fluvio-lacustri antichi. Tali depositi, di età plio-plestocenici, si presentano prevalentemente sabbiosi a luoghi cementati in facies marina e di transizione che si presentano terrazzati lungo la costa.

I terreni sabbiosi coincidono con depositi prevalentemente sabbiosi a luoghi cementati in facies marina e di transizione terrazzati lungo la costa, di età plio-pleistocenici. Essi risultano costituiti in parte anche da ciottolami e livelli argillosi.

Il rilievo geologico di dettaglio effettuato ha permesso di evidenziare che l'area risulta interessata principalmente dalla presenza di terreni alluvionali e marini plio-pleistocenici, attualmente lavorati, con pendenze variabili.

## AREA S.E. TERNA DI MANCIANO

Dall'analisi della carta geologica del P.S. del comune di Manciano (Fig. 4a), le unità che affiorano nell'area interessata dalle opere sono le seguenti:

- Depositi alluvionali terrazzati recenti bn1 (olocene) e antichi bn2 (pleistocene)
- eb – depositi palustri
- FAA Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere

Quindi, la SE Maccabove si localizza in terreni pliocenici alluvionali, mentre il cavidotto interrato, oltre ad interessare gli stessi terreni sopra citati, attraversa dei depositi palustri e depositi costituiti da argille grigio-azzurre, oltre a depositi alluvionali più recenti (in corrispondenza del fosso del Tafone).

Non si evidenziano criticità geologiche degne di nota lungo il tratto segnalato.

Dalla carta litologico-tecnica del P.S. di Manciano (Fig. 4b) si può evidenziare come i terreni affioranti lungo il cavidotto e in corrispondenza della Stazione Elettrica risultano depositi a comportamento tendenzialmente incoerente, con un rapporto granulare/coesivo  $>1$  e con un grado di addensamento da medio-elevato a basso-nullo. Una piccola parte dell'area, è interessata da un'alternanza di litotipi diversi, con rapporto argillitico/lapideo  $>1$ .

## 4. CONSIDERAZIONI GENERALI SULL'ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO

### AREA IMPIANTO

Dal punto di vista idrogeologico, si evince la presenza di numerosi compluvi a carattere stagionale che confluiscono nei principali collettori dell'area, costituiti dal Fosso Tafone, del Tafoncino e dal Fosso dell'Acqua Bianca (più ad est). L'elevato numero di corsi d'acqua evidenzia una permeabilità superficiale dei terreni sostanzialmente medio-bassa, che però tende a modificarsi repentinamente nei depositi al di sotto del piano di campagna, in relazione alla notevole eterogeneità granulometrica degli stessi.

Infatti, per quanto concerne le caratteristiche idrogeologiche dei terreni investigati, dal portale cartografico della provincia di Viterbo risulta che i terreni alluvionali presentano livelli a differenti granulometrie e di conseguenza una elevata variabilità della permeabilità in senso stretto che spazia da media ad alta.

Anche i depositi prevalentemente sabbiosi presenti risultano avere una permeabilità variabile dovuti a granulometrie differenti che varia da media ad alta (fig. 5).

In un intorno di 200 m dall'area d'intervento non si rilevano inoltre pozzi potabili destinati al consumo umano (art. 94, comma 6 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.).

L'impianto in progetto verrà realizzato in un'area interessata dalla presenza di due fossi principali (il fosso del Tafone e quello del Tafoncino) e di alcuni fossi di natura stagionale, dei quali comunque andrà tenuto conto, al fine di veicolare correttamente le acque meteoriche ruscellanti

nell'area. Si specifica che i due fossi principali non rientrano nell'areale di realizzazione dell'impianto.

Come già specificato il cavidotto interrato interseca i fossi presenti in 4 punti, lungo il suo tracciato.

Per quanto riguarda i pannelli fotovoltaici, si fa presente che le caratteristiche progettuali rispettano le fasce di rispetto da tali corsi d'acqua ai sensi del RD 523/1904.

Inoltre, dalla consultazione della carta idrogeologica ricavata dalle misure dei livelli piezometrici a livello provinciale (fig. 5bis) si può notare come le isopieze indichino un deflusso direzionato SO ed una quota per la falda di base compresa fra massimi di 18 metri s.l.m. e 38 m. s.l.m. circa che, visti i valori della topografia, portano la falda acquifera ad una profondità media compresa fra 20 e 30 metri dal p.c. Sulla base di ciò appare possibile escludere sia qualsiasi interazione fra le strutture e la falda, anche in considerazione di eccezionali variazioni stagionali.

Pertanto, sulla base delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni, nonché delle specifiche progettuali dell'intervento, che prevede sostanzialmente l'infissione di pali in acciaio (strutture portanti dei pannelli fotovoltaici) nel terreno per la profondità di 1,50 m, nonché la realizzazione di cabinati per il trasporto della corrente elettrica ed accorgimenti mitigatori per facilitare il mantenimento dei parametri idrologici dell'area, oltre che la realizzazione di un cavidotto interrato lungo le strade esistenti che porterà ad uno scavo massimo di 1,5 m, si ritiene che le opere in progetto non comportino alterazioni del regime idrogeologico ed idraulico dell'area.

## AREA S.E. TERNA DI MANCIANO

Per quanto concerne le caratteristiche idrogeologiche dei terreni oggetto d'intervento, in base a quanto riportato dall'estratto della carta idrogeologica e delle aree problematiche idrogeologiche ai sensi del DPGRT 26/R/07 (fig. 5a), la maggior parte dei terreni dell'area dove sarà realizzato l'impianto fotovoltaico presentano una permeabilità primaria per porosità bassa (BP). Il cavidotto, lungo il suo percorso, incontra terreni a permeabilità molto bassa per poi alzarsi, in corrispondenza del fosso del Tafone, dove essa risulta media.

In un intorno di 200 m dall'area d'intervento non si rilevano inoltre pozzi potabili destinati al consumo umano (art. 94, comma 6 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.).

La stazione SE è posta su terreni compresi tra il Fosso del Tafone e il Fosso dell'Acqua Bianca: le caratteristiche progettuali rispettano le fasce di rispetto da tali corsi d'acqua ai sensi del RD 523/1904 e della più attuale normativa L.R.41/2018, art.3 Tutela dei corsi d'acqua.

Il cavidotto interrato interferisce in un punto, al confine regionale, con il fosso del Tafone.

Pertanto, sulla base delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni, nonché delle specifiche progettuali della stazione elettrica "Maccabove", oltre alla realizzazione del cavidotto interrato lungo le strade esistenti che porterà ad uno scavo massimo di 1,5 m, oltre ad accorgimenti mitigatori per facilitare il mantenimento dei parametri idrologici dell'area, si ritiene che le opere in progetto non comportino alterazioni del regime idrogeologico ed idraulico dell'area.

## **5. STUDI DI SUPPORTO ALLO S.U.G. VIGENTE: CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITA' DELL'AREA**

### **AREA IMPIANTO**

Per quanto concerne la pericolosità geomorfologica ed idraulica dell'area in studio, esiste una cartografia a livello comunale, estratta dalla variante al Piano Regolatore del comune di Montalto, i cui elaborati risultano adottati con D.C.C. n. 40 del 19/05/2009.

Essa mostra (anche se la risoluzione risulta molto bassa) un'areale che segue il fosso Tafone individuata come area di esondazione potenziale. Tale area risulta esterna al perimetro dell'impianto e alla condotta interrata (fig. 6).

Tale carta si basa sulle aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico del Piano Territoriale Provinciale Generale (P.T.P.G.) della provincia di Viterbo (fig. 6a): essa mostra un'areale che segue il fosso Tafone definita come area di esondazione potenziale. La carta del P.T.P.G. sembra individuare anche delle piccole frane attive non cartografabili lungo il percorso del fosso, ma la scala di rappresentazione della stessa non risulta idonea ad una visualizzazione a grande scala. Queste piccole frane non risultano visibili, invece, dagli elaborati della variante al Piano Regolatore comunale, ma anche qui la scala di visualizzazione non risulta essere idonea. Esse non sono state individuate anche nel rilievo geomorfologico di dettaglio.

Essi comunque risultano esclusi dal perimetro dell'impianto nonché dal percorso della condotta interrata.

Per quanto concerne la pericolosità geologica ed idraulica dell'area in studio, la Regione Lazio, a seguito di una serie di attività conoscitive e di acquisizione dati, si è dotata di un Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), redatto ai sensi dell'art. 17 della L. 183/89, degli artt. 11 e 12 della L.R. 39/96, dell'art. 1 della L. 267/98 e dell'art. 1bis della L. 365/2000. Tale piano è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale l'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio (autorità in cui ricade il territorio dove verrà realizzata l'opera in oggetto) individua, nell'ambito di competenza, le aree da sottoporre a tutela per la prevenzione e la rimozione delle situazioni di rischio, sia mediante la pianificazione e programmazione di interventi di difesa, sia mediante l'emanazione di norme d'uso del territorio.

La Tavola di Piano 2.02 Nord (fig. 6b) mostra come il perimetro "Montalto-Pescia" non ricade in alcuna area da sottoporre a tutela.

### **AREA S.E. TERNA DI MANCIANO**

Per quanto concerne la pericolosità geologica dell'area in studio, secondo quanto indicato dalla carta della pericolosità geomorfologica vigente (redatto ai sensi del DPGR 26/R/2007) l'area di realizzazione della SE "Maccabove" di Manciano ricade nella seguente classe di pericolosità geomorfologica (fig. 6c):

**CLASSE G.1 – PERICOLOSITA' BASSA**

Il cavidotto interrato, nel suo percorso lungo la strada sterrata già esistente, incontra terreni classificati in:

CLASSE G.1 – PERICOLOSITA' BASSA

CLASSE G.2 – PERICOLOSITA' MEDIA

Solo nel punto di intersezione del cavidotto con il fosso del Tafone, si incontra la

CLASSE G.3 – PERICOLOSITA' ELEVATA

La tipologia di opera che attraverserà il tratto interessato da pericolosità geomorfologica elevata (cavidotto interrato) è comunque un'opera a basso impatto che non porterà ad un aumento del grado di pericolosità. Si rimanda al paragrafo 5.2 per le considerazioni relative al progetto del cavidotto e alla sua intersezione con i fossi esistenti.

Sono stati consultati anche gli elaborati relativi alla pericolosità idraulica del P.S. comunale e la SE "Maccabove" non rientra in nessuna classe di pericolosità. Il cavidotto, per la maggior parte del suo percorso incontra terreni privi di classificazione, per poi interessare le seguenti classi di pericolosità (fig. 6d):

- CLASSE I1 – PERICOLOSITA' BASSA (in corrispondenza dei terreni classificati come paludosi)
- CLASSE I2 – PERICOLOSITA' MEDIA
- CLASSE I3 – PERICOLOSITA' ELEVATA (in corrispondenza del fosso del Tafone)

È stata consultata anche la carta delle aree allagabili del P.S. comunale vigente (fig. 6e): la SE "Maccabove" risulta esclusa da qualsiasi classificazione, come la maggior parte del cavidotto. L'ultima parte del cavidotto, prima di passare nella Regione Lazio, è classificata come

- AREA DI FONDOVALLE

e, in corrispondenza del fosso del Tafone attraversa terreni classificati come

- AREE SOGGETTE AD ESONDAZIONI RICORRENTI

Le aree appartenenti alla categoria "di fondovalle" rientrano in quelle vaste porzioni di territorio, anche lontane dai principali corsi d'acqua, che hanno probabilità di essere allagate a causa di molteplici fattori quali, la mancanza di drenaggio oppure, la concentrazione dei deflussi alla base dei versanti.

Nel rispetto della L.R. 41/2018, la realizzazione di opere come quello in oggetto (cavidotto interrato) è consentita (art. 3 comma 2 lett. b) previa autorizzazione della struttura regionale competente, che verificherà la compatibilità idraulica (art. 3 comma 5).

In merito ad eventuali interferenze delle opere progettate con il reticolo idrografico e di gestione della Regione Toscana attualmente vigente, gli interventi dovranno essere realizzati in ottemperanza al R.D. 523/1904 "Testo Unico delle leggi sulle opere idrauliche".

## 5.1 Considerazioni sul Piano di Assetto Idrogeologico – AREA S.E. TERNA DI MANCIANO

Dal punto di vista del P.A.I. “Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante” l’area ricade nel nell’ex Bacino Regionale Ombrone che, dalla cartografia esistente (tav. 108), risulta escluso da qualsiasi tipo di pericolosità (fig. 7).

Per ciò che riguarda l’Autorità di Bacino Distrettuale, l’area d’interesse risulta esclusa sia dal PAI Piano Assetto Idrogeologico che dal progetto PAI “Dissesti geomorfologici” dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale.

Anche per ciò che riguarda il PGRA “Piano di gestione del rischio di alluvioni” dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale, l’area risulta esclusa (fig. 7a).

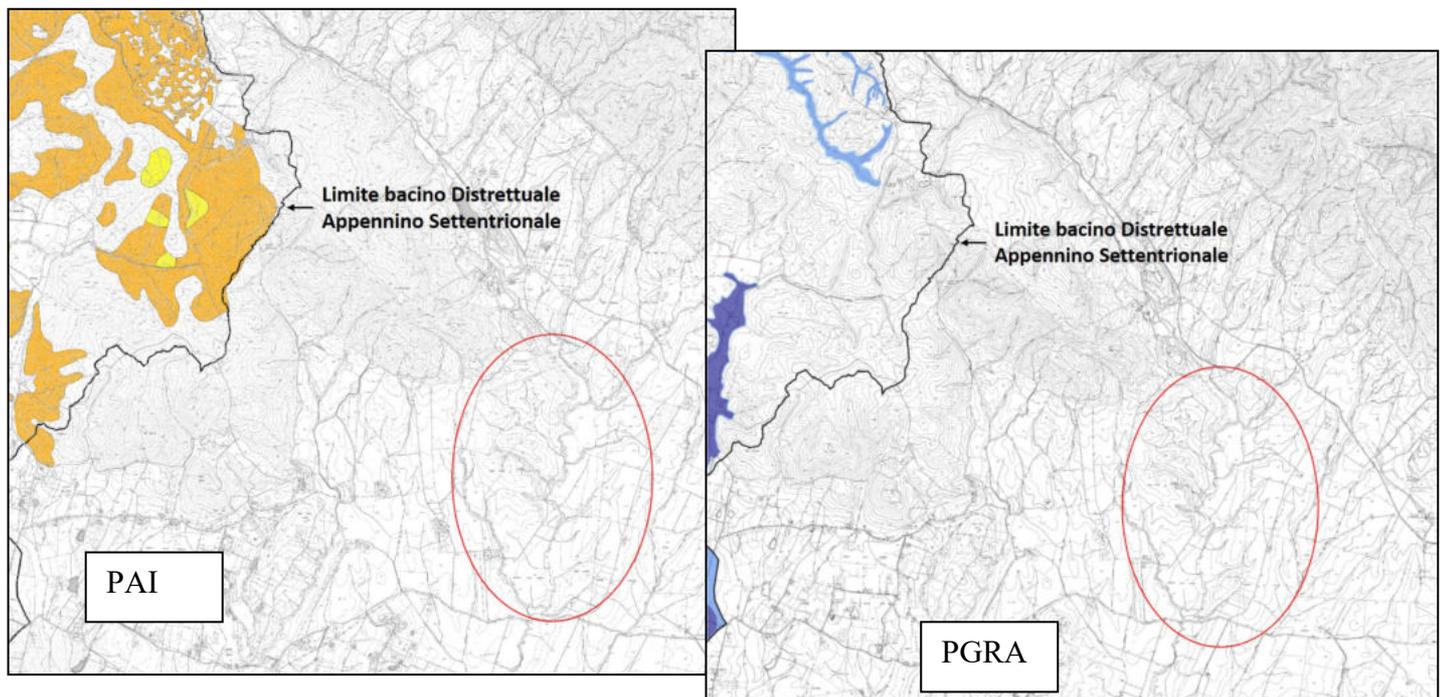


Fig. 7a – Area di realizzazione della SE e limite del Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale

Sono state consultate anche le cartografie dell’Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Centrale: l’area sembra ricadere (dal punto di vista distrettuale) nell’Autorità dei Bacini Regionali Lazio e quindi nell’AdB distrettuale dell’Appennino centrale, ma la cartografia si ferma al confine regionale del Lazio (fig. 7b).

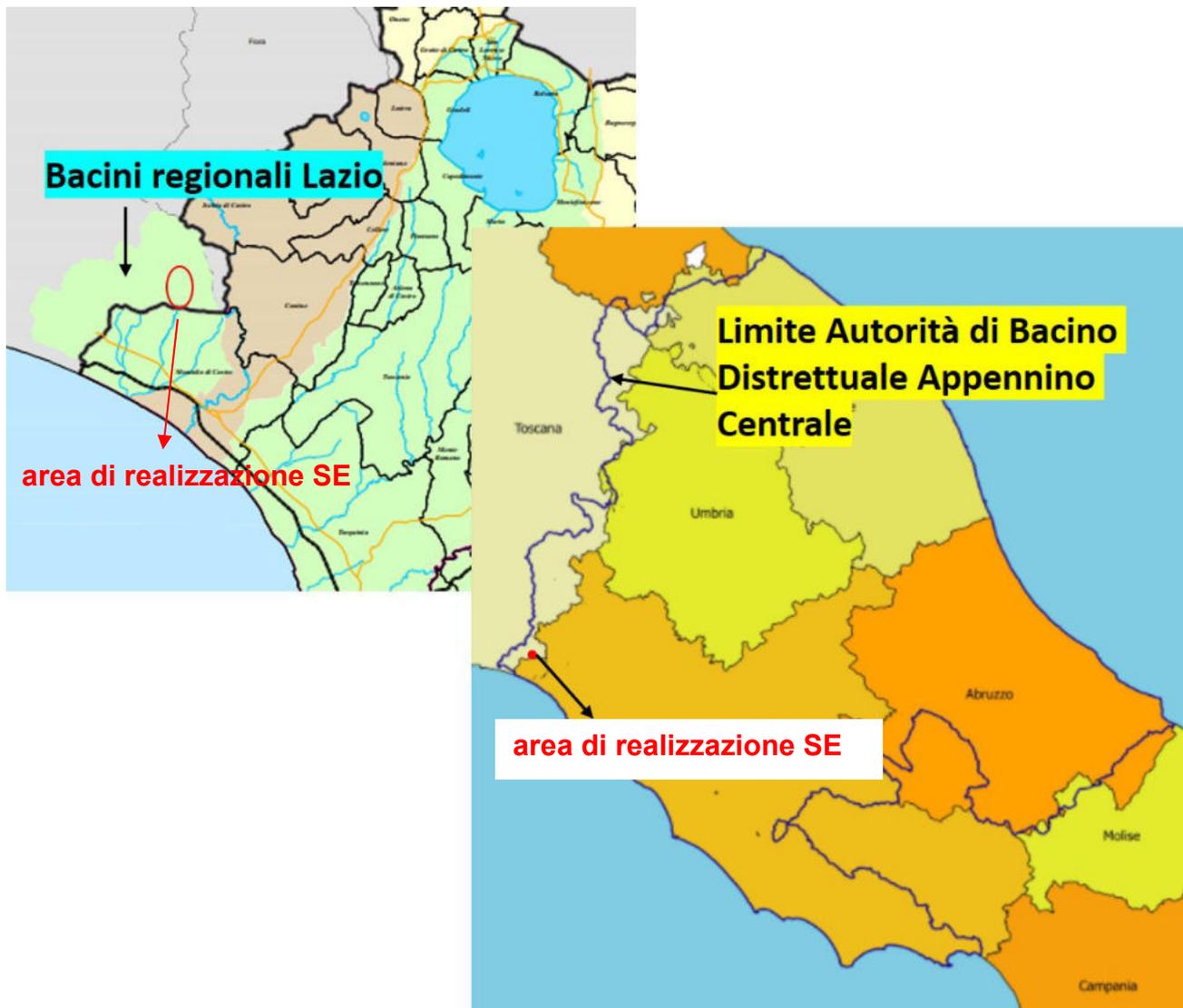


Fig. 7b – Area di realizzazione della SE e limite del Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale

## 5.2 Considerazioni relative al tracciato del cavidotto ed al suo attraversamento di corsi d'acqua

In relazione al tracciato del cavidotto, fornito dalla Committenza e riportato nella iniziale fig. A nel suo toto, si evince come questo si sviluppi su un'areale poco esteso, fino al raggiungimento della stazione per l'immissione in rete, seguendo lungo tutto il suo percorso strade sterrate già esistenti.

Esso verrà realizzato mediante uno scavo di piccole dimensioni, quanto basta per l'interramento dei cavi, avente una profondità massima di 1,5 m.

Per larga parte il cavidotto risulterà chiaramente interrato ma, si rileva come le opere di connessione in progetto prevedano anche la presenza di alcuni attraversamenti di corsi d'acqua della zona, nel dettaglio in numero pari a 4 (1 interferenza è localizzata sulla strada dell'Abbadia a cavallo tra le due Regioni).

Particolare attenzione bisognerà prestare alle condizioni stratigrafiche che si incontreranno in corrispondenza degli attraversamenti con i fossi esistenti. In ogni caso l'intervento di realizzazione del cavidotto non risente di problemi legati ad interferenze con le condizioni stratigrafiche presenti

in quanto le soluzioni progettuali, di seguito descritte, prevedono di superare gli attraversamenti in sub-alveo, mediante trivellazione orizzontale controllata (TOC). Questa scelta tende a ridurre chiaramente ogni tipo di impatto, andando a posizionare il cavidotto ad almeno 2,5 metri di profondità dal fondo del corso d'acqua. La trivellazione verrà realizzata ad una distanza di almeno 15 m dalle sponde dei fossi (rispettando così la distanza di 10 m di inedificabilità). Oppure, in alternativa, il cavidotto verrà realizzato mediante sovrappassi. Non si individuano lungo il tracciato del cavidotto elementi morfologici e topografici tali da far supporre la presenza di fenomeni di dissesto gravitativi, in atto o pregressi.

Il tracciato del cavidotto risulta parzialmente interessare alcune aree sottoposte al vincolo idrogeologico, ma si sottolinea che gli stessi si svilupperanno sulla viabilità esistente.

Per le specifiche progettuali, si rimanda alla Relazione Tecnica del campo fotovoltaico e al Piano tecnico delle Interferenze.

## **6. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU E CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI – AREA IMPIANTO**

### **6.1 Criteri di indagine**

Tenendo in considerazione le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del luogo di intervento, nonché tutte le prescrizioni della normativa e quelle derivate da strumenti sovraordinati di gestione del territorio, ai fini della definizione del modello geologico di sintesi per la progettazione preliminare sono state realizzate le seguenti indagini in prossimità del comparto d'intervento e comprendente:

- n. 10 prove penetrometriche;
- n. 1 stendimento geofisico MASW.

Le prove penetrometriche risultano statiche dalla P1 alla P9. La prova penetrometrica P8 è continuata in modalità dinamica a partire dai 5,60 m da p.c.; la prova penetrometrica P9 è continuata in modalità dinamica a partire da 1,60 m da p.c; la prova penetrometrica P10 è continuata in modalità dinamica a partire da 4,00 m da p.c.

Per l'ubicazione delle indagini eseguite si rimanda alla figura 8.

I certificati delle prove sono riportati in Allegato 1 ed in Allegato 2.

### **6.2 Descrizione delle indagini**

#### ***Prove penetrometriche***

Nell'area sono state realizzate sia prove penetrometriche statiche che dinamiche.

Per l'esecuzione delle **prove penetrometriche statiche** si utilizza un penetrometro statico/dinamico da 10 tonnellate fornito di punta conica tipo "Begemann". L'operazione eseguita staticamente consiste nell'infiggere nel terreno a mezzo di un martinetto idraulico le aste misurando ai manometri ogni 20 cm la resistenza alla penetrazione (qc), l'attrito laterale locale (Fs), il rapporto di attrito (RF) e la pressione totale di spinta (Qt).

La **prova penetrometrica dinamica** consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari. Le prove penetrometriche dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

Le prove penetrometriche, hanno raggiunto le seguenti profondità:

- CPT 1 – 4,20 m dal p.c.;

- CPT 2 – 3,20 m dal p.c.;
- CPT 3 – 4,20 m dal p.c.;
- CPT 4 – 2,00 M dal p.c.;
- CPT 5 – 7,60 m dal p.c.;
- CPT 6 – 6,20 m dal p.c.;
- CPT 7 – 6,20 m dal p.c.;
- CPT/DPSH 8 – 8,80 m dal p.c.;
- CPT/DPSH 9 – 9,40 m dal p.c.;
- CPT/DPSH 10 – 8,80 m dal p.c.

Per i certificati si rimanda all'allegato 1 del presente elaborato.

### ***Indagini sismiche – tecnica M.A.S.W.***

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo.

La metodologia di acquisizione si sviluppa in quattro fasi:

- acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese e alternativamente ai due estremi dello stendimento geofonico;
- determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- calcolo della curva di dispersione attraverso il picking o la modellazione diretta;
- inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs e il parametro VS,eq.

Nel complesso la prospezione geofisica eseguita, per mezzo delle analisi delle due prove MASW, ha permesso di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro VS,eq relativi al sottosuolo del sito indagato.

Per i certificati si rimanda all'allegato 2 del presente elaborato.

### **6.3 Caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area d'intervento**

Dalle risultanze dell'indagine geognostica condotta nel comparto di interesse è stato possibile ricostruire, verosimilmente, il seguente assetto stratigrafico e litologico dei terreni di pertinenza dell'intervento in progetto.

#### CPT 1:

0 – 0,60 Terreno rimaneggiato

0,60 – 1,60 Terreni limosi poco compatti  
1,60 – 3,20 Terreni sabbiosi – ghiaiosi addensati

CPT 2:

0 – 0,60 Terreno rimaneggiato  
0,60 – 1,40 Terreni sabbiosi-limosi poco addensati  
1,40 – 7,00 Terreni sabbiosi-limosi addensati

CPT 3:

0 – 0,60 Terreno rimaneggiato  
0,60 – 2,60 Terreni limosi mediamente consistenti  
2,60 – 6,80 Terreni sabbiosi limosi addensati  
6,80 – 7,20 Terreni sabbiosi ghiaiosi addensati

CPT 4:

0 – 1,20 Terreno rimaneggiato  
1,20 – 1,60 Terreni sabbiosi mediamente addensati  
1,60 – 2,00 Terreni sabbiosi cementati

CPT 5:

0 – 0,60 Terreno rimaneggiato  
0,60 – 7,40 Terreni sabbiosi mediamente addensati  
7,40 – 7,60 Terreni sabbiosi cementati

CPT 6:

0 – 0,60 Terreno rimaneggiato  
0,60 – 2,40 Terreni sabbiosi mediamente addensati  
2,40 – 4,20 Terreni sabbiosi addensati  
4,20 – 5,00 Terreni limosi sabbiosi poco addensati  
5,00 – 8,80 Terreni sabbiosi mediamente addensati

CPT 7:

0 – 0,80 Terreno rimaneggiato  
0,80 – 5,80 Terreni sabbiosi-limosi mediamente addensati  
5,80 – 6,20 Terreni sabbiosi/ghiaiosi addensati

CPT/DPSH 8:

0 – 1,20 Terreno rimaneggiato  
1,20 – 5,20 Terreni limosi sabbiosi poco addensati  
5,20 – 7,00 Terreni sabbiosi-ghiaiosi addensati  
7,00 – 8,80 Terreni sabbiosi-limosi poco addensati

CPT/DPSH 9:

0 – 1,00 Terreno rimaneggiato

1,00 – 3,40 Terreni sabbiosi – ghiaiosi addensati

3,40 – 9,40 Terreni limosi sabbiosi mediamente consistenti

CPT7DPSH 10:

0 – 0,60 Terreno rimaneggiato

0,60 – 2,20 Terreni sabbiosi mediamente addensati

2,20 – 4,80 Terreni sabbiosi cementati

4,80 – 8,80 Terreni sabbiosi mediamente addensati

Data l'estrema eterogeneità dei terreni presenti, non si è riusciti a raggruppare i risultati delle prove in litologie omogenee. Si riportano in breve, in base alle due litologie individuate dalla carta geologica di fig. 4, le principali variazioni litologiche incontrate:

Terreni ghiaiosi-sabbiosi-argillosi

**1 – Terreno rimaneggiato;**

**2 – Terreni limosi e sabbiosi da poco consistenti a molto consistenti;**

**3 – Terreni sabbiosi-ghiaiosi addensati**

Terreni sabbiosi

**1 – Terreno rimaneggiato;**

**2 – Terreni sabbiosi da poco a mediamente addensati;**

**3 – Terreni sabbiosi cementati.**

**6.4 Caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e modellazione geotecnica**

Le indagini in situ eseguite hanno permesso di attribuire i seguenti parametri geotecnici agli orizzonti sopra definiti, in termini di valori caratteristici come indicato nelle nuove NTC (6.2.2).

*TERRENI ALLUVIONALI GHIAIOSI – SABBIOSI - ARGILLOSI*

CPT 1							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	$\phi'$ (°)	Cu (KN/m <sup>2</sup> )	C' (KN/m <sup>2</sup> )	Ed (KN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )
1	Terreno rimaneggiato	0 – 0,60	-	-	-	-	-
2	Terreni limosi poco compatti	0,60 – 1,60	22	50	5	5600	18
3	Terreni sabbiosi – ghiaiosi addensati	1,60 – 3,20	34	-	-	40.000	18.5

CPT 2							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	$\phi'$ (°)	Cu (KN/m <sup>2</sup> )	C' (KN/m <sup>2</sup> )	Ed (KN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )
1	Terreno rimaneggiato	0 – 0,60	-	-	-	-	-
2	Terreni sabbiosi-limosi poco addensati	0,60 – 1,40	25	40	4	-	18
3	Terreni sabbiosi-limosi addensati	1,40 – 7,00	28	-	5	23.000	18.5

CPT 3							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	$\phi'$ (°)	Cu (KN/m <sup>2</sup> )	C' (KN/m <sup>2</sup> )	Ed (KN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )
1	Terreno rimaneggiato	0 – 0,60	-	-	-	-	-
2	Terreni limosi mediamente consistenti	0,60 – 2,60	24	70	5	11.000	18
3	Terreni sabbiosi limosi addensati	2,60 – 6,80	28	-	5	20.000	18.5
4	Terreni sabbiosi ghiaiosi addensati	6,80 – 7,20	34	-	-	40.000	18.5

CPT 7							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	$\phi'$ (°)	Cu (KN/m <sup>2</sup> )	C' (KN/m <sup>2</sup> )	Ed (KN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )
1	Terreno rimaneggiato	0 – 0,80	-	-	-	-	-
2	Terreni sabbiosi-limosi mediamente addensati	0,80 – 5,80	25	50	5	15.000	18
3	Terreni sabbiosi/ghiaiosi addensati	5,80 – 6,20	34	-	-	70.000	18.5

CPT/DPSH 8							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	$\phi'$ (°)	Cu (KN/m <sup>2</sup> )	C' (KN/m <sup>2</sup> )	Ed (KN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )
1	Terreno rimaneggiato	0 – 1,20	-	-	-	-	-
2	Terreni sabbiosi limosi poco addensati	1,20 – 5,20	22	40	4	10.000	18

3	Terreni sabbiosi ghiaiosi addensati	5,20 – 7,00	34	-	-	50.000	18.5
4	Terreni sabbiosi-limosi poco addensati	7,00 – 8,80	22	40	4	10.000	18

CPT/DPSH 9							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	$\phi'$ (°)	Cu (KN/m2)	C' (KN/m2)	Ed (KN/m2)	$\gamma$ (KN/m3)
1	Terreno rimaneggiato	0 – 1,00	-	-	-	-	-
2	Terreni sabbiosi – ghiaiosi addensati	1,00 – 3,40	34	-	-	50.000	18.5
3	Terreni limosi sabbiosi mediamente consistenti	3,40 – 9,40	25	50	5	13.000	18

dove:

$\phi$ = angolo di attrito interno

Ed= modulo edometrico

Cu= coesione non drenata

C'=coesione efficace

$\gamma$ = peso di volume del terreno

**TERRENI SABBIOSI**

CPT 4							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	$\phi'$ (°)	Cu (KN/m2)	C' (KN/m2)	Ed (KN/m2)	$\gamma$ (KN/m3)
1	Terreno rimaneggiato	0 – 1,20	-	-	-	-	-
2	Terreni sabbiosi mediamente addensati	1,20 – 1,60	26	-	5	4500	18
3	Terreni sabbiosi cementati	1,60 – 2,00	32	50	7	-	18.5

CPT 5							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	$\phi'$ (°)	Cu (KN/m <sup>2</sup> )	C' (KN/m <sup>2</sup> )	Ed (KN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )
1	Terreno rimaneggiato	0 – 0,60	-	-	-	-	-
2	Terreni sabbiosi mediamente addensati	0,60 – 7,40	26	-	5	23.000	18
3	Terreni sabbiosi cementati	7,40 – 7,60	32	50	7	-	18.5

CPT 6							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	$\phi'$ (°)	Cu (KN/m <sup>2</sup> )	C' (KN/m <sup>2</sup> )	Ed (KN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )
1	Terreno rimaneggiato	0 – 0,60	-	-	-	-	-
2	Terreni sabbiosi mediamente addensati	0,60 – 2,40	26	-	5	12.000	18
3	Terreni sabbiosi addensati	2,40 – 4,20	29	30	5	20.000	18.5
4	Terreni limosi sabbiosi poco addensati	4,20 – 5,40	24	30	5	8.000	18.5
5	Terreni sabbiosi mediamente addensati	5,40 – 8,80	26	-	5	21.000	18.5

CPT/DPSH 10							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	$\phi'$ (°)	Cu (KN/m <sup>2</sup> )	C' (KN/m <sup>2</sup> )	Ed (KN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )
1	Terreno rimaneggiato	0 – 0,60	-	-	-	-	-
2	Terreni sabbiosi mediamente addensati	0,60 – 2,20	26	-	5	12.000	18
3	Terreni sabbiosi cementati	7,40 – 4,80	32	50	7	30.000	18.5
4	Terreni sabbiosi mediamente addensati	4,80 – 8,80	26	-	5	12.000	18.5

dove:

$\phi$ = angolo di attrito interno

Ed= modulo edometrico

Cu= coesione non drenata

C'=coesione efficace

$\gamma$ = peso di volume del terreno

## 6.5 Categoria di sottosuolo

Al punto 3.2.2 del D.M. 17/01/2018 (Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche), per la definizione dell'azione sismica di progetto si afferma che:

*L'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.*

*I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.*

*La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:*

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

con:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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.

In riferimento al D.M. 17/01/2018, per i terreni indagati nell'area di realizzazione dell'impianto, dall'analisi della VS,eq (profondità del substrato sismico  $H > 30$  m) e verificando la congruenza con la descrizione stratigrafica della tabella sopra (3.2. II NTC 2018), è stato stimato un sottosuolo di categoria "B", ovvero si tratta di *"Rocce tenere a depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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"*

**VS,eq = VS30 = 456 m/s (Categoria sottosuolo B)**

## **7. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU E CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI – AREA S.E. TERNA DI MANCIANO**

### **7.1 Criteri di indagine**

Tenendo in considerazione le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del luogo di intervento, nonché tutte le prescrizioni della normativa e quelle derivate da strumenti sovraordinati di gestione del territorio, ai fini della definizione del modello geologico di sintesi per la progettazione preliminare sono state realizzate le seguenti indagini in prossimità del comparto d'intervento e comprendente:

- n. 3 prove penetrometriche dinamiche.
- n. 1 stendimento geofisico MASW

Per l'ubicazione delle indagini eseguite si rimanda alla figura 8a.  
I certificati delle prove sono riportati in Allegato 1 ed in Allegato 2.

### **7.2 Descrizione delle indagini**

#### ***Prove penetrometriche***

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari. Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

Le prove penetrometriche, hanno raggiunto le seguenti profondità:

- DPSH 1 – 4,20 m dal p.c.;
- DPSH 2 – 3,20 m dal p.c.;
- DPSH 3 – 4,20 m dal p.c.

Per i certificati si rimanda all'Allegato 1 del presente elaborato.

#### ***Indagini sismiche – tecnica M.A.S.W.***

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato

dalle onde Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo.

La metodologia di acquisizione si sviluppa in quattro fasi:

- acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese e alternativamente ai due estremi dello stendimento geofonico;
- determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- calcolo della curva di dispersione attraverso il picking o la modellazione diretta;
- inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  e il parametro  $V_{S,eq}$ .

Nel complesso la prospezione geofisica eseguita, per mezzo delle analisi delle due prove MASW, ha permesso di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro  $V_{S,eq}$  relativi al sottosuolo del sito indagato.

Per i certificati si rimanda all'allegato 2 del presente elaborato.

### 7.3 Caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area d'intervento

Dalle risultanze dell'indagine geognostica condotta nel comparto di interesse è stato possibile ricostruire, verosimilmente, il seguente assetto stratigrafico e litologico dei terreni di pertinenza dell'intervento in progetto.

#### DPSH 1

- da 0,00 m a 0,40 m: terreno di riporto con ciottoli e ghiaia;
- da 0,40 m a 3,00 m: limi argillosi sabbiosi con rari ciottoli moderatamente compatti;
- da 3,00 m a 4,20 m: argille compatte.

#### DPSH 2

- da 0,00 m a 0,40 m: terreno di riporto con ciottoli e ghiaia;
- da 0,40 m a 2,00 m: limi argillosi sabbiosi con rari ciottoli moderatamente compatti;
- da 2,00 m a 3,20 m: argille compatte.

#### DPSH 3

- da 0,00 m a 0,40 m: terreno di riporto con ciottoli e ghiaia;
- da 0,40 m a 4,20 m: limi argillosi sabbiosi con rari ciottoli moderatamente compatti.

In sintesi, nell'area si possono raggruppare le seguenti unità litologico-stratigrafiche:

- 1 – Terreno di riporto con quantità di ciottoli variabile** (spessore massimo rinvenuto 0.40 m);
- 2 – Terreni limosi e sabbiosi con rari ciottoli moderatamente compatti** (dalla base dell'orizzonte 1 fino a una profondità massima di -4,20 m dal p.c. nella DPSH3);

**3 – Argille compatte** (dalla base dell'orizzonte 2 fino ad una profondità massima di 4,20 m dal p.c. nella DPSH 2).

#### 7.4 Caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e modellazione geotecnica

Le indagini in situ eseguite hanno permesso di attribuire i seguenti parametri geotecnici agli orizzonti sopra definiti, in termini di valori caratteristici come indicato nelle nuove NTC (6.2.2).

DPSH 1-2-3							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	$\phi'$ (°)	Cu (KN/m2)	C' (KN/m2)	Ed (KN/m2)	$\gamma$ (KN/m3)
1	terreno di riporto con quantità di ciottoli variabile	0 – 0,40 m	-	-	-	-	-
2	Terreni limosi argillosi sabbiosi con rari ciottoli moderatamente compatti	0,40 – 4,10 m (DPSH3)	25	50	7	3000	17
3	Argille compatte (solo in DPSH 1 e 2)	2,00/3,00 – 4,20 m	25	80	5	9000	18

dove:

$\phi$ = angolo di attrito interno

Ed= modulo edometrico

Cu= coesione non drenata

C'=coesione efficace

$\gamma$ = peso di volume del terreno

#### 7.5 Categoria di sottosuolo

Al punto 3.2.2 del D.M. 17/01/2018 (Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche), per la definizione dell'azione sismica di progetto si afferma che:

*L'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.*

*I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in situ, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.*

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

$h_i$  spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

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

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

In riferimento al D.M. 17/01/2018, per i terreni indagati nell'area della SE "Maccabove", dall'analisi della  $V_{S,eq}$  (profondità del substrato sismico  $H > 30$  m) e verificando la congruenza con la descrizione stratigrafica della tabella sopra (3.2. Il NTC 2018), è stato stimato un sottosuolo di **categoria "C"**, ovvero si tratta di "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

**$V_{S,eq} = VS_{30} = 321$  m/s (Categoria sottosuolo C)**

Per ulteriori dettagli si rimanda all'allegato 2.

## **8. MODELLAZIONE SISMICA**

### **AREA IMPIANTO**

Nell'ambito dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274/03 sono state individuate 4 zone, delle quali le prime tre coincidono con quelle individuate dalla L. n. 64/74 e successivi D.M. ad essa collegati, mentre la quarta è di nuova costituzione.

Il comune di Montalto di Castro è classificato fra i comuni sismici in zona 3b (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Lazio n. 387 del 22 maggio 2009, successivamente modificata con la D.G.R. n. 571 del 2 agosto 2019) ossia zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. La sottozona 3B indica un valore di  $ag < 0,10g$ .

Con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/08 e del successivo aggiornamento del D.M. 17/01/18, la stima della pericolosità sismica viene inoltre definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di interesse, che è l'elemento essenziale per la determinazione dell'azione sismica.

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale del valore dell'accelerazione massima  $ag$  al sito e dei parametri ( $F_0$  e  $T_c^*$ ), che permettono di definire gli spettri di risposta elastici per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR.

È necessario pertanto determinare i parametri spettrali relativi al sito di intervento utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella tab. 1 dell'allegato B del suddetto decreto.

Lo scuotimento al suolo così individuato deve essere corretto per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie:

- Categoria di sottosuolo B
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica **SS= 1,5** (tabella 3.2.IV – NTC 2018)
- Coefficiente di amplificazione topografica **ST= 1,0** (tabella 3.2.V – NTC 2018 per categoria topografica T1 in tabella 3.2.III)

Partendo dunque dai seguenti dati relativi alla costruzione in oggetto:

Tipo di costruzione	1
Vita nominale VN	≥ 50 anni

Classe d'uso	I
Coefficiente d'uso Cu	0,7
Vita o periodo di riferimento VR=VN x Cu	35 anni

per il sito di interesse sono stati ricavati, mediante l'utilizzo del programma di calcolo della GeoStru, i seguenti parametri sismici:

*Sito in esame.*

latitudine: 42,427477  
 longitudine: 11,545113  
 Classe: 1  
 Vita nominale: 50

*Siti di riferimento*

Sito 1 ID: 26056 Lat: 42,4181 Lon: 11,5259 Distanza: 1893,715  
 Sito 2 ID: 26057 Lat: 42,4192 Lon: 11,5936 Distanza: 4083,339  
 Sito 3 ID: 25835 Lat: 42,4692 Lon: 11,5921 Distanza: 6027,817  
 Sito 4 ID: 25834 Lat: 42,4680 Lon: 11,5243 Distanza: 4822,278

*Parametri sismici*

Categoria sottosuolo: B  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 35anni  
 Coefficiente cu: 0,7

*Operatività (SLO):*

Probabilità di superamento: 81 %  
 Tr: 30 [anni]  
 ag: 0,032 g  
 Fo: 2,574  
 Tc\*: 0,208 [s]

*Danno (SLD):*

Probabilità di superamento: 63 %  
 Tr: 35 [anni]  
 ag: 0,033 g  
 Fo: 2,582  
 Tc\*: 0,215 [s]

*Salvaguardia della vita (SLV):*

Probabilità di superamento: 10 %  
 Tr: 332 [anni]  
 ag: 0,069 g  
 Fo: 2,679  
 Tc\*: 0,287 [s]

*Prevenzione dal collasso (SLC):*

Probabilità di superamento: 5 %  
 Tr: 682 [anni]  
 ag: 0,084 g  
 Fo: 2,718  
 Tc\*: 0,297 [s]

*Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii*

SLO:

Ss: 1,200  
Cc: 1,510  
St: 1,000  
Kh: 0,008  
Kv: 0,004  
Amax: 0,371  
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200  
Cc: 1,500  
St: 1,000  
Kh: 0,008  
Kv: 0,004  
Amax: 0,393  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200  
Cc: 1,410  
St: 1,000  
Kh: 0,017  
Kv: 0,008  
Amax: 0,812  
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,200  
Cc: 1,400  
St: 1,000  
Kh: 0,020  
Kv: 0,010  
Amax: 0,990  
Beta: 0,200

*Le coordinate espresse in questo file sono in ED50*

**Geostru**

*Coordinate WGS84*

*latitudine: 42.426491*

*longitudine: 11.544158*

## AREA S.E. TERNA DI MANCIANO

Nell'ambito dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274/03 sono state individuate (anche per la Regione Toscana) 4 zone, delle quali le prime tre coincidono con quelle individuate dalla L. n. 64/74 e successivi D.M. ad essa collegati, mentre la quarta è di nuova costituzione.

Sulla base della nuova classificazione sismica della Regione Toscana approvata con Del. G.R.T. n.878 del 08/10/2012 (pubblicata sul BURT Parte Seconda n.43 del 24/10/2012 Supplemento n.136), il comune di Manciano è stato classificato in zona sismica 3.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/08 e del successivo aggiornamento del D.M. 17/01/18, la stima della pericolosità sismica viene inoltre definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di interesse, che è l'elemento essenziale per la determinazione dell'azione sismica.

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale del valore dell'accelerazione massima  $a_g$  al sito e dei parametri ( $F_0$  e  $T_c^*$ ), che permettono di definire gli spettri di risposta elastici per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR.

È necessario, pertanto, determinare i parametri spettrali relativi al sito di intervento utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella tab. 1 dell'allegato B del suddetto decreto.

