



loc. Morge

**REALIZZAZIONE E GESTIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
 DELLA POTENZA NOMINALE DI 53.69 MW CON RELATIVE  
 OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE**

PROPONENTE	<p>soc. ARAN 1 srl          via Fratelli Ruspoli 8 00198 Roma</p>	
PROGETTISTA		

OGGETTO	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <hr/> <p><b>RELAZIONE GEOLOGICA</b></p>		data	marzo 2023
			scala	
			format	A4
			elaborato	<b>L_1.1</b>

# INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. PIANO DELLE INDAGINI.....	4
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.....	7
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE .....	10
5.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO .....	11
5.2. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI DEL SITO.....	13
6. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO.....	15
7. INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO NEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO .....	17
8. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA - § 6.2.2 D.M. 17.01.2018.	19
8.1 INDAGINI E PROVE GEOTECNICHE.....	19
8.2. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH) .....	19
8.3. METODOLOGIA DI ELABORAZIONE DEI DATI PENETROMETRICI.....	22
8.4 CAMPIONAMENTO DEL TERRENO .....	23
8.5 PROVE DI LABORATORIO SULLE TERRE .....	23
9. MODELLO GEOTECNICO DEL VOLUME SIGNIFICATIVO .....	25
9.1 VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEL VOLUME SIGNIFICATIVO.....	26
10. MODELLAZIONE SISMICA E PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO .....	27
10.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA REGIONALE.....	27
10.2. CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE - § 3.2.2 D.M. 17.01.2018. ....	29
11 COMPATIBILITÀ GEOLOGICA CON LE NORME DEL PSAI .....	33
12 FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO E CONCLUSIONI .....	35

## **FUORI TESTO**

**ALLEGATO I** - Stralcio I.G.M.                      Scala 1:25000  
Aereofotogrammetria Scala 1:5000  
Stralcio Catastale

**ALLEGATO II** - Planimetria con l'ubicazione delle indagini  
Parametri geotecnici dei terreni

**ALLEGATO III** –Prospezione Sismica MASW

**ALLEGATO IV** - Analisi geotecniche di laboratorio

## 1. PREMESSA

Lo scrivente **Dr. Geol. Antonio Senese**, iscritto all'ordine dei Geologi della Campania con n° 1886, ha redatto la presente RELAZIONE GEOLOGICA per la **realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 53.69 MW con relative opere di connessione alla rete elettrica nazionale (RTN)** in località Morge del Comune di Furci (CH).

Il sito di installazione dell'impianto è censito al N.C.T. ai fogli di seguito elencati:

- foglio 13 particelle 81, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 37, 38, 39, 40, 21,27, 57, 58 e 59;
- foglio 15 particelle 5, 21, 111, 1, 102, 107, 109, 123, 2, 23, 3, 32, 33, 4, 46, 18, 128, 11, 19, 127, 110, 126, 12, 13, 14, 17, 103, 119, 120, 4083, 4084, 4085, 4086, 54, 116, 117, 115, 57 , per un'estensione complessiva dell'area impegnata pari a ha 64.03.30 ha.

In questa relazione saranno riportati i risultati delle indagini geologiche e geotecniche eseguite per definire:

- ❖ *il modello geologico di riferimento;*
- ❖ *lo schema geologico di dettaglio alla scala dell'opera;*
- ❖ *il modello geotecnico del volume significativo;*
- ❖ *la verifica di sicurezza agli stati limiti;*
- ❖ *la "pericolosità sismica di base" del sito in funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche.*

## 2. PIANO DELLE INDAGINI

Per la realizzazione di tale lavoro sono stati preliminarmente raccolti i dati bibliografici e quelli relativi a vari sondaggi geognostici già realizzati nell'area prossima a quella di realizzazione dell'opera, integrati con un rilevamento geologico e geomorfologico dell'area.

In particolare il presente studio si è basato:

- *sui dati rilevati durante vari sopralluoghi eseguiti sull'area d'intervento e su un suo intorno significativo;*
- *sulla consultazione di cartografie geologiche e geomorfologiche specifiche riguardanti l'area in esame;*
- *su pubblicazioni scientifiche e dati bibliografici;*
- *su un'indagine geognostica in situ che consta di n°8 Prove Penetrometriche dinamiche (DPSH);*
- *n° 4 analisi di laboratorio su campioni di terreno;*
- *sull'esecuzione n° 4 indagini sismiche, attive, tipo MASW, per la valutazione della  $V_{s30}$ .*

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

#### LEGISLAZIONE NAZIONALE

- ❖ **Legge n° 64 del 2 febbraio 1974** - *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.*
  
- ❖ **Decreto del ministro dei lavori pubblici del 11 Marzo 1988** - *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.*
  
- ❖ **Circolare del ministro dei lavori pubblici n° 30483 del 24 Settembre 1988** – *Norme tecniche per terreni e fondazioni Istruzioni per l'applicazione.*
  
- ❖ **Ministero dei Lavori Pubblici - Circolare 9 gennaio 1996, n. 218/24/3** - *Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.*
  
- ❖ **Ministero dei Lavori Pubblici - Decreto 11 gennaio 1996,** - *Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.*
  
- ❖ **Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003** - *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.*

- ❖ **D.M. 17 gennaio 2018** *Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
  
- ❖ **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** *Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*

### LEGISLAZIONE REGIONALE

- ❖ **L.R. 26 Ottobre 1992 N°93** *"Norme per lo snellimento di procedure per gli interventi di costruzione riparazione, sopraelevazione e ampliamento nelle zone dichiarate sismiche ai sensi della legge 2 febbraio 1974, n.64."*
  
- ❖ **nella L.R. 28/2011** *Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche entrata in vigore, dopo proroga, il 01.02.2012.*
  
- ❖ **L.R. 3 giugno 2020, n. 11** *Modifiche e integrazioni alla legge regionale 11 agosto 2011, n. 28 (Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche).*
  
- ❖ **D. P.G.R. ABRUZZO 11/08/2020, N. 4/REG.** *Modifica al regolamento 30 dicembre 2016, n. 3 (Regolamento attuativo della legge regionale 11 agosto 2011, n. 28 (Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche)).*

## 4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Il sito di installazione dell'impianto è localizzato nel comune di Furci (Ch) località "Morge" ed è censito al N.C.T. al foglio di seguito elencato:

- foglio 13 particelle 81, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 37, 38, 39, 40, 21, 57, 58 e 59;
- foglio 12 particella 27;
- foglio 15 particelle 5, 21, 111, 1, 102, 107, 109, 123, 2, 23, 3, 32, 33, 4, 46, 18, 128, 11, 19, 127, 110, 126, 12, 13, 14, 17, 103, 119, 120, 4081, per un'estensione complessiva dell'area impegnata pari a ha 66.70.00 ha.

Il terreno scelto per la realizzazione dell'impianto risulta essere:

- ✓ con lievissime pendenze condizione che garantisce una ottima esposizione solare durante tutto l'arco della giornata;
- ✓ accessibile dal punto di vista viario attraverso la strada provinciale SP 212 che lo costeggia;
- ✓ privo di vincoli fisici ed ostacoli che possano compromettere l'insolazione del campo fotovoltaico;
- ✓ distante circa 9 km dal centro abitato del comune di Furci.

Il sito risulta classificato, in base al piano regolatore generale del comune di Furci, come Zona "E" - Agricola.

L'impianto, della potenza di 55,5 MW in corrente continua, costituito da un sistema di pannelli fotovoltaici disposti a stringhe e da un sistema di vie d'accesso e comunicazione interne (su dette strade verranno interrati anche i cavidotti interni).

L'intero perimetro del sito, verrà delimitato da una barriera alberata e da vegetazione autoctona lungo una fascia di 5 metri appositamente creata per non disporre le stringhe a ridosso del perimetro dello stesso.

L'impianto è costituito da moduli disposti su più file parallele di inseguitori solari monoassiali distanziate tra loro in modo tale da non creare mutui ombreggiamenti tra le file e da consentire una facile manutenzione.

I moduli fotovoltaici scelti per l'intero parco fotovoltaico sono della ditta "Risen" modello RSM 150-8-495M e sono composti da celle in silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 25 anni senza degrado significativo delle prestazioni.

Il parco fotovoltaico sarà realizzato a terra con l'utilizzo di strutture di sostegno portanti a telaio in metallo, specifiche per la realizzazione di grandi impianti fotovoltaici in campo aperto. Il telaio è composto da elementi di sostegno, mentre il collegamento delle strutture avviene con profilati in alluminio estruso o acciaio zincato sulle quali vengono fissate (imbullonate) le guide, anch'esse in alluminio estruso, su cui verranno fissati i moduli fotovoltaici dotati di telaio proprio. Ogni telaio è ideato per ospitare un numero massimo di pannelli, affiancati disposti su una fila. Al fine di migliorare l'efficienza energetica del parco fotovoltaico e dunque massimizzare la produzione di energie.

L'installazione dei pannelli, come precedentemente indicati, avviene senza eseguire alcun tipo di scavo, consentendo una semplificazione nella posa in opera dell'impianto.

Le opere civili necessarie per l'installazione dell'impianto riguardano:

- o Sistemazione e livellamento delle aree nonché la realizzazione di pista perimetrale;

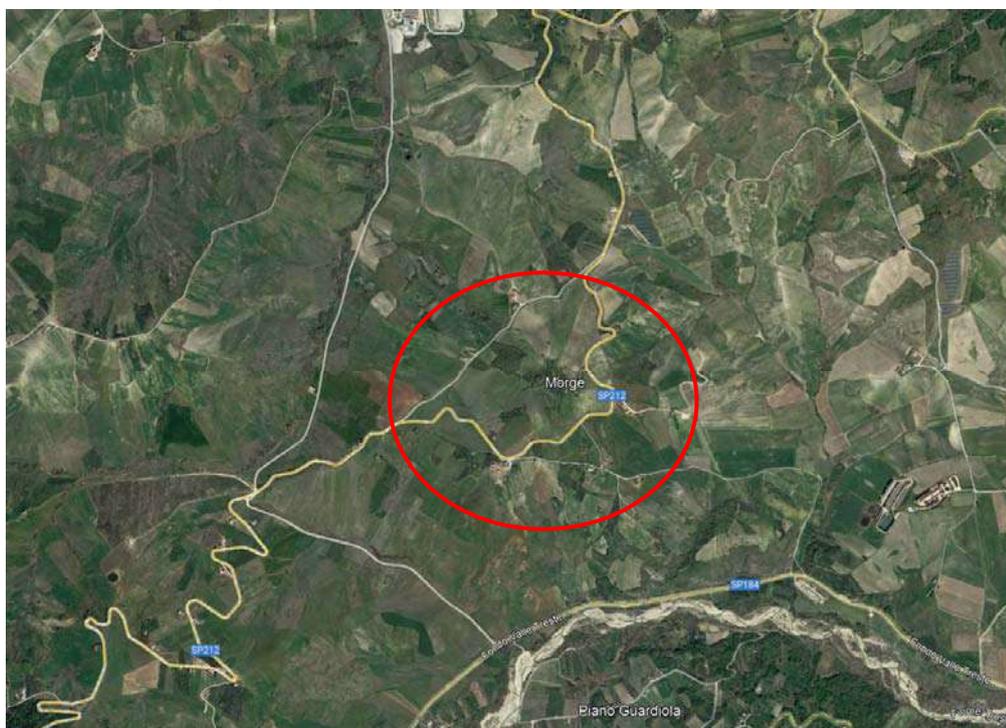
- Posa in opera di fondazioni per le cabine elettriche di sottocampo e cabina generale di impianto;
- Posa in opera di recinzione perimetrale ed accessi;
- Realizzazione di opere minori di regimentazione idraulica superficiale all'interno del campo e lungo la rete di connessione;
- Installazione di un impianto di illuminazione;
- Installazione di un impianto di videosorveglianza;
- Realizzazione di cavidotti interrati all'interno del campo fotovoltaico;
- Opere di rinverdimento, piantumazione ed adeguamento ambientale.

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area in esame (**Fig. 1**) è inquadrata nella seguente cartografia:

- ☞ Tavola I.G.M. n° 148 "Sez III Cupello" in scala al 25000;
- ☞ foglio, in scala 1:100000 n° 148 "Vasto" della carta geologica d'Italia.
- ☞ carta geologica del Molise foglio, in scala 1:100000.

Dal punto di vista geologico, come si evince dalla Carta Geolitologica allegata, tale zona fa parte del versante sinistro del F. Treste che, nel tratto in studio incide i terreni pelitico-fliscioidi del Terziario e allineandosi alle strutture tettoniche principali, formate da larghe dorsali costituite da rigide successioni calcareo-marnose e/o marnoso-arenacee.



**Fig 1 – Area di realizzazione dell'impianto. Immagine Google Earth**

La costituzione geologica della zona è caratterizzata da una potente successione alloctona oligo-miocenica in ricoprimento tettonico su terreni autoc-

toni del Pliocene (Selli, 1962), che comprende, dal basso verso l'alto, le Argille Varicolori, la Formazione di Tufillo e la Formazione di Agnone.

Le Argille Varicolori (noti in letteratura anche come Argille scagliose, Argille variegate, Terreni caotici, Complesso Caotico, ecc.) rappresentano l'unità più antica affiorante e sono costituite prevalentemente da sedimenti pelitici di mare profondo con intercalazioni di strati lapidei che testimoniano un ridotto e intermittente apporto torbido.

La parte pelitica è formata da sottili alternanze di argilliti variegata con colori che vanno dal rosso mattone al verde e grigio, interessate da fenomeni di deformazione tettonica quali stiramento, laminazione e strutture scistose fino a microscagliose.

## 5.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

L'area direttamente interessata dal progetto ricade all'interno di un sistema geologico caratterizzato dall'affioramento di una successione marina caratterizzata da calcareniti e sabbie organogene giallastre passanti verso l'alto ad argille marnose azzurre (affioranti in loc. Morge) in alternanza a sabbie argillose giallastre (Pliocene medio-inferiore).

Con riferimento alla carta geologica allegata (fig. 3) i terreni affioranti nell'area sono di tipo argilloso e sono costituiti da argille ed argille siltose che si alternano ad argille marnose grigioazzurre, silt e sabbie fini di colore grigio scuro. Questa formazione costituisce buona parte dei rilievi collinari, a luoghi si presenta obliterata da coperture discontinue di depositi alluvionali ciottoloso-sabbiosi pleistocenici.

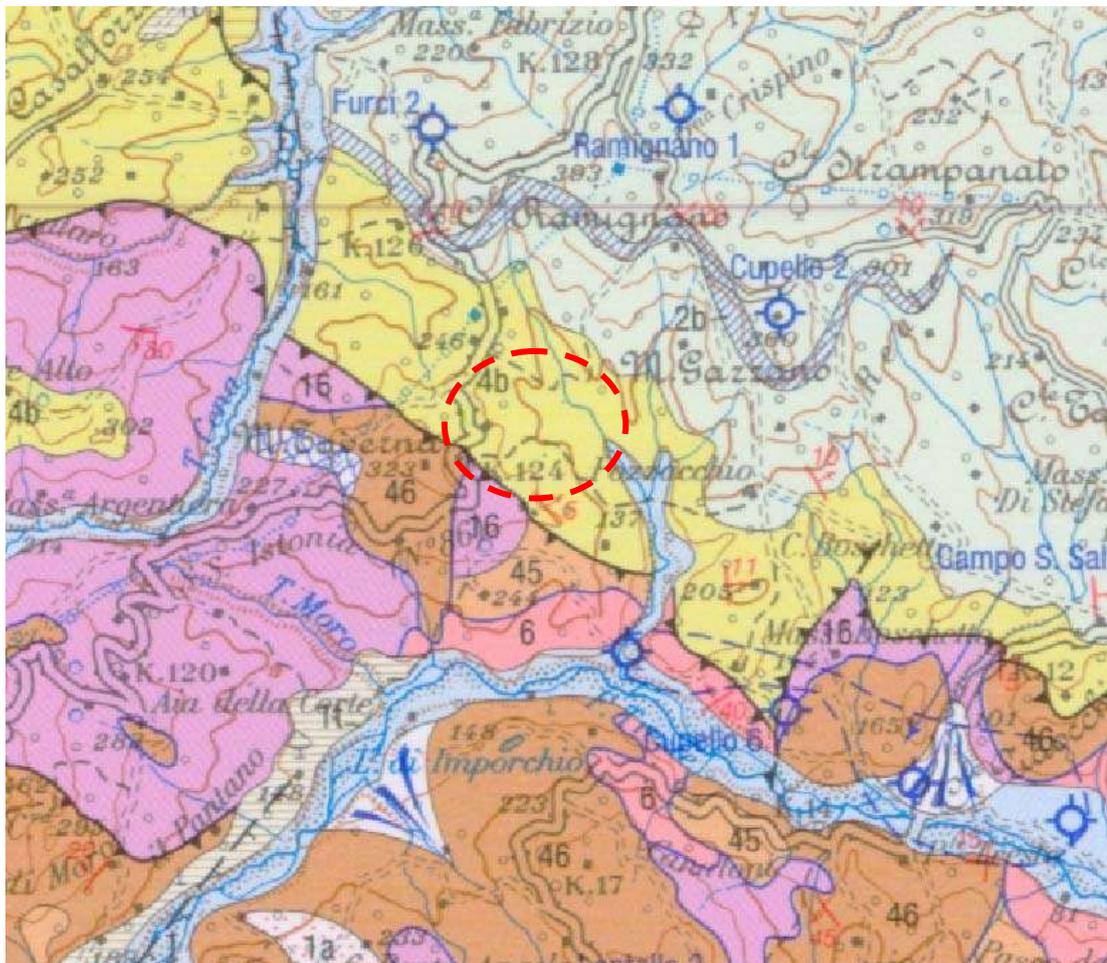
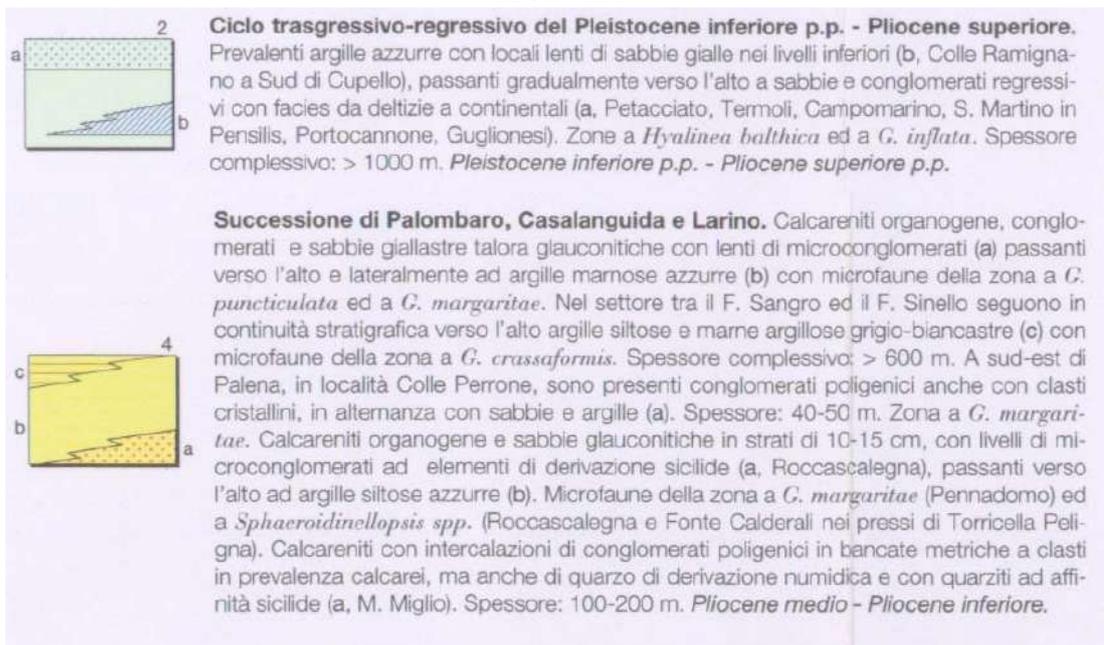
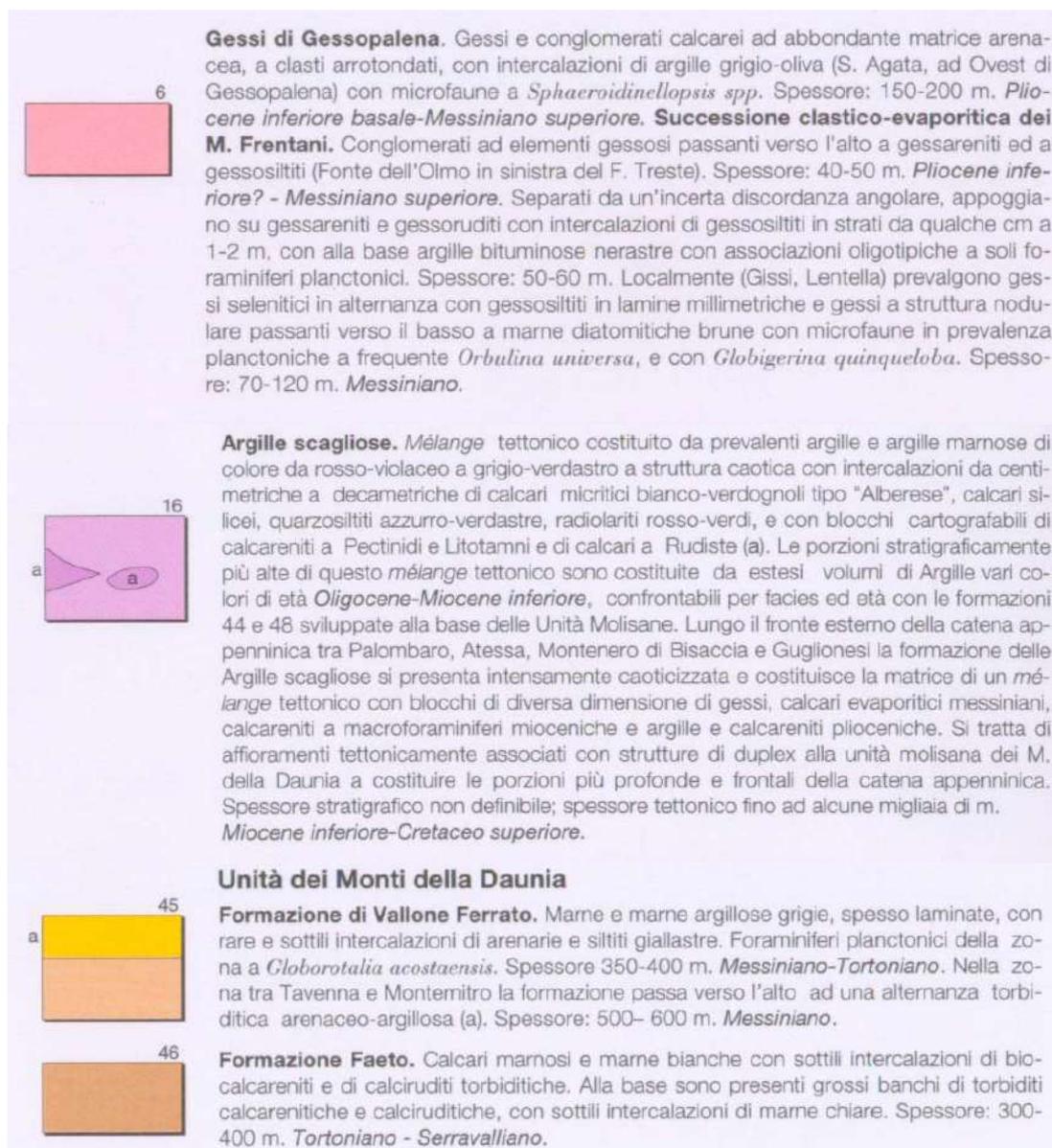


Fig. 3—Estratto della carta geologica del Molise scala 1:100000

LEGENDA





## 5.2. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI DEL SITO

La geomorfologia è tipica dei rilievi collinari argillosi e marnosi, con forme arrotondate e pendenze medie dei versanti, interrotti localmente da processi erosivi che si manifestano attraverso lo sviluppo di fossi di erosione più o meno evoluti che costituiscono il reticolo idrografico locale.

Le forme del terreno sono espressione della natura litologica del substrato; infatti, forme più aspre si modellano su terreni più resistenti (litotipi calcarei), mentre forme più dolci si instaurano dove affiorano litotipi argillosi.

I litotipi a prevalente composizione argillosa manifestano una maggiore vulnerabilità all'azione erosiva, soprattutto a quella di tipo lineare, con sviluppo di fossi di erosione a diverso grado di evoluzione (rill e gully) che costituiscono la rete di drenaggio superficiale.

Tali formazioni manifestano una elevata sensibilità in presenza di acqua: infatti, le molecole di acqua riescono ad interferire lungo i piani di stratificazione che caratterizzano la struttura dei minerali argillosi, con conseguente riduzione delle forze attrattive coesive tra i singoli strati che determina lo scivolamento tra gli stessi.

Particolare instabilità si localizza in corrispondenza di depositi eluvio-colluviali alterati: la presenza di coltri di alterazione di spessore variabile anche dell'ordine di 2 – 4 mt può dar luogo a locali fenomeni di plasticizzazione del suolo, che possono determinare movimenti superficiali di tipo soliflusso, distinti da una lenta velocità di deformazione legata funzionalmente dal contenuto di acqua nell'ammasso alterato. Pertanto, la regimazione delle acque piovane e di infiltrazione assume una funzione determinante nella stabilizzazione del versante stesso.

Dai sopralluoghi effettuali e dalla cartografia disponibile si evidenzia che le aree di installazione dei pannelli non rientrano nella perimetrazione PAI (*cf. par. 7 fig. 4*).

## 6. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

Come già sopra accennato, in generale, l'intera zona è caratterizzata da una rete idrografica superficiale scarsamente sviluppata, trattasi di fossi scavati dai fenomeni di erosione superficiale delle acque meteoriche che incidono e scavano i terreni di natura argillosa. Le linee di impluvio con direzione di sviluppo all'incirca S-N talvolta alquanto incise, tanto da diventare sede della rete idrografica secondaria che drena verso il Fiume Treste.

Il regime idraulico del fiume Treste è di tipo torrentizio, poiché non si rinvergono sorgenti, i deflussi sono concentrati nel periodo autunno-inverno.

Le precipitazioni medie annue ricadenti all'interno di tutto il bacino risultano di notevole entità se confrontate alle medie ricadenti in tutta la regione Molise, mentre sono di modesta entità se considerate con quelle delle regioni confinanti.

Le caratteristiche idrogeologiche delle litologie presenti nell'area parco sono riferibili al Complesso argilloso non sono uniformi in quanto riconducibili alla diversa composizione granulometrica, porosità, grado di consistenza/addensamento e cementazione che le caratterizzano; ne consegue che il grado di permeabilità è variabile.

Nelle linee generali, però, le litologie presenti non favoriscono la circolazione idrica.

In merito al grado di permeabilità dei diversi litotipi presenti possono essere così suddivisi in base al grado e tipo di permeabilità:

- Terreni praticamente impermeabili. Sono i terreni argillosi e limo

argillosi appartenenti alla Formazione delle Argille Subappennine. Queste presentano una lieve permeabilità nella parte alta della formazione per porosità, ove risultano più alterate e con presenza di sottili livelli sabbiosi.

## 7. INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO NEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Nella valutazione globale delle opere da realizzare è opportuno nonché necessario verificare quale è il rapporto esistente fra l'area in studio ed il Piano di Bacino per l'assetto idrogeologico, realizzato dalla *ex AdB interregionale dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore* che è finalizzato alla individuazione delle aree di rischio ed al successivo miglioramento delle condizioni del regime idraulico e della stabilità geomorfologica, con lo scopo finale della riduzione dei livelli di pericolosità rilevati sul territorio, consentendo anche uno sviluppo sostenibile del territorio rispetto agli assesti naturali ed alla loro tendenza evolutiva.

Dall'analisi del PAI (Fig. 4) si evince che l'area oggetto dell'intervento non è sottoposta ad alcun vincolo idrogeologico quanto concerne la pericolosità geomorfologica.



*Autorità di Bacino  
dei Fiumi  
Trigno, Biferno e Minori, Luccione e Forlere*



**PIANO STRALCIO DI BACINO  
PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO  
DEL FIUME TRIGNO**

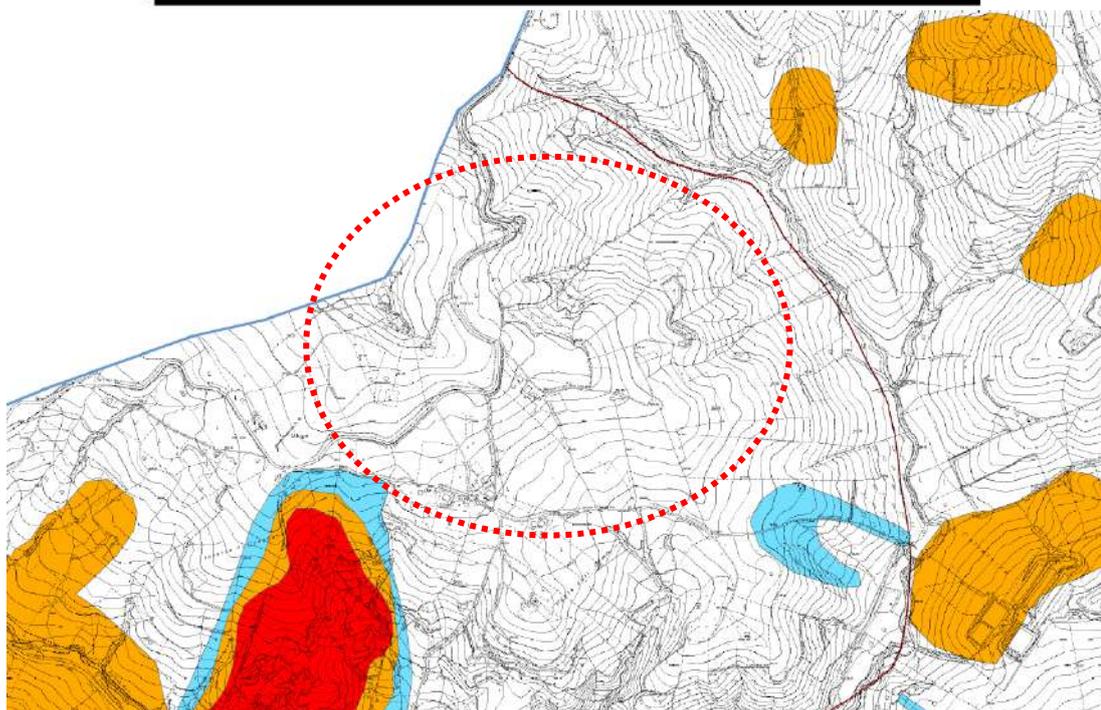


Figura 4 - Stralcio carta di Pericolosità Geomorfologica

**CARTA DELLA  
PERICOLOSITA'  
DA FRANA E DA VALANGA**



## 8. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA - § 6.2.2 D.M. 17.01.2018.

Lo studio geologico tiene conto di quanto previsto nel par. 6.2.2. del D.M 17.01.2018 (INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA), che recita: *“Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo .....Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.....”*

### 8.1 INDAGINI E PROVE GEOTECNICHE

La ricostruzione della stratigrafia locale, la determinazione dei parametri sismici e per la caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il volume significativo è stata realizzata una campagna d'indagini costituita da:

- n° 8 Prove Penetrometriche dinamiche (DPSH);
- n° 4 analisi di laboratorio su campioni di terreno;
- n° 4 indagini sismiche, attive, tipo MASW, per la valutazione della  $V_{s30}$ .

Le analisi geotecniche sul campione sono state effettuate dal laboratorio certificato “PLP.” con sede in via Cutinelli n° 121 del Comune di Baronissi (sa).

### 8.2. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH)

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una

punta conica misurando il numero di colpi N necessari all'avanzamento per tratti da 20 cm.. Per l'esatta ubicazione della prova si rimanda allo stralcio cartografico riportato in **allegato II**.

L'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.

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici, quello utilizzato nelle prove eseguite è il tipo SUPERPESANTE (DPSH) *tipo emilia* avente le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO  
DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso del maglio	63.5 kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Lunghezza aste	100 cm
Peso delle aste	6.31 kg
Angolo punta conica	90°
Diametro	50.5 mm
Numero colpi per punta	N(20)
Area base cono	20 cm <sup>2</sup>



FOTO 1 - ESECUZIONE PROVA DPSH 1



FOTO 2 - ESECUZIONE PROVA DPSH 2



FOTO 3 - ESECUZIONE PROVA DPSH 3



FOTO 4 - ESECUZIONE PROVA DPSH 4



FOTO 5 - ESECUZIONE PROVA DPSH 5



FOTO 6 - ESECUZIONE PROVA DPSH 6



FOTO 7 - ESECUZIONE PROVA DPSH 7



FOTO 8 - ESECUZIONE PROVA DPSH 8

### 8.3. METODOLOGIA DI ELABORAZIONE DEI DATI PENETROMETRICI

L'elaborazione è stata effettuata mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software.

