



# FOTOVOLTAICO CAVA RIANO

COMUNI DI RIANO (RM) e ROMA

## PROGETTO DEFINITIVO

**Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 387/2003 per un impianto fotovoltaico di superficie pari a 48,6 ha costituito da tracker monoassiali, strutture fisse e strutture su parete (37,6 MWp) presso la ex cava di tufo in località "Quadro" nel Comune di Riano (RM) con cavidotto e SEU nel Comune di Roma**

CODICE ELABORATO:

R.2

TITOLO ELABORATO:

Relazione geologica e idrogeologica

SCALA:

-

FORMATO:

A4

PROPONENTE:

**CAVA SOLAR s.r.l.s.**

Via Salari, 12 Montalto di Castro CAP 01014 (VT)

C.F. e P.IVA 02417800568

mail [cavasolar.srls@legalmail.it](mailto:cavasolar.srls@legalmail.it)

AMMINISTRATORE UNICO

**Lopez Francesch Jordi**

PROGETTISTA:

**STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA  
DI DARIO TINTI E VINCENZO SCIUTO**

Telefono/fax 0766 546249  
Via Traiana, 64  
00053 CIVITAVECCHIA (Roma)



Dott. Geol. Dario Tinti

Via Traiana n. 64 - Civitavecchia (RM).

Mail: [gts.geologia@gmail.com](mailto:gts.geologia@gmail.com) / tel. 0766546249

ORDINE DEI GEOLOGI DEL Lazio 814

REV.	DATA	STATO	PREPARATO	RIESAMINATO	APPROVATO
00	06-12-2023	PRIMA EMISSIONE	D. TINTI	D. TINTI	D. TINTI

Questo documento o parte di esso non può essere riprodotto, salvato, trasmesso, riutilizzato in altri progetti in alcuna forma sia essa elettronica, meccanica, fotografica senza la preventiva autorizzazione di Studio Santi srl. Le informazioni contenute nel presente documento sono da intendersi valide limitatamente all'oggetto del documento stesso. Altre informazioni sono da ritenersi non valide ai fini dell'esecuzione. Le informazioni riportate nel presente documento non sono da intendersi "shop drawing" e pertanto l'esecutore delle opere dovrà verificare in campo quanto necessario per l'acquisto dei materiali.



# COMUNE DI RIANO

(CITTÀ METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE)



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “CAVA SOLAR”  
PRESSO EX CAVE DI TUFO DI RIANO

## RELAZIONE GEOLOGICA E DI MODELLAZIONE SISMICA

AI SENSI N.T.C. 17/01/2018 - REGOLAMENTO REGIONE LAZIO 26 OTTOBRE 2020, N.26E NUOVA  
CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO G.R. LAZIO N.387 DEL 22/05/2009

**COMMITTENTE:** CONSORZIO COMONSI

Dott. Geol. DARIO TINTI

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA  
DI DARIO TINTI E VINCENZO SCIUTO

Telefono/Fax 0766 546249  
VIA TRAIANA, 64  
00053 CIVITAVECCHIA (Roma)



ACQUA  
TERRITORIO  
AMBIENTE



MARZO 2024



# COMUNE DI RIANO

(CITTÀ METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE)

---

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “CAVA SOLAR”  
PRESSO EX CAVE DI TUFO DI RIANO

---

## RELAZIONE GEOLOGICA E DI MODELLAZIONE SISMICA

AI SENSI N.T.C. 17/01/2018 - REGOLAMENTO REGIONE LAZIO 26 OTTOBRE 2020, N.26  
E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO G.R. LAZIO N.387 DEL 22/05/2009

---

### INDICE

#### PREMESSE

1. UBICAZIONE
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE
3. QUADRO GEOLOGICO DEL SITO
  - 3.1 LITOSTRATIGRAFIA
  - 3.2 GEOMORFOLOGIA
  - 3.3 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE
  - 4.1 SONDAGGI MECCANICI A CAROTAGGIO CONTINUO
  - 4.2 ANALISI LABORATORIO GEOTECNICO
  - 4.3 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DI TIPO DPSH
5. CARATTERIZZAZIONE UNITÀ LITOTECNICHE
  - 5.1 TERRENI DI RIPORTO
  - 5.2 TUFI DI SCOPERTA
  - 5.3 TUFI LITOIDI
  - 5.4 MODELLO GEOLOGICO TECNICO – PARAMETRI CARATTERISTICI
6. INQUADRAMENTO SISMICO
  - 6.1 MACRO SISMICITÀ DELLA ZONA
  - 6.2 MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO I
  - 6.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE: AG – F0 – Tc
  - 6.4 INDAGINE SISMICA PER LA DETERMINAZIONE DELLA VSEQ
  - 6.5 CATEGORIA SISMICA DEI TERRENI – CALCOLO DELLA VSEQ
  - 6.6 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE
  - 6.7 SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE
  - 6.8 MISURE DI RUMORE AMBIENTALE CON STAZIONE FISSA (HVSR)
7. STABILITÀ DEI VERSANTI
  - 7.1 STABILITÀ DEI FRONTI CAVA - BANCO TUFACEO LITOIDE
  - 7.2 STABILITÀ DEI FRONTI CAVA – TUFI DI SCOPERTA
  - 7.3 STABILITÀ RILEVATI DI RIPRISTINO MORFOLOGICO
8. APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

---

**9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

**ELENCO ALLEGATI:**

**VERIFICHE DI STABILITÀ**

ALLEGATO 1: ANALISI STRUTTURALE E GEOMECCANICA AMMASSO ROCCIOSO

ALLEGATO 2: ANALISI CINEMATICA FRONTI LITOIDI

ALLEGATO 3: VERIFICHE DI STABILITÀ – RELAZIONE DI CALCOLO

**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE**

ALLEGATO 4: SONDAGGI GEOGNOSTICI – DIAGRAMMI STRATIGRAFICI

ALLEGATO 5: PROVE DPSH – DIAGRAMMI PENETROMETRICI

ALLEGATO 6: INDAGINI SISMICHE MASW – ELABORATI GRAFICI

ALLEGATO 7: INDAGINE SISMICA HVSR – ELABORATI GRAFICI

ALLEGATO 8: CERTIFICATI ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO****PREMESSE**

Nell'ambito del progetto di un impianto fotovoltaico, denominato "Cava Solar", nella porzione di cave di tufo nel Comune di Riano, è stata redatta la presente relazione geologica e di modellazione sismica.

In accordo con il Testo Unico D.M. Infrastrutture 17/01/2018 (*Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*) e con l'Ordinanza PCM n°3274 del 20/03/2003 e Deliberazione G.R. Lazio n. 387 del 22/05/2009 (*Nuova Classificazione Sismica del Territorio*), lo scopo che ha orientato lo studio è stato quello di inquadrare la zona sotto il profilo geologico e sismico al fine di fornire gli elementi utili al dimensionamento degli interventi in progetto.

In riferimento alle indicazioni contenute nell' "Allegato C" del R.R. n.26 del 26/10/2020 "*Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del reg. reg. 13/07/2016, n.14 e successive modifiche*" le opere in oggetto rientrano nel livello di vulnerabilità "**MEDIO**" (CLASSE D'USO III; ZONA SISMICA 3A).

In linea con quanto indicato nel suddetto regolamento regionale, le considerazioni di seguito riportate sono basate su informazioni tratte da un rilevamento geologico dell'area e sulle risultanze di una specifica campagna d'indagine consistita in:

- n.2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo (S1, S2), della profondità di 25 e 20 m dal p.c., durante i quali sono stati prelevati 3 campioni di terre;
- n.13 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH;
- n.10 prove geofisiche indirette di tipo MASW.
- n.1 registrazione del rumore sismico ambientale di tipo HVSR

**1. UBICAZIONE**

L'area in esame è ubicata immediatamente a sud dell'abitato di Riano, presso le cave di tufo site in località "QUADRO ALTO – PIAN DELL'OLMO" (figura 1A/1B).

In relazione alla cartografia redatta dall'I.G.M. alla scala di 1:25.000, il sito rientra nella Tavoletta 144 III SO "CASALE MARCIGLIANA".

In relazione alla Carta Tecnica Regionale CTR, alla scala di 1:10.000, l'area rientra nella Sezione 365110 "MONTE CAMINETTO", mentre in riferimento alla CTRN, alla scala 1:5.000 (serie numerica), il sito rientra negli Elementi 365113 "PIAN DELL'OLMO" e 365114 "RIANO".

Le coordinate geografiche di un punto interno all'area di cava sono:

LATITUDINE: 42° 04' 31.35" N - LONGITUDINE: 12° 30' 37.48" E

IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "CAVA SOLAR" – LOCALITÀ QUADRO ALTO - COMUNE DI RIANO  
RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO



FIGURA 1A: UBICAZIONE DELL'AREA INDAGATA SU IMMAGINE SATELLITARE (FONTE GOOGLE EARTH)

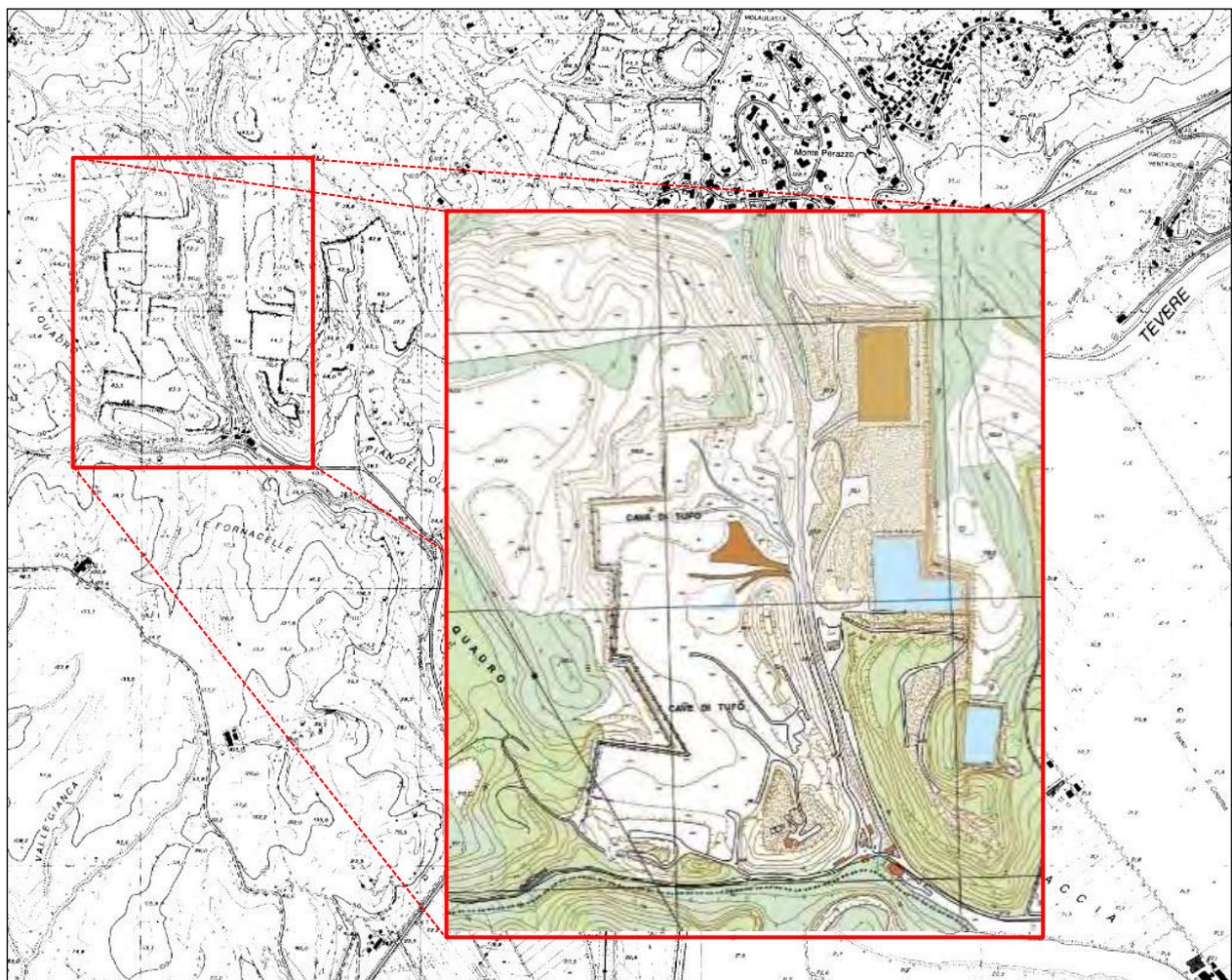


FIGURA 1B: UBICAZIONE SU CTR N.365110 "MONTE CAMINETTO"  
INGRANDIMENTO SU CTRN, ELEMENTI N.365113 "PIAN DELL' OLMO" E N.365114 "RIANO"

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'area in esame è caratterizzata dall'affioramento di litotipi ascrivibili al complesso vulcanico Sabatino disposti su depositi sedimentari di età da mesozoica a plio-pleistocenica.

La struttura vulcanica Sabatina deriva da un'intensa attività eruttiva che si è sviluppata inizialmente nel settore orientale, con il più antico centro di emissione situato tra gli abitati di Morlupo e Castelnuovo di Porto circa 600.000 anni fa, per terminare con la fase parossistica di Sacrofano.

A questi eventi sono seguiti altri episodi che si sono comunque protratti fino a circa 40.000 anni fa (settore occidentale, M. Razzano, Baccano, Martignano, Trevignano, Bracciano, Vigna di Valle).

I diversi episodi eruttivi sono spesso ben riconoscibili in affioramento per la presenza di livelli di paleosuolo che stanno ad indicare più o meno significativi periodi di quiescenza nell'attività stessa. Localmente la natura di materiali vulcanici, alterati e pedogenizzati, è evidenziata dall'abbondanza nel terreno di elementi cristallini e lapilli.

I prodotti idromagmatici sono essenzialmente a composizione da trachitica a fonolitica, mentre le colate laviche sono prevalentemente di natura leucitica.

L'area in esame è ubicata nel settore orientale dell'apparato vulcanico, dove una intensa attività eruttiva, sviluppatasi tra 600.000 e i 360.000 anni fa, ha determinato la messa in posto di potenti spessori di prodotti di flusso e ricaduta.

Nello studio di Ventriglia (“Idrogeologia della Provincia di Roma” - 1989), detti prodotti sono stati suddivisi in:

- **Tufo giallo della Via Tiberina:** prodotti idromagmatici di flusso della “prima colata piroclastica di Sacrofano”, roccia compatta ed omogenea di colore giallastro a chimismo da trachitico a trachifonolitico e spessore variabile. Hanno costituito in tempi storici e costituiscono anche oggi una importante risorsa come pietra da costruzione, come dimostra l'intesa attività di sfruttamento presente nel territorio comunale di Riano.
- **Tufo di Riano:** formazione pulverulenta, pisolitica, di colore grigio chiaro priva di netta stratificazione, che solo nella parte basale fa intravedere un'alternanza di strati da cineritici argillificati a pomicei di spessore di circa 40 cm. Si tratta dei primi prodotti con chimismo tipicamente basico del Complesso Sabatino. La formazione presenta una

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

permeabilità sia verticale che orizzontale, molto variabile, da poco o affatto permeabile a molto permeabile;

- **Tufi Stratificati Varicolori di Sacrofano e di La Storta:** prodotti piroclastici di ricaduta stratificati di colore dal rosso al giallo e grigio, costituiti da pomici, lapilli e ceneri con clasti cristallini di leucite, mica, pirosseno e sanidino per uno spessore di 30 - 40 m. La matrice, talvolta assente, è grossolana, compatta ed omogenea: questi depositi costituiti da roccia sciolta, presentano discreta coesione per saldatura termica e per successivi fenomeni di argillificazione delle pomici e della frazione fine.