Lo scuotimento al suolo così individuato deve essere corretto per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie:

- Categoria di sottosuolo C
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica **SS= 1,5** (tabella 3.2.IV – NTC 2018)
- Coefficiente di amplificazione topografica **ST= 1,0** (tabella 3.2.V – NTC 2018 per categoria topografica T1 in tabella 3.2.III)

Partendo dunque dai seguenti dati relativi alla costruzione in oggetto:

Tipo di costruzione	1
Vita nominale VN	≥ 50 anni
Classe d'uso	I
Coefficiente d'uso Cu	0,7
Vita o periodo di riferimento VR=VN x Cu	35 anni

per il sito di interesse sono stati ricavati, mediante l'utilizzo del programma di calcolo della GeoStru, i seguenti parametri sismici:

*Sito in esame.*

latitudine: 42,4532543412729

longitudine: 11,5755818944877

Classe: 1

Vita nominale: 50

*Siti di riferimento*

Sito 1 ID: 25834 Lat: 42,4680 Lon: 11,5243 Distanza: 4515,141

Sito 2 ID: 25835 Lat: 42,4692 Lon: 11,5921 Distanza: 2227,307

Sito 3 ID: 26057 Lat: 42,4192 Lon: 11,5936 Distanza: 4064,535

Sito 4 ID: 26056 Lat: 42,4181 Lon: 11,5259 Distanza: 5651,998

*Parametri sismici*

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 35anni

Coefficiente cu: 0,7

*Operatività (SLO):*

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,033 g

Fo: 2,564

Tc\*: 0,211 [s]

*Danno (SLD):*

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 35 [anni]

ag: 0,035 g

Fo: 2,570

Tc\*: 0,219 [s]

*Salvaguardia della vita (SLV):*

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 332 [anni]

ag: 0,075 g

Fo: 2,640

Tc\*: 0,285 [s]

*Prevenzione dal collasso (SLC):*

*Probabilità di superamento:*      5      %  
*Tr:*                                      682    [anni]  
*ag:*                                      0,092 g  
*Fo:*                                      2,666  
*Tc\*:*                                    0,294 [s]

*Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii*

*SLO:*

*Ss:*    1,500  
*Cc:*    1,750  
*St:*    1,000  
*Kh:*    0,010  
*Kv:*    0,005  
*Amax:*    0,484  
*Beta:* 0,200

*SLD:*

*Ss:*    1,500  
*Cc:*    1,730  
*St:*    1,000  
*Kh:*    0,010  
*Kv:*    0,005  
*Amax:*    0,512  
*Beta:* 0,200

*SLV:*

*Ss:*    1,500  
*Cc:*    1,590  
*St:*    1,000  
*Kh:*    0,022  
*Kv:*    0,011  
*Amax:*    1,096  
*Beta:* 0,200

*SLC:*

*Ss:*    1,500  
*Cc:*    1,570  
*St:*    1,000  
*Kh:*    0,028  
*Kv:*    0,014  
*Amax:*    1,353  
*Beta:* 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 42.452269

longitudine: 11.574627

## **8. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA**

### **8.1– Parametri caratteristici e di progetto**

#### **AREA IMPIANTO**

Data la variabilità litologica dei terreni in esame, si consiglia di seguire le seguenti direttive per la posa in opera delle fondazioni (si suggerisce fondazioni a PLATEA) dei diversi cabinati:

Cabine di sottocampo:

**CS1 - orizzonte 2 (in P6):** terreni sabbiosi mediamente addensati aventi i seguenti parametri caratteristici (Vk)

$$C'k = \text{coesione efficace} = 5 \text{ kN/mq}$$

$$\phi k = \text{angolo di attrito} = 26^\circ$$

**CS2 - orizzonte 2 (in P4):** terreni sabbiosi mediamente addensati aventi i seguenti parametri caratteristici (Vk)

$$C'k = \text{coesione efficace} = 5 \text{ kN/mq}$$

$$\phi k = \text{angolo di attrito} = 26^\circ$$

**CS3 - orizzonte 2 (in P3):** Terreni limosi mediamente consistenti aventi i seguenti parametri caratteristici (Vk)

$$Cuk = \text{coesione non drenata} = 70 \text{ kN/mq}$$

$$C'k = \text{coesione efficace} = 5 \text{ kN/mq}$$

$$\phi k = \text{angolo di attrito} = 24^\circ$$

**CS4 – CS5 – CS7 - orizzonte 2 (in P1):** Terreni limosi poco compatti aventi i seguenti parametri caratteristici (Vk)

$$Cuk = \text{coesione non drenata} = 50 \text{ kN/mq}$$

$$C'k = \text{coesione efficace} = 5 \text{ kN/mq}$$

$$\phi k = \text{angolo di attrito} = 22^\circ$$

**CS6 - orizzonte 2 (in P2):** Terreni sabbiosi-limosi poco addensati aventi i seguenti parametri caratteristici (Vk)

**C<sub>uk</sub> = coesione non drenata = 40 kN/mq**

**C'<sub>k</sub> = coesione efficace = 4 kN/mq**

**φ<sub>k</sub> =angolo di attrito = 25°**

**CS8 - orizzonte 2 (in P7):** Terreni sabbiosi-limosi mediamente addensati aventi i seguenti parametri caratteristici (Vk)

**C<sub>uk</sub> = coesione non drenata = 50 kN/mq**

**C'<sub>k</sub> = coesione efficace = 5 kN/mq**

**φ<sub>k</sub> =angolo di attrito = 25°**

**CS9 - orizzonte 2 (in P9):** Terreni sabbiosi – ghiaiosi addensati aventi i seguenti parametri caratteristici (Vk)

**φ<sub>k</sub> =angolo di attrito = 34°**

Cabine di centrale

**orizzonte 2 (in P10):** Terreni sabbiosi-limosi mediamente addensati aventi i seguenti parametri caratteristici (Vk)

**C'<sub>k</sub> = coesione efficace = 5 kN/mq**

**φ<sub>k</sub> =angolo di attrito = 26°**

I valori di progetto da adottare nel calcolo si ottengono dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale, secondo quanto indicato nelle NTC (Tabella 6.2.II del DM 17/01/2018).

La fattibilità e parametrizzazione geotecnica proposti sono basati sulla campagna d'indagine eseguita, la cui natura puntuale rende obbligatoria la verifica delle assunzioni fatte, in fase di esecuzione dei lavori; si prescrive quindi l'assistenza geologica durante l'esecuzione degli scavi. Si consiglia, comunque, di realizzare le fondazioni delle cabine e delle sottostazioni, oltre che l'infissione dei pali dei pannelli, negli orizzonti con le migliori caratteristiche geotecniche. Si ricorda che eventuali difformità rispetto alle ipotesi progettuali comporteranno necessariamente una verifica dei dimensionamenti previsti. Lo scrivente si rende comunque fin da ora disponibile a fornire integrazioni a quelle attuali secondo le diverse esigenze della Committenza, del Progettista Geotecnico (in merito alla necessità di una maggiore definizione della campagna geognostica ai fini della caratterizzazione-modellazione geotecnica), della Direzione Lavori e degli uffici preposti alla disamina della pratica in oggetto.

## AREA S.E. TERNA DI MANCIANO

L'unità litotecnica di fondazione è costituita dall'orizzonte 2, mentre il volume significativo è rappresentato dall'orizzonte 3 della tabella del paragrafo 7.4 e riportata nuovamente di seguito.

Per la realizzazione dei cabinati di cui è costituita la SE in progetto si suggerisce la posa in opera di fondazioni a PLATEA.

DPSH 1-2-3							
Orizzonte	Stratigrafia schematica	PROFONDITA' (m)	$\phi'$ (°)	Cu (KN/m2)	C' (KN/m2)	Ed (KN/m2)	$\gamma$ (KN/m3)
1	terreno di riporto con quantità di ciottoli variabile	0 – 0,40 m	-	-	-	-	-
2	Terreni limosi argillosi sabbiosi con rari ciottoli moderatamente compatti	0,40 – 4,10 m (DPSH3)	25	50	7	3000	17
3	Argille compatte (solo in DPSH 1 e 2)	2,00/3,00 – 4,20 m	25	80	5	9000	18

dove:

$\phi$  = angolo di attrito interno

Ed = modulo edometrico

Cu = coesione non drenata

C' = coesione efficace

$\gamma$  = peso di volume del terreno

Le resistenze di progetto necessarie per le verifiche della sicurezza (SLU) saranno dunque calcolate per la seguente unità litotecnica:

**Orizzonte 2:** (Terreni limosi argillosi sabbiosi con rari ciottoli moderatamente compatti). Per tale orizzonte si assumono i seguenti parametri caratteristici ( $V_k$ ):

**C<sub>uk</sub> = coesione non drenata = 50 kN/mq**

**C'<sub>k</sub> = coesione efficace = 7 kN/mq**

**$\phi_k$  = angolo di attrito = 25°**

I valori di progetto da adottare nel calcolo si ottengono dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale, secondo quanto indicato nelle NTC (Tabella 6.2.II del DM 17/01/2018).

La fattibilità e parametrizzazione geotecnica proposti sono basati sulla campagna d'indagine eseguita, la cui natura puntuale rende obbligatoria la verifica delle assunzioni fatte, in fase di esecuzione dei lavori; si prescrive quindi l'assistenza geologica durante l'esecuzione degli scavi. Si consiglia, comunque, di realizzare le fondazioni delle cabine e delle sottostazioni, oltre che

l'infissione dei pali dei pannelli, negli orizzonti con le migliori caratteristiche geotecniche. Si ricorda che eventuali difformità rispetto alle ipotesi progettuali comporteranno necessariamente una verifica dei dimensionamenti previsti. Lo scrivente si rende comunque fin da ora disponibile a fornire integrazioni a quelle attuali secondo le diverse esigenze della Committenza, del Progettista Geotecnico (in merito alla necessità di una maggiore definizione della campagna geognostica ai fini della caratterizzazione-modellazione geotecnica), della Direzione Lavori e degli uffici preposti alla disamina della pratica in oggetto.

## **9. CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO**

### **CONCLUSIONI**

#### **AREA IMPIANTO**

Dallo studio geologico-geotecnico-idraulico effettuato si può concludere che l'impianto fotovoltaico verrà realizzato in aree prive di problematiche geomorfologiche. L'impianto prevede l'infissione di pannelli per un massimo di 1.5 m dal p.c.: per tanto è stato effettuato un rilevamento di dettaglio per controllare la presenza di fenomeni geomorfologici. Tale rilievo ha confermato l'assenza di fenomeni gravitativi e presenza (nella porzione nord ovest) di un pendio a pendenza maggiore interessato da fenomeni di erosione incanalata. In questi punti sarà necessario realizzare opportune opere di regimazione per impedire l'accelerarsi dell'erosione superficiale.

Dalla consultazione delle mappe di pericolosità del P.A.I. dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio (oggi Autorità di Bacino dell'Appennino Centrale) non vi sono elementi di pericolosità (da frana o da alluvioni) che intersecano l'area in esame.

I moduli fotovoltaici non presentano problemi per la trasparenza idraulica in quanto non occupano volume.

Dal punto di vista idrogeologico, l'impianto non interseca alcun corso d'acqua identificato ai sensi del RD 523/1904: i fossi del Tafone e del Tafoncino presenti nell'area sono esclusi dall'infissione dei pannelli, dai quali verrà mantenuta una distanza di 150 m. Dai restanti fossi pubblici presenti verrà rispettata la distanza di almeno 10 metri dalle sponde o dai piedi degli argini, secondo il R.D. n. 254 del 1904 art. 96 lett. f.

Per ciò che riguarda la condotta interrata, essa interseca in 4 punti dei fossi esistenti: tale intervento non risente di problemi legati ad interferenze con le condizioni stratigrafiche presenti in quanto le soluzioni progettuali prevedono di superare gli attraversamenti dei corsi d'acqua in sub-alveo, mediante trivellazione orizzontale controllata (TOC) oppure mediante sovrappassi, entrambe opere a basso impatto.

La condotta interrata interseca in un punto un'area che, dal rilievo geomorfologico di dettaglio, risulta interessata da fenomeni di soliflusso. Si consiglia, quindi, di utilizzare tubazioni flessibili e di non ostacolare la regimazione delle acque superficiali durante gli scavi.

Per la realizzazione dei cabinati elettrici da realizzarsi mediante strutture prefabbricate, come da indicazioni progettuali, su fondazioni posate su platea di calcestruzzo per le seguenti opere:

n.9 cabine sottocampo prefabbricate con platea in c.a. di cls C 25/30 B450C delle dimensioni di 10x8m e dello spessore di 35 cm;

n.1 cabina elettrica centrale prefabbricata su una platea di fondazione in c.a. di cls C 25/30 B450C delle dimensioni di 19,70x2,50 m e spessore 60cm.

Si raccomanda di realizzare le fondazioni al di sotto del terreno di riporto o comunque nei terreni aventi le migliori caratteristiche geotecniche.

Anche per quanto riguarda le strutture di supporto dei pannelli solari, si raccomanda l'infissione nei terreni dalle caratteristiche geotecniche migliori (consigliato il 2° o 3° orizzonte descritto nelle tabelle del paragrafo 6.4).

Per ciò che riguarda le rocce e terre da scavo, si raccomanda di operare la redistribuzione in loco ed in area poco acclive dei terreni mediante adeguata compattazione evitandone il posizionamento all'interno di fossi campestri e/o di impluvi esistenti.

Lo stoccaggio definitivo e/o lo smaltimento del materiale di risulta degli scavi dovrà essere gestito comunque nel rispetto della normativa vigente e in particolare del D.L. 152/06 e s.m.i. e DPR 120/2017.

In relazione al quadro conoscitivo sopra delineato, nonché degli approfondimenti realizzati in questa fase di studio preliminare, per quanto concerne la fattibilità geologica e idraulica del progetto in esame, l'intervento risulta fattibile.

## AREA S.E. TERNA DI MANCIANO

Dallo studio geologico-geotecnico-idraulico effettuato si può concludere che la nuova S.E. denominata "Maccabove" e il cavidotto interrato che proviene dall'impianto fotovoltaico "Montalto-Pescia" verrà realizzato in aree prive di problematiche geomorfologiche, così come confermato dalle cartografie del P.S. comunale e dal rilievo geomorfologico di dettaglio effettuato a marzo 2020.

Nel corso di un ulteriore rilievo effettuato a marzo 2021, si è evidenziata la presenza di un piccolo avvallamento lungo la strada sterrata dove verrà interrato il cavidotto, probabilmente dovuto alle numerose piogge invernali. Considerando la tipologia d'opera, non si riscontrano, comunque, problematiche nella sua installazione e si consiglia, quindi, la posa in opera di tubazioni flessibili.

In aggiunta, il cavidotto interseca in un punto il Fosso del Tafone che, dal P.S. comunale, ricade nelle aree a pericolosità geomorfologica ed idraulica elevata: esso è comunque un'opera a basso impatto che non porterà ad un aumento del grado di pericolosità. Inoltre, tale tipologia di opera, nel rispetto della L.R. 41/2018 per quanto riguarda la tutela dei corsi d'acqua, è comunque consentita (art. 3 comma 2 lett. b) previa autorizzazione della struttura regionale competente, che verificherà la compatibilità idraulica (art. 3 comma 5). Nel punto di intersezione con il fosso esistente, il cavidotto verrà interrato mediante "spingi tubo" ad una profondità di 2,5 m dal fondo dell'alveo, con la realizzazione di pozzetti di sezionamento in entrata e in uscita, posti esternamente alla fascia di rispetto fluviale. In alternativa verranno realizzati dei sovrappassi.

In merito ad eventuali interferenze delle opere progettate con il reticolo idrografico e di gestione della Regione Toscana attualmente vigente, gli interventi dovranno essere realizzati in ottemperanza al R.D. 523/1904 "Testo Unico delle leggi sulle opere idrauliche".

Si specifica che nelle cartografie del P.S. comunale non vi è alcuna cartografia che individui battenti idraulici nel perimetro comunale, oltre all'assenza di una cartografia del P.A.I.

La S.E. avrà una planimetria elettromeccanica di dimensione 188,6x219 m e sarà costituita da n. 6 "edifici" prefabbricati fuori terra.

Si raccomanda di realizzare le fondazioni al di sotto del terreno di riporto o comunque nei terreni aventi le migliori caratteristiche geotecniche.

### **9.1– Vincolo Idrogeologico (D.P.G.R. n.48/R del 08/08/2003 e s.m.i.): considerazioni sull'assetto idrogeologico dell'area e verifiche di stabilità dei terreni**

L'area è sottoposta al vincolo idrogeologico: in seguito agli approfondimenti realizzati in questa fase di studio relativamente alle caratteristiche geomorfologiche, geologiche e litotecniche dei terreni d'interesse, si ritiene, che la realizzazione delle opere non comprometta e/o alteri la stabilità dei terreni in oggetto, né l'assetto idrogeologico dell'area.

Sulla base di quanto sopra esposto e soprattutto delle specifiche tecniche dell'intervento (realizzazione di Stazione Elettrica costituita da edifici prefabbricati e realizzazione di cavidotto interrato), si ritiene assicurata la stabilità dei terreni direttamente interessati dall'intervento. Il comparto d'intervento s.s si pone su di un'area priva di dissesti geomorfologici; quindi, non si è ritenuto necessario eseguire la verifica di stabilità del pendio (art. 75 comma 4 del D.P.G.R. del 8 agosto 2003 n. 48/R – regolamento forestale).

Viste le specifiche tecniche dell'intervento in progetto da considerarsi a bassa incidenza sul terreno, in considerazione dell'assenza di fenomeni geomorfologici attivi degni di nota e delle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni presenti nel comparto in esame, non si segnalano condizionamenti tali da comprometterne la stabilità.

Per quanto riguarda la condotta interrata, non vi sono particolari problematiche in quanto essa verrà realizzata lungo strade esistenti.

Si raccomanda comunque di operare la redistribuzione dei terreni di scavo in loco mediante adeguata compattazione evitandone il posizionamento all'interno di fossi campestri e/o di impluvi esistenti (artt. 76 e 77 del D.P.G.R. n. 48/R del 08/08/2003 e s.m.i.- Regolamento di attuazione della L.R. n. 39 del 21/03/2000 "Legge Forestale della Toscana).

Deve essere sempre assicurata la corretta regimazione delle acque al fine di evitare fenomeni di ristagno o di erosione nell'area oggetto dei lavori e nei terreni limitrofi (Regolamento Regionale 48R/03).

Lo stoccaggio definitivo e/o lo smaltimento del materiale di risulta degli scavi dovrà essere gestito comunque nel rispetto della normativa vigente e in particolare del D.L. 152/06 e s.m.i. e DPR 120/2017.

In relazione al quadro conoscitivo sopra delineato, derivato dalle indagini geologiche di supporto agli strumenti urbanistici vigenti nel Comune di Manciano, nonché degli approfondimenti realizzati

in questa fase di studio preliminare, per quanto concerne la fattibilità idraulica del progetto in esame, l'intervento risulta fattibile.

Certaldo, Maggio 2022

**IdroGeo Service S.r.l.**  
**Engineering and Consulting**

Il Tecnico Responsabile  
**Dott. Geol.**  
**Alessandro MURRATZU**

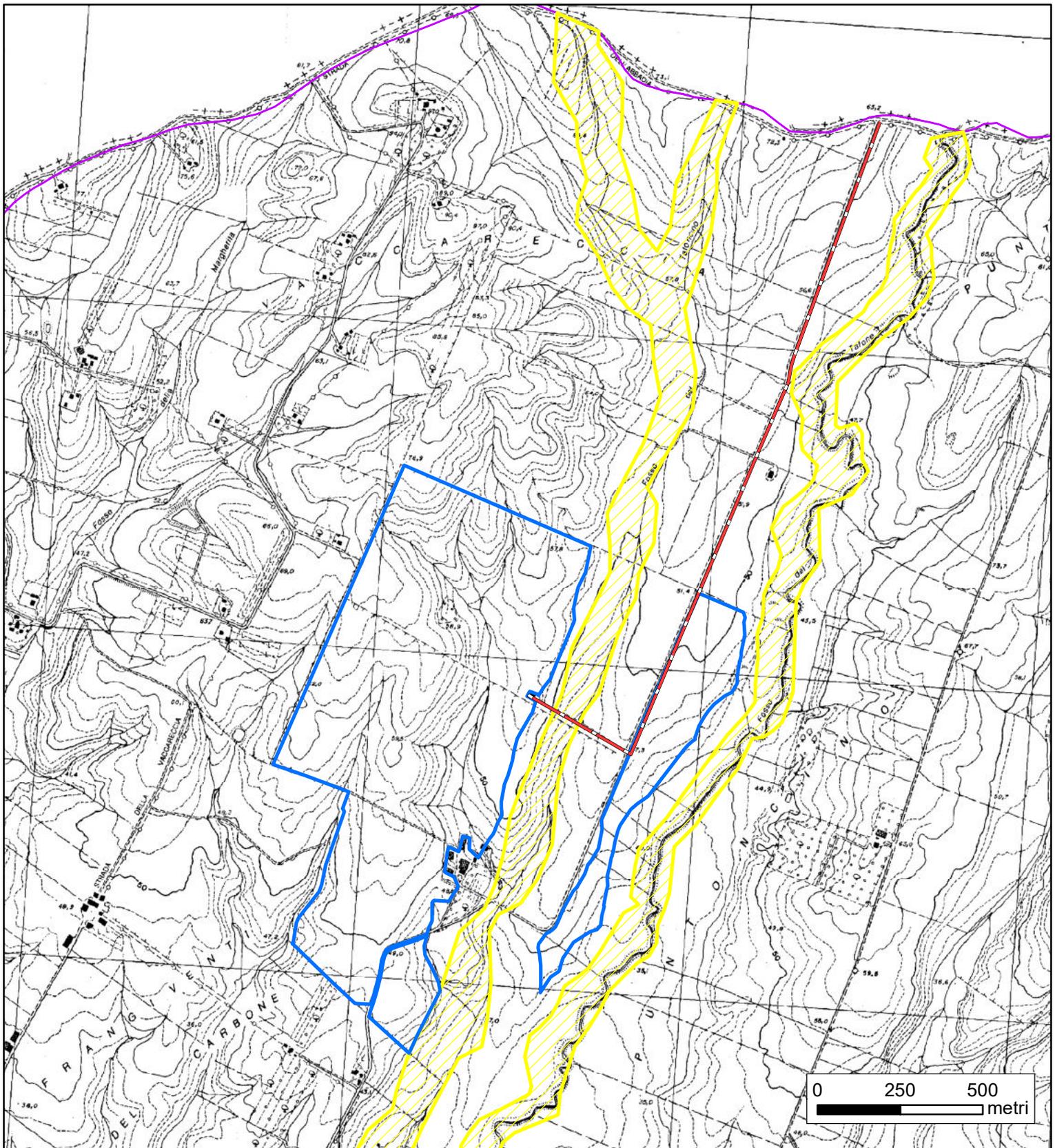
Il Direttore Tecnico  
**Dott. Geol.**  
**Simone FIASCHI**

Collaboratore Tecnico  
**Dott. Giada De Angelis**

***ELABORATI CARTOGRAFICI***

# Mappa del Vincolo Idrogeologico

fonte: portale cartografico  
provincia di Viterbo



## Legenda



perimetro  
impianto



vincolo  
idrogeologico



confine  
regionale



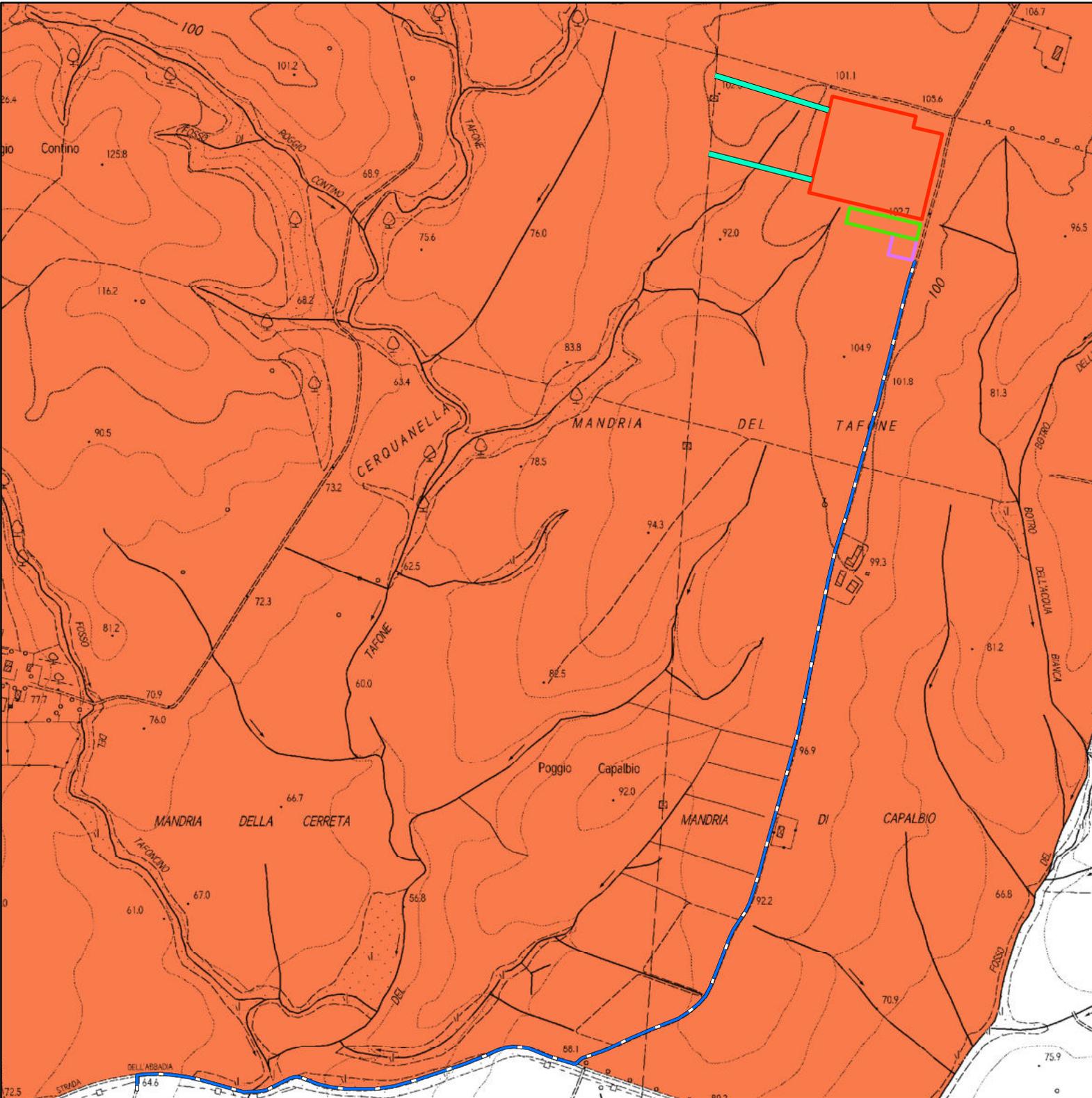
cavidotto

fig. 1

# Mappa del Vincolo Idrogeologico

scala 1: 10 000

fonte: GEOscopio - R.T.



## Legenda

-  SE Maccabove
-  area comune - condivisione stallo
-  SSE\_Iberdrola
-  cavidotto
-  nuovi elettrodotti
-  Vincolo idrogeologico (R.D. 3267/1923)

Fig. 1a

# Carta corografica

scala 1:50.000



## Legenda



perimetro impianto



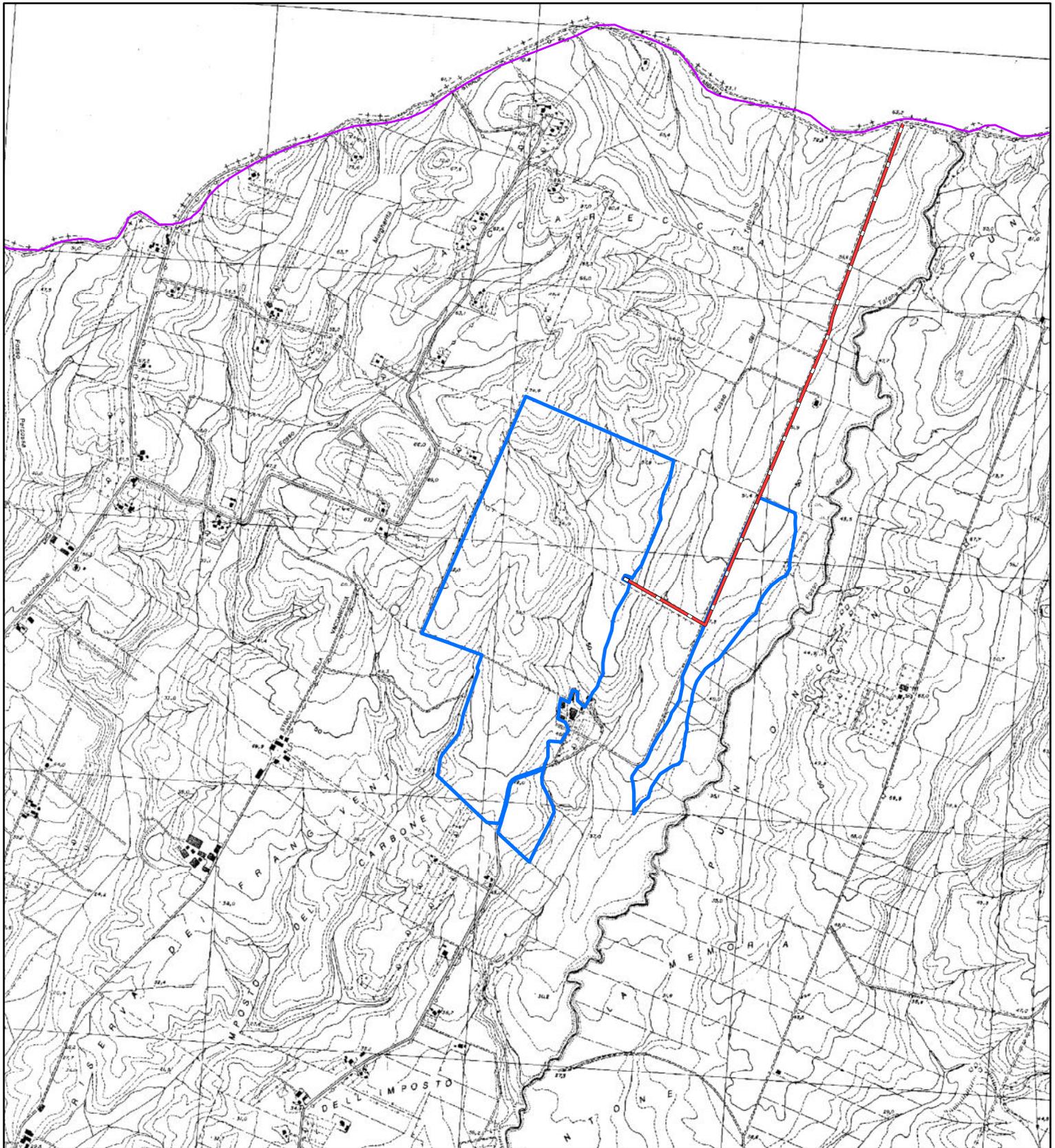
cavidotto



limite regionale

# Carta corografica

scala 1:20.000



## Legenda



perimetro impianto



cavidotto

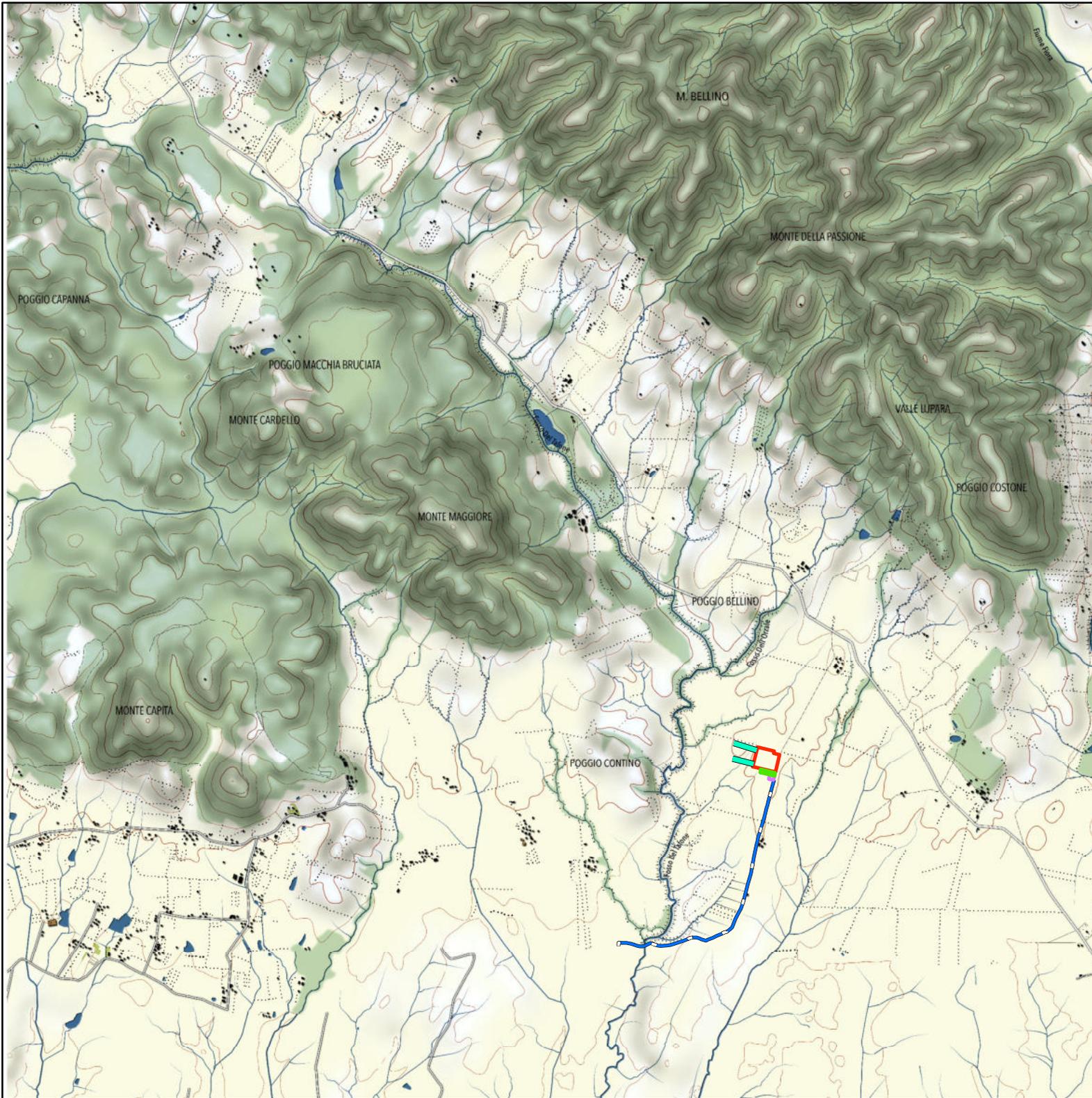


limite regionale

fig. 2a

# Mappa corografica

scala 1: 50 000



## Legenda

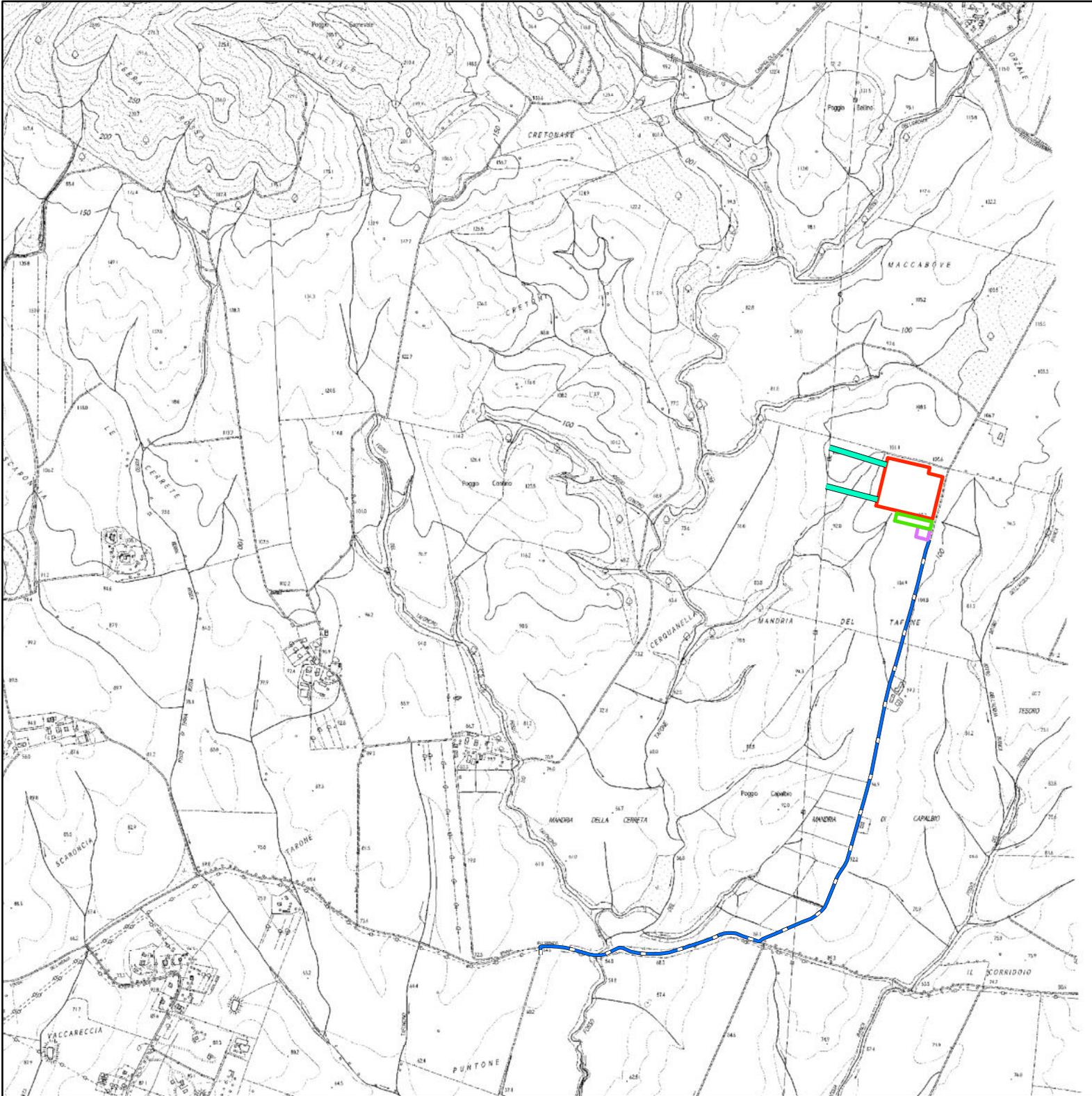
-  SE Maccabove
-  area comune - condivisione stallo
-  SSE\_Iberdrola
-  cavidotto

 nuovi elettrodotti

Fig. 2b

# Mappa corografica

scala 1: 20 000



## Legenda

 SE Maccabove

 area comune - condivisione stallo

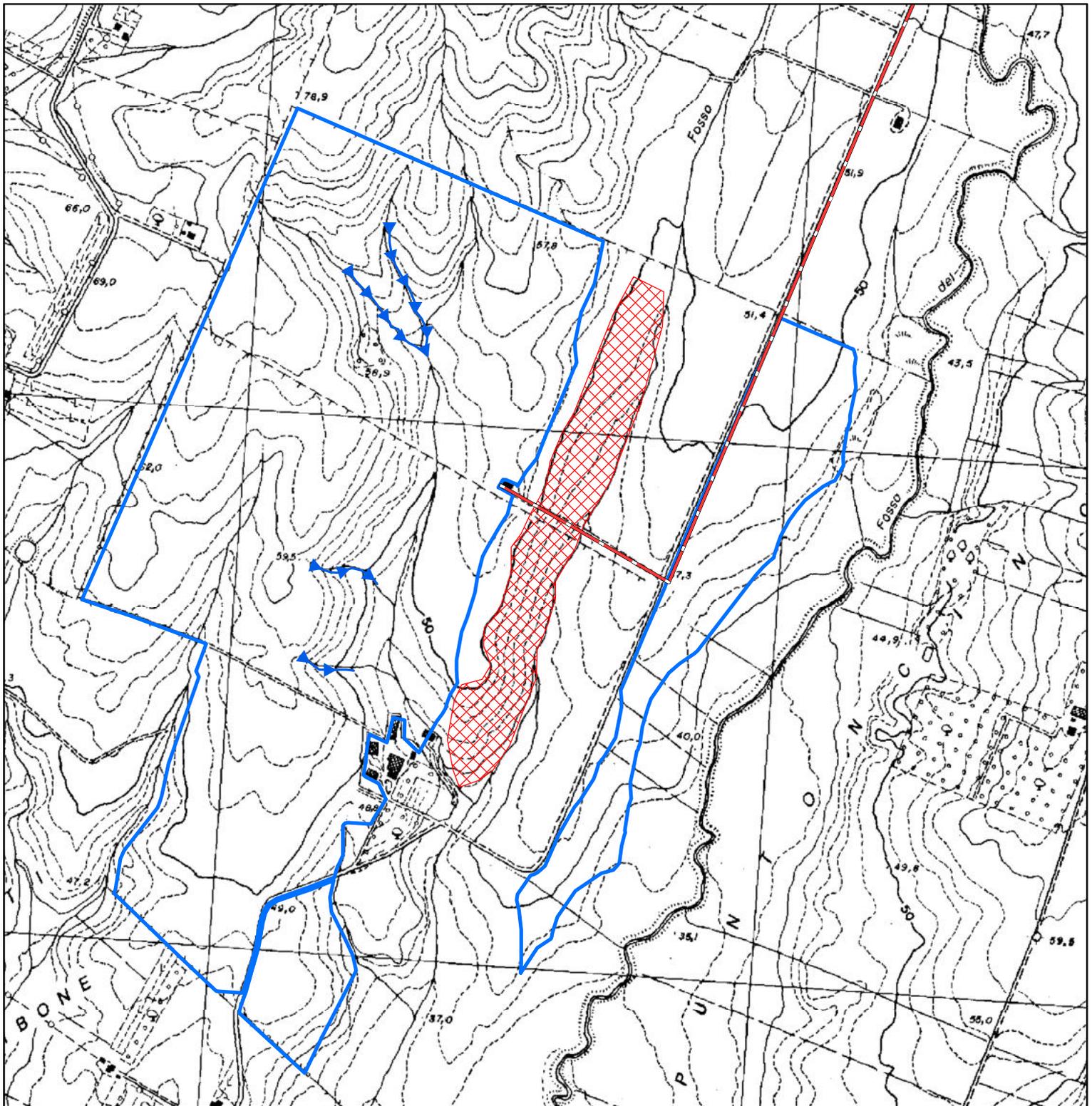
 SSE\_Iberdrola

 cavidotto

 nuovi elettrodotti

# Rilievo geomorfologico di dettaglio

scala 1:10.000



## Legenda



perimetro "Montalto-Pescia"



cavidotto



erosione incanalata

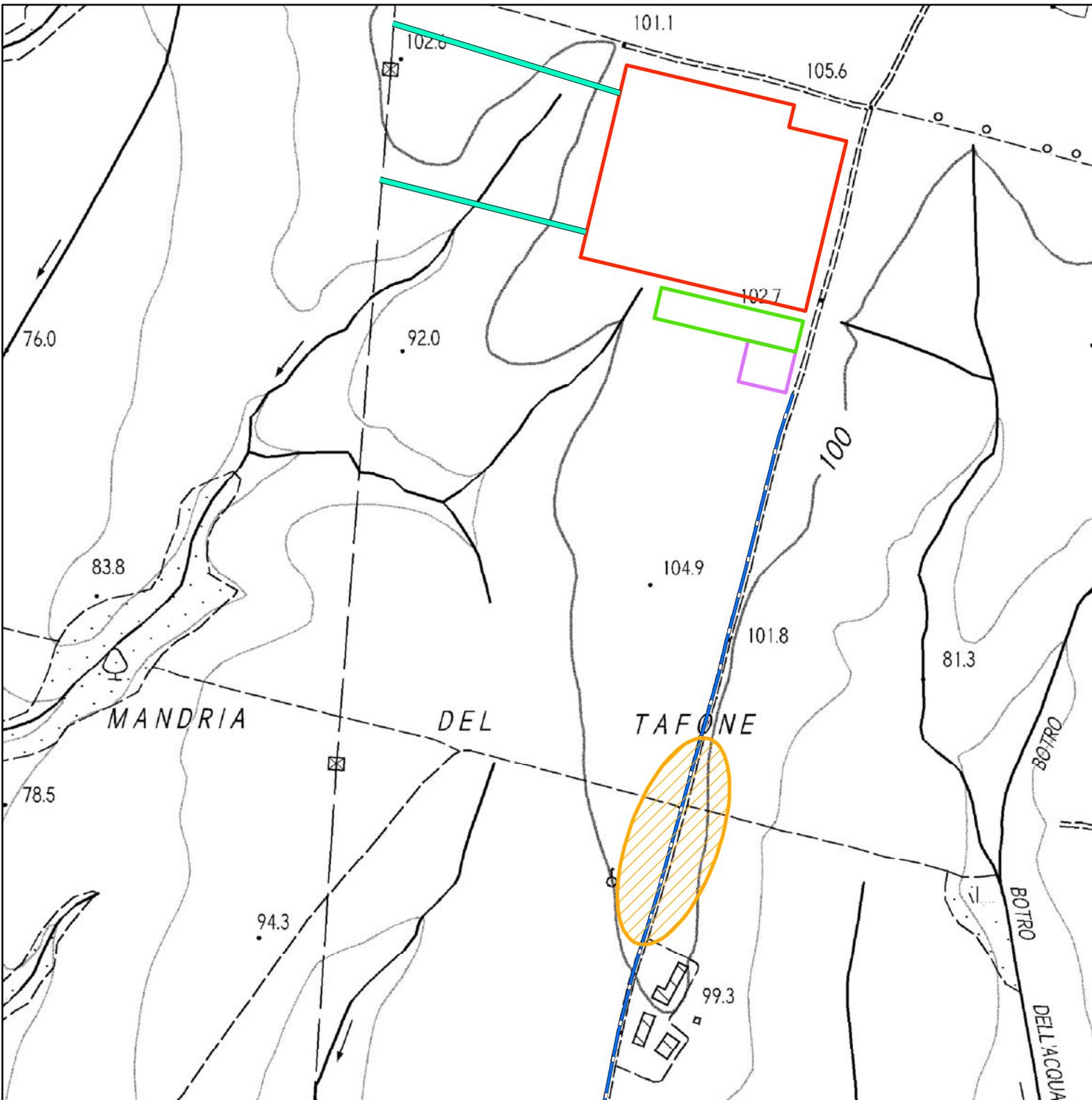


soliflusso



# Rilievo geomorfologico di dettaglio

scala 1: 5 000



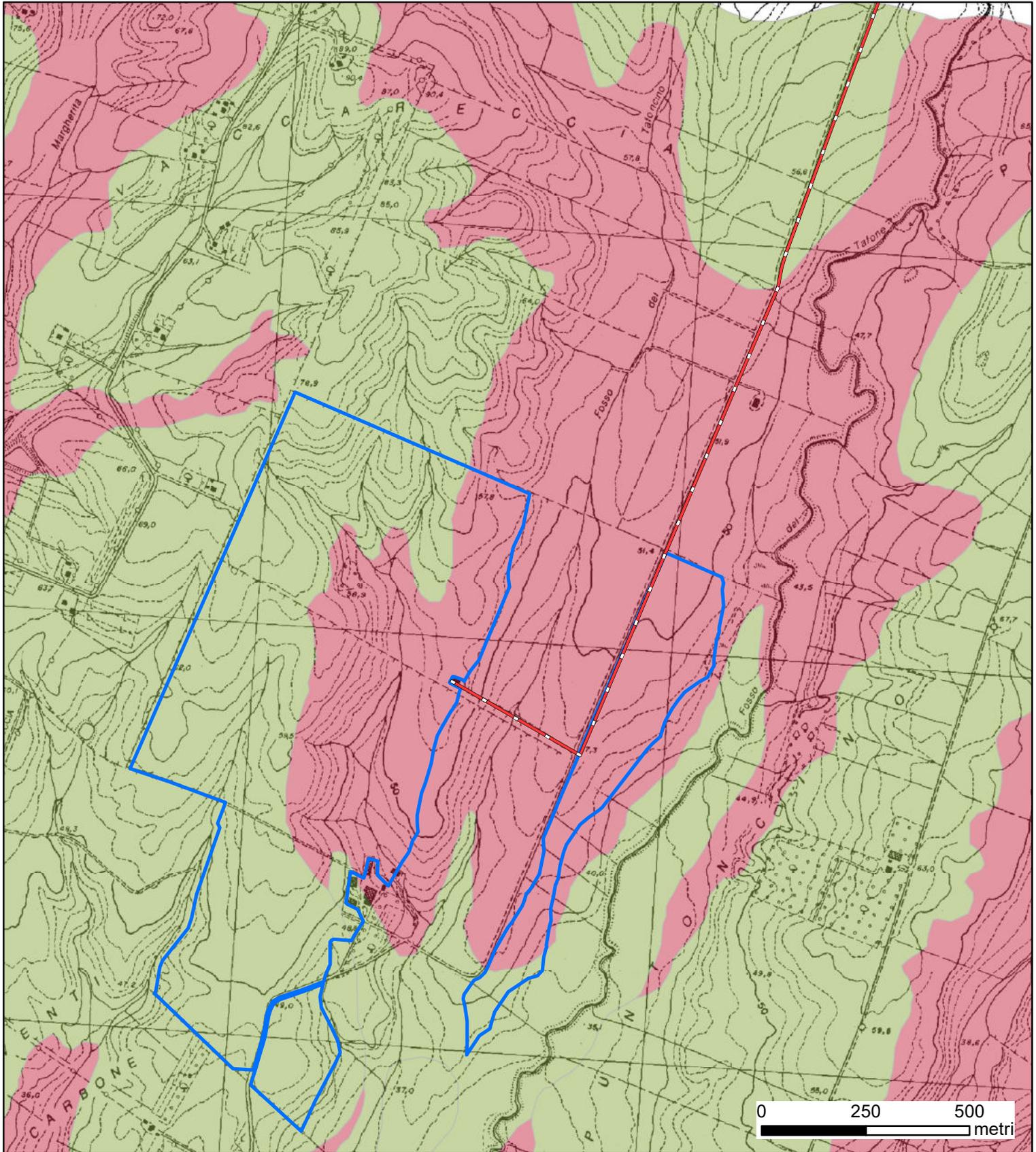
## Legenda

-  SE Maccabove
-  area comune - condivisione stallo
-  SSE\_Iberdrola
-  nuovi elettrodotti
-  avvallamento su strada sterrata
-  cavidotto