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

Dai dati ottenuti dalle prove penetrometriche sono stati estrapolati utili informazioni geotecniche e geologiche, ovvero:

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

Le prove hanno evidenziato che nel sito sono presenti i seguenti livelli stratigrafici:

- \* limo argilloso sabbioso moderatamente consistente con uno spessore variabile da 1,80 metri a 5,00 metri. Al di sotto di tale livello si rinviene:
- \* argilla sabbiosa grigia molto consistente.

La stima dei parametri geomeccanici dei terreni, riportati **nell'allegato II**, sono stati determinati elaborando la prova mediante il programma di calcolo "DYNAMIC PROBING 2022" della GeoStrù Software con regolare licenza d'uso.

#### 8.4 CAMPIONAMENTO DEL TERRENO

Sono stati prelevati n° 4 campioni indisturbati di terreno fra le quote di – 1,5 e –2,0 metri;

- nel punto della prova DPSH 1;
- nel punto della prova DPSH 4;
- nel punto della prova DPSH 5;
- nel punto della prova DPSH 7.

La campionatura è avvenuta mediante campionatore a pareti sottili (Shelby tube), consistente in una fustella d'acciaio (standardizzata ASTM D1587-67) che viene infissa nel terreno a pressione.

#### 8.5 PROVE DI LABORATORIO SULLE TERRE

Le prove geotecniche di laboratorio rappresentano il metodo più preciso per la determinazione i parametri fisici e meccanici di un terreno.

Le caratteristiche geotecniche di ogni terreno derivano dal metodo in cui

l'aggregato di particelle solide di cui è formato si trovano ad interagire tra loro.

La conoscenza della forma, delle dimensioni delle particelle, il peso per unità di volume, il contenuto d'acqua ed il comportamento ai carichi progressivamente crescenti può aiutare a classificare il tipo di terreno.

Sul campione sono state eseguite le principali prove per il riconoscimento delle proprietà fisiche e meccaniche e granulometriche dei terreni.

Per le analisi si rimanda nell'allegato IV.

## 9. MODELLO GEOTECNICO DEL VOLUME SIGNIFICATIVO

Per modello geotecnico di sottosuolo si intende lo schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico.

I dati acquisiti in sito durante l'esecuzione delle indagini geognostiche sono stati sottoposti ad elaborazione con l'ausilio di software di tipo geologico-geotecnico della GeoStru Software in licenza allo studio, allo scopo di determinare il valore dei principali parametri geotecnici relativi ai diversi litotipi attraversati.

Dall'analisi delle caratteristiche geomeccaniche che scaturiscono dalle succitate indagini è stato possibile schematizzare il modello geotecnico del volume significativo, che nel caso di specie è formato dei seguenti strati geotecnici:

### **STRATO 1:**

- \* limo argilloso sabbioso moderatamente consistente.

### **STRATO 2:**

- \* argilla sabbiosa grigia molto consistente.

### 9.1 VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEL VOLUME SIGNIFICATIVO.

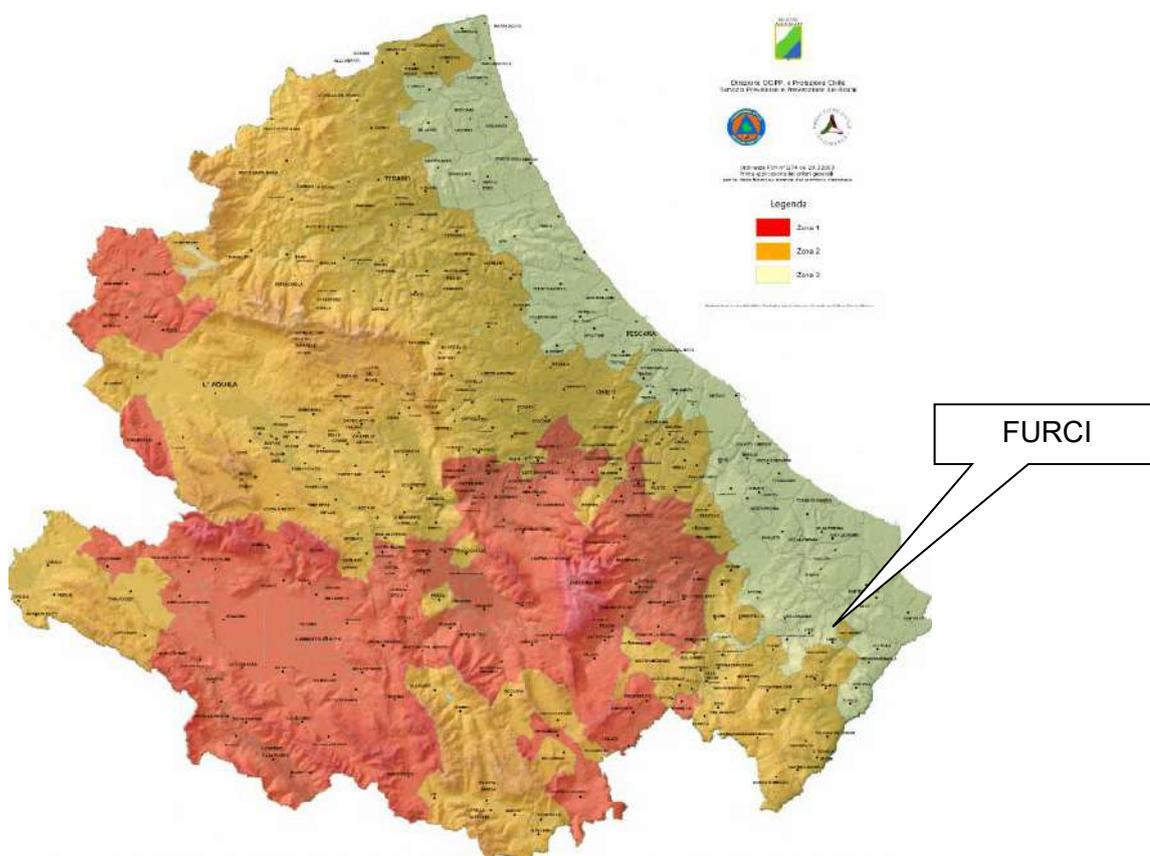
STRATO GEOTECNICO	Peso dell'unità di volume (T/m <sup>3</sup> )	Angolo di attrito $\phi$ [°]	Coesione drenata $c$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Coesione Non drenata $c_u$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Modulo edometrico $E_{ed}$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Modulo elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di Poisson
1: - limo argilloso sabbioso.	1,77**	24,9**	0,17**	0,23*	28,50*	45,15*	0,34*
2: - Argilla sabbiosa	2,09*	25,04*		0,69*	132,30*	182,46*	0,32*

\* da prova DPSH - \*\* da analisi di laboratorio

## 10. MODELLAZIONE SISMICA E PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

### 10.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA REGIONALE

Il territorio del comune di Furci (fig. 7) rientra nella Zona sismica 3



**Fig. 7 - Classificazione sismica dei comuni della Regione Abruzzo**  
Zona 1, valore di  $a_g=0.35g$ ; Zona 2, valore di  $a_g=0.25g$ ; Zona 3, valore di  $a_g=0.15g$

Relativamente, invece, a quanto dettato dall'OPCM n° 3519 del 28.04.2006, il territorio (fig. 8) ove ricade l'area in oggetto, è caratterizzata da valori di pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo riferita a suoli rigidi compresa tra 0,100 e 0,125g (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

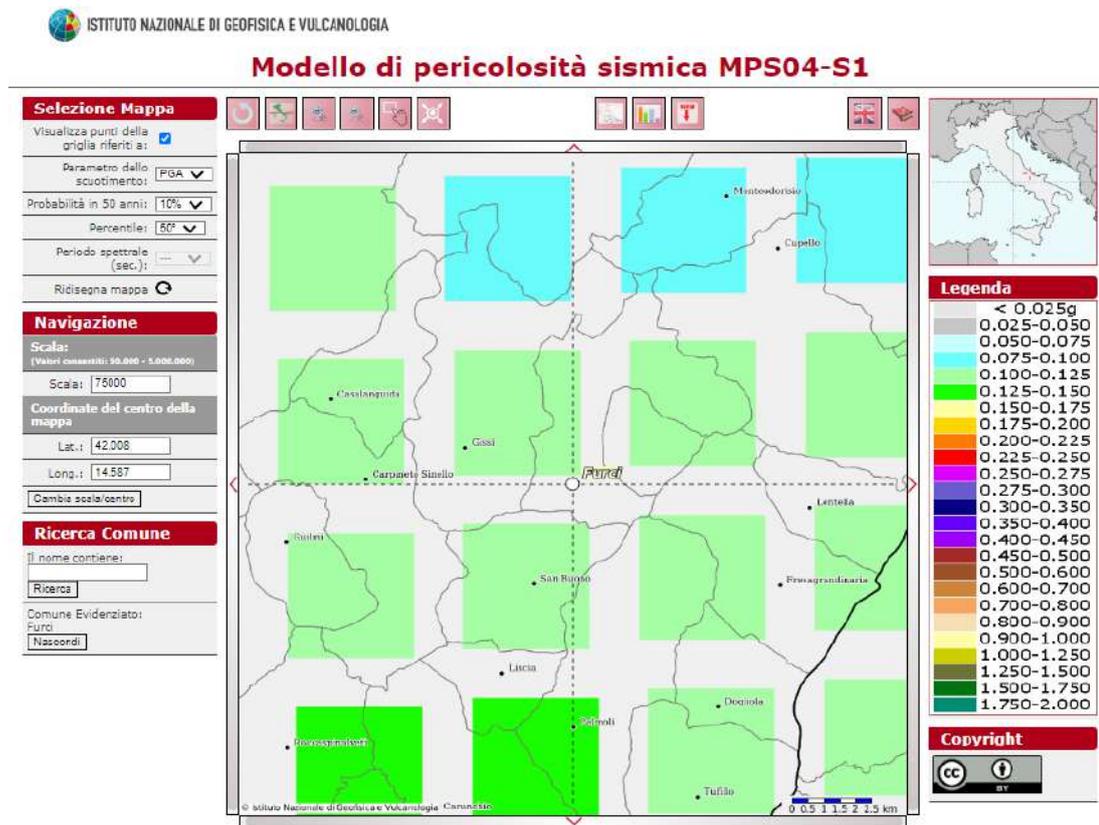


Fig. 8 – Mappa di pericolosità Sismica

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018 le azioni sismiche di progetto, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

Nella presente normativa la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_e(T)$  con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

## 10.2. CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE - § 3.2.2 D.M. 17.01.2018.

In questo paragrafo vengono riportati i risultati ottenuti dall'esecuzione di un profilo sismico con la metodologia MASW, effettuato presso l'area in esame.

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh – MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) – è un efficiente 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 comune sismografo multicanale. Le onde di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

L'intera procedura per una MASW consiste di 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra o fucile sismico), lungo uno stendimento rettilineo di sorgentegeofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;
2. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);
3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle  $V_s$  (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);

4. Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle Vs dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero due spostamenti lungo la linea dello stendimento).

### **STRUMENTAZIONE ADOPERATA**

La strumentazione geosismica utilizzata comprende:

- Sismografo PASI GEA 24 matricola 18297 (24 bit 24 canali);
- 12 geofoni elettromagnetici a bobina mobile con frequenza 4,5 hz;
- massa battente da 6 kg per l'energizzazione del terreno.

Per l'elaborazione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software WinMasw lite della Eliosoft con numero di serie 0X3109A511.

I risultati della prova sismica MASW, sono riportati (allegato III) sia in forma numerica che grafica presentano velocità delle onde di taglio compatibili con le litologie presenti.

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:

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

Dove

- $h_i$  spessore dell'*i*-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- **$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.**

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella espressione precedente e considerando le proprietà

degli strati di terreno fino a tale profondità.

Trovandoci nel caso specifico nella condizione stratigrafica di substrato sismico posto a profondità superiore ai 30 metri la categoria di sottosuolo viene calcolata riferendoci ai valori di velocità delle onde di taglio mediate, sui primi 30 metri di terreno ( $V_{s30}$ ).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, definiscono una serie di categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (tab.1).

**Tab. 1 – Categorie di Suoli di fondazione (D.M. 17 gennaio 2018)**

Categoria di suolo	Caratteristiche della superficie topografica
A	<b><i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i></b> 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	<b><i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i></b> , 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	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i></b> 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	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i></b> , 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	<b><i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i></b> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Si definiscono altresì le condizioni topografiche per predisporre l'analisi di risposta sismica locale.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i < 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Pertanto i terreni di fondazione possono essere classificati nella seguente categoria:

Metodi di calcolo delle $V_{S30}$	Prospezione	Valori di $V_s$ in metri al secondo	Categoria suolo di fondazione
$V_{S30}$ (da prova MASW)	MASW 1	[324-325]	<b>C</b> Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti
	MASW 2	[270-273]	
	MASW 3	[250-279]	
	MASW 4	[272-284]	

Il sito è classificabile nella categoria

T1

## 11 COMPATIBILITÀ GEOLOGICA CON LE NORME DEL PSAI

### AMBITO GEOMORFOLOGICO SIGNIFICATIVO

Per la verifica della compatibilità geologica di quanto in progetto con lo schema della pericolosità da frana riportata negli elaborati cartografici del PSAI, devono essere identificati i processi evolutivi dell'ambito morfologico significativo.

I meccanismi evolutivi dell'area possono essere essenzialmente ricondotti a ruscellamento delle acque superficiali, data la bassa pendenza del sito.

### MODELLO GEOLOGICO DELL'AMBITO

Nel sito la formazione geologica di base è formata da *argille marnose grigio azzurre*. La copertura dell'unità geologica di base è formata da *sabbie limose, in subordine liti argillosi poco consistenti, lo spessore della copertura è stimabile nell'ordine dei 5,0 metri*.

### PROCESSI GEOMORFOLOGICI EVOLUTIVI DELL'AMBITO GEOMORFOLOGICO

Ruscellamento delle acque superficiali.

### INTERVENTI DA REALIZZARE

*Gli impianto fotovoltaico con fondazioni in paletti d'acciaio infissi direttamente nel terreno a profondità tale da trasmettere le proprie tensioni ai litotipi con caratteristiche geomeccaniche migliori.*

## COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Visto quanto riportato nella presente relazione gli interventi in progetto:

- non modificano i livelli di pericolosità e del rischio come già classificati dal PSAI;
- non comportano carico urbanistico e quindi non incidono su determinazione del “danno”;
- garantiscono la sicurezza del territorio in coerenza a quanto disposto dall’art. 31 lettera c) della L. 183/89.

### DI CONSEGUENZA

Sulla base delle considerazioni su esposte, si ritiene che gli interventi in progetto sono compatibili con i vincoli dettati dalle “norme di attuazione della “Adb interregionale dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore”, perché non interferiscono negativamente con l’evoluzione dei processi e degli equilibri naturali.

## 12 FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO E CONCLUSIONI

Il presente studio geologico è stato redatto per la **realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 55,5MW con relative opere di connessione alla rete elettrica nazionale (RTN)** in località Morge del Comune di Furci (CH).

Il sito di installazione dell'impianto è censito al N.C.T. ai fogli di seguito elencati:

- foglio 13 particelle 81, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 37, 38, 39, 40, 21, 57, 58 e 59;
- foglio 12 particella 27;
- foglio 15 particelle 5, 21, 111, 1, 102, 107, 109, 123, 2, 23, 3, 32, 33, 4, 46, 18, 128, 11, 19, 127, 110, 126, 12, 13, 14, 17, 103, 119, 120, 4081, per un'estensione complessiva dell'area impegnata pari a ha 66.70.00 ha.

Per la ricostruzione della stratigrafia locale, la determinazione dei parametri sismici e per la caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il volume significativo è stata realizzata una campagna d'indagini costituita da:

- *un'indagine geognostica in situ che consta di n° 8 Prove Penetrometriche dinamiche (DPSH);*
- *n° 4 analisi di laboratorio su campioni di terreno;*
- *l'esecuzione n° 4 indagini sismiche, attiva, tipo MASW, per la valutazione della  $V_{s30}$ .*

Le indagini hanno permesso di ricostruire il volume geotecnico significativo delle aree di installazione dei pannelli è costituito dai seguenti strati:

### STRATO 1:

- \* limo argilloso sabbioso moderatamente consistente.

## STRATO 2:

- \* argilla sabbiosa grigia molto consistente.

Per la fattibilità dell'intervento sono stati considerati i seguenti elementi:

### CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEI TERRENI DEL SUB STRATO

*Argille marnose grigio azzurre*

### CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEI TERRENI DI COPERTURA

*Sabbie limose, in subordine liti argillosi poco consistenti, lo spessore della copertura è stimabile nell'ordine dei 5,0 metri.*

### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

*Le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle fondazioni delle opere di sostegno dei moduli fotovoltaici sono riportati nella tabella di pag. 26*

*Non sarà in nessun modo alterato l'equilibrio geologico e geotecnico dei suoli di sedime, in quanto il sistema di fissaggio interessa solo la parte superficiale del terreno;*

### CARATTERISTICHE DI PERMEABILITÀ DEL SUOLO

*Terreni con grado di Permeabilità media per porosità.*

### CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE

*Falda idrica assente.*

*I pannelli dovranno essere disposti modo da evita la concentrazione di scarichi idrici, che potrebbero generare erosione incanalata.*

*Le acque meteoriche dovranno essere incanalate e smaltite mediante idonei sistemi di abbattimento delle portate (es. vasche di laminazione) allo scopo di evitare sovraccarichi idraulici nella rete drenate naturale.*

## CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE E SULLA STABILITÀ DELL'AREA

*Non sono presenti dissesto ne in atto ne potenziali.*

*Aree non classificate ne a pericolosità geomorfologica ne a pericolosità idraulica.*

## VINCOLI DERIVANTI DAL PAI (Piano Assetto Idrogeologico)

*L'intervento non interferisce sull'assetto idrogeologico attuale del territorio in esame risultando pienamente in linea con il dispositivo vincolistico e tecnico del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico varato dalla AdB interregionale dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore.*

## DISTANZA DA CORSI D'ACQUA

*Corsi d'acqua del reticolo minore, per i quali non sono state individuate fasce fluviali, è fissata una fascia di rispetto, non inferiore ai 10 m.*

## PERICOLOSITA' SISMICA

*L'area è classificata in zona 3 con categoria del suolo di fondazione C.  
Non si evidenziano fenomeni di amplificazione sismica legati al sito.*

Da quanto esposto si evince che;

- l'area risulta idonea ad accogliere l'impianto in progetto.

Battipaglia Febbraio 2023



## IL GEOLOGO

Dr. Antonio Senese



# ALLEGATO I

*Stralcio I.G.M.*

*Scala 1:25000*

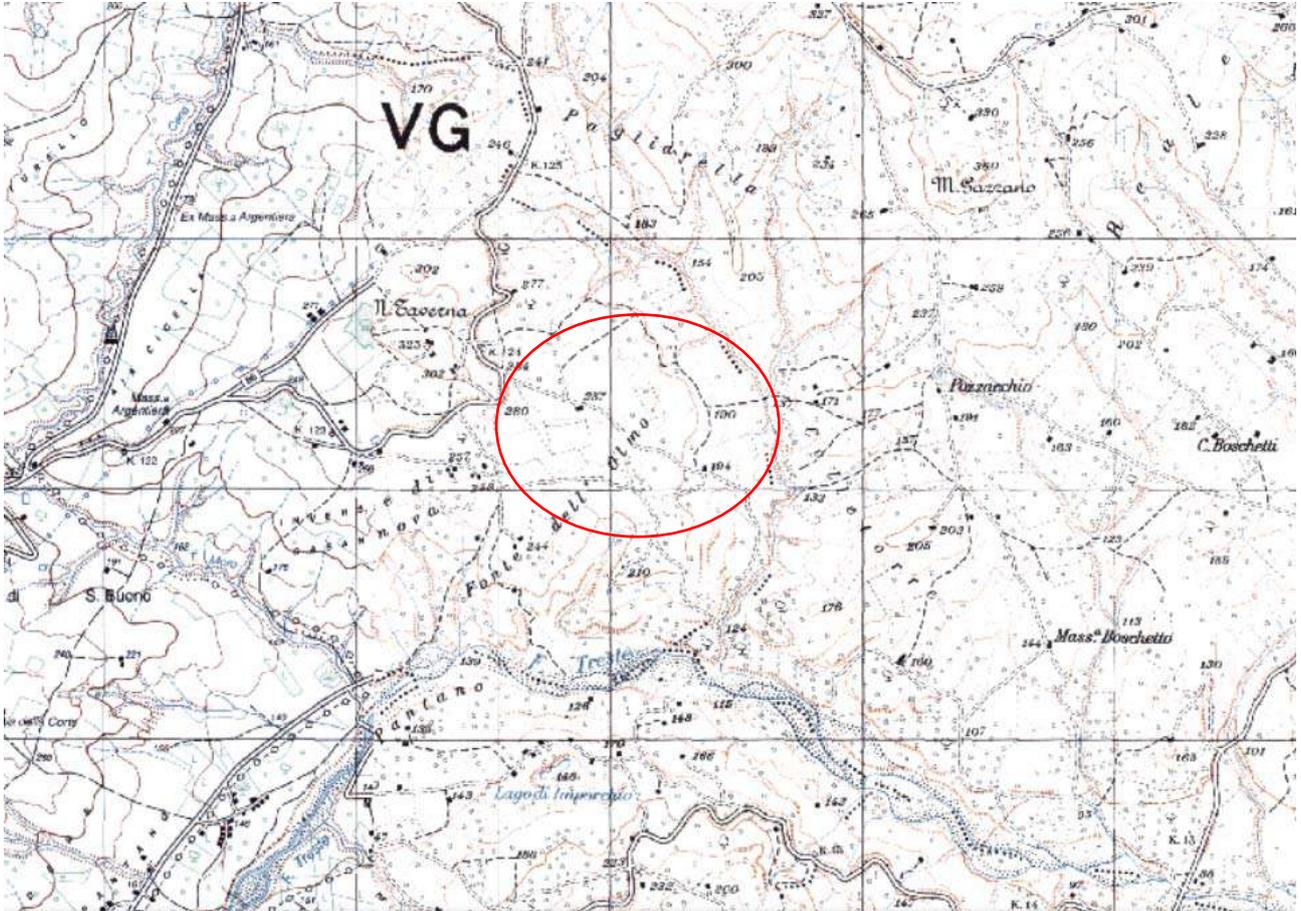
*Aereofotogrammetria Scala 1:5000*

*Stralcio catastale*



# Stralcio Carta IGM

Scala 1.25000



 Area in esame



**REALIZZAZIONE E GESTIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 53,69 MW CON RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE**

**PROGETTO DEFINITIVO**  
LAYOUT SU CATASTALE

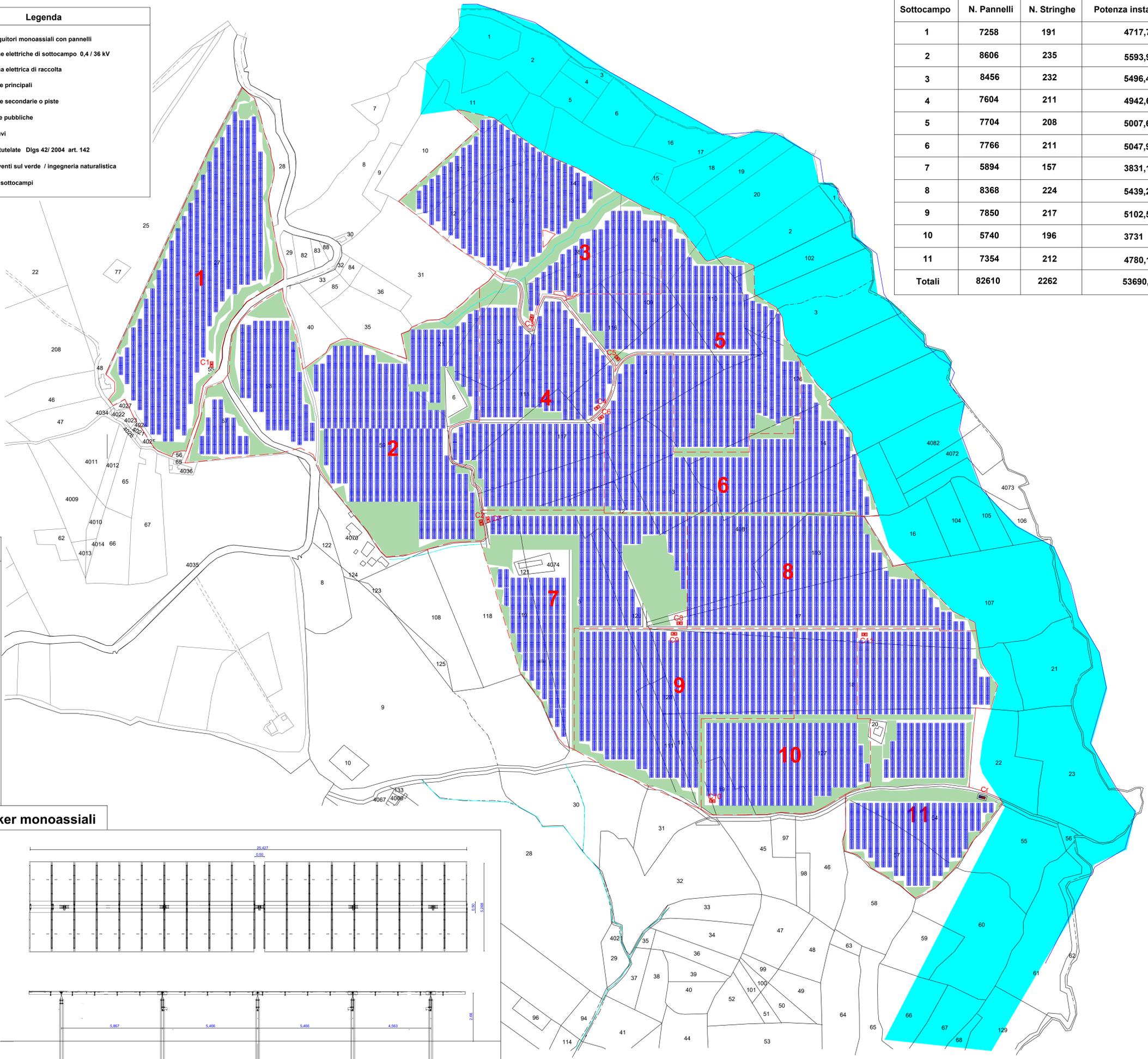
PROGETTISTA: **Expand** - Salerno  
Studio Tecnico geom. Benedetto Cuoppo

PROponente: **soc. ARAN 1 srl**  
via Fratelli Ruspoli 8 00198 Roma

DATA: febbraio 2023  
SCALA: 1:5000  
ELABORAZIONE: **D\_1.2**

**Legenda**

- Inseguitori monoassiali con pannelli
- Cx cabine elettriche di sottocampo 0,4 / 36 kV
- Cr cabina elettrica di raccolta
- strade principali
- strade secondarie o piste
- acque pubbliche
- impluvi
- aree tutelate Dlgs 42/ 2004 art. 142
- interventi sul verde / ingegneria naturalistica
- limiti sottocampi



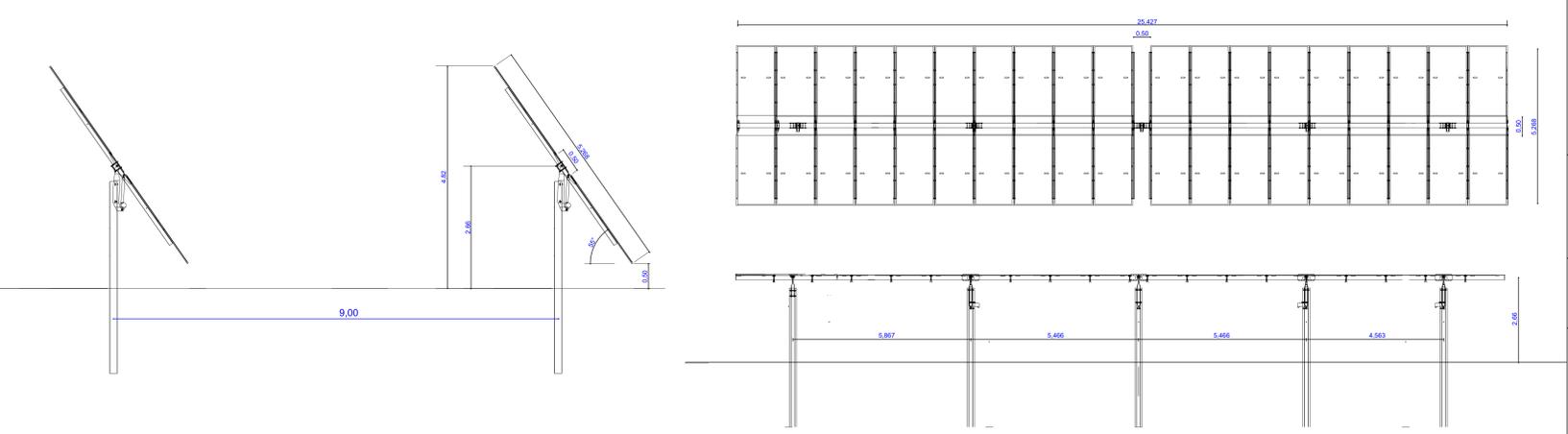
**Dati dell'impianto**

Sottocampo	N. Pannelli	N. Stringhe	Potenza installata (KW)
1	7258	191	4717,70
2	8606	235	5593,90
3	8456	232	5496,40
4	7604	211	4942,60
5	7704	208	5007,60
6	7766	211	5047,90
7	5894	157	3831,10
8	8368	224	5439,20
9	7850	217	5102,50
10	5740	196	3731
11	7354	212	4780,10
<b>Totali</b>	<b>82610</b>	<b>2262</b>	<b>53690,30</b>

**INVERTER (sistema distribuito) potenza 300kW**

Specifiche Tecniche	SUN2000-30KTL-M3	SUN2000-36KTL-M3	SUN2000-40KTL-M3
<b>Efficienza</b>			
Efficienza massima		98.7%	
Efficienza Europea		98.4%	
<b>Ingresso</b>			
Tensione massima in ingresso 1	1,100 V		
Corrente Max. per MPPT	26 A		
Corrente di corto circuito Max. per MPPT	40 A		
Tensione di Avvio	200 V		
Range Operativo MPPT2	200 V ~ 1000 V		
Tensione di ingresso nominale	600 V		
Numero di ingressi	8		
Numero di MPPT	4		
<b>Uscita</b>			
Potenza Attiva Nominale in AC	30,000 W	36,000 W	40,000 W
Potenza Apparente Max. in AC	33,000 VA	40,000 VA	44,000 VA
Tensione Nominale in Uscita		230 Vac / 400 Vac, 3W/N+PE	
Frequenza Nominale di Rete AC		50 Hz / 60 Hz	
Corrente Nominale in Uscita	43.3 A	52.0 A	57.8 A
Corrente Massima in Uscita	47.9 A	58.0 A	63.8 A
Fattore di potenza regolabile		0.8 Capacitivo ~ 0.8 Induttivo	
Max. Distorsione Armonica Totale		< 3%	