Il locale substrato sedimentario è costituito da:

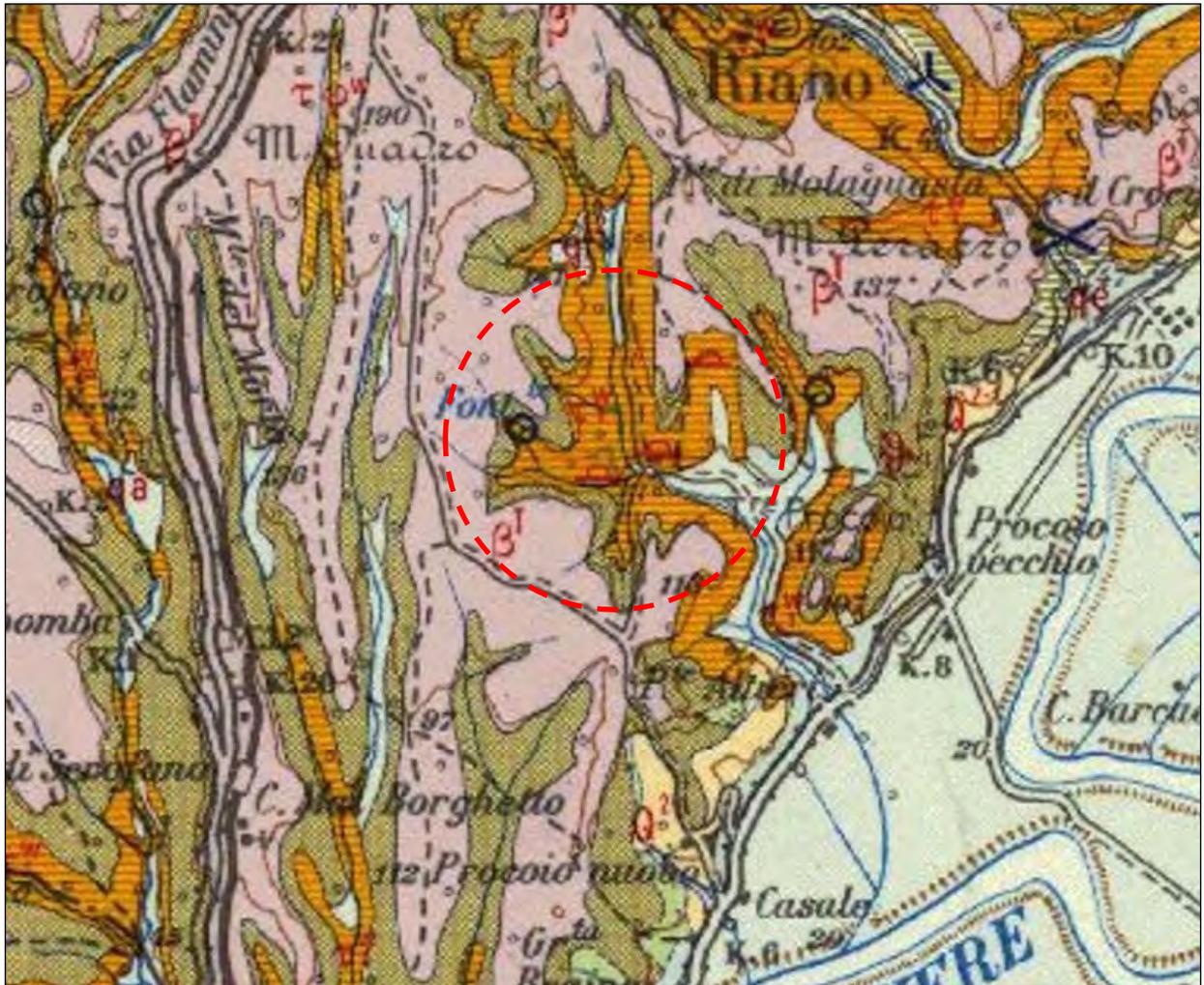
- **Argille e limi plio-pleistocenici:** terreni da limosi a sabbiosi in abbondante matrice argillosa compatti, intensamente fratturati con struttura colonnare, a volte fogliettata, di colore grigio tendente al giallo ocra ove alterate. Al suo interno si rinvengono bioclasti di Molluschi I.s. e foraminiferi.

Nella seguente colonna si evidenziano i rapporti stratigrafici tra le formazioni sopra descritte.



FIGURA 2A: COLONNA STRATIGRAFICA DELLE SUCCESSIONI

**STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA  
 F.144 "PALOMBARA SABINA"**



LEGENDA:

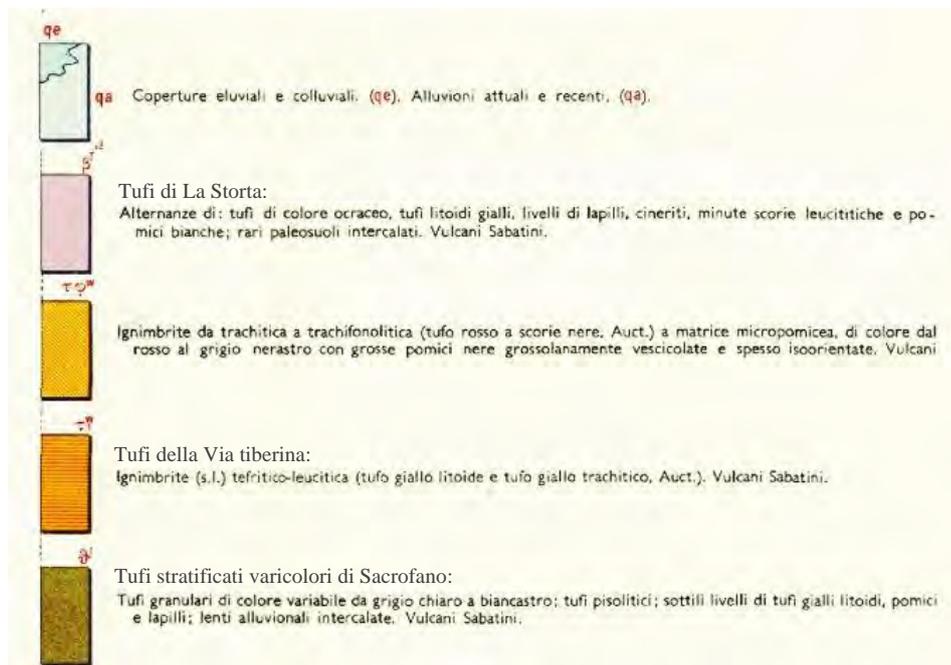


FIGURA 2B: STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA – F.144 "PALOMBARA SABINA"

### 3. QUADRO GEOLOGICO DEL SITO

#### 3.1 LITOSTRATIGRAFIA

L'area in esame è caratterizzata dall'affioramento di litotipi ascrivibili alla formazione del “*Tufo Giallo della Via Tiberina*” che localmente è stata oggetto di una pluridecennale attività estrattiva per la produzione di tufo in blocchetti per l'edilizia.

Il Tufo Giallo della Via Tiberina affiora lungo le rotture di pendio poste al margine dei rilievi; le zone sommitali sono invece caratterizzate dall'affioramento di depositi tufacei stratificati, con alternanze di cineriti e sabbie vulcaniche (*Tufo di Sacrofano*), che rappresentano il locale “cappellaccio”, ovvero il materiale di copertura non sfruttabile commercialmente. L'attività estrattiva avveniva, dopo una preventiva fase di “scoperta” (rimozione dei depositi tufacei stratificati di copertura), mediante la “coltivazione a terrazzo” che, al raggiungimento del fondovalle, si trasformava in “coltivazione in fossa”.

Il tufo veniva estratto mediante l'utilizzo di speciali seghe operanti su piani orizzontali, generando così un graduale approfondimento del fondo (piano di coltivazione) che quindi costituiva contemporaneamente tanto il fronte di attacco quanto il piano di manovra. Queste attività, durate alcuni decenni, hanno prodotto una grande quantità di materiali di risulta (sfridi di coltivazione) che negli anni sono stati depositati nelle zone circostanti le aree di lavorazione, sia a monte che a valle dei fronti. Gli importanti depositi di materiale di riporto sono pertanto costituiti in parte dall'accumulo dei “materiali di scoperta” ed in parte dal “pezzame di tufo” commercialmente non valido (figura 3).



FIGURA 3: SCHEMA INDICATIVO DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI TRA I LITOTIPI PRESENTI SUL SITO.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

I terreni sottostanti le piroclastiti sono costituiti dalle argille e limi di età plio-pleistocenica che fungono da basamento “impermeabile” su cui s’imposta la falda idrica principale. Il passaggio tra piroclastiti e argille è localmente stimato ad una quota compresa tra 23 m e 37 m s.l.m.. Tale variazione di quota è riconducibile al fatto che i tufi si sono depositi, in ambiente subaereo, sulla paleomorfologia dei termini argillosi.

**3.2 GEOMORFOLOGIA**

L'area in esame è sita ad una quota compresa tra un massimo di circa 140 m s.l.m. a monte dei fronti di cava e circa 57 m s.l.m. nei piazzali sottostanti.

La morfologia antecedente le attività estrattive era caratterizzata da forme collinari blandamente acclivi e valli incise da piccoli fossi ad andamento circa nord-sud, che si allineavano in direzione della piana del Fiume Tevere.

L’attuale zona di cava era incisa dall’asta del Fosso di Ponte Sodo che confluisce, insieme agli altri piccoli fossi (Fosso del Ricaccetto e Fosso di Pian dell’Olmo) nel Fosso di Fontanalarga, prima dell’immissione nel Fiume Tevere.

L'area è stata profondamente alterata dall’attività estrattiva al punto che le morfologie riportate nella cartografia storica non sono attualmente riconoscibili. Ad oggi il sito è caratterizzato da fronti di cava con pareti subverticali, variamente orientati e di notevoli altezze (figura 4).



FIGURA 4: DETTAGLIO DI UNO DEI FRONTI DI CAVA CON PARETE SUB-VERTICALE (FRONTE ESPOSTO A SUD)

Come si evince dallo stralcio del P.A.I. (Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Tavole n.48/49/61/62) riportato in figura 5, le zone con fronte di scavo sub-verticale, sono perimetrare nella “Carta inventario dei fenomeni franosi” come “*Area con orlo di scarpata di frana – fenomeno presunto*”.

Sempre in riferimento al PAI, el settore settentrionale è segnalata la presenza di una “frana complessa”, “fenomeno attivo”, che si sviluppa su un versante esposto a NO ed interessa, tra l’altro, la pista d’accesso alla zona.

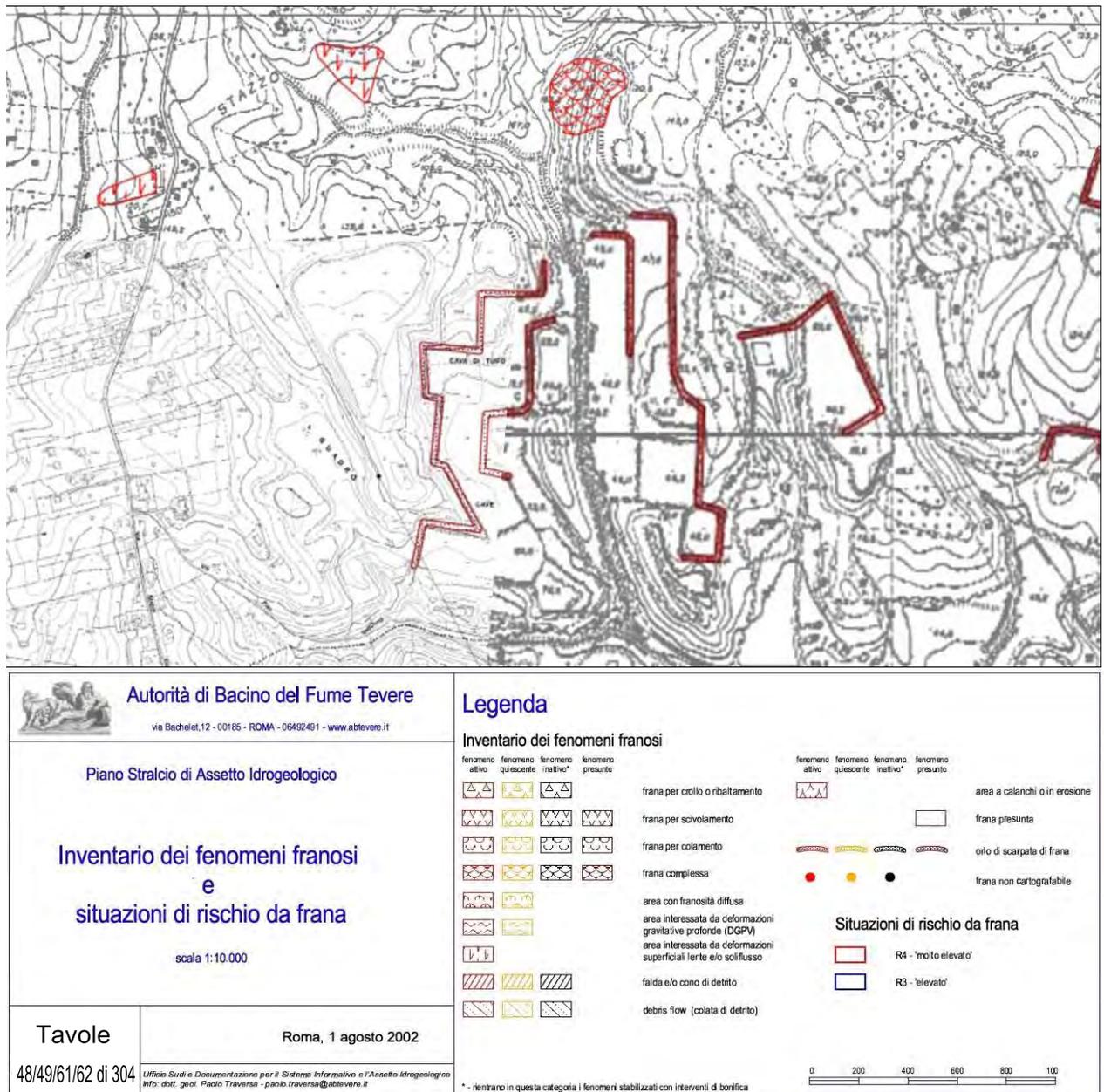


FIGURA 5: STRALCIO TAVOLE 48/49/61/62 – INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI E SITUAZIONI DI RISCHIO DA FRANA (A. DI B. TEVERE)

L'area è inoltre sottoposta a numerosi vincoli, derivanti sia dal Piano Territoriale Paesistico della Regione Lazio, sia dalla presenza di boschi e corsi d'acqua censiti nell'Elenco delle Acque Pubbliche.

La falda di base è sottoposta a tutela ai sensi delle “Misure di Salvaguardia degli acquiferi vulcanici dei Colli Albani e dei Monti Sabatini” di cui alla Delibera n. 3 del 21/11/2003 dell’Autorità dei Bacini Regionali del Lazio (S.O. n. 4 al B.U.R.L. n. 2 del 20/01/2004), prorogate con Deliberazione n.1 del 26/10/06 e dalle “Misure di Salvaguardia dei sistemi idrogeologici dell’area del Bacino del Tratto Metropolitano da Castel Giubileo alla foce” di cui alla Delibera n. 105 del 03/03/04 dell’Autorità di Bacino del Fiume Tevere (G.U. n. 89 del 16/04/04), prorogate con Decreto del 06/08/07 pubblicato nella G.U. 25/08/2007 n.197.

## RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

### 3.3 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

L'area in esame rientra nel bacino idrografico del Fosso di Fontanalarga che, comprendendo il Fosso di Ponte Sodo passante per la cava, appartiene al più ampio sistema idrografico del Fiume Tevere.

Il bacino del Fosso di Fontanalarga ha una forma a losanga allungata in direzione NNO-SSE di lunghezza pari a circa 7 km e larghezza massima pari a circa 1 km (Figura 6).

Il bacino occupa una regione collinare solcata da numerosi fossi minori che abbraccia una superficie complessiva di circa 8 km<sup>2</sup>; l'altitudine media è di 121 m s.l.m. ed il fattore di forma è 2,7. La lunghezza dell'asta principale è circa 7,8 km con una pendenza media del 2,3%.

I terreni affioranti nella porzione settentrionale, ove ricade l'area in esame, sono di origine piroclastica con netta prevalenza dei *Tufi Varicolori di Sacrofano* che ricoprono circa il 30% dell'area del bacino e dei *Tufi Varicolori Stratificati de La Storta* che ne ricoprono oltre il 40%. Nella zona di fondovalle ed in prossimità della confluenza con il Fiume Tevere, affiorano invece depositi limoso sabbiosi di età pleistocenica.

I depositi piroclastici sono da considerarsi mediamente permeabili per porosità primaria e fratturazione, mentre i depositi argillosi pleistocenici sono caratterizzati da una permeabilità da bassa a bassissima.

L'acquifero vulcanico sabatino è stato per lungo tempo oggetto di approfonditi studi in quanto riveste una notevole importanza per l'alimentazione degli acquedotti di numerosi centri abitati.

Per tale motivo, la stessa falda, come precedentemente menzionato, è sottoposta a tutela ai sensi delle “Misure di Salvaguardia degli acquiferi vulcanici dei Colli Albani e dei Monti Sabatini” e dalle “Misure di Salvaguardia dei sistemi idrogeologici dell'area del Bacino del Tratto Metropolitano da Castel Giubileo alla foce”.

Si riporta di seguito, una sintesi della bibliografia idrogeologica dell'area ed i risultati delle indagini eseguite in situ che testimoniano la situazione attuale.

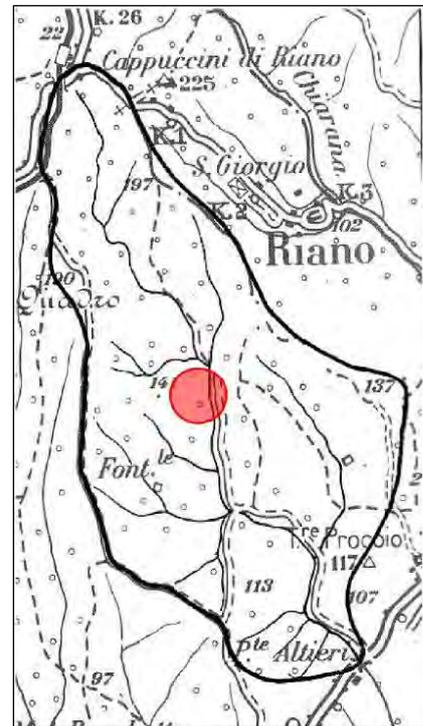


FIGURA 6: BACINO DEL FOSSO DI FONTANALARGA

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**IDROGEOLOGIA DELLA PROVINCIA DI ROMA – VENTRIGLIA U. 1990**

In questo studio sono stati sintetizzati numerosi lavori e pubblicazioni scientifiche, nonché riportati nuovi studi ed esami, finalizzati alla corretta definizione e parametrizzazione delle acque sotterranee della provincia di Roma (nel caso specifico del Complesso dei Monti Sabatini).