Fig. 3b

# Carta geolitologica - Regione Lazio

fonte: portale Regione Lazio



## Legenda



perimetro impianto



cavidotto



Terreni ghiaiosi/sabbiosi/argillosi  
(terreni alluvionali antichi  
terrazzati)

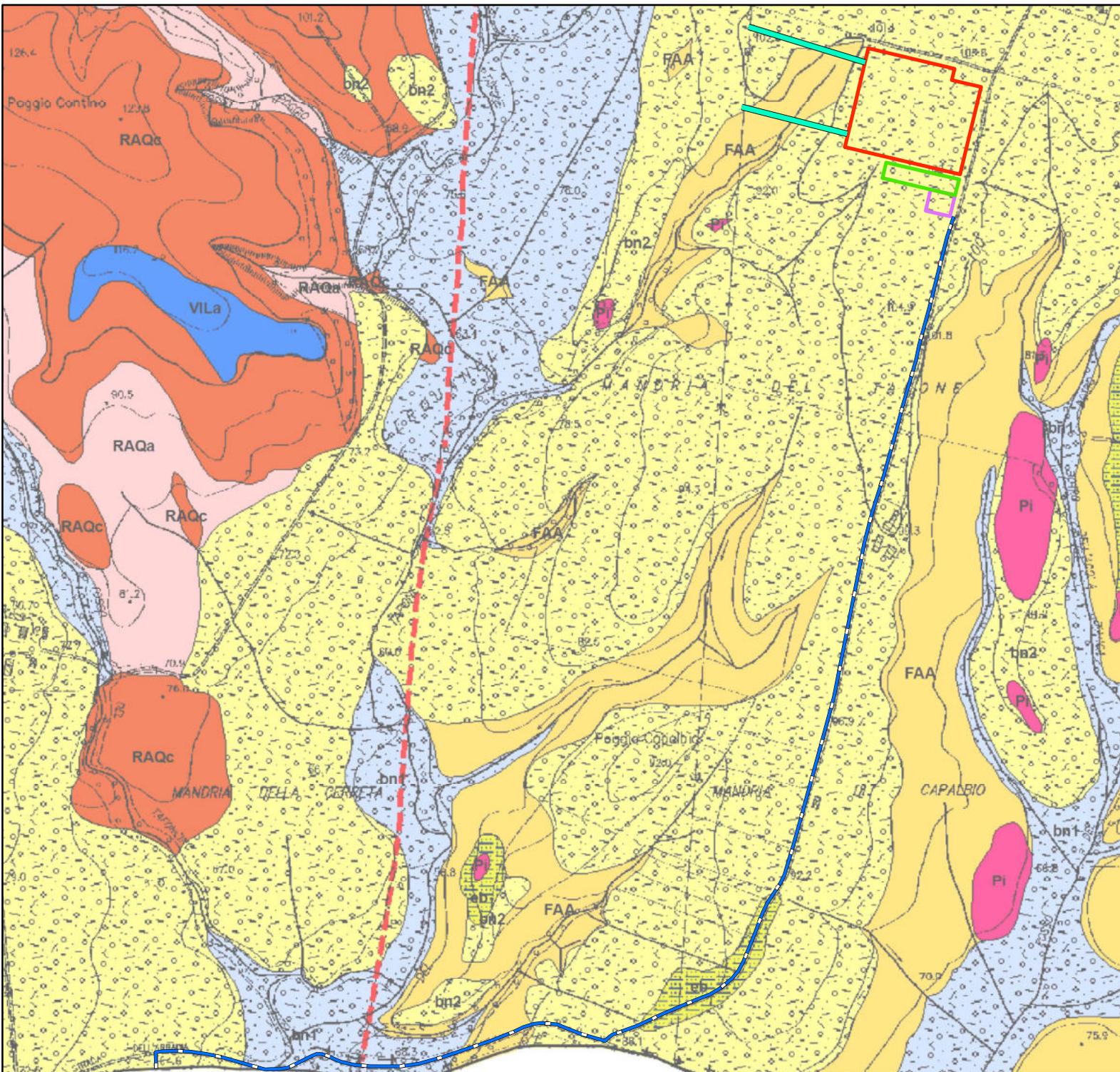


Terreni prevalentemente sabbiosi di dominio costiero

Fig. 4

# Estratto della carta geologica dal P.S. comunale

scala 1: 10.000



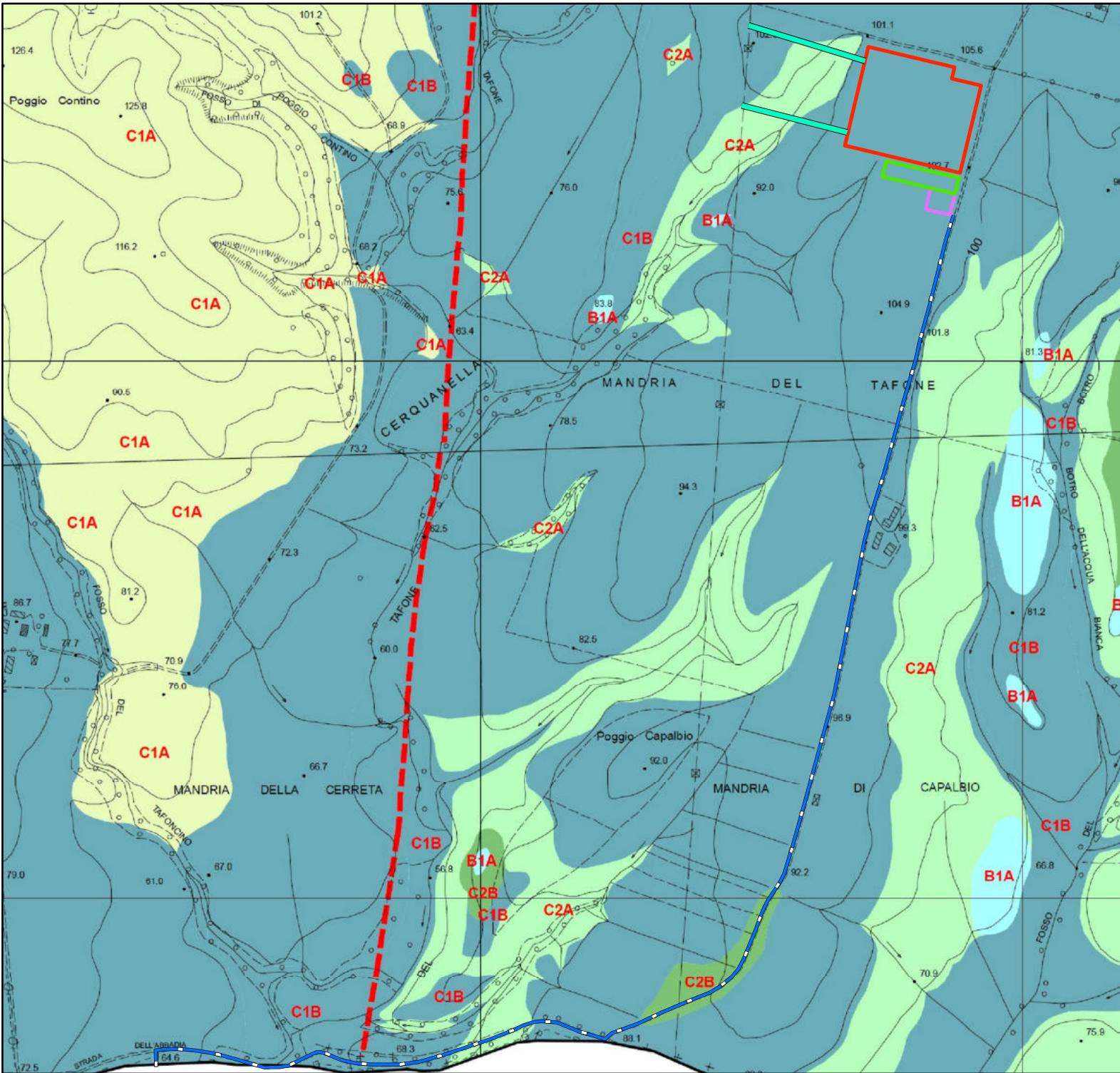
## Legenda

- SE Maccabove
- area comune - condivisione stallo
- SSE\_Iberdrola
- cavidotto
- nuovi elettrodotti
- bn1 Depositi alluvionali terrazzati recenti (olocene)
- bn2 Depositi alluvionali terrazzati antichi (Pleistocene)
- Pi depositi piroclastici (Pleistocene)
- eb Depositi palustri
- VILa Sabbie e Conglomerati (Ruscignano-Villafrafranciano)
- FAA Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (Zancleano-Piacenziane)
- MES b Conglomerati poligenici (Turoliano sup.)
- RAQa Argille e arenarie (Messiniano inf.)
- RAQc Conglomerati (Messiniano inf.)

Fig. 4a

# Estratto della carta litotecnica dal P.S. comunale

scala 1: 10.000



## Legenda

- SE Maccabove
- area comune  
- condivisione stallo
- SSE\_Iberdrola
- cavidotto
- nuovi elettrodotti

- A2 - Materiali lapidei - Complessi metamorfici
- B1A - Alternanza di litotipi diversi - Strati a consistenza lapidea prevalentemente arenacei con intercalazioni siltitiche
- B2 - Alternanza di litotipi diversi - Alternanze con rapporto lapideo/argillitico-marnoso < 1. Siltiti con intercalazione di arenarie, calcari marnosi e marne spesso con assetto strutturale caotico
- C1A - Successioni conglomeratiche incoerenti - Materiali con grado di addensamento medio-elevato
- C1B - Successioni conglomeratiche incoerenti - Materiali con grado di addensamento basso o nullo
- C2A - Depositi tendenzialmente coesivi a consistenza medio-elevata
- C2B - Depositi tendenzialmente coesivi a consistenza bassa o nulla

Fig. 4b

# Carta della permeabilità

fonte: portale cartografico  
provincia di Viterbo



## Legenda



perimetro impianto



cavidotto



limite  
regionale



Permeabilità alta



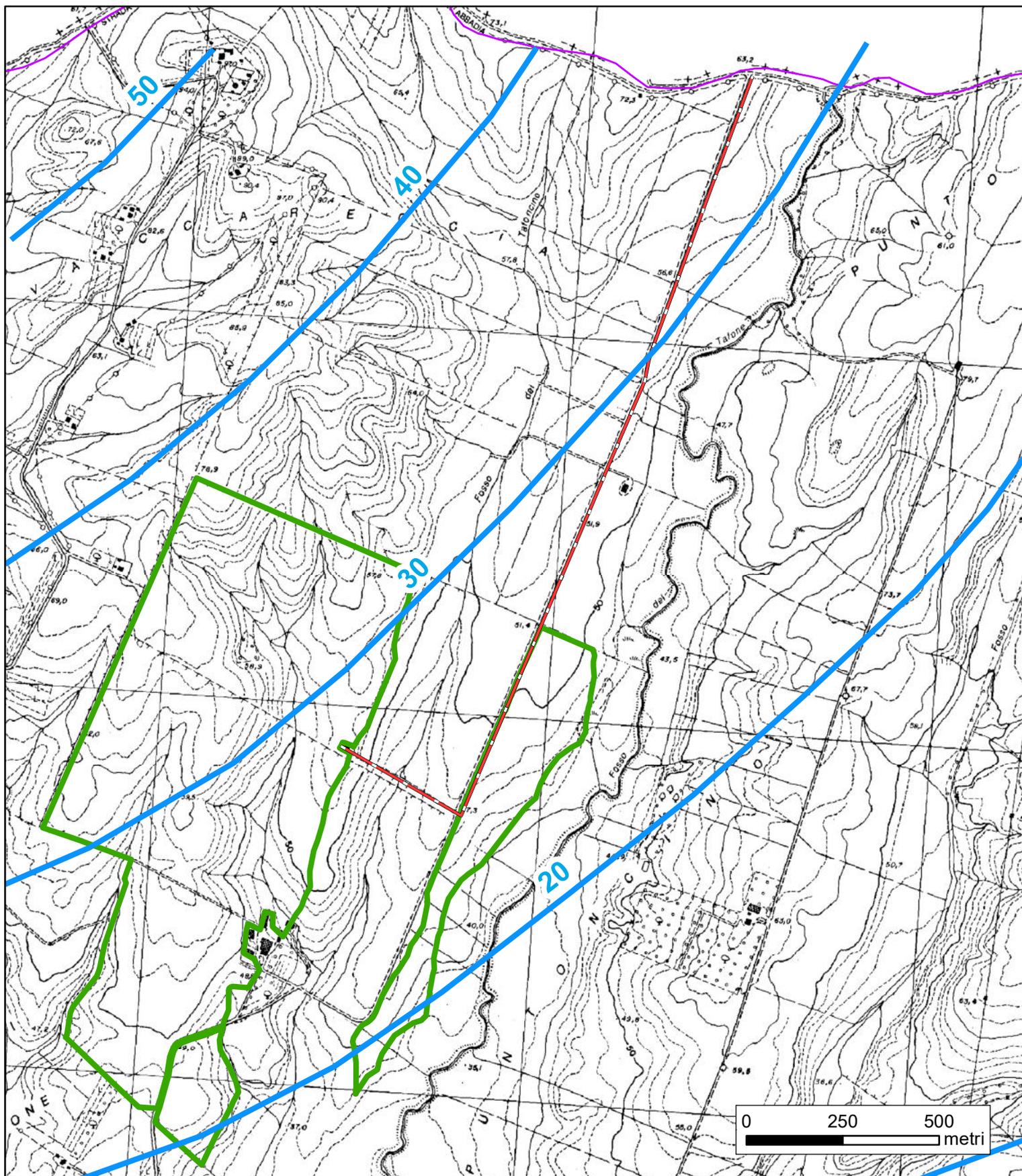
Permeabilità medio-alta



Permeabilità media

fig. 5

# Estratto della Carta idrogeologica



## Legenda



perimetro impianto



cavidotto

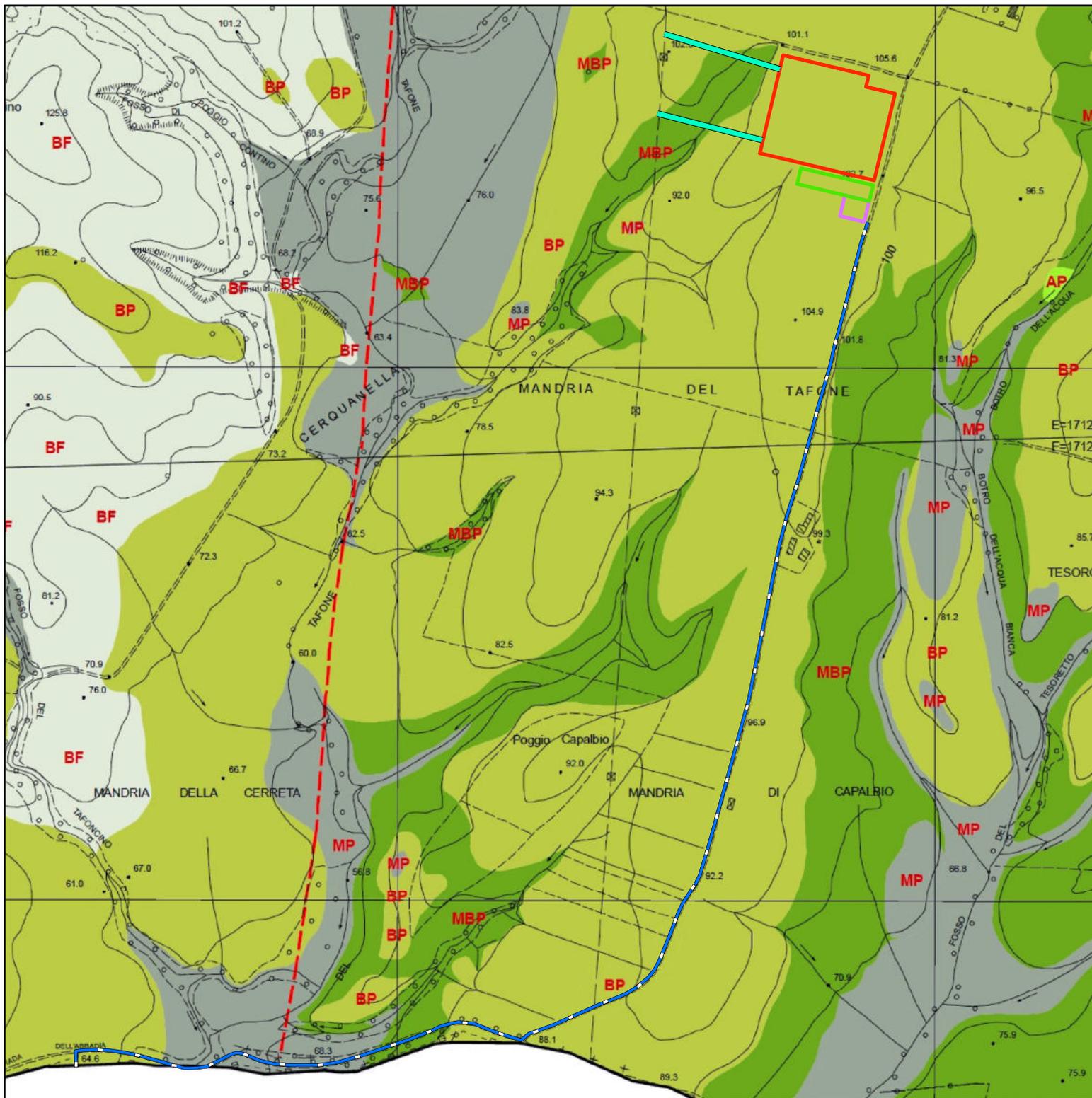


isopieze (m s.l.m.)

fig. 5bis

# Estratto della carta idrogeologica e delle aree con problematiche idrogeologiche ai sensi del DPGRT 26/R/07

scala 1:10.000

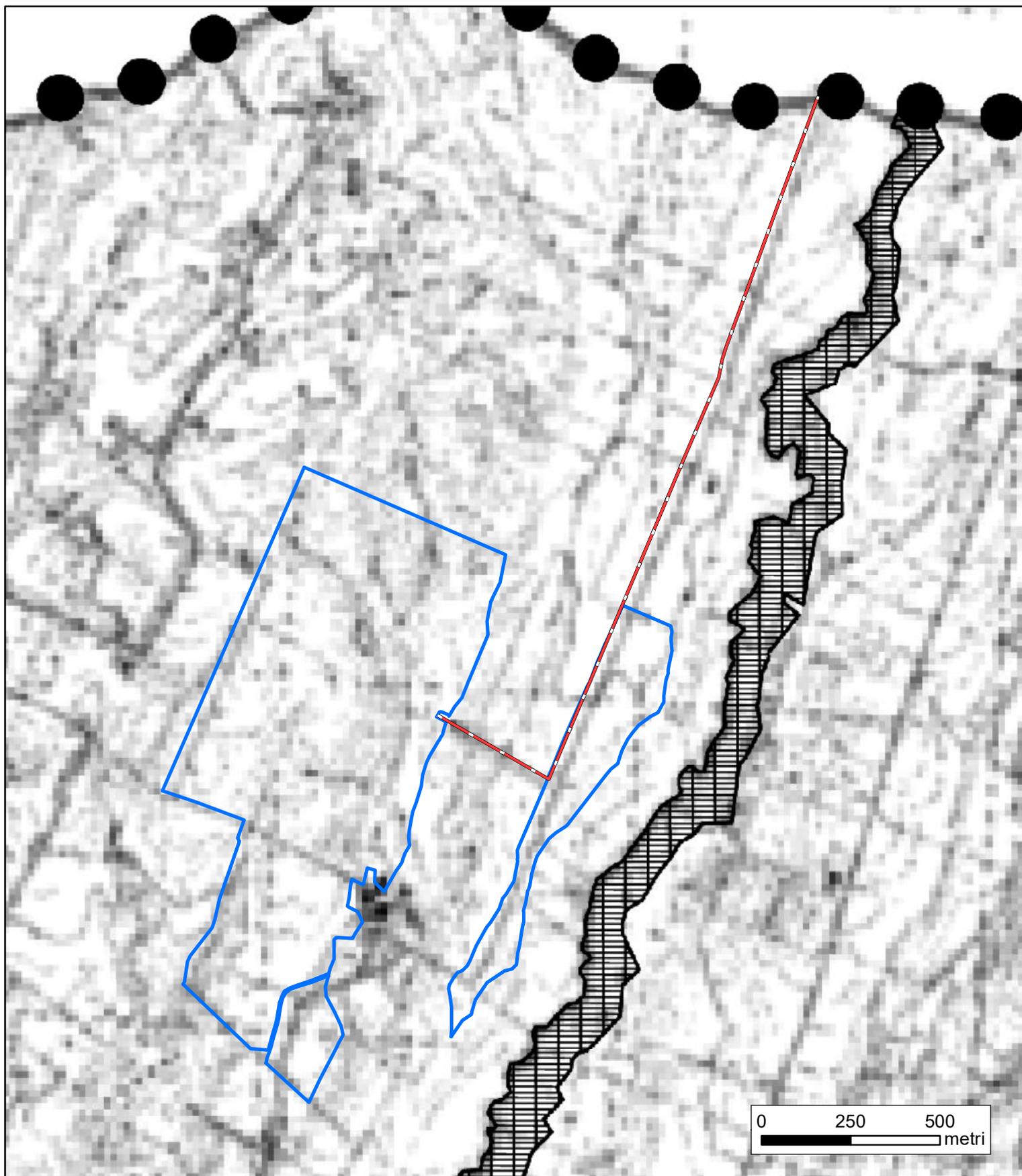


## Legenda

- |  |                                      |   |                    |   |   |
|--|--------------------------------------|---|--------------------|---|---|
|  | SE "Maccabove"                       |  | nuovi elettrodotti |  | BP - permeabilità bassa per porosità (p. primaria)                  |
|  | SSE "Iberdrola"                      |   |                    |  | BF - permeabilità bassa per fratturazione (p. primaria)             |
|  | area comune -<br>condivisione stallo |   |                    |  | MP - permeabilità media per porosità (p. primaria)                  |
|  | Cavidotto                            |   |                    |  | AP - permeabilità elevata per porosità (p. primaria)                |
|  |                                      |   |                    |  | MBP - permeabilità molto bassa per porosità (permeabilità primaria) |

Fig. 5a

# Estratto della tavola 3.2 "P.T.P.G. Viterbo idrogeologica" - Variante generale al Piano Regolatore Generale comunale



## Legenda



perimetro impianto

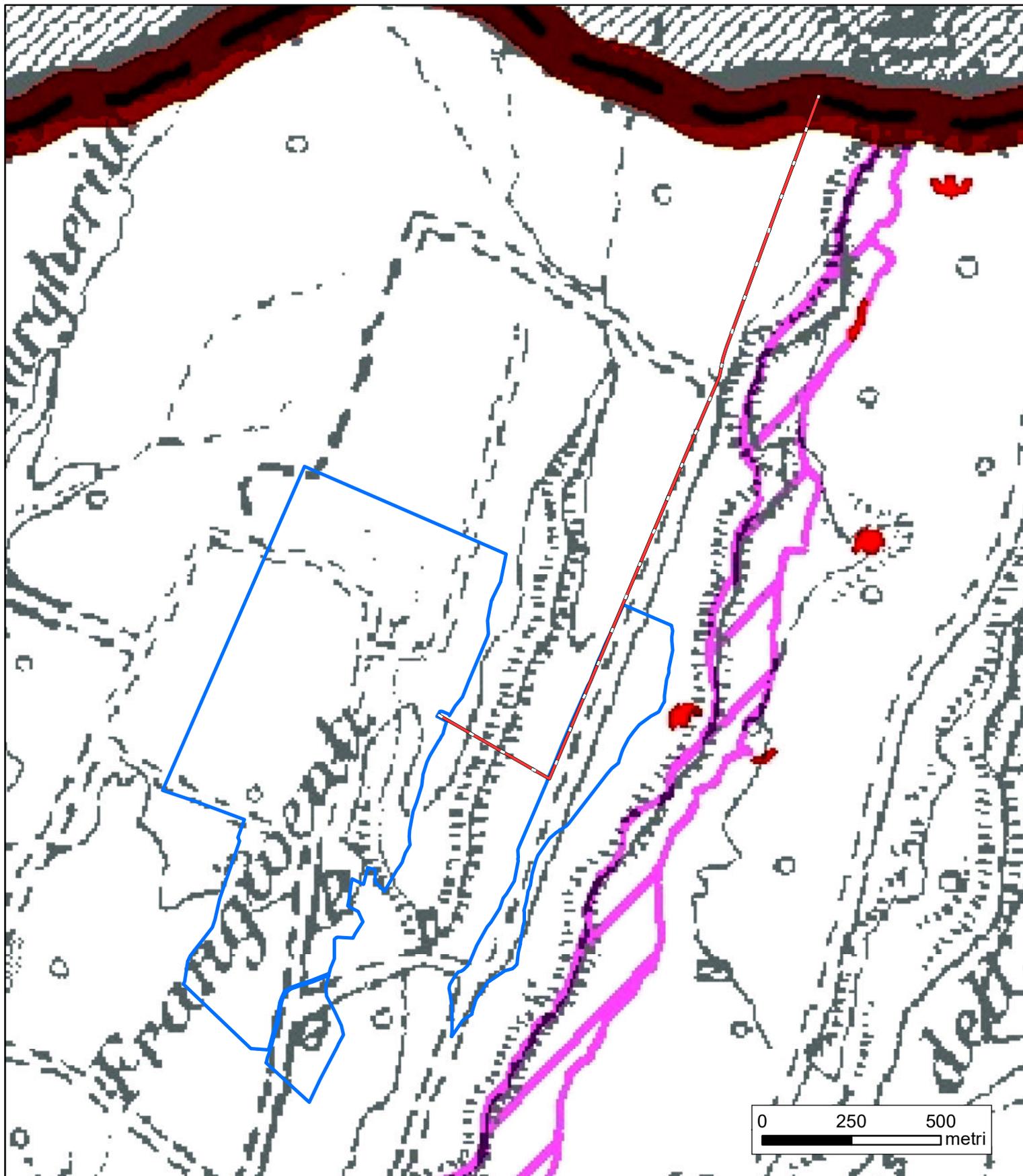


cavidotto



area di esondazione potenziale

# Estratto della Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico - P.T.P.G. Viterbo



## Legenda



perimetro impianto



cavidotto



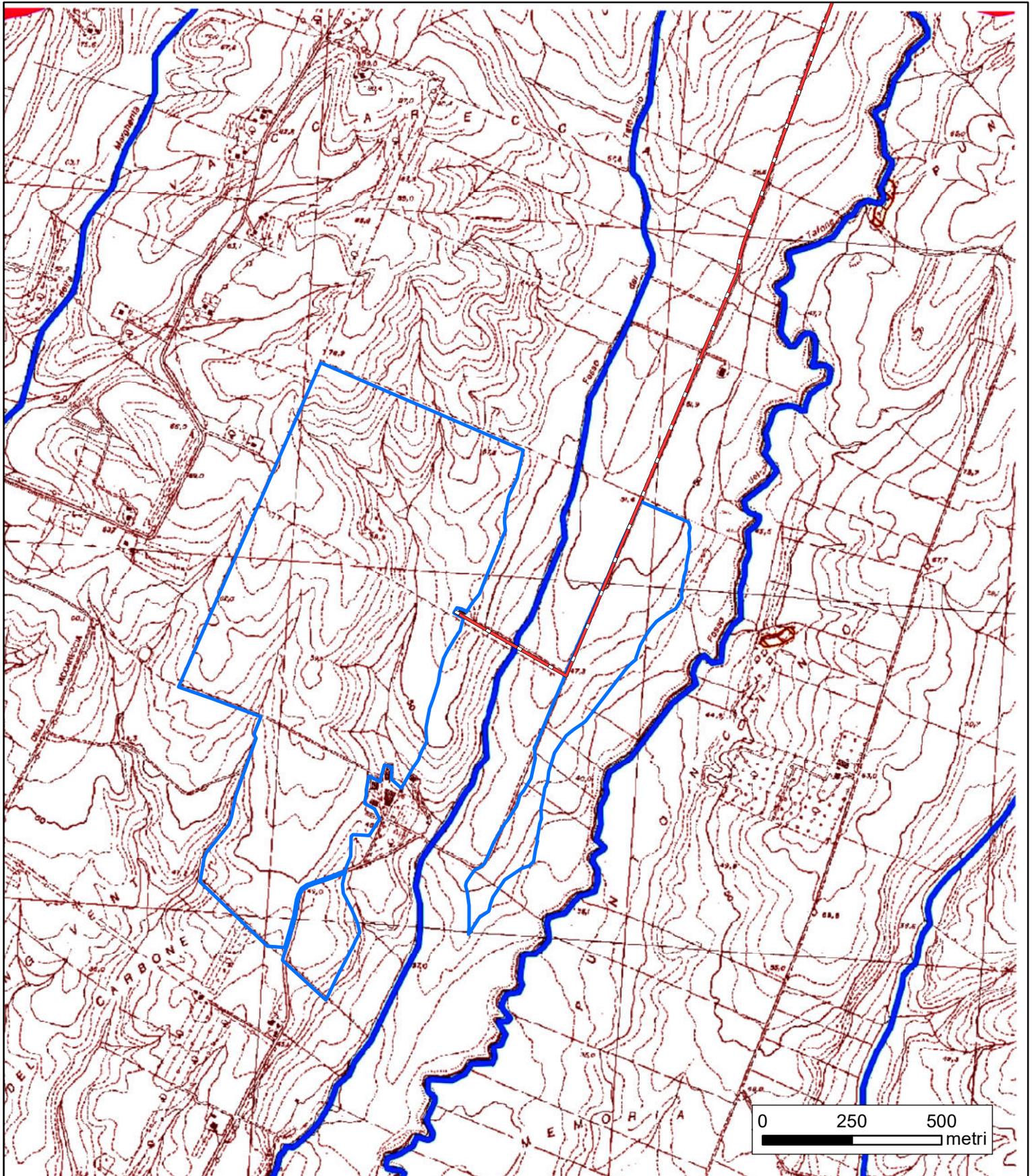
aree di esondazione potenziale



frana attiva non cartografabile

fig. 6a

# Estratto della mappa delle Aree sottoposte a tutela per dissesto idrogeologico - Autorità dei Bacini Regionali Lazio



## Legenda



perimetro impianto

 cavidotto

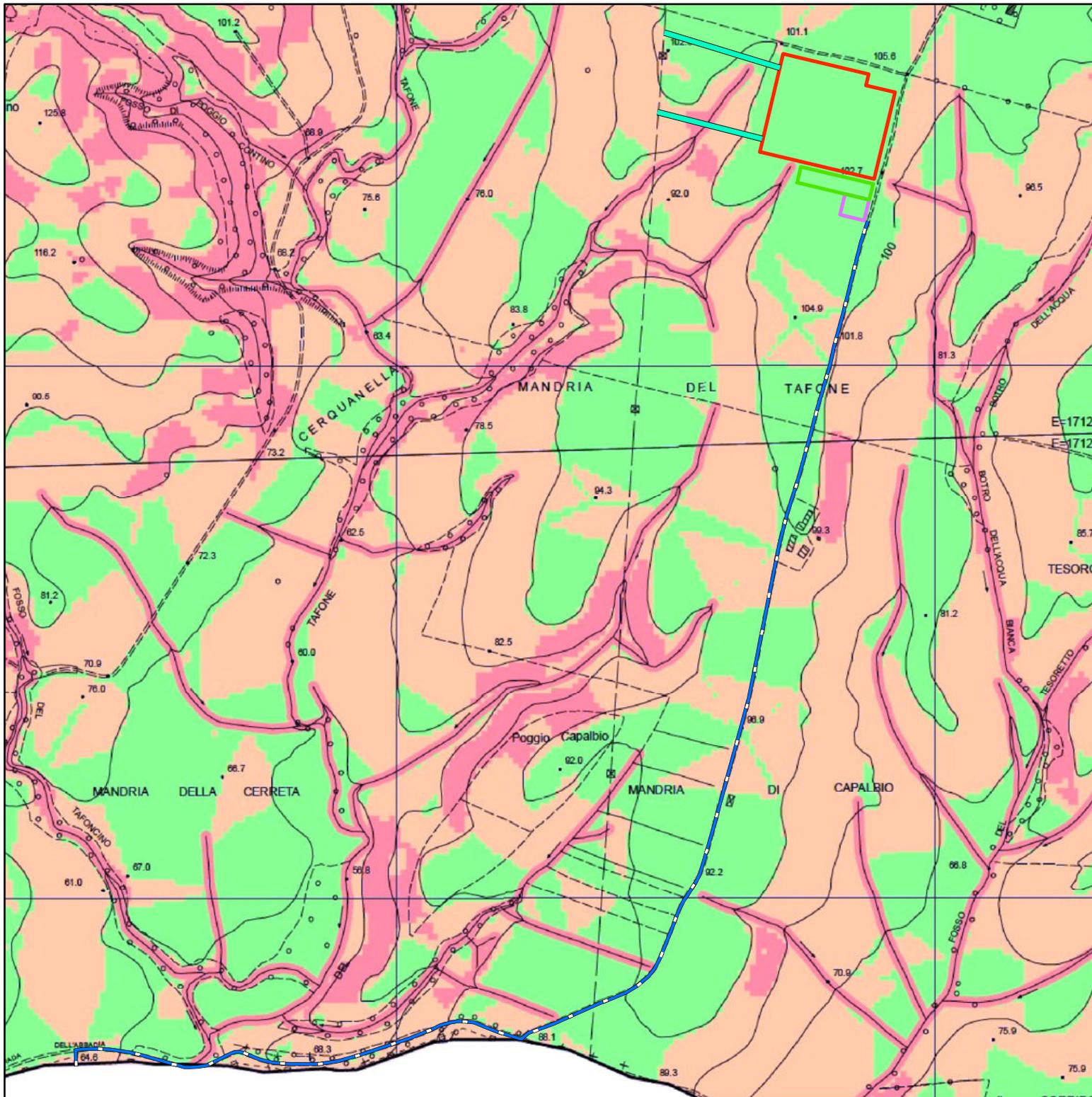


area a pericolo B

fig. 6b

# Estratto dal P.S. vigente: carta della pericolosità geomorfologica

scala 1:10.000



## Legenda

 SE "Maccabove"

 nuovi elettrodotti

 SSE "Iberdrola"

 area comune -  
condivisione stallo

 Cavidotto

## Pericolosità geomorfologica

 G3

 G2

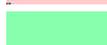
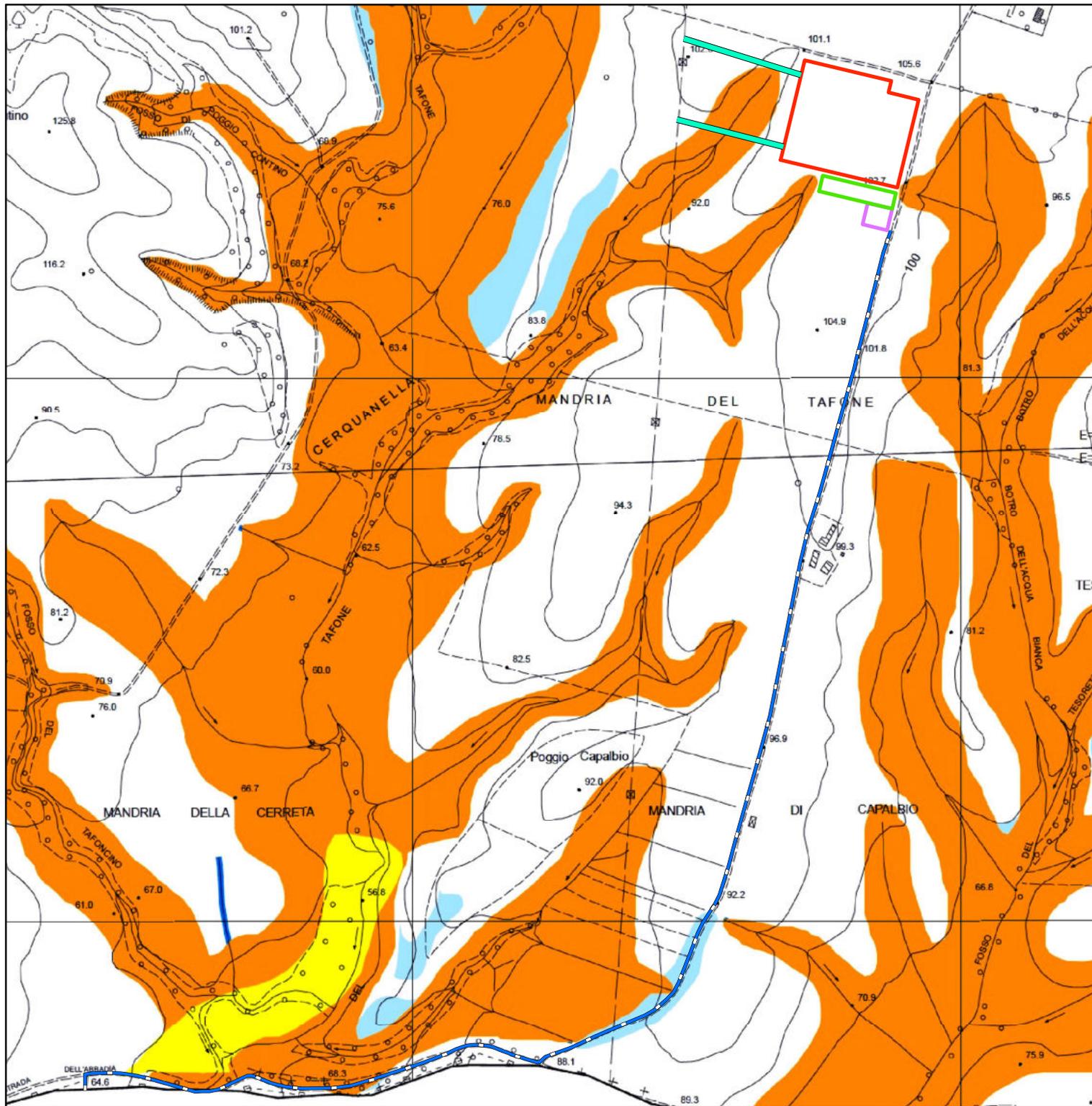
 G1

Fig. 6c

# Estratto dal P.S. vigente: carta della pericolosità idraulica

scala 1: 10 000



## Legenda

 SE "Maccabove"

 area comune -  
condivisione stallo

 SSE "Iberdrola"

 Cavidotto

 nuovi elettrodotti

## Pericolosità idraulica

 I4

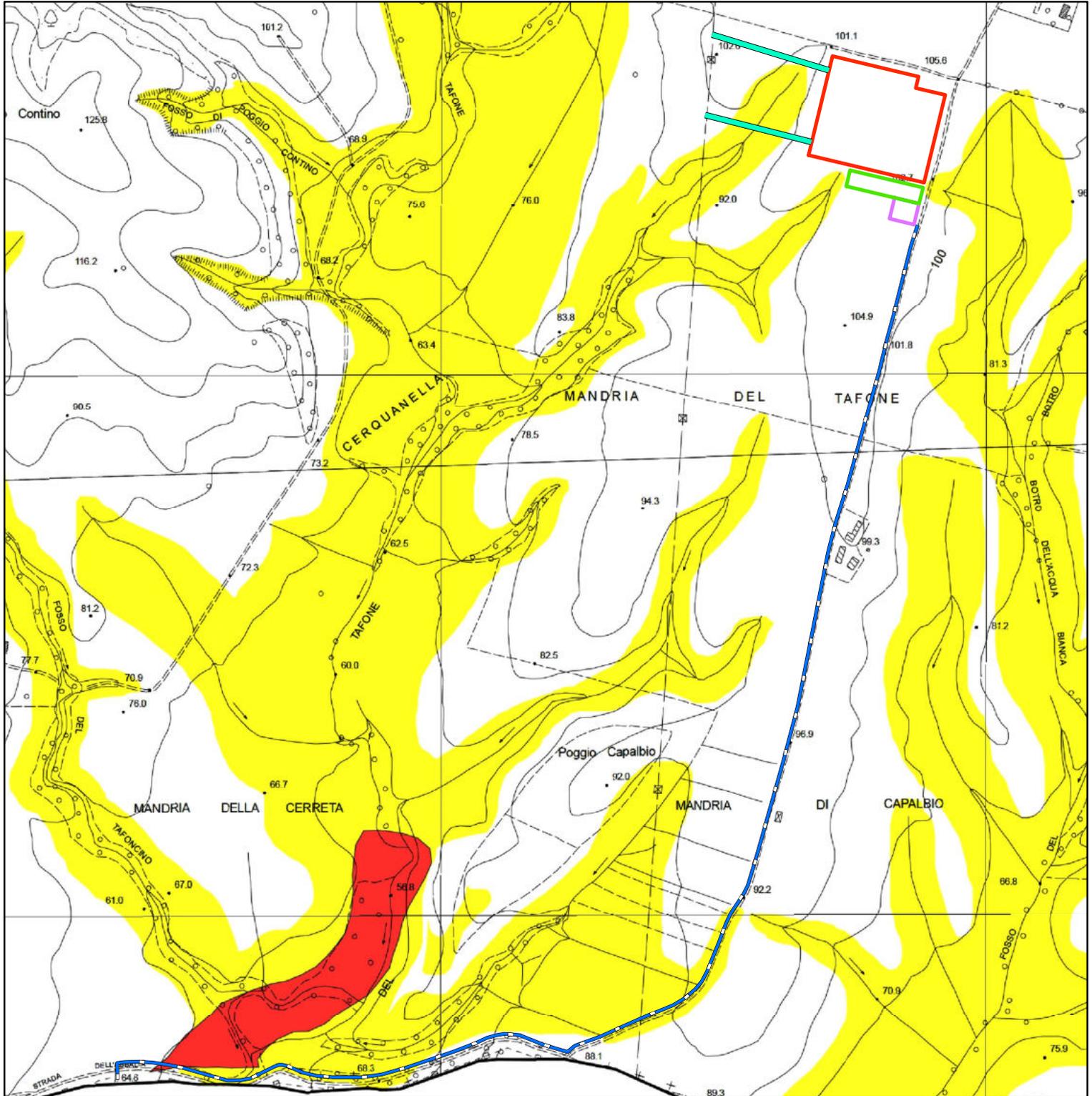
 I3

 I2

Fig. 6d

# Estratto dal P.S. vigente: aree allagabili

scala 1: 10 000



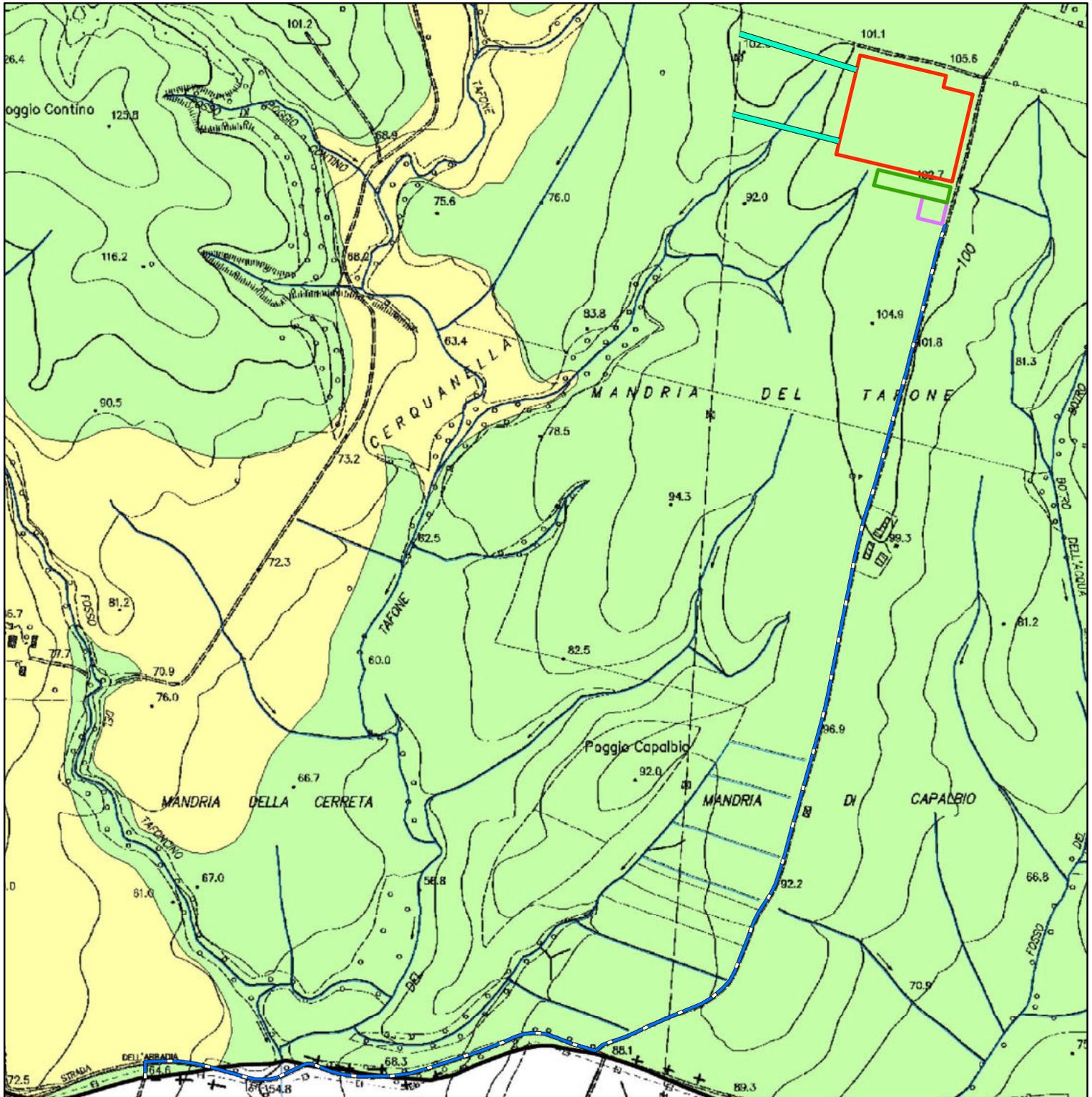
## Legenda

- |  |                                      |   |   |
|--|--------------------------------------|---|---|
|  | SE "Maccabove"                       |  | nuovi elettrodotti                      |
|  | SSE "Iberdrola"                      |  | Aree di fondovalle                      |
|  | area comune -<br>condivisione stallo |  | Aree soggette ad esondazione ricorrente |
|  | Cavidotto                            |   |   |