**TIPOLOGIA STRINGHE n. 38 moduli da 650W - due file- traker monoassiali**



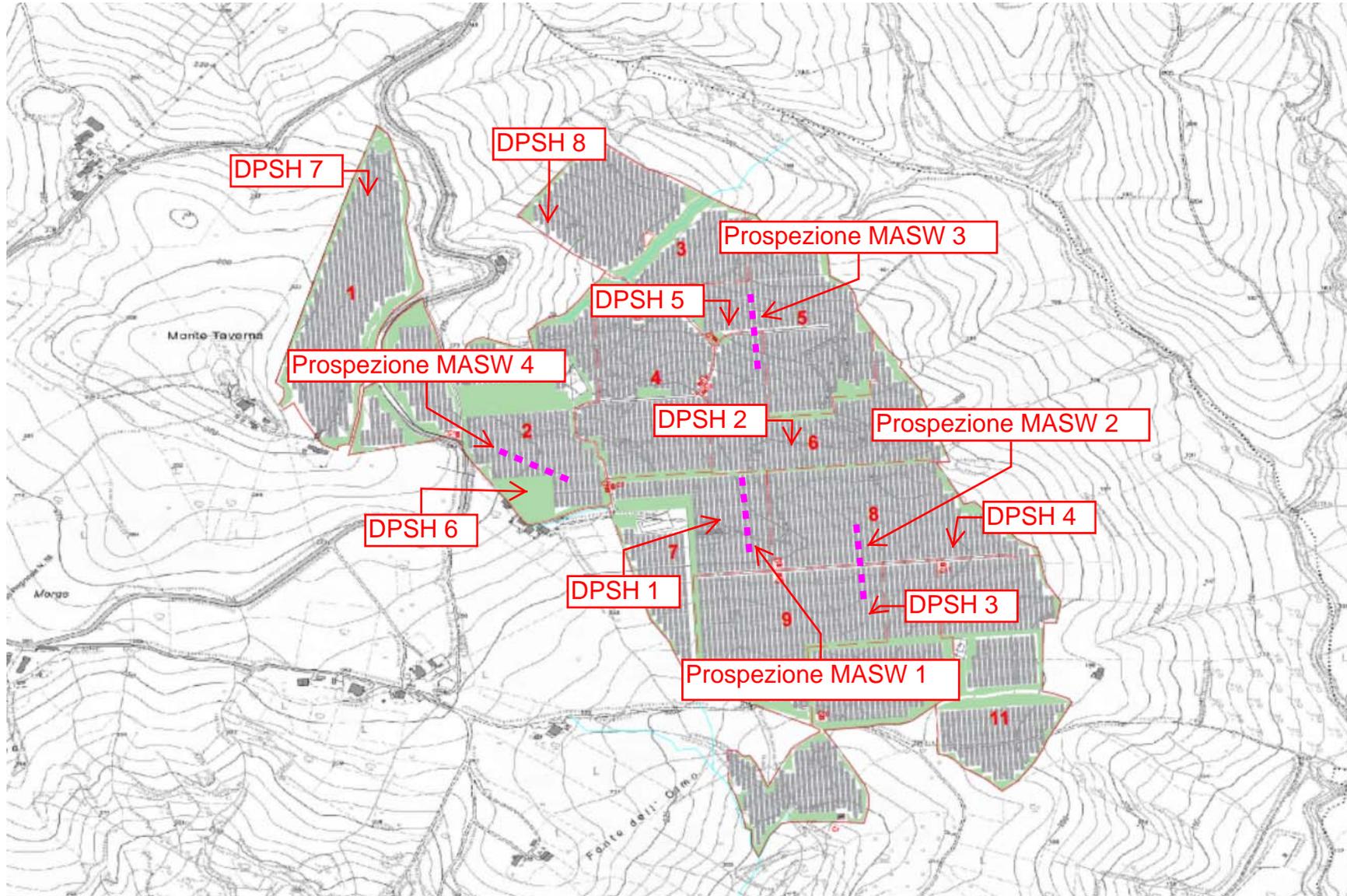
# ALLEGATO II

*Planimetria con l'ubicazione delle indagini*

*Parametri geotecnici da prova DPSH*

---

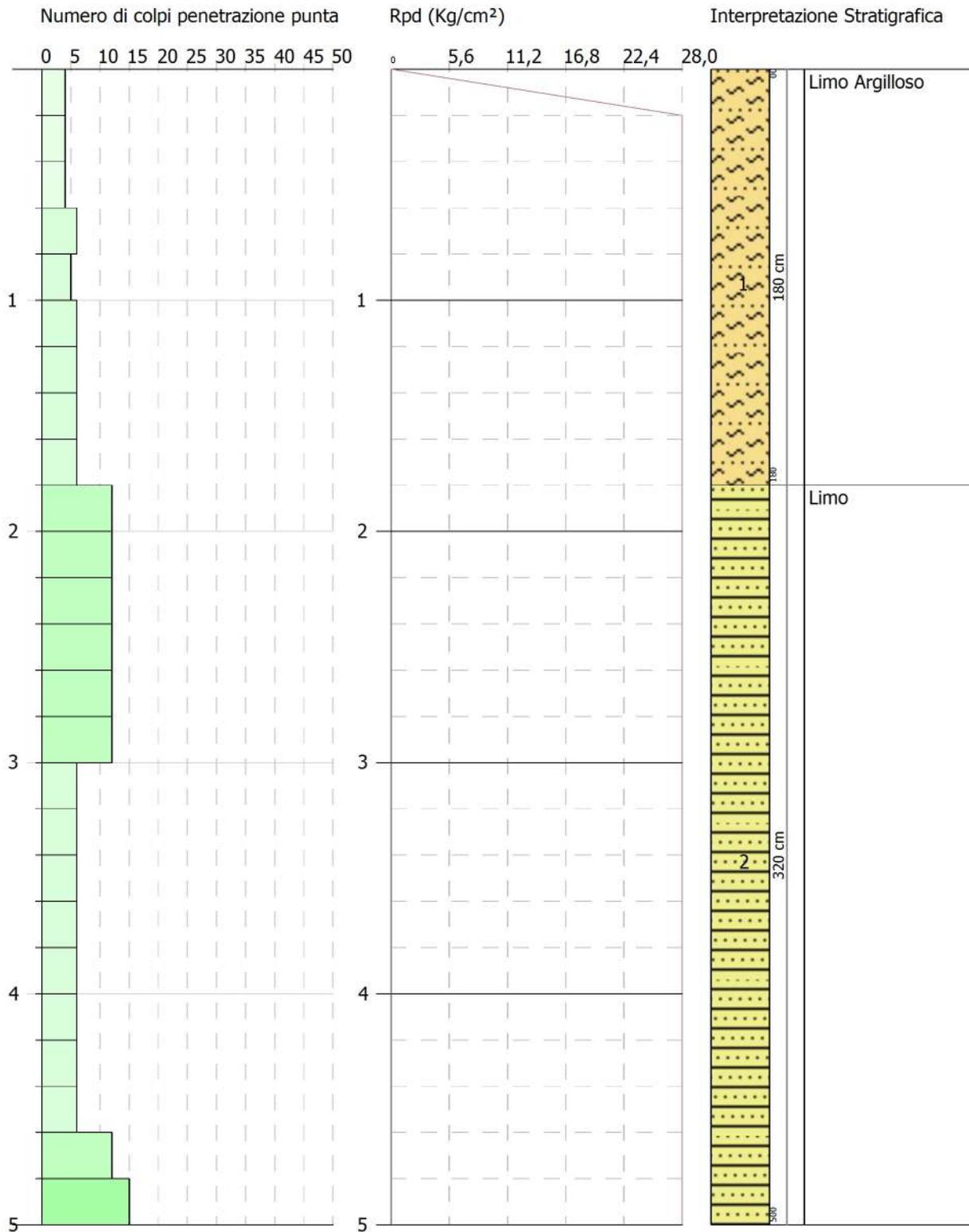
## UBICAZIONE INDAGINI GEOLOGICHE E GEOFISICHE

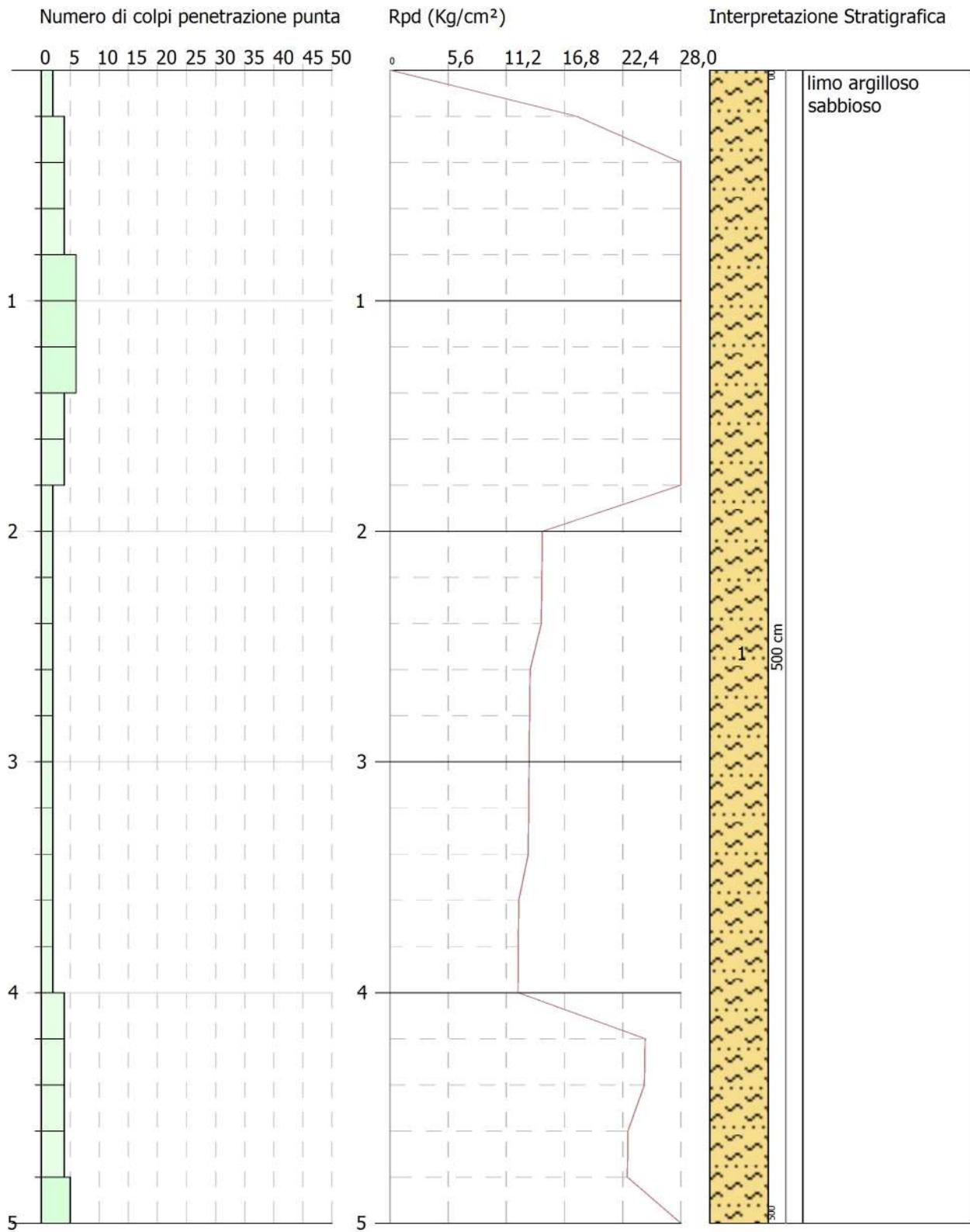


Committente:  
 Descrizione:  
 Localita':

30/08/2022

Scala 1:25

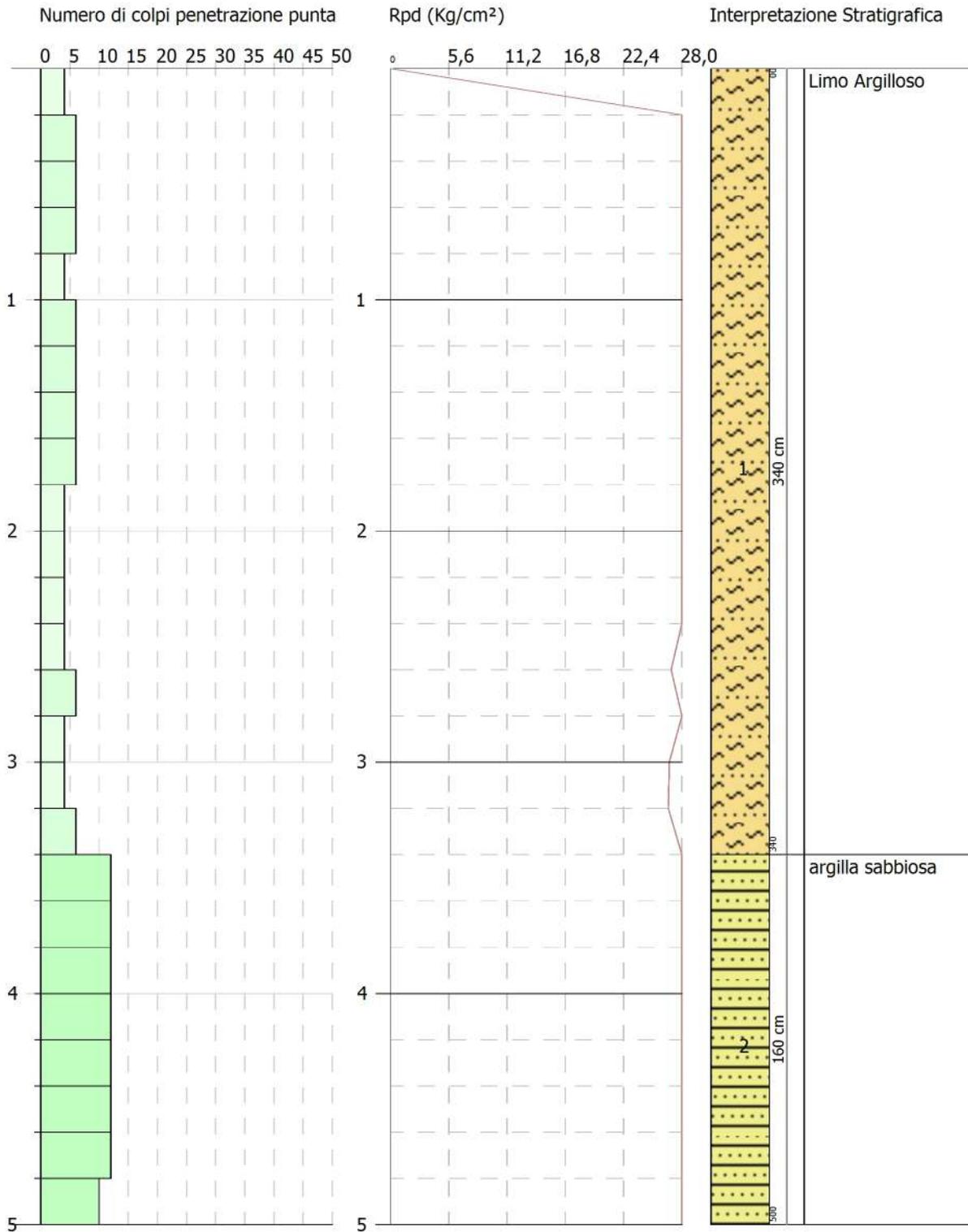




Committente:  
 Descrizione:  
 Localita':

30/08/2022

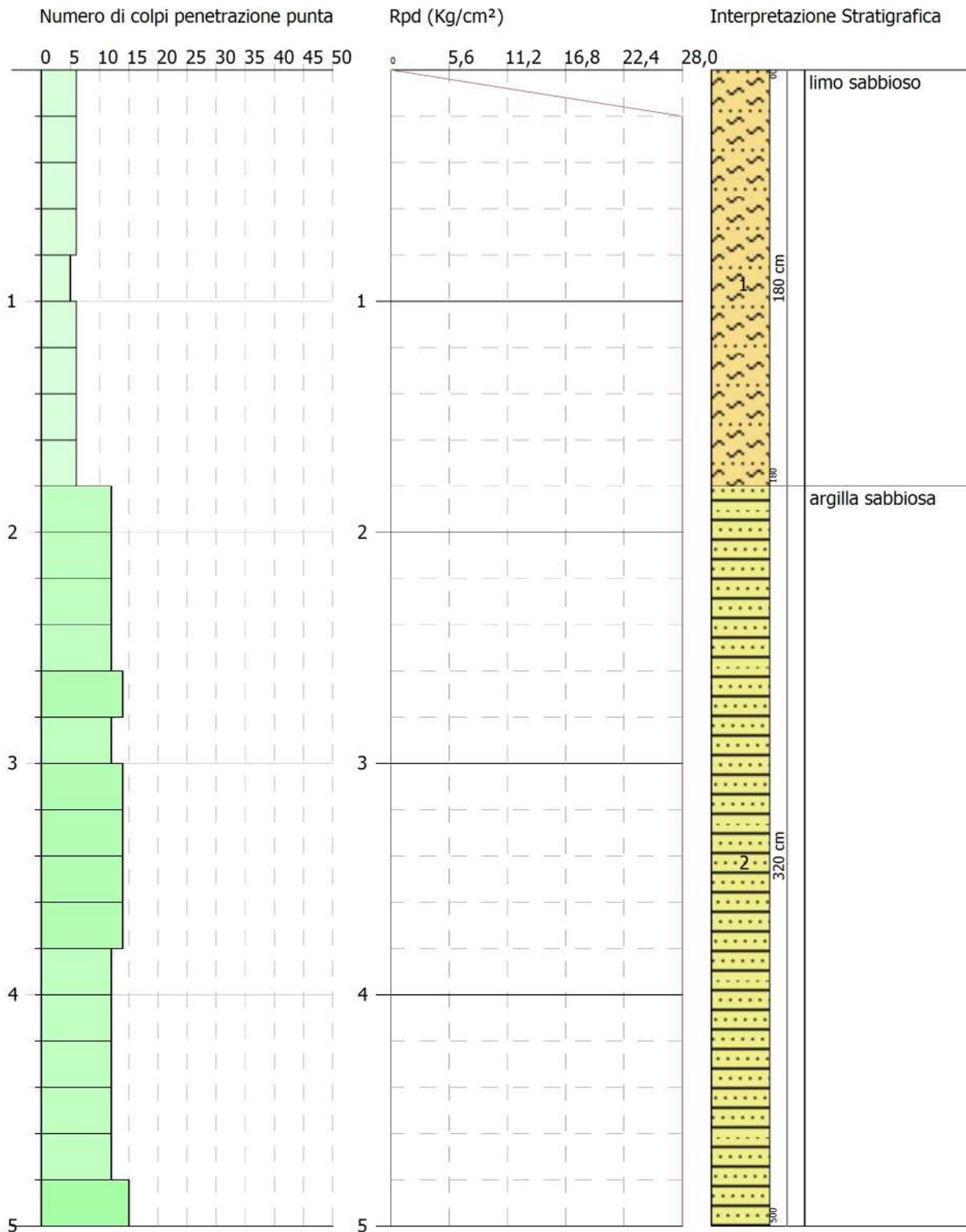
Scala 1:25



Committente:  
 Descrizione:  
 Localita':

30/085/2022

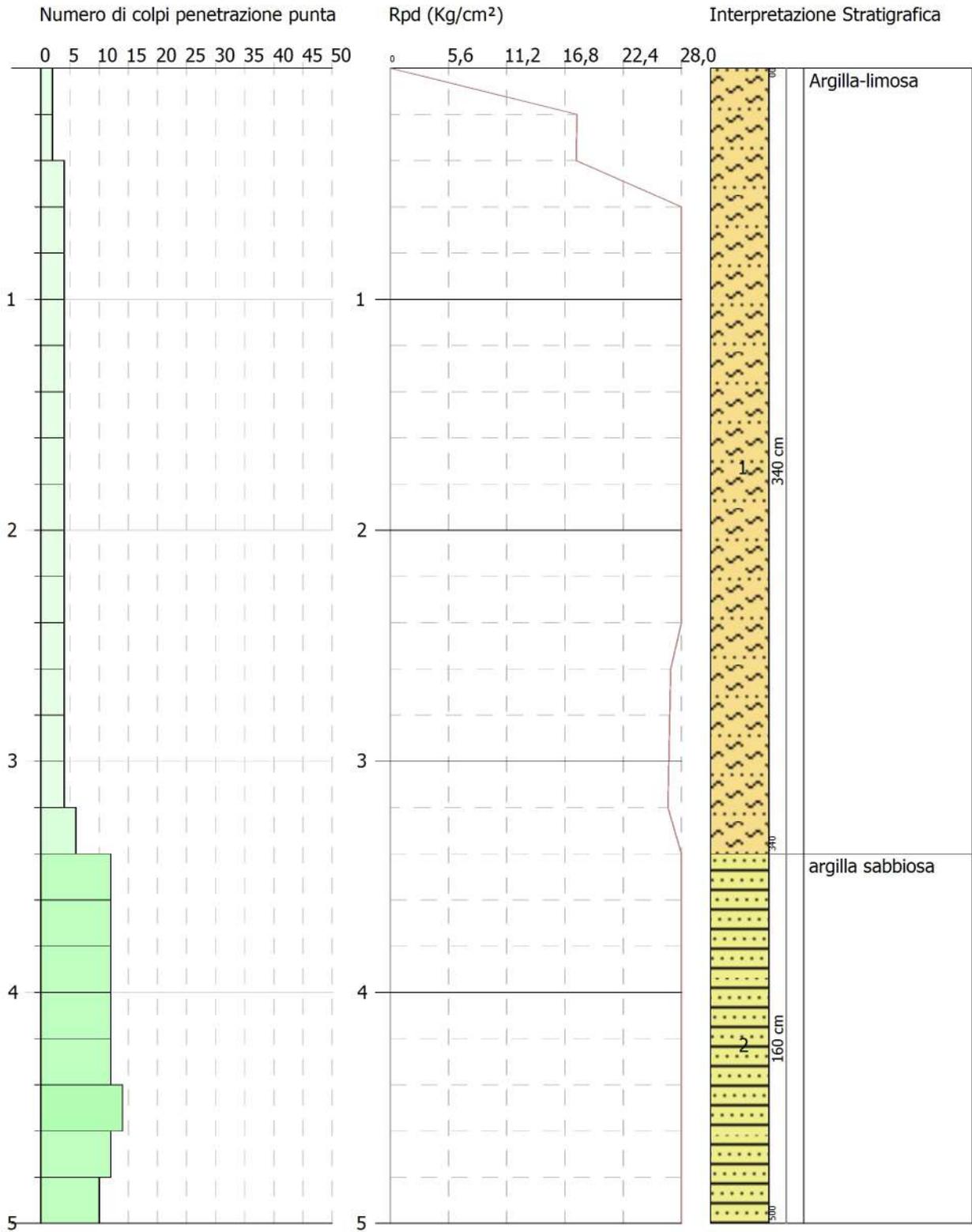
Scala 1:25



Committente:  
Descrizione:  
Localita':

30/08/2022

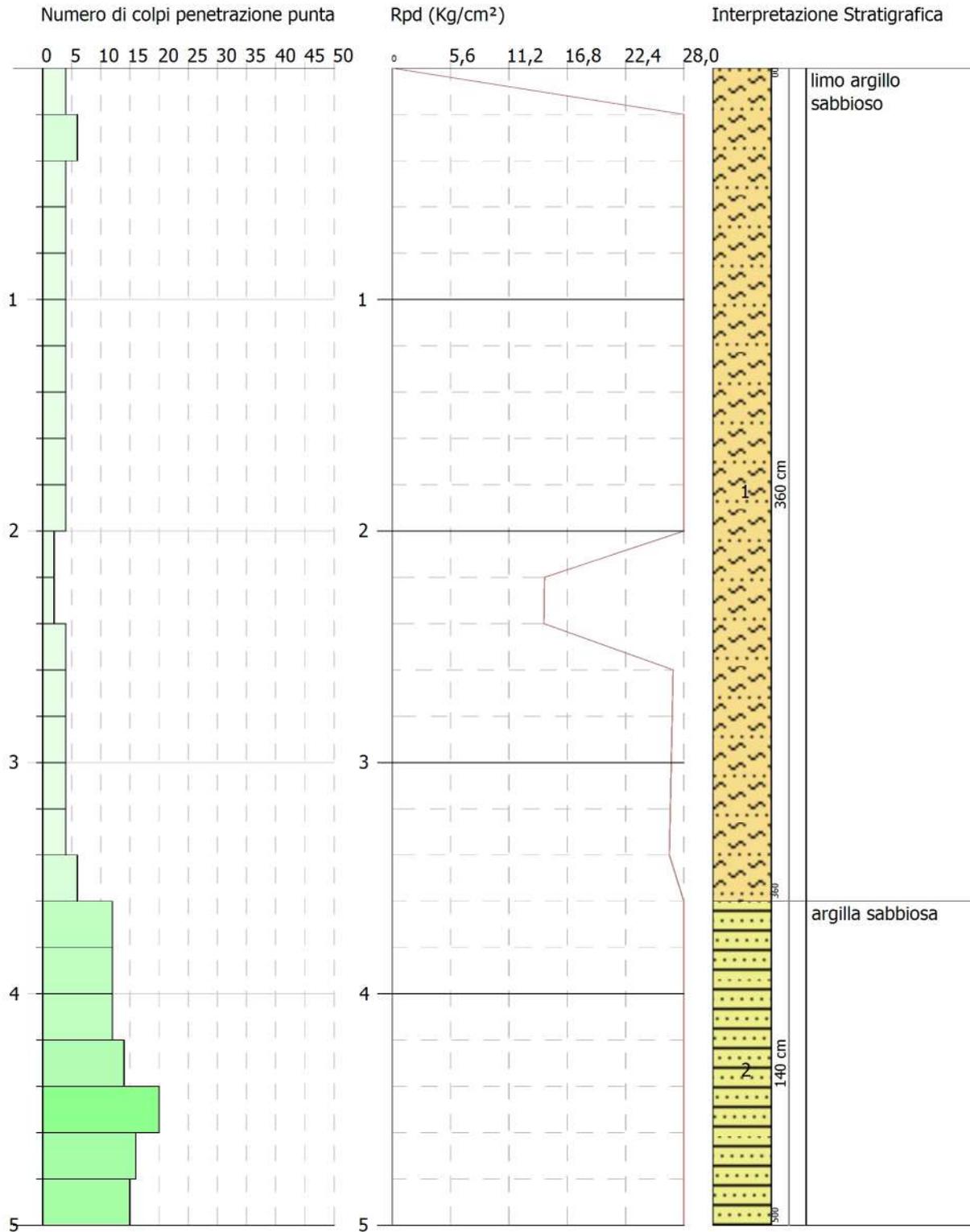
Scala 1:25



Committente:  
 Descrizione:  
 Localita':

30/08/2022

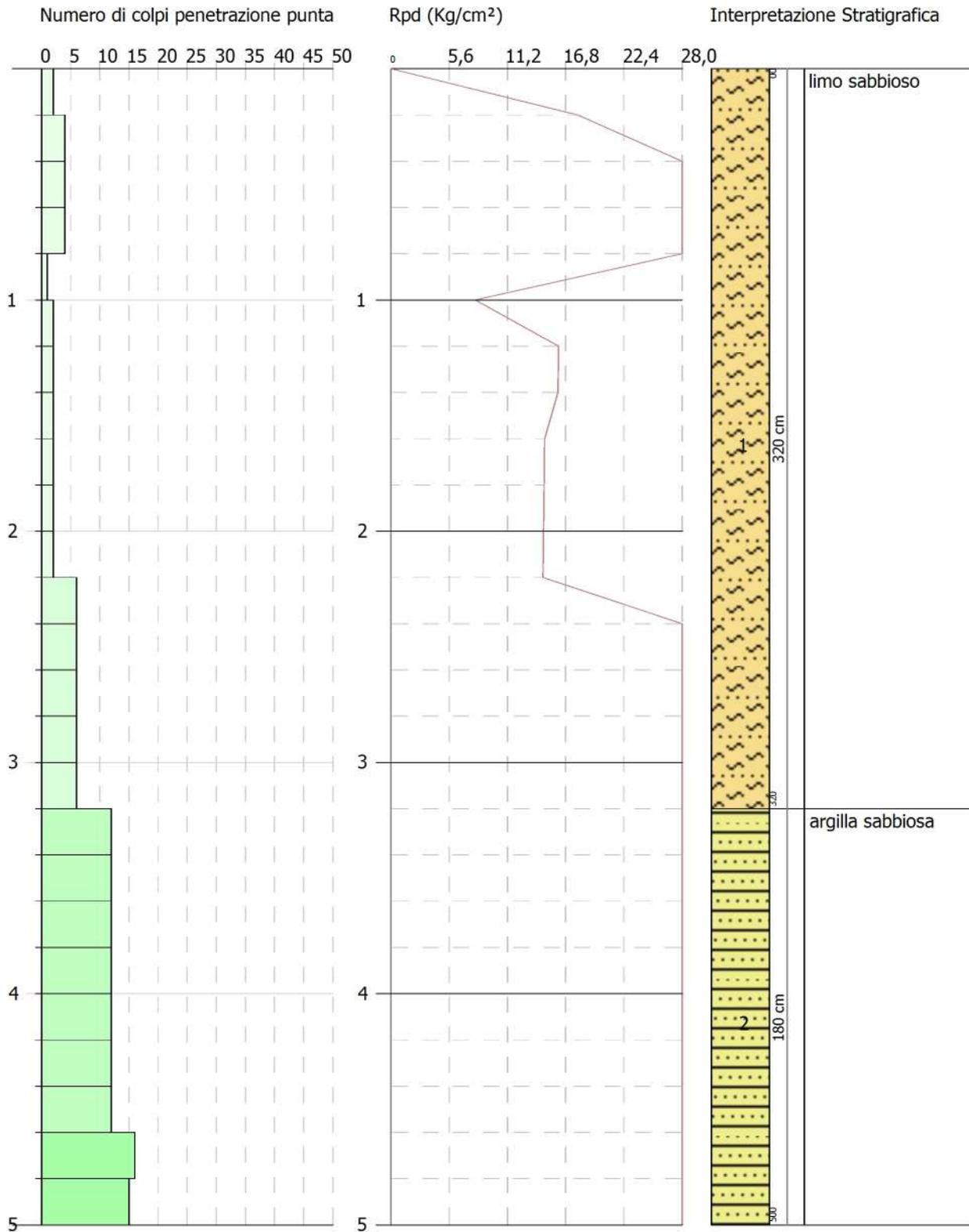
Scala 1:25



Committente:  
Descrizione:  
Localita':

30/08/2022

Scala 1:25





## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

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

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

### Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Argilla-limosa	5,70	0.00-3,40	U.S.D.M.S.M.	0,23
Strato (2) argilla sabbiosa	17,64	3,40-5,00	U.S.D.M.S.M.	0,69

### Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Argilla-limosa	5,70	0.00-3,40	Buisman-Sanglerat	28,50
Strato (2) argilla sabbiosa	17,64	3,40-5,00	Buisman-Sanglerat	132,30

### Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Argilla-limosa	5,70	0.00-3,40	Schultze-Menzenbach	45,15
Strato (2) argilla sabbiosa	17,64	3,40-5,00	Schultze-Menzenbach	182,46

### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Argilla-limosa	5,70	0.00-3,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (2) argilla sabbiosa	17,64	3,40-5,00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

### Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Argilla-limosa	5,70	0.00-3,40	Meyerhof	1,80
Strato (2) argilla sabbiosa	17,64	3,40-5,00	Meyerhof	2,09

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Argilla-limosa	5,70	0.00-3,40	Meyerhof	1,88
Strato (2) argilla sabbiosa	17,64	3,40-5,00	Meyerhof	2,30

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) Argilla-limosa	5,70	0.00-3,40	Ohta & Goto (1978)	102,42
Strato (2) argilla sabbiosa	17,64	3,40-5,00	Ohta & Goto (1978)	148,27

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Argilla-limosa	5,70	0.00-3,40	5,70	Meyerhof (1956)	21,63
Strato (2) argilla sabbiosa	17,64	3,40-5,00	17,64	Meyerhof (1956)	25,04

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Argilla-limosa	5,70	0.00-3,40	5,70	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) argilla sabbiosa	17,64	3,40-5,00	17,64	(A.G.I.)	0,32

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Argilla-limosa	5,70	0.00-3,40	5,70	Navfac 1971-1982	1,15
Strato (2) argilla sabbiosa	17,64	3,40-5,00	17,64	Navfac 1971-1982	3,63

# ALLEGATO III

*Prospezione Sismica M.A.S.W.*

---

# INDICE

1 - PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH .....	2
2 - PROSPEZIONI SISMICHE MASW.....	4
3 – STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	10
4 ACQUISIZIONE DATI .....	11
5. ELABORAZIONE DATI .....	12
6 - LABORAZIONE MASW 1.....	13
7 - LABORAZIONE MASW 2.....	15
8 - LABORAZIONE MASW 3.....	17
9 - LABORAZIONE MASW 4.....	19
10 - INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI.....	21

## 1 - PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE 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 rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a  $0.92V_s$ . In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e  $0.92V_s$ . La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

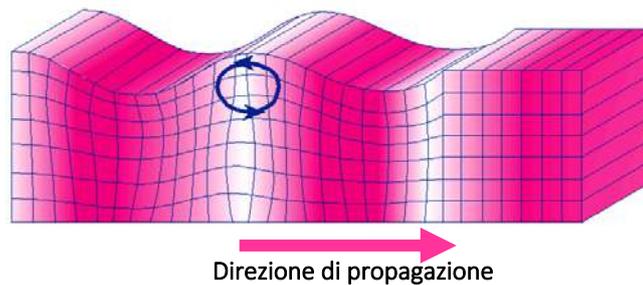


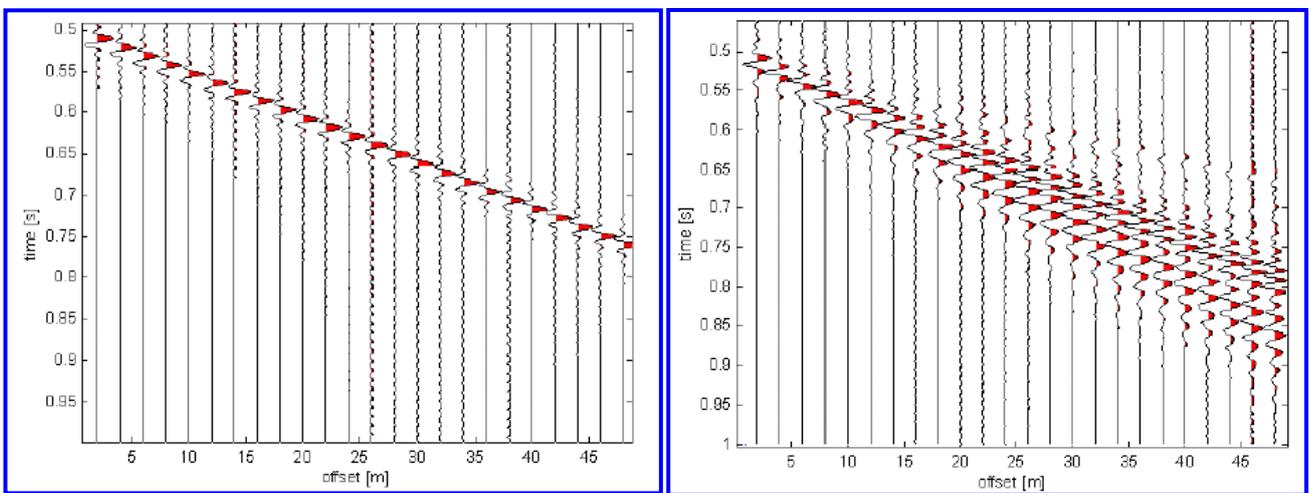
Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

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%). Inoltre l'ampiezza delle onde superficiali dipende da  $\sqrt{r}$  e non da  $r$  come per le onde di volume.