Gli studi effettuati comprendono anche un puntuale censimento dei punti d'acqua utilizzati per la ricostruzione dell'andamento della superficie piezometrica della falda principale. I dati del censimento dei punti d'acqua sono riportati nelle seguenti tabelle:

RIQUADRO - f26						
N°	Tipo	Coordinate UTM			Quota Boccapozzo	Quota Sorgente Livello piez.
		Zona	N	E		
7	S	33 T Nord	4663203	293316		170
8	P	33 T Nord	4663171	293775	190	135
9	S	33 T Nord	4662884	293652		150
13	P	33 T Nord	4662370	293292	181	120
14	S	33 T Nord	4662321	293911		125
15	S	33 T Nord	4662196	293954		115

RIQUADRO G26						
N°	Tipo	Coordinate UTM			Quota Boccapozzo	Quota Sorgente Livello piez.
		Zona	N	E		
2	S	33 T Nord	4661915	294083		100
3	P	33 T Nord	4661848	293184	165	100
10	P	33 T Nord	4661510	293152	140	92
12	P	33 T Nord	4661201	293166	147	96
15	S	33 T Nord	4660828	294282		50
19	P	33 T Nord	4660647	293080	120	74
20	P	33 T Nord	4660521	293192	130	70
21	S	33 T Nord	4660471	293834		90
24	P	33 T Nord	4660397	293211	131	70

RIQUADRO G27						
N°	Tipo	Coordinate UTM			Quota	Livello piez. slm
		Zona	N	E		
6	S	33 T Nord	4661155	294728		100
7	S	33 T Nord	4661915	294083		54
8	P	33 T Nord	4661848	293184	84	44
9	S	33 T Nord	4660815	294741		65
10	P	33 T Nord	4661510	293152	42	41
11	S	33 T Nord	4660456	295398		50
12	S	33 T Nord	4660219	295069		34
15	S	33 T Nord	4659819	295034		30

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Gli studi di questa pubblicazione (*Ventriglia*) hanno permesso di riconoscere in tutta la regione Sabatina una falda principale la cui base è costituita dalle argille plioceniche e la cui superficie limite superiore è indicativamente riportata, per la zona in studio, nella sottostante carta idrogeologica (figura 7).

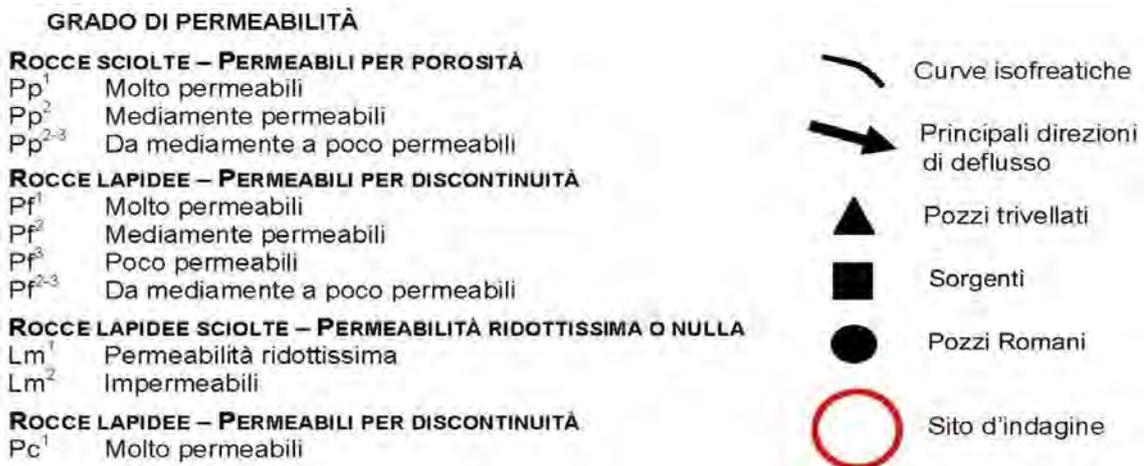
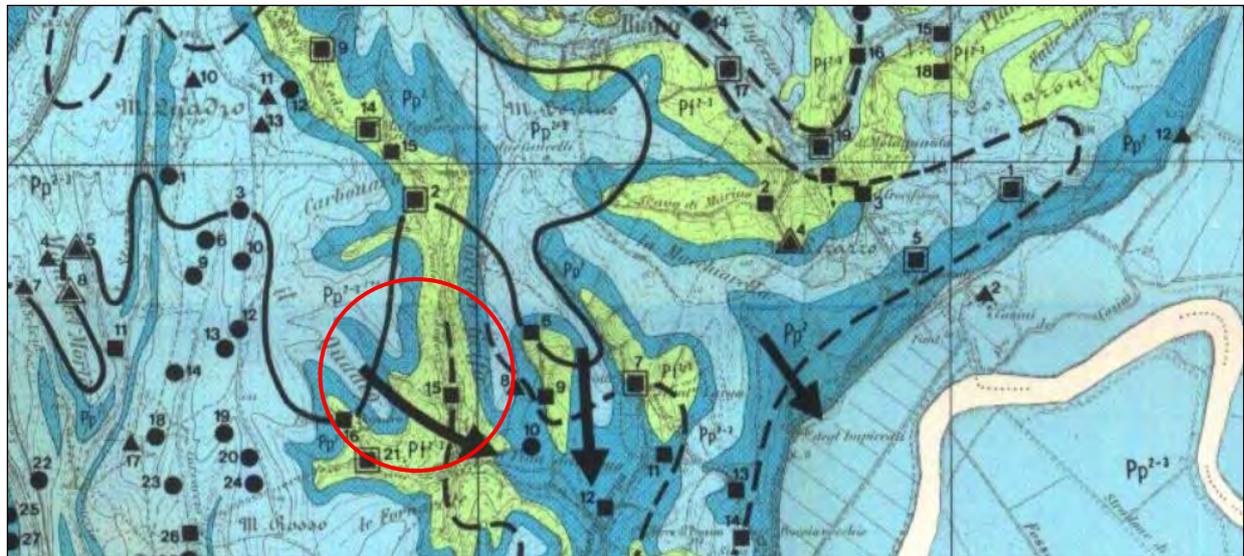


FIGURA 7: STRALCIO DELLA CARTA IDROGEOLOGICA DELLA PROVINCIA DI ROMA (U. VENTRIGLIA '89)

Da essa si evince che nell'area in studio la falda principale si attesta ad una quota compresa tra 50 m e 100 m sul livello del mare.

**PIANO DI BACINO DEL FIUME TEVERE – PS5 – AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME TEVERE**

Nel Piano Stralcio PS5 dell'autorità di Bacino del Fiume Tevere vengono sintetizzati numerosi lavori e pubblicazioni scientifiche, nonché effettuati nuovi studi ed esami, finalizzate alla tutela delle acque sotterranee e superficiali ricadenti nelle aree di competenza dell'Autorità di bacino del fiume Tevere.

In particolare, l'autorità di bacino si è posta come obiettivo la salvaguardi di acquiferi sottoposti a sfruttamento eccessivo e di particolare importanza in quanto utilizzati quali fonti di approvvigionamento di acque potabili.

Per tale motivo, nel Piano di Stralcio PS5, è stata investigata la falda principale dei Monti Sabatini e ne è stata ricostruita la superficie isofreatica e successivamente sono state poste in essere delle Misure di Salvaguardia per impedirne l'eccessivo sfruttamento. Dalla cartografia allegata al Piano di Stralcio PS5 risulta che la falda principale, nella zona in esame, ha la superficie piezometrica posta a circa 60 m s.l.m.

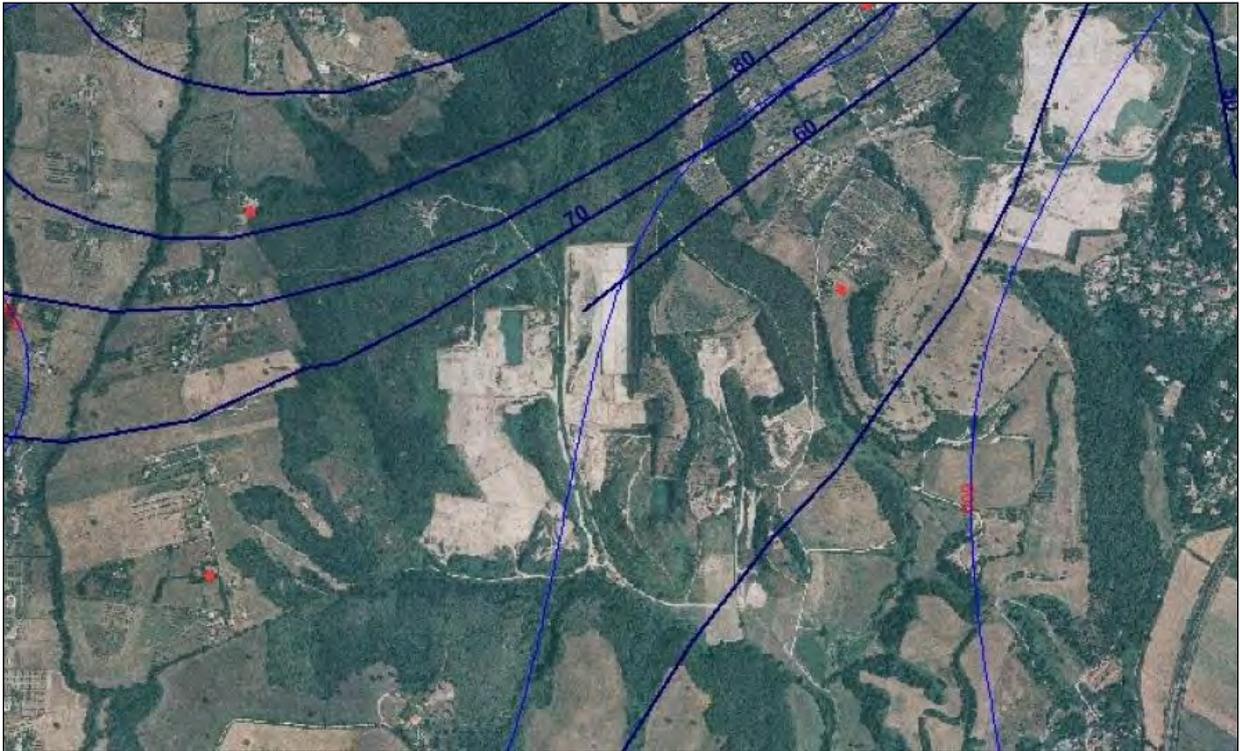


FIGURA 8: TAVOLA DELLE ISOPIEZE - PIANO DI BACINO DEL FIUME TEVERE – PIANO DI STRALCIO PS5

### **SITUAZIONE ATTUALE**

Nel mese di dicembre 2023 è stata eseguita una specifica indagine geognostica consistente, tra l'altro, in due sondaggi meccanici a carotaggio continuo (la cui ubicazione è schematicamente riportata nell'immagine satellitare a fianco). In particolare nel sondaggio S1 (L=25 m), eseguito alla quota di 71.2 m slm non è stata intercettata la falda. La



FIGURA 9: UBICAZIONE SONDAGGI E POZZO

superficie piezometrica, misurata in data 19/01/2024 nel pozzo “P”, è posta alla quota di 45 m slm. Questa situazione, riferita alle condizioni attuali, ovvero in presenza di un costante pompaggio della falda nelle zone circostanti, potrebbe subire significative escursioni qualora detto pompaggio venga definitivamente interrotto.

#### 4. INDAGINI ESEGUITE

Per la caratterizzazione fisica e meccanica dei litotipi direttamente interessati dalle opere in progetto, nel mese di dicembre 2023, è stata eseguita una specifica campagna d'indagine consistita in:

- n.2 sondaggio meccanici a carotaggio continuo:
  - S1 spinto alla profondità di 25 m dal p.c. (quota 71.2 m s.l.m.);
  - S2 spinto alla profondità di 20 m dal p.c. (quota 126.3 m s.l.m.).
- n.13 prove penetrometriche dinamiche continue di tipo DPSH.

Durante i sondaggi sono stati prelevati campioni di terreno in seguito sottoposti a prove ed analisi di laboratorio geotecnico per la determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche. L'ubicazione delle indagini è schematicamente illustrata nella seguente figura 10.



FIGURA 10: UBICAZIONE PROVE GEOTECNICHE EFFETTUATE SUL SITO IN STUDIO.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO****4.1 SONDAGGI MECCANICI A CAROTAGGIO CONTINUO**

I sondaggi sono stati eseguiti rispettivamente alla base (S1) ed alla sommità (S2) del fronte di cava principale esposto a sud (Figura 10). Durante le perforazioni sono stati prelevati n.3 campioni di terre per le analisi e prove di laboratorio geotecnico.

Le quantità prodotte sono riportate nella seguente tabella riepilogativa.

SOND.	DATA	COORDINATE		PERF.	CAMPIONI
(n°)	gg/mm/anno	Latitudine	Longitudine	m	n°
S1	19/12/23	42° 4'35.03"N	12°30'40.79"E	25.0	2
S2	20/12/23	42° 4'39.46"N	12°30'37.25"E	20.0	1

Al fine di verificare in dettaglio la successione stratigrafica, le perforazioni sono state eseguite a carotaggio continuo con il sistema ad aste e carotiere semplice ( $\varnothing$  101 mm). La perforazione è stata eseguita prevalentemente a "secco", l'utilizzo di acqua, come fluido di perforazione, è stato limitato alla sola messa in opera del rivestimento provvisorio e per l'attraversamento di tratti a schietto comportamento meccanico di tipo litoide. Per la stabilizzazione del foro, al fine di prevenire rischi di crollo, è stato posto in opera un rivestimento provvisorio in acciaio (Casing  $\varnothing$  127 mm). Le carote estratte sono state alloggiare in apposite cassette catalogatrici, contenenti 5 m di carota ciascuna. Nei diagrammi stratigrafici, riportati in allegato, oltre alle profondità di prelievo dei campioni, sono indicati: la data di perforazione; la quota "bocca foro" in metri s.l.m.; l'attrezzatura impiegata; la lunghezza e il diametro del rivestimento provvisorio e la descrizione degli strati attraversati.



I sondaggi sono stati eseguiti con una sonda a funzionamento idraulico di tipo **GEO-LINE 900**. Il **sondaggio S1** è stato eseguito il 19/12/ 2023 sul piazzale alla base del fronte di cava esposto a sud, alla quota di 71.2 metri s.l.m..

FIGURA 11: ESECUZIONE DEL SONDAGGIO S1

Il **sondaggio S2**, riportato nella figura a fianco, è stato eseguito il 20 dicembre 2023 a monte del fronte di cava esposto a sud, alla quota di 126.3 metri s.l.m..



FIGURA 12: ESECUZIONE DEL SONDAGGIO S2

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**4.2 ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO**

Data la natura dei terreni attraversati, e constatata l'impossibilità di utilizzo di campionatori a pareti sottili, i campioni sono stati selezionati dalle carote immediatamente dopo la loro estrazione e sono stati subito alloggiati in appositi contenitori rigidi (PVC); infine sono stati paraffinati ed inviati presso laboratorio geotecnico certificato. Il programma delle analisi è schematicamente riportato nella seguente tabella riepilogativa:

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITÀ DI PRELIEVO (m)	PROVE DI LABORATORIO
S1	C1	7.2 ÷ 7.7	W, LA, G, GS, AG, TD
S1	C2	13.0 ÷ 13.5	W, LA, G, GS, AG, TD
S2	C1	5.0 ÷ 5.5	W, LA, G, GS, AG, TD

W = Misura del contenuto d'acqua naturale; LA = Determinazione dei limiti di Atterberg; G = Determinazione del peso dell'unità di volume; GS = Determinazione del peso specifico dei grani; AG = Analisi granulometrica per staccatura e sedimentazione; ELL = Resistenza alla compressione ad espansione laterale libera; TD = Prova taglio diretto in scatola di Casagrande, mod. consolidata drenata.

TABELLA 1 – ELENCO ANALISI E PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

**4.3 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DI TIPO DPSH**

La prova penetrometrica dinamica continua consiste nell'infissione verticale nel terreno di una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste. Nel caso del penetrometro DPSH l'infissione avviene per battitura con un maglio di 63.5 Kg e volata di 75 cm.

La prova viene effettuata contando il numero di colpi necessari per la penetrazione della punta per ciascun tratto di lunghezza prestabilita (20 cm). La resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi (N<sub>20</sub>) per la penetrazione di riferimento. La prova viene generalmente interrotta nel caso di N<sub>20</sub>>50 (rifiuto strumentale).

Le prove sono state eseguite con un penetrometro dinamico di tipo DPSH le cui caratteristiche tecniche sono riportate nella seguente tabella.

RIFERIMENTO NORME	DIN 4094	
PESO MASSA BATTENTE	63,5 KG	
ALTEZZA DI CADUTA LIBERA	0,75 M	
PESO SISTEMA DI BATTUTA	0,63 KG	
AREA DI BASE PUNTA	20 CM <sup>2</sup>	
DIAMETRO PUNTA CONICA	50,46 MM	
ANG. DI APERTURA PUNTA	90 °	
COEFF. CORRELAZIONE	0,8	
NUMERO COLPI	N(20)	
AVANZAMENTO PUNTA	0,20 M	
PESO ASTE A METRO	6,31 KG	

TABELLA 2: CARATTERISTICHE PENETROMETRO DPSH UTILIZZATO PER LE PROVE SUL SITO

## 5. CARATTERIZZAZIONE UNITÀ LITOTECNICHE

L'area in esame è caratterizzata dall'affioramento delle tre unità litotecniche di seguito descritte.

### 5.1 TERRENI DI RIPORTO

I terreni di riporto, diffusamente distribuiti nel comprensorio studiato (figura 13), sono stati messi in posto durante tutte le fasi di coltivazione della cava; in essi sono pertanto compresi tanto i terreni “di scoperta” quanto lo “sfrido di coltivazione” costituito dal pezzame di tufo inidoneo alla commercializzazione.



FIGURA 13: DISTRIBUZIONE SCHEMATICA DEI TERRENI DI RIPORTO

Da un punto di vista granulometrico, si tratta di terreni eterometrici di natura prevalentemente ghiaiosa, talora con ciottoli, in abbondante matrice sabbiosa con limo-argilloso. Il colore d'insieme varia sulle tonalità dal grigio verdastro all'avana chiaro.