Fig. 6e

# Estratto dal PAI Ombrone

scala 1: 10 000



## Legenda

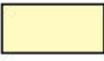
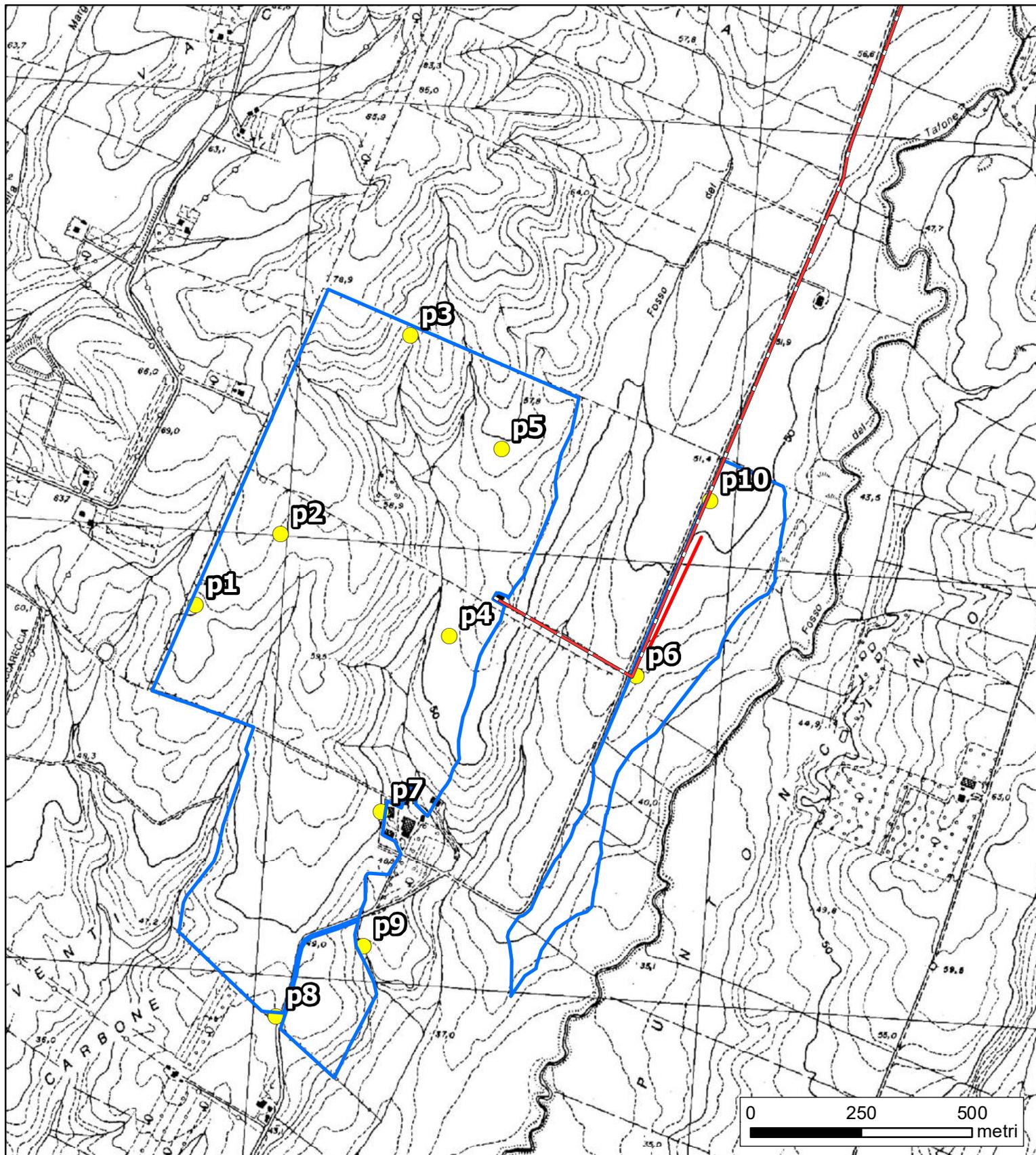
- |  |                                   |   |  |
|--|-----------------------------------|---|--|
|  | SE Maccabove                      |  | Dominio idraulico                            |
|  | area comune - condivisione stallo |  | Dominio geomorfologico e idraulico-forestale |
|  | SSE_Iberdrola                     |   |  |
|  | cavidotto                         |   |  |
|  | nuovi elettrodotti                |   |  |

Fig. 7

# Carta delle indagini



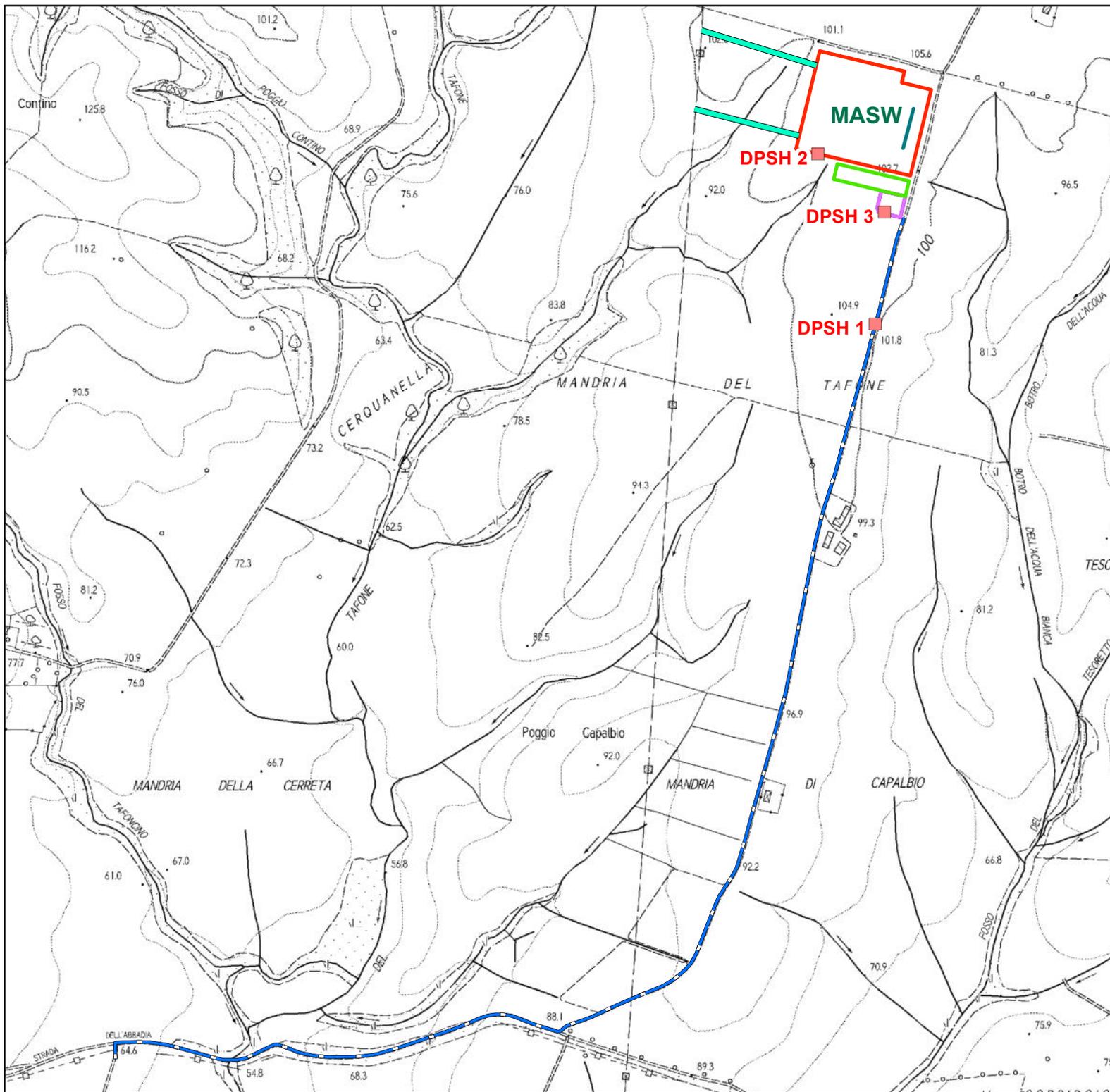
## Legenda

-  perimetro impianto
-  prove penetrometriche
-  indagine sismica MASW
-  cavidotto

Fig. 8

# Mappa delle indagini

scala 1: 10 000



## Legenda

- |  |                                      |   |                    |
|--|--------------------------------------|---|--------------------|
|  | SE "Maccabove"                       |  | nuovi elettrodotti |
|  | area comune -<br>condivisione stallo |  | cavidotto          |
|  | SSE Iberdrola                        |  | prove DPSH         |
|  |                                      |  | profilo MASW       |

Fig. 8a

**ALLEGATO 1**

***Prove penetrometriche statiche - dinamiche***

***Area Impianto "Montalto – Pescia"***

**PENETRATIO s.n.c.**

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel.0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

**Rif. 04 cpt 2021**

(Archivio interno 12L-2021)

**PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT 1-8**

---

committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	data:	18/01/2021
Loc:	Montalto di Castro	profondità prova:	v. tabulati seguenti
Comune	Montalto di Castro (VT)	quota inizio:	p.c.
		profondità falda:	v. tabulati seguenti

---

Note: ***le prove cpt8, cpt9 e cpt10 (arch. int.12L-2021) sono state proseguite in modo dinamico (DPSH)***

---

**CARATTERISTICHE DEL SISTEMA**

Penetrometro: statico/dinamico PAGANI TG 63-200 da 20 ton, autoancorante

Sistema di ancoraggio: aste elicoidali di serie (mm) Ø100x750

Sistema di misura: cella di carico AEP con visualizzatore Pagani

Punta: conica meccanica Ø 35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - ( area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$ )Manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( Ø 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$ )Velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm / sec}$  (  $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$  )

Spinta massima rilevabile dalla cella di carico 200 kN

Passo di lettura 0,20 m

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CON INDIVIDUAZIONE DELLE VERTICALI D'INDAGINE**



***Postazione prova penetrometrica statica CPT1***



***Postazione prova penetrometrica statica CPT2***

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CON INDIVIDUAZIONE DELLE VERTICALI D'INDAGINE**



***Postazione prova penetrometrica statica CPT3***



***Postazione prova penetrometrica statica CPT4***

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CON INDIVIDUAZIONE DELLE VERTICALI D'INDAGINE**



***Postazione prova penetrometrica statica CPT5***



***Postazione prova penetrometrica statica CPT6***

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CON INDIVIDUAZIONE DELLE VERTICALI D'INDAGINE**



***Postazione prova penetrometrica statica CPT7***



***Postazione prova penetrometrica statica CPT8 proseguita come DPSH8***

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CON INDIVIDUAZIONE DELLE VERTICALI D'INDAGINE**



***Postazione prova penetrometrica statica CPT9 proseguita come DPSH9***



***Postazione prova penetrometrica statica CPT10 proseguita come DPSH10***

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

## CPT 1

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	----	----	--	0,53	----	1,80	100,0	149,0	100,0	3,13	32,0
0,40	8,0	16,0	8,0	0,27	30,0	<b>2,00</b>	146,0	193,0	146,0	5,20	28,0
0,60	7,0	11,0	7,0	0,27	26,0	2,20	140,0	218,0	140,0	5,67	25,0
0,80	15,0	19,0	15,0	0,47	32,0	2,40	166,0	251,0	166,0	6,67	25,0
<b>1,00</b>	18,0	25,0	18,0	1,13	16,0	2,60	164,0	264,0	164,0	4,73	35,0
1,20	16,0	33,0	16,0	1,93	8,0	2,80	98,0	169,0	98,0	3,00	33,0
1,40	40,0	69,0	40,0	1,13	35,0	<b>3,00</b>	121,0	166,0	121,0	5,00	24,0
1,60	16,0	33,0	16,0	3,27	5,0	3,20	85,0	160,0	85,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 2**

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	----	----	--	0,47	----	3,80	81,0	167,0	81,0	6,33	13,0
0,40	9,0	16,0	9,0	0,47	19,0	<b>4,00</b>	103,0	198,0	103,0	5,87	18,0
0,60	6,0	13,0	6,0	0,47	13,0	4,20	98,0	186,0	98,0	5,87	17,0
0,80	23,0	30,0	23,0	0,27	86,0	4,40	82,0	170,0	82,0	7,27	11,0
<b>1,00</b>	31,0	35,0	31,0	0,67	46,0	4,60	75,0	184,0	75,0	6,87	11,0
1,20	45,0	55,0	45,0	1,33	34,0	4,80	78,0	181,0	78,0	5,73	14,0
1,40	65,0	85,0	65,0	3,60	18,0	<b>5,00</b>	84,0	170,0	84,0	5,60	15,0
1,60	113,0	167,0	113,0	5,40	21,0	5,20	96,0	180,0	96,0	5,80	17,0
1,80	145,0	226,0	145,0	4,93	29,0	5,40	77,0	164,0	77,0	5,27	15,0
<b>2,00</b>	87,0	161,0	87,0	5,07	17,0	5,60	81,0	160,0	81,0	6,07	13,0
2,20	93,0	169,0	93,0	4,07	23,0	5,80	85,0	176,0	85,0	6,40	13,0
2,40	94,0	155,0	94,0	4,20	22,0	<b>6,00</b>	100,0	196,0	100,0	5,53	18,0
2,60	128,0	191,0	128,0	2,40	53,0	6,20	112,0	195,0	112,0	5,47	20,0
2,80	120,0	156,0	120,0	5,60	21,0	6,40	96,0	178,0	96,0	5,67	17,0
<b>3,00</b>	81,0	165,0	81,0	5,47	15,0	6,60	80,0	165,0	80,0	5,67	14,0
3,20	79,0	161,0	79,0	5,47	14,0	6,80	131,0	216,0	131,0	6,93	19,0
3,40	85,0	167,0	85,0	6,40	13,0	<b>7,00</b>	127,0	231,0	127,0	-----	----
3,60	70,0	166,0	70,0	5,73	12,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

### CPT 3

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	----	----	--	0,67	----	3,80	111,0	200,0	111,0	4,93	22,0
0,40	9,0	19,0	9,0	1,07	8,0	<b>4,00</b>	138,0	212,0	138,0	5,67	24,0
0,60	12,0	28,0	12,0	0,60	20,0	4,20	82,0	167,0	82,0	5,20	16,0
0,80	27,0	36,0	27,0	1,33	20,0	4,40	80,0	158,0	80,0	5,73	14,0
<b>1,00</b>	34,0	54,0	34,0	2,20	15,0	4,60	84,0	170,0	84,0	6,07	14,0
1,20	36,0	69,0	36,0	2,47	15,0	4,80	72,0	163,0	72,0	5,67	13,0
1,40	39,0	76,0	39,0	2,60	15,0	<b>5,00</b>	83,0	168,0	83,0	6,00	14,0
1,60	51,0	90,0	51,0	2,33	22,0	5,20	108,0	198,0	108,0	6,33	17,0
1,80	40,0	75,0	40,0	2,60	15,0	5,40	106,0	201,0	106,0	5,67	19,0
<b>2,00</b>	37,0	76,0	37,0	2,20	17,0	5,60	87,0	172,0	87,0	4,47	19,0
2,20	33,0	66,0	33,0	2,33	14,0	5,80	98,0	165,0	98,0	5,27	19,0
2,40	35,0	70,0	35,0	3,53	10,0	<b>6,00</b>	79,0	158,0	79,0	5,13	15,0
2,60	66,0	119,0	66,0	2,93	22,0	6,20	85,0	162,0	85,0	5,73	15,0
2,80	144,0	188,0	144,0	8,67	17,0	6,40	70,0	156,0	70,0	4,60	15,0
<b>3,00</b>	138,0	268,0	138,0	11,27	12,0	6,60	96,0	165,0	96,0	5,27	18,0
3,20	104,0	273,0	104,0	9,40	11,0	6,80	81,0	160,0	81,0	5,33	15,0
3,40	99,0	240,0	99,0	6,13	16,0	<b>7,00</b>	138,0	218,0	138,0	4,93	28,0
3,60	90,0	182,0	90,0	5,93	15,0	7,20	161,0	235,0	161,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 4**

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl	- data : 18/01/2021
- lavoro : .	- quota inizio : Piano Campagna
- località : Montalto di Castro (VT)	- falda : Falda non rilevata
- assist. cantiere :	
- note : Prova non conclusa causa rifiuto 260 kg/cm <sup>2</sup>	

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	----	----	--	0,47	----	1,20	19,0	45,0	19,0	1,67	11,0
0,40	7,0	14,0	7,0	0,67	10,0	1,40	96,0	121,0	96,0	2,07	46,0
0,60	12,0	22,0	12,0	0,47	26,0	1,60	98,0	129,0	98,0	7,67	13,0
0,80	18,0	25,0	18,0	1,80	10,0	1,80	222,0	337,0	222,0	3,93	56,0
<b>1,00</b>	14,0	41,0	14,0	1,73	8,0	<b>2,00</b>	260,0	319,0	260,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

## CPT 5

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	----	----	--	0,33	----	<b>4,00</b>	82,0	168,0	82,0	6,80	12,0
0,40	8,0	13,0	8,0	0,87	9,0	4,20	78,0	180,0	78,0	6,47	12,0
0,60	19,0	32,0	19,0	2,93	6,0	4,40	90,0	187,0	90,0	5,93	15,0
0,80	131,0	175,0	131,0	4,60	28,0	4,60	112,0	201,0	112,0	5,33	21,0
<b>1,00</b>	98,0	167,0	98,0	5,67	17,0	4,80	75,0	155,0	75,0	5,80	13,0
1,20	147,0	232,0	147,0	5,87	25,0	<b>5,00</b>	81,0	168,0	81,0	6,40	13,0
1,40	122,0	210,0	122,0	6,53	19,0	5,20	70,0	166,0	70,0	5,60	13,0
1,60	100,0	198,0	100,0	5,47	18,0	5,40	88,0	172,0	88,0	5,67	16,0
1,80	95,0	177,0	95,0	5,47	17,0	5,60	96,0	181,0	96,0	6,27	15,0
<b>2,00</b>	88,0	170,0	88,0	3,40	26,0	5,80	98,0	192,0	98,0	6,07	16,0
2,20	112,0	163,0	112,0	5,00	22,0	<b>6,00</b>	117,0	208,0	117,0	5,60	21,0
2,40	85,0	160,0	85,0	4,40	19,0	6,20	81,0	165,0	81,0	5,00	16,0
2,60	70,0	136,0	70,0	4,20	17,0	6,40	123,0	198,0	123,0	5,60	22,0
2,80	69,0	132,0	69,0	3,07	23,0	6,60	97,0	181,0	97,0	6,20	16,0
<b>3,00</b>	52,0	98,0	52,0	2,87	18,0	6,80	80,0	173,0	80,0	4,00	20,0
3,20	58,0	101,0	58,0	3,27	18,0	<b>7,00</b>	158,0	218,0	158,0	6,13	26,0
3,40	67,0	116,0	67,0	4,80	14,0	7,20	103,0	195,0	103,0	4,60	22,0
3,60	70,0	142,0	70,0	5,53	13,0	7,40	94,0	163,0	94,0	2,93	32,0
3,80	75,0	158,0	75,0	5,73	13,0	7,60	168,0	212,0	168,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

## CPT 6

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	----	----	--	0,47	----	4,60	26,0	52,0	26,0	1,93	13,0
0,40	6,0	13,0	6,0	1,07	6,0	4,80	26,0	55,0	26,0	1,20	22,0
0,60	13,0	29,0	13,0	1,40	9,0	<b>5,00</b>	20,0	38,0	20,0	1,33	15,0
0,80	38,0	59,0	38,0	1,53	25,0	5,20	40,0	60,0	40,0	2,00	20,0
<b>1,00</b>	43,0	66,0	43,0	1,33	32,0	5,40	39,0	69,0	39,0	2,00	20,0
1,20	90,0	110,0	90,0	3,47	26,0	5,60	46,0	76,0	46,0	2,40	19,0
1,40	42,0	94,0	42,0	2,80	15,0	5,80	50,0	86,0	50,0	2,67	19,0
1,60	59,0	101,0	59,0	1,87	32,0	<b>6,00</b>	50,0	90,0	50,0	2,40	21,0
1,80	45,0	73,0	45,0	2,27	20,0	6,20	52,0	88,0	52,0	2,47	21,0
<b>2,00</b>	76,0	110,0	76,0	2,27	34,0	6,40	53,0	90,0	53,0	2,60	20,0
2,20	61,0	95,0	61,0	4,27	14,0	6,60	52,0	91,0	52,0	2,60	20,0
2,40	68,0	132,0	68,0	3,93	17,0	6,80	55,0	94,0	55,0	2,53	22,0
2,60	157,0	216,0	157,0	1,80	87,0	<b>7,00</b>	58,0	96,0	58,0	2,73	21,0
2,80	174,0	201,0	174,0	5,07	34,0	7,20	63,0	104,0	63,0	3,00	21,0
<b>3,00</b>	68,0	144,0	68,0	3,53	19,0	7,40	66,0	111,0	66,0	2,80	24,0
3,20	168,0	221,0	168,0	3,13	54,0	7,60	65,0	107,0	65,0	2,93	22,0
3,40	69,0	116,0	69,0	1,20	57,0	7,80	70,0	114,0	70,0	3,13	22,0
3,60	140,0	158,0	140,0	1,13	124,0	<b>8,00</b>	72,0	119,0	72,0	3,27	22,0
3,80	95,0	112,0	95,0	3,33	29,0	8,20	75,0	124,0	75,0	3,20	23,0
<b>4,00</b>	74,0	124,0	74,0	3,60	21,0	8,40	71,0	119,0	71,0	3,00	24,0
4,20	95,0	149,0	95,0	1,93	49,0	8,60	70,0	115,0	70,0	2,93	24,0
4,40	38,0	67,0	38,0	1,73	22,0	8,80	73,0	117,0	73,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

### CPT 7

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl	- data : 18/01/2021
- lavoro : .	- quota inizio : Piano Campagna
- località : Montalto di Castro (VT)	- falda : Falda non rilevata
- assist. cantiere :	
- note : Prova non conclusa causa rifiuto 282 kg/cm <sup>2</sup>	

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	----	----	--	0,27	----	3,40	33,0	48,0	33,0	1,13	29,0
0,40	12,0	16,0	12,0	0,27	45,0	3,60	34,0	51,0	34,0	1,73	20,0
0,60	15,0	19,0	15,0	0,53	28,0	3,80	34,0	60,0	34,0	1,93	18,0
0,80	14,0	22,0	14,0	0,53	26,0	<b>4,00</b>	37,0	66,0	37,0	2,07	18,0
<b>1,00</b>	17,0	25,0	17,0	1,20	14,0	4,20	37,0	68,0	37,0	2,07	18,0
1,20	17,0	35,0	17,0	1,40	12,0	4,40	35,0	66,0	35,0	2,20	16,0
1,40	16,0	37,0	16,0	1,60	10,0	4,60	33,0	66,0	33,0	2,07	16,0
1,60	20,0	44,0	20,0	1,33	15,0	4,80	35,0	66,0	35,0	2,20	16,0
1,80	45,0	65,0	45,0	2,93	15,0	<b>5,00</b>	41,0	74,0	41,0	4,80	9,0
<b>2,00</b>	50,0	94,0	50,0	3,87	13,0	5,20	60,0	132,0	60,0	1,40	43,0
2,20	78,0	136,0	78,0	6,40	12,0	5,40	114,0	135,0	114,0	4,87	23,0
2,40	70,0	166,0	70,0	5,60	13,0	5,60	60,0	133,0	60,0	3,00	20,0
2,60	44,0	128,0	44,0	2,40	18,0	5,80	51,0	96,0	51,0	11,87	4,0
2,80	85,0	121,0	85,0	3,67	23,0	<b>6,00</b>	235,0	413,0	235,0	9,07	26,0
<b>3,00</b>	30,0	85,0	30,0	1,67	18,0	6,20	282,0	418,0	282,0	-----	----
3,20	32,0	57,0	32,0	1,00	32,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 8**

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	----	----	--	0,13	----	<b>3,00</b>	38,0	50,0	38,0	1,07	36,0
0,40	8,0	10,0	8,0	0,40	20,0	3,20	28,0	44,0	28,0	0,73	38,0
0,60	8,0	14,0	8,0	0,47	17,0	3,40	34,0	45,0	34,0	0,87	39,0
0,80	13,0	20,0	13,0	0,60	22,0	3,60	27,0	40,0	27,0	1,20	22,0
<b>1,00</b>	12,0	21,0	12,0	1,00	12,0	3,80	34,0	52,0	34,0	0,80	42,0
1,20	19,0	34,0	19,0	0,93	20,0	<b>4,00</b>	33,0	45,0	33,0	1,27	26,0
1,40	44,0	58,0	44,0	1,73	25,0	4,20	25,0	44,0	25,0	0,80	31,0
1,60	55,0	81,0	55,0	3,27	17,0	4,40	25,0	37,0	25,0	0,53	47,0
1,80	51,0	100,0	51,0	2,47	21,0	4,60	26,0	34,0	26,0	0,93	28,0
<b>2,00</b>	46,0	83,0	46,0	2,47	19,0	4,80	24,0	38,0	24,0	2,07	12,0
2,20	47,0	84,0	47,0	2,00	24,0	<b>5,00</b>	34,0	65,0	34,0	1,40	24,0
2,40	41,0	71,0	41,0	1,73	24,0	5,20	25,0	46,0	25,0	5,60	4,0
2,60	30,0	56,0	30,0	1,27	24,0	5,40	245,0	329,0	245,0	5,60	44,0
2,80	37,0	56,0	37,0	0,80	46,0	5,60	184,0	268,0	184,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 9**

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl	- data : 18/01/2021
- lavoro : .	- quota inizio : Piano Campagna
- località : Montalto di Castro (VT)	- falda : Falda non rilevata
- assist. cantiere :	
- note : Prova non conclusa causa rifiuto 320 kg/cm <sup>2</sup>	

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	----	----	--	0,53	----	<b>1,00</b>	12,0	29,0	12,0	2,33	5,0
0,40	11,0	19,0	11,0	0,73	15,0	1,20	150,0	185,0	150,0	8,80	17,0
0,60	12,0	23,0	12,0	0,93	13,0	1,40	190,0	322,0	190,0	7,67	25,0
0,80	20,0	34,0	20,0	1,13	18,0	1,60	320,0	435,0	320,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

## CPT 10

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl

- lavoro :

- località : Montalto di Castro (VT)

- assist. cantiere :

- note : Prova non conclusa causa rifiuto 271 kg/cm<sup>2</sup>

- data : 18/01/2021

- quota inizio : Piano Campagna

- falda : Falda non rilevata

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	----	----	--	0,33	----	2,20	54,0	72,0	54,0	0,87	62,0
0,40	8,0	13,0	8,0	0,33	24,0	2,40	112,0	125,0	112,0	2,40	47,0
0,60	11,0	16,0	11,0	0,80	14,0	2,60	96,0	132,0	96,0	4,00	24,0
0,80	28,0	40,0	28,0	1,40	20,0	2,80	109,0	169,0	109,0	3,00	36,0
<b>1,00</b>	35,0	56,0	35,0	2,47	14,0	<b>3,00</b>	170,0	215,0	170,0	3,00	57,0
1,20	42,0	79,0	42,0	3,20	13,0	3,20	170,0	215,0	170,0	0,87	196,0
1,40	83,0	131,0	83,0	3,87	21,0	3,40	235,0	248,0	235,0	8,53	28,0
1,60	76,0	134,0	76,0	3,80	20,0	3,60	42,0	170,0	42,0	0,73	57,0
1,80	51,0	108,0	51,0	1,60	32,0	3,80	216,0	227,0	216,0	1,80	120,0
<b>2,00</b>	48,0	72,0	48,0	1,20	40,0	<b>4,00</b>	271,0	298,0	271,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

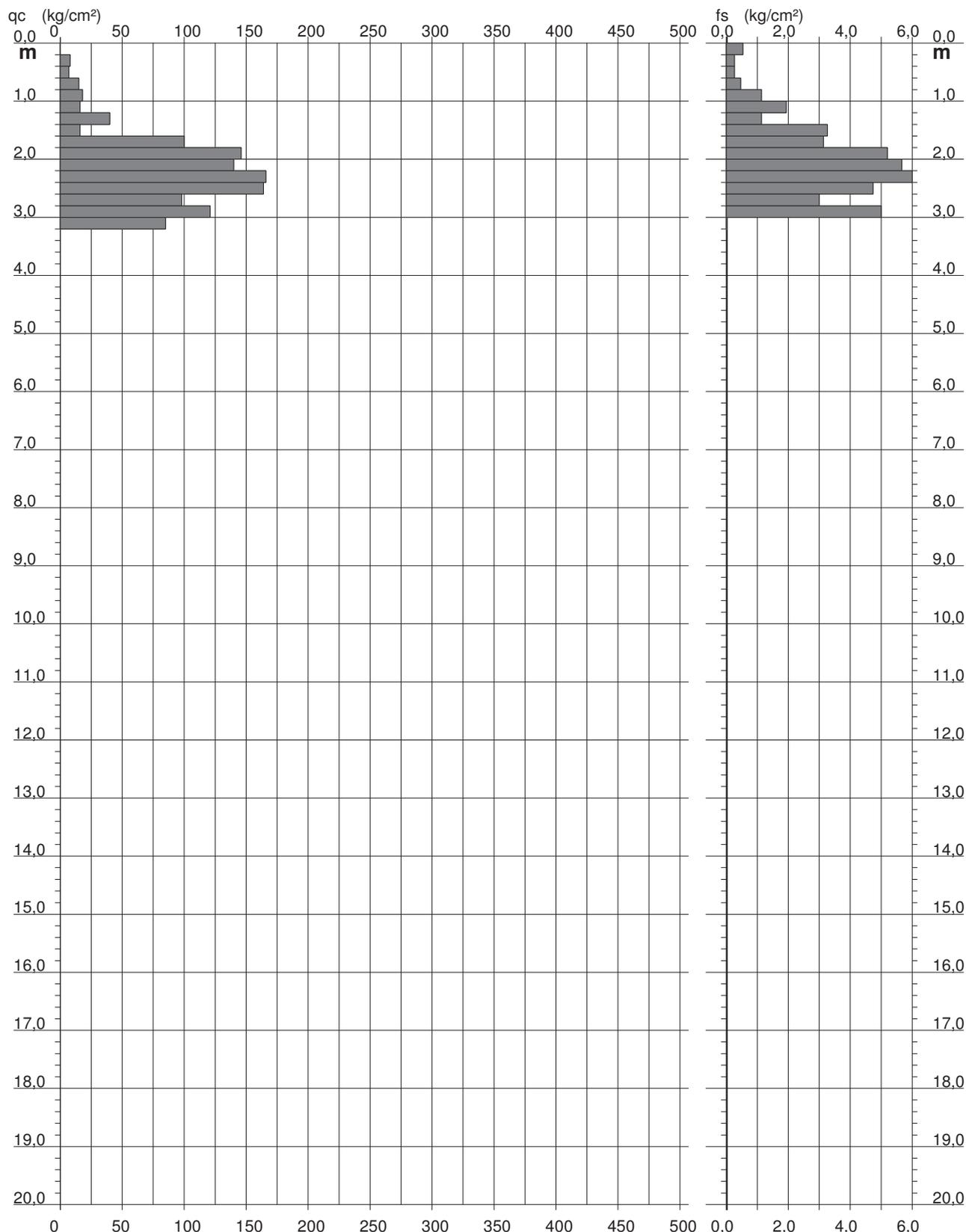
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 1**

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata



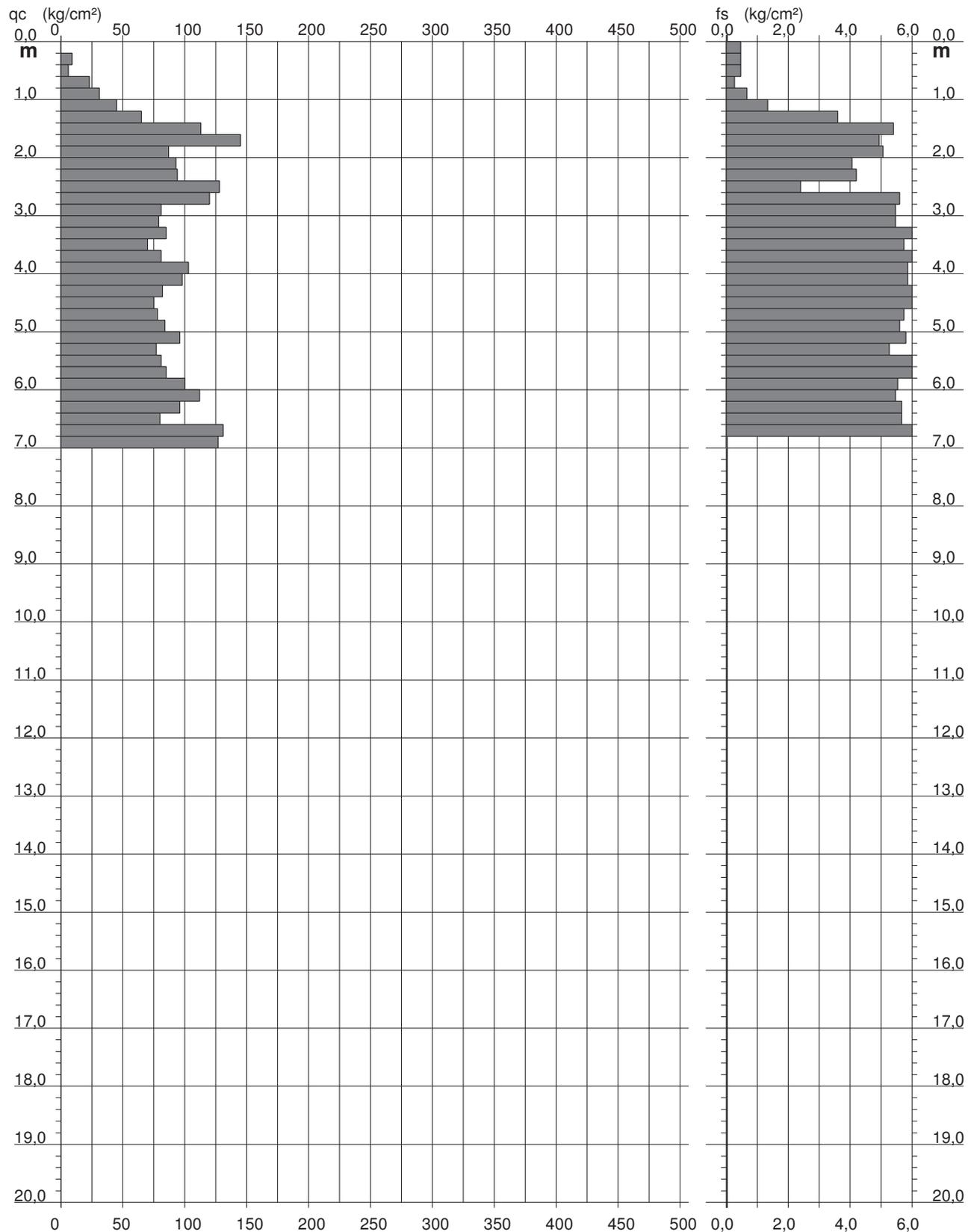
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 2**

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
- lavoro :  
- località : Montalto di Castro (VT)  
- assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- falda : Falda non rilevata



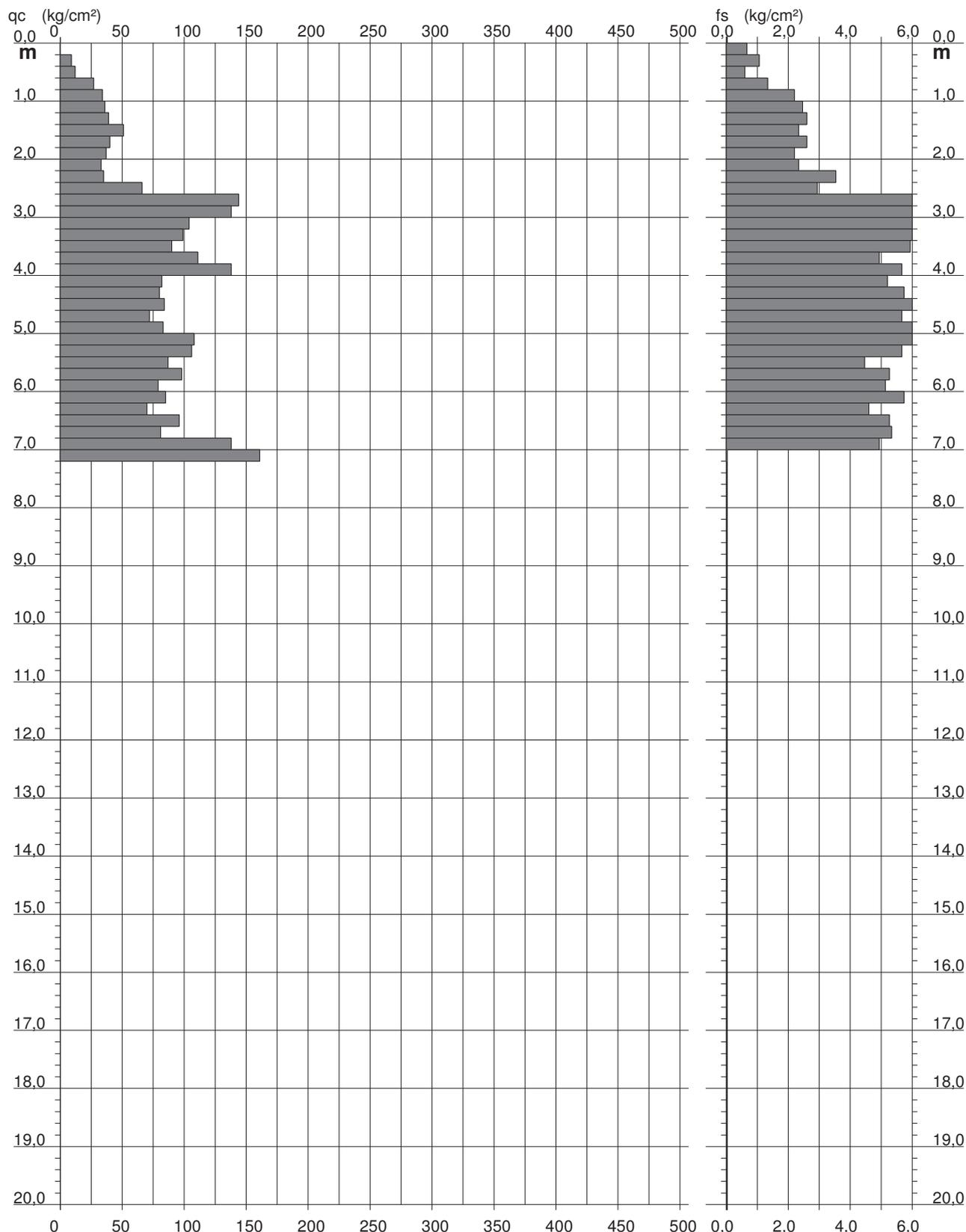
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 3**

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata



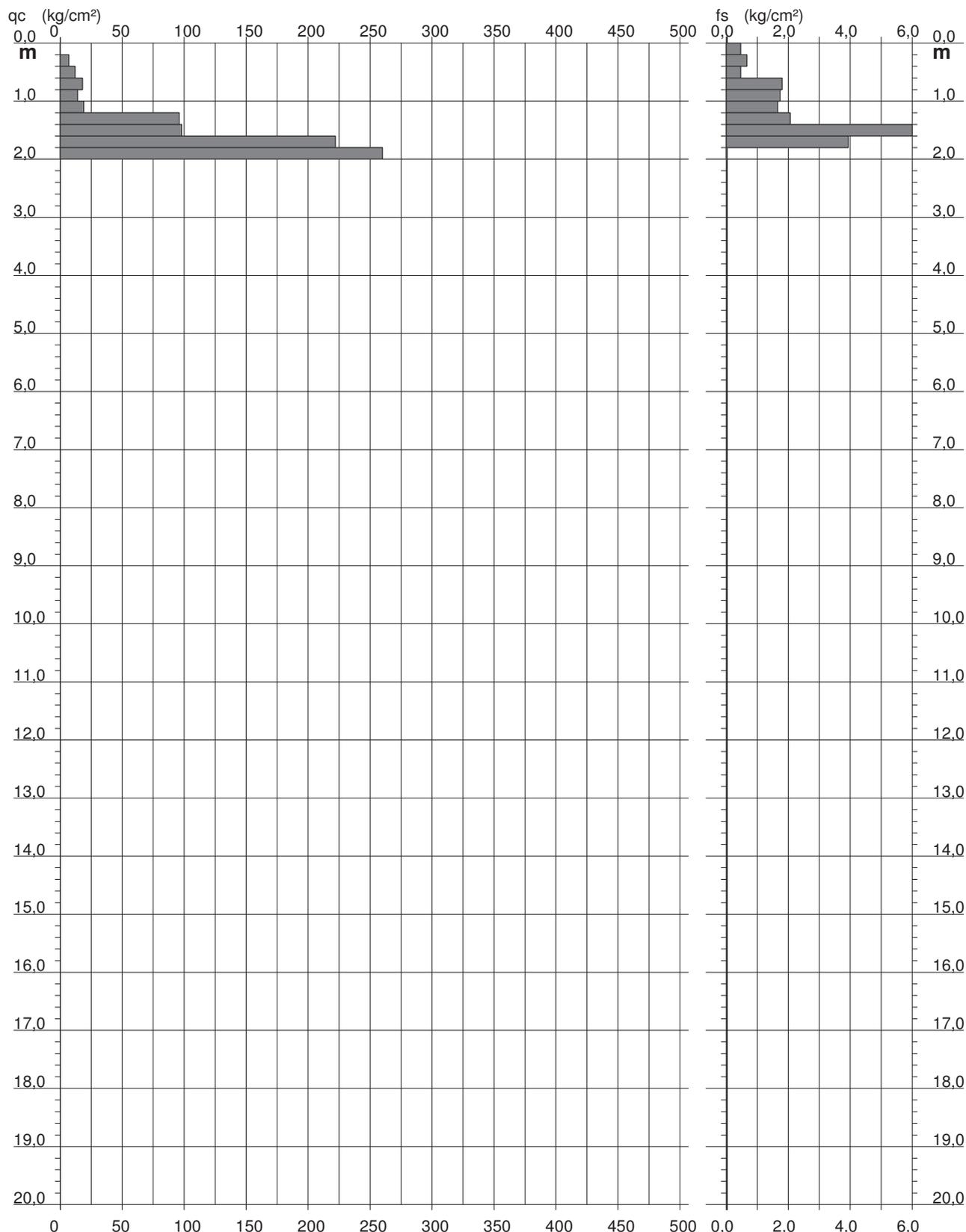
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 4**

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :  
 - note : Prova non conclusa causa rifiuto 260 kg/cm<sup>2</sup>

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata



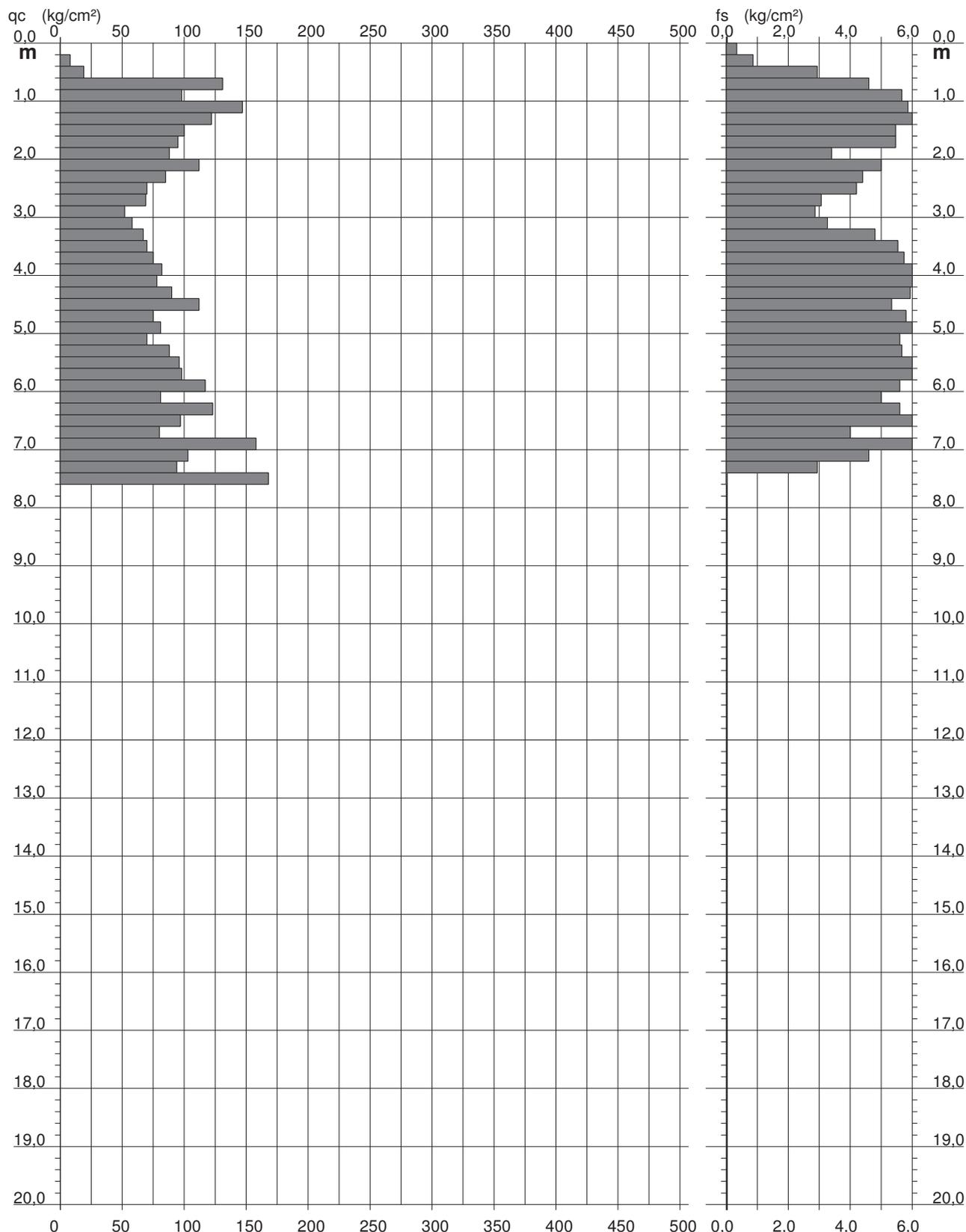
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 5