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 dalle recenti normative antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 17 gennaio 2018). Infatti, 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 (Fig. 2).



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

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. 3).

La velocità delle onde di Rayleigh ( $V_R$ ) è pari a circa il 90% delle onde di taglio ( $V_S$ ). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative meno onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione delle  $V_S < 15\%$ .

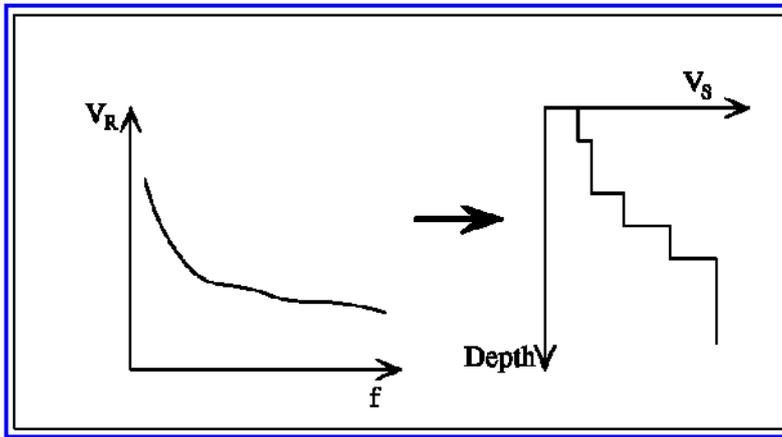


Fig. 3 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time ANalysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La tecnica MASW, fondata sulla tecnica SASW, consente una dettagliatissima ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo.

## 2 - PROSPEZIONI SISMICHE MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed 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 comune sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 4), generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni (Fig. 5) che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;

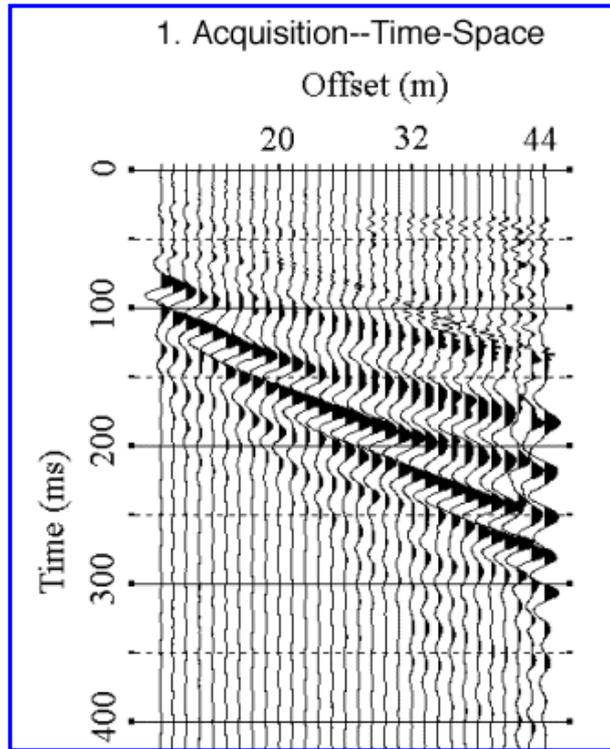


Fig. 4 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

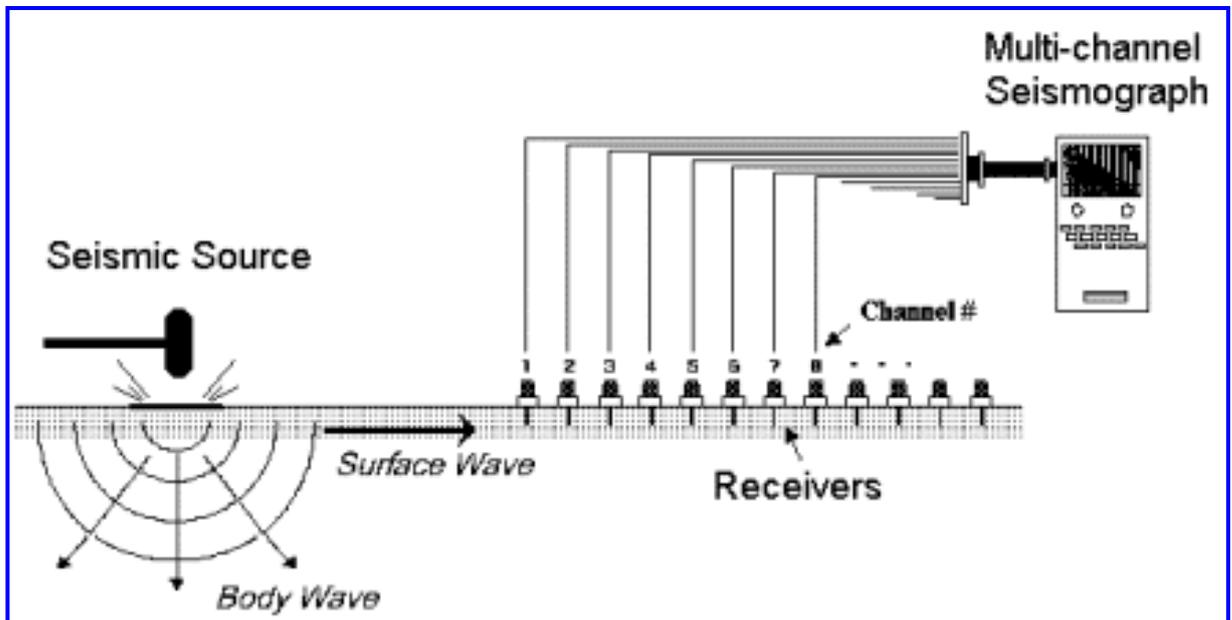


Fig. 5 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

2. Estrazione del modo fondamentale di oscillazione dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 6);

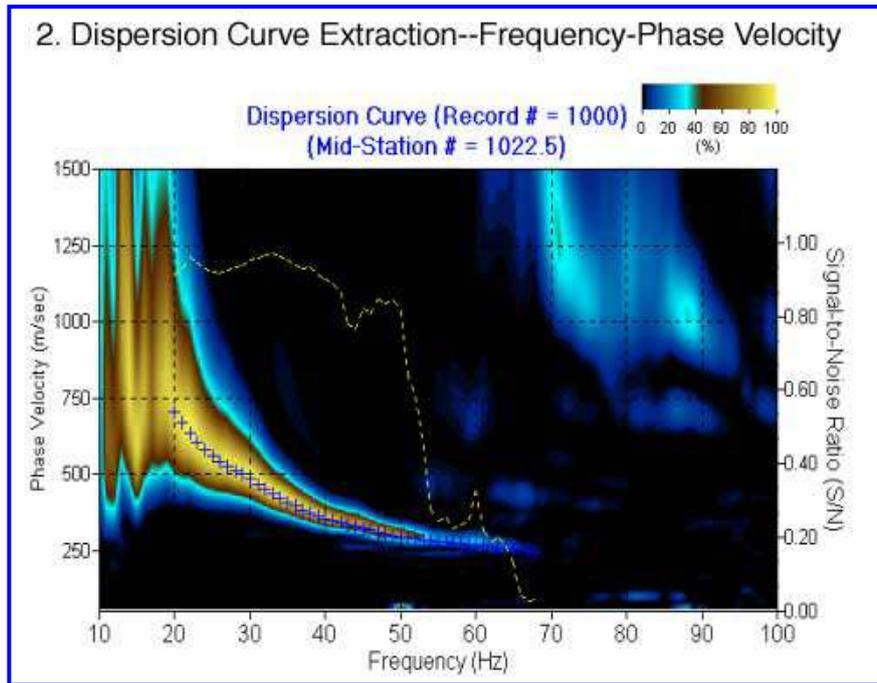


Fig. 6 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle  $V_s$  (Fig. 7) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);

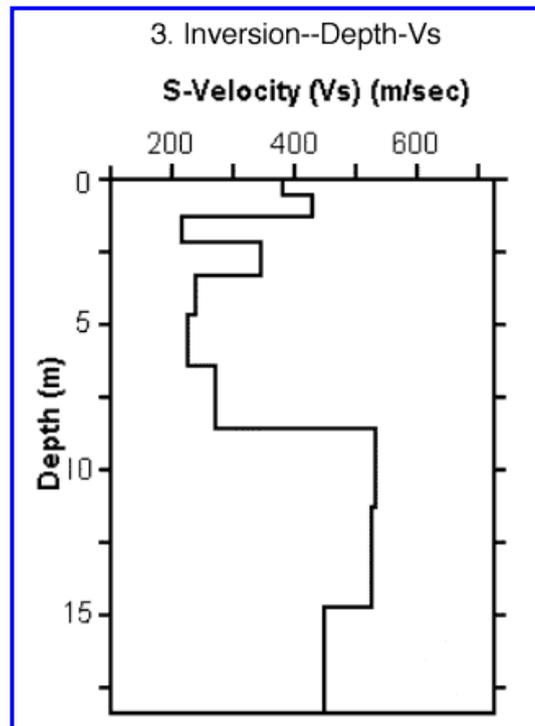


Fig. 7 – Modello di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di

taglio è approssimativamente pari a  $1.1V_R$  ( $V_R$ =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa  $0.4\lambda$  ( $\lambda$ =lunghezza d'onda).

- Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle  $V_S$  dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero uno spostamento lungo la linea dello stendimento) (Fig. 8).

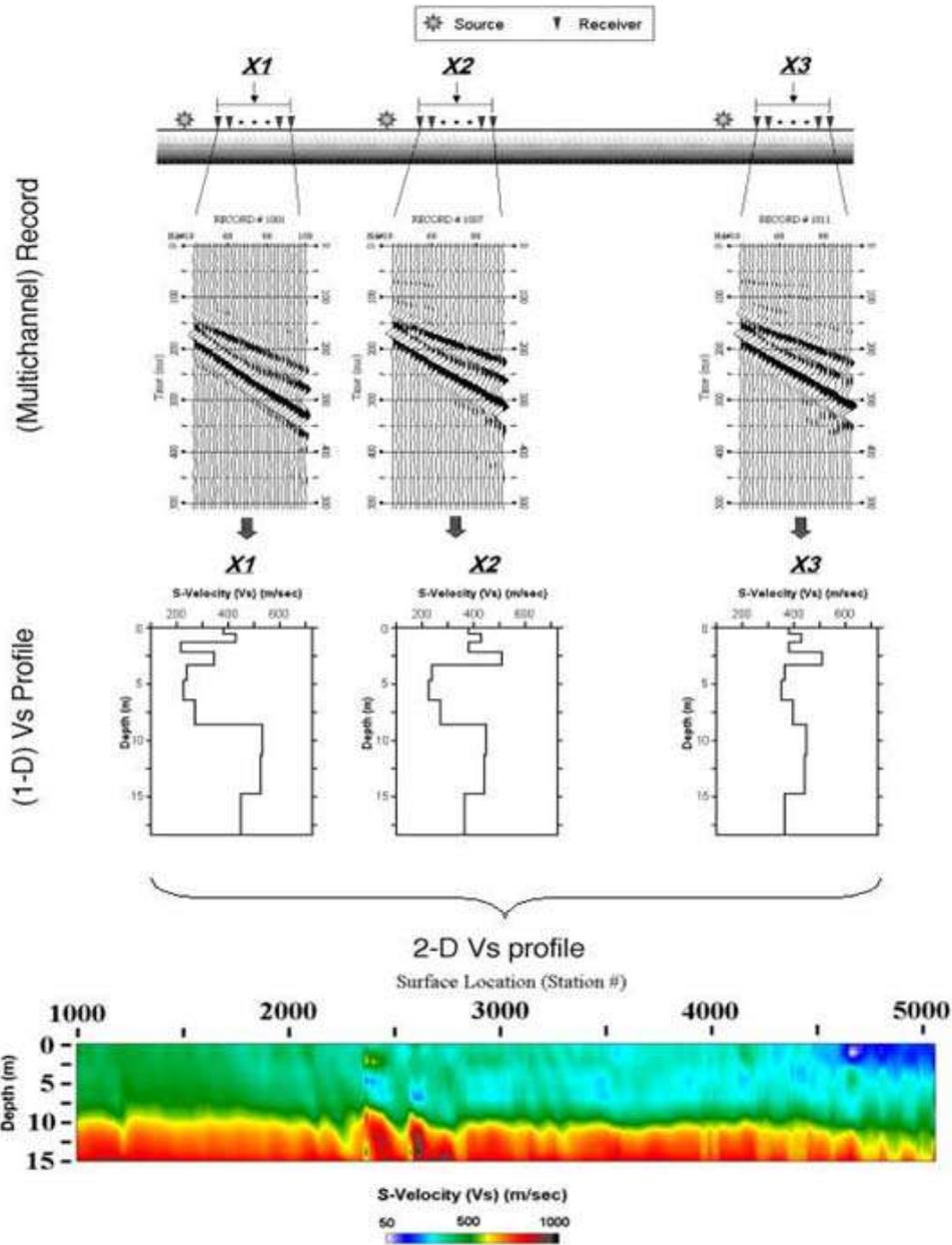


Fig. 8 – Modello 2D di velocità delle onde di taglio ( $V_S$ ) ottenuto dalle inversioni delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume ( $P$  ed  $S$ ), 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, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore (Fig. 9).

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana (Fig. 9).

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità 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.

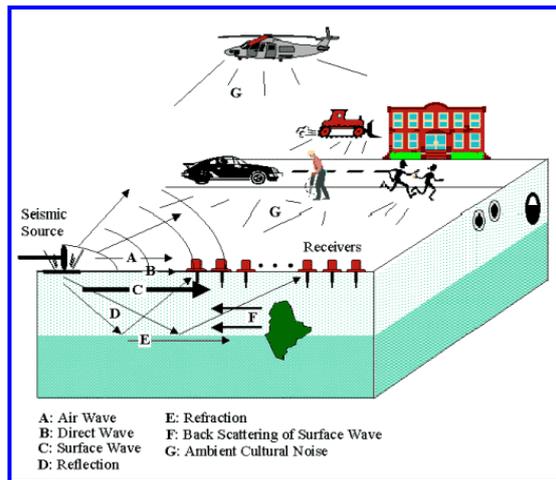


Fig. 9 – Schematizzazione dei vari tipi di onde (di volume e superficiali) e di alcune possibili sorgenti di rumore ambientale.

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 (Fig. 10) in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Fig. 11).

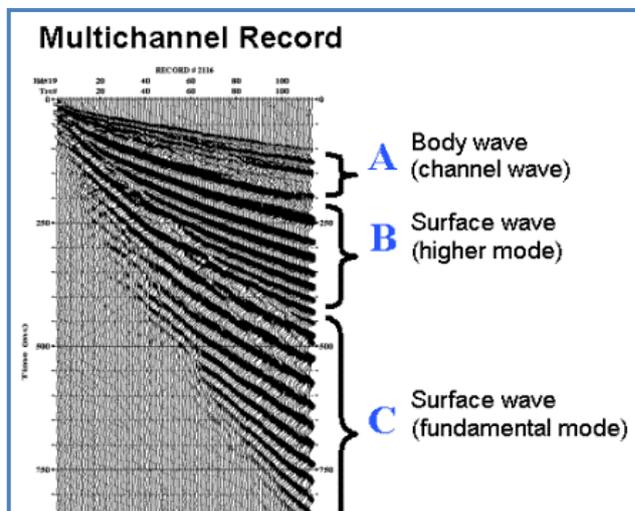


Fig. 10 – Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).

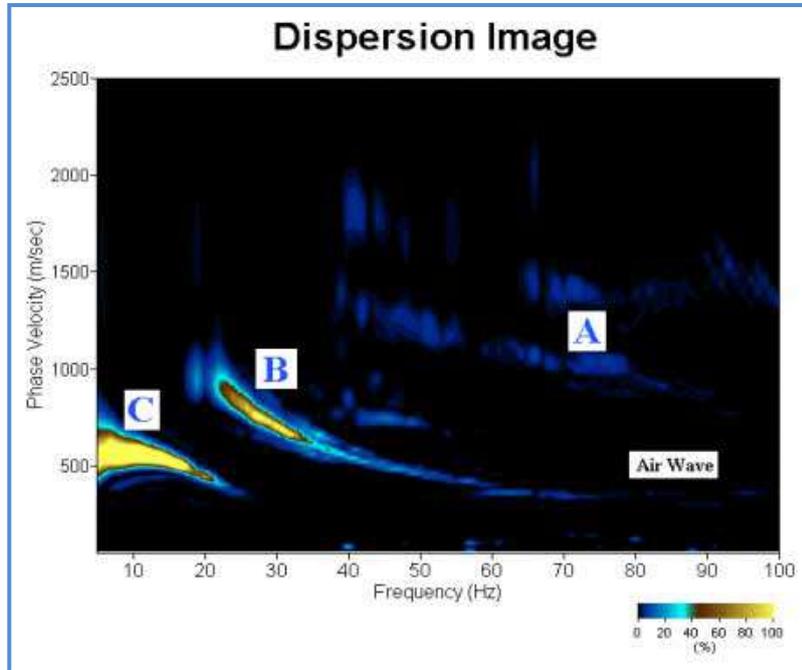


Fig. 11 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh relativa ai segnali sismici in Fig. 11. Il picco energetico in corrispondenza di C rappresenta, nel modello della dispersione, il modo fondamentale da estrarre. Il picco energetico in B rappresenta il primo modo mentre quello in A, poco evidente, rappresenterebbe il secondo modo.

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

### 3 – STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

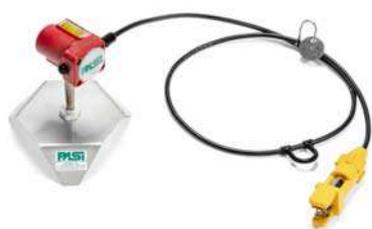
- Sistema di acquisizione dati: costituito da un sismografo digitale GEA 24 mat. 18297 (prodotto dalla PASI) con risoluzione 24 bit a 24 canali, con le caratteristiche tecniche, riportate nella seguente tabella



Sistema di acquisizione GEA 24 PASI

SPECIFICHE TECNICHE GEA 24	
Numero di canali	24 can.+trigger (can. AUX) - 2 unità serializzabili per un tot. di 48 can.
Conversione Dati	Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)
Intervallo Campionamento	Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.
Lunghezza Acquisizione	27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue
Guadagno Preamp.	0/52 dB, selezionabile via software
Stacking	Numero di stacking illimitato
Impedenza di ingresso	2M $\Omega$ m // 22nF
Range Dinamico	144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1ksps)
Distorsione	0.007% @16kHz
Largh.Banda -3dB	6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1ksps
Largh.Banda +/- 0.1dB	3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1ksps
Filtri	Passa Basso:125-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz
Filtri "Notch"	50-60Hz + armoniche
Trigger	Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software
Visualizzazione Tracce	Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile
Noise-monitor	Tutti i canali + trigger : display in tempo reale
Canale AUX (ausiliario)	1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)
Interfaccia comunicazione	1x USB 2.0 per PC esterno (di fornitura Cliente)
Formato Dati	SEG2 (altri formati su richiesta)
Alimentazione	5VDC da USB, 0.25A
Temp.operativa/stoccaggio	-30°C to +80°C
Umidità	80% umidità relativa, non condensante
Dimensioni	24cm x19.5cm x11cm
Peso	2 Kg

- Sistema di ricezione: costituito da geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa, con frequenza propria 4.5 Hz. I trasduttori di velocità sono in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali e trasversali prodotte da una specifica sorgente.



Geofoni verticali con frequenza 4.5 Hz

- Sistema di energizzazione costituita da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su una piastra metallica posta direttamente sul piano campagna.
- Sistema trigger: consiste in circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati. In questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizi della registrazione.



**Geofono trigger**

- Sistema trasferimento segnale: il trasferimento del segnale dal sistema di ricezione (geofono) al sistema di acquisizione dati (sismografo) è effettuato tramite cavo sismico, costituiti da cavo elettrico bipolari in pur schermati collegato al geofono.

#### 4 ACQUISIZIONE DATI

L'acquisizione è stata condotta mediante uno stendimento lineare di geofoni superficiali. Dopo aver posizionato i geofoni sul terreno e dopo il collegamento di questi ultimi ai cavi elettrici, tramite appositi morsetti bipolari, per ogni acquisizione sono state realizzati alcune energizzazioni di prova allo scopo di tarare i parametri di amplificazioni dei singoli canali di registrazione.

Effettuata la taratura della strumentazione si è proceduto alla prospezione sismica M.A.S.W. in modo tale che, dopo ogni energizzazione (o somma di energizzazioni) su ciascun punto d'impatto prestabilito, si è acquisito e registrato il segnale sul sismografo per la successiva elaborazione. L'istante di tempo zero, ovvero il segnale d'inizio registrazione, è stato inviato allo strumento da uno shock-sensor (trigger) posto direttamente sul terreno.

La sorgente per l'energizzazione è stata posta ad una distanza ottimale dagli ultimi geofoni (Optimum Field Parameters of an MASW Survey", Park et al., 2005; Dal Moro, 2008).

Nello specifico è stata realizzata n.1 linea sismica M.A.S.W. le cui caratteristiche geometriche e di configurazione sono riportate nella Tab. 1.

<i>Prospezione sismica</i>	<i>Lunghezza dello stendimento (m)</i>	<i>Offset (m)</i>
<i>MASW n.1</i>	<i>36</i>	<i>3</i>
<i>MASW n.2</i>	<i>36</i>	<i>3</i>
<i>MASW n.3</i>	<i>36</i>	<i>3</i>
<i>MASW n.4</i>	<i>36</i>	<i>3</i>

Tab. 1 – Riepilogo caratteristiche delle fasi di acquisizione relative agli stendimenti geofonici messi in opera.

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con appositi programmi per la determinazione della sismo-stratigrafia del sottosuolo e della Vs30.

## 5. ELABORAZIONE DATI

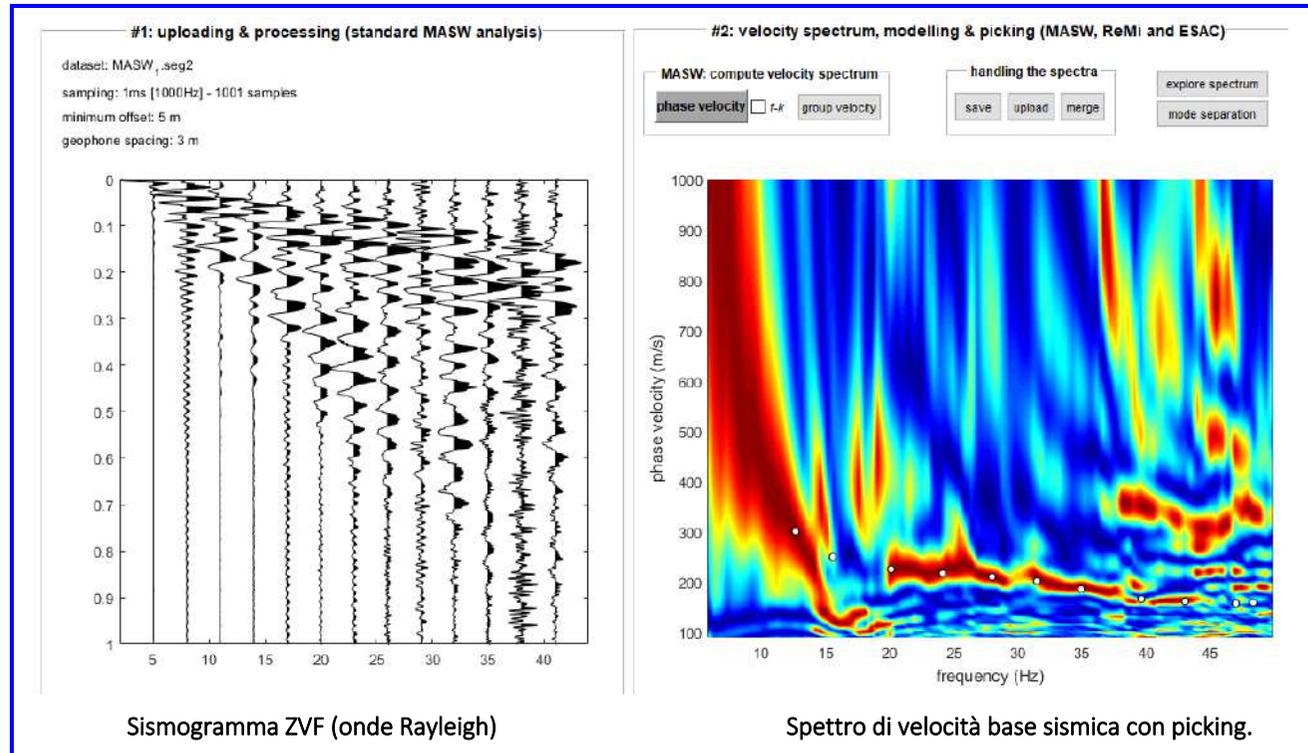
I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'elaborazione e successiva interpretazione attraverso l'utilizzo del software WinMasw lite della Eliosoft con numero di serie 0X3109A511

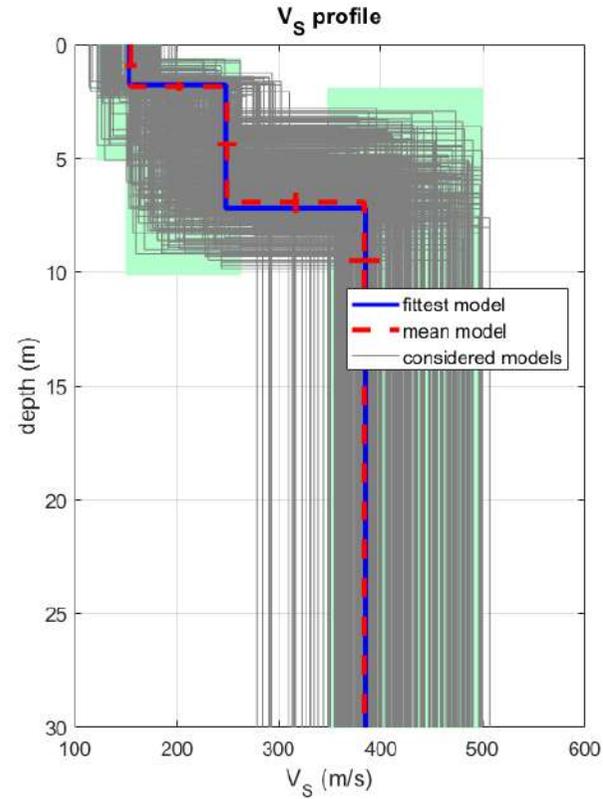
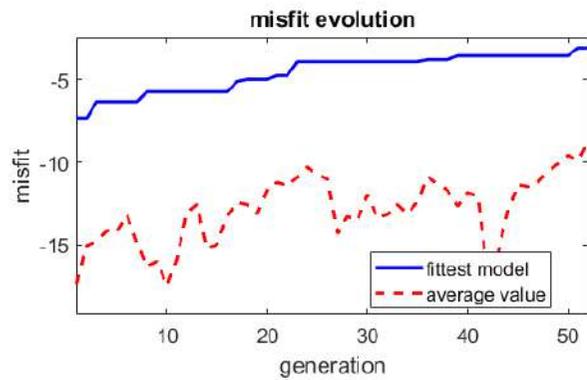
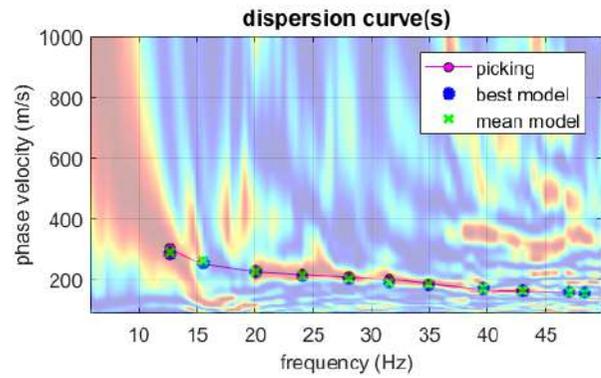
Operativamente sono state completate le seguenti operazioni:

1. Visualizzazione e filtraggio della registrazione;
2. Estrazione e visualizzazione della curva di dispersione;
3. Picking della curva di dispersione;
4. Calcolo del profilo (1D) di velocità delle onde di taglio Vs con la profondità.

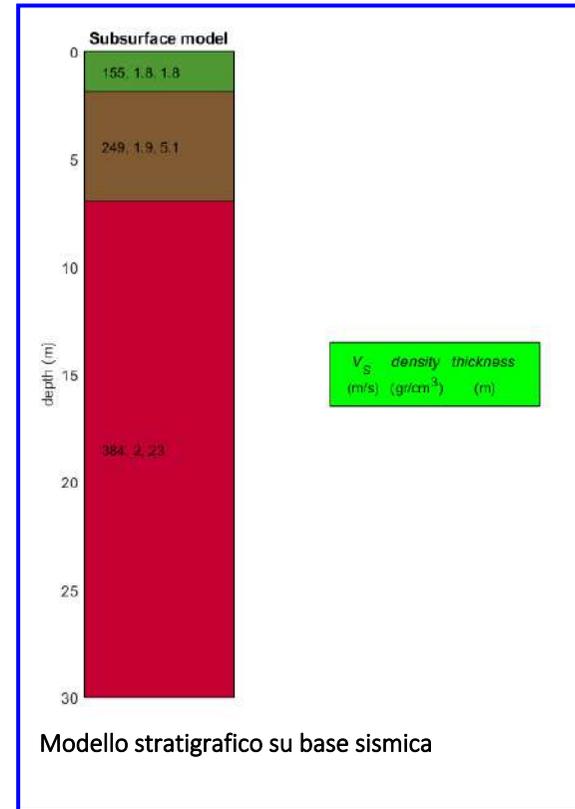
L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocityfrequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica effettuata.