Per la loro caratterizzazione è stata eseguita una specifica campagna d'indagine geognostica consistita in 13 prove penetrometriche dinamiche (DPSH), omogeneamente distribuite nell'area, ed il sondaggio meccanico a carotaggio continuo S1 durante il quale sono stati prelevati i campioni S1-C1 ed S1-C2 per le analisi di laboratorio geotecnico.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Sebbene i riporti siano stati messi in posto in tempi diversi, durante la pluridecennale attività di cava, le indagini hanno evidenziato una certa omogeneità in termini di caratteristiche meccaniche d'insieme.

In molti casi è presente uno strato più superficiale, da sciolto a debolmente addensato, di spessore variabile da circa 2 a oltre 6 metri ed uno strato più profondo, da debolmente a poco addensato.

Nella seguente tabella si riportano i valori dello spessore (m), della densità relativa (Dr) e dell'angolo di attrito interno ( $\phi$ ) stimato dall'elaborazione delle prove DPSH.

LIVELLO SUPERIORE

DPSH n.	1	2	3	5	6	7	11	12	13
SPESSORE (m)	2.8	3.6	4.2	3.0	3.4	4.4	6.2	6.0	3.6
DR (%)	53	37	30	49	53	45	43	43	59
$\phi$ (°)	28	28	27	28	29	28	28	28	29

LIVELLO INFERIORE

DPSH n.	1	2	3	6	7	8	9	10	12	13
SPESSORE (m)	>7.2	>6.4	>5.8	>6.6	>10	1.2	6.4	5.0	>4	>6.4
DR (%)	61	48	42	49	50	61	56	58	53	62
$\phi$ (°)	30	30	29	30	30	29	30	30	30	32

I valori dei parametri fisico-meccanici derivanti dalle analisi di laboratorio dei campioni S1-C1, S1-C2 (i cui certificati sono riportati in allegato) sono riassunti nella seguente tabella:

	CAMPIONE S1-C1 (PROF. 7.2 m DAL P.C.)	CAMPIONE S1-C2 (PROF. 13.0 m DAL P.C.)
UMIDITÀ NATURALE	Wn = 20.0	Wn = 29.7
INDICE DEI VUOTI	e = 0.62	e = 0.84
POROSITÀ	n = 38.2 %	n = 45.7 %
GRADO DI SATURAZIONE	Sr = 86.2 %	Sr = 87.3 %
PESO DI VOLUME NATURALE	$\gamma_n = 19.3 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_n = 17.1 \text{ kN/m}^3$
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat} = 19.9 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_{sat} = 17.6 \text{ kN/m}^3$
ANGOLO DI ATTRITO INTERNO	$\phi' = 30^\circ$	$\phi' = 42^\circ$
COESIONE EFFICACE	c' = 7 KPA	c' = 4 KPA

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO****5.2 TUFİ STRATIFICATI DA INCOERENTI A SEMI-COERENTI**

Si tratta dei litotipi, soprastanti il banco tufaceo oggetto di coltivazione, ascrivibili alla formazione dei "Tufi stratificati varicolori di Sacrofano", costituita da tufi da incoerenti a semicoerenti con intercalazioni di paleosuoli. Per la caratterizzazione meccanica di questi litotipi, di natura sabbiosa con limo debolmente argilloso, sono state prese in considerazione le risultanze delle prove penetrometriche DPSH 4, 5, 8 ed 11 nonché il sondaggio meccanico S2. Nella seguente tabella si riportano i valori desunti dall'elaborazione delle prove penetrometriche.

DPSH n.	4	5	8	11
DR (%)	95	96	94	63
$\phi$ (°)	37	36	37	32

I valori dei parametri fisico-meccanici derivanti dalle analisi di laboratorio dei campioni S2-C1 (i cui certificati sono riportati in allegato) sono riportati nella seguente tabella.

	CAMPIONE S2-C1 (PROF. 5.5 m DAL P.C.)
UMIDITÀ NATURALE	$W_n = 38.2$
INDICE DEI VUOTI	$e = 1.25$
POROSITÀ	$n = 55.6 \%$
GRADO DI SATURAZIONE	$S_r = 80.1 \%$
PESO DI VOLUME NATURALE	$\gamma_n = 15.8 \text{ kN/m}^3$
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{\text{sat}} = 16.9 \text{ kN/m}^3$
ANGOLO DI ATTRITO INTERNO	$\phi' = 36^\circ$
COESIONE EFFICACE	$c' = 15 \text{ kPa}$

**5.3 TUFİ LITOIDI**

Il tufo litoide è caratterizzato essenzialmente da fessurazioni estensive riconducibili alle fasi di raffreddamento e solidificazione della massa piroclastica durante e dopo la sua messa in posto.

L'ammasso è interessato da fratture da molto inclinate a sub-verticali, caratterizzate da spaziature variabili da 2 a 8 m e da aperture generalmente serrate di dimensioni millimetriche. Le superfici di frattura, laddove apprezzabili, appaiono caratterizzate da media scabrezza e da ondulazioni a largo raggio. Il riempimento è quasi sempre assente; il grado di alterazione delle superfici di frattura è generalmente medio-basso.

Nell'insieme l'ammasso roccioso, nelle porzioni affioranti, non risulta interessato da venute d'acqua significative; esso può quindi essere considerato asciutto o lievemente umido.



FIGURA 14: VISTA PANORAMICA, FRONTE NORD, DEL BANCO DI TUFI LITOIDI

Per la classificazione e parametrizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso tufaceo si è fatto riferimento all'ampia disponibilità di dati bibliografici tra cui lo studio di De Casa – Lombardi (2007) “Caratteri fisico-meccanici del Tufo giallo della Via Tiberina”.

Nella seguente tabella si riportano i parametri caratteristici del tufo utilizzati per le determinazioni geomeccaniche dell'ammasso roccioso.

PARAMETRO	DESCRIZIONE	UNITÀ	VALORE
$\gamma_{\text{nat}}$	PESO DI VOLUME NATURALE	t/m <sup>3</sup> KN/m <sup>3</sup>	1.35 13.24
$\gamma_{\text{Sat}}$	PESO DI VOLUME SATURO	t/m <sup>3</sup> KN/m <sup>3</sup>	1.55 15.20
$\sigma_c$ (UCS)	RESISTENZA A COMPRESSIONE UNIASSIALE ROCCIA INTATTA	t/m <sup>2</sup> kPa	726 7120

TABELLA 2: PARAMETRI GEOMECCANICI CARATTERISTICI DEL TUFO GIALLO DELLA VIA TIBERINA

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Di seguito si riportano la classificazione dell'ammasso roccioso (metodo Bieniawski) e la determinazione dei parametri Mohr Coulomb (metodo Hoek-Brown) ottenute con l'ausilio del software Aztec Geomeccanica 14.0 (Vedi Allegato 1).

**RISULTATI CLASSIFICAZIONE BIENIAWSKI**

**RMR:** Indice di BIENIAWSKI; **Des:** Descrizione qualità dell'ammasso roccioso; **c:** Coesione dell'ammasso roccioso [kPa]; **φ:** Angolo attrito ammasso roccioso [°]; **E:** Modulo elastico ammasso roccioso espresso in [kPa]; **GSI:** Geological Strength Index

RMR	Des	C [kPa]	φ	E	GSI [kPa]
44.00	DISCRETA	338	39.50	6942687	64.00

**RISULTATI PARAMETRI MOHR-COULOMB (HOEK-BROWN)**

**c:** Coesione dell'ammasso roccioso espressa in [kPa]; **φ:** Angolo attrito ammasso roccioso [°]; **σ<sub>t</sub>:** Resistenza a trazione roccia intatta [kPa]; **a:** Parametro ammasso roccioso; **s:** Parametro ammasso roccioso; **m<sub>b</sub>:** Parametro ammasso roccioso

C [kPa]	φ [°]	σ [kPa]
180	40.03	31

**5.4 MODELLO GEOLOGICO TECNICO – PARAMETRI CARATTERISTICI**

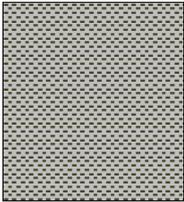
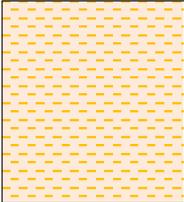
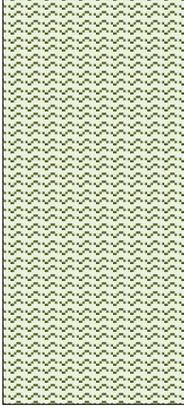
LITOLOGIA	DESCRIZIONE	PARAMETRI FISICO - MECCANICI
	TERRENI DI RIPORTO	$\gamma_{nat} = 17.1 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{sat} = 17.6 \text{ kN/m}^3$ $\phi' = 28^\circ$ $c' = 4 \text{ kPa}$
	TUFI STRATIFICATI DA INCOERENTI A SEMI-COERENTI	$\gamma_{nat} = 15.4 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{sat} = 16.9 \text{ kN/m}^3$ $\phi' = 36^\circ$ $c' = 15 \text{ kPa}$
	TUFI LITOIDI	$\gamma_{nat} = 13.3 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{sat} = 15.2 \text{ kN/m}^3$ $\phi' = 40^\circ$ $c' = 180 \text{ kPa}$

FIGURA 15: MODELLO GEOLOGICO TECNICO RIASSUNTIVO E PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO****6. INQUADRAMENTO SISMICO****6.1 MACRO SISMICITÀ DELLA ZONA**

Studi riguardanti la distribuzione delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Stucchi et al. 2007 – disponibile on-line) indicano, per il Comune di Riano, come eventi sismici che hanno avuto un grande risentimento, quelli riportati nello schema di seguito allegato.

Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Effetti IS	nMDP	Io	Mw
1971 02 06 18 09	TUSCANIA	NF	89	7-8	4.83
1997 09 26 00 33	APP. UMBRO - MARC.	4-5	76	7-8	5.66
1997 09 26 09 40	APP. UMBRO - MARC.	5	869	8-9	5.97
1997 10 14 15 23	VALNERINA	4	786	-	5.62
1997 11 06 02 20	MONTI TIBURTINI	5	91	5-6	4.19
1998 08 15 05 18	REATINO	NF	233	5-6	4.42
2000 03 11 10 35	VALLE ANIENE	NF	214	6	4.25
2000 06 27 07 32	VALLE ANIENE	4	138	6	4.24
2001 03 23 00 50	SABINA	NF	85	5	3.77
2005 12 15 13 28	VAL NERINA	NF	350	6	4.14

TABELLA 1: STORIA SISMICA DI RIANO

Il rischio sismico per la zona di Riano e per la Regione Lazio, in genere, è modesto, ma non trascurabile, poiché a fronte di una sismicità, registrata dalle reti sismiche nazionali, caratterizzata da scosse frequenti ma di bassa intensità, il territorio presenta una vulnerabilità degli edifici esistenti ed un valore esposto (densità di popolazione, patrimonio storico-monumentale, ecc.) molto elevati.

Non va dimenticato che i terremoti con epicentro nell'Appennino centrale, in particolare in Umbria e Abruzzo, vengono fortemente avvertiti in tutto il territorio laziale provocando, storicamente, effetti classificabili fino all'VI÷VII grado della Scala Mercalli.

I dati di pericolosità sismica prodotti da INGV (MPS04 e successive integrazioni prodotte nell'ambito del progetto INGV-DPC S1, disponibili sui siti web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> e <http://esse1.mi.ingv.it/>) hanno fornito una prima risposta, che ha avuto un riconoscimento ufficiale nell'Ordinanza PCM 3519/06 aventi per oggetto i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

L'area in studio è stata classificata all'interno della zonazione vigente come appartenente alla categoria 3A; Si allega a pagina seguente (Figura 16) la Carta della Classificazione Sismica (Delibera di Giunta Regione Lazio n. 387 del 22.05.2009).

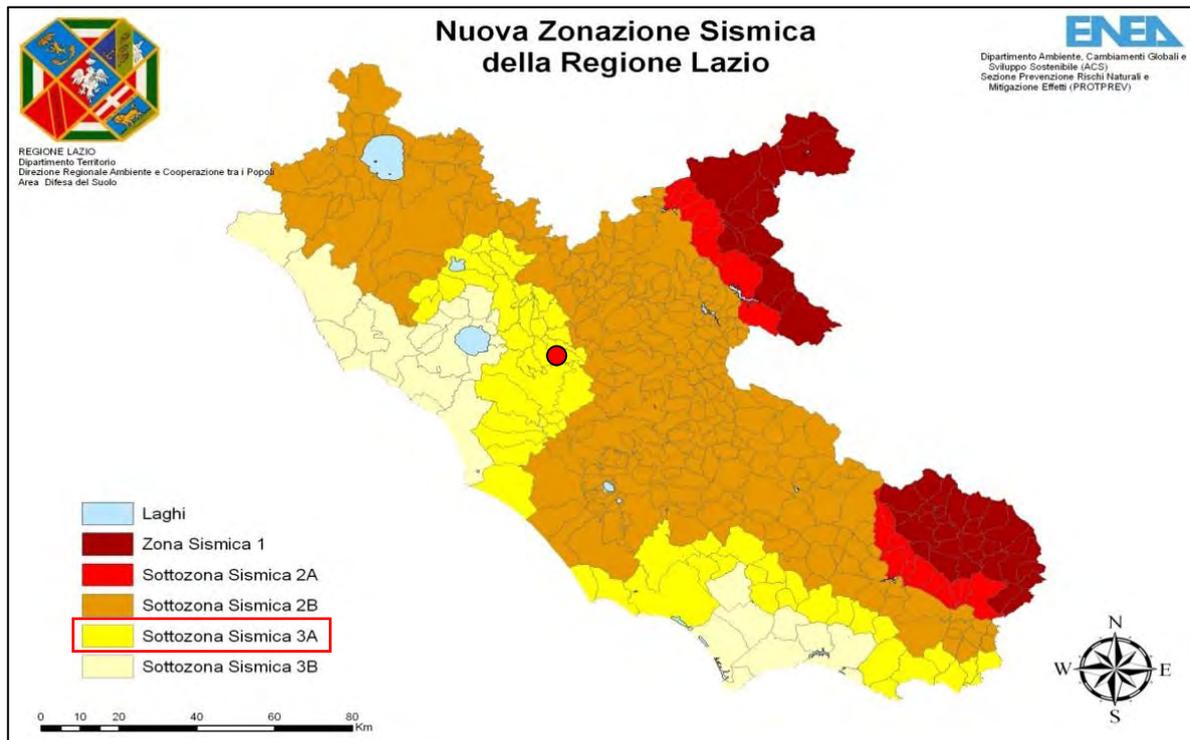


FIGURA 16: ZONAZIONE SISMICA DELLA REGIONE LAZIO CON DETTAGLIO SULLA CLASSE D'APPARTENENZA.

Dalla Carta dei Valori di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale (Stralcio in figura 17), si osserva che l'accelerazione orizzontale massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi, è compresa per la zona d'esame nell'intervallo  $0.075 \div 0.100$ . (Acc. orizz. massima attesa al sito:  $A_g=0.1206$  (g) – Fonte: <https://www.mappasismica.amv.it> per classe d'uso III e vita nominale 75 anni).

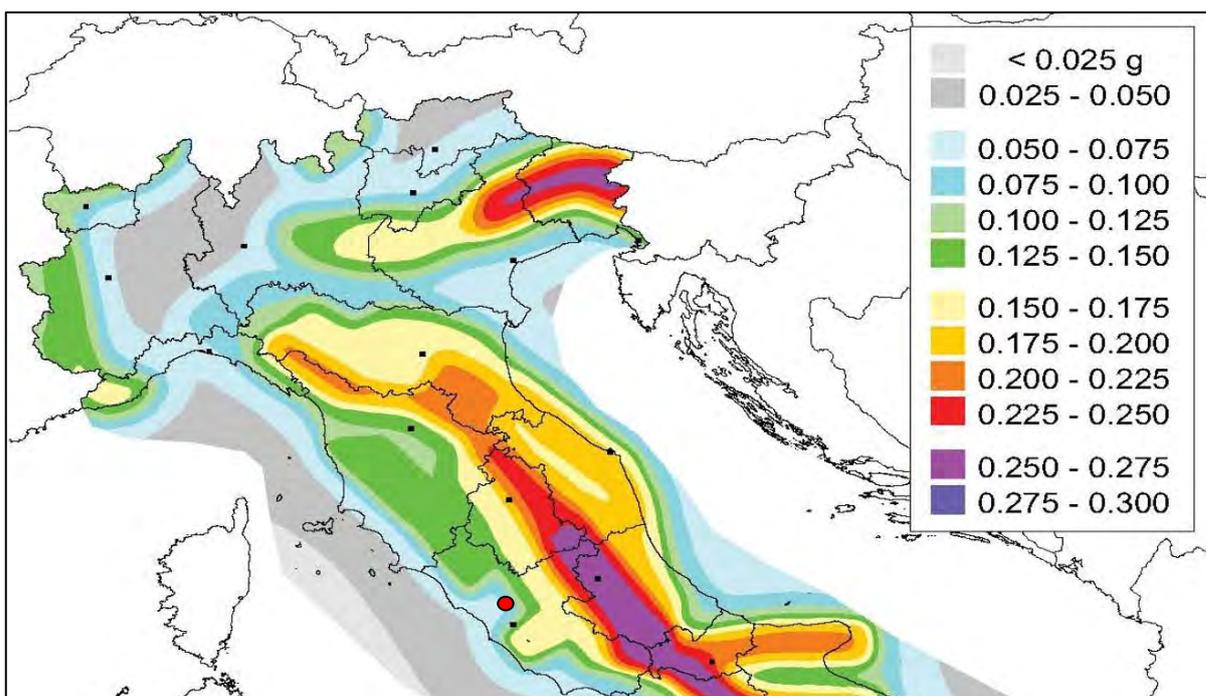


FIGURA 17: CARTA DEI VALORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO****6.2 MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1**

Recentemente il Comune di Riano, in qualità di Unità Amministrativa Sismica (UAS), ha provveduto alla redazione dello studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1 ai sensi della D.G.R. Lazio n°545 del 26/11/2010; tale studio è stato validato dalla Regione Lazio, Dip. Istituzionale e Territorio, Dir. Reg. Ambiente, con Determinazione n°A01465 del 27/02/2013.