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

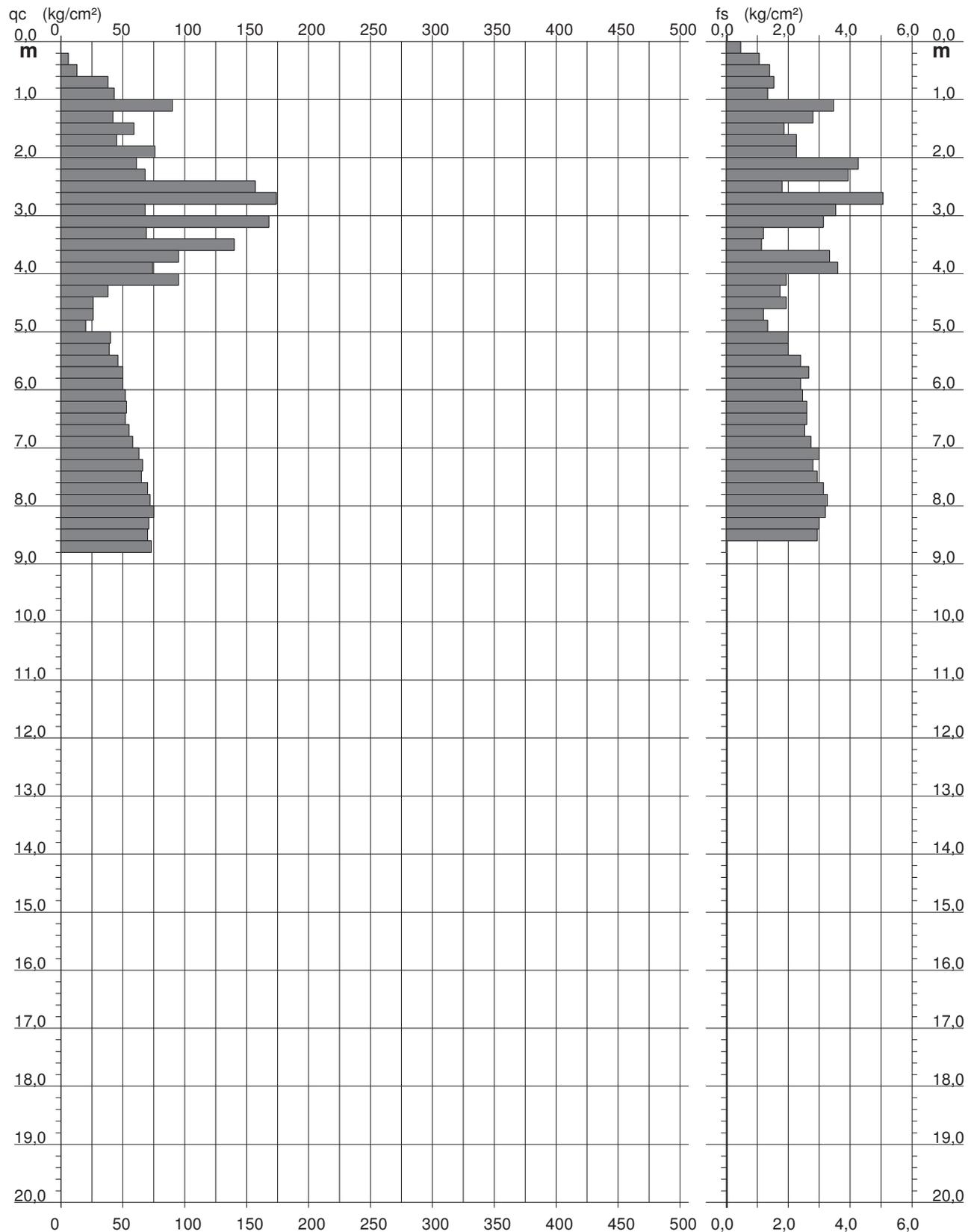
## DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 6

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

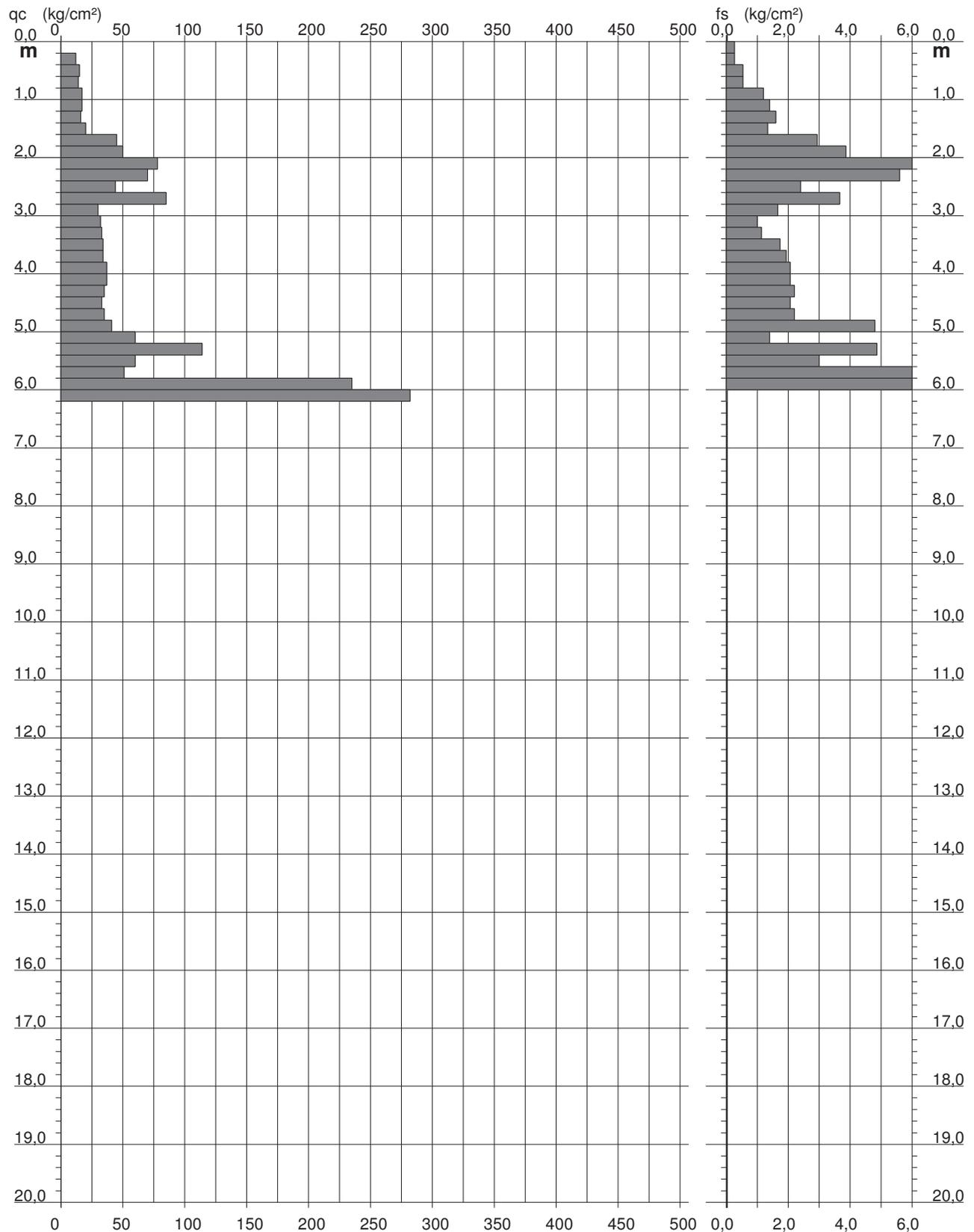
## DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 7

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :  
 - note : Prova non conclusa causa rifiuto 282 kg/cm<sup>2</sup>

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata



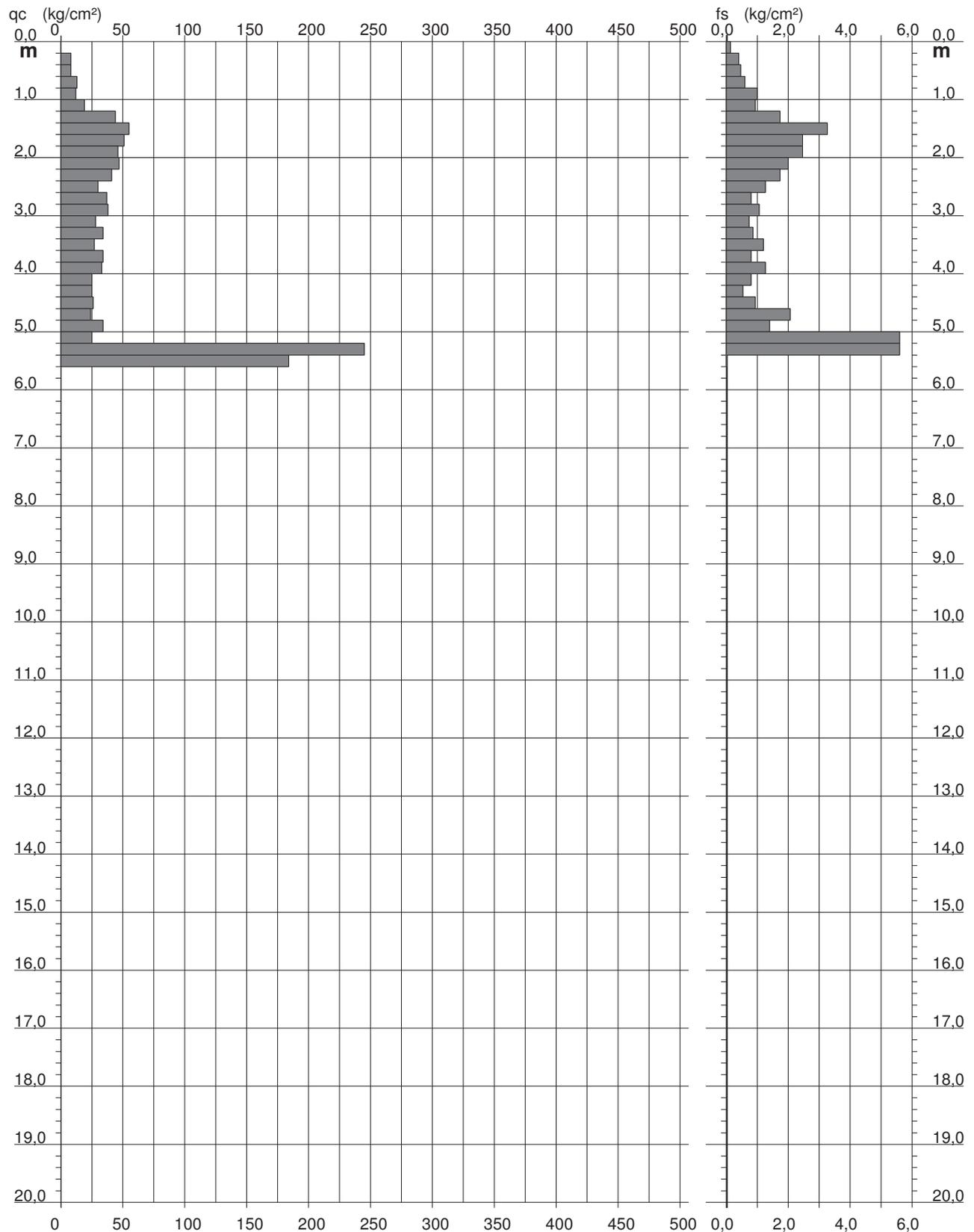
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 8

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata



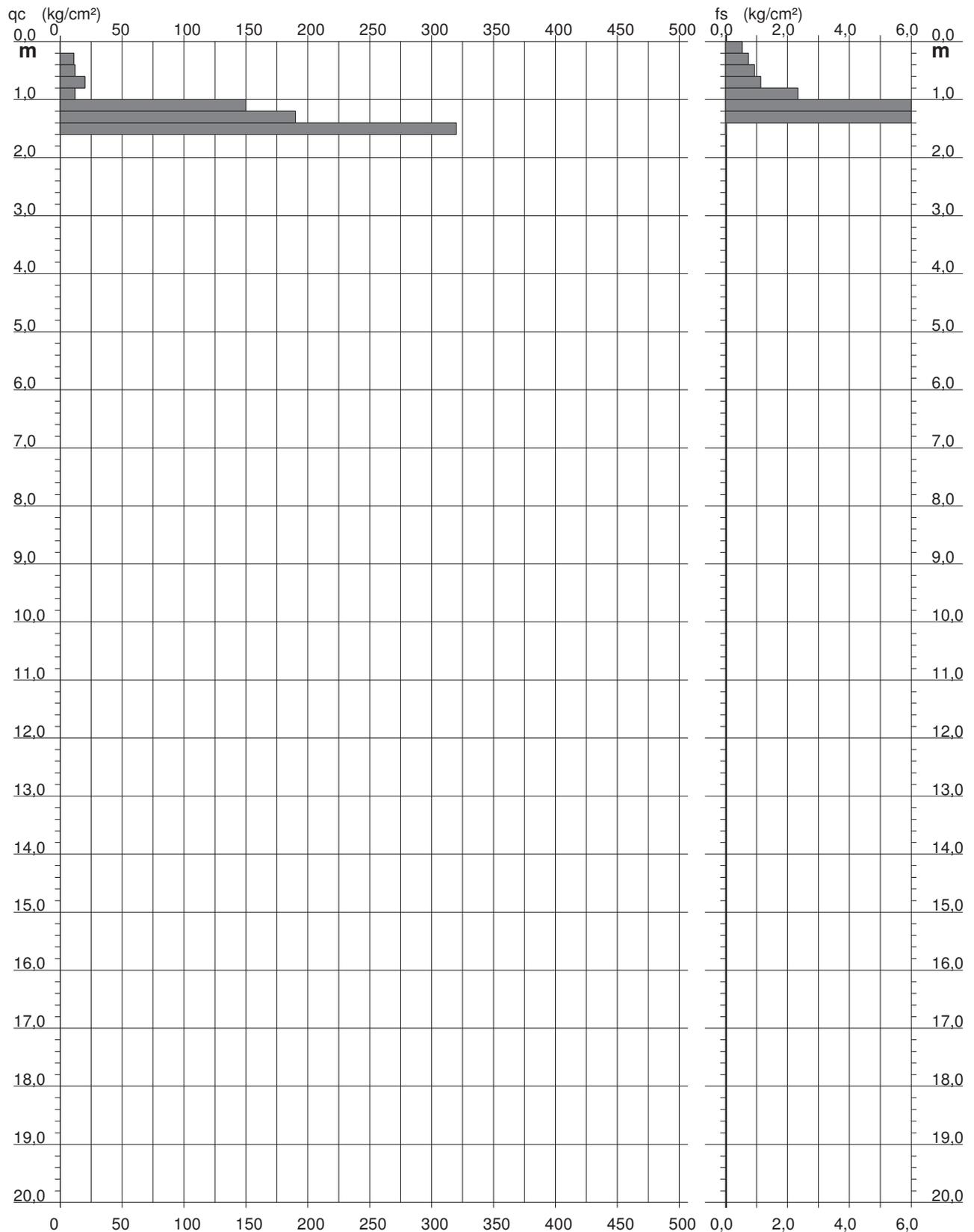
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 9**

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :  
 - note : Prova non conclusa causa rifiuto 320 kg/cm<sup>2</sup>

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata



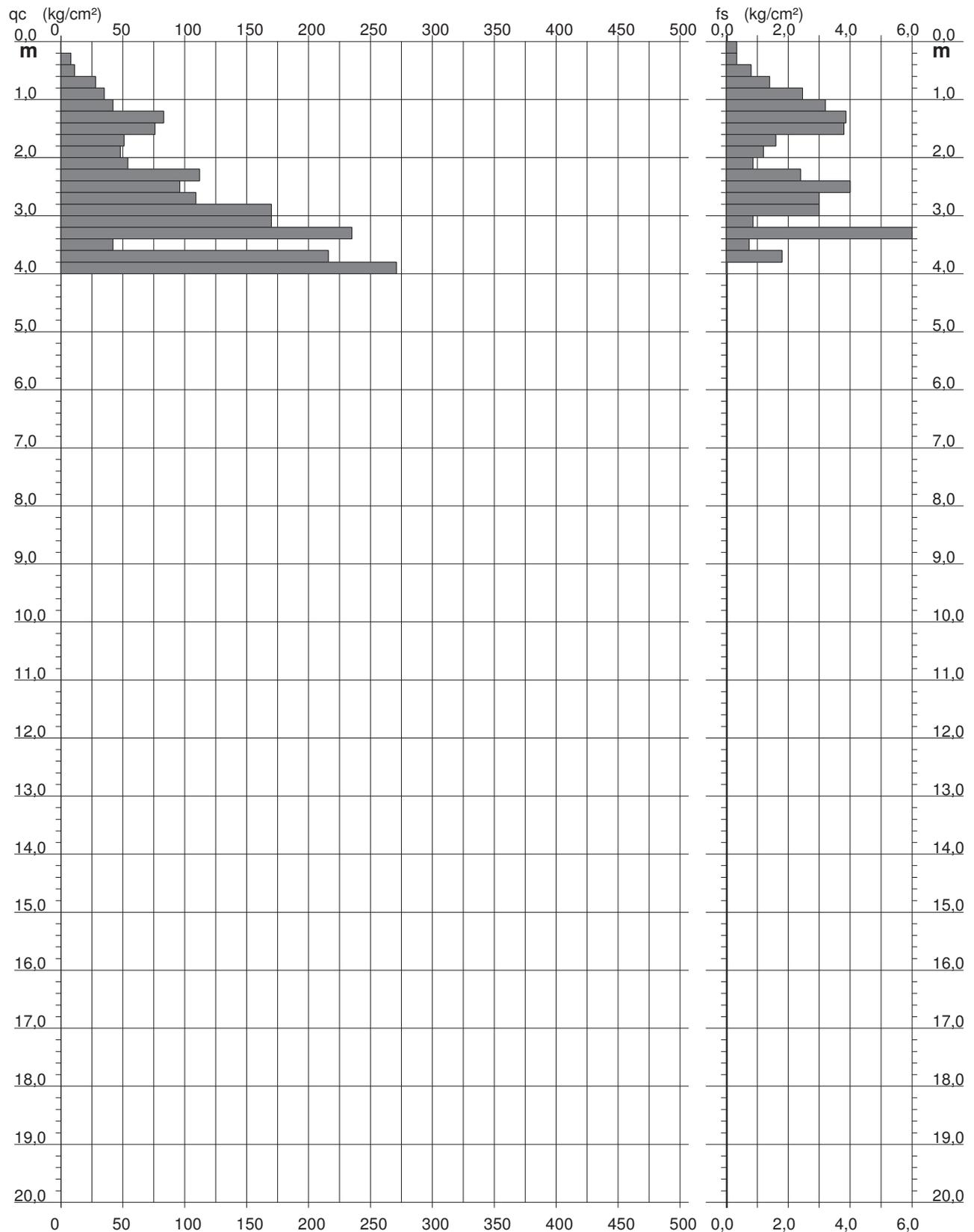
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 10

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :  
 - note : Prova non conclusa causa rifiuto 271 kg/cm<sup>2</sup>

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata



# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 1

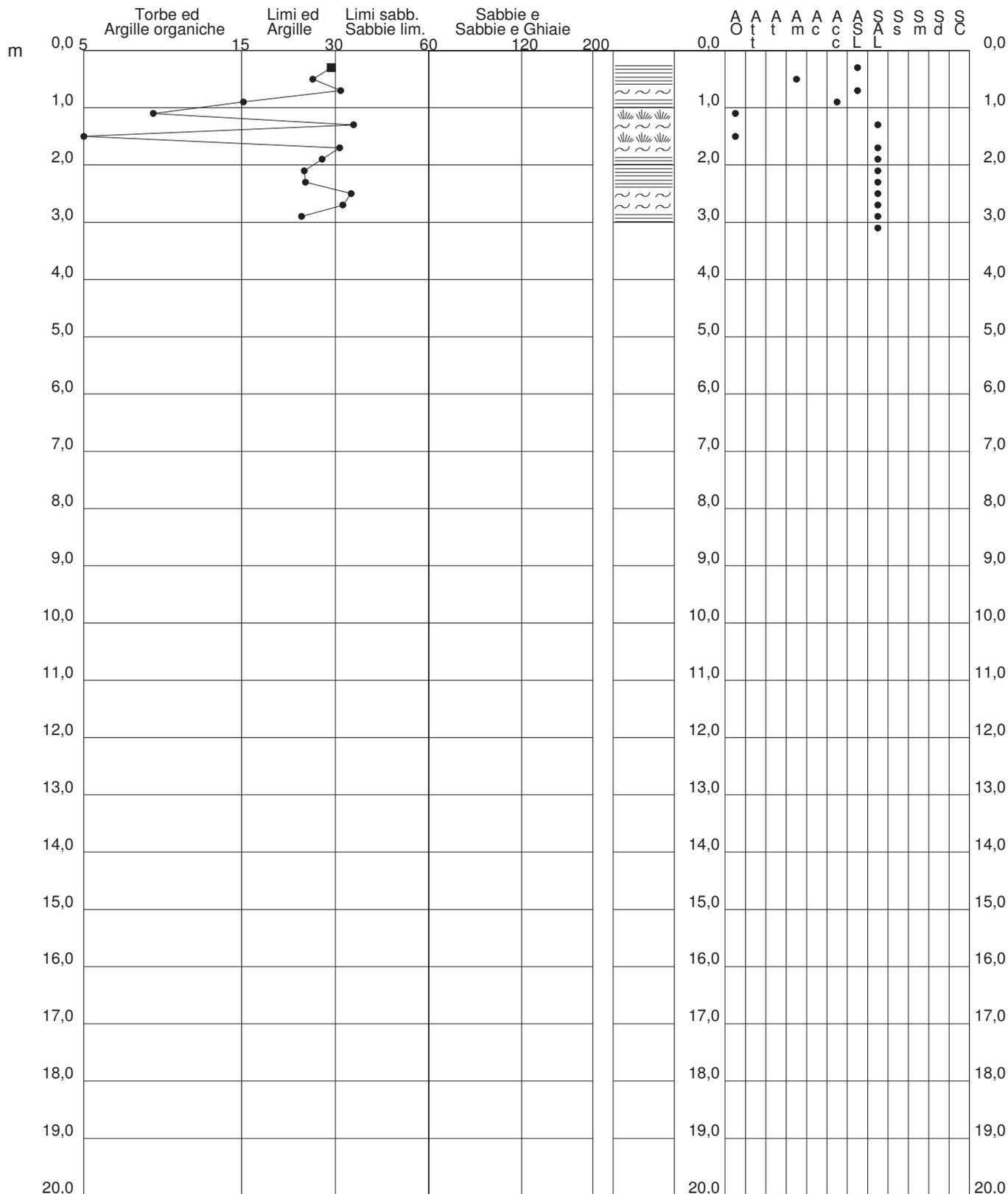
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 2

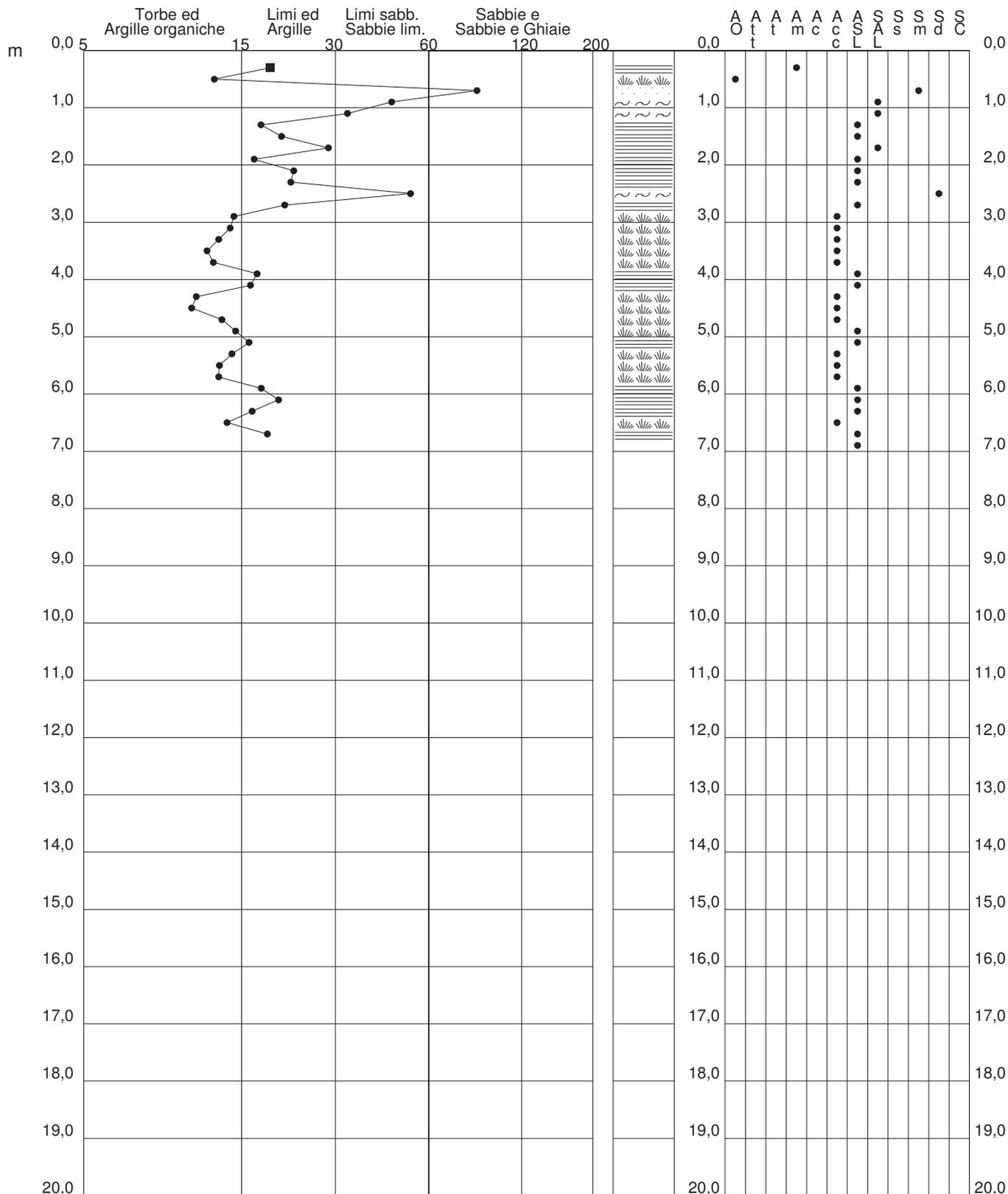
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 3

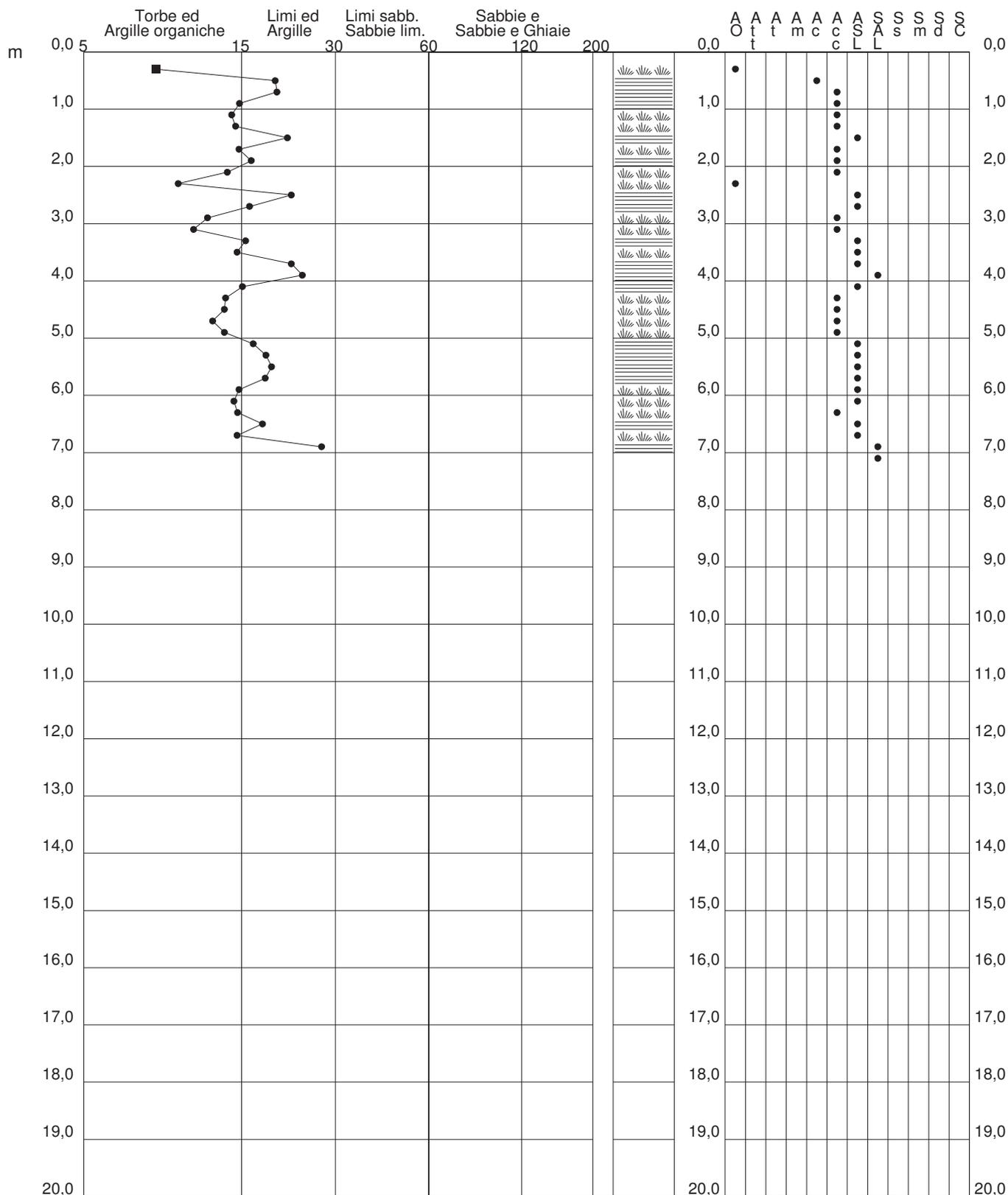
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 4

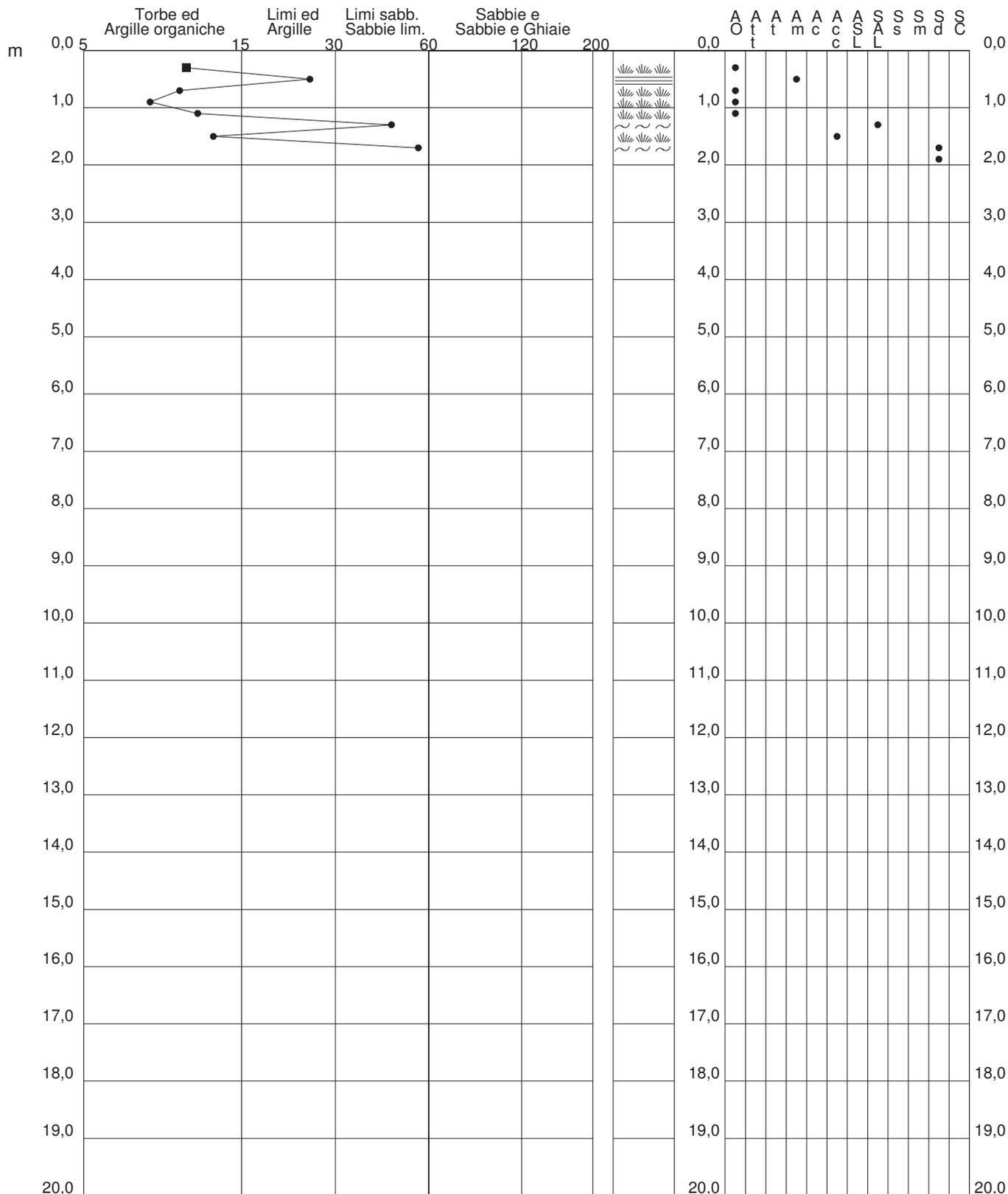
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :  
 - note : Prova non conclusa causa rifiuto 260 kg/cm<sup>2</sup>

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 5

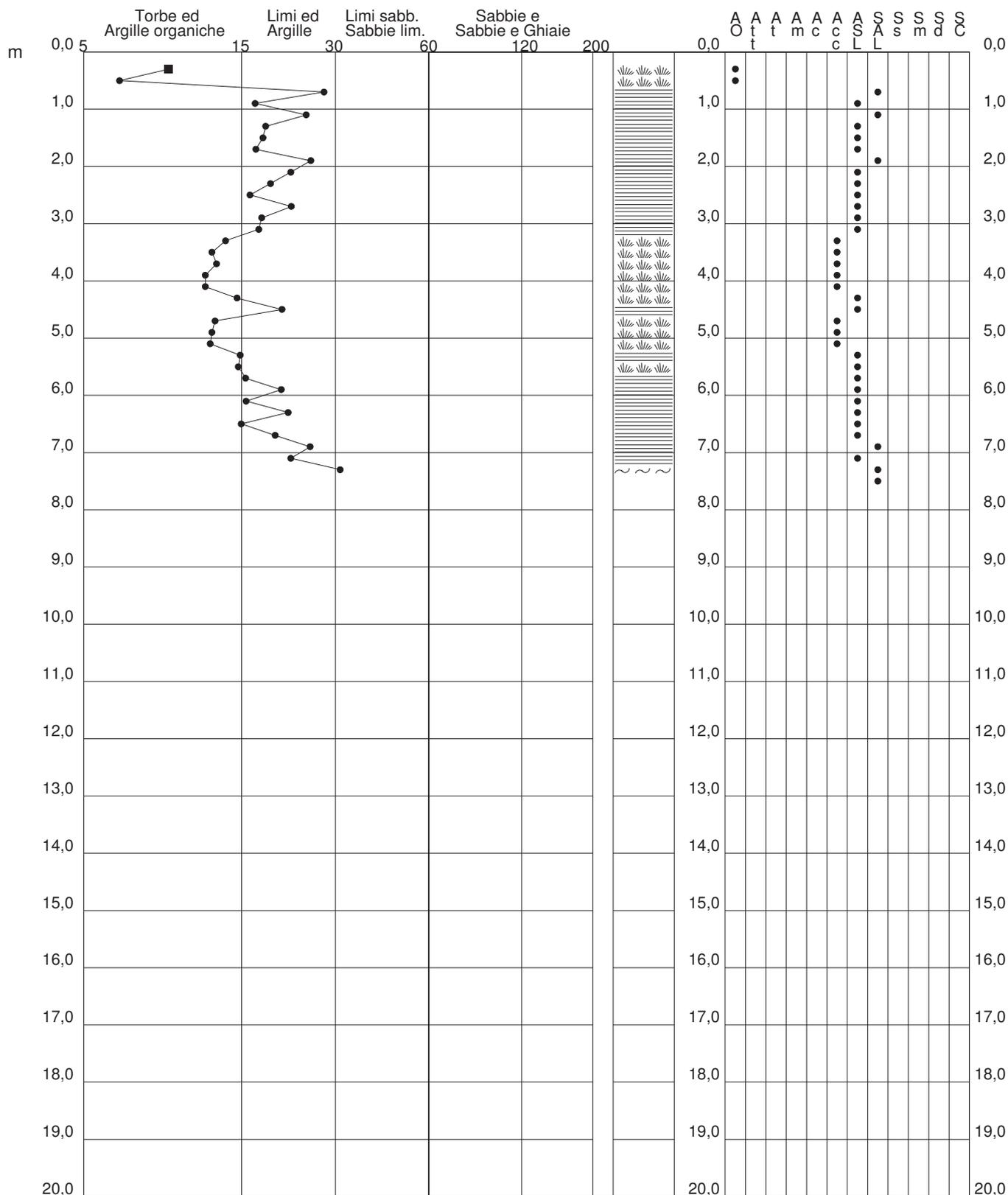
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 6

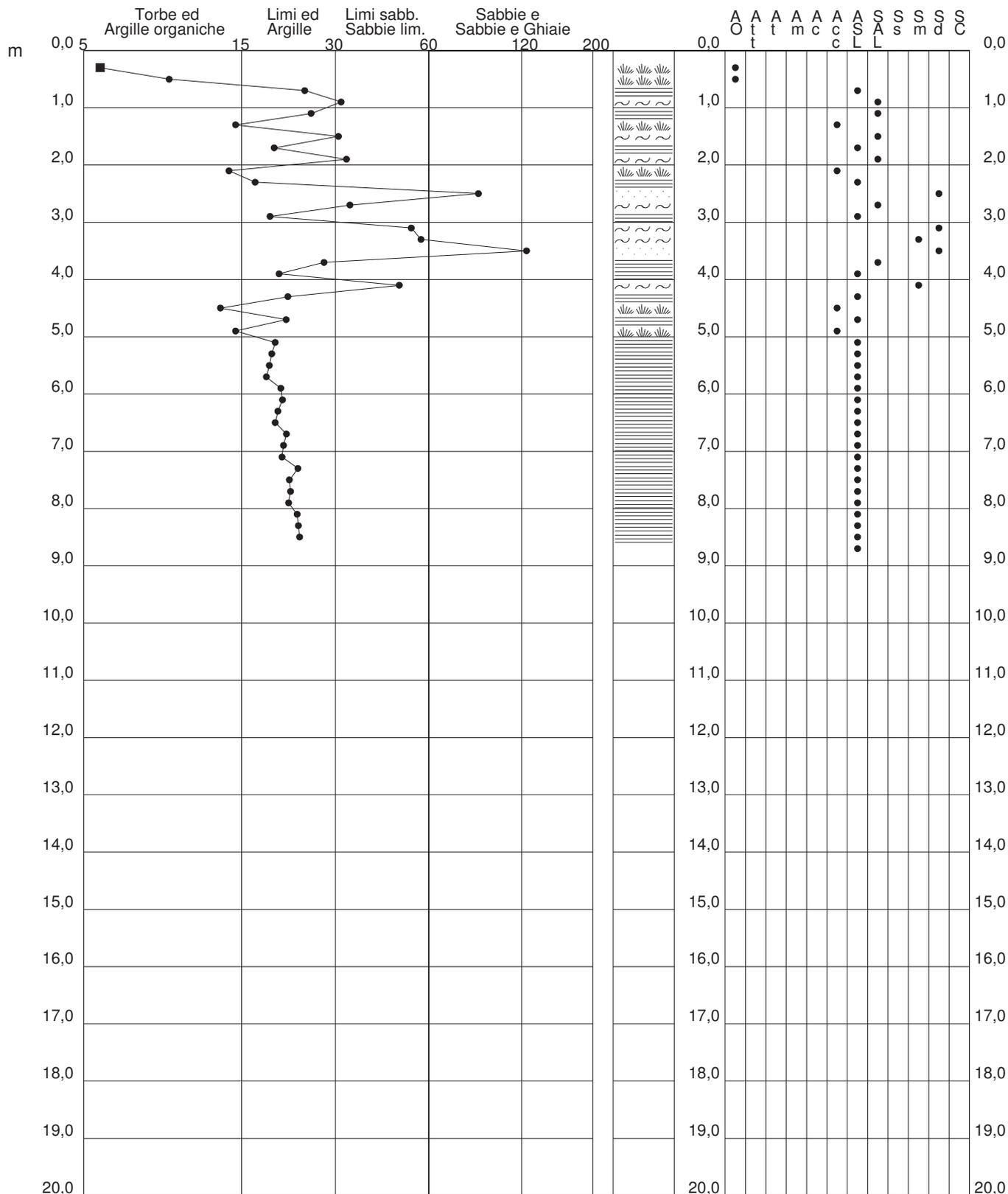
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 7

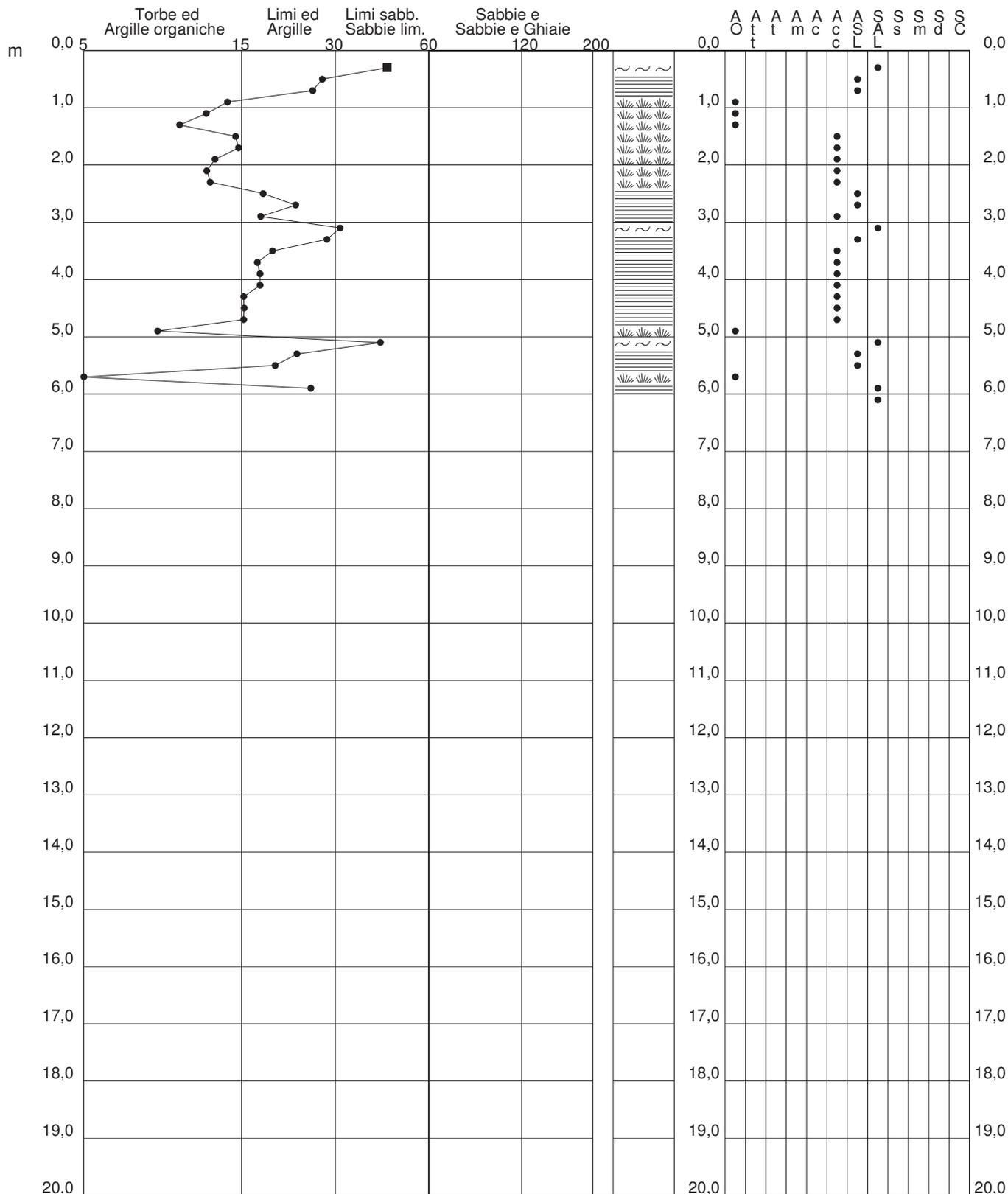
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :  
 - note : Prova non conclusa causa rifiuto 282 kg/cm<sup>2</sup>

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 8

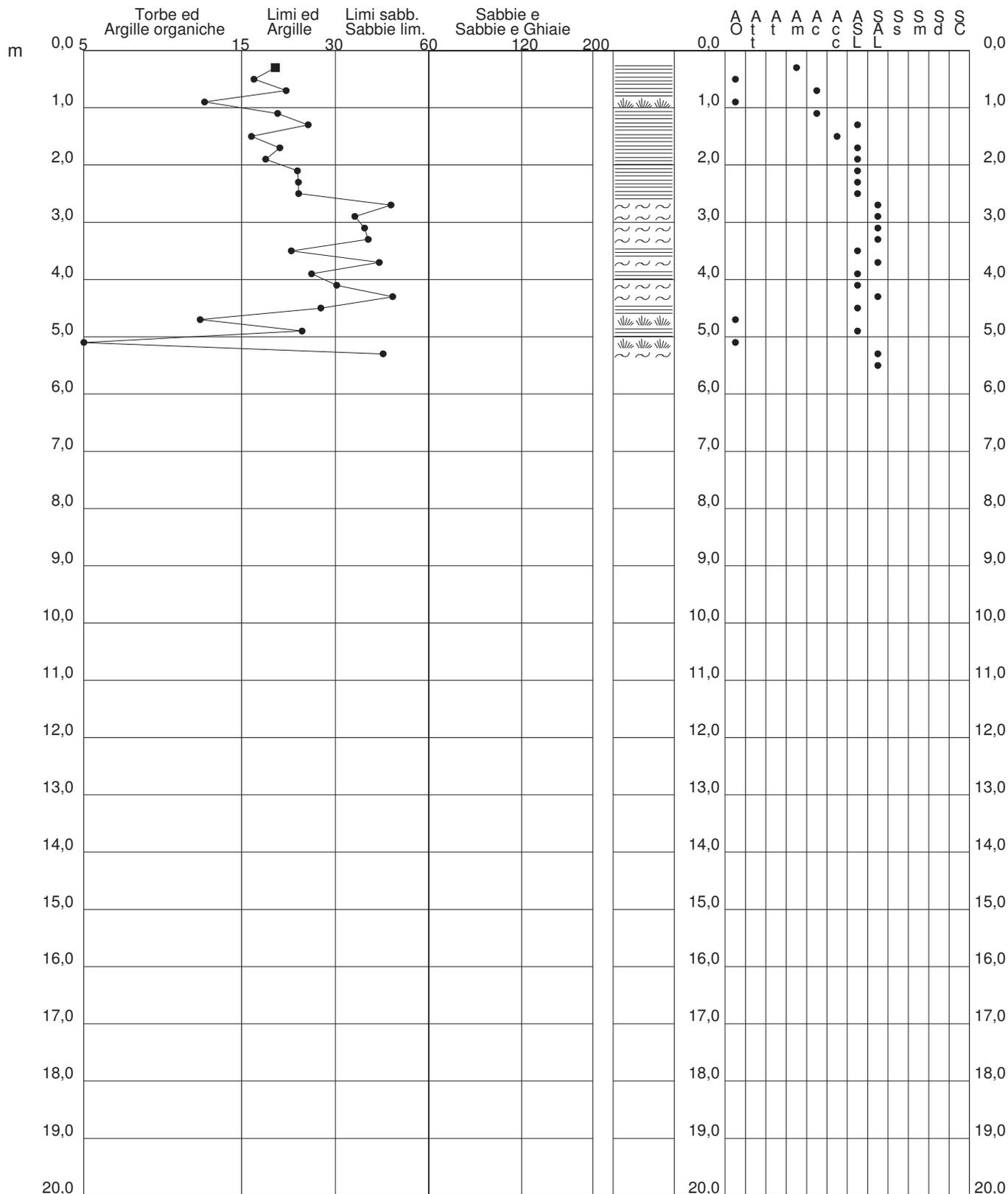
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 9