## 6 - LABORAZIONE MASW 1





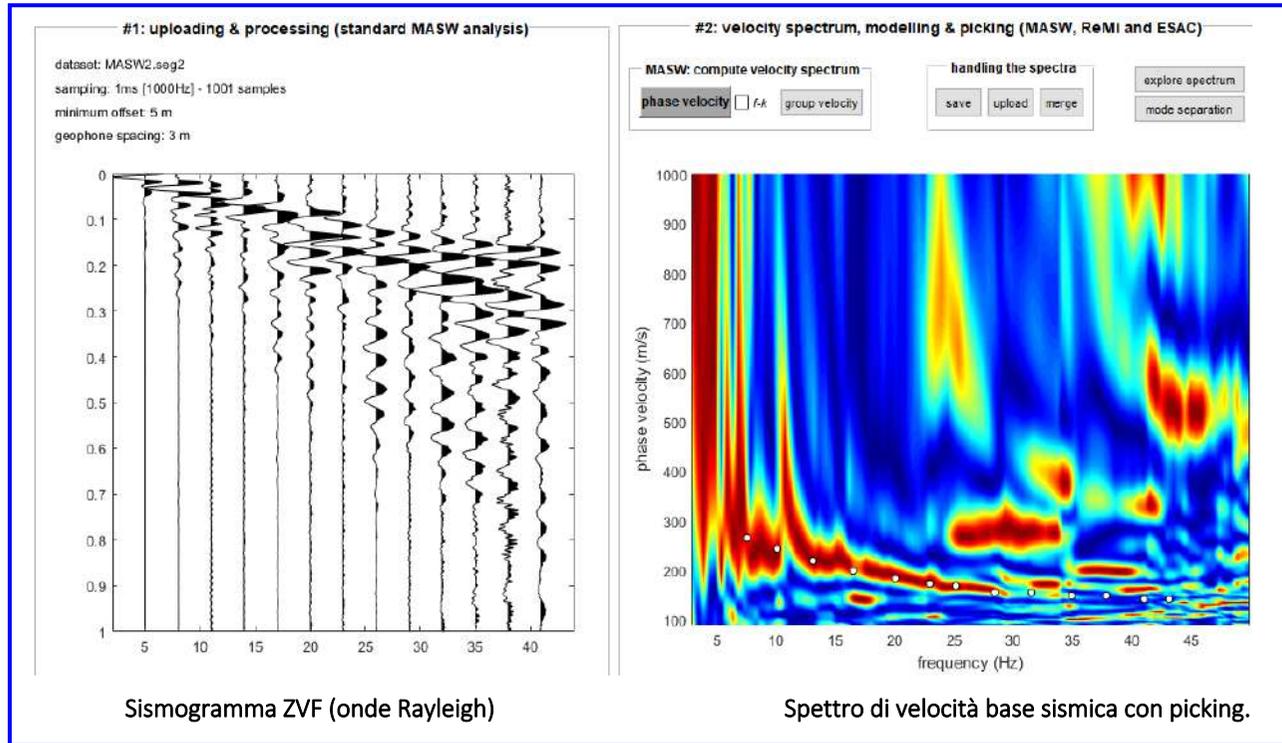
dataset: MASW\_1.seg2  
 dispersion curve: MASW 1 - Furci (loc. Morge).cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 324 324 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 325 325 m/s

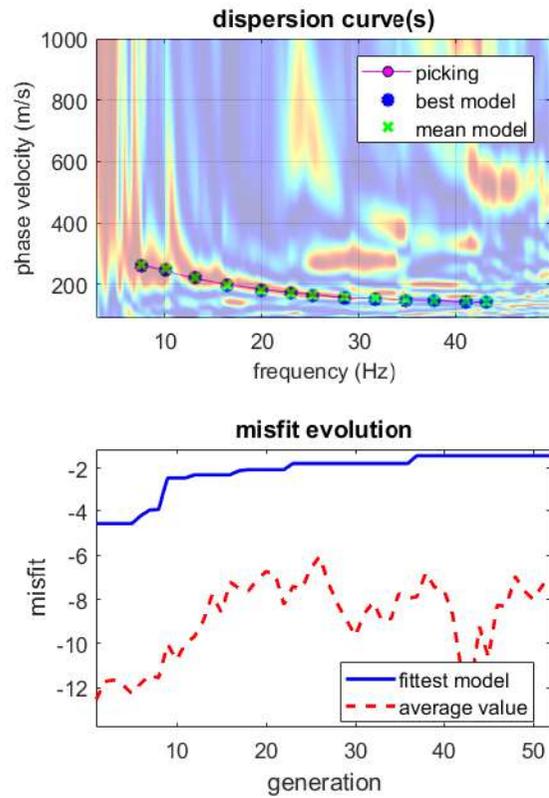


Modello stratigrafico su base sismica

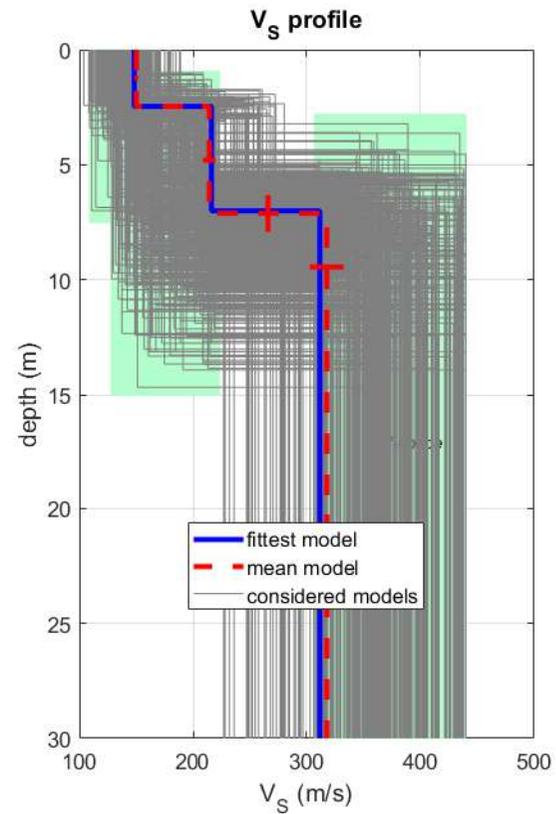
Diagramma delle velocità Vs riferite ai vari strati intercettati

## 7 - LABORAZIONE MASW 2

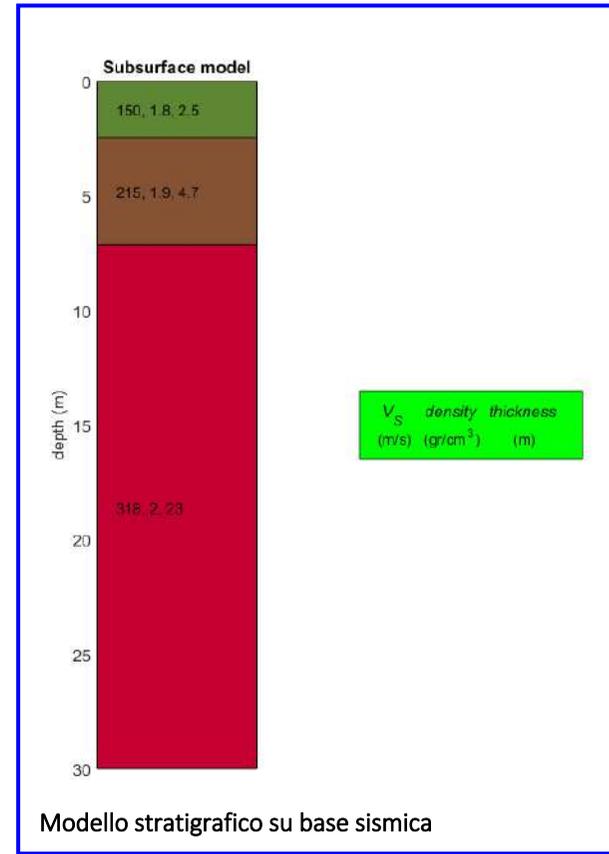




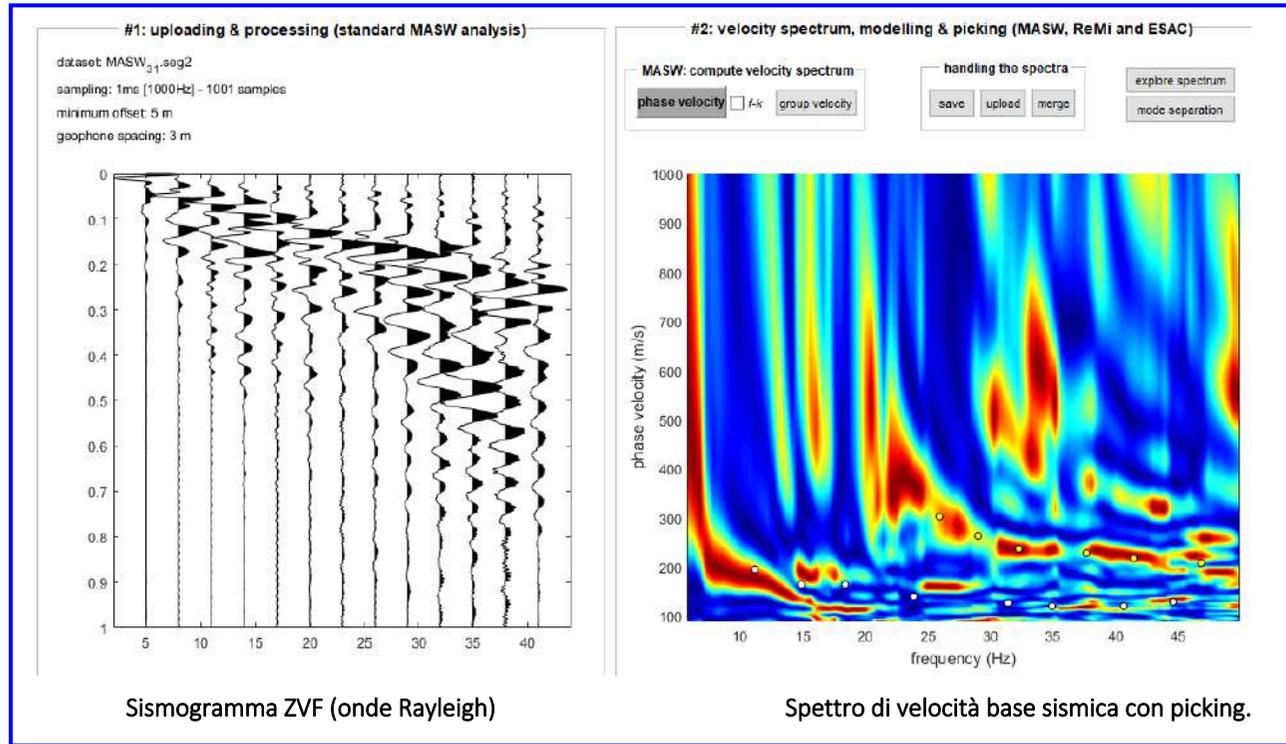
[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

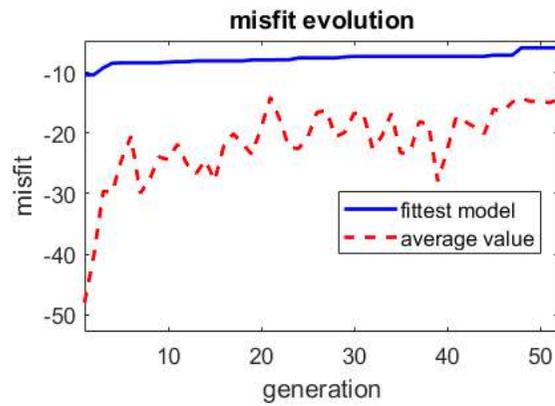
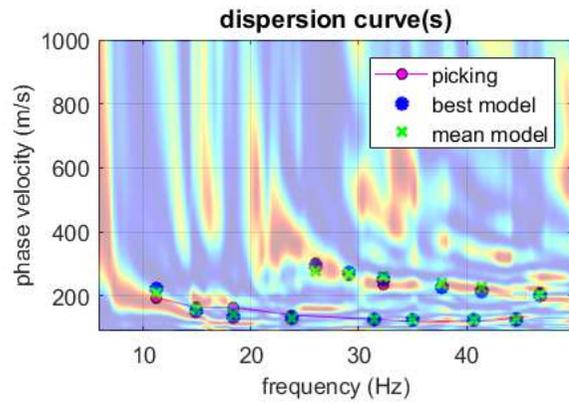


dataset: MASW2.seg2  
 dispersion curve: MASW 2- Furci (loc. Morge).cdp  
 $V_{s30}$  &  $V_{sE}$  (best model): 270 270 m/s  
 $V_{s30}$  &  $V_{sE}$  (mean model): 273 273 m/s

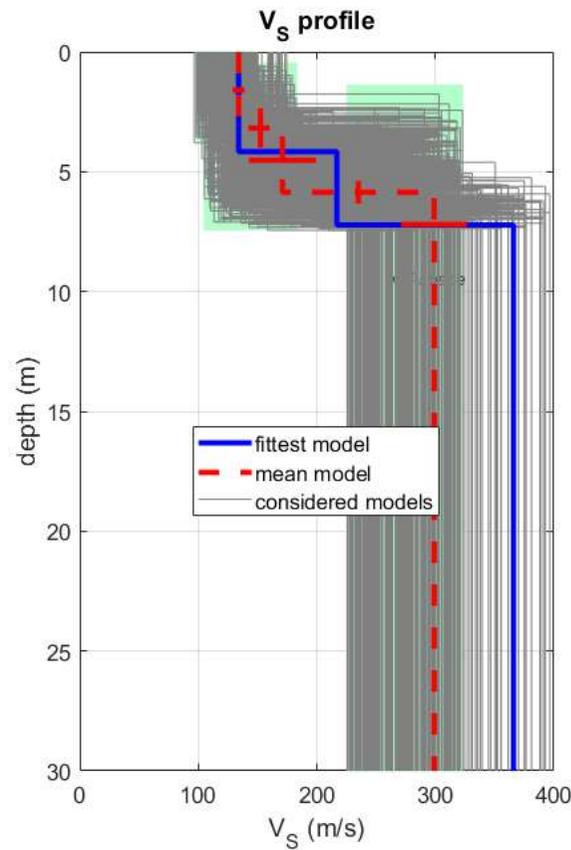


## 8 - LABORAZIONE MASW 3

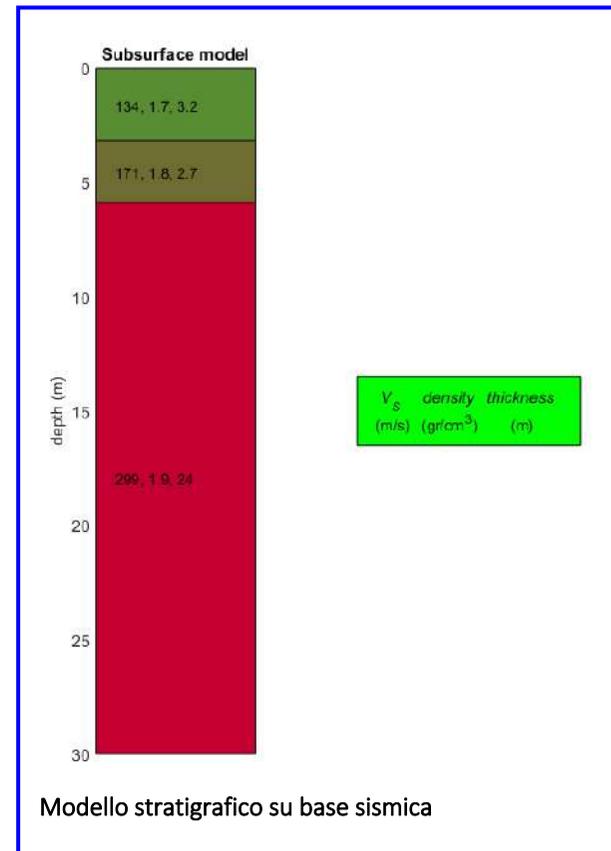




[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

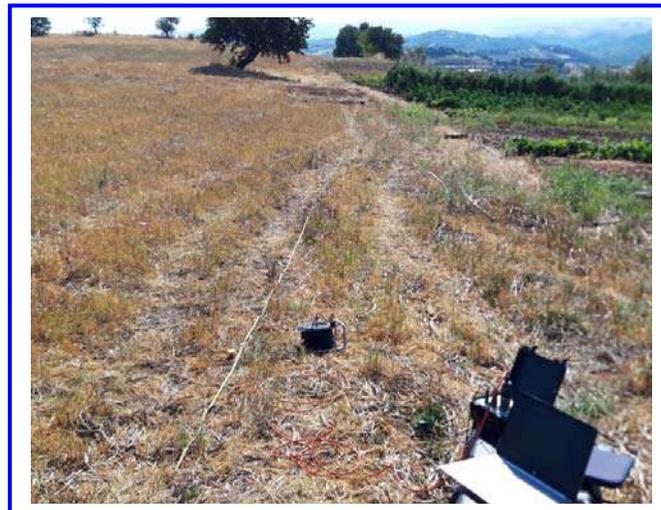
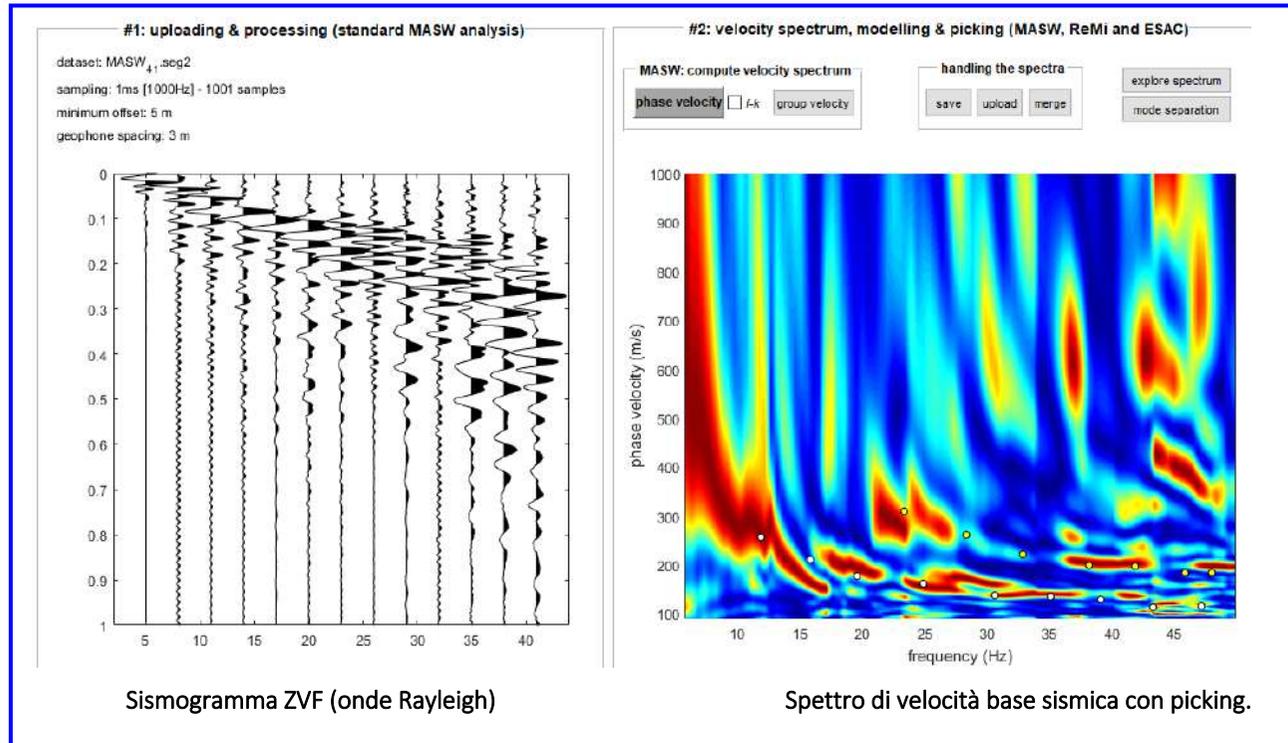


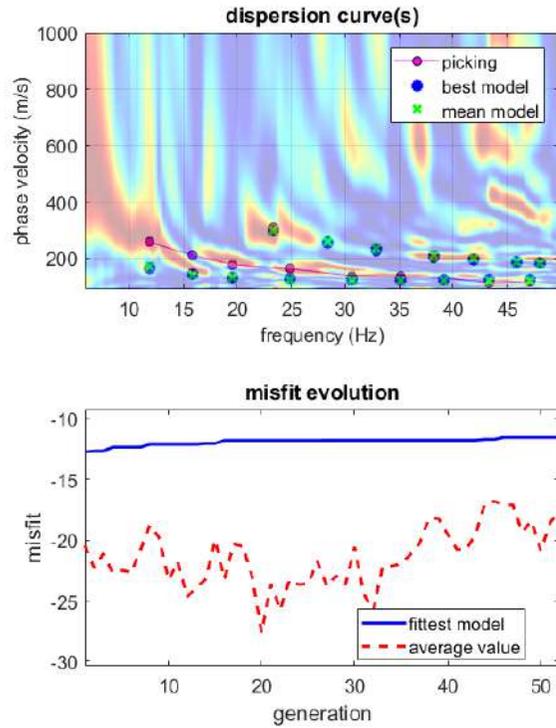
dataset: MASW\_3\_1.seg2  
 dispersion curve: MASW 3- Furci (loc. Morge).cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 279 279 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 250 250 m/s



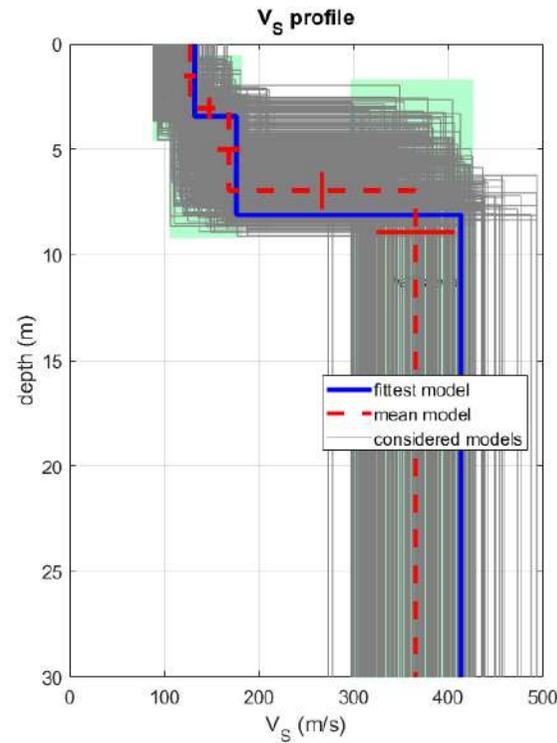
Modello stratigrafico su base sismica

### 9 - LABORAZIONE MASW 4

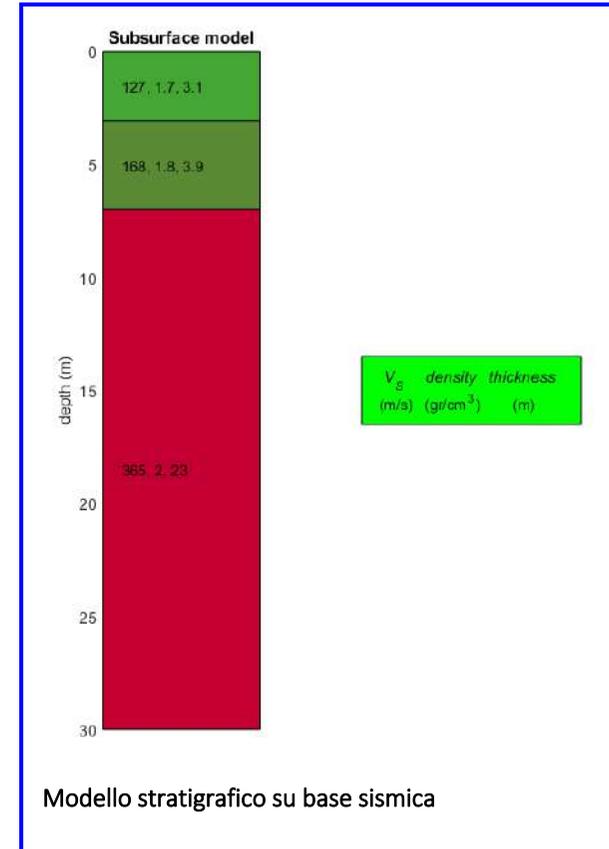




www.winmasw.com



dataset: MASW\_4\_1.seg2  
 dispersion curve: MASW 3- Furci (loc. Morge).cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 284 284 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 272 272 m/s



## 10 - INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

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:

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

Dove

- $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- **$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.**

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella espressione precedente e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Trovandoci nel caso specifico nella condizione stratigrafica di substrato sismico posto a profondità superiore ai 30 metri la categoria di sottosuolo viene calcolata riferendoci ai valori di velocità delle onde di taglio mediate, sui primi 30 metri di terreno ( $V_{S30}$ ).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, definiscono una serie di categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (tab.2).

Categoria di suolo	Caratteristiche della superficie topografica
A	<b><i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i></b> 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	<b><i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i></b> , 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	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i></b> 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	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i></b> , 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	<b><i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i></b> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 2 – Categorie di Suoli di fondazione (D.M. 17 gennaio 2018)

<i>Prospezione sismica</i>	<i>V<sub>S30</sub></i> <i>(m/s)</i>	<i>Categoria Suoli di</i> <i>Fondazione (0-30m)</i> <i>(D.M. 17/01/2018)</i>
MASW 1	[324-325]	C
MASW 2	[270-273]	C
MASW 3	[250-279]	C
MASW 4	[272-284]	C

Tab. 3 – Categoria Suolo di fondazione ottenuta dalla prospezione sismica MASW effettuata.

**Categoria di suolo di fondazione 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.

**Categoria topografica T1** = Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Battipaglia, Febbraio 2023

Il tecnico

Dr. Geol. Antonio Senese

The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular official stamp. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOLOGI della Regione Campania - 1958", "dr. geol. Antonio Senese", and "albo n° 1886".

# ALLEGATO IV

*Analisi geotecniche di laboratorio*

---

**Richiedente:** EXPAND S.r.l.

**Proprietario:** SOC. ARAN 1 S.r.l.

**Accettazione:** SETTORE "A" 0567-2022  
**Data** 01-09-2022

**Oggetto:** Prove di laboratorio

**Cantiere:** Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico  
della potenza nominale di 45,994 MW con relative  
opere di connessione rete elettrica nazionale  
FURCI (CH)

Spesimentatore  
Dr. Geol. Davide PAONE



Direttore laboratorio  
Dr. Ing. Danilo LANICO



**Identificazione campione**

DOC PA 8.13/21 ED01/20

**SETTORE "A"**

Accettazione: 0567-2022 Prof. Terre: 0891-2022  
 Data: 01-09-2022 Data: 09-09-2022

Richiedente: EXPAND S.r.l.

Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

**IDENTIFICAZIONE DEL TERRENO (ASTM D 2488 -00)**

CARATTERI IDENTIFICATIVI			
Sondaggio P1	Campione C1	Profondità mt da P.C.	1,50-2,00
Massa (Kg)	3,41	Diametro (cm)	8
Condizione del campione estruso	Buone	Lunghezza (cm)	37,00
Classe di qualità	Q5	Tipo Campione	Indisturbato
Data Prelievo:	30-08-2022	Data Prova:	01-09-2022
PROVE DI CONSISTENZA SPEDITIVE			
Pocket Penetrometer Test (kg/cmq)	> 6,0	Pocket Vane test (Kg/cmq)	> 2,0

**CARATTERISTICHE VISIVE**

Limo argilloso-sabbioso molto consistente. Colore marrone-olivastro.

**COLORE (Tavola di Munsell)**

2,5Y 5/3 LIGHT OLIVE BROWN

**FOTO DEL CAMPIONE**



Sperimentatore  
 Dr. Geol. Davide PAONE



## Grandezze indici

Raccomandazioni UNI 10013 - ASTM D 2937 - ASTM D2216  
 DOC PA 8.13/02 - ED 01/20

### Settore "A"

Accettazione n. **0567-2022**  
 del **01-09-2022**

Prof. Terre: **0891-2022**  
 Data: **09-09-2022**

Richiedente: **EXPAND S.r.l.**

Proprietario: **SOC. ARAN 1 S.r.l.**

Cantiere: **Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)**

### Identificativo campione

Sondaggio	Campione	Profondità mt pc	Tipo campione
P1	C1	1,50-2,00	Indisturbato
Data prelievo:	30-08-2022	Data prova:	01-09-2022
Classe di Qualità:	Q5		

### Espressione dei risultati

Grandezze rilevate in laboratorio		Valori		Unita di misura	Valori medi
		1°	2°		
Gn	Peso volume naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-2:2005)	1,83	1,84	g/cmc	1,83
G	Peso specifico dei granuli (UNI 10013)	2,68	2,69	g/cmc	2,69
W	Contenuto di acqua naturale (ASTM 2216)	15,79	15,29	%	15,54

### Grandezze derivate analiticamente

Gd	Peso volume secco	1,58	1,59	g/cmc	1,59
P	Porosità	41,10	40,75	%	40,92
e	Indice dei vuoti	0,70	0,69	---	0,69
S	Grado di saturazione	60,66	59,79	%	60,23
Gs	Peso volume saturo	1,99	2,00	g/cmc	2,00
G'	Peso volume sommerso	0,99	1,00	g/cmc	1,00

Spesimentatore  
 Dr. Geol. Gabriele PAONE

Direttore laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

**Prova di Taglio diretto**

DOC PA 8.13/6-3 - ED 01/20

ASTM D3080-98

**Settore "A"**

Accettazione n. 0567-2022  
 del 01-09-2022

Prof.Terre: 0891-2022  
 Data: 09-09-2022  
 Pagina: 1

Richiedente: EXPAND S.r.l.

Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITA'	TIPO CAMPIONE	CLASSE QUALITA'
P1	C1	1,50-2,00	Indisturbato	Q5
Data Prelievo:	30-08-2022	Data Prova:	01-09-2022	

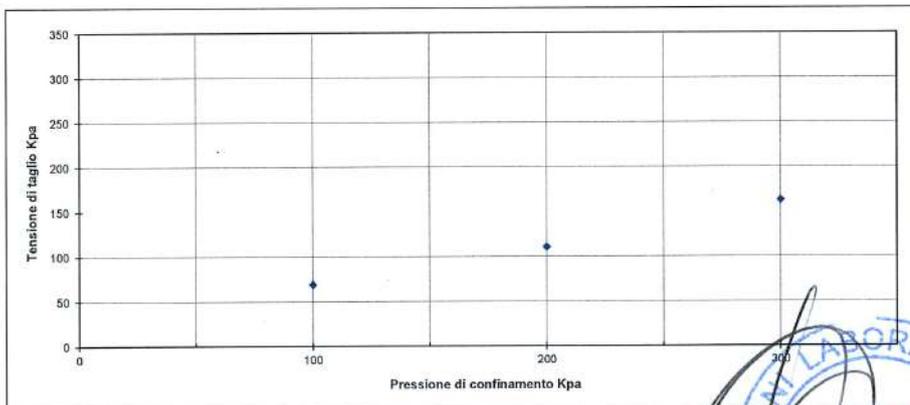
N° MACCHINE DI TAGLIO		
10	11	12

TIPO DI PROVA	Consolidata drenata
VELOCITA' DI PROVA	0,02 mm/min
GEOMETRIA PROVINO	SCATOLA A SEZIONE QUADRATA DI LATO 60X60 mm

**Parametri meccanici a rottura**

	Pressione di consolid.	Unità di misura	Consolidazione (ore)	Pressione di rottura	Unità di misura
Provino 1	100	kPa	24	68,6	kPa
Provino 2	200	kPa	24	110,4	kPa
Provino 3	300	kPa	24	162,7	kPa

	Peso volume naturale			Contenuto d'acqua naturale			Altezza provino		
	Iniziale	Finale	Unità di misura	Iniziale	Finale	Unità di misura	Iniziale	Finale	Unità di misura
Provino 1	1,83	1,85	g/cm <sup>3</sup>	16,35	15,98	%	20,00	19,74	mm
Provino 2	1,84	1,88	g/cm <sup>3</sup>	15,60	15,20	%	20,00	19,43	mm
Provino 3	1,83	1,91	g/cm <sup>3</sup>	15,51	14,95	%	20,00	19,06	mm



Spesimentatore  
 Dr. Geol. Davide PAONE

Direttore laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
 Settore "A"

Richiedente: EXPAND S.r.l.