In tale studio il territorio comunale è stato suddiviso in **Zone Stabili (ZS)**, **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (ZSA)** e **Zone suscettibili di instabilità (ZI)**. Di seguito si riporta il dettaglio delle varie sottozone individuate (Per il territorio comunale di Riano sono state individuate solamente zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e zone suscettibili di instabilità):

**ZONE ZSA**

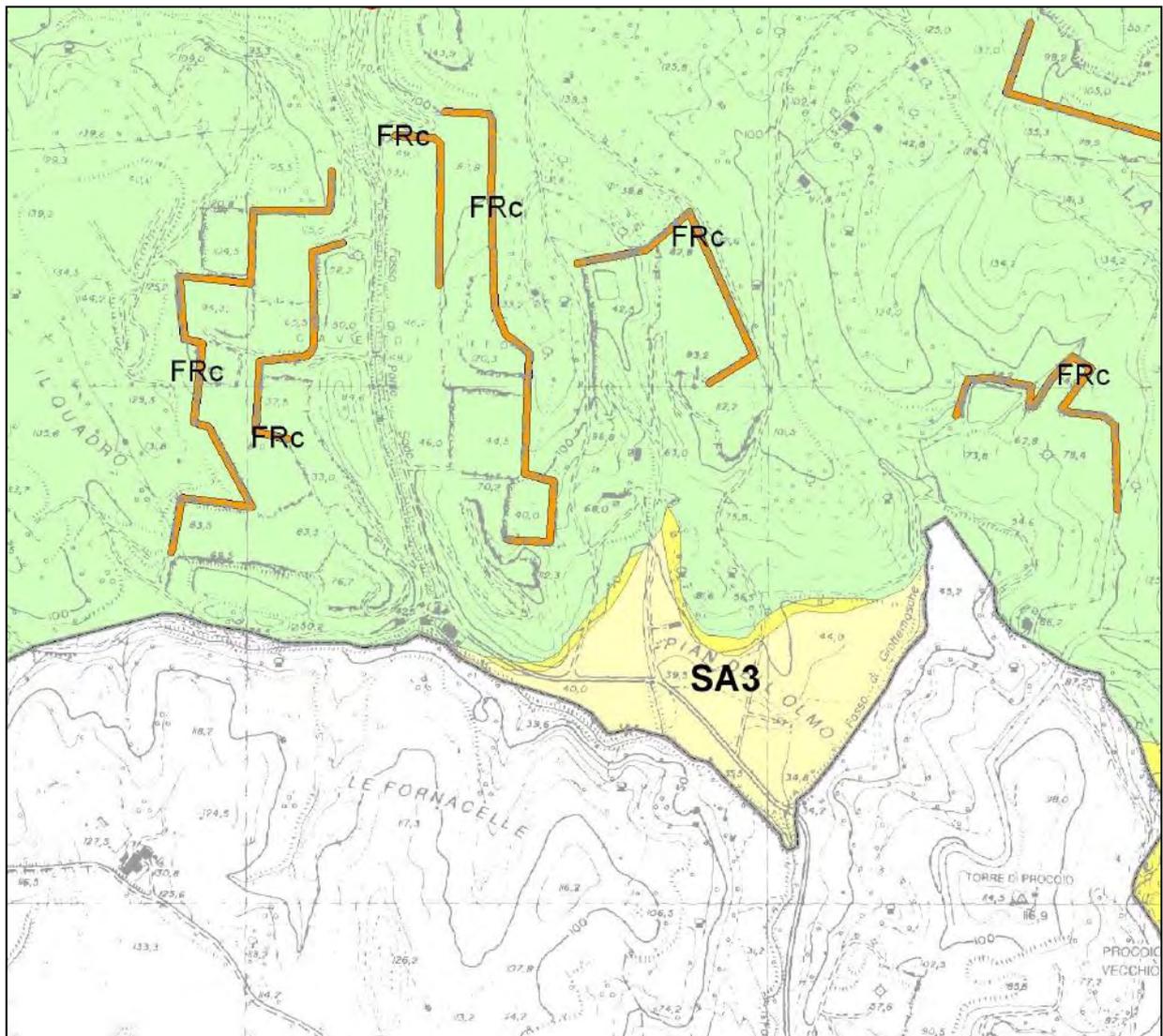
- **ZONA SA1:** suscettibile di amplificazione per la presenza di depositi piroclastici stratificati su piroclastiti grossolane con substrato sabbioso-argilloso.
- **ZONA SA2:** suscettibile di amplificazione per la presenza di depositi piroclastici grossolani con substrato sabbioso-argilloso.
- **ZONA SA3:** suscettibile di amplificazione per la presenza di depositi alluvionali su substrato sabbioso-argilloso.
- **ZONA SA4:** suscettibile di amplificazione per la presenza di depositi sabbioso-argillosi di notevole spessore.

**ZONE ZI**

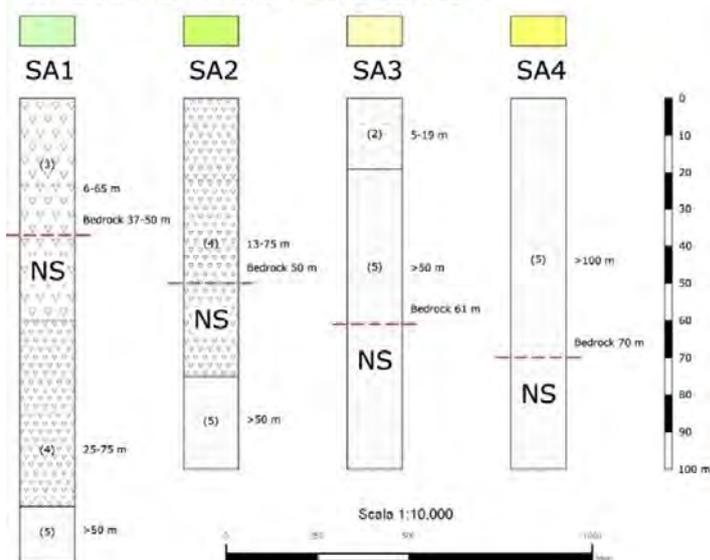
- **FRa:** Instabilità di versante attiva
- **FRb:** Instabilità di versante quiescente
- **FRc:** Instabilità di versante inattiva

Come si evince dallo stralcio della carta MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) della U.A.S. di Riano, riportato in figura 18 pagina seguente, l'area in studio ricade in prevalenza all'interno di una Zona SA1 (Zona "stabile ma suscettibile di amplificazione locale").

IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "CAVA SOLAR" – LOCALITÀ QUADRO ALTO - COMUNE DI RIANO  
**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**



**ZONE SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI**



- (2) Alluvioni
- (3) Piroclastiti stratificate
- (4) Piroclastiti grossolane
- (5) Sabbie e sabbie argilose
- Bedrock sismico
- 25-75 m Spessore dello strato (min-max)
- S Substrato stratificato
- NS Substrato non stratificato

**ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'**

- FRa - Instabilità di versante: Attiva
- FRb - Instabilità di versante: Quiescente
- FRc - Instabilità di versante: Inattiva

FIGURA 18: STRALCIO DELLA CARTA M.O.P.S. (TAVOLA N.1) – U.A.S. DI RIANO

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**6.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE: Ag – F0 – Tc**

Come definito nel Testo unico allegato al D.M. del 17/01/2018 "NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018", le "AZIONI SISMICHE DI PROGETTO", in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE" del sito di costruzione che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita:

- in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta delle NTC18, nelle condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (Cat. A);
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distanti più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno  $T_r$  ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni.

Ai fini della normativa, le forme spettrali sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri caratteristici del sito in studio:

**PARAMETRI SISMICI:**

**Stati limite**

 Classe Edificio  
III. Affollamento significativo...

 Vita Nominale 75

 Interpolazione Media ponderata

**CU = 1.5**

Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$F_0$	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	68	0.054	0.528	2.606	0.280
Danno (SLD)	113	0.063	0.617	2.640	0.294
Salvaguardia vita (SLV)	1068	0.121	1.186	2.733	0.348
Prevenzione collasso (SLC)	2193	0.148	1.451	2.721	0.361
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	113				

DOVE: **AG** = ACCELERAZ. ORIZZONTALE MAX AL SITO; **F0** = VALORE MAX DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DELLO SPETTRO IN ACCELERAZ. ORIZZONTALE; **Tc** = PERIODO DI INIZIO DEL TRATTO A VELOCITÀ COSTANTE DELLO SPETTRO IN ACCELERAZ ORIZZ.

**COEFFICIENTI SISMICI:**

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,46
CC Coeff. funz categoria	1,60	1,57	1,49	1,47
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.053	0.083	0.000
kv	--	0.027	0.041	--
Am <sub>ax</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	0.950	1.109	2.132	2.537
Beta	--	0.470	0.380	--

I parametri sismici locali sono definiti: sulla base delle coordinate del sito (COORDINATE ED50: LAT. 42.077370° N, LONG. 12.511690° E), in base alla classe d'uso e della vita nominale dell'opera in progetto (CLASSE III; VITA NOMINALE 75 ANNI).

Per la definizione dei coefficienti sismici è stata adottata l'elaborazione per "Fronti di scavo e rilevati" per categoria di sottosuolo "C" e categoria topografica "T2", mediante calcolatore disponibile su software online (Geostru-PS) all'indirizzo <https://geoapp.eu/parametrisismici2018>.

## 6.4 INDAGINE SISMICA PER LA DETERMINAZIONE DELLA $V_{SEQ}$

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale che, in assenza di specifiche analisi, può essere ricavata mediante un approccio semplificato basato sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento (NTC 2018 - Tab. 3.2.II). Tra le novità introdotte dalle N.T.C. 2018 si rimarca la classificazione dei suoli in 5 categorie, determinate sulla base dei valori di  $V_s$  ottenuti mediante specifiche prove da eseguirsi nel sito in studio.

L'individuazione della categoria viene effettuata sulla base dei valori della  $V_{SEQ}$ , cioè della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro lo spessore di depositi soprastanti il substrato (bedrock sismico). Per i depositi con profondità  $H$  del bedrock superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{SEQ}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ . I valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{SEQ} \div V_{S30}$  (m/s), vengono definiti dall'espressione:  $V_{SEQ} \div V_{S30} = H / \sum hi/V_{si}$

DOVE:  $hi$  = SPESSORE STRATO I-ESIMO;  $V_{si}$  = VELOCITÀ ONDE S (DI TAGLIO) DELLO STRATO I-ESIMO;  $N$  = NUM. STRATI;  
 $H$  = PROFONDITÀ SUBSTRATO (ROCCIA O TERRENO MOLTO RIGIDO) CON  $V_S > 800$  M/S OPPURE 30 M PER  $V_{S30}$ .

Al fine di definire il valore locale della  $V_s$ , di individuare la sismo-stratigrafia caratteristica dell'area ed individuare la relativa classe di terreno, è stata effettuata una specifica indagine geofisica consistita nell'esecuzione di dieci stendimenti sismici MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES) a copertura di tutte le aree di progetto. L'ubicazione delle prove è schematicamente riportata in figura 19.



FIGURA 19:  
 UBICAZIONE DELLE  
 PROVE GEOFISICHE  
 SUL SITO IN STUDIO

## MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

La tecnica MASW si basa sulla registrazione dei primi arrivi delle onde superficiali prodotte sui 12 o più canali (geofoni). Si tratta di una tecnica di tipo attivo in cui la generazione delle onde si ottiene mediante energizzazione artificiale, generando nel terreno un treno di onde complesso comprendente le onde di Rayleigh.

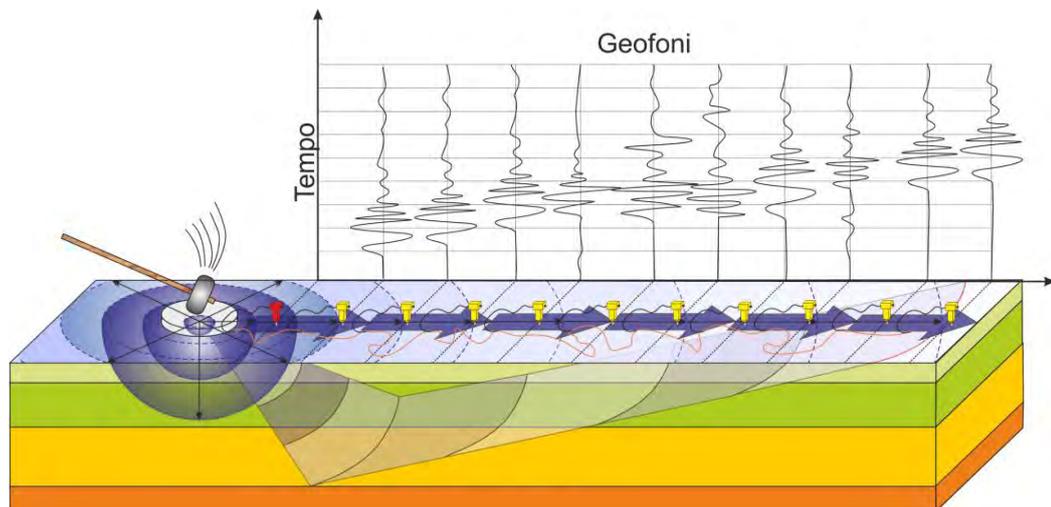


FIGURA 20: STENDIMENTI SISMICI DI TIPO MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES).

Con questa tecnica si ottiene per ogni stendimento geofisico un profilo verticale del valore della velocità di taglio e di conseguenza il valore della  $V_{SEQ}$  da cui si evince la categoria sismica. Le indagini sono state eseguite con un sismografo DoReMi di costruzione SARA Electronic Instruments (Figura 21).

### *Dati generali:*

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica  
Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint  
Lunghezza max rete: 1200 metri senza ripetitori  
N. max canali per tratta: 255  
Dimensioni elemento: 80x55x18 mm  
Peso: 250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)  
Cavo: 4 fili, 2 coppie, robotico resistente a torsioni, flessio-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

### *Campionamento:*

Memoria: 64 kBytes (>30000 campioni)  
Frequenze selezionabili: da 200 a 20000 Hz (da 5 a 0.05 ms)  
Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)  
Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale  
Filtri: 3Hz passa alto, 200Hz passa basso  
Reiezione modo comune: >80dB  
Diafonia (crosstalk): non valutabile per architettura ad elementi singoli a trasmissione digitale, virtualmente nulla.

### *Dinamica del sistema:*

Risoluzione: 7.600  $\mu V$  @ 10x; 0.076  $\mu V$  @ 1000x  
Dinamica di base: 96dB (16 bit)  
S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >90dB (RMS)  
Full range a 10x: 0.5V p-p  
Risoluzione: 0.000002V p-p @ 1000x 4000Hz (RMS)  
Dinamica totale teorica: 155dB (A/D + PGA)

### *Alimentazione:*

Tensione di alimentazione: 10-15VdC  
Consumo: Unità di testa: 20mA  
Per Canale: 40mA



FIGURA 21: CARATTERISTICHE TECNICHE SISMOGRAFO DOREMI SARA ELECTRONIC INSTRUMENTS

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Per l’esecuzione delle prove sono stati utilizzati 12 geofoni da 4.5 Hz distanti 2 m tra loro. L’energizzazione è stata effettuata con una mazza da 8 kg ed è stata ripetuta con “minimun offset” a 6 e 7 m così da poter interlacciare le due acquisizioni e generare un dataset completo da 24 geofoni e distanza intergeofonica di 1 metro.



Per l’elaborazione dei dati è stata utilizzato il SW GeoSTRU EasyMasw che ha permesso l’elaborazione della  $V_{sEQ}$  e la determinazione della categoria sismica come da norma di legge (NTC 17/01/2018).

**6.5 CATEGORIA SISMICA DEI TERRENI**

Le indagini geofisiche hanno fornito i risultati riportati in allegato; in essi vengono illustrate le tracce acquisite, gli spettri ed i profili delle velocità  $V_s$  ottenute.

Nello specifico, le prove geofisiche MASW non hanno evidenziato la presenza di un bedrock sismico ( $V_s > 800$  m/s) entro la profondità di 30 m dal p.c. ( $H_{SUB}$ ). Il valore della  $V_{sEQ}$ , considerando  $H_{SUB} > 30$  m, può essere pertanto definito, così come indicato al Cap. 3.2.2 delle N.T.C. 2018, dal valore della  $V_{s30}$ .

Di seguito i valori delle relative  $V_{sEQ}/V_{s30}$  ottenuti dalle indagini eseguite:

SISMICA	$V_{sEQ} = V_{s30}$	CLASSIFICAZIONE SECONDO NTC 17/01/2018	
MASW-1	312,12 m/s	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 $V_s$ EQUIVALENTE COMPRESI TRA 180 m/s E 360 m/s.	C
MASW-2	342,98 m/s		
MASW-3	254,25 m/s		
MASW-4	331,81 m/s		
MASW-5	315,71 m/s		
MASW-6	357,16 m/s		
MASW-7	295,47 m/s		
MASW-9	283,49 m/s		
MASW-10	314,12 m/s		
MASW-8	401,40 m/s		

CATEGORIE SISMICHE (AI SENSI NORME TECNICHE COSTRUZIONI 17/01/2018)

Per la zona in studio può essere mediamente assunta la categoria sismica “C”.