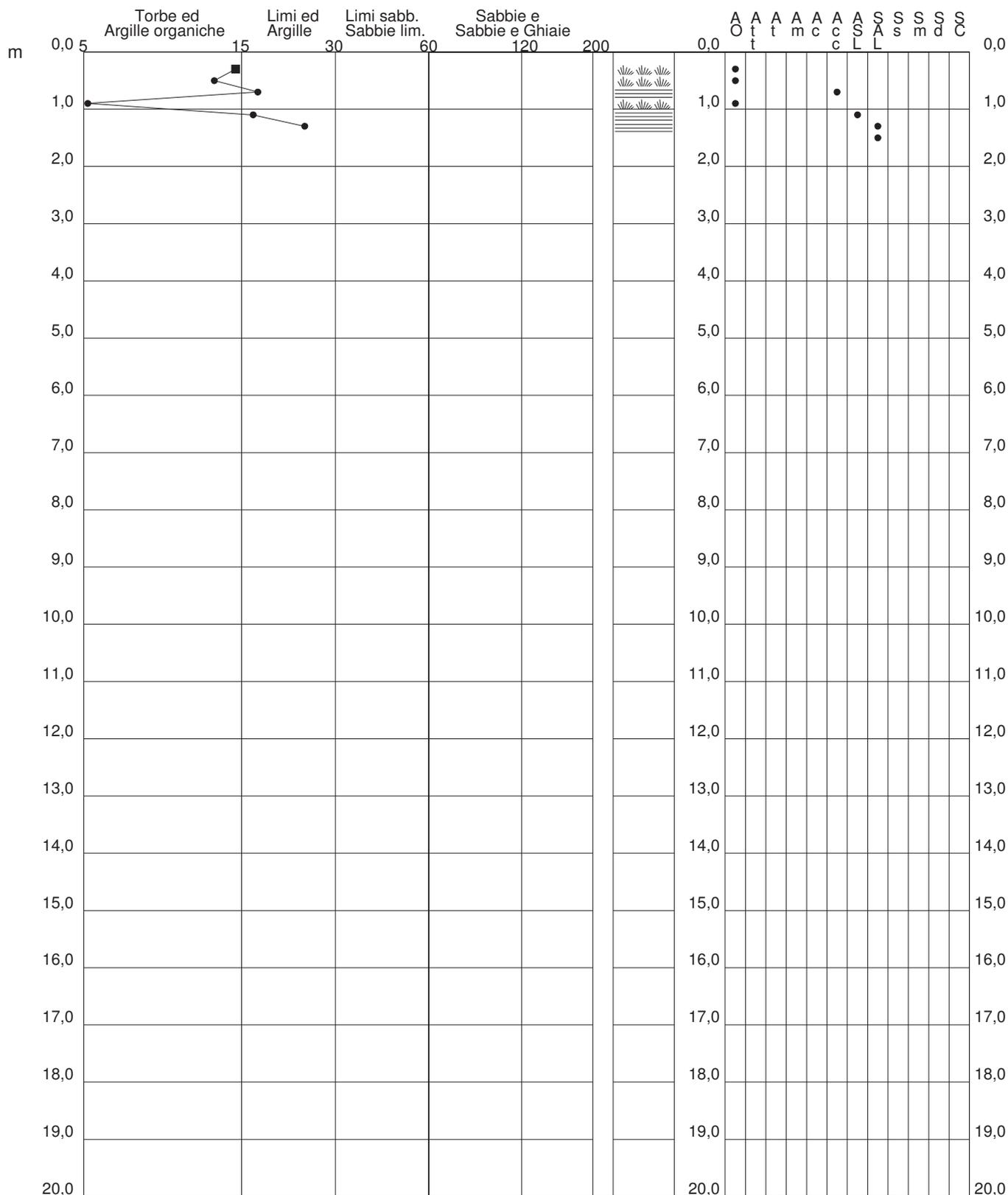
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :  
 - note : Prova non conclusa causa rifiuto 320 kg/cm<sup>2</sup>

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 10

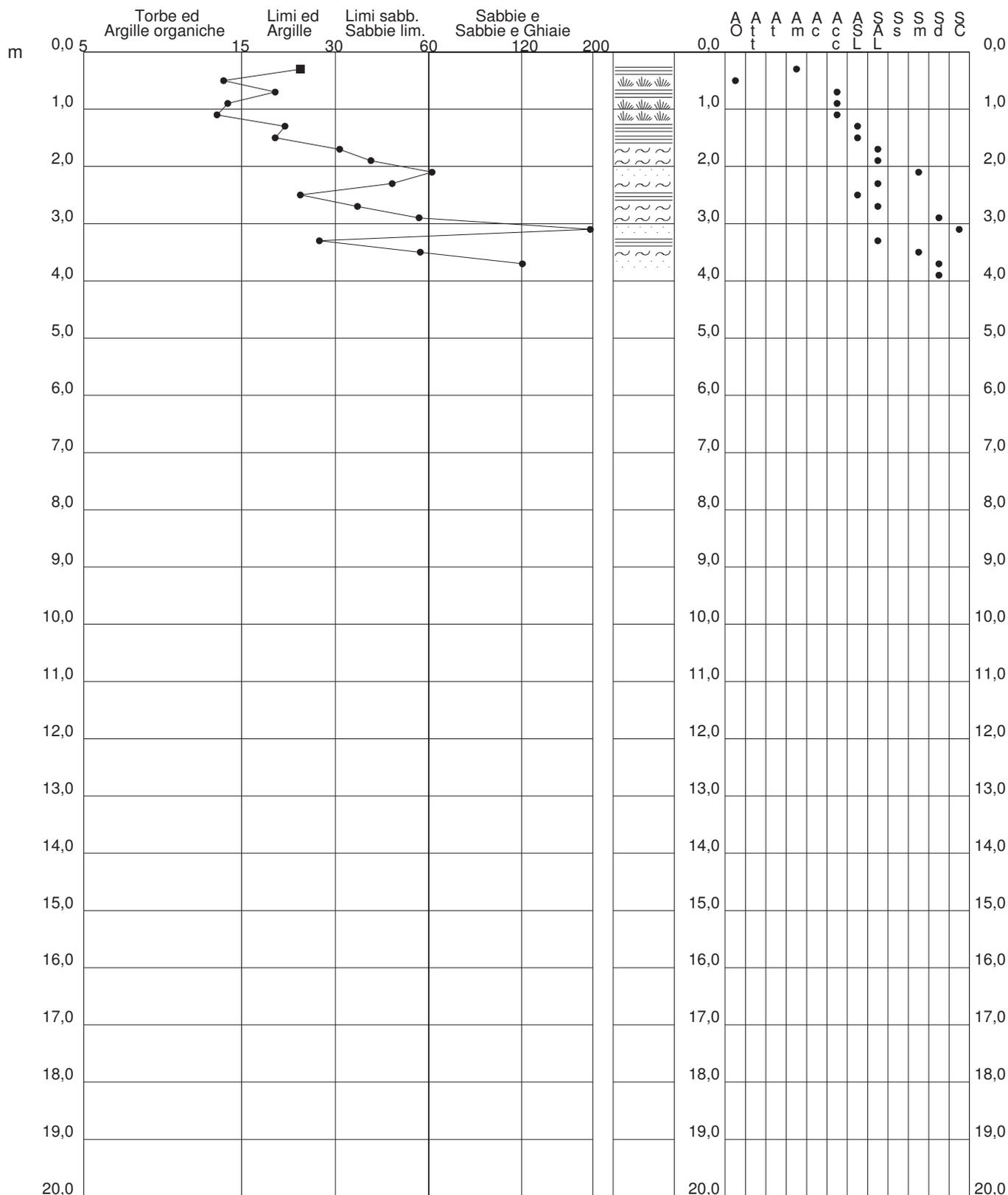
2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :  
 - note : Prova non conclusa causa rifiuto 271 kg/cm<sup>2</sup>

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

### CPT 1

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

Prof. m	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m <sup>3</sup>	p'vo kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	OCR (-)	Eu50 kg/cm <sup>2</sup>	Eu25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	NATURA COESIVA				NATURA GRANULARE				Amax/g (-)	E'50 kg/cm <sup>2</sup>	E'25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>		
												ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	ø1s (°)	ø2s (°)					ø3s (°)	ø4s (°)
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	8	30	4/:	1,85	0,07	0,40	51,7	68	102	35	49	35	37	39	42	37	26	0,101	13	20	24	--	--	--	
0,60	7	26	2:///	1,85	0,11	0,35	26,4	59	89	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	15	32	4/:	1,85	0,15	0,67	41,2	113	170	50	53	35	38	40	42	37	27	0,113	25	38	45	--	--	--	
1,00	18	16	2:///	1,85	0,19	0,75	36,1	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	16	8	2:///	1,85	0,22	0,70	26,2	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	40	35	3:::	1,85	0,26	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	39	30	0,170	67	100	120	--	--	--	
1,60	16	5	2:///	1,85	0,30	0,70	18,3	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	100	32	3:::	1,85	0,33	--	--	--	--	--	99	42	43	44	46	42	34	0,254	167	250	300	--	--	--	
2,00	146	28	4/:	1,85	0,37	4,87	99,9	827	1241	438	100	42	43	45	46	43	36	0,258	243	365	438	--	--	--	
2,20	140	25	4/:	1,85	0,41	4,67	99,9	793	1190	420	100	42	43	45	46	42	36	0,258	233	350	420	--	--	--	
2,40	166	25	4/:	1,85	0,44	5,53	99,9	941	1411	498	100	42	43	45	46	43	37	0,258	277	415	498	--	--	--	
2,60	164	35	3:::	1,85	0,48	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	37	0,258	273	410	492	--	--	--	
2,80	98	33	3:::	1,85	0,52	--	--	--	--	--	87	40	42	43	45	40	34	0,214	163	245	294	--	--	--	
3,00	121	24	4/:	1,85	0,55	4,03	74,9	686	1029	363	93	41	42	44	45	40	35	0,233	202	303	363	--	--	--	
3,20	85	--	3:::	1,85	0,59	--	--	--	--	--	79	39	41	42	44	39	33	0,187	142	213	255	--	--	--	

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

### CPT 2

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m <sup>3</sup>	p'vo kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	OCR (-)	Eu50 kg/cm <sup>2</sup>	Eu25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm <sup>2</sup>	E'25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	9	19	2///	1,85	0,07	0,45	60,0	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	6	13	1***	1,85	0,11	0,30	21,8	12	18	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	23	86	3:::	1,85	0,15	--	--	--	--	--	68	38	39	41	43	39	28	0,153	38	58	69	--
1,00	31	46	3:::	1,85	0,19	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	39	29	0,168	52	78	93	--
1,20	45	34	3:::	1,85	0,22	--	--	--	--	--	81	39	41	43	45	40	31	0,194	75	113	135	--
1,40	65	18	4:/:	1,85	0,26	2,17	89,3	368	553	195	90	41	42	44	45	41	32	0,224	108	163	195	--
1,60	113	21	4:/:	1,85	0,30	3,77	99,9	640	961	339	100	42	43	45	46	43	34	0,258	188	283	339	--
1,80	145	29	4:/:	1,85	0,33	4,83	99,9	822	1233	435	100	42	43	45	46	43	36	0,258	242	363	435	--
2,00	87	17	4:/:	1,85	0,37	2,90	82,3	493	740	261	91	41	42	44	45	41	33	0,228	145	218	261	--
2,20	93	23	4:/:	1,85	0,41	3,10	79,4	527	791	279	91	41	42	44	45	41	33	0,228	155	233	279	--
2,40	94	22	4:/:	1,85	0,44	3,13	72,2	533	799	282	90	41	42	44	45	40	34	0,222	157	235	282	--
2,60	128	53	3:::	1,85	0,48	--	--	--	--	--	98	42	43	44	46	41	35	0,252	213	320	384	--
2,80	120	21	4:/:	1,85	0,52	4,00	80,8	680	1020	360	94	41	43	44	46	41	35	0,238	200	300	360	--
3,00	81	15	4:/:	1,85	0,55	2,70	45,4	459	689	243	79	39	41	42	44	39	33	0,187	135	203	243	--
3,20	79	14	4:/:	1,85	0,59	2,63	40,6	448	672	237	77	39	40	42	44	38	33	0,179	132	198	237	--
3,40	85	13	4:/:	1,85	0,63	2,83	41,2	482	723	255	78	39	41	42	44	38	33	0,183	142	213	255	--
3,60	70	12	4:/:	1,85	0,67	2,33	30,1	397	595	210	70	38	40	42	44	37	32	0,158	117	175	210	--
3,80	81	13	4:/:	1,85	0,70	2,70	33,8	459	689	243	73	38	40	42	44	38	33	0,169	135	203	243	--
4,00	103	18	4:/:	1,85	0,74	3,43	42,8	584	876	309	80	39	41	43	44	39	34	0,191	172	258	309	--
4,20	98	17	4:/:	1,85	0,78	3,27	37,8	555	833	294	77	39	41	42	44	38	34	0,182	163	245	294	--
4,40	82	11	4:/:	1,85	0,81	2,73	28,5	465	697	246	70	38	40	42	44	37	33	0,160	137	205	246	--
4,60	75	11	4:/:	1,85	0,85	2,50	24,1	425	638	225	66	37	39	41	43	36	32	0,147	125	188	225	--
4,80	78	14	4:/:	1,85	0,89	2,60	24,0	442	663	234	66	37	39	41	43	36	33	0,148	130	195	234	--
5,00	84	15	4:/:	1,85	0,93	2,80	25,1	476	714	252	68	38	39	41	43	36	33	0,153	140	210	252	--
5,20	96	17	4:/:	1,85	0,96	3,20	28,2	544	816	288	72	38	40	42	44	37	34	0,164	160	240	288	--
5,40	77	15	4:/:	1,85	1,00	2,57	20,4	436	655	231	63	37	39	41	43	36	33	0,139	128	193	231	--
5,60	81	13	4:/:	1,85	1,04	2,70	20,8	459	689	243	64	37	39	41	43	36	33	0,141	135	203	243	--
5,80	85	13	4:/:	1,85	1,07	2,83	21,1	482	723	255	65	37	39	41	43	36	33	0,144	142	213	255	--
6,00	100	18	4:/:	1,85	1,11	3,33	24,8	567	850	300	69	38	40	42	44	36	34	0,157	167	250	300	--
6,20	112	20	4:/:	1,85	1,15	3,73	27,4	635	952	336	73	38	40	42	44	37	34	0,167	187	280	336	--
6,40	96	17	4:/:	1,85	1,18	3,20	21,8	544	816	288	66	37	39	41	43	36	34	0,149	160	240	288	--
6,60	80	14	4:/:	1,85	1,22	2,67	16,7	453	680	240	59	36	38	41	43	35	33	0,129	133	200	240	--
6,80	131	19	4:/:	1,85	1,26	4,37	29,7	742	1114	393	76	39	40	42	44	37	35	0,176	218	328	393	--
7,00	127	--	3:::	1,85	1,30	--	--	--	--	--	74	38	40	42	44	37	35	0,171	212	318	381	--





# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

### CPT 5

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m <sup>3</sup>	p'vo kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	OCR (-)	Eu50 kg/cm <sup>2</sup>	Eu25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm <sup>2</sup>	E'25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	8	9	2////	1,85	0,07	0,40	51,7	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	19	6	2////	1,85	0,11	0,78	71,3	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	131	28	4/::	1,85	0,15	4,37	99,9	742	1114	393	100	42	43	45	46	45	35	0,258	218	328	393	
1,00	98	17	4/::	1,85	0,19	3,27	99,9	555	833	294	100	42	43	45	46	44	34	0,258	163	245	294	
1,20	147	25	4/::	1,85	0,22	4,90	99,9	833	1250	441	100	42	43	45	46	45	36	0,258	245	368	441	
1,40	122	19	4/::	1,85	0,26	4,07	99,9	691	1037	366	100	42	43	45	46	44	35	0,258	203	305	366	
1,60	100	18	4/::	1,85	0,30	3,33	99,9	567	850	300	100	42	43	45	46	42	34	0,258	167	250	300	
1,80	95	17	4/::	1,85	0,33	3,17	99,9	538	807	285	97	42	43	44	46	42	34	0,248	158	238	285	
2,00	88	26	4/::	1,85	0,37	2,93	83,5	499	748	264	92	41	42	44	45	41	33	0,229	147	220	264	
2,20	112	22	4/::	1,85	0,41	3,73	99,9	635	952	336	98	42	43	44	46	41	34	0,251	187	280	336	
2,40	85	19	4/::	1,85	0,44	2,83	63,7	482	723	255	86	40	42	43	45	40	33	0,210	142	213	255	
2,60	70	17	4/::	1,85	0,48	2,33	45,2	397	595	210	78	39	41	42	44	39	32	0,182	117	175	210	
2,80	69	23	4/::	1,85	0,52	2,30	40,5	391	586	207	75	39	40	42	44	38	32	0,175	115	173	207	
3,00	52	18	4/::	1,85	0,55	1,73	26,1	295	442	156	64	37	39	41	43	37	31	0,141	87	130	156	
3,20	58	18	4/::	1,85	0,59	1,93	27,6	329	493	174	66	37	39	41	43	37	31	0,148	97	145	174	
3,40	67	14	4/::	1,85	0,63	2,23	30,6	380	570	201	70	38	40	42	44	37	32	0,158	112	168	201	
3,60	70	13	4/::	1,85	0,67	2,33	30,1	397	595	210	70	38	40	42	44	37	32	0,158	117	175	210	
3,80	75	13	4/::	1,85	0,70	2,50	30,7	425	638	225	71	38	40	42	44	37	32	0,161	125	188	225	
4,00	82	12	4/::	1,85	0,74	2,73	32,1	465	697	246	73	38	40	42	44	38	33	0,167	137	205	246	
4,20	78	12	4/::	1,85	0,78	2,60	28,4	442	663	234	70	38	40	42	44	37	33	0,158	130	195	234	
4,40	90	15	4/::	1,85	0,81	3,00	32,1	510	765	270	73	38	40	42	44	38	33	0,169	150	225	270	
4,60	112	21	4/::	1,85	0,85	3,73	39,9	635	952	336	80	39	41	43	44	38	34	0,189	187	280	336	
4,80	75	13	4/::	1,85	0,89	2,50	22,9	425	638	225	65	37	39	41	43	36	32	0,144	125	188	225	
5,00	81	13	4/::	1,85	0,93	2,70	24,0	459	689	243	67	37	39	41	43	36	33	0,149	135	203	243	
5,20	70	13	4/::	1,85	0,96	2,33	19,0	397	595	210	61	36	39	41	43	35	32	0,132	117	175	210	
5,40	88	16	4/::	1,85	1,00	2,93	24,1	499	748	264	68	37	39	41	43	36	33	0,152	147	220	264	
5,60	96	15	4/::	1,85	1,04	3,20	25,7	544	816	288	70	38	40	42	44	37	34	0,158	160	240	288	
5,80	98	16	4/::	1,85	1,07	3,27	25,2	555	833	294	70	38	40	42	44	36	34	0,158	163	245	294	
6,00	117	21	4/::	1,85	1,11	3,90	30,2	663	995	351	75	38	40	42	44	37	35	0,174	195	293	351	
6,20	81	16	4/::	1,85	1,15	2,70	18,3	459	689	243	61	37	39	41	43	35	33	0,134	135	203	243	
6,40	123	22	4/::	1,85	1,18	4,10	29,7	697	1046	369	75	38	40	42	44	37	35	0,174	205	308	369	
6,60	97	16	4/::	1,85	1,22	3,23	21,2	550	825	291	66	37	39	41	43	36	34	0,148	162	243	291	
6,80	80	20	4/::	1,85	1,26	2,67	16,1	453	680	240	59	36	38	40	43	34	33	0,127	133	200	240	
7,00	158	26	4/::	1,85	1,30	5,27	36,3	895	1343	474	81	39	41	43	45	38	36	0,194	263	395	474	
7,20	103	22	4/::	1,85	1,33	3,43	20,5	584	876	309	66	37	39	41	43	36	34	0,147	172	258	309	
7,40	94	32	3:::	1,85	1,37	--	--	--	--	--	62	37	39	41	43	35	34	0,137	157	235	282	
7,60	168	--	3:::	1,85	1,41	--	--	--	--	--	81	39	41	43	45	38	37	0,195	280	420	504	

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

### CPT 6

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m <sup>3</sup>	p'vo kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	OCR (-)	Eu50 kg/cm <sup>2</sup>	Eu25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm <sup>2</sup>	E'25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	6	6	1***	1,85	0,07	0,30	36,1	12	18	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	13	9	2////	1,85	0,11	0,60	52,2	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	38	25	4/:/	1,85	0,15	1,27	91,9	215	323	114	85	40	41	43	45	41	30	0,207	63	95	114	
1,00	43	32	3:::	1,85	0,19	--	--	--	--	--	84	40	41	43	45	41	30	0,203	72	108	129	
1,20	90	26	4/:/	1,85	0,22	3,00	99,9	510	765	270	100	42	43	45	46	43	33	0,258	150	225	270	
1,40	42	15	4/:/	1,85	0,26	1,40	51,7	238	357	126	75	39	40	42	44	39	30	0,175	70	105	126	
1,60	59	32	3:::	1,85	0,30	--	--	--	--	--	84	40	41	43	45	40	32	0,202	98	148	177	
1,80	45	20	4/:/	1,85	0,33	1,50	41,2	255	383	135	71	38	40	42	44	38	31	0,163	75	113	135	
2,00	76	34	3:::	1,85	0,37	--	--	--	--	--	87	40	42	43	45	40	33	0,212	127	190	228	
2,20	61	14	4/:/	1,85	0,41	2,03	46,9	346	519	183	77	39	40	42	44	39	32	0,180	102	153	183	
2,40	68	17	4/:/	1,85	0,44	2,27	48,2	385	578	204	79	39	41	42	44	39	32	0,185	113	170	204	
2,60	157	87	3:::	1,85	0,48	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	36	0,258	262	393	471	
2,80	174	34	3:::	1,85	0,52	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	37	0,258	290	435	522	
3,00	68	19	4/:/	1,85	0,55	2,27	36,5	385	578	204	73	38	40	42	44	38	32	0,168	113	170	204	
3,20	168	54	3:::	1,85	0,59	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	37	0,258	280	420	504	
3,40	69	57	3:::	1,85	0,63	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	37	32	0,161	115	173	207	
3,60	140	124	3:::	1,85	0,67	--	--	--	--	--	93	41	42	44	45	40	36	0,235	233	350	420	
3,80	95	29	4/:/	1,85	0,70	3,17	41,2	538	807	285	79	39	41	42	44	38	34	0,186	158	238	285	
4,00	74	21	4/:/	1,85	0,74	2,47	28,3	419	629	222	69	38	40	41	44	37	32	0,156	123	185	222	
4,20	95	49	3:::	1,85	0,78	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	38	34	0,179	158	238	285	
4,40	38	22	4/:/	1,85	0,81	1,27	10,9	215	323	114	44	34	37	39	42	33	30	0,089	63	95	114	
4,60	26	13	4/:/	1,85	0,85	0,93	7,0	214	320	78	30	32	35	37	40	30	28	0,057	43	65	78	
4,80	26	22	4/:/	1,85	0,89	0,93	6,6	227	341	78	29	32	35	37	40	30	28	0,055	43	65	78	
5,00	20	15	4/:/	1,85	0,93	0,80	5,2	253	380	60	19	31	33	36	39	28	27	0,035	33	50	60	
5,20	40	20	4/:/	1,85	0,96	1,33	9,4	230	346	120	41	34	36	39	41	32	30	0,083	67	100	120	
5,40	39	20	4/:/	1,85	1,00	1,30	8,7	237	355	117	40	34	36	39	41	32	30	0,079	65	98	117	
5,60	46	19	4/:/	1,85	1,04	1,53	10,2	261	391	138	44	34	37	39	42	32	31	0,090	77	115	138	
5,80	50	19	4/:/	1,85	1,07	1,67	10,9	283	425	150	46	35	37	39	42	33	31	0,095	83	125	150	
6,00	50	21	4/:/	1,85	1,11	1,67	10,4	283	425	150	46	34	37	39	42	33	31	0,093	83	125	150	
6,20	52	21	4/:/	1,85	1,15	1,73	10,5	295	442	156	46	34	37	39	42	33	31	0,094	87	130	156	
6,40	53	20	4/:/	1,85	1,18	1,77	10,4	300	451	159	46	34	37	39	42	32	31	0,094	88	133	159	
6,60	52	20	4/:/	1,85	1,22	1,73	9,7	296	444	156	45	34	37	39	42	32	31	0,091	87	130	156	
6,80	55	22	4/:/	1,85	1,26	1,83	10,1	312	467	165	46	34	37	39	42	32	31	0,094	92	138	165	
7,00	58	21	4/:/	1,85	1,30	1,93	10,4	329	493	174	47	35	37	39	42	32	31	0,096	97	145	174	
7,20	63	21	4/:/	1,85	1,33	2,10	11,1	357	536	189	49	35	37	39	42	33	32	0,102	105	158	189	
7,40	66	24	4/:/	1,85	1,37	2,20	11,4	374	561	198	50	35	37	40	42	33	32	0,104	110	165	198	
7,60	65	22	4/:/	1,85	1,41	2,17	10,8	368	553	195	49	35	37	39	42	33	32	0,101	108	163	195	
7,80	70	22	4/:/	1,85	1,44	2,33	11,4	397	595	210	51	35	37	40	42	33	32	0,106	117	175	210	
8,00	72	22	4/:/	1,85	1,48	2,40	11,5	408	612	216	51	35	37	40	42	33	32	0,107	120	180	216	
8,20	75	23	4/:/	1,85	1,52	2,50	11,7	425	638	225	52	35	37	40	42	33	32	0,109	125	188	225	
8,40	71	24	4/:/	1,85	1,55	2,37	10,6	402	604	213	49	35	37	39	42	33	32	0,103	118	178	213	
8,60	70	24	4/:/	1,85	1,59	2,33	10,1	397	595	210	48	35	37	39	42	32	32	0,100	117	175	210	
8,80	73	--	3:::	1,85	1,63	--	--	--	--	--	49	35	37	39	42	33	32	0,102	122	183	219	

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

### CPT 7

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl  
 - lavoro :  
 - località : Montalto di Castro (VT)  
 - assist. cantiere :  
 - note : Prova non conclusa causa rifiuto 282 kg/cm<sup>2</sup>

- data : 18/01/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - falda : Falda non rilevata

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m <sup>3</sup>	p'vo kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	OCR (-)	Eu50 kg/cm <sup>2</sup>	Eu25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm <sup>2</sup>	E'25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	12	45	4/:	1,85	0,07	0,57	80,8	97	146	45	63	37	39	41	43	39	26	0,138	20	30	36	
0,60	15	28	2:///	1,85	0,11	0,67	59,0	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	14	26	2:///	1,85	0,15	0,64	38,9	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	17	14	2:///	1,85	0,19	0,72	34,5	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	17	12	2:///	1,85	0,22	0,72	27,5	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	16	10	2:///	1,85	0,26	0,70	21,6	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	20	15	4/:	1,85	0,30	0,80	21,8	136	204	60	46	34	37	39	42	35	27	0,095	33	50	60	
1,80	45	15	4/:	1,85	0,33	1,50	41,2	255	383	135	71	38	40	42	44	38	31	0,163	75	113	135	
2,00	50	13	4/:	1,85	0,37	1,67	41,2	283	425	150	72	38	40	42	44	38	31	0,166	83	125	150	
2,20	78	12	4/:	1,85	0,41	2,60	63,8	442	663	234	85	40	41	43	45	40	33	0,208	130	195	234	
2,40	70	13	4/:	1,85	0,44	2,33	50,0	397	595	210	80	39	41	43	44	39	32	0,189	117	175	210	
2,60	44	18	4/:	1,85	0,48	1,47	25,3	249	374	132	62	37	39	41	43	36	31	0,135	73	110	132	
2,80	85	23	4/:	1,85	0,52	2,83	52,5	482	723	255	82	40	41	43	45	39	33	0,198	142	213	255	
3,00	30	18	4/:	1,85	0,55	1,00	13,1	170	255	90	45	34	37	39	42	34	29	0,092	50	75	90	
3,20	32	32	3:..	1,85	0,59	--	--	--	--	--	46	34	37	39	42	34	29	0,093	53	80	96	
3,40	33	29	4/:	1,85	0,63	1,10	12,6	187	281	99	45	34	37	39	42	33	29	0,092	55	83	99	
3,60	34	20	4/:	1,85	0,67	1,13	12,2	193	289	102	45	34	37	39	42	33	29	0,091	57	85	102	
3,80	34	18	4/:	1,85	0,70	1,13	11,4	193	289	102	44	34	36	39	41	33	29	0,088	57	85	102	
4,00	37	18	4/:	1,85	0,74	1,23	11,9	210	315	111	45	34	37	39	42	33	30	0,092	62	93	111	
4,20	37	18	4/:	1,85	0,78	1,23	11,2	210	315	111	44	34	37	39	42	33	30	0,089	62	93	111	
4,40	35	16	4/:	1,85	0,81	1,17	9,8	199	298	105	41	34	36	39	41	32	29	0,082	58	88	105	
4,60	33	16	4/:	1,85	0,85	1,10	8,7	202	302	99	38	33	36	38	41	32	29	0,075	55	83	99	
4,80	35	16	4/:	1,85	0,89	1,17	8,8	210	316	105	39	33	36	38	41	32	29	0,077	58	88	105	
5,00	41	9	4/:	1,85	0,93	1,37	10,2	232	349	123	43	34	36	39	41	32	30	0,087	68	103	123	
5,20	60	43	3:..	1,85	0,96	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	34	32	0,118	100	150	180	
5,40	114	23	4/:	1,85	1,00	3,80	33,4	646	969	342	77	39	40	42	44	38	34	0,179	190	285	342	
5,60	60	20	4/:	1,85	1,04	2,00	14,3	340	510	180	54	35	38	40	42	34	32	0,113	100	150	180	
5,80	51	4	4/:	1,85	1,07	1,70	11,2	289	434	153	47	35	37	39	42	33	31	0,097	85	128	153	
6,00	235	26	4/:	1,85	1,11	7,83	72,2	1332	1998	705	99	42	43	44	46	40	39	0,254	392	588	705	
6,20	282	--	3:..	1,85	1,15	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	40	0,258	470	705	846	



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

**CPT 9**

2.0105-157

- committente : Soc. IdroGeo Service Srl

- data : 18/01/2021

- lavoro :

- quota inizio : Piano Campagna

- località : Montalto di Castro (VT)

- falda : Falda non rilevata

- assist. cantiere :

- note : Prova non conclusa causa rifiuto 320 kg/cm<sup>2</sup>

Prof. m	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m <sup>3</sup>	p'vo kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	OCR (-)	Eu50 kg/cm <sup>2</sup>	Eu25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	NATURA COESIVA				NATURA GRANULARE				Amax/g (-)	E'50 kg/cm <sup>2</sup>	E'25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	
												ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)							
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	11	15	2////	1,85	0,07	0,54	74,7	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	12	13	2////	1,85	0,11	0,57	48,7	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	20	18	4:/:	1,85	0,15	0,80	51,7	136	204	60	63	37	39	41	43	38	27	0,140	33	50	60	--	--	--
1,00	12	5	2////	1,85	0,19	0,57	25,7	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	150	17	4:/:	1,85	0,22	5,00	99,9	850	1275	450	100	42	43	45	46	45	36	0,258	250	375	450	--	--	--
1,40	190	25	4:/:	1,85	0,26	6,33	99,9	1077	1615	570	100	42	43	45	46	45	37	0,258	317	475	570	--	--	--
1,60	320	--	3:::	1,85	0,30	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0,258	533	800	960	--	--	--



## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

### **PENETROMETRO STATICO tipo:**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha= 60^\circ$  - ( area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$ )
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (  $\varnothing$  35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm / sec}$  (  $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$  )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.  $\Rightarrow$  spinta )  $C_t = \text{spinta (Kg)} / \text{LETTURA al manometro}$

$$\text{fase 1 - resistenza alla punta} \quad q_c \text{ ( Kg / cm}^2\text{)} = L_1 \times C_t / 10$$

$$\text{fase 2 - resistenza laterale locale} \quad f_s \text{ ( Kg / cm}^2\text{)} = (L_2 - L_1) \times C_t / 150$$

$$\text{fase 3 - resistenza totale} \quad R_t \text{ ( Kg )} = (L_t) \times C_t$$

$$q_c / f_s = \text{rapporto Begemann}$$

- L1. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- L2. totale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- Lt. aste = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S$  ( Kg ) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $C_t$  .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta .

### CONVERSIONI

$$1 \text{ kN ( kiloNewton )} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN ( megaNewton )} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$$

$$1 \text{ kPa ( kiloPascal )} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ MPa ( MegaPascal )} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t / m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$$

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto:  **$F = (q_c / f_s)$**

( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 )

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di  $q_c$  e di  $FR = (f_s / q_c) \%$

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi

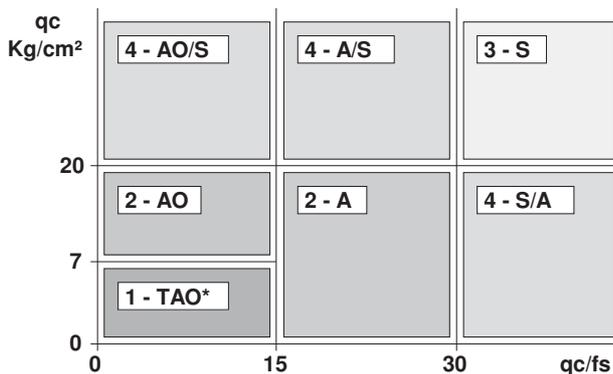
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE ( validità orientativa )

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $qc / fs$  ( Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977 ), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni COESIVI      anche se  $( qc / fs ) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni GRANULARI      anche se  $( qc / fs ) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma$  - qc - natura ] ( Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi) [ correlazioni :  $C_u$  - qc ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ] ( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [ correl. : Eu -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = indice plastico] Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  - qc ]  $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (coefficiente di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente ) (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983 )
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. : Mo - qc - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati) [ correlazioni : Dr - qc -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1976 )
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  - Dr - qc -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976 )  
 $\phi'_{1s}$  - (Schmertmann) sabbia fine uniforme       $\phi'_{2s}$  - sabbia media uniforme/ fine ben gradata  
 $\phi'_{3s}$  - sabbia grossa uniforme/ media ben gradata  
 $\phi'_{4s}$  - sabbia-ghiaia poco limosa/ ghiaietto uniforme
- $\phi'_{dm}$  - ( Durgunoglu & Mitchell ) sabbie N.C.       $\phi'_{my}$  - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari ) ( g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : (Amax/g) - Dr]

# PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: [penetrationsnc@lamiapec.it](mailto:penetrationsnc@lamiapec.it)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

8

*PROLUNGAMENTO PROVA STATICA 04 cpt8 2021*

Riferimento: 04 dpsh8 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/01/2021
Località:	Montalto di Castro (VT)	Prof.tà:	8,80
Comune:	Montalto di Castro (VT)	Falda:	—
Note:	Prosecuzione prova 04 cpt8 2021 a partire da -5,80 m dal p.c.		

### CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISTEMA

PESO MASSA BATTENTE M = 63,50 kg

ALTEZZA CADUTA LIBERA H = 0,75 m

DIAMETRO PUNTA CONICA D = 51,00 mm

AREA BASE PUNTA CONICA A = 20 cm<sup>2</sup>

ANGOLO APERTURA PUNTA  $\alpha = 90^\circ$

LUNGHEZZA DELLE ASTE La = 1,00 m

AVANZAMENTO PUNTA  $\delta = 0,20$  m

NUMERO DI COLPI PUNTA N = N(20)  $\Rightarrow$  Relativo ad un avanzamento di 20 cm

RIVESTIMENTO / FANGHI - NO

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

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

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)

e = infissione per colpo =  $\delta / N$  P = peso totale aste e sistema battuta



# PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: [penetrationsnc@lamiapec.it](mailto:penetrationsnc@lamiapec.it)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n° 8

Tabella valori di resistenza

Riferimento: 04 dpsh8 2021

<b>Committente:</b>	<b>Soc. IdroGeo Service Srl</b>	<b>Data:</b>	<b>18/01/2021</b>
<b>Località:</b>	<b>Montalto di Castro (VT)</b>	<b>Prof.tà:</b>	<b>8,80</b>
<b>Comune:</b>	<b>Montalto di Castro (VT)</b>	<b>Falda:</b>	-
<b>Note:</b>	<b>Prosecuzione prova 04 cpt8 2021 a partire da -5,80 m dal p.c.</b>		

Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste	Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste
da 0,00 a 0,20	-	-	-	1	da 4,40 a 4,60	-	-	-	5
da 0,20 a 0,40	-	-	-	1	da 4,60 a 4,80	-	-	-	5
da 0,40 a 0,60	-	-	-	1	da 4,80 a 5,00	-	-	-	5
da 0,60 a 0,80	-	-	-	1	da 5,00 a 5,20	-	-	-	6
da 0,80 a 1,00	-	-	-	1	da 5,20 a 5,40	-	-	-	6
da 1,00 a 1,20	-	-	-	2	da 5,40 a 5,60	-	-	-	6
da 1,20 a 1,40	-	-	-	2	da 5,60 a 5,80	22	164,10	-	6
da 1,40 a 1,60	-	-	-	2	da 5,80 a 6,00	18	134,26	-	6
da 1,60 a 1,80	-	-	-	2	da 6,00 a 6,20	15	105,33	-	7
da 1,80 a 2,00	-	-	-	2	da 6,20 a 6,40	14	98,31	-	7
da 2,00 a 2,20	-	-	-	3	da 6,40 a 6,60	17	119,37	-	7
da 2,20 a 2,40	-	-	-	3	da 6,60 a 6,80	11	77,24	-	7
da 2,40 a 2,60	-	-	-	3	da 6,80 a 7,00	23	161,50	-	7
da 2,60 a 2,80	-	-	-	3	da 7,00 a 7,20	14	92,86	-	8
da 2,80 a 3,00	-	-	-	3	da 7,20 a 7,40	10	66,33	-	8
da 3,00 a 3,20	-	-	-	4	da 7,40 a 7,60	9	59,70	-	8
da 3,20 a 3,40	-	-	-	4	da 7,60 a 7,80	6	39,80	-	8
da 3,40 a 3,60	-	-	-	4	da 7,80 a 8,00	5	33,17	-	8
da 3,60 a 3,80	-	-	-	4	da 8,00 a 8,20	7	44,00	-	9
da 3,80 a 4,00	-	-	-	4	da 8,20 a 8,40	6	37,71	-	9
da 4,00 a 4,20	-	-	-	5	da 8,40 a 8,60	6	37,71	-	9
da 4,20 a 4,40	-	-	-	5	da 8,60 a 8,80	7	44,00	-	9

# PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: [penetrationsnc@lamiapec.it](mailto:penetrationsnc@lamiapec.it)

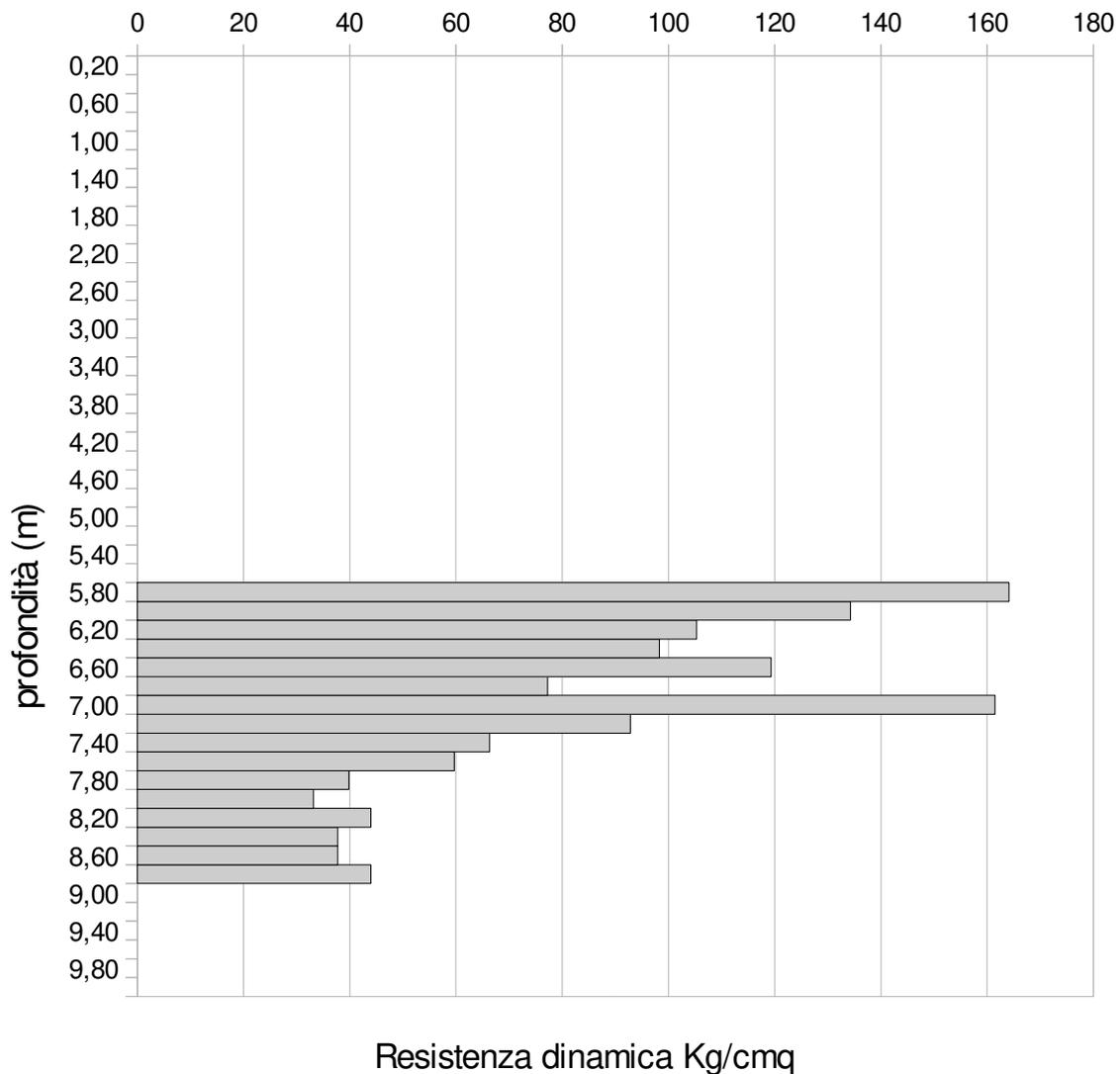
## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

8

Resistenza dinamica - profondità

Riferimento: 04 dpsh8 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/01/2021
Località:	Montalto di Castro (VT)	Prof.tà:	8,80
Comune:	Montalto di Castro (VT)	Falda:	—
Note:	Prosecuzione prova 04 cpt8 2021 a partire da -5,80 m dal p.c.		



# PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

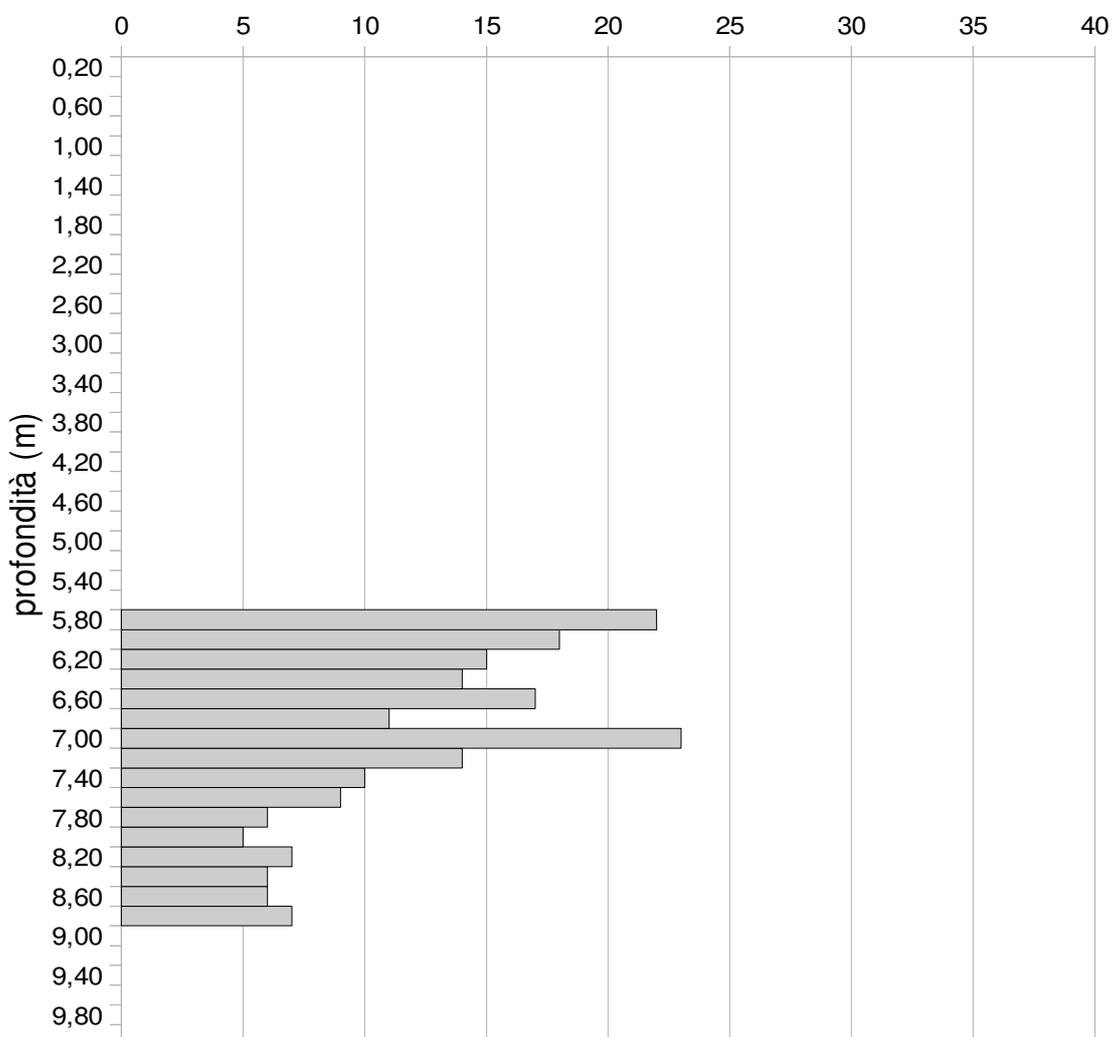
PEC: [penetratiosnc@lamiapec.it](mailto:penetratiosnc@lamiapec.it)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n° 8

Grafico Ndp - profondità

Riferimento: 04 dpsh8 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/01/2021
Località:	Montalto di Castro (VT)	Prof.tà:	8,80
Comune:	Montalto di Castro (VT)	Falda:	—
Note:	Prosecuzione prova 04 cpt8 2021 a partire da -5,80 m dal p.c.		