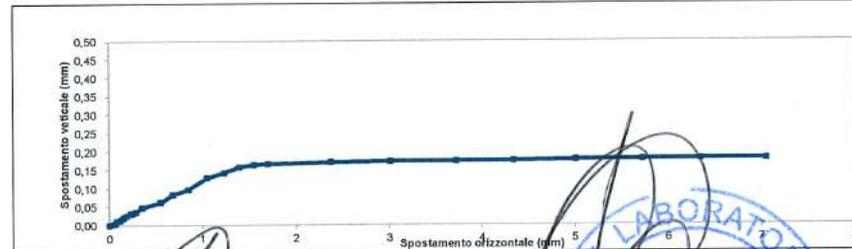
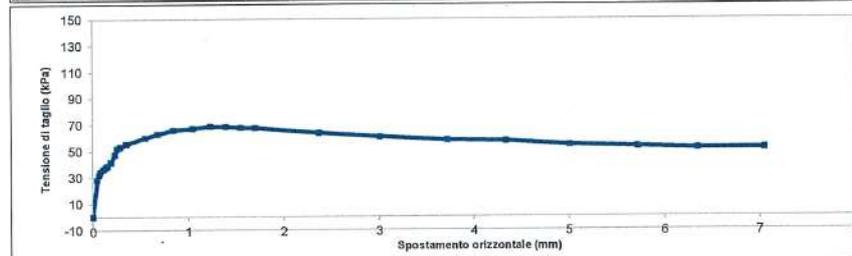
Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

PROVINO 1  $\sigma_v=100$  kPa

Pagina: 2

ELABORAZIONE DATI				
Tempo trascorso (sec)	Forza orizzontale (kg)	Spostamento Orizzontale (mm)	Spostamento Verticale (mm)	Tensione di Taglio (kPa)
0	0,000	0,00	0,000	0,00
960	10,056	0,04	0,002	27,93
1920	11,456	0,07	0,005	31,82
2880	12,317	0,08	0,010	34,22
3840	13,088	0,11	0,013	36,36
4800	13,532	0,13	0,017	37,59
5760	13,859	0,15	0,020	38,50
6720	14,905	0,19	0,025	41,40
7680	17,005	0,23	0,031	47,24
8640	18,635	0,25	0,032	51,76
9600	18,994	0,29	0,036	52,76
10560	19,860	0,35	0,048	55,17
11520	21,583	0,55	0,062	58,95
12480	22,589	0,68	0,082	62,75
13440	23,652	0,85	0,096	65,70
14400	24,092	1,04	0,128	66,92
15360	24,700	1,23	0,141	68,61
16320	24,562	1,39	0,157	68,23
17280	24,330	1,55	0,163	67,58
18240	24,236	1,70	0,165	67,32
19200	22,800	2,37	0,170	63,33
20160	21,745	3,01	0,172	60,40
21120	20,766	3,72	0,173	57,68
22080	20,535	4,34	0,174	57,04
23040	19,465	5,01	0,176	54,07
24000	18,991	5,72	0,177	52,75
25400	18,569	6,35	0,178	51,58
28800	18,504	7,05	0,178	51,40



Esperimentatore  
 Dr. Geol. Daniele PAONE

Direttore laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO



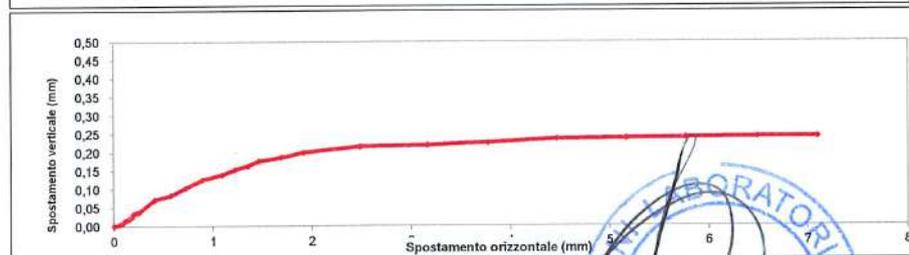
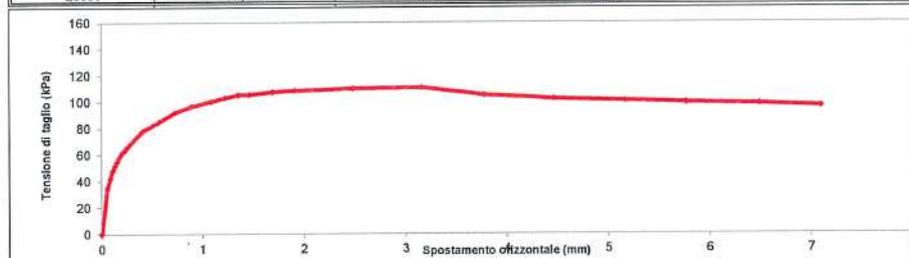
**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
 Settore "A"

**Richiedente:** EXPAND S.r.l.  
**Proprietario:** SOC. ARAN 1 S.r.l.  
**Cantiere:** Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

PROVINO 2  $\sigma_v=200$  kPa

Pagina: 3

ELABORAZIONE DATI				
Tempo trascorso (sec)	Forza orizzontale (kg)	Spostamento Orizzontale (mm)	Spostamento Verticale (mm)	Tensione di Taglio (kPa)
0	0,000	0,00	0,000	0,00
960	12,556	0,05	0,004	34,88
1920	15,218	0,09	0,009	42,27
2880	17,258	0,11	0,014	47,94
3840	18,512	0,13	0,017	51,42
4800	19,729	0,15	0,020	54,80
5760	20,847	0,18	0,024	57,91
6720	21,933	0,20	0,033	60,92
7680	22,724	0,23	0,037	63,12
8640	23,548	0,25	0,038	65,41
9600	27,976	0,41	0,071	77,71
10560	30,534	0,57	0,084	84,82
11520	33,068	0,72	0,104	91,85
12480	34,731	0,89	0,126	96,47
13440	36,039	1,08	0,139	100,11
14400	37,038	1,22	0,153	102,88
15360	37,802	1,35	0,163	105,00
16320	37,920	1,46	0,176	105,33
17280	38,588	1,69	0,186	107,19
18240	38,970	1,91	0,199	108,25
19200	39,507	2,48	0,215	109,74
20160	39,726	3,16	0,219	110,35
21120	37,687	3,77	0,225	104,69
22080	36,745	4,46	0,235	102,07
23040	36,172	5,16	0,237	100,48
24000	35,671	5,76	0,239	99,09
26400	35,313	6,49	0,240	98,09
28800	34,529	7,09	0,241	95,91



Sperimentatore  
 Dr. Geol. Davide PAONE

Direttore Laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Settore "A"

Richiedente: EXPAND S.r.l.

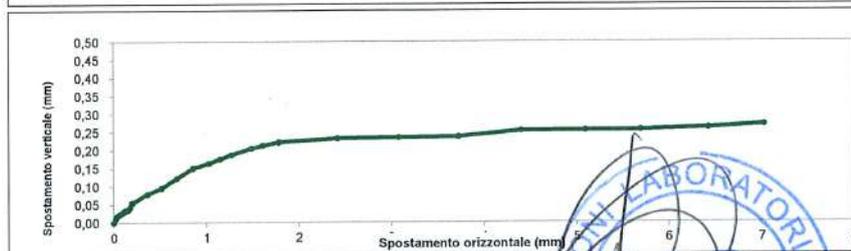
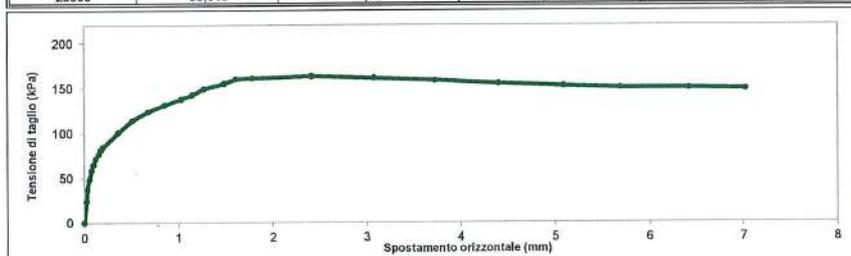
Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

PROVINO 3  $\sigma_v=300$  kPa

Pagina: 4

ELABORAZIONE DATI				
Tempo trascorso (sec)	Forza orizzontale (kg)	Spostamento Orizzontale (mm)	Spostamento Verticale (mm)	Tensione di Taglio (kPa)
0	0,000	0,00	0,000	0,00
960	8,568	0,02	0,010	23,85
1920	13,283	0,03	0,018	36,90
2880	17,345	0,05	0,020	48,18
3840	20,917	0,08	0,024	58,10
4800	23,325	0,10	0,028	64,79
5760	25,801	0,12	0,033	71,11
6720	27,458	0,15	0,036	76,27
7680	29,143	0,17	0,042	80,95
8640	30,303	0,20	0,055	84,18
9600	36,174	0,36	0,079	100,48
10560	41,020	0,51	0,096	113,94
11520	44,449	0,68	0,122	123,47
12480	47,136	0,85	0,150	130,93
13440	49,389	1,03	0,164	137,19
14400	51,190	1,15	0,176	142,19
15360	53,519	1,27	0,187	146,66
16320	55,629	1,48	0,205	154,52
17280	57,423	1,60	0,213	159,51
18240	57,826	1,78	0,222	160,63
19200	58,576	2,41	0,232	162,71
20160	57,851	3,08	0,234	160,70
21120	56,842	3,72	0,237	157,89
22080	55,667	4,40	0,253	154,63
23040	54,579	5,09	0,255	151,61
24000	53,973	5,69	0,256	149,92
26400	53,777	6,42	0,261	149,38
28800	53,348	7,02	0,270	148,19



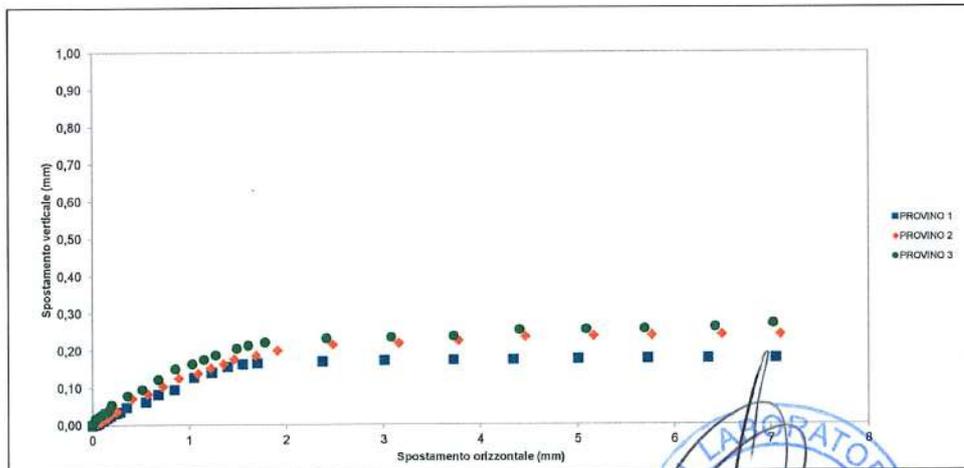
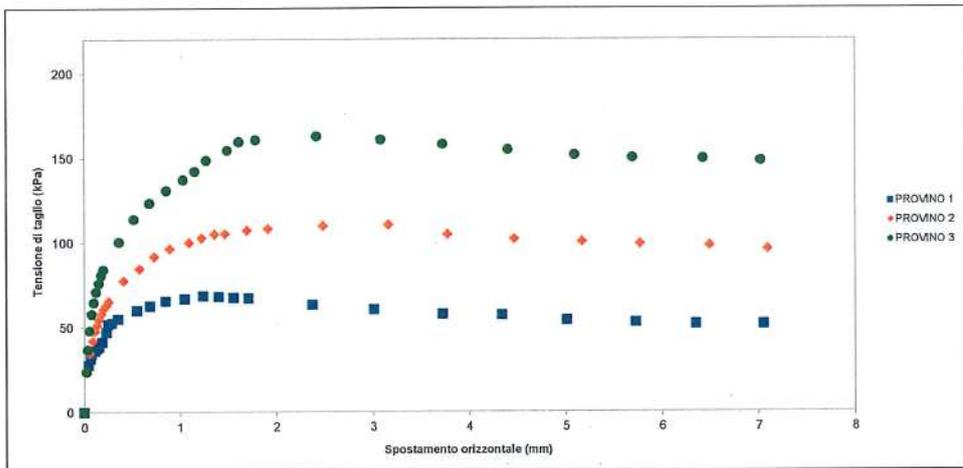
Sperimentatore  
 Dr. Geol. Daniele PAVONE

Direttore laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
 Settore "A"

**Richiedente:** EXPAND S.r.l.  
**Proprietario:** SOC. ARAN 1 S.r.l.  
**Cantiere:** Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

Pagina: 5



**Spesimentatore**  
 Dr. Geol. Davide FAONE

**Direttore Laboratorio**  
 Dr. Ing. Tullio PANICO



## Prova di Taglio diretto

Richiedente: EXPAND S.r.l.

Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

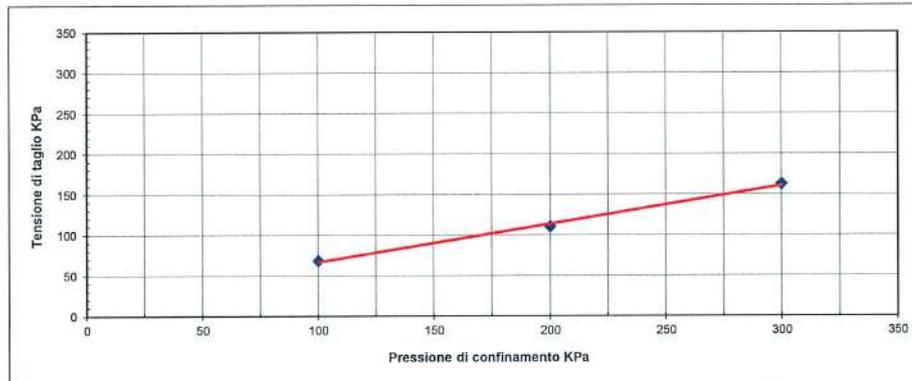
Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITA' (m)	TIPO CAMPIONE	CLASSE QUALITA'
P1	C1	1,50-2,00	Indisturbato	Q5

TIPO DI PROVA	Consolidata drenata
VELOCITA' DI PROVA	0,02 mm/min

### Parametri meccanici a rottura

	Pressione di consolid.	Unita' di misura	Consolidazione (ore)	Pressione di rottura	Unita di misura
Provino 1	100	KPa	24	68,6	KPa
Provino 2	200	KPa	24	110,4	KPa
Provino 3	300	KPa	24	162,7	KPa



Risultati:

$\Phi'$ =	25,2 °
$c'$ =	19,8 KPa

**Identificazione campione**

DOC PA 8.13/21 ED01/20

**SETTORE "A"**

Accettazione: 0567-2022  
 Data: 01-09-2022

Prof. Terre: 0892-2022  
 Data: 09-09-2022

Richiedente: EXPAND S.r.l.

Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

**IDENTIFICAZIONE DEL TERRENO (ASTM D 2488 -00)**

CARATTERI IDENTIFICATIVI			
Sondaggio P4	Campione C2	Profondità mt da P.C.	1,50-2,00
Massa (Kg)	3,71	Diametro (cm)	8
Condizione del campione estruso	Buone	Lunghezza (cm)	40,00
Classe di qualità	Q5	Tipo Campione	Indisturbato
Data Prelievo:	30-08-2022	Data Prova:	02-09-2022
PROVE DI CONSISTENZA SPEDITIVE			
Pocket Penetrometer Test (kg/cmq)	3,6 - 3,9 - 3,7 - 3,9	Pocket Vane test (Kg/cmq)	1,9 - 1,8 - 1,9 - 1,7

**CARATTERISTICHE VISIVE**

Limo argilloso a tratti sabbioso consistente. Colore marrone-olivastro.

**COLORE (Tavola di Munsell)**

2,5Y 5/3 LIGHT OLIVE BROWN

**FOTO DEL CAMPIONE**



Sperimentatore  
 Dr. Geol. Daniele PAONE

Direttore laboratorio  
 Dr. Ing. Fulvio PANICO

## Grandezze indici

Raccomandazioni UNI 10013 - ASTM D 2937 - ASTM D2216

DOC PA 8.13/02 - ED 01/20

### Settore "A"

Accettazione n. **0567-2022**  
 del **01-09-2022**

Prof. Terre: **0892-2022**  
 Data: **09-09-2022**

Richiedente: **EXPAND S.r.l.**

Proprietario: **SOC. ARAN 1 S.r.l.**

Cantiere: **Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)**

### Identificativo campione

Sondaggio	Campione	Profondità mt pc	Tipo campione
P4	C2	1,50-2,00	Indisturbato
Data prelievo:	30-08-2022	Data prova:	02-09-2022
Classe di Qualità:	Q5		

## Espressione dei risultati

Grandezze rilevate in laboratorio		Valori		Unita di misura	Valori medi
		1°	2°		
Gn	Peso volume naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-2:2005)	1,84	1,85	g/cmc	1,85
G	Peso specifico dei granuli (UNI 10013)	2,68	2,69	g/cmc	2,69
W	Contenuto di acqua naturale (ASTM 2216)	19,99	20,84	%	20,41

### Grandezze derivate analiticamente

Gd	Peso volume secco	1,54	1,53	g/cmc	1,53
P	Porosità	42,68	43,02	%	42,85
e	Indice dei vuoti	0,74	0,76	---	0,75
S	Grado di saturazione	71,94	74,24	%	73,10
Gs	Peso volume saturo	1,96	1,96	g/cmc	1,96
G'	Peso volume sommerso	0,96	0,96	g/cmc	0,96

Sperimentatore  
 Dr. Geol. Daniele PAONE

Direttore Laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

**Prova di Taglio diretto**

DOC PA 8.13/6-3 - ED 01/20

ASTM D3080-98

Settore "A"

Accettazione n. 0567-2022  
 del 01-09-2022

Prof.Terre: 0892-2022  
 Data: 09-09-2022  
 Pagina: 1

Richiedente: EXPAND S.r.l.

Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITA'	TIPO CAMPIONE	CLASSE QUALITA'
P4	C2	1,50-2,00	Indisturbato	Q5
Data Prelievo:	30-08-2022	Data Prova:	02-09-2022	

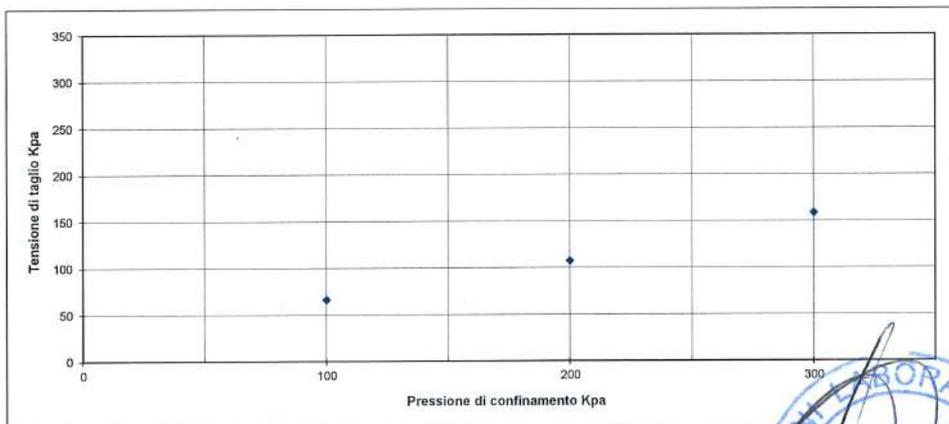
N° MACCHINE DI TAGLIO		
3	4	5

TIPO DI PROVA	Consolidata drenata
VELOCITA' DI PROVA	0,02 mm/min
GEOMETRIA PROVINO	SCATOLA A SEZIONE QUADRATA DI LATO 60X60 mm

**Parametri meccanici a rottura**

	Pressione di consolid.	Unità di misura	Consolidazione (ore)	Pressione di rottura	Unità di misura
Provino 1	100	kPa	24	66,1	kPa
Provino 2	200	kPa	24	107,3	kPa
Provino 3	300	kPa	24	158,5	kPa

	Peso volume naturale			Contenuto d'acqua naturale			Altezza provino		
	Iniziale	Finale	Unità di misura	Iniziale	Finale	Unità di misura	Iniziale	Finale	Unità di misura
Provino 1	1,84	1,87	g/cm <sup>3</sup>	19,83	19,03	%	20,00	19,54	mm
Provino 2	1,85	1,91	g/cm <sup>3</sup>	21,08	19,97	%	20,00	19,23	mm
Provino 3	1,85	1,96	g/cm <sup>3</sup>	20,14	18,50	%	20,00	18,64	mm



Sperimentatore  
 Dr. Geol. Davide PAONE

Direttore laboratorio  
 Dr. Ing. Fabio PANICO



MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P4	Tipo di campione	***
Numero Campione	C2	Orientazione provino	Verticale

<b>PROVINO 1</b>	<b>Pressione verticale (kPa)</b>	<b>100</b>
------------------	----------------------------------	------------

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo trascorso (mins)	Spostamento verticale (mm)	Spostamento orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Spostamento verticale (mm)	Spostamento orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
16,00	0,016	0,04	33,6	0,016	0,04	33,6	9,3
32,00	0,043	0,24	97,4	0,043	0,24	97,4	27,1
48,00	0,062	0,39	123,8	0,062	0,39	123,8	34,4
64,00	0,081	0,53	136,7	0,081	0,53	136,7	38,0
80,00	0,102	0,80	156,6	0,102	0,80	156,6	43,5
96,00	0,115	1,12	174,3	0,115	1,12	174,3	48,4
112,00	0,123	1,42	190,4	0,123	1,42	190,4	52,9
128,00	0,136	1,74	203,8	0,136	1,74	203,8	56,6
144,00	0,144	1,99	216,8	0,144	1,99	216,8	60,2
160,00	0,153	2,34	224,8	0,153	2,34	224,8	62,4
176,00	0,163	2,68	228,7	0,163	2,68	228,7	63,5
192,00	0,172	3,16	234,1	0,172	3,16	234,1	65,0
208,00	0,177	3,46	238,0	0,177	3,46	238,0	66,1
224,00	0,182	3,85	235,8	0,182	3,85	235,8	65,5
240,00	0,187	4,21	231,1	0,187	4,21	231,1	64,2
256,00	0,189	4,65	224,6	0,189	4,65	224,6	62,4
272,00	0,191	5,00	221,4	0,191	5,00	221,4	61,5
288,00	0,192	5,35	218,1	0,192	5,35	218,1	60,6
304,00	0,193	5,67	217,4	0,193	5,67	217,4	60,4
320,00	0,194	6,08	216,6	0,194	6,08	216,6	60,2
336,00	0,195	6,49	213,0	0,195	6,49	213,0	59,2
352,00	0,196	6,79	211,9	0,196	6,79	211,9	58,9
368,00	0,197	7,12	210,5	0,197	7,12	210,5	58,5

**Sperimentatore**  
Dr. Geol. Davide PAONE



Ministero delle Infrastrutture – Concessione Settore A e B

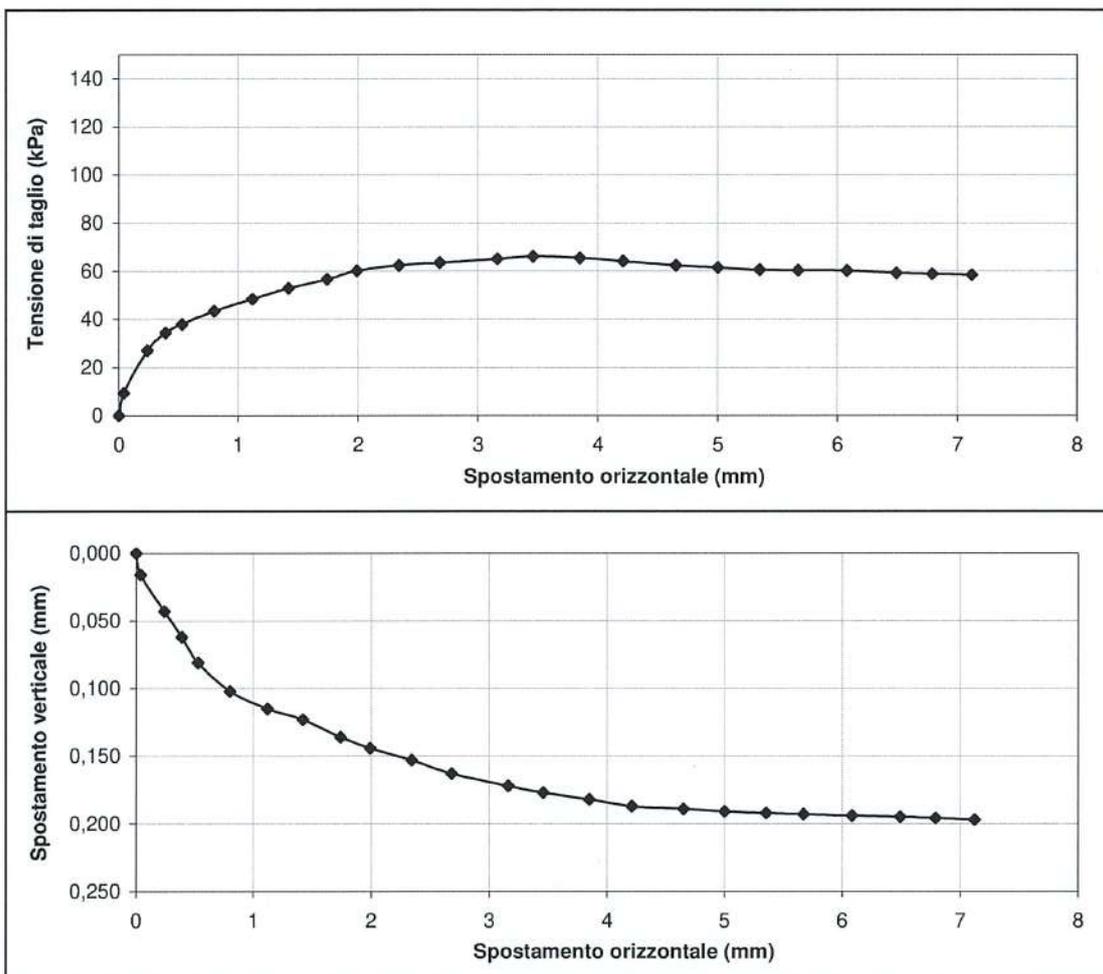
Decreto n° 5895 del 18/06/2018

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO  
 Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P4	Tipo di campione	***
Numero Campione	C2	Orientazione provino	Verticale

<b>PROVINO 1</b>	<b>Pressione verticale (kPa)</b>	<b>100</b>
------------------	----------------------------------	------------



Spesimentatore  
 Dr. Geol. Davide PAONE

Direttore Laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

Ministero delle Infrastrutture – Concessione Settore A e B  
 Decreto n° 5895 del 18/06/2018

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P4	Tipo di campione	***
Numero Campione	C2	Orientazione provino	Verticale

<b>PROVINO 2</b>	<b>Pressione verticale (kPa)</b>	<b>200</b>
------------------	----------------------------------	------------

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo trascorso (mins)	Spostamento verticale (mm)	Spostamento orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Spostamento verticale (mm)	Spostamento orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
16,00	0,015	0,21	87,8	0,015	0,21	87,8	24,4
32,00	0,053	0,34	149,5	0,053	0,34	149,5	41,5
48,00	0,087	0,51	228,2	0,087	0,51	228,2	63,4
64,00	0,117	0,61	266,4	0,117	0,61	266,4	74,0
80,00	0,139	0,79	315,7	0,139	0,79	315,7	87,7
96,00	0,153	0,94	335,3	0,153	0,94	335,3	93,1
112,00	0,162	1,11	348,6	0,162	1,11	348,6	96,8
128,00	0,181	1,46	357,8	0,181	1,46	357,8	99,4
144,00	0,193	1,83	369,3	0,193	1,83	369,3	102,6
160,00	0,199	2,13	376,9	0,199	2,13	376,9	104,7
176,00	0,208	2,51	384,6	0,208	2,51	384,6	106,8
192,00	0,216	2,87	386,3	0,216	2,87	386,3	107,3
208,00	0,219	3,23	384,1	0,219	3,23	384,1	106,7
224,00	0,221	3,58	383,3	0,221	3,58	383,3	106,5
240,00	0,227	4,01	370,5	0,227	4,01	370,5	102,9
256,00	0,229	4,39	367,8	0,229	4,39	367,8	102,2
272,00	0,231	4,68	362,7	0,231	4,68	362,7	100,8
288,00	0,234	5,17	359,1	0,234	5,17	359,1	99,8
304,00	0,236	5,55	355,5	0,236	5,55	355,5	98,8
320,00	0,238	5,90	353,8	0,238	5,90	353,8	98,3
336,00	0,239	6,21	352,9	0,239	6,21	352,9	98,0
352,00	0,243	6,58	350,8	0,243	6,58	350,8	97,4
368,00	0,246	7,01	350,5	0,246	7,01	350,5	97,4

**Sperimentatore**  
Dr. Geol. Davide PAONE

**Direttore Laboratorio**  
Dr. Ing. Tullio PANICO

Ministero delle Infrastrutture – Concessione Settore A e B

Decreto n° 5895 del 18/06/2018

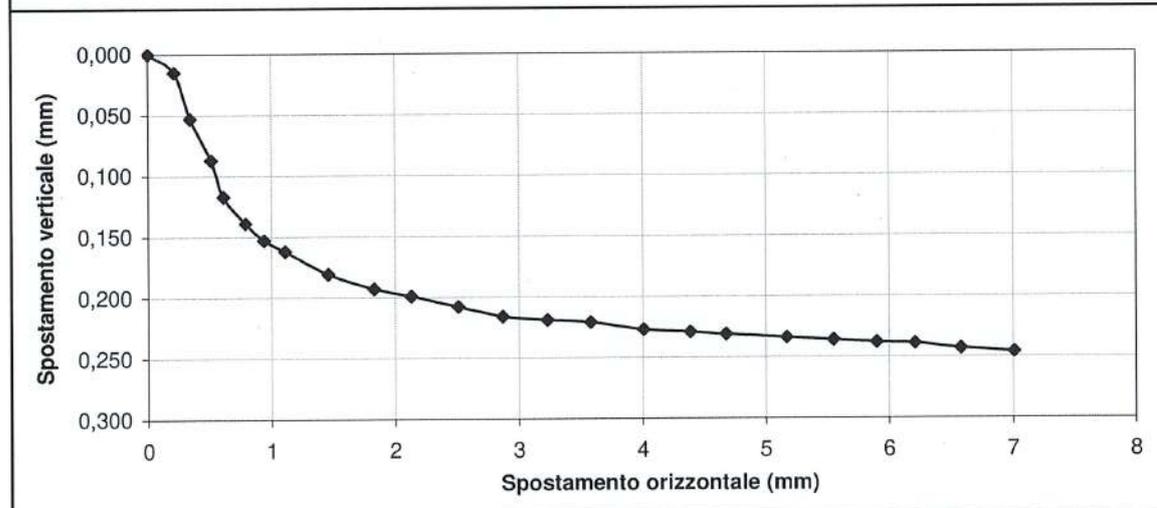
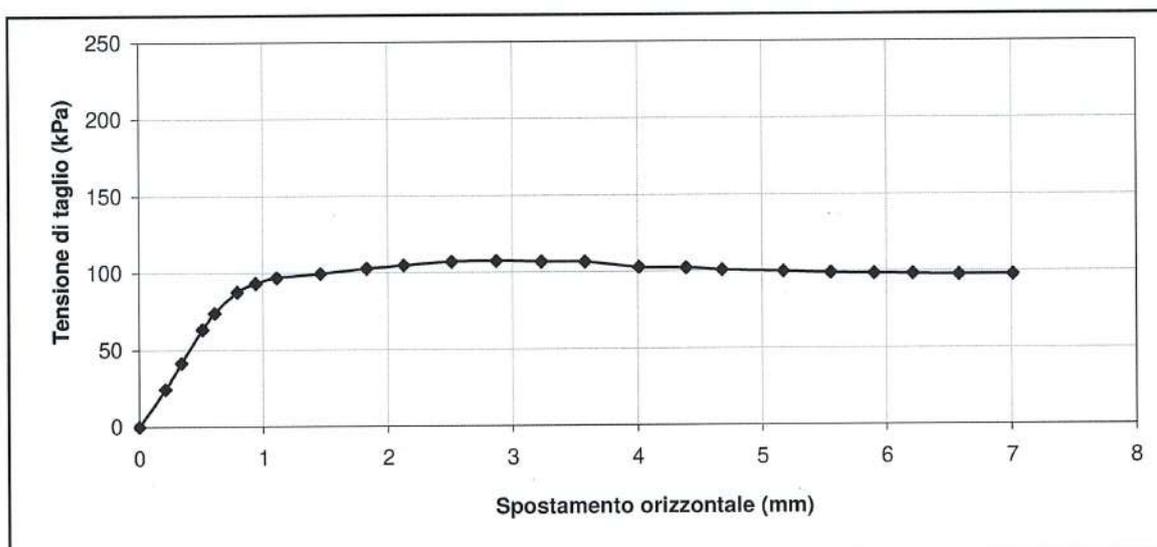
MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P4	Tipo di campione	***
Numero Campione	C2	Orientazione provino	Verticale