## 6.6 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Considerando il contesto topografico e geomorfologico in cui si inserisce il sito, soprattutto considerando i fronti di cava sub-verticali, l'area d'interesse può essere collocata nella Categoria **Topografica T2**: pendii con inclinazione media di  $i > 15^\circ$ .

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	SUPERFICIE PIANEGGIANTE, PENDII E RILIEVI ISOLATI CON INCLINAZIONE $i < 15^\circ$
T2	PENDII CON INCLINAZIONE MEDIA DI $i > 15^\circ$
T3	RILIEVI DI LARGHEZZA IN CRESTA MOLTO MINORE CHE ALLA BASE E INCLINAZIONE MEDIA $15^\circ < i < 30^\circ$
T4	RILIEVI CON LARGHEZZA IN CRESTA MOLTO MINORE CHE ALLA BASE E INCLINAZIONE MEDIA $i > 30^\circ$

CATEGORIE TOPOGRAFICHE (TAB. 3.2.III - CATEGORIE TOPOGRAFICHE) T.U. D.M. INFR. 17/01/2018)

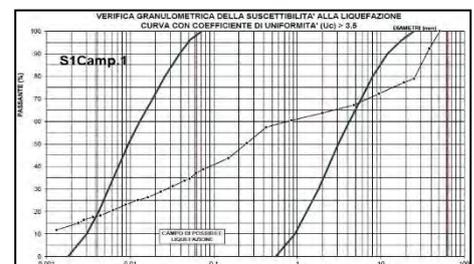
## 6.7 SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Secondo l'art. 7.11.3.4.2 del Testo Unico D.M. Infrastrutture 17/01/2018 (**Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni**) "La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze":

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

In riferimento al **punto n.2** (Art. 7.11.3.4.2. NTC 2018), la profondità media stagionale della falda è, allo stato attuale, maggiore ai 15 m dal piano campagna.

In riferimento al **punto n.4** (Art. 7.11.3.4.2. NTC 2018) le analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati nei terreni di riporto costituenti i piazzali di ripristino morfologico (potenzialmente interessati da eventuali innalzamenti del livello freatico), hanno evidenziato una distribuzione granulometrica molto ampia e parzialmente esterna alle zone indicate come liquefacibili.



Per i suddetti motivi la verifica a liquefazione può essere omessa

## 6.8 MISURE DI RUMORE AMBIENTALE CON STAZIONE FISSA (HVSr)

Durante la campagna d'indagini è stata eseguita una registrazione HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) per l'applicazione del "METODO DEI RAPPORTI SPETTRALI" H/V. La tecnica, diffusa da Nakamura (1989), consiste nella stima del rapporto fra lo spettro di ampiezza delle componenti orizzontali (H) e verticali (V) dei microtremori sismici ambientali registrati. Il calcolo del rapporto H/V segue queste fasi:

1. Registrazione del segnale ambientale nelle 3 componenti.
2. Scomposizione del segnale in finestre temporali, con l'obiettivo di isolare le parti della registrazione in cui il segnale risulta maggiormente stazionario ed eliminare i rumori transitori, o transienti.
3. Calcolo e smussamento dello spettro di ampiezza ricavato tramite la trasformata di Fourier per ognuna delle finestre selezionate su tutte e tre le componenti.
4. Combinazione, con un'operazione di media, delle due componenti orizzontali per ognuna delle finestre selezionate.
5. Calcolo del rapporto H/V per ogni finestra.
6. Calcolo della media dei rapporti H/V delle singole finestre (curva H/V definitiva).

La registrazione è stata effettuata con il sismografo GeoBox SR04 di costruzione Sara Electronics Instruments a tre sensori elettrodinamici (velocimetri) da 4.5 Hz orientati in senso N-S, E-W e verticale (Figura 23).



FIGURA 23: SISMOGRAFO TRIASSIALE UTILIZZATO PER LA PROVA PRESSO RIANO

La registrazione sul sito è stata effettuata nella stazione indicativamente riportata nella seguente figura 24 ed è stata denominata HVSr-1:



FIGURA 24: UBICAZIONE DEL PUNTO DI REGISTRAZIONE DELLA PROVA HVSr

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Utilizzando l'analisi spettrale dei rapporti tra le componenti orizzontali e verticali delle onde superficiali (HVSr), conoscendo la frequenza di risonanza fondamentale FR e la sismostratigrafia del terreno, è possibile ricostruire gli spessori dei terreni presenti e più in particolare i contrasti di impedenza tra questi ultimi.

L'elaborazione è stata ottenuta usando il software Geopexplorer HVSr che ha permesso di ottenere in modo chiaro e semplice la curva H/V.

Il risultato dell'elaborazione è suddetta curva, detta anche di ellitticità, che rappresenta appunto il rapporto spettrale tra il segnale delle componenti orizzontali e quello della componente verticale; questa curva permette di valutare in modo diretto le frequenze di risonanza del sito indagato e consente di stimare, in base all'analisi dei picchi di frequenza, la posizione del bedrock in profondità.

Il picco di frequenza ( $F_0$ ) registrato nella stazione di rilevamento sul sito è il seguente:

**HVSr1:**  $F_0 = 3.332$  Hz (frequenza fondamentale) con picco H/V di circa 2.906

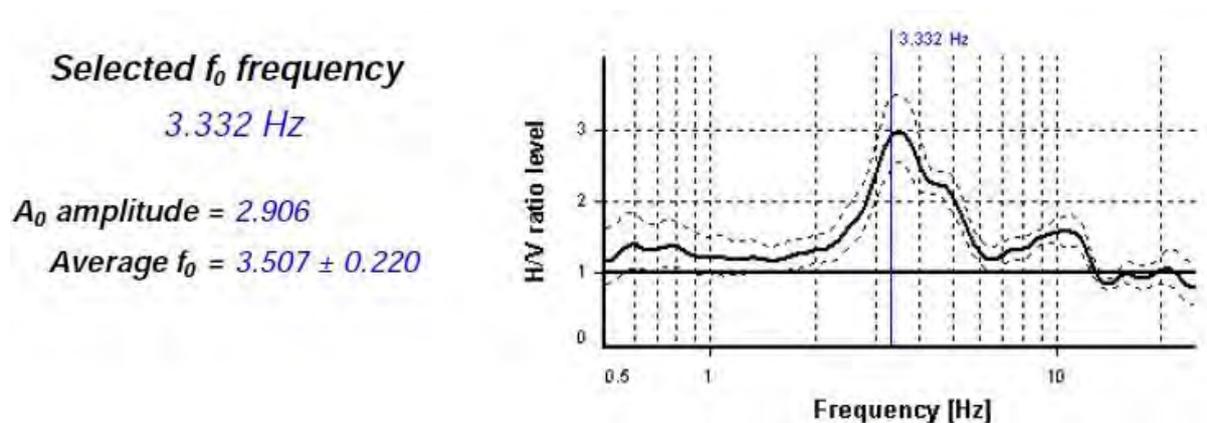


FIGURA 25: RISULTANZE DELLA PROVA HVSr ACQUISITA SUL SITO

La registrazione HVSr effettuata sul sito mostra un picco di frequenza ( $F_0$ ) intorno a 3 Hz che indica un contrasto di impedenza principale a MEDIO/ALTA profondità nel sottosuolo (tra 30 e 50 m di profondità dal piano di esecuzione della prova a circa 71 m slm), individuando verosimilmente il passaggio tra piroclastiti ed argille; tale risultanza è in buon accordo con quanto ricavato dalle risultanze dei sondaggi e con quanto indicato nella bibliografia inerente la zona. Tale esito è in buon accordo anche con la sismostratigrafia ottenuta dalle prove MASW che non evidenziano la presenza di un bedrock sismico ( $V_s > 800$  m/s) entro la profondità di 30 m dal piano campagna.

## 7. ANALISI DI STABILITA'

Le verifiche di stabilità hanno riguardato il settore di cava caratterizzato dalle maggiori criticità geomorfologiche dovute soprattutto alla presenza di fronti cava con pendenze molto accentuate, talora prossime alla verticalità, potenzialmente soggetti a fenomeni gravitativi (scivolamenti, ribaltamenti). Nella porzione più depressa di questo settore (piazzi di cava) sono presenti importanti spessori di terreni riportati anch'essi potenzialmente soggetti a movimenti gravitativi e assestamenti.

Nella seguente figura è rappresentato questo particolare settore di studio con indicate le denominazioni adottate per i vari fronti e le tracce delle sezioni oggetto di verifica.

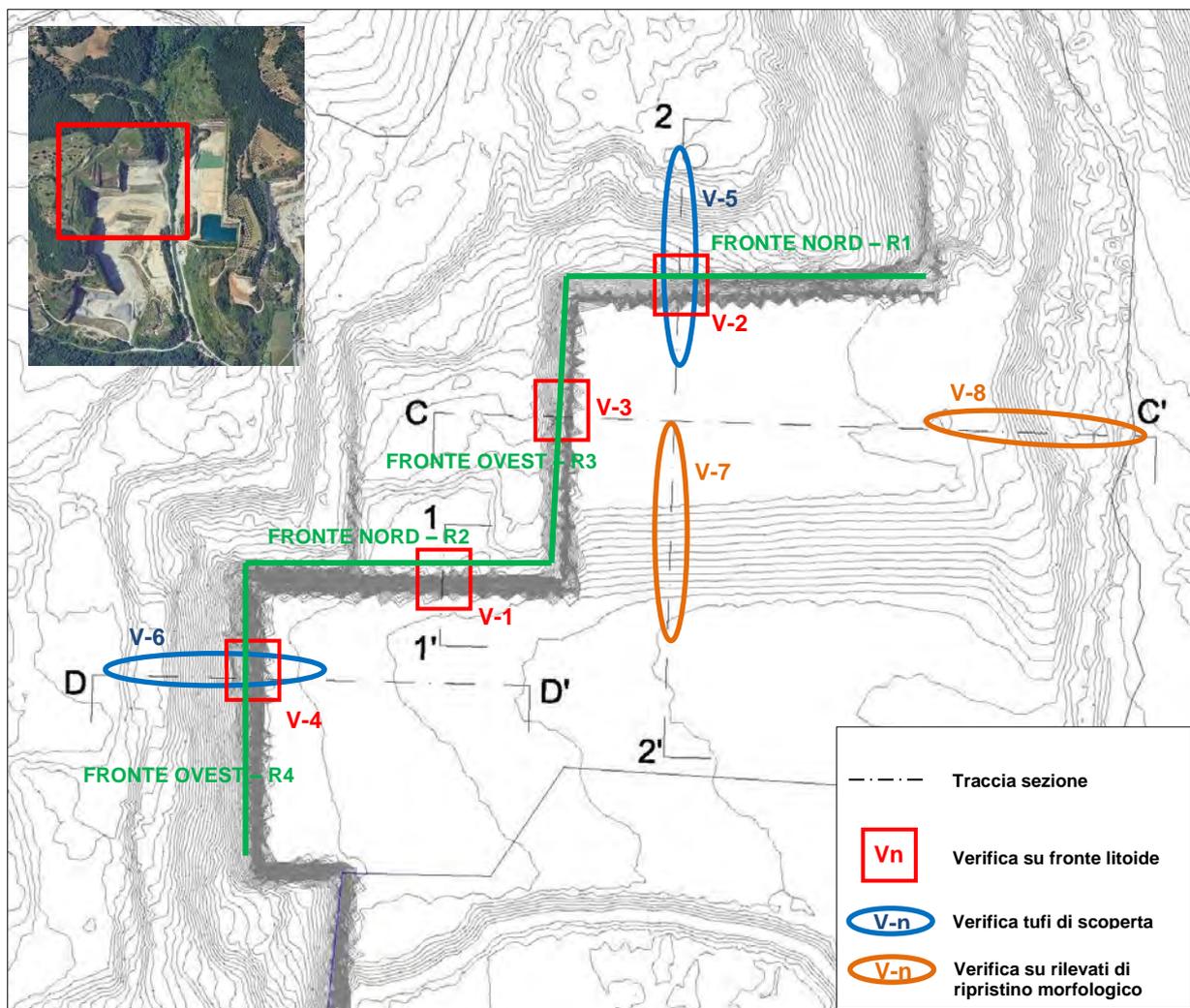


FIG. 26: VERIFICHE DI STABILITÀ EFFETTUATE

Nella seguente tabella si riportano le varie analisi di stabilità effettuate, adottando le più opportune metodologie di calcolo in base alle differenti litologie.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

<p><b><u>VERIFICHE BANCO TUFACEO LITOIDE</u></b></p> <p><b>Fronti Nord</b> Verifica n.1 – Sez. 1-1' (R2 - piazzale basso) Verifica n.2 – Sez. 2-2' (R1 - piazzale alto)</p> <p><b>Fronti Ovest</b> Verifica n.3 – Sez. C-C' (R3 - piazzale alto) Verifica n.4 – Sez. D-D' (R4 - piazzale basso)</p>	<p><b><u>VERIFICHE TUF DI SCOPERTA</u></b></p> <p><b>Fronti Nord</b> Verifica n.5 – Sez. 2-2' (R1 - piazzale alto)</p> <p><b>Fronti Ovest</b> Verifica n.6 – Sez. D-D' (R4 - piazzale basso)</p> <p><b><u>VERIFICHE RILEVATI DI RIPRISTINO MORFOLOGICO</u></b></p> <p>Verifica n.7 – Sez. 2-2' Verifica n.8 – Sez. C-C'</p>
---	---

Negli allegati specifici si riportano nel dettaglio: le analisi cinematiche dei fronti litoidi (All. 2) e le relazioni di calcolo relative alle verifiche di stabilità (All.3). Di seguito si riporta una sintesi commentata delle risultanze ottenute.

**7.1 VERIFICHE STABILITÀ - BANCO TUFACEO LITOIDE**

**ANALISI PRELIMINARE CINEMATICA**

L'analisi cinematica, finalizzata ad una prima valutazione del rischio di scivolamenti o ribaltamenti nell'ambito dell'ammasso roccioso tufaceo, è stata eseguita per ogni fronte adottando la metodologia grafica proposta da Markland.

Come si evince dalle costruzioni ciclografiche (Allegato 2), dall'analisi cinematica eseguita risulta quanto segue:

**FRONTI NORD** (R1 – R2) : non sussistono possibilità di scivolamento planare, di scivolamento a cuneo ne di ribaltamento diretto o fessurale.

**FRONTI OVEST** (R3 – R4): risultano possibili scivolamenti planari lungo le discontinuità delle famiglia F2 e F1 aventi una giacitura sfavorevole (franapoggio con inclinazione minore a quella del pendio). Non risultano possibilità di scivolamento a cuneo ne di ribaltamento diretto o fessurale.

**VERIFICHE DI STABILITÀ**

Per la verifica allo scivolamento nell'ambito del banco tufaceo litoide è stato utilizzato il metodo di Hoek & Bray (1981), basato su superfici di rottura esclusivamente planari, esistenti o di neoformazione.

Per quanto riguarda i Fronti Nord, non essendo stata riscontrata alcuna possibilità di cinematismi lungo le fratture esistenti, le verifiche di stabilità sono state eseguite considerando ipotetiche fratture basali planari di neoformazione, delimitate posteriormente da fratture di trazione verticali (tension crack).

Per i Fronti Ovest, le verifiche sono state eseguite lungo fratture basali esistenti (famiglie F1 ed F2), lungo le quali sono risultati possibili scivolamenti di tipo planare.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Nella seguente tabella si riportano in sintesi i risultati delle verifiche di stabilità effettuate nell’ambito dei Tufi Litoidi.

VERIFICA	SEZIONE	FRONTE	LITOLOGIA	CINEMATISMO	MODELLO	Fs statico (> 1.10)	Fs sismico (>1.20)
V - 1	1-1'	Nord – R2	Tufo litoide	Planare	Hoek-Bray	<b>1.90</b>	<b>2.05</b>
V - 2	2-2'	Nord – R1	Tufo litoide	Planare	Hoek-Bray	<b>2.21</b>	<b>2.39</b>
V - 3	C-C'	Ovest – R3	Tufo litoide	Planare	Hoek-Bray	<b>2.23</b>	<b>2.50</b>
V- 4	D-D'	Ovest – R4	Tufo litoide	Planare	Hoek-Bray	<b>1.68</b>	<b>1.87</b>

**TUFI LITOIDI: QUADRO RIASSUNTIVO DELLE VERIFICHE DI STABILITÀ**

Sulla base delle verifiche effettuate, si può quindi asserire che le porzioni dei fronti cava caratterizzate dall’affioramento dei termini tufacei litoidi, risultano nel complesso stabili sia in condizioni statiche che sismiche. Ciò in virtù delle buone proprietà meccaniche dell’ammasso roccioso, caratterizzato da un basso grado di fratturazione, con notevole spaziatura tra le fratture stesse e da una lieve alterazione delle superfici.

Tuttavia, viste le risultanze dell’analisi cinematica, non si può escludere la possibilità, seppur sporadica, di distacchi per scivolamento planare di blocchi, in corrispondenza dei fronti ovest. Tale evenienza è anche testimoniata da una nicchia di distacco (figura seguente) osservabile nella porzione alta del fronte Ovest R3 (piazzale alto).