N colpi x 20 cm d'infissione

# PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: [penetrationsnc@lamiappec.it](mailto:penetrationsnc@lamiappec.it)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

9

PROLUNGAMENTO PROVA STATICA 04 cpt9 2021

Riferimento: 04 dpsh9 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/01/2021
Località:	Montalto di Castro (VT)	Prof.tà:	9,40
Comune:	Montalto di Castro (VT)	Falda:	—
Note:	Prosecuzione prova 04 cpt9 2021 a partire da -1,80 m dal p.c.		

### CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISTEMA

PESO MASSA BATTENTE  $M = 63,50$  kg

ALTEZZA CADUTA LIBERA  $H = 0,75$  m

DIAMETRO PUNTA CONICA  $D = 51,00$  mm

AREA BASE PUNTA CONICA  $A = 20$  cm<sup>2</sup>

ANGOLO APERTURA PUNTA  $\alpha = 90^\circ$

LUNGHEZZA DELLE ASTE  $L_a = 1,00$  m

AVANZAMENTO PUNTA  $\delta = 0,20$  m

NUMERO DI COLPI PUNTA  $N = N(20) \Rightarrow$  Relativo ad un avanzamento di 20 cm

RIVESTIMENTO / FANGHI - NO

resistenza dinamica alla punta  $R_{pd}$  [funzione del numero di colpi  $N$ ] (FORMULA OLANDESE) :

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

$R_{pd}$  = resistenza dinamica punta [ area  $A$ ]  $M$  = peso massa battente (altezza caduta  $H$ )

$e$  = infissione per colpo =  $\delta / N$   $P$  = peso totale aste e sistema battuta



# PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: [penetrationsnc@lamiapec.it](mailto:penetrationsnc@lamiapec.it)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n° 9

### Tabella valori di resistenza

Riferimento: 04 dpsh9 2021

<b>Committente:</b>	<b>Soc. IdroGeo Service Srl</b>	<b>Data:</b>	<b>18/01/2021</b>
<b>Località:</b>	<b>Montalto di Castro (VT)</b>	<b>Prof.tà:</b>	<b>9,40</b>
<b>Comune:</b>	<b>Montalto di Castro (VT)</b>	<b>Falda:</b>	-
<b>Note:</b>	<b>Prosecuzione prova 04 cpt9 2021 a partire da -1,80 m dal p.c.</b>		

Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste	Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste
da 0,00 a 0,20	-	-	-	1	da 4,80 a 5,00	4	31,82	-	5
da 0,20 a 0,40	-	-	-	1	da 5,00 a 5,20	4	29,84	-	6
da 0,40 a 0,60	-	-	-	1	da 5,20 a 5,40	5	37,30	-	6
da 0,60 a 0,80	-	-	-	1	da 5,40 a 5,60	5	37,30	-	6
da 0,80 a 1,00	-	-	-	1	da 5,60 a 5,80	7	52,21	-	6
da 1,00 a 1,20	-	-	-	2	da 5,80 a 6,00	7	52,21	-	6
da 1,20 a 1,40	-	-	-	2	da 6,00 a 6,20	8	56,18	-	7
da 1,40 a 1,60	-	-	-	2	da 6,20 a 6,40	8	56,18	-	7
da 1,60 a 1,80	23	228,44	-	2	da 6,40 a 6,60	7	49,15	-	7
da 1,80 a 2,00	25	248,31	-	2	da 6,60 a 6,80	7	49,15	-	7
da 2,00 a 2,20	19	174,27	-	3	da 6,80 a 7,00	5	35,11	-	7
da 2,20 a 2,40	20	183,44	-	3	da 7,00 a 7,20	4	26,53	-	8
da 2,40 a 2,60	21	192,61	-	3	da 7,20 a 7,40	5	33,17	-	8
da 2,60 a 2,80	19	174,27	-	3	da 7,40 a 7,60	6	39,80	-	8
da 2,80 a 3,00	14	128,41	-	3	da 7,60 a 7,80	7	46,43	-	8
da 3,00 a 3,20	10	85,20	-	4	da 7,80 a 8,00	8	53,07	-	8
da 3,20 a 3,40	20	170,40	-	4	da 8,00 a 8,20	9	56,57	-	9
da 3,40 a 3,60	9	76,68	-	4	da 8,20 a 8,40	8	50,28	-	9
da 3,60 a 3,80	5	42,60	-	4	da 8,40 a 8,60	9	56,57	-	9
da 3,80 a 4,00	6	51,12	-	4	da 8,60 a 8,80	9	56,57	-	9
da 4,00 a 4,20	5	39,77	-	5	da 8,80 a 9,00	7	44,00	-	9
da 4,20 a 4,40	5	39,77	-	5	da 9,00 a 9,20	8	47,78	-	10
da 4,40 a 4,60	4	31,82	-	5	da 9,20 a 9,40	9	53,75	-	10
da 4,60 a 4,80	5	39,77	-	5					

# PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: [penetratiosnc@lamiapec.it](mailto:penetratiosnc@lamiapec.it)

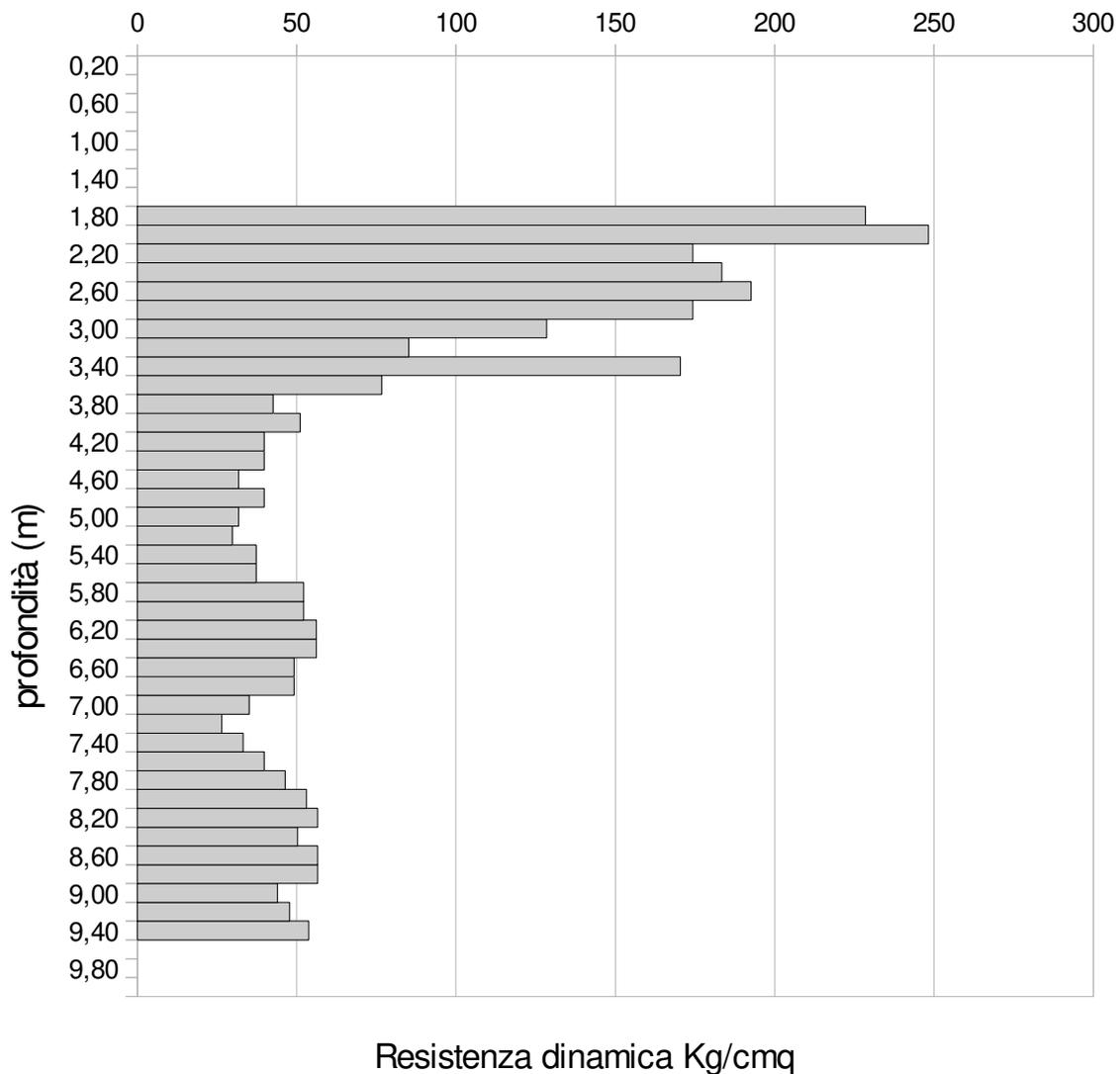
## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

9

Resistenza dinamica - profondità

Riferimento: 04 dpsh9 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/01/2021
Località:	Montalto di Castro (VT)	Prof.tà:	9,40
Comune:	Montalto di Castro (VT)	Falda:	—
Note:	Prosecuzione prova 04 cpt9 2021 a partire da -1,80 m dal p.c.		



# PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

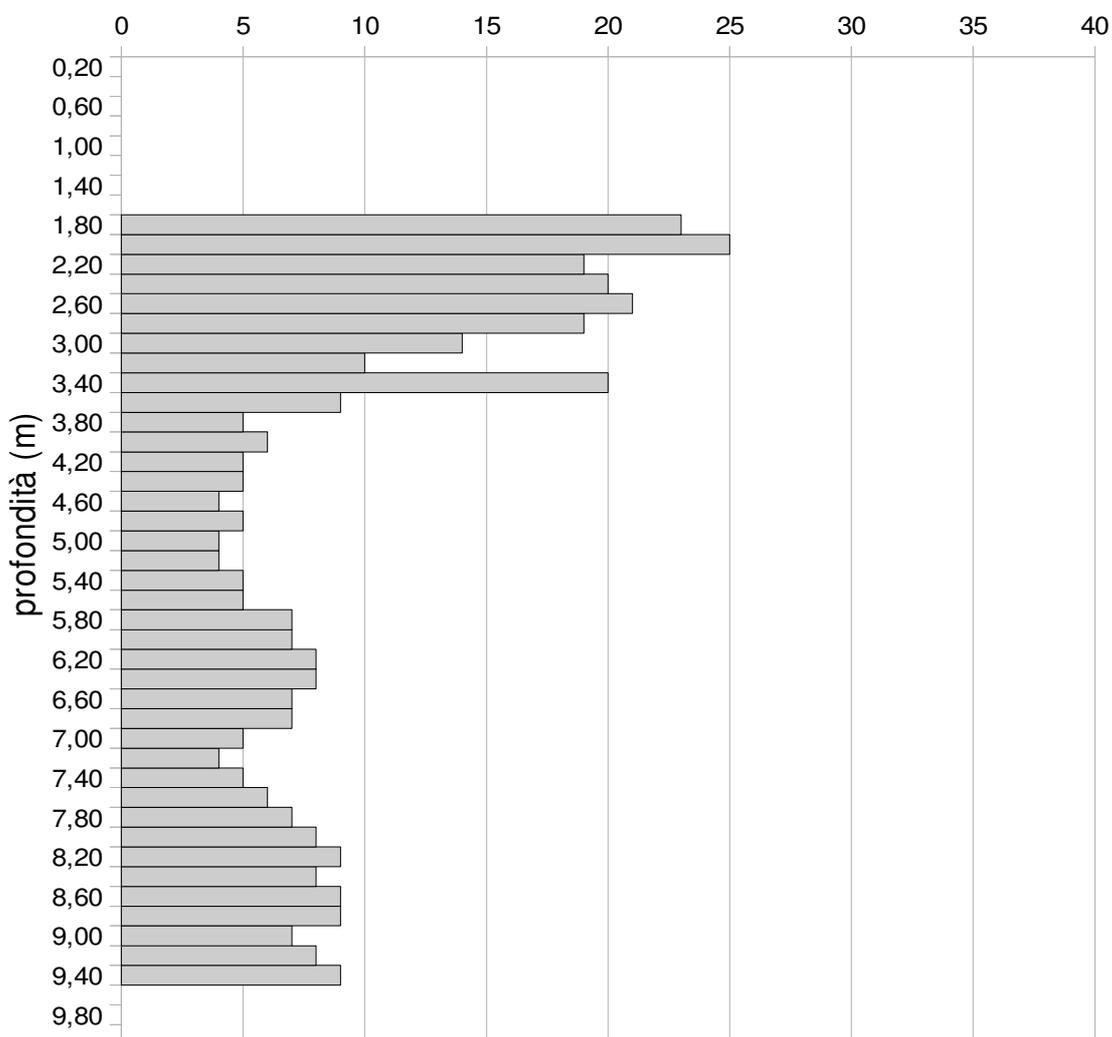
PEC: [penetratiosnc@lamiapiec.it](mailto:penetratiosnc@lamiapiec.it)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n° 9

Grafico Ndp - profondità

Riferimento: 04 dpsh9 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/01/2021
Località:	Montalto di Castro (VT)	Prof.tà:	9,40
Comune:	Montalto di Castro (VT)	Falda:	—
Note:	Prosecuzione prova 04 cpt9 2021 a partire da -1,80 m dal p.c.		



N colpi x 20 cm d'infissione

# PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: [penetrationsnc@lamiapec.it](mailto:penetrationsnc@lamiapec.it)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

10

*PROLUNGAMENTO PROVA STATICA 04 cpt10 2021*

Riferimento: 04 dpsh10 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/01/2021
Località:	Montalto di Castro (VT)	Prof.tà:	8,60
Comune:	Montalto di Castro (VT)	Falda:	—
Note:	Prosecuzione prova 04 cpt10 2021 a partire da -4,00 m dal p.c.		

### CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISTEMA

PESO MASSA BATTENTE  $M = 63,50$  kg

ALTEZZA CADUTA LIBERA  $H = 0,75$  m

DIAMETRO PUNTA CONICA  $D = 51,00$  mm

AREA BASE PUNTA CONICA  $A = 20$  cm<sup>2</sup>

ANGOLO APERTURA PUNTA  $\alpha = 90^\circ$

LUNGHEZZA DELLE ASTE  $L_a = 1,00$  m

AVANZAMENTO PUNTA  $\delta = 0,20$  m

NUMERO DI COLPI PUNTA  $N = N(20) \Rightarrow$  Relativo ad un avanzamento di 20 cm

RIVESTIMENTO / FANGHI - NO

resistenza dinamica alla punta  $R_{pd}$  [funzione del numero di colpi  $N$ ] (FORMULA OLANDESE) :

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

$R_{pd}$  = resistenza dinamica punta [ area  $A$ ]  $M$  = peso massa battente (altezza caduta  $H$ )

$e$  = infissione per colpo =  $\delta / N$   $P$  = peso totale aste e sistema battuta



# PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: [penetrationsnc@lamiapec.it](mailto:penetrationsnc@lamiapec.it)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n° 10

Tabella valori di resistenza

Riferimento: 04 dpsh10 2021

<b>Committente:</b>	<b>Soc. IdroGeo Service Srl</b>	<b>Data:</b>	<b>18/01/2021</b>
<b>Località:</b>	<b>Montalto di Castro (VT)</b>	<b>Prof.tà:</b>	<b>8,60</b>
<b>Comune:</b>	<b>Montalto di Castro (VT)</b>	<b>Falda:</b>	-
<b>Note:</b>	<b>Prosecuzione prova 04 cpt10 2021 a partire da -4,00 m dal p.c.</b>		

Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste	Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste
da 0,00 a 0,20	-	-	-	1	da 4,40 a 4,60	13	103,40	-	5
da 0,20 a 0,40	-	-	-	1	da 4,60 a 4,80	20	159,08	-	5
da 0,40 a 0,60	-	-	-	1	da 4,80 a 5,00	9	71,59	-	5
da 0,60 a 0,80	-	-	-	1	da 5,00 a 5,20	8	59,67	-	6
da 0,80 a 1,00	-	-	-	1	da 5,20 a 5,40	10	74,59	-	6
da 1,00 a 1,20	-	-	-	2	da 5,40 a 5,60	7	52,21	-	6
da 1,20 a 1,40	-	-	-	2	da 5,60 a 5,80	7	52,21	-	6
da 1,40 a 1,60	-	-	-	2	da 5,80 a 6,00	6	44,75	-	6
da 1,60 a 1,80	-	-	-	2	da 6,00 a 6,20	5	35,11	-	7
da 1,80 a 2,00	-	-	-	2	da 6,20 a 6,40	6	42,13	-	7
da 2,00 a 2,20	-	-	-	3	da 6,40 a 6,60	6	42,13	-	7
da 2,20 a 2,40	-	-	-	3	da 6,60 a 6,80	7	49,15	-	7
da 2,40 a 2,60	-	-	-	3	da 6,80 a 7,00	9	63,20	-	7
da 2,60 a 2,80	-	-	-	3	da 7,00 a 7,20	8	53,07	-	8
da 2,80 a 3,00	-	-	-	3	da 7,20 a 7,40	9	59,70	-	8
da 3,00 a 3,20	-	-	-	4	da 7,40 a 7,60	10	66,33	-	8
da 3,20 a 3,40	-	-	-	4	da 7,60 a 7,80	11	72,96	-	8
da 3,40 a 3,60	-	-	-	4	da 7,80 a 8,00	7	46,43	-	8
da 3,60 a 3,80	-	-	-	4	da 8,00 a 8,20	9	56,57	-	9
da 3,80 a 4,00	-	-	-	4	da 8,20 a 8,40	8	50,28	-	9
da 4,00 a 4,20	19	151,13	-	5	da 8,40 a 8,60	11	69,14	-	9
da 4,20 a 4,40	25	198,86	-	5	da 8,60 a 8,80	9	56,57	-	9

# PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

PEC: [penetratiosnc@lamiapec.it](mailto:penetratiosnc@lamiapec.it)

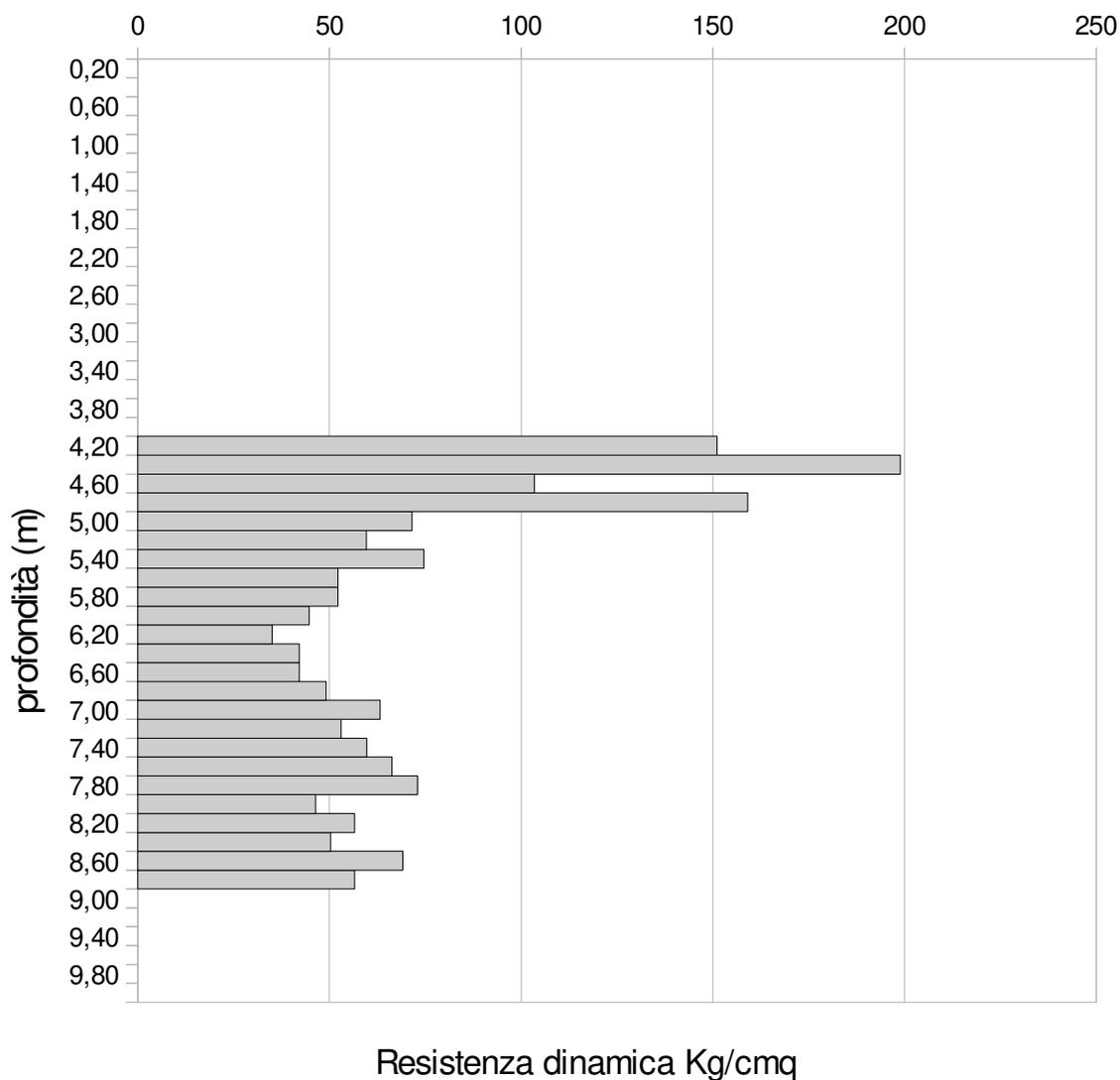
## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n°

10

Resistenza dinamica - profondità

Riferimento: 04 dpsh10 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/01/2021
Località:	Montalto di Castro (VT)	Prof.tà:	8,60
Comune:	Montalto di Castro (VT)	Falda:	—
Note:	Prosecuzione prova 04 cpt10 2021 a partire da -4,00 m dal p.c.		



# PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

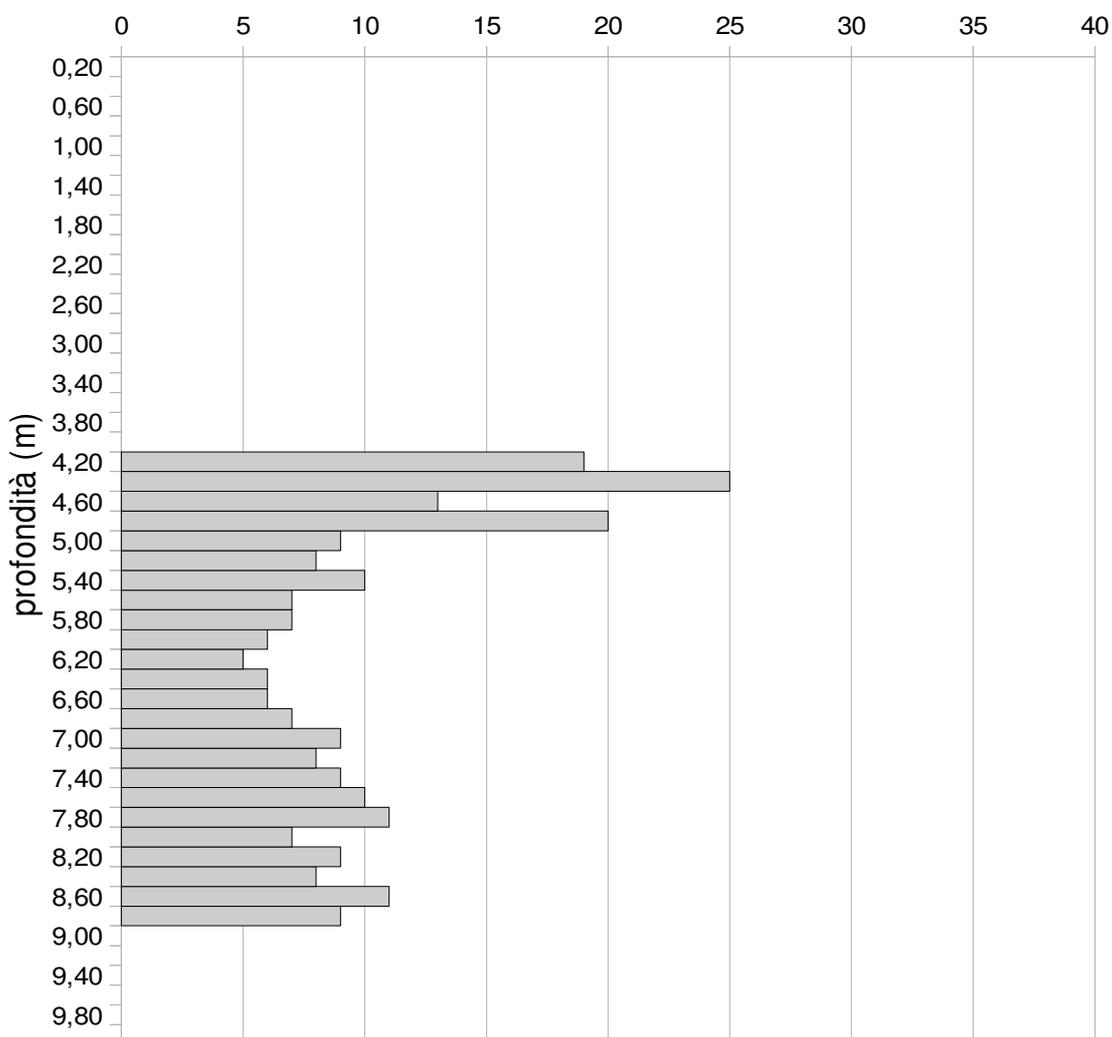
PEC: [penetratiosnc@lamiapiec.it](mailto:penetratiosnc@lamiapiec.it)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH n° 10

Grafico Ndp - profondità

Riferimento: 04 dpsh10 2021

Committente:	Soc. IdroGeo Service Srl	Data:	18/01/2021
Località:	Montalto di Castro (VT)	Prof.tà:	8,60
Comune:	Montalto di Castro (VT)	Falda:	—
Note:	Proseguimento prova 04 cpt10 2021 a partire da -4,00 m dal p.c.		



N colpi x 20 cm d'infissione

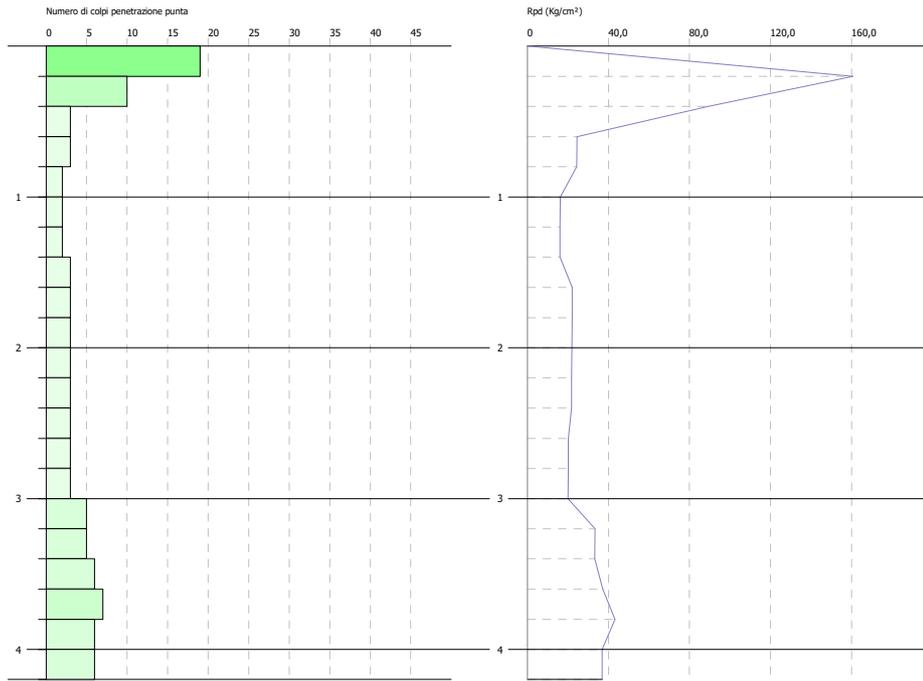
***S.E. Terna - Manciano***

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**

Committente: Idrogeo srl  
 Descrizione:  
 Località: Montauto

Data: 22/10/2020

Scala 1:50



Interpretazione Stratigrafica

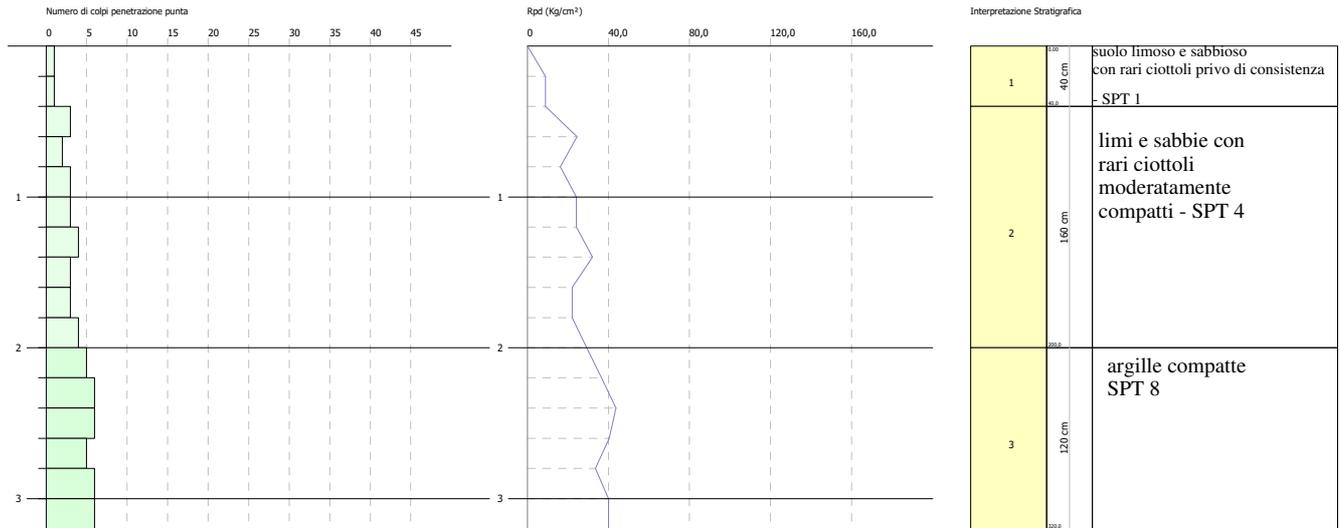
1	0.00 - 0.40 40 cm	riporto con ciottoli e ghiaia - SPT - 15
2	0.40 - 3.00 260 cm	limi e argille con rari ciottoli moderatamente compatti - SPT 5
3	3.00 - 4.00 120 cm	argille consistenti - SPT 9

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**

Committente: Idrogeo srl  
 Descrizione:  
 Località: Montauto

Data: 22/10/2020

Scala 1:50

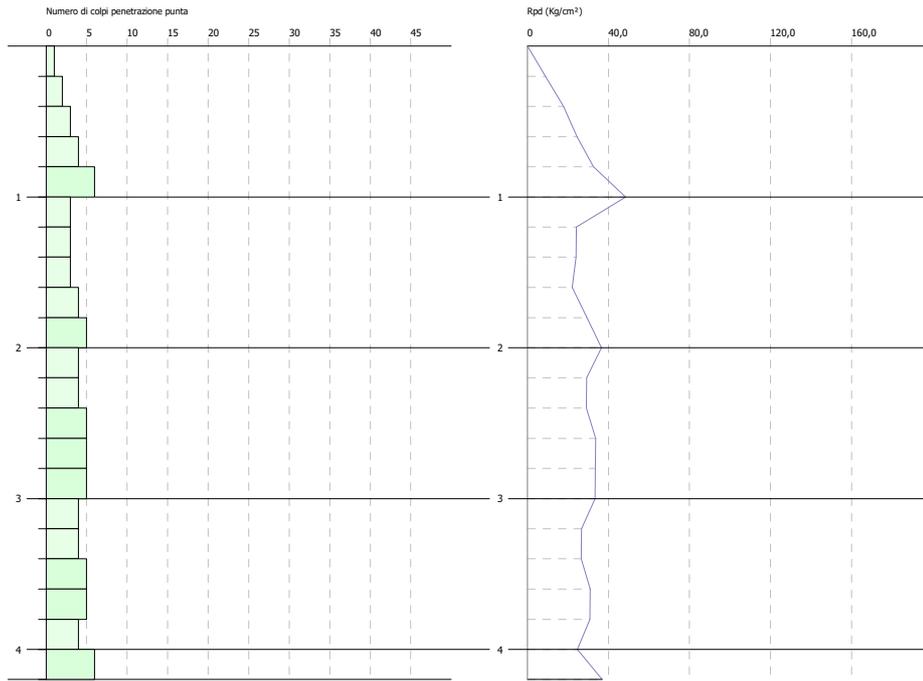


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**

Committente: Idrogeo srl  
 Descrizione:  
 Località: Montauto

Data: 22/10/2020

Scala 1:50



Interpretazione Stratigrafica

1	0,00 40,00 0,00	suolo limoso e sabbioso con rari ciottoli poco compatti - SPT 2
2	0,00 380,00 0,00	limi e sabbie con rari ciottoli moderatamente compatti - SPT 6

## PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 22/10/2020  
 Profondità prova 4,20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	19	0,805	160,64	199,64	8,03	9,98
0,40	10	0,851	89,39	105,07	4,47	5,25
0,60	3	0,847	24,50	28,93	1,23	1,45
0,80	3	0,843	24,40	28,93	1,22	1,45
1,00	2	0,840	16,20	19,29	0,81	0,96
1,20	2	0,836	16,13	19,29	0,81	0,96
1,40	2	0,833	16,06	19,29	0,80	0,96
1,60	3	0,830	22,18	26,73	1,11	1,34
1,80	3	0,826	22,09	26,73	1,10	1,34
2,00	3	0,823	22,01	26,73	1,10	1,34
2,20	3	0,820	21,92	26,73	1,10	1,34
2,40	3	0,817	21,84	26,73	1,09	1,34
2,60	3	0,814	20,23	24,85	1,01	1,24
2,80	3	0,811	20,16	24,85	1,01	1,24
3,00	3	0,809	20,09	24,85	1,00	1,24
3,20	5	0,806	33,38	41,41	1,67	2,07
3,40	5	0,803	33,27	41,41	1,66	2,07
3,60	6	0,801	37,17	46,41	1,86	2,32
3,80	7	0,798	43,23	54,15	2,16	2,71
4,00	6	0,796	36,95	46,41	1,85	2,32
4,20	6	0,794	36,84	46,41	1,84	2,32

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,4	14,5	152,36	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,13	0,04	1,47	21,32	
3	2,77	24,92	Incoerente - coesivo	0	1,7	1,87	0,31	1,47	4,07	
4,2	5,83	46,03	Incoerente - coesivo	0	1,92	2,11	0,64	1,47	8,57	

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

#### TERRENI COESIVI

**Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	21,32	0,40	1,44	2,67	1,00	0,82	2,11	4,57	1,80	2,21	1,07	3,75	2,67
[2] -	4,07	3,00	0,25	0,51	0,25	0,17	0,40	0,75	0,37	0,74	0,20	0,36	0,51
[3] -	8,57	4,20	0,58	1,07	0,50	0,34	0,84	1,38	0,76	1,08	0,43	0,95	1,07

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	21,32	0,40	Robertson (1983)	42,64
[2] -	4,07	3,00	Robertson (1983)	8,14
[3] -	8,57	4,20	Robertson (1983)	17,14

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	21,32	0,40	97,82	--	219,24	213,20
[2] -	4,07	3,00	18,67	61,05	43,30	50,88
[3] -	8,57	4,20	39,32	--	89,20	107,13

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	21,32	0,40	224,78	213,20
[2] -	4,07	3,00	26,41	40,70
[3] -	8,57	4,20	78,16	85,70

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	21,32	0,40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[2] -	4,07	3,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	8,57	4,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	21,32	0,40	Meyerhof	2,10
[2] -	4,07	3,00	Meyerhof	1,70
[3] -	8,57	4,20	Meyerhof	1,92

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	21,32	0,40	Meyerhof	2,13
[2] -	4,07	3,00	Meyerhof	1,87
[3] -	8,57	4,20	Meyerhof	2,11

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	21,32	0,40		0
[2] -	4,07	3,00		0
[3] -	8,57	4,20		0

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	21,32	0,40	58,82	100	100	53,14
[2] -	4,07	3,00	17,55	42,26	45,7	18,31
[3] -	8,57	4,20	26,24	53,08	53,69	29,74

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertman (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Iwaski
[1] -	21,32	0,40	21,32	33,09	26,09	33,97	36,84	37,46	42	30-32	32,88	33,4	45,55	35,65
[2] -	4,07	3,00	4,07	28,16	21,16	29,14	29,85	31,28	0	<30	22,81	28,22	30,09	24,02
[3] -	8,57	4,20	8,57	29,45	22,45	30,4	29,45	33,12	0	<30	26,34	29,57	35,32	28,09

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertman (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	21,32	0,40	21,32	329,58	170,56	252,28	339,90	181,60
[2] -	4,07	3,00	4,07	---	32,56	---	---	---
[3] -	8,57	4,20	8,57	---	68,56	101,83	---	---

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	21,32	0,40	21,32	127,92	71,26	151,37	133,09
[2] -	4,07	3,00	4,07	---	35,82	28,90	56,15
[3] -	8,57	4,20	8,57	---	45,07	60,85	76,22

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
--	------	------------------	----------------------------------	--------------	---------------------

[1] -	21,32	0,40	21,32	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
[2] -	4,07	3,00	4,07	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] -	8,57	4,20	8,57	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	21,32	0,40	21,32	Terzaghi-Peck 1948	1,61
[2] -	4,07	3,00	4,07	Terzaghi-Peck 1948	1,40
[3] -	8,57	4,20	8,57	Terzaghi-Peck 1948	1,46

#### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	21,32	0,40	21,32	Terzaghi-Peck 1948	2,00
[2] -	4,07	3,00	4,07	Terzaghi-Peck 1948	1,87
[3] -	8,57	4,20	8,57	Terzaghi-Peck 1948	1,91

#### Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	21,32	0,40	21,32	(A.G.I.)	0,31
[2] -	4,07	3,00	4,07	(A.G.I.)	0,35
[3] -	8,57	4,20	8,57	(A.G.I.)	0,34

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	21,32	0,40	21,32	1153,38	810,59
[2] -	4,07	3,00	4,07	243,18	294,69
[3] -	8,57	4,20	8,57	489,68	464,47

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	21,32	0,40	21,32	Ohta & Goto (1978) Limi	85,13
[2] -	4,07	3,00	4,07	Ohta & Goto (1978) Limi	96,62

[3] -	8,57	4,20	8,57	Ohta & Goto (1978) Limi	127,03
-------	------	------	------	----------------------------	--------

### Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	21,32	0,40	21,32	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	4,07	3,00	4,07	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	8,57	4,20	8,57	Seed e Idriss (1971)	--

### Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] -	21,32	0,40	21,32		---
[2] -	4,07	3,00	4,07		---
[3] -	8,57	4,20	8,57		---

### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	21,32	0,40	21,32		---
[2] -	4,07	3,00	4,07		---
[3] -	8,57	4,20	8,57		---



					(1948)			Benassi e Vannelli	Argilla di Chicago				
[1] -	1,47	0,40	0,09	0,18	0,00	0,06	0,14	0,32	0,14	0,55	0,07	0,22	0,18
[2] -	4,59	2,00	0,29	0,57	0,25	0,19	0,45	0,88	0,42	0,78	0,23	0,57	0,57
[3] -	8,33	3,20	0,56	1,04	0,50	0,34	0,82	1,44	0,74	1,07	0,42	1,05	1,04

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	1,47	0,40	Robertson (1983)	2,94
[2] -	4,59	2,00	Robertson (1983)	9,18
[3] -	8,33	3,20	Robertson (1983)	16,66

#### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	1,47	0,40	6,74	22,05	16,79	18,38
[2] -	4,59	2,00	21,06	68,85	48,61	57,38
[3] -	8,33	3,20	38,22	--	86,75	104,13

#### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	1,47	0,40	-3,50	14,70
[2] -	4,59	2,00	32,39	45,90
[3] -	8,33	3,20	75,40	83,30

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	1,47	0,40	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	4,59	2,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	8,33	3,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1,47	0,40	Meyerhof	1,52
[2] -	4,59	2,00	Meyerhof	1,74
[3] -	8,33	3,20	Meyerhof	1,91

#### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1,47	0,40	Meyerhof	1,85
[2] -	4,59	2,00	Meyerhof	1,87
[3] -	8,33	3,20	Meyerhof	2,10

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)

[1] -	1,47	0,40		0
[2] -	4,59	2,00		0
[3] -	8,33	3,20		0

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	1,47	0,40	5,82	29,79	51,39	10,79
[2] -	4,59	2,00	21,41	47,42	54,06	19,73
[3] -	8,33	3,20	28,41	56,43	57,99	29,18

### Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson Thornburn Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertman (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Iwasaki
[1] -	1,47	0,40	1,47	27,42	20,42	28,41	33,21	30,14	0	<30	19,7	27,44	22,25	20,42
[2] -	4,59	2,00	4,59	28,31	21,31	29,29	30,96	31,5	0	<30	23,3	28,38	31,54	24,58
[3] -	8,33	3,20	8,33	29,38	22,38	30,33	30,15	33,02	0	<30	26,18	29,5	35,78	27,91

### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertman (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	1,47	0,40	1,47	---	11,76	---	---	---
[2] -	4,59	2,00	4,59	---	36,72	---	---	---
[3] -	8,33	3,20	8,33	---	66,64	98,99	---	---

### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	1,47	0,40	1,47	---	30,48	10,44	44,56
[2] -	4,59	2,00	4,59	---	36,89	32,59	58,47
[3] -	8,33	3,20	8,33	---	44,57	59,14	75,15

### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	1,47	0,40	1,47	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	4,59	2,00	4,59	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] -	8,33	3,20	8,33	Classificazione	POCO

				A.G.I	ADDENSATO
--	--	--	--	-------	-----------

#### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1,47	0,40	1,47	Terzaghi-Peck 1948	1,36
[2] -	4,59	2,00	4,59	Terzaghi-Peck 1948	1,41
[3] -	8,33	3,20	8,33	Terzaghi-Peck 1948	1,46

#### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1,47	0,40	1,47	Terzaghi-Peck 1948	1,85
[2] -	4,59	2,00	4,59	Terzaghi-Peck 1948	1,88
[3] -	8,33	3,20	8,33	Terzaghi-Peck 1948	1,91

#### Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	1,47	0,40	1,47	(A.G.I.)	0,35
[2] -	4,59	2,00	4,59	(A.G.I.)	0,34
[3] -	8,33	3,20	8,33	(A.G.I.)	0,34

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	1,47	0,40	1,47	93,37	158,18
[2] -	4,59	2,00	4,59	272,28	317,16
[3] -	8,33	3,20	8,33	476,78	456,48

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	1,47	0,40	1,47	Ohta & Goto (1978) Limi	53,6
[2] -	4,59	2,00	4,59	Ohta & Goto (1978) Limi	92,24
[3] -	8,33	3,20	8,33	Ohta & Goto (1978) Limi	118,71

#### Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Fs
--	------	--------------	-------------------	--------------	----

		(m)	presenza falda		Liquefazione
[1] -	1,47	0,40	1,47	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	4,59	2,00	4,59	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	8,33	3,20	8,33	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] -	1,47	0,40	1,47		---
[2] -	4,59	2,00	4,59		---
[3] -	8,33	3,20	8,33		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	1,47	0,40	1,47		---
[2] -	4,59	2,00	4,59		---
[3] -	8,33	3,20	8,33		---

### PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 22/10/2020  
 Profondità prova 4,20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	2	0,851	17,88	21,01	0,89	1,05
0,60	3	0,847	24,50	28,93	1,23	1,45
0,80	4	0,843	32,53	38,57	1,63	1,93
1,00	6	0,840	48,59	57,86	2,43	2,89
1,20	3	0,836	24,19	28,93	1,21	1,45
1,40	3	0,833	24,10	28,93	1,20	1,45
1,60	3	0,830	22,18	26,73	1,11	1,34
1,80	4	0,826	29,45	35,64	1,47	1,78
2,00	5	0,823	36,68	44,55	1,83	2,23
2,20	4	0,820	29,23	35,64	1,46	1,78
2,40	4	0,817	29,13	35,64	1,46	1,78
2,60	5	0,814	33,72	41,41	1,69	2,07
2,80	5	0,811	33,60	41,41	1,68	2,07
3,00	5	0,809	33,49	41,41	1,67	2,07
3,20	4	0,806	26,70	33,13	1,34	1,66
3,40	4	0,803	26,61	33,13	1,33	1,66
3,60	5	0,801	30,98	38,68	1,55	1,93
3,80	5	0,798	30,88	38,68	1,54	1,93
4,00	4	0,796	24,63	30,94	1,23	1,55
4,20	6	0,794	36,84	46,41	1,84	2,32

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,4	1,5	15,76	Incoerente - coesivo	0	1,58	1,85	0,03	1,47	2,2	
4,2	4,32	37,19	Incoerente - coesivo	0	1,83	1,89	0,41	1,47	6,35	

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

#### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

NSPT	Prof.	Terzag	Sangle	Terzag	U.S.D.	Schme	SUND	Fletche	Housto	Shioi -	Begem	De
------	-------	--------	--------	--------	--------	-------	------	---------	--------	---------	-------	----

		Strato (m)	hi- Peck	rat	hi- Peck (1948)	M.S.M	rtmann 1975	A (1983) Benassi e Vannelli	r (1965) Argilla di Chicago	n (1960)	Fukui 1982	ann	Beer
[1] -	2,2	0,40	0,14	0,28	0,15	0,09	0,21	0,47	0,20	0,60	0,11	0,35	0,28
[2] -	6,35	4,20	0,40	0,79	0,25	0,26	0,62	1,12	0,57	0,91	0,32	0,59	0,79

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	2,2	0,40	Robertson (1983)	4,40
[2] -	6,35	4,20	Robertson (1983)	12,70

#### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman- Sanglerat
[1] -	2,2	0,40	10,09	33,00	24,23	27,50
[2] -	6,35	4,20	29,13	--	66,56	79,38

#### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	2,2	0,40	4,90	22,00
[2] -	6,35	4,20	52,63	63,50

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	2,2	0,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] -	6,35	4,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2,2	0,40	Meyerhof	1,58
[2] -	6,35	4,20	Meyerhof	1,83

#### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2,2	0,40	Meyerhof	1,85
[2] -	6,35	4,20	Meyerhof	1,89

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	2,2	0,40		0
[2] -	6,35	4,20		0

#### TERRENI INCOERENTI

**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	2,2	0,40	11,96	36,42	61,68	12,98
[2] -	6,35	4,20	23,89	50,21	52,28	24,34

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Owaski
[1] -	2,2	0,40	2,2	27,63	20,63	28,62	33,78	30,46	0	<30	20,74	27,66	25,76	21,63
[2] -	6,35	4,20	6,35	28,81	21,81	29,78	29,93	32,23	0	<30	24,76	28,91	33,58	26,27

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	2,2	0,40	2,2	---	17,60	---	---	---
[2] -	6,35	4,20	6,35	---	50,80	---	---	---

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	2,2	0,40	2,2	---	31,98	15,62	47,81
[2] -	6,35	4,20	6,35	---	40,51	45,08	66,32

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	2,2	0,40	2,2	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	6,35	4,20	6,35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2,2	0,40	2,2	Terzaghi-Peck 1948	1,37
[2] -	6,35	4,20	6,35	Terzaghi-Peck 1948	1,43

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	2,2	0,40	2,2	Terzaghi-Peck 1948	1,86
[2] -	6,35	4,20	6,35	Terzaghi-Peck 1948	1,89

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	2,2	0,40	2,2	(A.G.I.)	0,35
[2] -	6,35	4,20	6,35	(A.G.I.)	0,34

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	2,2	0,40	2,2	136,39	202,36
[2] -	6,35	4,20	6,35	369,42	386,73

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	2,2	0,40	2,2	Ohta & Goto (1978) Limi	57,47
[2] -	6,35	4,20	6,35	Ohta & Goto (1978) Limi	110,62

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	2,2	0,40	2,2	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	6,35	4,20	6,35	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$** 

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] -	2,2	0,40	2,2		---
[2] -	6,35	4,20	6,35		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	2,2	0,40	2,2		---
[2] -	6,35	4,20	6,35		---

**ALLEGATO 2**  
***Indagine sismica M.A.S.W.***

***Area Impianto “Montalto – Pescia”***

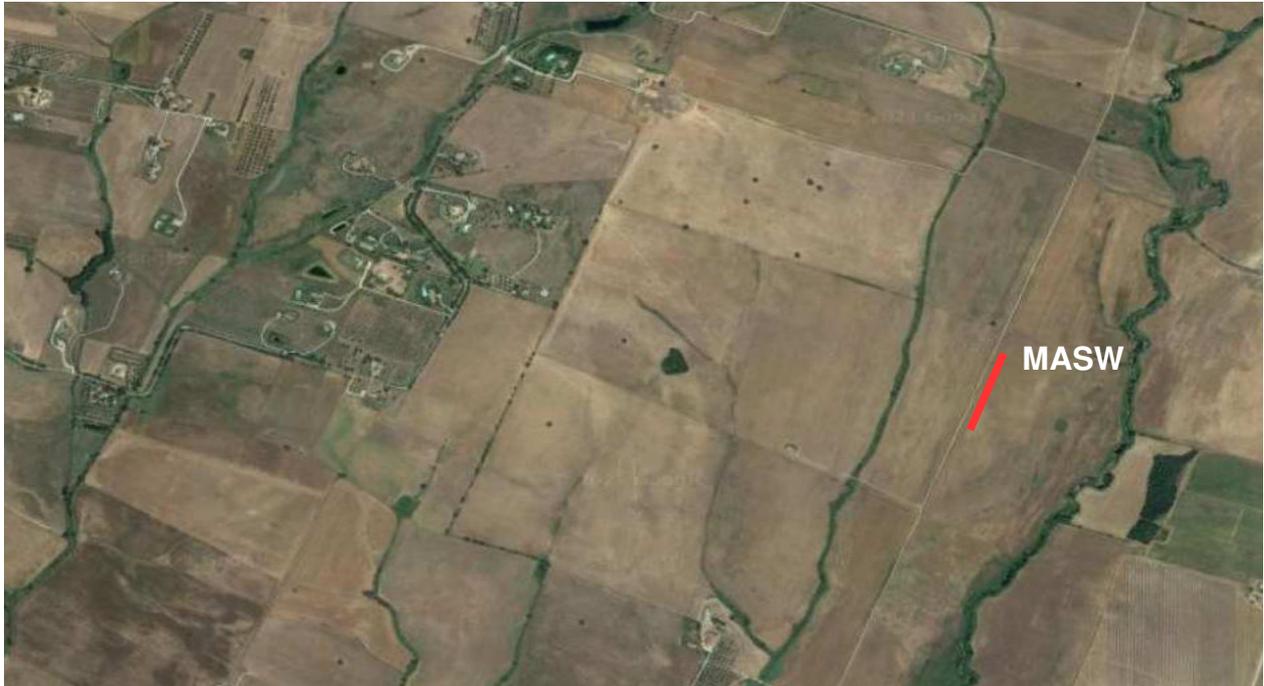
**PENETRATIO s.n.c**

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)  
P.IVA 02174580502

---

**RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W.  
ESEGUITA NEL COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO (VT).**

~~~~~



**Gennaio 2021**

**Committente: Soc. IdroGeo Service Srl**



**INDICE**

|                                                       |   |
|-------------------------------------------------------|---|
| 1 PREMESSE.....                                       | 3 |
| 2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH..... | 3 |
| 3 IL METODO M.A.S.W.....                              | 5 |
| 4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE.....         | 6 |
| 5 INTERPRETAZIONE DEI DATI.....                       | 7 |

**ALLEGATI:**

- *Grafici "common-shot gather", spettro di velocità, profilo verticale onde S e modello sismostratigrafico*
- *Report di calcolo*
- *Documentazione fotografica*

## RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W. ESEGUITA NEL COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO (VT).



### **1 PREMESSE**

La presente relazione descrive i risultati della prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) eseguita, per incarico della Soc. IdroGeo Service Srl, a circa 4,9 Km in direzione N/NE dalla frazione di Pescia Romana, nel Comune di Montalto di Castro (VT).

L'indagine M.A.S.W. è stata effettuata con l'obiettivo di determinare il parametro  $V_{s_{eq}}$ , necessario al fine della classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, volendo procedere con l'approccio semplificato secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018 – "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni").

### **2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH**

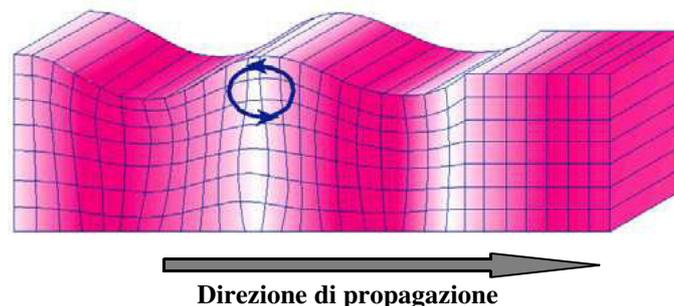
Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 1) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a  $0.92 V_s$ .

In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e  $0.92 V_s$ .

La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



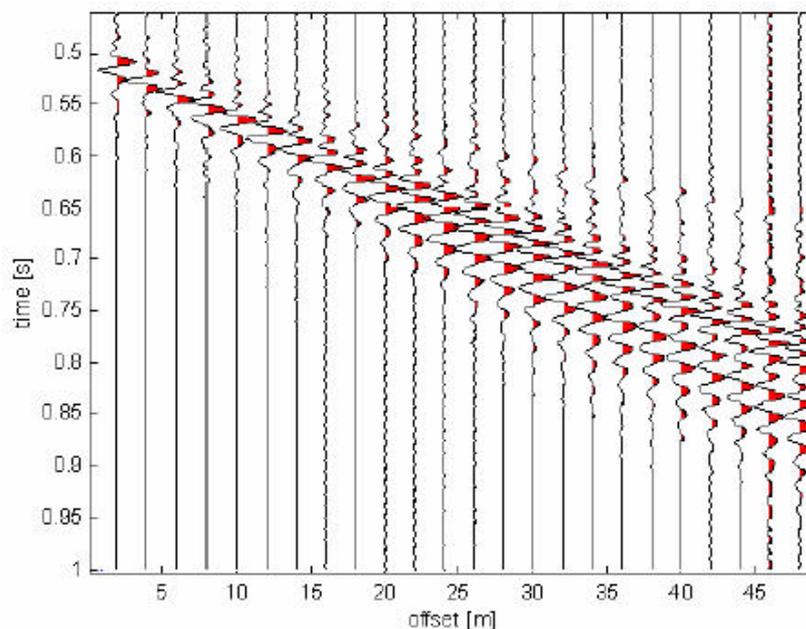
**Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.**

La determinazione della velocità delle onde di taglio  $V_s$  tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_p$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_s$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dal DM 17/01/2018, mentre la velocità delle onde  $P$  misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde  $S$  è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde  $P$ , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_s$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. In caso di variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale si propaga a una diversa velocità (velocità di fase) che a sua volta corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda. (Fig. 2)

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.



**Fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato. Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.**

### **3 IL METODO M.A.S.W.**

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è un'efficiente e accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio  $V_S$ .

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 fasi fondamentali:

- acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni;
- estrazione del modo fondamentale dalla curva di dispersione (grafico velocità di fase rispetto alla frequenza) delle onde superficiali di Rayleigh;
- inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle  $V_S$ .

Per ottenere un profilo  $V_S$  vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume ( $P$  e  $S$ ), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni.

Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella possibilità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali. Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico.

### **4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE**

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura AMBROGEO "ECHO12-24/2002 Sismic Unit", avente le seguenti caratteristiche:

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

- . distorsion: 0,01%
- . sampler:
  - 25 msec (191 punti)
  - 50 msec (383 punti)
  - 100 msec (756 punti)
  - 200 msec (1530 punti)
  - 400 msec (3060 punti)
  - 800 msec (6121 punti)
  - 1000 msec
- . sampling: 130 microsec
- . filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
- . digital filter low pass: 1000-50
- . digital filter high pass: 0-250
- . frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- . dynamic range: 93 dB
- . noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
- . crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- . power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è "ECHO 12-24" vers. 7.00.

L'attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spazati a 5 m, con connettori cannon, montati su rullo, geofoni "Geospace" a 4,5 Hz, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

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

- n. geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 2,00 m
- n. shots: sono state effettuate 3 rilevazioni, impiegando la massa battente, a distanze di 3,0 m, 5,0 m e 10,0 m dalla linea geofonica
- tempo di acquisizione: 1.000 msec

Il profilo è da considerare sostanzialmente orizzontale, in quanto i dislivelli massimi lungo lo stendimento sono modesti (nell'ordine del decimetro).

## **5 INTERPRETAZIONE DEI DATI**

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software winMASW versione 6.0 professional, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite il processo d'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh acquisite con la tecnica MASW. Tale programma è in grado di operare sui records in formato SGY prodotti dalla strumentazione Ambrogeo.

Il processo si articola in due fasi:

- . determinazione dello spettro di velocità dove è possibile identificare la curva di dispersione, mediante il picking riconoscendo il solo modo fondamentale o anche i modi superiori.
- . inversione della curva di dispersione mediante algoritmi genetici.

Per il processo d'inversione si procede definendo un intervallo di ricerca sia per quanto riguarda le velocità che per gli spessori, all'interno del quale il software valuta tutte le possibili soluzioni fornendo quella più rispondente al picking eseguito. Risulta evidente che la rispondenza tra modello reale del sito e quello ottenuto dal processo d'inversione risente fortemente degli intervalli impostati all'interno dei quali il software esegue la ricerca. Il modello calcolato sarà più prossimo a quello reale tante più informazioni del sito si avranno a disposizione e quindi tanto più gli intervalli di ricerca saranno stringenti.

È possibile inoltre procedere con la modellazione diretta inserendo un modello di partenza del sito e confrontando la curva sintetica calcolata dal software con quella di dispersione ottenuta dalle rilevazioni con tecnica MASW.

Nel caso in esame il *picking* della curva di dispersione è stato eseguito riconoscendo il modo fondamentale e il primo e secondo modo superiore utilizzando il grafico spettro di velocità/velocità di fase relativo allo shot con offset di 5,00 m, che è risultato con sufficiente grado di definizione. Anche gli spettri relativi agli altri shots sono risultati confrontabili con quello preso in esame.

I profili di velocità delle onde S ottenuti sono profili semplificati multistrato derivanti da parametri di partenza quali spessori e ranges di velocità. Tali parametri sono stimabili con indagini aggiuntive quali sondaggi geognostici, prove penetrometriche, indagini di sismica in foro o a rifrazione. In assenza di tali approfondimenti non è possibile ottenere il modello reale sismostratigrafico, ma sarà comunque possibile fornire un valore di  $V_{seq}$  affidabile.

Il software winMasw presenta come soluzione due modelli: il *modello migliore*, cioè quello che presenta la differenza minore tra la curva osservata e calcolata, e un *modello medio* calcolato secondo un'operazione statistica, fornendo per ciascun modello il valore di  $V_{seq}$ .

Di seguito sono riportate le velocità  $V_s$  e gli spessori dei livelli sismici costituenti i due modelli.

- secondo il MODELLO MEDIO

| strato n.     | 1   | 2   | 3   | 4   |
|---------------|-----|-----|-----|-----|
| VS (m/s):     | 287 | 361 | 565 | 707 |
| spessori (m): | 5,6 | 8   | 7,3 |     |

- secondo il MODELLO MIGLIORE:

| strato n.     | 1    | 2    | 3    | 4   |
|---------------|------|------|------|-----|
| VS (m/s):     | 283  | 356  | 567  | 748 |
| spessori (m): | 5,18 | 8,23 | 5,02 |     |

Come evidenziato dalle tabelle sopra riportate e nella colonna sismostratigrafica in allegato 1, l'indagine sismica non ha intercettato il substrato ( $V_s > 800$  m/s) entro la profondità di -30,00 m

dal p.c. di riferimento. In ottemperanza con quanto riportato nel D.M. 17 gennaio 2018 il valore della  $V_{s_{eq}}$  è quindi definito dal parametro  $V_{s_{30}}$ .

Con i dati ottenuti per la zona di indagine si ha:

- $V_{s_{30}}$  del *modello medio*: **445 m/s**
- $V_{s_{30}}$  del *modello migliore*: **456 m/s**

Per le categorie di suolo che permettono l'approccio semplificato si rimanda alla Tab. 3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018.

Per la consultazione del report si rimanda all'allegato 2 in calce.

San Miniato (PI), 25/01/2021

**Penetratio s.n.c.**

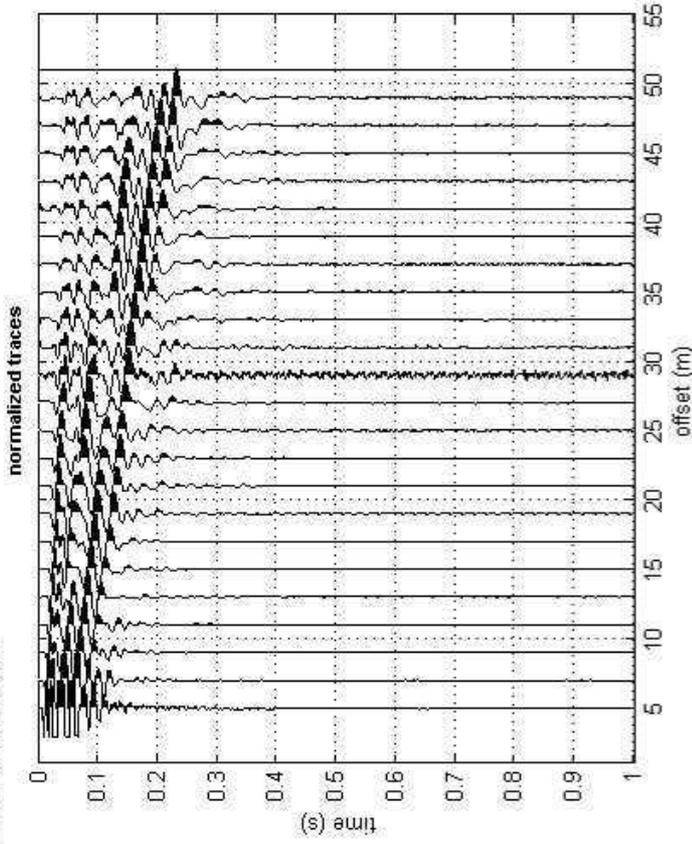
Dott. Geol. G. Lotti



***Allegato 1***

### #1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 5m.SGY  
 sampling: 0.131 ms  
 minimum offset: 5 m  
 geophone spacing: 2 m



resampling: 1

data selection:   60

filtering & spectra:

refraction:  100

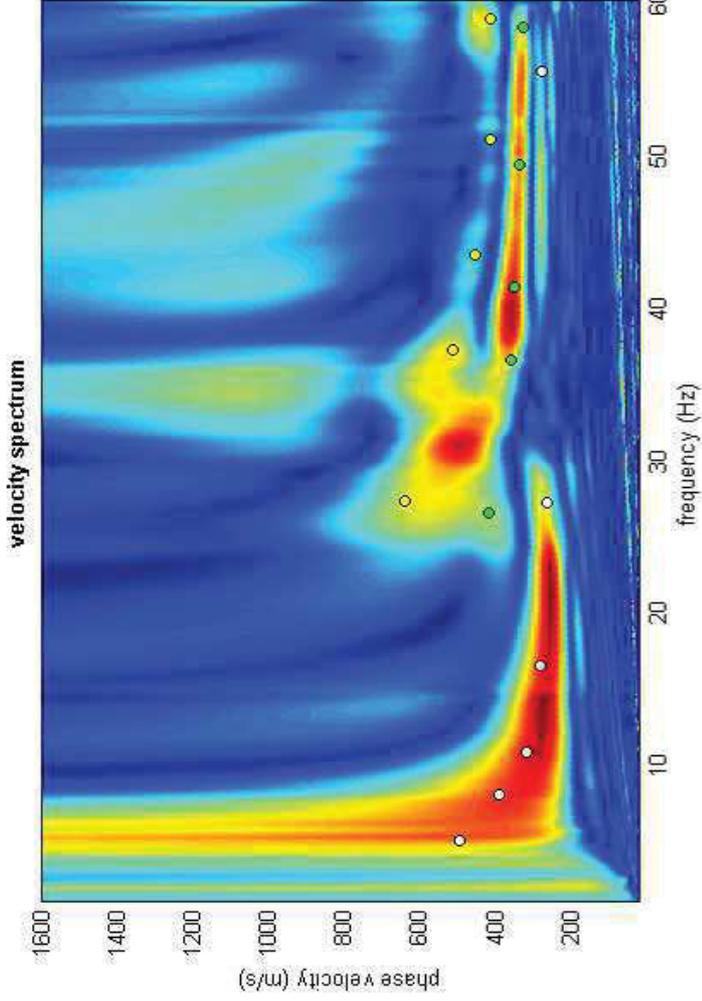
other tools & setting: 1.00215 time length to visualize (s)

### #2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW: compute velocity spectrum

phase velocity  f-k

handling the spectra



general setting:   3   Reference depth  Refraction  H/V body waves  H/V modes (SW ellipticity) 0

Vs (m/s): 100 180 260 400 600 800 1200 0

Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.3 0.2

thickness (m): 1 2 5 5 7 80 0

modelling:

synthetics:  ZVF  elastic  shows DC

visualize curves

picking

second higher

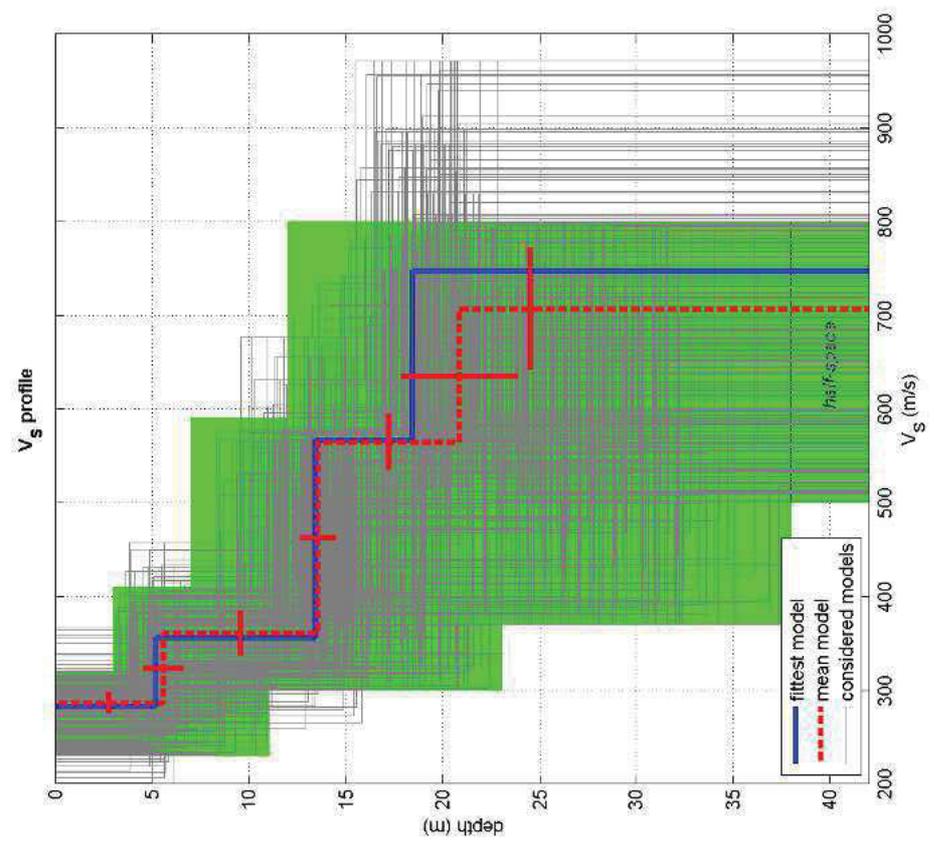
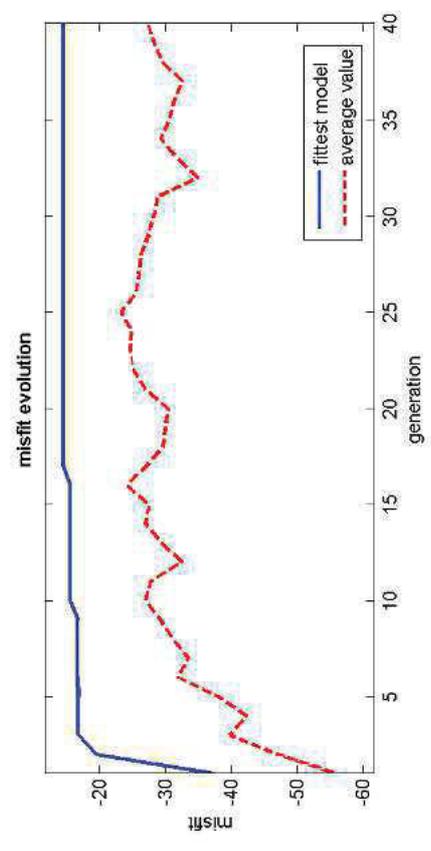
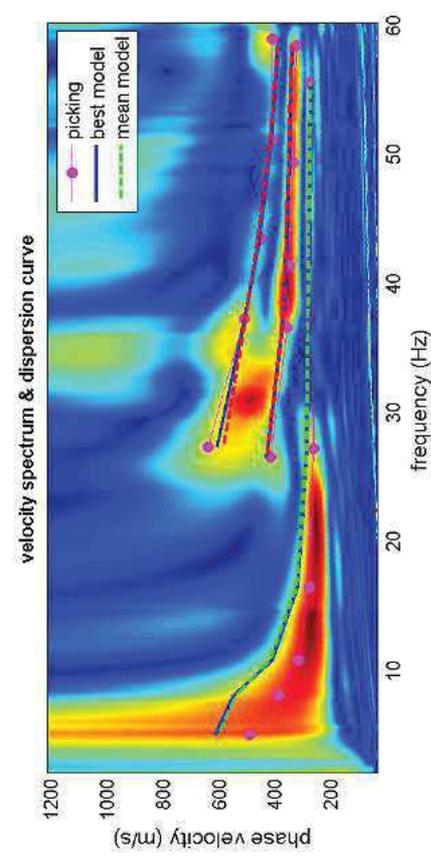
to select the last point of the considered mode click the right button

5m.cdp

inversion

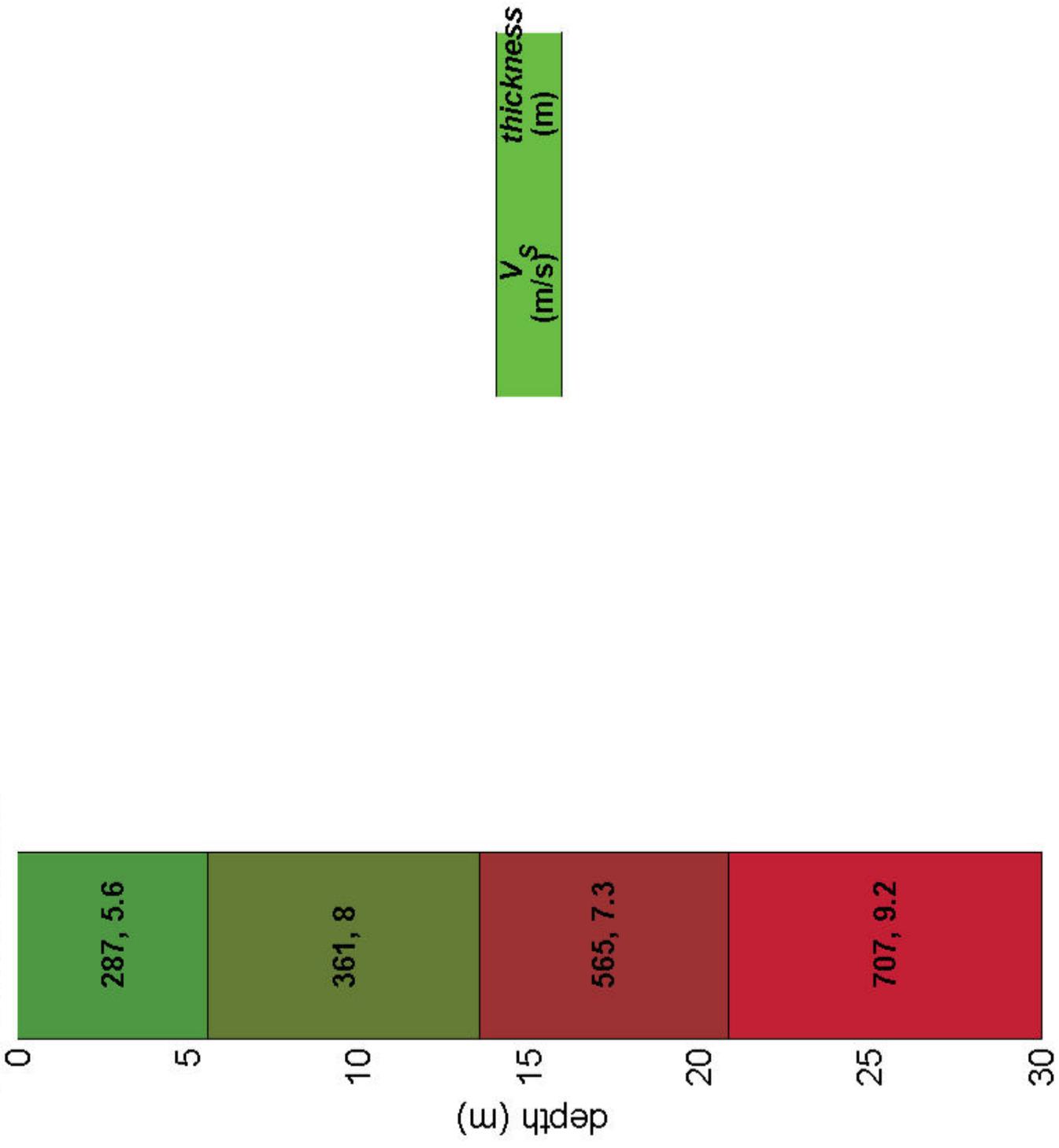
Joint DC-HV inv.





dataset: 5m.SGY  
 dispersion curve: 5m.cdp  
 $V_{s30}$  (best model): 456 m/s  
 $V_{s30}$  (mean model): 445 m/s

# Subsurface model



***Allegato 2***

## Analyzing phase velocities

==o== SECTION#1  
dataset: 5m.SGY  
minimum offset (m): 5  
geophone spacing (m): 2  
sampling (ms): 0.131  
Dispersion curve: 5m.cdp  
Number of individuals: 30  
Number of generations: 31

## Rayleigh-wave dispersion analysis

### Analyzing phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 230    3    300    4    370    5  
500  
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 320    11    410    12    590    15  
800  
Adopted Poisson values: 0.35            0.35            0.35            0.35

Output folder: C:\Users\Giuseppe\Desktop\sismiche temp\output\_disp

### ==o== SECTION#2

#### Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -56.0288  
-37.4347  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -47.1851  
-19.4407  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -39.8773  
-16.7904  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -42.4504  
-16.7904  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -38.2452  
-16.7904  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -31.9583  
-16.6821  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -33.6368  
-16.6821  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -31.2903  
-16.6821  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -29.3464  
-16.6821  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:  
-27.1436        -15.5366  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:  
-27.9309        -15.5366  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -32.559  
-15.5366  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:  
-29.5579        -15.5366

Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -27.061  
 -15.5366  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -27.718  
 -15.5366  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:  
 -24.1116 -15.5294  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:  
 -27.2056 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:  
 -29.7612 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:  
 -30.0979 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:  
 -30.5149 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:  
 -27.0235 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:  
 -25.2869 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:  
 -24.6038 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:  
 -24.9234 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:  
 -23.2171 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:  
 -25.6569 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:  
 -26.0852 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:  
 -26.4253 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:  
 -27.5707 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:  
 -28.3389 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:  
 -28.8581 -14.5414  
 Forcing search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -35.0228  
 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -31.875  
 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -29.3871  
 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -30.649  
 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -31.464  
 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -32.6961  
 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -29.6046  
 -14.5414  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -28.3985

-14.5414  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -27.4532  
-14.5414

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 283 356 567 748

Thickness (m): 5.2 8.2 5

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35

Vp & Density Optimization

p14 =

2

p15 =

16

p16 =

|        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0901 | 0.1443 | 0.1946 | 0.2970 | 0.4898 | 1.0000 |
| 0.4541 | 0.6259 | 0.7079 | 0.8454 | 1.0000 | 0      |
| 0.4630 | 0.6313 | 0.7372 | 0.8657 | 1.0000 | 0      |
| 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -15.0617  
-13.0714

Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -14.6959  
-13.0714

Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -14.7412  
-13.0714

Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -14.5283  
-13.0714

Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -14.2483  
-13.0714

Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -14.3941  
-13.0682

Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -13.6261  
-13.0092

Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -13.6485  
-13.0092

Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -14.5145  
-13.0092

Number of models considered to calculate the average model: 218

#####

RESULTS

#####

Dataset: 5m.SGY

Analyzed curve/spectrum: 5m.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s): 287 361 565 707  
Standard deviations (m/s): 11 23 29 65

Thickness (m): 5.6 8.0 7.3  
Standard deviations (m): 1.0 0.9 3.0

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 891 616 1879 2026  
Density (gr/cm3): 2.03 1.94 2.21 2.23  
Vp/Vs ratio: 3.10 1.71 3.33 2.87  
Poisson: 0.44 0.24 0.45 0.43  
Shear modulus (MPa): 167 252 705 1112  
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0

Fundamental mode

Mean model

| f(Hz)   | VR(m/s)  |
|---------|----------|
| 4.99979 | 605.1858 |
| 8.00888 | 542.2263 |
| 10.7951 | 418.1636 |
| 16.4789 | 324.586  |
| 27.1779 | 288.2602 |
| 55.4856 | 273.1241 |

First higher mode

Mean model

|         |          |
|---------|----------|
| 26.5092 | 428.9382 |
| 36.5395 | 375.1169 |
| 41.3317 | 364.2493 |
| 49.356  | 352.3259 |
| 58.3832 | 341.1729 |

Second higher mode

Mean model

|         |          |
|---------|----------|
| 27.2893 | 584.2172 |
| 37.2082 | 505.7947 |
| 43.4492 | 462.0682 |
| 51.0277 | 418.6258 |
| 58.9405 | 390.4776 |

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 283 356 567 748  
thickness (m): 5.1809 8.2371 5.0236

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

|                                       |      |      |      |      |   |   |   |   |
|---------------------------------------|------|------|------|------|---|---|---|---|
| Vp (m/s):                             | 1970 | 588  | 1671 | 1384 |   |   |   |   |
| Density (gr/cm3):                     | 2.22 | 1.93 | 2.18 | 2.13 |   |   |   |   |
| Vp/Vs ratio:                          | 6.96 | 1.65 | 2.95 | 1.85 |   |   |   |   |
| Poisson:                              | 0.49 | 0.21 | 0.43 | 0.29 |   |   |   |   |
| Shear modulus (MPa):                  | 178  | 244  | 700  | 1193 |   |   |   |   |
| Estimated static shear modulus (MPa): | 0    |      | 0    | 0    | 0 | 0 | 0 | 0 |

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

| F(Hz)   | VR(m/s)  |
|---------|----------|
| 4.99979 | 613.7866 |
| 8.00888 | 549.7416 |
| 10.7951 | 410.468  |
| 16.4789 | 319.9868 |
| 27.1779 | 287.1262 |
| 55.4856 | 271.4237 |

First higher mode)

best model

|         |          |
|---------|----------|
| 26.5092 | 431.2381 |
| 36.5395 | 374.4417 |
| 41.3317 | 362.9444 |
| 49.356  | 350.5418 |
| 58.3832 | 339.4436 |

Second higher mode)

best model

|         |          |
|---------|----------|
| 27.2893 | 607.6066 |
| 37.2082 | 508.3442 |
| 43.4492 | 457.8444 |
| 51.0277 | 414.4932 |
| 58.9405 | 388.086  |

Vs5 (mean model): 287 m/s

Vs5 (best model): 283 m/s

Vs20 (mean model): 378 m/s

Vs20 (best model): 382 m/s

Vs30 (mean model): 445 m/s

Vs30 (best model): 456 m/s

==o== SECTION#5

For Italian Users:

Dalla normativa vigente (aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, emanato con D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n°42 del 20/02/2018):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per queste cinque categorie di sottosuolo le azioni sismiche sono definite come descritto al § 3.2.3. del D.M. 17.01.2018. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale per la determinazione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder "C:\studio  
giuseppe\lavori\sismiche\output\_disp".

=====

winMASW  
Surface Waves & Beyond  
www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 218  
Vs5 for the best model: 283  
Vs30 for the best model: 456  
Analyzing phase velocities

Elapsed time is 36.248113 seconds.

***Allegato 3***

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



***S.E. Terna - Manciano***

**COMUNE DI MANCIANO**  
**Loc. Montauto**

**INDAGINE MASW**

**Committente: Idrogeo Service**

**Ottobre 2020**

## **COMUNE DI MANCIANO**

**Loc. Montauto**

### **INDAGINE GEOFISICA MASW**

#### **1. PREMESSA**

Su incarico della Soc. Idrogeo Service, la Gamma Geoservizi S.r.l. ha condotto un'indagine geofisica in un'area in loc. Montauto nel comune di Manciano (Gr).

Sull'area è stato realizzato uno stendimento di sismica sul quale sono stati acquisiti segnali per la definizione della  $V_{s30}$  e della  $V_{s\text{ equ}}$  con metodologia di analisi MASW (vedi **Figura 1**).



**Figura 1:** Ubicazione foto aerea.

## 2. INDAGINE MASW

L'indagine eseguita è articolata in:

-Realizzazione di n° 1 stendimento sismico dove sono stati acquisiti i segnali delle onde superficiali per la definizione del profilo di Vs30 e della  $V_{s\text{equ}}$  con prospezione MASW con passo intergeofonico di 1 m. Per la realizzazione dello stendimento (vedi **Figura 2**) infatti si è tenuto conto delle finalità dell'indagine e delle condizioni logistiche dell'area (spazio disponibile e fattibilità dello stendimento).



**Figura 2:** Documentazione fotografica indagine geofisica\_MASW 2.

L'array dello stendimento presentano le seguenti caratteristiche:

- Lunghezza stendimento 12 m
- distanza intergeofonica di metri 1 m
- n. geofoni = 12

## 3. STRUMENTAZIONE E PROGRAMMI DI ELABORAZIONE

La strumentazione utilizzata per realizzare la campagna geofisica è costituita da:

- Sismografo PASI Mod. 16SG24 a 24 canali con convertitore analogico-digitale a 24 Bit;
- Un sistema di amplificatori e filtri multicanale per migliorare il rapporto segnale/rumore;
- Cavi di collegamento della strumentazione schermati con attacchi ogni 7 m;
- 24 rilevatori di movimento del terreno (geofoni) per le onde P;
- Rotelle metriche metalliche utilizzate per posizionare i geofoni alle distanze prestabilite e per localizzare le distanze dei vari scoppi;
- Sorgente di energia costituita da una mazza di battuta kg 8 che batte su una piastra collegata al trigger del sismografo, che ci consente di aumentare il rapporto segnale / rumore sommando più battute;
- Piattello di battuta in alluminio.

#### 4. ANALISI MASW

Sull'area di studio è stata realizzata n°1 indagine sismica con acquisizione in tecnica MASW, finalizzata alla stima della velocità di propagazione delle onde sismiche nei primi 30 m di suolo ( $V_{s30}$ ) sul sito di indagine ed al valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  (in m/s).

Nelle prospezioni eseguite è stato realizzato uno stendimento a 12 geofoni da 4,5 Hz con distanza intergeofonica di 1,0 metri.

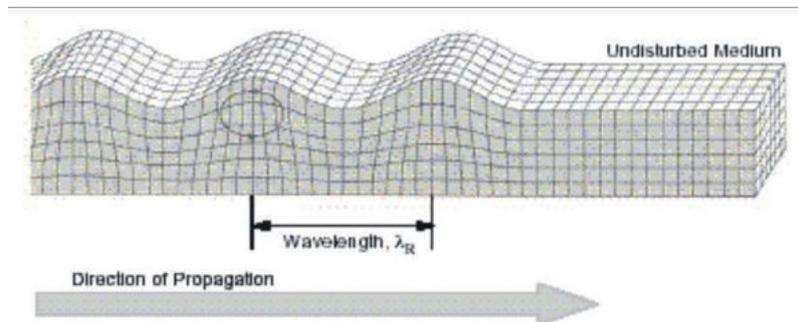
L'utilizzo di geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz) serve a caratterizzare in profondità per evitare eccessivo abbattimento delle ampiezze.

Sono state realizzate acquisizioni con punti di energizzazione posti a distanze diverse seguendo un criterio geometrico; le acquisizioni sono state realizzate sia sul lato sinistro dello stendimento sismico (esterne al geofono 1) che sul lato destro (esterne al geofono 24) con tecnica stacking per sommare algebricamente i segnali ottenuti cercando di rendere in tal modo la potenza del segnale superiore a quella del rumore di fondo.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), è una tecnica di indagine non invasiva, che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi geofoni (in questa prospezione sono stati utilizzati 12 geofoni da 4,5 Hz) posti sulla superficie del suolo.

Durante l'indagine sono stati acquisiti ed analizzati i segnali relativi alle onde di Rayleigh.

Il contributo predominante delle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh (descritta in **Figura 3**), la cui velocità è strettamente correlata con la rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.



**Figura 3:** Onda di Rayleigh sulla superficie libera di un semispazio omogeneo.

La natura dispersiva delle onde superficiali implica che onde ad alta frequenza, quindi con lunghezza d'onda ridotta, si propagano negli strati più superficiali e danno di conseguenza informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo; viceversa onde con bassa frequenza, si propagano in strati a maggior profondità di cui forniranno le relative informazioni sulle velocità di propagazione a tali profondità.

L'elaborazione dei dati è stata implementata attraverso l'analisi congiunta delle onde di Rayleigh e di Love con l'ausilio del programma win MASW Academy 2018.

Il metodo d'interpretazione si sviluppa in due fasi:

- Determinazione degli spettri di velocità sui quali valutare un modello di riferimento attraverso la modellazione diretta per la generazione ed il calcolo dei sismogrammi sintetici;
- Inversione dello spettro di velocità attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

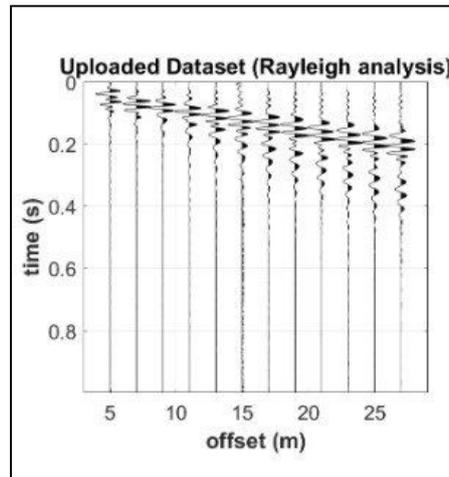
#### 4.1 ANALISI E RISULTATI CONSEGUITI

##### *Fase 1 - Determinazione dello spettro di velocità.*

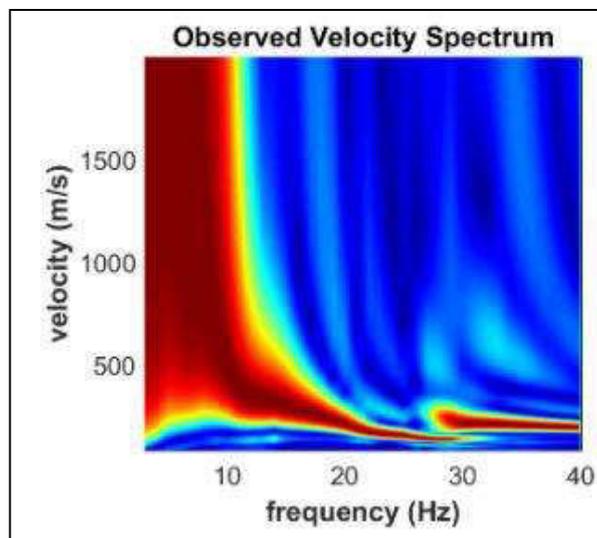
In prima analisi sono stati studiati tutti i dataset di campagna per verificare la qualità delle tracce e degli spettri risultanti (riportati nelle **Figure 4 e 5**). Dopo questa prima fase di

“scrematura”, abbiamo elaborato i segnali della componente radiale delle Onde di Rayleigh ed ottenuto gli spettri corrispondenti.

**MASW 2**



**Figura 4:** Tracce del segnale acquisito, onde Rayleigh componente radiale **MASW 2**.



**Figura 5:** Spettro di coerenza, onde Rayleigh componente radiale **MASW 2**.

## Fase 2 - Inversione attraverso il metodo FVS

Una volta definito lo spettro si è proceduto alla fase di inversione settando i parametri richiesti dal software per lo sviluppo dei modelli attraverso gli algoritmi genetici.

A questo punto, lo spettro di dispersione deve essere confrontato con quello relativo ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra i due, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associato uno spettro sintetico approssimativamente coincidente con lo spettro sperimentale. Questa delicata fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione.

In questo caso abbiamo fatto un'inversione congiunta gli spettri ottenuti con le onde Rayleigh.

Al termine delle operazioni di calcolo descritte, si ottiene un modello del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  nei primi 30 metri di sottosuolo.

Di seguito si riporta l'output delle varie fasi di interpretazione dei dati di campagna (**Figura 6**), utilizzando il software winMASW academy 2018.

### MASW 2

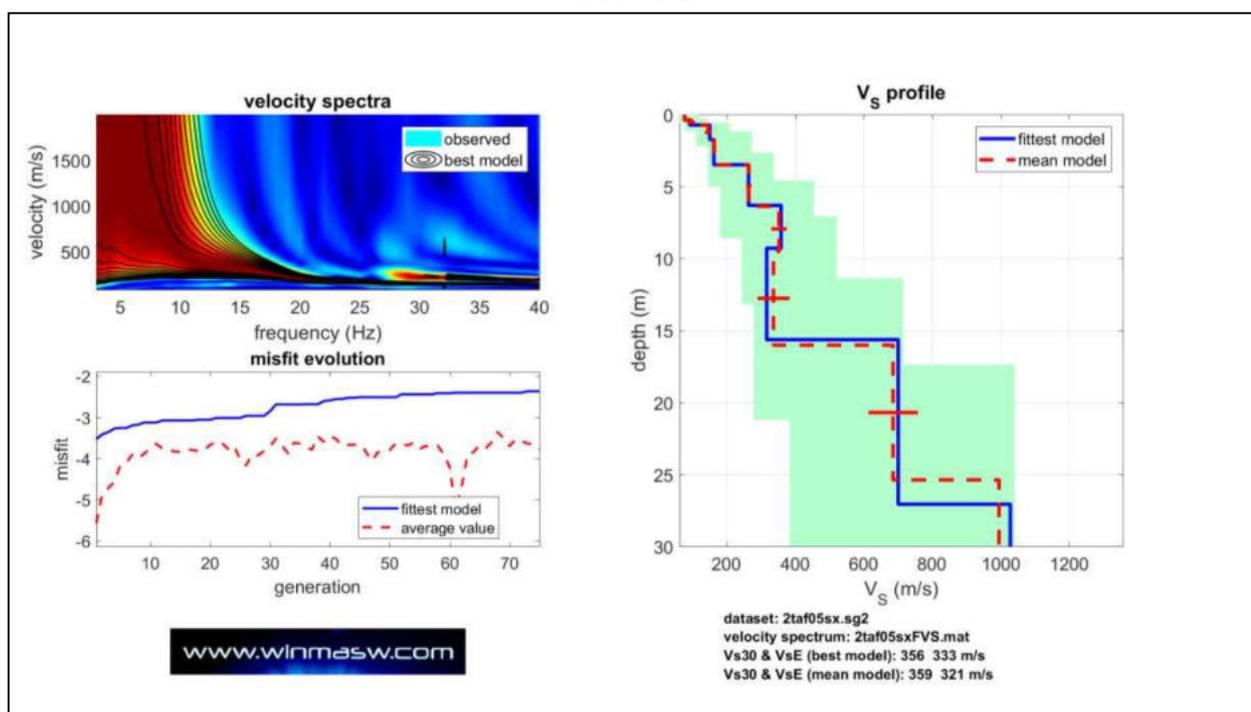


Figura 6: Risultati elaborazione MASW 2.

Modello migliore MASW 2

Vs (m/s): 78, 93, 151, 163, 264, 359, 317, 701, 1028, 1183, 1927, 2977

Thickness (m): 0.4, 0.4, 1.0, 1.7, 2.8, 3.0, 6.4, 11.4, 52.9, 107.2, 189.8

Vp (m/s): 327, 169, 1952, 786, 566, 705, 937, 1681, 1749, 1844, 3003, 4640

Poisson: 0.47 0.28 0.50 0.48 0.36 0.32 0.44 0.39 0.24 0.15 0.15 0.15

| Vs E ricavata dalla MASW | velocità  | categoria suolo |
|--------------------------|-----------|-----------------|
|                          | 321 m/sec | C               |

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h<sub>i</sub> spessore dell'i-esimo strato;

V<sub>S,i</sub> velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V<sub>S,eq</sub> è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

*A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*

*B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

*C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

*D: Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.*

*E: Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*