<b>PROVINO 2</b>	<b>Pressione verticale (kPa)</b>	<b>200</b>
------------------	----------------------------------	------------



**Sperimentatore**  
 Dr. Geol. Davide PAONE

**Direttore Laboratorio**  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

Ministero delle Infrastrutture – Concessione Settore A e B

Decreto n° 5895 del 18/06/2018

Circolare Ministeriale n° 7618/STC del 08/09/2010

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P4	Tipo di campione	***
Numero Campione	C2	Orientazione provino	Verticale

<b>PROVINO 3</b>	<b>Pressione verticale (kPa)</b>	<b>300</b>
------------------	----------------------------------	------------

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo trascorso (mins)	Spostamento verticale (mm)	Spostamento orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Spostamento verticale (mm)	Spostamento orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
16,00	0,009	0,16	125,0	0,009	0,16	125,0	34,7
32,00	0,049	0,30	218,2	0,049	0,30	218,2	60,6
48,00	0,071	0,51	288,6	0,071	0,51	288,6	80,2
64,00	0,092	0,87	370,6	0,092	0,87	370,6	102,9
80,00	0,119	1,28	438,0	0,119	1,28	438,0	121,7
96,00	0,133	1,61	464,3	0,133	1,61	464,3	129,0
112,00	0,145	1,91	488,4	0,145	1,91	488,4	135,7
128,00	0,163	2,23	515,0	0,163	2,23	515,0	143,1
144,00	0,172	2,49	539,5	0,172	2,49	539,5	149,9
160,00	0,186	2,83	548,0	0,186	2,83	548,0	152,2
176,00	0,196	3,18	567,1	0,196	3,18	567,1	157,5
192,00	0,201	3,47	570,6	0,201	3,47	570,6	158,5
208,00	0,213	3,83	564,5	0,213	3,83	564,5	156,8
224,00	0,223	4,10	548,4	0,223	4,10	548,4	152,3
240,00	0,231	4,43	538,4	0,231	4,43	538,4	149,6
256,00	0,237	4,80	535,6	0,237	4,80	535,6	148,8
272,00	0,245	5,09	533,3	0,245	5,09	533,3	148,1
288,00	0,249	5,41	531,4	0,249	5,41	531,4	147,6
304,00	0,259	5,78	527,7	0,259	5,78	527,7	146,6
320,00	0,269	6,19	527,5	0,269	6,19	527,5	146,5
336,00	0,289	6,51	526,4	0,289	6,51	526,4	146,2
352,00	0,306	6,83	525,3	0,306	6,83	525,3	145,9
368,00	0,310	7,11	522,7	0,310	7,11	522,7	145,2

Sperimentatore  
Dr. Geol. Davide PAONE



Direttore Laboratorio  
Dr. Ing. Tullio PANICO

Ministero delle Infrastrutture – Concessione Settore A e B

Decreto n° 5895 del 18/06/2018

Circolare Ministeriale n° 7618/STC del 08/09/2010

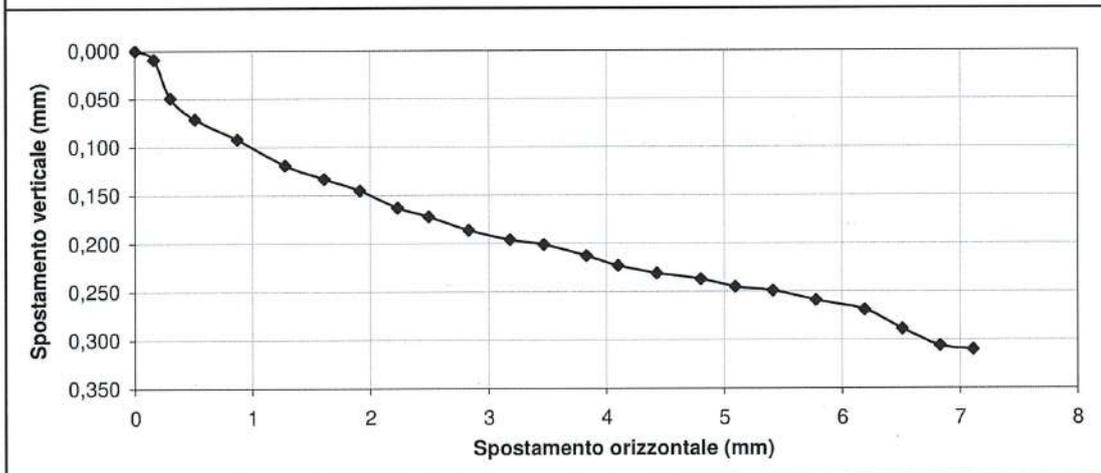
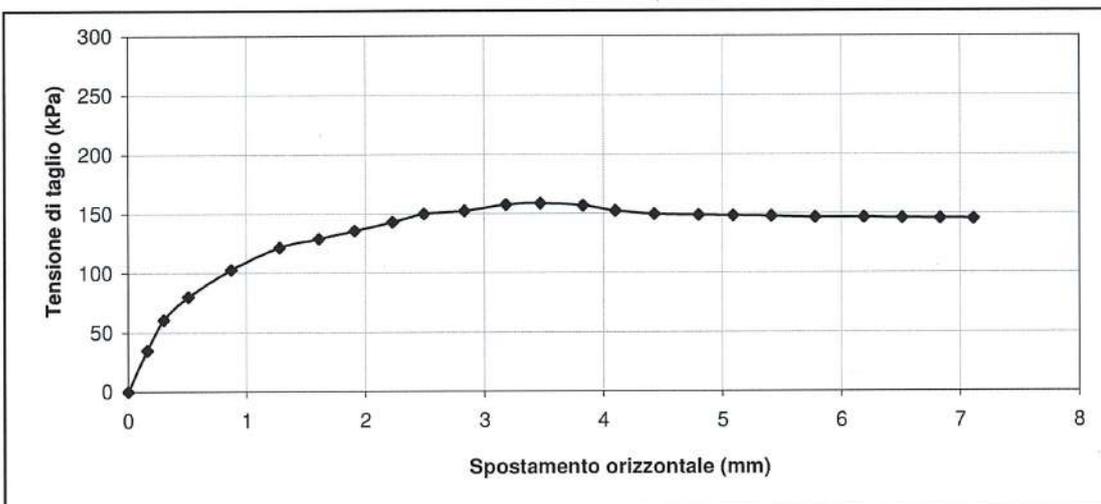
MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P4	Tipo di campione	***
Numero Campione	C2	Orientazione provino	Verticale

PROVINO 3	Pressione verticale (kPa)	300
-----------	---------------------------	-----



Sperimentatore  
 Dr. Geol. Davide PAONE



Ministero delle Infrastrutture – Concessione Settore A e B

Decreto n° 5895 del 18/06/2018

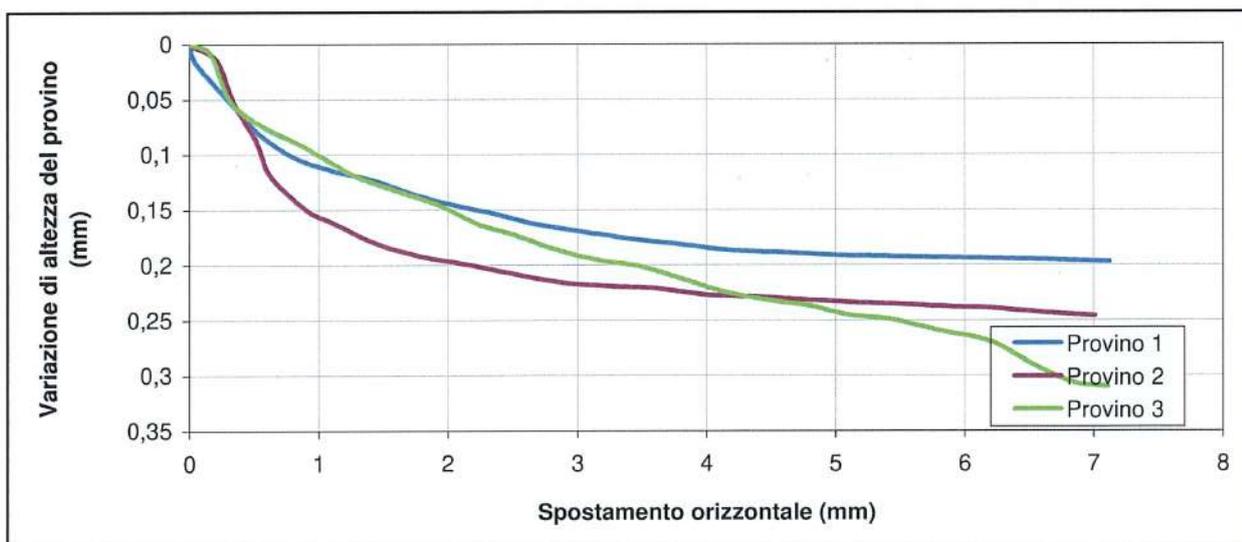
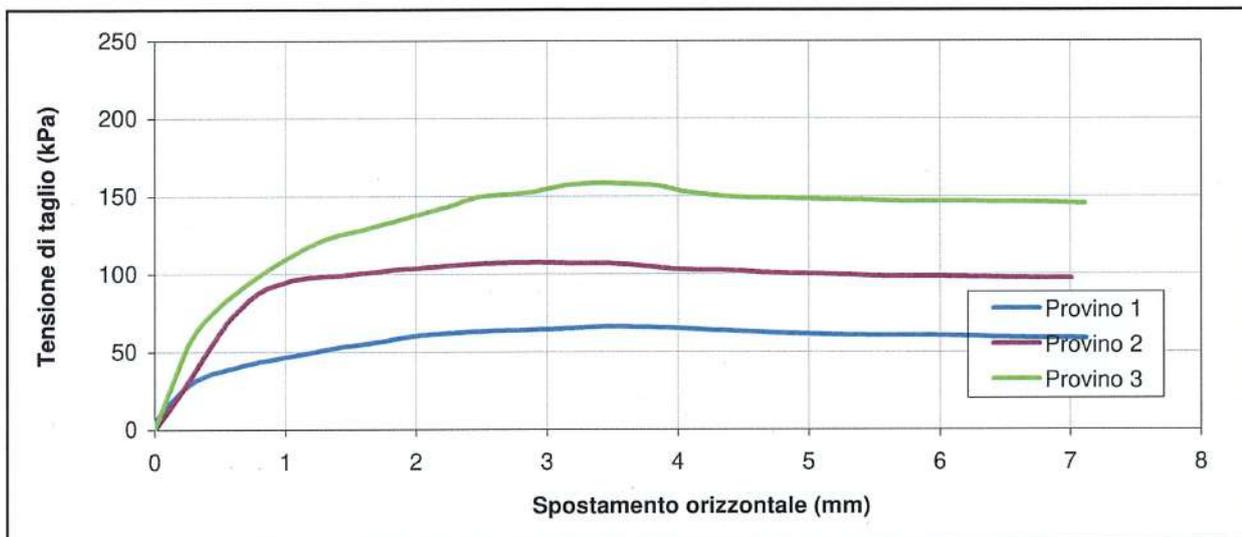
Circolare Ministeriale n° 7618/STC del 08/09/2010

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**RAPPORTO DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

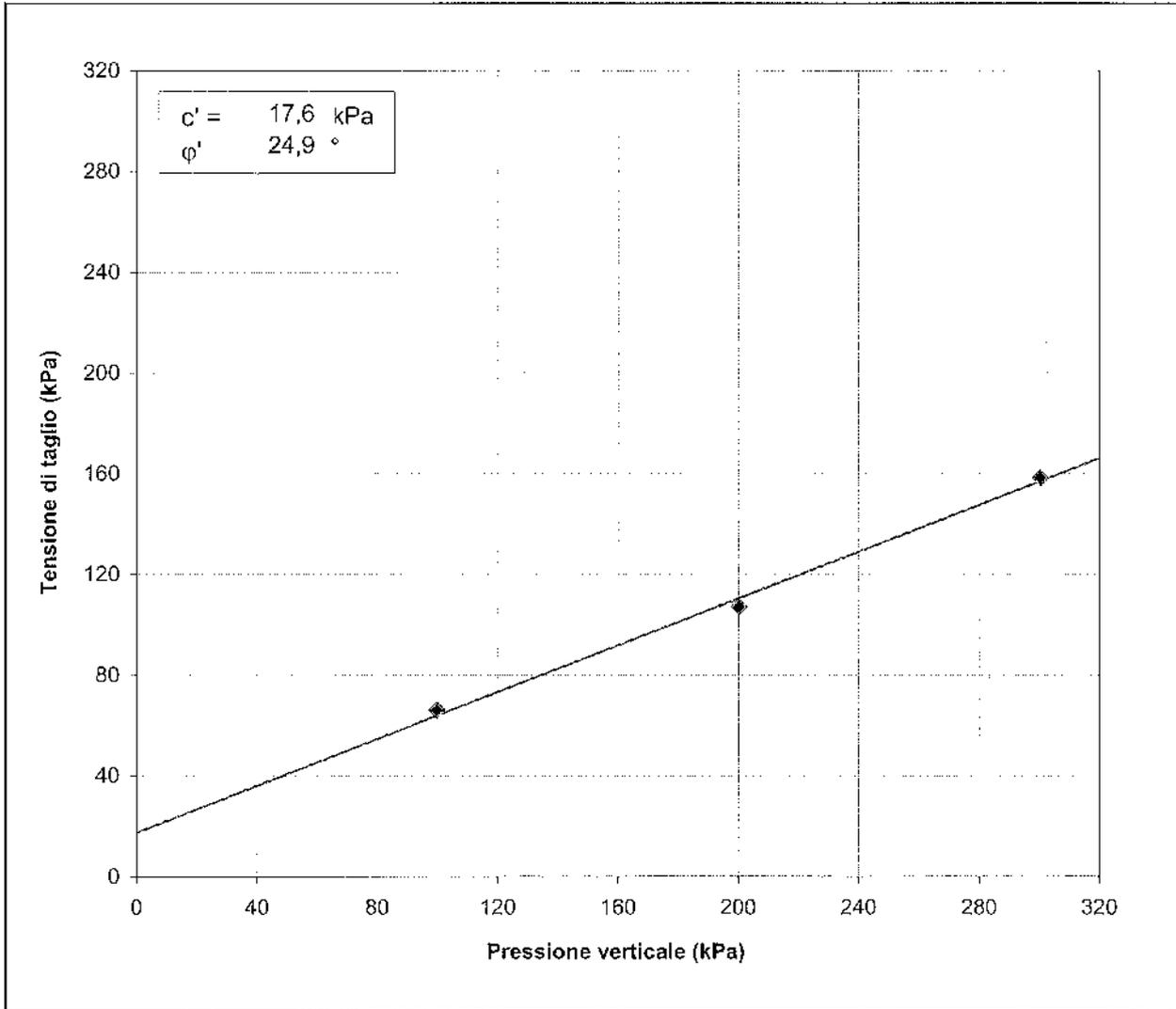
Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P4	Tipo di campione	***
Numero Campione	C2	Orientazione provino	Verticale



Spesimentatore  
 Dr. Geol. Davide PAONE

Direttore Laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO



**Identificazione campione**

DOC PA 8.13/21 ED01/20

**SETTORE "A"**

Accettazione: 0567-2022 Prof. Terre: 0893-2022  
 Data: 01-09-2022 Data: 09-09-2022

Richiedente: EXPAND S.r.l.

Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

**IDENTIFICAZIONE DEL TERRENO (ASTM D 2488 -00)**

CARATTERI IDENTIFICATIVI			
Sondaggio P5	Campione C3	Profondità mt da P.C.	1,50-2,00
Massa (Kg)	3,92	Diametro (cm)	8
Condizione del campione estruso	Buone	Lunghezza (cm)	41,00
Classe di qualità	Q5	Tipo Campione	Indisturbato
Data Prelievo:	30-08-2022	Data Prova:	02-09-2022
PROVE DI CONSISTENZA SPEDITIVE			
Pocket Penetrometer Test (kg/cmq)	4,2 - 4,0	Pocket Vane test (Kg/cmq)	1,7 - 1,8

**CARATTERISTICHE VISIVE**

Limo argilloso consistente e leggermente plastico. Colore marrone-olivastro.

**COLORE (Tavola di Munsell)**

2,5Y 4/3 OLIVE BROWN

**FOTO DEL CAMPIONE**



Spesimentatore  
 Dr. Geol. Paolo PAONE



## Grandezze indici

Raccomandazioni UNI 10013 - ASTM D 2937 - ASTM D2216

DOC PA 8.13/02 - ED 01/20

### Settore "A"

Accettazione n. **0567-2022**  
 del **01-09-2022**

Prof. Terre: **0893-2022**  
 Data: **09-09-2022**

Richiedente: **EXPAND S.r.l.**

Proprietario: **SOC. ARAN 1 S.r.l.**

Cantiere: **Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)**

### Identificativo campione

Sondaggio	Campione	Profondità mt pc	Tipo campione
P5	C3	1,50-2,00	Indisturbato
Data prelievo:	<b>30-08-2022</b>	Data prova:	<b>02-09-2022</b>
Classe di Qualità:	<b>Q5</b>		

## Espressione dei risultati

Grandezze rilevate in laboratorio		Valori		Unità di misura	Valori medi
		1°	2°		
Gn	Peso volume naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-2:2005)	1,90	1,91	g/cmc	<b>1,90</b>
G	Peso specifico dei granuli (UNI 10013)	2,69	2,70	g/cmc	<b>2,70</b>
W	Contenuto di acqua naturale (ASTM 2216)	23,65	22,87	%	<b>23,26</b>

### Grandezze derivate analiticamente

Gd	Peso volume secco	1,53	1,55	g/cmc	<b>1,54</b>
P	Porosità	42,98	42,51	%	<b>42,75</b>
e	Indice dei vuoti	0,75	0,74	---	<b>0,75</b>
S	Grado di saturazione	84,41	83,49	%	<b>83,96</b>
Gs	Peso volume saturo	1,96	1,98	g/cmc	<b>1,97</b>
G'	Peso volume sommerso	0,96	0,98	g/cmc	<b>0,97</b>

Spesimentatore  
 Dr. Geol. Davide PAONE

Direttore laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

**Prova di Taglio diretto**

DOC PA 8.13/6-3 - ED 01/20

ASTM D3080-98

**Settore "A"**

Accettazione n. 0567-2022  
 del 01-09-2022

Prof.Terre: 0893-2022  
 Data: 09-09-2022  
 Pagina: 1

Richiedente: EXPAND S.r.l.

Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITA'	TIPO CAMPIONE	CLASSE QUALITA'
P5	C3	1,50-2,00	Indisturbato	Q5
Data Preleva:	30-08-2022	Data Prova:	02-09-2022	

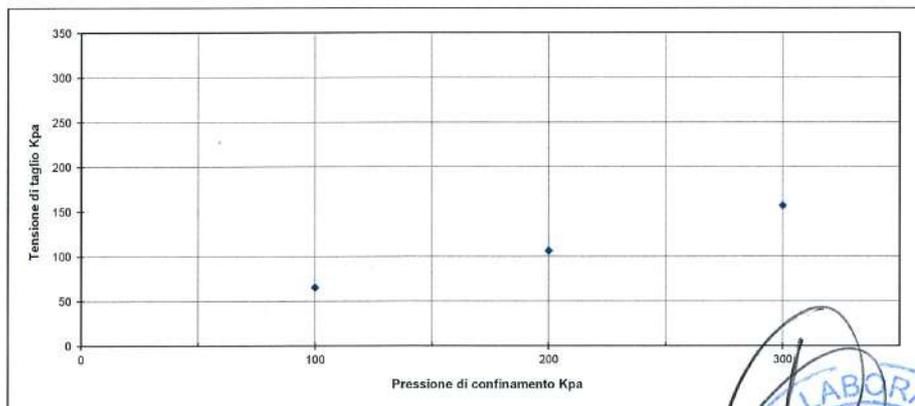
N° MACCHINE DI TAGLIO		
10	11	12

TIPO DI PROVA	Consolidata drenata
VELOCITA' DI PROVA	0,02 mm/min
GEOMETRIA PROVINO	SCATOLA A SEZIONE QUADRATA DI LATO 60X60 mm

**Parametri meccanici a rottura**

	Pressione di consolid.	Unità di misura	Consolidazione (ore)	Pressione di rottura	Unità di misura
Provino 1	100	kPa	24	65,2	kPa
Provino 2	200	kPa	24	106,1	kPa
Provino 3	300	kPa	24	156,8	kPa

	Peso volume naturale			Contenuto d'acqua naturale			Altezza provino		
	Iniziale	Finale	Unità di misura	Iniziale	Finale	Unità di misura	Iniziale	Finale	Unità di misura
Provino 1	1,90	1,95	g/cm <sup>3</sup>	23,84	23,32	%	20,00	19,42	mm
Provino 2	1,91	1,98	g/cm <sup>3</sup>	22,18	19,84	%	20,00	18,90	mm
Provino 3	1,90	2,01	g/cm <sup>3</sup>	21,40	17,74	%	20,00	18,35	mm



Spesimentatore  
 Dr. Geol. Davide BAONE

Direttore laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
 Settore "A"

Richiedente: EXPAND S.r.l.

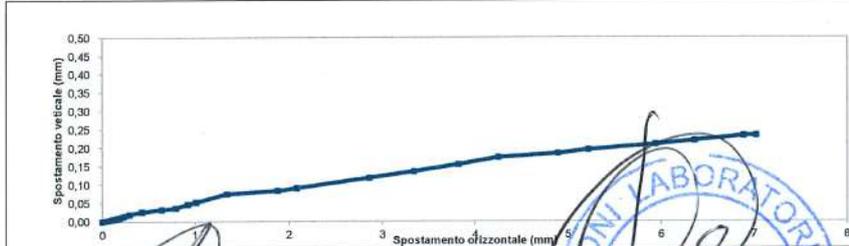
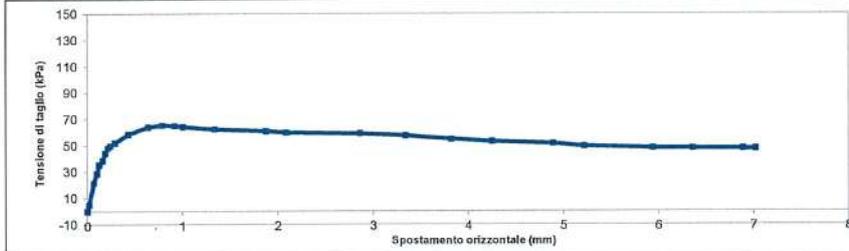
Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

PROVINO 1  $\sigma_v=100$  kPa

Pagina: 2

ELABORAZIONE DATI				
Tempo trascorso (sec)	Forza orizzontale (kg)	Spostamento Orizzontale (mm)	Spostamento Verticale (mm)	Tensione di Taglio (kPa)
0	0,000	0,00	0,000	0,00
960	1,685	0,02	0,001	4,68
1920	7,703	0,07	0,002	21,40
2880	10,312	0,10	0,004	28,64
3840	12,746	0,12	0,006	35,41
4800	13,884	0,16	0,007	38,57
5760	15,930	0,19	0,009	44,25
6720	17,310	0,22	0,012	48,08
7680	17,873	0,24	0,015	49,65
8640	18,721	0,29	0,018	52,00
9600	21,076	0,43	0,026	58,54
10560	22,951	0,64	0,032	63,75
11520	23,486	0,79	0,036	65,24
12480	23,399	0,92	0,046	65,00
13440	23,106	1,01	0,052	64,18
14400	22,396	1,34	0,074	62,21
15360	21,837	1,88	0,083	60,66
16320	21,472	2,09	0,090	59,65
17280	21,178	2,86	0,117	58,83
18240	20,654	3,34	0,136	57,37
19200	19,613	3,82	0,155	54,48
20160	19,068	4,25	0,174	52,97
21120	18,423	4,89	0,185	51,17
22080	17,729	5,22	0,195	49,25
23040	17,225	5,94	0,209	47,85
24000	17,161	6,36	0,219	47,67
25400	17,070	6,89	0,232	47,42
28800	16,988	7,02	0,233	47,19



Sperimentatore  
 Dr. Geol. Daniele PAONE

Direttore Laboratorio  
 Dr. Ing. Giulio PANICO



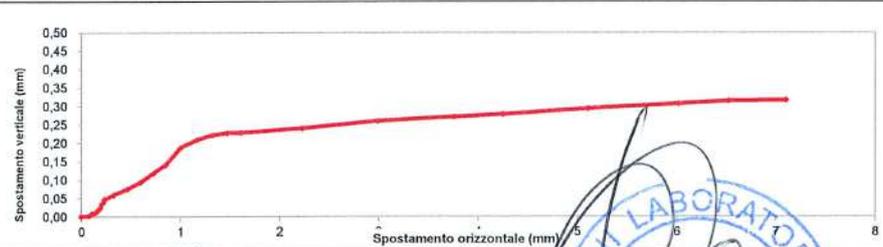
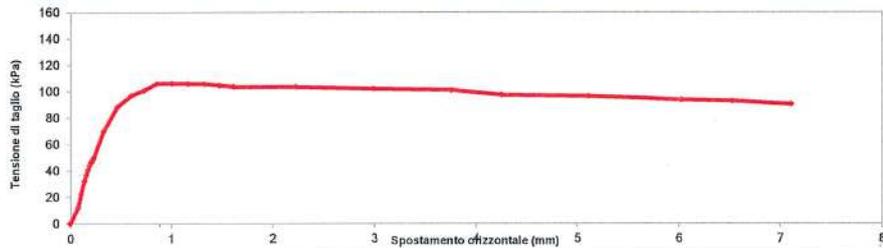
**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
 Settore "A"

**Richiedente:** EXPAND S.r.l.  
**Proprietario:** SOC. ARAN 1 S.r.l.  
**Cantiere:** Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

PROVINO 2  $\sigma_v=200$  kPa

Pagina: 3

ELABORAZIONE DATI				
Tempo trascorso (sec)	Forza orizzontale (kg)	Spostamento Orizzontale (mm)	Spostamento Verticale (mm)	Tensione di Taglio (kPa)
0	0,000	0,00	0,000	0,00
960	4,440	0,08	0,003	12,33
1920	8,185	0,11	0,008	22,74
2880	11,580	0,14	0,011	32,17
3840	13,254	0,16	0,014	36,82
4800	14,706	0,18	0,019	40,85
5760	15,890	0,19	0,024	44,14
6720	16,824	0,21	0,034	46,73
7680	17,554	0,23	0,039	48,76
8640	17,952	0,24	0,047	49,87
9600	25,129	0,33	0,059	69,80
10560	31,742	0,47	0,075	88,17
11520	34,905	0,60	0,094	96,96
12480	36,294	0,73	0,119	100,82
13440	38,119	0,86	0,141	105,89
14400	38,189	1,00	0,187	106,08
15360	38,147	1,17	0,209	105,96
16320	38,083	1,32	0,222	105,79
17280	37,679	1,47	0,227	104,66
18240	37,293	1,61	0,228	103,59
19200	37,243	2,23	0,240	103,45
20160	36,716	2,99	0,260	101,99
21120	36,271	3,76	0,272	100,75
22080	35,037	4,25	0,279	97,32
23040	34,673	5,11	0,294	96,31
24000	33,688	6,02	0,307	93,58
25400	33,366	6,53	0,315	92,68
28800	32,526	7,11	0,317	90,35



Spesimentatore  
 Dr. Geol. Davide PAONE

Direttore Laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Settore "A"

Richiedente: EXPAND S.r.l.

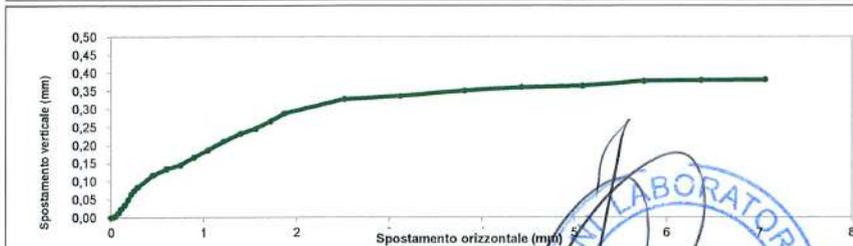
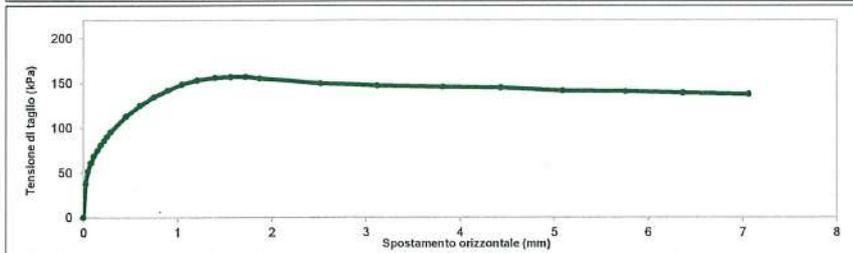
Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

PROVINO 3  $\alpha_v=300$  kPa

Pagina: 4

ELABORAZIONE DATI				
Tempo trascorso (sec)	Forza orizzontale (kg)	Spostamento Orizzontale (mm)	Spostamento Verticale (mm)	Tensione di Taglio (kPa)
0	0,000	0,00	0,000	0,00
960	13,509	0,03	0,002	37,52
1920	18,535	0,05	0,005	51,49
2880	21,975	0,08	0,013	61,04
3840	24,718	0,11	0,024	68,66
4800	26,957	0,15	0,035	74,88
5760	29,093	0,18	0,050	80,81
6720	30,902	0,22	0,066	85,84
7680	32,516	0,25	0,075	90,33
8640	34,342	0,29	0,085	95,39
9600	40,599	0,45	0,118	112,77
10560	44,884	0,60	0,136	124,68
11520	48,295	0,75	0,146	134,15
12480	50,994	0,90	0,167	141,65
13440	53,425	1,05	0,187	148,40
14400	55,095	1,21	0,211	153,04
15360	56,122	1,40	0,233	155,89
16320	56,389	1,56	0,246	156,64
17280	56,455	1,72	0,266	156,82
18240	55,800	1,87	0,288	155,00
19200	53,770	2,52	0,328	149,36
20160	52,872	3,12	0,336	146,87
21120	52,362	3,82	0,351	145,45
22080	52,091	4,43	0,361	144,70
23040	50,828	5,09	0,365	141,19
24000	50,520	5,76	0,377	140,33
26400	49,965	6,37	0,380	138,79
28800	49,489	7,06	0,382	137,47



Sperimentatore  
 Dr. Geol. Davide FAONE

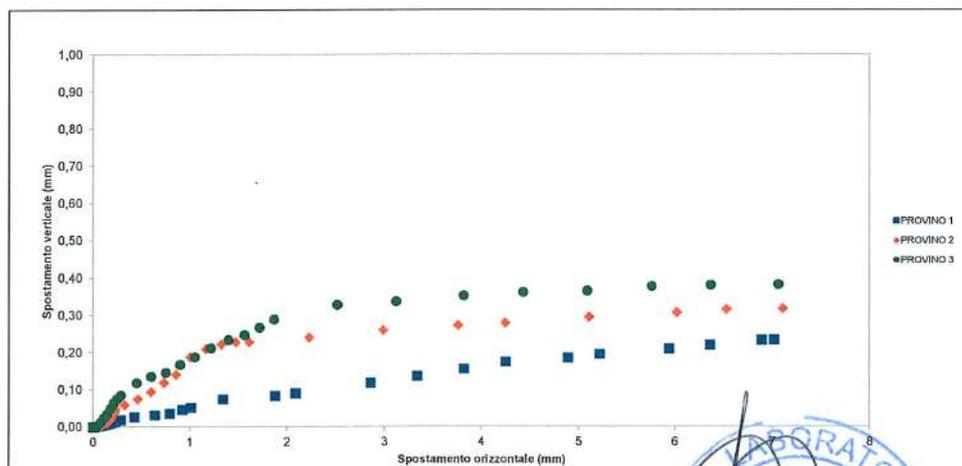
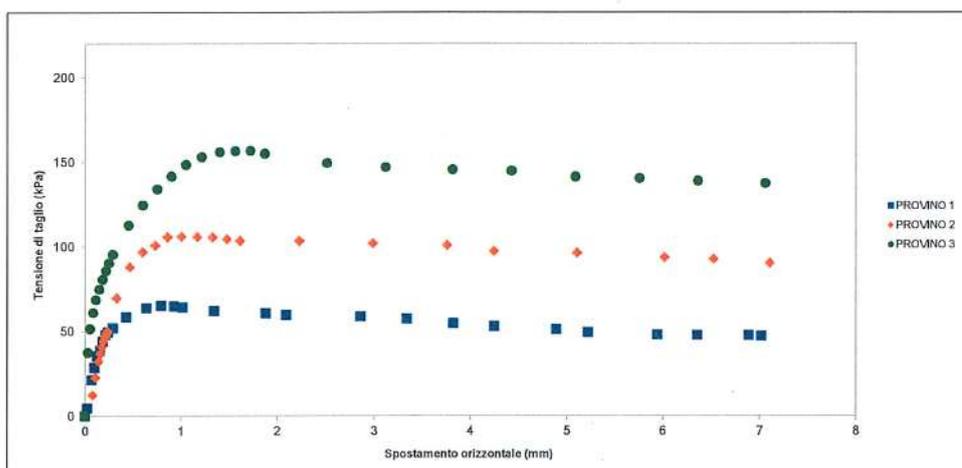
Direttore laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio RANICO



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
 Settore "A"

**Richiedente:** EXPAND S.r.l.  
**Proprietario:** SOC. ARAN 1 S.r.l.  
**Cantiere:** Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

Pagina: 5



*Sperimentatore*  
 Dr. Geol. Davide PAONE

*Direttore laboratorio*  
 Dr. Ing. Fulvio PANICO



## Prova di Taglio diretto

Richiedente: EXPAND S.r.l.

Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

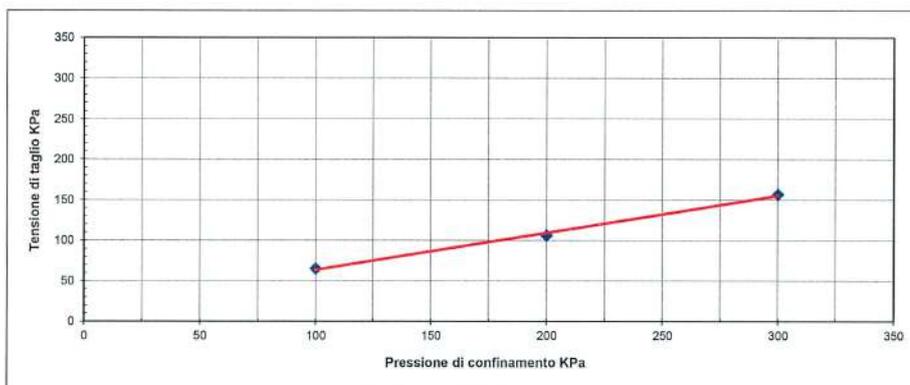
Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITA' (m)	TIPO CAMPIONE	CLASSE QUALITA'
P5	C3	1,50-2,00	Indisturbato	Q5

TIPO DI PROVA	Consolidata drenata
VELOCITA' DI PROVA	0,02 mm/min

### Parametri meccanici a rottura

	Pressione di consolid.	Unita' di misura	Consolidazione (ore)	Pressione di rottura	Unita di misura
Provino 1	100	KPa	24	65,2	KPa
Provino 2	200	KPa	24	106,1	KPa
Provino 3	300	KPa	24	156,8	KPa



Risultati:

$\Phi'$ =	24,6 °
$c'$ =	17,8 KPa

**Identificazione campione**

DOC PA 8.13/21 ED01/20

**SETTORE "A"**

Accettazione: 0567-2022  
 Data: 01-09-2022

Prof. Terre: 0894-2022  
 Data: 09-09-2022

Richiedente: EXPAND S.r.l.

Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

**IDENTIFICAZIONE DEL TERRENO (ASTM D 2488 -00)**

CARATTERI IDENTIFICATIVI			
Sondaggio P7	Campione C4	Profondità mt da P.C.	1,50-2,00
Massa (Kg)	3,11	Diametro (cm)	8
Condizione del campione estruso	Buone	Lunghezza (cm)	35,00
Classe di qualità	Q5	Tipo Campione	Indisturbato
Data Prelievo:	31-08-2022	Data Prova:	02-09-2022
PROVE DI CONSISTENZA SPEDITIVE			
Pocket Penetrometer Test (kg/cmq)	****	Pocket Vane test (Kg/cmq)	****

**CARATTERISTICHE VISIVE**

Limo sabbioso da poco a mediamente consistente. Colore marrone-olivastro.

**COLORE (Tavola di Munsell)**

2,5Y 4/3 OLIVE BROWN

**FOTO DEL CAMPIONE**



Sperimentatore  
 Dr. Geol. Daniele FAONE

Direttore Laboratorio  
 Dr. Ing. Ubaldo PANICO

## Grandezze indici

Raccomandazioni UNI 10013 - ASTM D 2937 - ASTM D2216

DOC PA 8.13/02 - ED 01/20

### Settore "A"

Accettazione n. **0567-2022**  
 del **01-09-2022**

Prot. Terre: **0894-2022**  
 Data: **09-09-2022**

Richiedente: **EXPAND S.r.l.**

Proprietario: **SOC. ARAN 1 S.r.l.**

Cantiere: **Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)**

### Identificativo campione

Sondaggio	Campione	Profondità mt pc	Tipo campione
P7	C4	1,50-2,00	Indisturbato
Data prelievo:	31-08-2022	Data prova:	02-09-2022
Classe di Qualità:	Q5		

### Espressione dei risultati

Grandezze rilevate in laboratorio		Valori		Unita di misura	Valori medi
		1°	2°		
Gn	Peso volume naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-2:2005)	1,76	1,78	g/cmc	1,77
G	Peso specifico dei granuli (UNI 10013)	2,68	2,69	g/cmc	2,69
W	Contenuto di acqua naturale (ASTM 2216)	12,96	13,38	%	13,17

### Grandezze derivate analiticamente

Gd	Peso volume secco	1,56	1,57	g/cmc	1,56
P	Porosità	41,86	41,79	%	41,82
e	Indice dei vuoti	0,72	0,72	---	0,72
S	Grado di saturazione	48,22	50,16	%	49,19
Gs	Peso volume saturo	1,98	1,98	g/cmc	1,98
G'	Peso volume sommerso	0,98	0,98	g/cmc	0,98

Sperimentatore  
 Dr. Gaetano PAONE

Direttore Laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

**Prova di Taglio diretto**

DOC PA 8.13/6-3 - ED 01/20

ASTM D3080-98

**Settore "A"**

Accettazione n. 0567-2022  
 del 01-09-2022

Prof.Terre: 0894-2022

Data: 09-09-2022

Pagina: 1

Richiedente: EXPAND S.r.l.

Proprietario: SOC. ARAN 1 S.r.l.

Cantiere: Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 45,994 MW con relative opere di connessione rete elettrica nazionale FURCI (CH)

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITA'	TIPO CAMPIONE	CLASSE QUALITA'
P7	C4	1,50-2,00	Indisturbato	Q5
Data Prelievo:	31-08-2022	Data Prova:	02-09-2022	

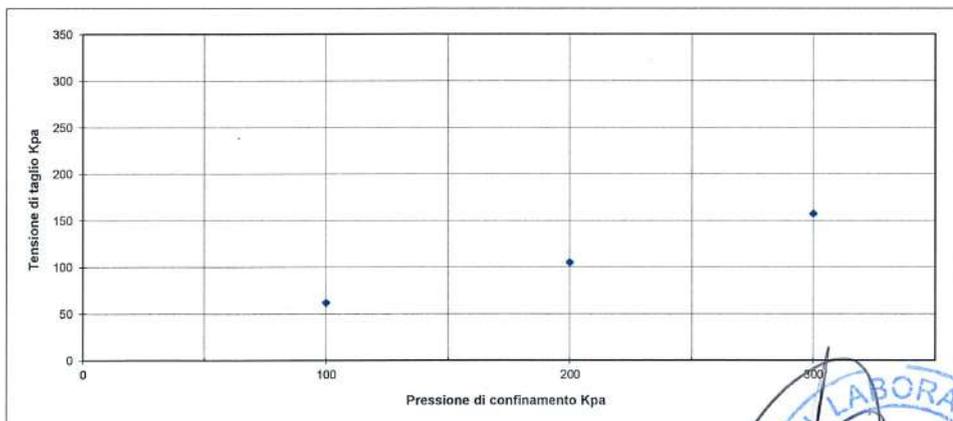
N° MACCHINE DI TAGLIO		
3	4	5

TIPO DI PROVA	Consolidata drenata
VELOCITA' DI PROVA	0,02 mm/min
GEOMETRIA PROVINO	SCATOLA A SEZIONE QUADRATA DI LATO 60X60 mm

**Parametri meccanici a rottura**

	Pressione di consolid.	Unità di misura	Consolidazione (ore)	Pressione di rottura	Unità di misura
Provino 1	100	kPa	24	62,0	kPa
Provino 2	200	kPa	24	104,9	kPa
Provino 3	300	kPa	24	157,3	kPa

	Peso volume naturale			Contenuto d'acqua naturale			Altezza provino		
	Iniziale	Finale	Unità di misura	Iniziale	Finale	Unità di misura	Iniziale	Finale	Unità di misura
Provino 1	1,76	1,84	g/cm <sup>3</sup>	14,27	13,74	%	20,00	19,09	mm
Provino 2	1,78	1,90	g/cm <sup>3</sup>	12,64	10,90	%	20,00	18,45	mm
Provino 3	1,77	1,92	g/cm <sup>3</sup>	13,73	12,18	%	20,00	18,14	mm



Esperimentatore  
 Dr. Geol. Davide PAONE

Direttore laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO  
Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P7	Tipo di campione	***
Numero Campione	C4	Orientazione provino	Verticale

<b>PROVINO 1</b>	<b>Pressione verticale (kPa)</b>	<b>100</b>
------------------	----------------------------------	------------

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo trascorso (mins)	Spostamento verticale (mm)	Spostamento orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Spostamento verticale (mm)	Spostamento orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
16,00	0,044	0,27	39,9	0,044	0,27	39,9	11,1
32,00	0,067	0,47	72,3	0,067	0,47	72,3	20,1
48,00	0,096	0,71	110,4	0,096	0,71	110,4	30,7
64,00	0,123	1,04	151,9	0,123	1,04	151,9	42,2
80,00	0,142	1,28	188,9	0,142	1,28	188,9	52,5
96,00	0,166	1,58	214,4	0,166	1,58	214,4	59,6
112,00	0,179	1,83	222,8	0,179	1,83	222,8	61,9
128,00	0,201	2,19	223,1	0,201	2,19	223,1	62,0
144,00	0,224	2,49	219,2	0,224	2,49	219,2	60,9
160,00	0,242	2,81	213,1	0,242	2,81	213,1	59,2
176,00	0,259	3,20	211,3	0,259	3,20	211,3	58,7
192,00	0,266	3,49	208,0	0,266	3,49	208,0	57,8
208,00	0,271	3,76	200,0	0,271	3,76	200,0	55,6
224,00	0,277	4,12	198,5	0,277	4,12	198,5	55,1
240,00	0,280	4,51	197,7	0,280	4,51	197,7	54,9
256,00	0,282	4,78	193,5	0,282	4,78	193,5	53,8
272,00	0,284	5,14	190,7	0,284	5,14	190,7	53,0
288,00	0,285	5,41	185,5	0,285	5,41	185,5	51,5
304,00	0,287	5,78	183,2	0,287	5,78	183,2	50,9
320,00	0,289	6,12	181,7	0,289	6,12	181,7	50,5
336,00	0,291	6,45	180,5	0,291	6,45	180,5	50,1
352,00	0,292	6,75	179,9	0,292	6,75	179,9	50,0
368,00	0,294	7,13	178,8	0,294	7,13	178,8	49,7

Sperimentatore  
Dr. Geol. Davide PAONE



Direttore Laboratorio  
Dr. Ing. Tullio PANICO

Ministero delle Infrastrutture – Concessione Settore A e B

Decreto n° 5895 del 18/06/2018

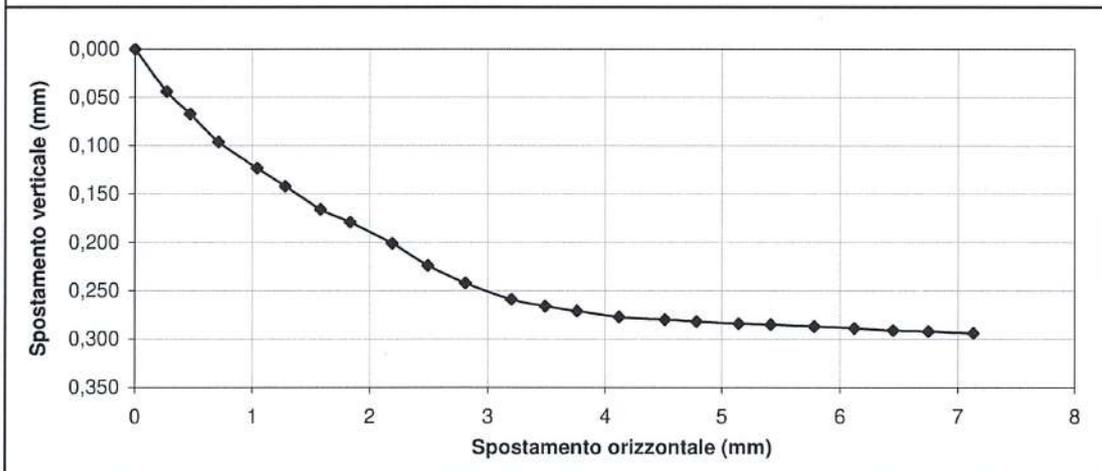
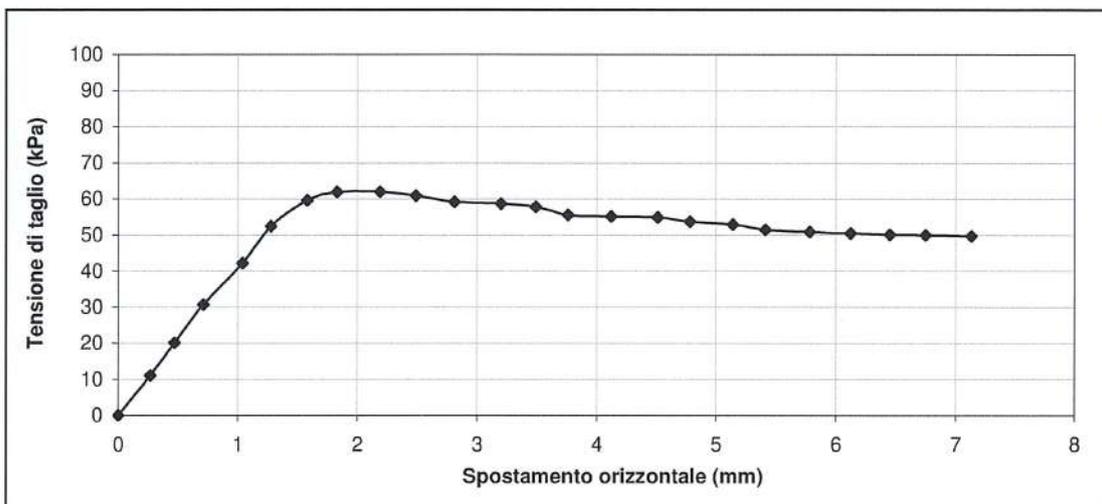
MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P7	Tipo di campione	***
Numero Campione	C4	Orientazione provino	Verticale

<b>PROVINO 1</b>	<b>Pressione verticale (kPa)</b>	<b>100</b>
------------------	----------------------------------	------------



Spesimentatore  
 Dr. Geol. Davide PAONE

Direttore Laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

Ministero delle Infrastrutture – Concessione Settore A e B  
**Decreto n° 5895 del 18/06/2018**

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO  
Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P7	Tipo di campione	***
Numero Campione	C4	Orientazione provino	Verticale

<b>PROVINO 2</b>	<b>Pressione verticale (kPa)</b>	<b>200</b>
------------------	----------------------------------	------------

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo trascorso (mins)	Spostamento verticale (mm)	Spostamento orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Spostamento verticale (mm)	Spostamento orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
16,00	0,058	0,28	90,9	0,058	0,28	90,9	25,3
32,00	0,083	0,42	152,4	0,083	0,42	152,4	42,3
48,00	0,118	0,61	264,3	0,118	0,61	264,3	73,4
64,00	0,137	0,75	310,1	0,137	0,75	310,1	86,1
80,00	0,170	0,95	341,0	0,170	0,95	341,0	94,7
96,00	0,202	1,14	348,6	0,202	1,14	348,6	96,8
112,00	0,235	1,35	368,4	0,235	1,35	368,4	102,3
128,00	0,252	1,55	372,6	0,252	1,55	372,6	103,5
144,00	0,282	1,90	376,7	0,282	1,90	376,7	104,6
160,00	0,302	2,12	377,6	0,302	2,12	377,6	104,9
176,00	0,319	2,45	373,6	0,319	2,45	373,6	103,8
192,00	0,323	2,80	368,5	0,323	2,80	368,5	102,4
208,00	0,328	3,11	360,3	0,328	3,11	360,3	100,1
224,00	0,334	3,40	358,3	0,334	3,40	358,3	99,5
240,00	0,338	3,80	350,1	0,338	3,80	350,1	97,3
256,00	0,340	4,11	348,1	0,340	4,11	348,1	96,7
272,00	0,346	4,45	343,0	0,346	4,45	343,0	95,3
288,00	0,350	4,88	339,8	0,350	4,88	339,8	94,4
304,00	0,352	5,29	334,2	0,352	5,29	334,2	92,8
320,00	0,355	5,63	325,8	0,355	5,63	325,8	90,5
336,00	0,356	6,10	317,4	0,356	6,10	317,4	88,2
352,00	0,358	6,59	306,5	0,358	6,59	306,5	85,1
368,00	0,361	7,00	303,4	0,361	7,00	303,4	84,3

Sperimentatore  
Dr. Geol. Davide PAONE

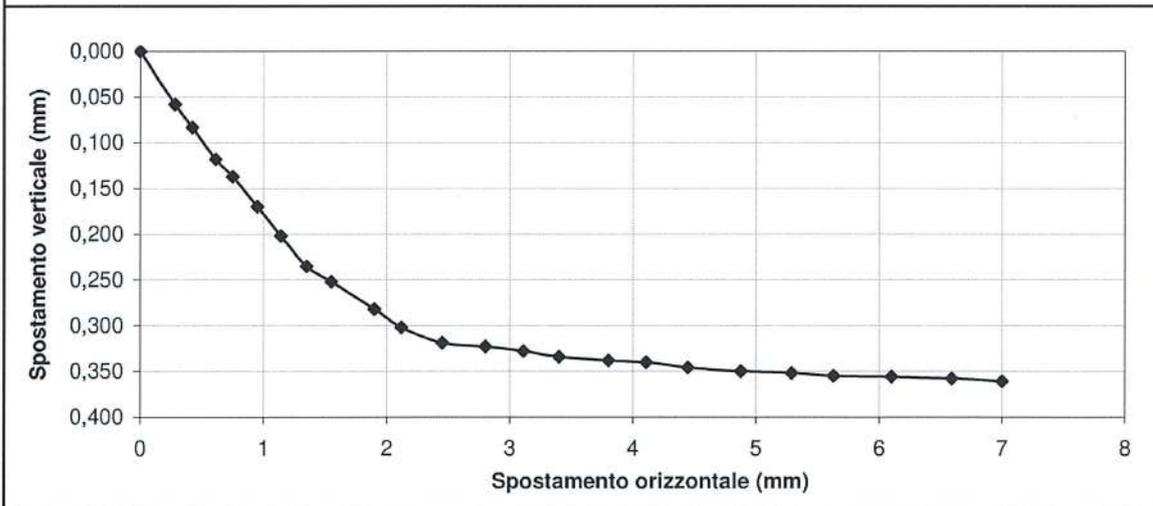
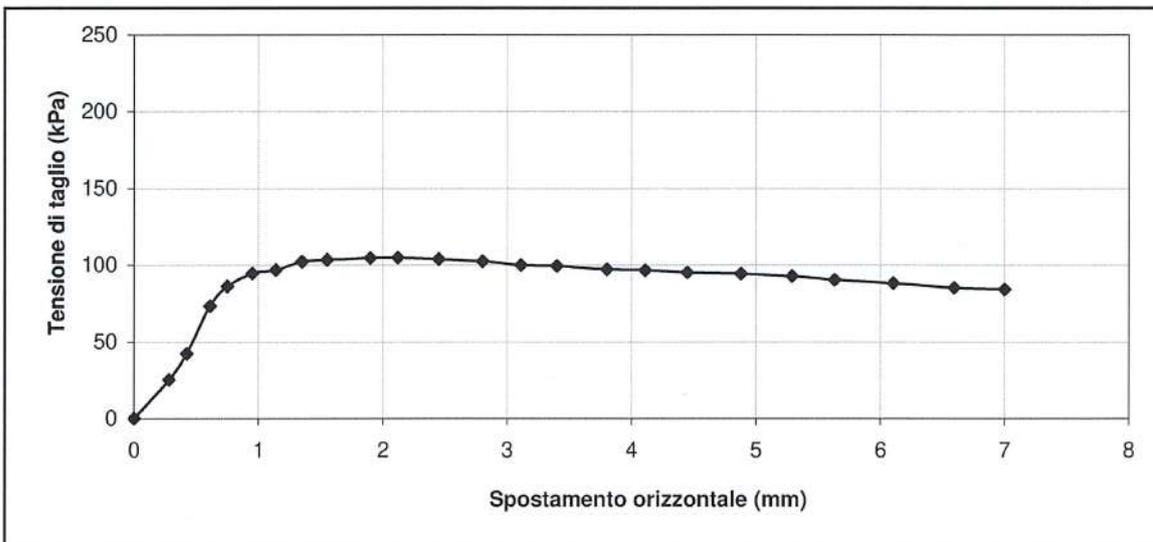
Direttore Laboratorio  
Dr. Ing. Tullio PANICO

Ministero delle Infrastrutture – Concessione Settore A e B  
**Decreto n° 5895 del 18/06/2018**

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO  
 Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)  
**DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P7	Tipo di campione	***
Numero Campione	C4	Orientazione provino	Verticale

**PROVINO 2** **Pressione verticale (kPa) 200**



Sperimentatore  
 Dr. Geol. Davide PAONE

Direttore Laboratorio  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

Ministero delle Infrastrutture – Concessione Settore A e B  
 Decreto n° 5895 del 18/06/2018

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P7	Tipo di campione	***
Numero Campione	C4	Orientazione provino	Verticale

<b>PROVINO 3</b>	<b>Pressione verticale (kPa)</b>	<b>300</b>
------------------	----------------------------------	------------

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo trascorso (mins)	Spostamento verticale (mm)	Spostamento orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Spostamento verticale (mm)	Spostamento orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
16,00	0,063	0,30	104,6	0,063	0,30	104,6	29,1
32,00	0,102	0,45	192,0	0,102	0,45	192,0	53,3
48,00	0,155	0,69	285,3	0,155	0,69	285,3	79,3
64,00	0,203	0,91	352,0	0,203	0,91	352,0	97,8
80,00	0,254	1,19	429,9	0,254	1,19	429,9	119,4
96,00	0,316	1,57	485,4	0,316	1,57	485,4	134,8
112,00	0,347	1,92	519,7	0,347	1,92	519,7	144,4
128,00	0,360	2,17	548,7	0,360	2,17	548,7	152,4
144,00	0,372	2,52	564,2	0,372	2,52	564,2	156,7
160,00	0,379	2,89	566,1	0,379	2,89	566,1	157,3
176,00	0,383	3,19	561,3	0,383	3,19	561,3	155,9
192,00	0,391	3,43	554,3	0,391	3,43	554,3	154,0
208,00	0,394	3,84	549,7	0,394	3,84	549,7	152,7
224,00	0,401	4,15	538,4	0,401	4,15	538,4	149,6
240,00	0,407	4,42	534,8	0,407	4,42	534,8	148,6
256,00	0,410	4,80	530,1	0,410	4,80	530,1	147,3
272,00	0,412	5,13	521,0	0,412	5,13	521,0	144,7
288,00	0,413	5,38	515,0	0,413	5,38	515,0	143,1
304,00	0,415	5,71	507,3	0,415	5,71	507,3	140,9
320,00	0,416	6,11	497,0	0,416	6,11	497,0	138,1
336,00	0,418	6,41	493,2	0,418	6,41	493,2	137,0
352,00	0,419	6,82	488,7	0,419	6,82	488,7	135,8
368,00	0,421	7,09	486,6	0,421	7,09	486,6	135,2

Sperimentatore  
Dr. Geol. Davide PAONE

Direttore Laboratorio  
Dr. Ing. Tullio PANICO

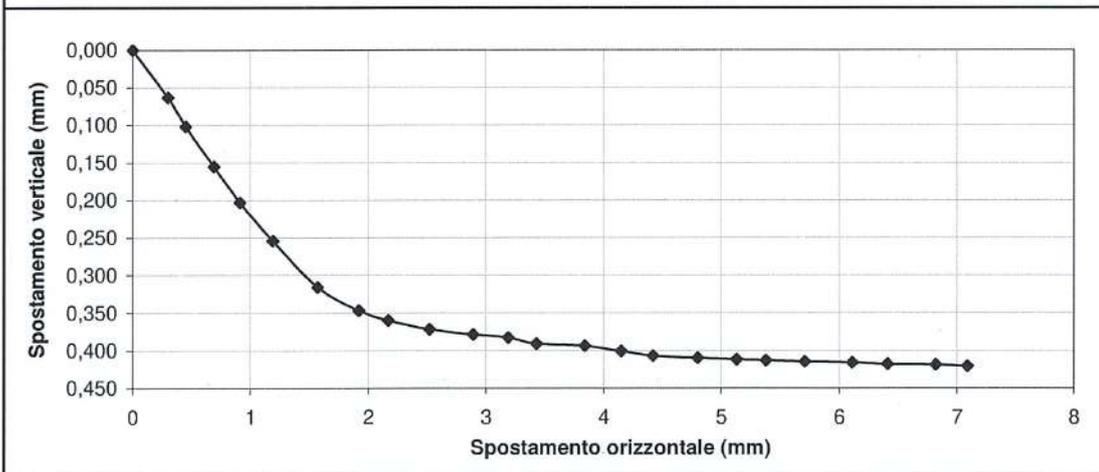
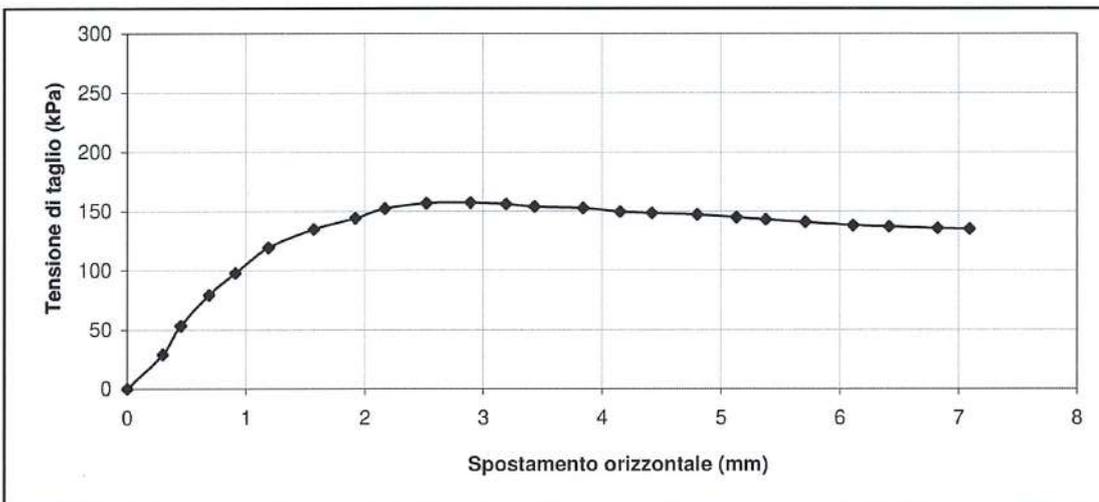
Ministero delle Infrastrutture – Concessione Settore A e B  
Decreto n° 5895 del 18/06/2018

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO  
 Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P7	Tipo di campione	***
Numero Campione	C4	Orientazione provino	Verticale

<b>PROVINO 3</b>	<b>Pressione verticale (kPa)</b>	<b>300</b>
------------------	----------------------------------	------------



*Spesmentatore*  
 Dr. Geol. Davide PAONE

*Direttore Laboratorio*  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

Ministero delle Infrastrutture – Concessione Settore A e B

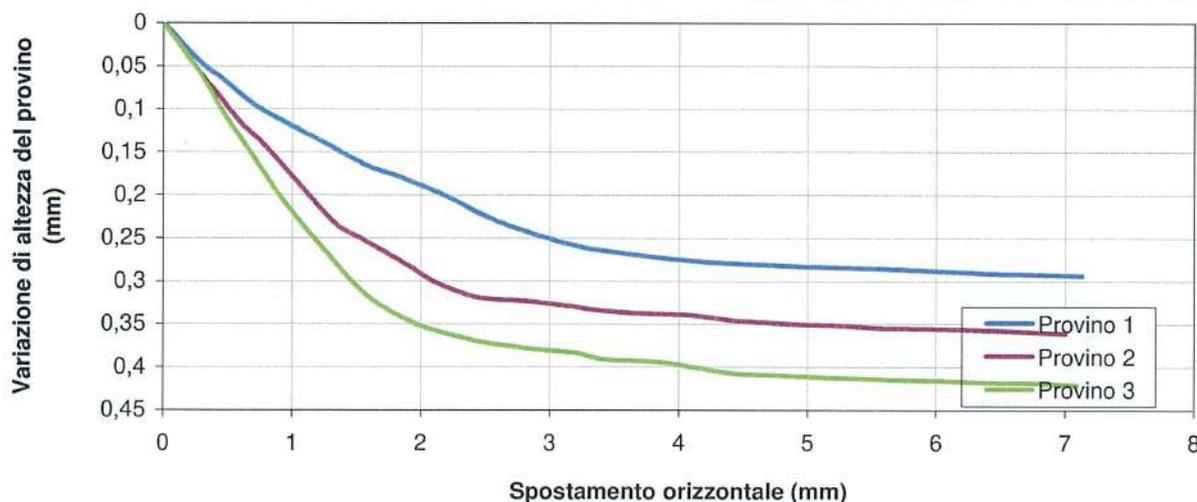
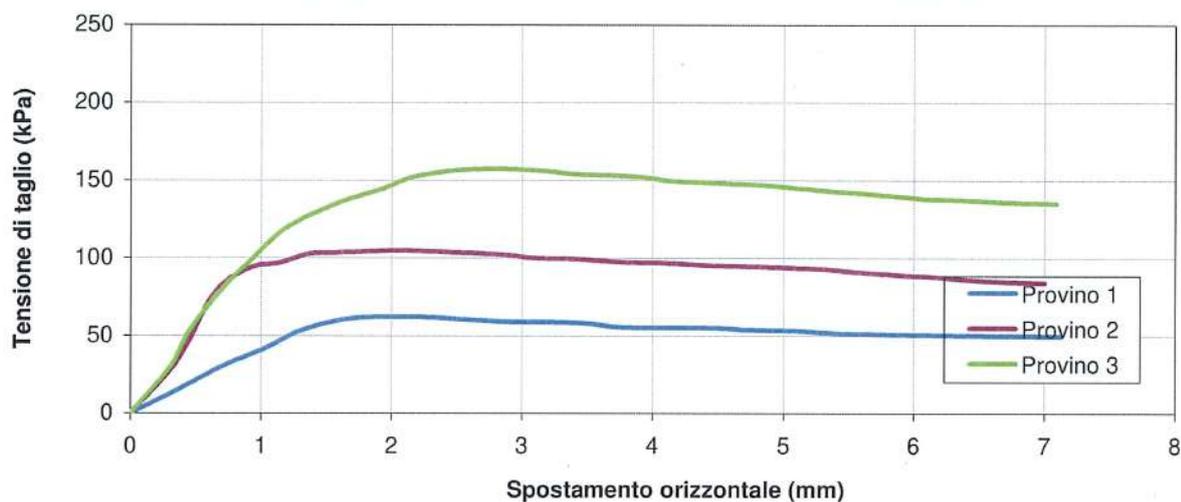
Decreto n° 5895 del 18/06/2018

Circolare Ministeriale n° 7618/STC del 08/09/2010

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO  
 Serie di prove singole - effettuate secondo BS 1377:1990:Part 7 Sezione 4 (procedura 4.5.4)

**RAPPORTO DI PROVA - FASE DI TAGLIO**

Cantiere	FURCI (CH)		
Progetto	Realizz. Imp. Fotovolt.	Profondità di prelievo	1,50-2,00
Numero Sondaggio	P7	Tipo di campione	***
Numero Campione	C4	Orientazione provino	Verticale



**Sperimentatore**  
 Dr. Geol. Davide PAONE

**Direttore Laboratorio**  
 Dr. Ing. Tullio PANICO

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