FIGURA 27: NICCHIA DI DISTACCO PER SCIVOLAMENTO PLANARE NEL TUFO LITOIDE (FRONTE OVEST R3)

**7.2 VERIFICHE STABILITÀ - TUFI STRATIFICATI E RILEVATI DI RIPRISTINO MORFOLOGICO**

La stabilità dei litotipi terrosi, rappresentati dal banco dei tufi stratificati (sovrastante i tufi litoidi) e dai terreni di riporto costituenti i rilevati di ripristino morfologico,

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

è stata analizzata adottando il metodo di calcolo proposto da **Janbu** considerando una superficie circolare.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Janbu si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg}\phi_i ]}{\sum [ W_i \tan\alpha_i ]}$$

dove il termine  $N_i$  è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F ] / m$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia. L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $F$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto. La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

Nella seguente tabella si riportano in sintesi i risultati delle verifiche di stabilità effettuate nell'ambito dei litotipi terrosi:

VERIFICA	SEZIONE	FRONTE	LITOLOGIA	CINEMATISMO	MODELLO	Fs statico (> 1.10)	Fs sismico (>1.20)
V - 5	2-2'	Nord – R1	Tufi stratificati	circolare	Janbu	<b>1.534</b>	<b>1.578</b>
V - 6	D-D'	Ovest – R4	Tufi stratificati	circolare	Janbu	<b>1.212</b>	<b>1.267</b>
V - 7	2-2'	Nord	Terreni di Riporto	circolare	Janbu	<b>1.651</b>	<b>1.549</b>
V - 8	C-C'	Ovest	Terreni di Riporto	circolare	Janbu	<b>1.480</b>	<b>1.420</b>

**TUFI LITOIDI: QUADRO RIASSUNTIVO DELLE VERIFICHE DI STABILITÀ**

Le verifiche effettuate nell'ambito del banco superiore dei tufi stratificati hanno evidenziato valori del fattore di sicurezza maggiori di quelli minimi indicati nelle NTC-2018, seppure con significative variazioni ( $1.212 < F_s < 1.578$ ) riconducibili alla variazione degli spessori dei terreni e delle inclinazioni della porzione superiore dei fronti.

Le verifiche di stabilità effettuate sui rilevati di recupero morfologico, costituiti da terreni di riporto (materiali di risulta di cava e aggregati riciclati), hanno fornito valori del fattore di sicurezza nel complesso confortanti ( $1.420 < F_s < 1.651$ ).

## 8. APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

L’impianto fotovoltaico sarà costituito da circa 55.000 pannelli per la cui migliore efficienza è necessario effettuare un lavaggio con acqua a cadenza bimestrale.

Per ciascun lavaggio si prevede l’uso di circa 55 m<sup>3</sup> di acqua (~ 1 lt per ciascun modulo) corrispondente ad un volume annuo di circa 330 m<sup>3</sup>.

Per l’approvvigionamento idrico sarà realizzato un pozzo per acqua, la cui ubicazione è indicativamente riportata nella figura 28.



La posizione prossima alla strada di accesso è funzionale alla manutenzione del pozzo stesso nonché all’approvvigionamento delle autobotti da utilizzare per il lavaggio dei pannelli.

Nella seguente tabella si riportano i quantitativi di acqua da emungere in funzione del tempo, considerando che ogni ciclo di pulizia (~55.000 lt) durerà circa 2 settimane.

PERIODO DI RIFERIMENTO	Settimanale	Giornaliero
UNITÀ DI MISURA	lt.	lt.
VOLUME IDRICO DA EMUNGERE	27.500	3.929

Ne consegue che il fabbisogno giornaliero sarà pienamente soddisfatto con portate di emungimento minimali protratte per tempi molto brevi (circa 0.36 l/sec per circa 3 ore di emungimento). L’acquifero non sarà pertanto mai sottoposto ad un regime di sovrasfruttamento in quanto si consentirà, ogni giorno, il ristabilimento delle condizioni di livello statico della falda (pompaggio discontinuo).

## 9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

È prevista la realizzazione di un impianto fotovoltaico, denominato “Cava Solar”, nell’ambito di una porzione delle cave di tufo, ad oggi dismesse, ubicate in località “Quadro Alto – Pian dell’Olmo” nel Comune di Riano (RM).

Le opere in progetto (Classe d’uso III; Zona sismica 3A) rientrano nel livello di vulnerabilità “**medio**” (Reg. Reg. n°26 del 26 ottobre 2020 - Allegato C).

Il litotipo oggetto di coltivazione (tufo da blocchetti per l’edilizia) è ascrivibile alla formazione del “*Tufo Giallo della Via Tiberina*” ed è localmente coperto dalla formazione del “*Tufo di Sacrofano*” costituita da termini tufacei stratificati con alternanze di cineriti e sabbie vulcaniche.

Per la caratterizzazione fisica e meccanica dei litotipi direttamente interessati dalle opere in progetto, nel mese di dicembre 2023, è stata eseguita una specifica campagna d’indagine consistita in n.2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, con prelievo di campioni, e n.13 prove penetrometriche dinamiche continue di tipo DPSH.

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto (NTC-2018) è stata eseguita una specifica indagine sismica di tipo MASW che non ha evidenziato la presenza di bedrock sismico ( $V_s > 800$  m/s) entro la profondità di 30 m dal p.c..

La categoria sismica dei terreni è “**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  $V_s$  equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*”.

La superficie piezometrica, misurata in data 19/01/2024, è mantenuta costante alla quota di circa 45 m slm da un sistema di idrovore (figura 9). Tale livello deve pertanto essere inteso come dinamico e, in caso di interruzione del pompaggio, potrebbe raggiungere quote tali da determinare l’allagamento dei piazzali ubicati a quote prossime a 60÷62 m slm.

In riferimento al P.A.I. (Piano per l’Assetto Idrogeologico - *Autorità di bacino del Fiume Tevere* - figura 5), l’area è parzialmente ricompresa (fronti di scavo) tra quelle perimetrate per pericolosità geomorfologica e nello specifico è segnalata, nella “Carta inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana” come “*Aree con orlo di scarpata di frana – fenomeno presunto*”. Nel settore settentrionale è inoltre segnalata la presenza di una “frana complessa”, “fenomeno attivo”, che si sviluppa su un versante esposto a NO ed interessa, tra l’altro, la pista d’accesso alla zona.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

---

Il Comune di Riano, in qualità di Unità Amministrativa Sismica (UAS), ha provveduto alla redazione dello studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1 ai sensi della D.G.R. Lazio n°545 del 26/11/2010. Da tale studio risulta che il sito ricade prevalentemente in "zona stabile ma suscettibile di amplificazione sismica".

La verifica alla liquefazione può essere omessa in quanto, sussistono le condizioni di esclusione di cui ai punti n.2 e n.4 (Art. 7.11.3.4.2 delle N.T.C. 2018).

Da un punto di vista geomorfologico l'area presenta delle criticità, già segnalate nel PAI, localizzate in corrispondenza dei fronti di cava.

Per la loro valutazione sono state eseguite delle specifiche analisi di stabilità sui fronti nord ed ovest (rispettivamente esposti a sud e ad est). Tali verifiche hanno evidenziato che le porzioni dei fronti cava caratterizzate dall'affioramento dei termini tufacei litoidi, risultano nel complesso stabili sia in condizioni statiche che sismiche. Tuttavia, viste le risultanze dell'analisi cinematica, non si può escludere la possibilità, seppur sporadica, di distacchi per scivolamento planare di blocchi isolati in corrispondenza dei fronti ovest.

Le verifiche effettuate nell'ambito del banco superiore, caratterizzato dalla presenza di terreni di riporto e dei tufi stratificati a comportamento terroso, hanno evidenziato valori del Fattore di sicurezza maggiori di quelli minimi indicati nelle N.T.C. 2018, seppure con significative variazioni ( $1.21 < F_s < 1.57$ ); dette variazioni sono riconducibili alle differenti conformazioni in termini di spessori dei terreni ed inclinazioni della porzione superiore dei fronti.

Sono state inoltre eseguite le verifiche di stabilità sulle scarpate artificiali dei rilevati di recupero morfologico costituiti da terreni di riporto. Queste hanno evidenziato valori del fattore di sicurezza che indicano buone condizioni di stabilità d'insieme ( $1.42 < F_s < 1.65$ ).

Civitavecchia, marzo 2024

Dott. Geol. Dario Tinti

ALLEGATO 1

# ANALISI STRUTTURALE E GEOMECCANICA AMMASSO ROCCIOSO

## **ALLEGATO 1**

# **ANALISI STRUTTURALE E GEOMOCCANICA AMMASSO ROCCIOSO**

---

Per la caratterizzazione strutturale dell'ammasso roccioso, presente nella porzione basale e medio-alta dei fronti cava, è stata effettuata la ricostruzione del modello strutturale mediante l'analisi del sistema delle discontinuità.

Il banco di tufo litoide è caratterizzato essenzialmente da fessurazioni estensive dovute al raffreddamento e solidificazione della massa piroclastica durante e dopo la sua messa in posto.

L'ammasso roccioso risulta interessato da fratture da molto inclinate a sub-verticali, caratterizzate da spaziature elevate (da 2 a 8 metri) e da aperture generalmente serrate (qualche millimetro).

Le superfici di frattura, laddove apprezzabili, appaiono caratterizzate da una media scabrezza e da ondulazioni a largo raggio. Il riempimento è quasi sempre assente o molto rado; il grado di alterazione delle superfici di frattura è generalmente medio-basso. Nell'insieme l'ammasso roccioso, nelle porzioni affioranti, non risulta interessato da venute d'acqua significative; esso può quindi essere considerato da asciutto a lievemente umido.

Il rilievo strutturale ha riguardato n°4 stazioni di misura costituite da quattro fronti cava contigui e ortogonali fra loro (figura 3.1).

Le misure hanno riguardato le superfici di strato e le fratture penetrative di maggior frequenza. Per ogni superficie rilevata sono state misurate la direzione di immersione rispetto al nord e l'inclinazione.

Essendo i dati rilevati nelle diverse stazioni, caratterizzati da giaciture e caratteristiche morfologiche confrontabili, si è ritenuto di poter procedere aggregando tali misure in un unico dominio strutturale.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Nella seguente tabella sono rappresentate le misure effettuate durante l'attività di campagna.

n°	$\alpha$ [°]	$\beta$ [°]	tipologia
1	80.00	100.00	3
2	85.00	101.00	3
3	64.00	326.00	3
4	70.00	325.00	3
5	78.00	115.00	3
6	72.00	103.00	3
7	63.00	113.00	3
8	87.00	106.00	3
9	69.00	112.00	3
10	87.00	257.00	3
11	72.00	116.00	3
12	61.00	84.00	3
13	78.00	83.00	3
14	74.00	100.00	3
15	86.00	108.00	3
16	71.00	118.00	3
17	65.00	125.00	3
18	78.00	115.00	3
19	73.00	112.00	3
20	70.00	120.00	3
21	68.00	121.00	3
22	85.00	85.00	3
23	83.00	81.00	3
24	71.00	117.00	3
25	68.00	116.00	3
26	70.00	115.00	3
27	88.00	265.00	3
28	61.00	320.00	3
29	52.00	321.00	3

Simbologia adottata

- $n^\circ$  numero d'ordine della discontinuità rilevata  
 $\alpha$  Inclinazione giacitura della discontinuità  
 $\beta$  Immersione giacitura della discontinuità  
*Tipologia* 1: strato, 2: faglia, 3: giunto, 4: scistosità

TAB. 1.1: CARATTERISTICHE DISCONTINUITÀ RILEVATE

Come si evince dalle seguenti figure e tabelle, l'elaborazione statistica e stereografica, effettuata con l'ausilio del software Aztec Gemeccanica 14.0, ha rivelato la presenza di 3 famiglie di giunti.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

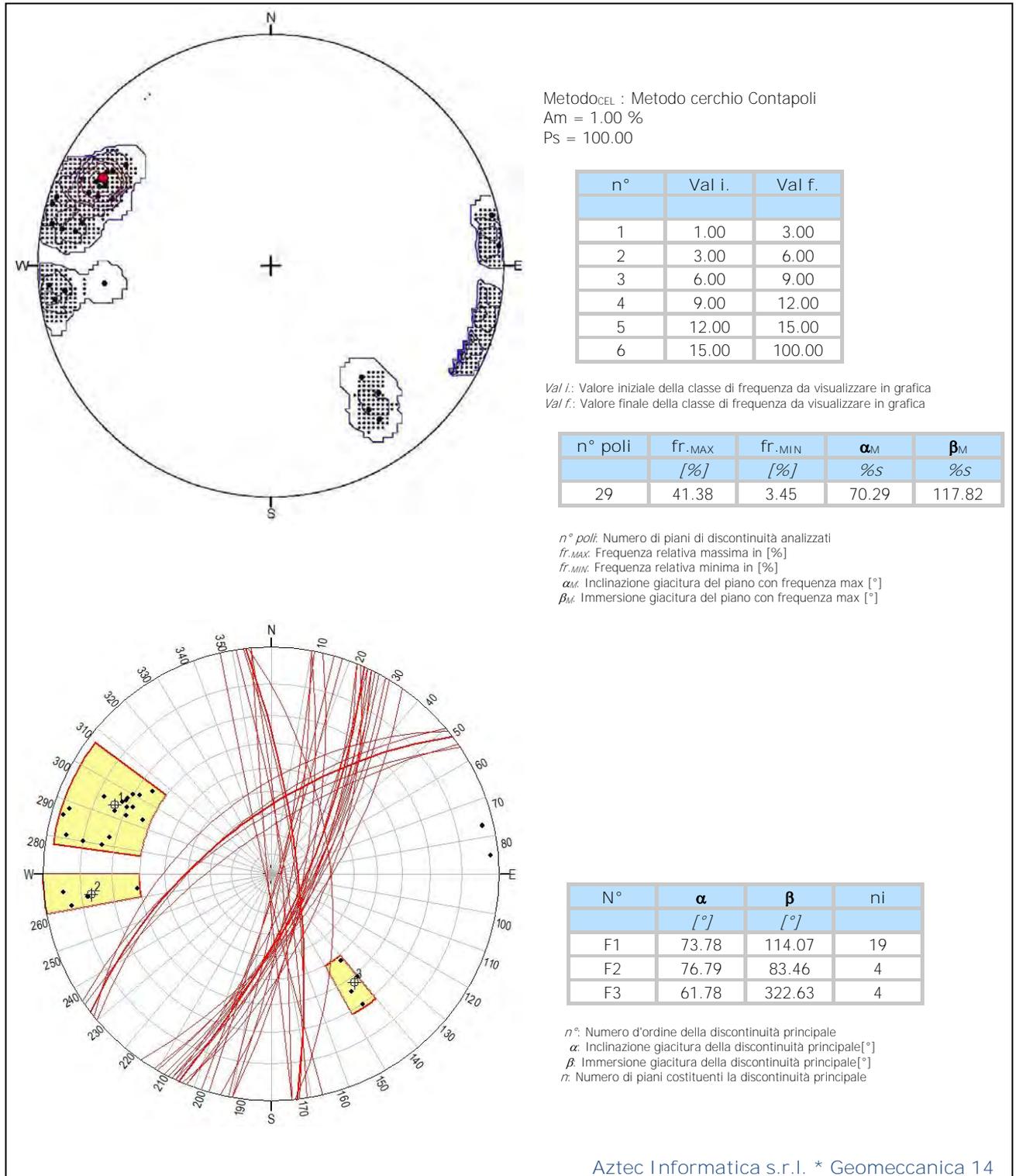


FIG. 1.1: ANALISI STATISTICA DISCONTINUITÀ PRINCIPALI

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

In particolare il quadro strutturale è rappresentato da discontinuità presenti sistematicamente (famiglia principale F1) e da discontinuità meno frequenti (famiglie accessorie F2, F3).

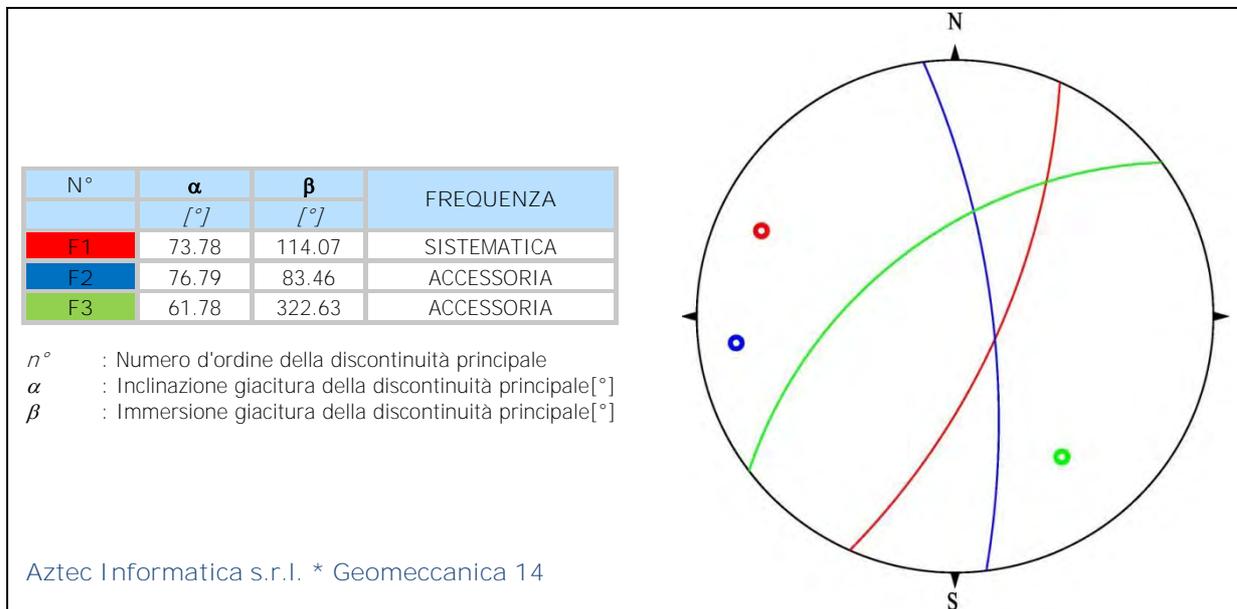


FIG. 1.2: FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ RILEVATE

**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO – PARAMETRI GEOTECNICI**

Per la classificazione e parametrizzazione geotecnica dell'ammasso roccioso si è fatto riferimento all'ampia disponibilità di dati riportati nella bibliografia specifica tra cui lo studio di De Casa – Lombardi (2007) "Caratteri fisico-meccanici del Tufo giallo della Via Tiberina". Nella seguente tabella si riportano i parametri caratteristici del tufo utilizzati per le determinazioni geomeccaniche dell'ammasso roccioso.

PARAMETRO	DESCRIZIONE	UNITÀ	VALORE
$\gamma_{nat}$	PESO DI VOLUME NATURALE	t/m <sup>3</sup> KN/m <sup>3</sup>	1.35 13.24
$\gamma_{nat}$	PESO DI VOLUME SATURO	t/m <sup>3</sup> KN/m <sup>3</sup>	1.55 15.20
$\sigma_c$ (UCS)	RESISTENZA A COMPRESSIONE UNIASSIALE ROCCIA INTATTA	t/m <sup>2</sup> kPa	726 7120

TAB.2.1: PARAMETRI GEOMECCANICI DEL TUFO GIALLO DELLA VIA TIBERINA

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Di seguito si riportano la classificazione dell'ammasso roccioso (metodo Bieniawski) e la determinazione dei parametri Mohr Coulomb (metodo Hoek-Brown) ottenute con l'ausilio del software Aztec Geomeccanica 14.0.

**CLASSIFICAZIONE BIENIAWSKI**

Aztec Informatica s.r.l. \* Geomeccanica 14

- A1 Co - resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;
- A2 RQD - qualità della massa rocciosa mediante l'indice di recupero;
- A3 Is - spaziatura delle discontinuità;
- A4 Cd - Condizioni delle discontinuità (natura delle pareti, separazioni, riempimenti);
- A5 Ci - Condizioni idrauliche;
- Tipologia opera 1: Gallerie, 2: Fondazioni, 3: Pendii;
- A6 Gd - Giacitura delle discontinuità rispetto alla direzione di scavo;

- A1 = 2.00 : Co=5÷25 Mpa
- A2 = 17.00 : RQD=75÷90
- A3 = 20.00 : Is>2
- A4 = 20.00 : Rugosa - Continue - Aperture=0.5÷2mm - Pareti poco o med. alterate - Riempimento rado
- A5 = 10.00 : Umida
- Tipo = 3 (Pendii)
- A6 = -25.00 : Mediocre

**Risultati Classificazione Bieniawski**

- RMR : Indice di BIENIAWSKI
- Des: Descrizione qualità dell'ammasso roccioso
- c : Coesione dell'ammasso roccioso espressa in [kPa]
- $\phi$  : Angolo attrito ammasso roccioso [°]
- E : Modulo elastico ammasso roccioso espresso in [kPa]
- GSI: Geological Strength Index

RMR	Des	c	$\phi$	E	GSI
		[kPa]			[kPa]
44.00	DISCRETA	338	39.50	6942687	64.00

**PARAMETRI DI MOHR-COULOMB**

Aztec Informatica s.r.l. \* Geomeccanica 14

- Parametri ammasso roccioso
- $\sigma_c$  Resistenza a compressione monoassiale in [kPa]
- $m_i$  Coefficiente materiale roccia intatta
- GSI/ Qualità ammasso roccioso
- D Fattore di disturbo ammasso roccioso
- $\sigma_n$  Tensione verticale in [kPa]

$\sigma_c$	$m_i$	GSI	D	$\sigma_n$
[kPa]				[kPa]
7120	10.00	64.00	0.70	380

**Risultati Parametri Mohr-Coulomb (Hoek-Brown)**

- c : Coesione dell'ammasso roccioso espressa in [kPa]
- $\phi$  : Angolo attrito ammasso roccioso [°]
- $\sigma_t$  : Resistenza a trazione roccia intatta espressa in [kPa]
- a : Parametro ammasso roccioso
- s : Parametro ammasso roccioso
- $m_b$  : Parametro ammasso roccioso

c	$\phi$	$\sigma_t$	a	s	$m_b$
[kPa]	[°]	[kPa]			
180	40.03	-31	0.50	0.01	1.46

ALLEGATO 2

## ANALISI CINEMATICA FRONTI LITOIDI

## ALLEGATO 2

### ANALISI CINEMATICA DEI FRONTI LITOIDI METODO DI MARKLAND

Come si evince dalla planimetria riportata in Allegato 4 i quattro fronti cava esaminati, denominati R1, R2, R3, R4, sono contigui e planimetricamente ortogonali fra loro.

Mediante un apposito e dettagliato rilievo topografico è stato possibile definire i profili di massima pendenza passanti per detti fronti e determinarne l'orientazione (vergenza).

In particolare si distinguono due Fronti Nord (R1 e R2) e due Fronti Ovest (R3 e R4). I Fronti Nord sono mediamente orientati con vergenza N176; i Fronti Ovest sono mediamente orientati con vergenza N089. Le inclinazioni sono nel complesso molto accentuate con valori medi che oscillano tra 70° e 85°.

Per la verifica cinematica di possibili movimenti gravitativi nell'ammasso roccioso esaminato ci si è riferiti alle condizioni morfologiche di maggiore criticità costituite dalle maggiori pendenze riscontrate nei fronti in questione. Nella seguente figura si riportano le ciclografie indicanti gli scenari geometrici, fessurativi e geotecnici (angolo di attrito) caratterizzanti i fronti analizzati.

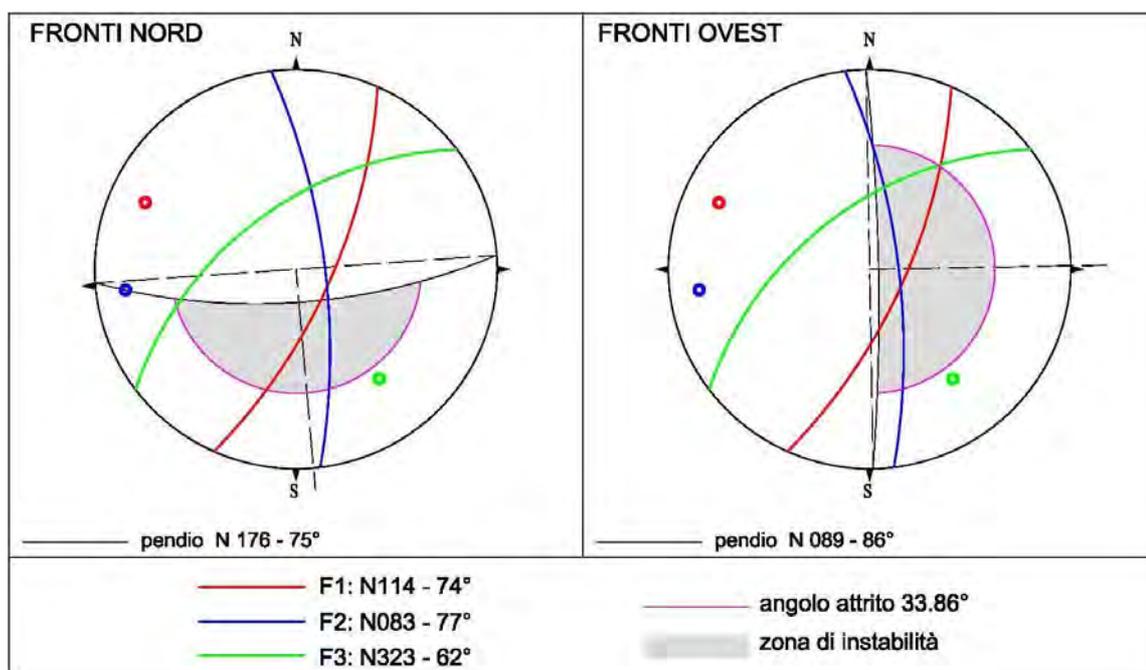


FIG. 2.1: CIGLOGRAFIE DI SINTESI DEI FRONTI ANALIZZATI

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**ANALISI CINEMATICA - METODO DI MARKLAND**

Adottando il metodo grafico proposto da Markland è stata eseguita una prima valutazione del rischio di scivolamento e ribaltamento. Per l'applicazione di tale metodo si considerano:

- la geometria ed orientamento del pendio;
- la geometria ed orientamento delle principali famiglie del sistema di giunti;
- le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso (angolo di attrito interno).

Nella seguente figura si riportano le condizioni grafiche affinché si possano verificare scivolamenti planari, a cuneo e ribaltamento.

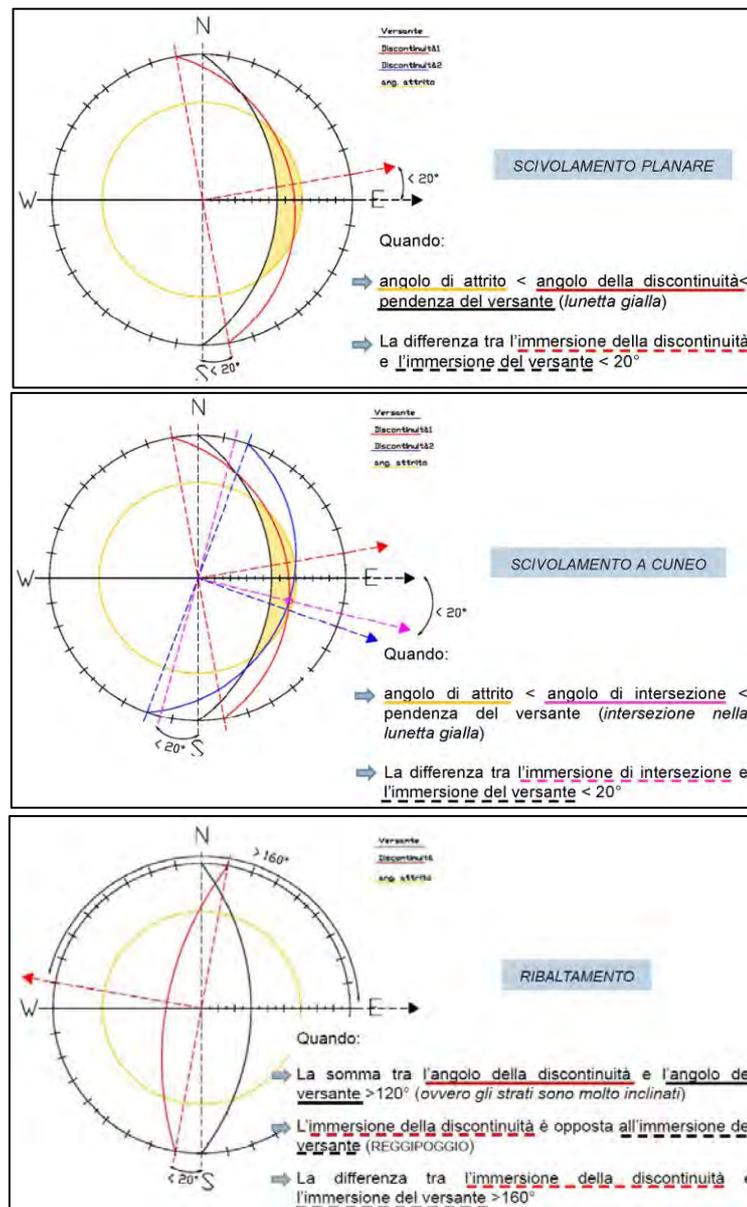


FIG. 2.2: CONDIZIONI DI MARKLAND PER LO SCIVOLAMENTO PLANARE, A CUNEO E RIBALTAMENTO

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

---

Come si evince dalle costruzioni ciclografiche riportate di seguito, dall'analisi cinematica eseguita risulta quanto segue:

**FRONTI NORD (R1 – R2)**

- Non sussistono possibilità di scivolamento planare; l'angolo formato tra l'immersione del fronte e l'immersione F1 (superficie più sfavorevole) ha infatti un'ampiezza di  $61^\circ$  ( $>20^\circ$ ).
- Non sussistono possibilità di scivolamento a cuneo: le intersezioni tra gli archi di cerchio rappresentanti le discontinuità (cunei F1-F3, F1-F2, F2-F3) ricadono sempre all'esterno della zona di instabilità; inoltre, ad ulteriore conferma, l'immersione del cuneo più sfavorevole (F1-F2) forma un angolo con l'immersione del fronte con ampiezza di  $55^\circ$  ( $>20^\circ$ ).
- Non sussistono possibilità di ribaltamento diretto o fessurale: l'angolo formato tra l'immersione del fronte e l'immersione F3 (superficie più sfavorevole) ha infatti un'ampiezza di  $148^\circ$  ( $<160^\circ$ ).

**FRONTI OVEST (R3 – R4)**

- Possibili scivolamenti planari lungo le discontinuità della famiglia F2 avente un'orientazione molto sfavorevole (angolo formato tra l'immersione del fronte e l'immersione F2 di ampiezza pari  $6^\circ$ ). Non si possono escludere inoltre scivolamenti planari sui giunti della famiglia F1 avente, anch'essa, un'orientazione sfavorevole con un angolo formato tra l'immersione del fronte e l'immersione della famiglia F1 di ampiezza di poco superiore ai  $20^\circ$ .
- Non risultano possibilità di scivolamento di cunei formati dall'intersezione reciproca delle 3 famiglie di discontinuità. L'immersione del cuneo più sfavorevole (F1-F2) forma infatti un angolo con l'immersione del fronte avente ampiezza di  $31^\circ$  ( $>20^\circ$ ).
- Non sussistono possibilità di ribaltamento diretto o fessurale: l'angolo formato tra l'immersione del fronte e l'immersione F3 (superficie più sfavorevole) ha infatti un'ampiezza di  $126^\circ$  ( $<160^\circ$ ).

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

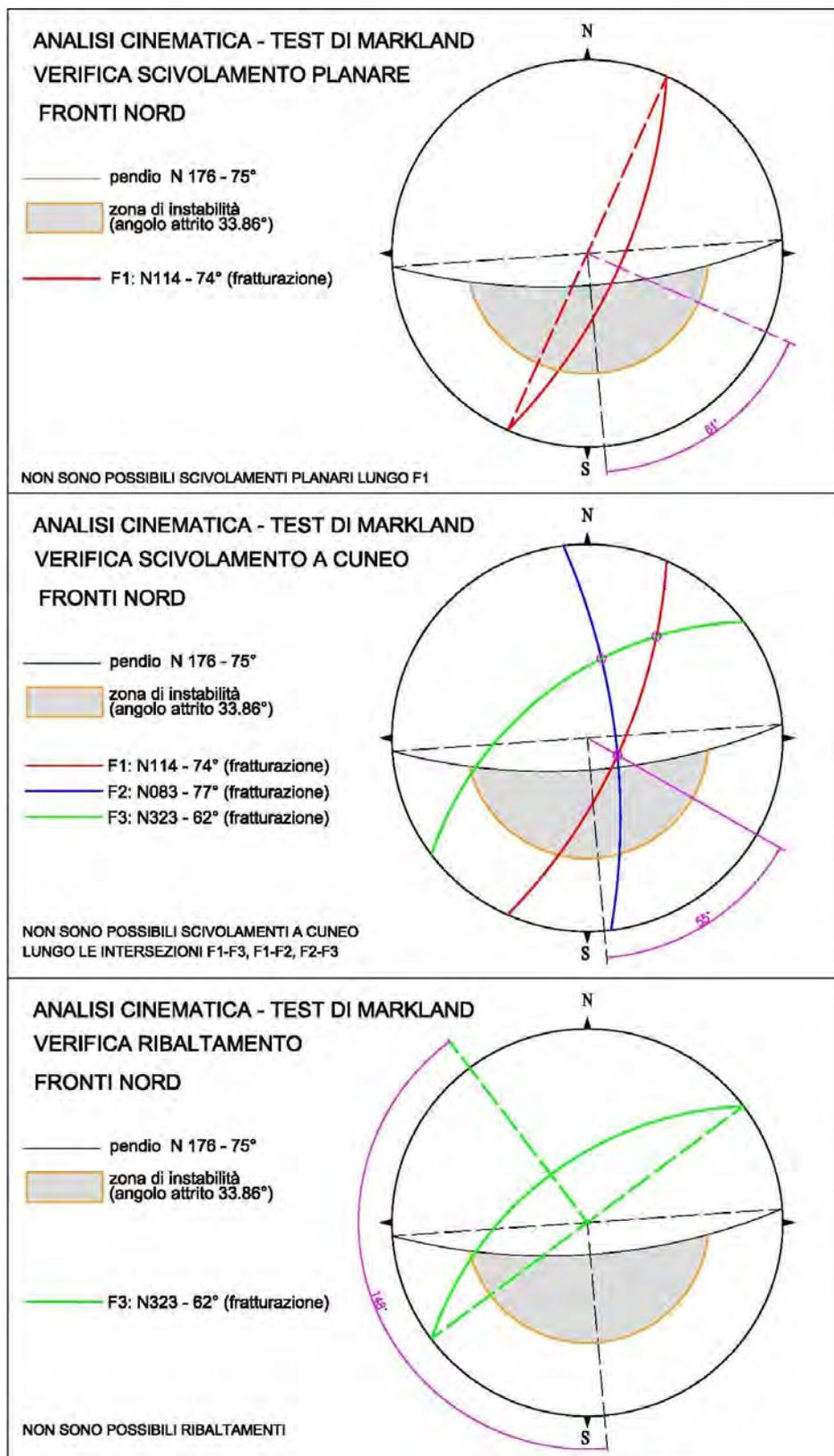


FIG. 2.3: FRONTI NORD – VERIFICA MARKLAND SCIVOLAMENTI PLANARI, A CUNEO E RIBALTAMENTI

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

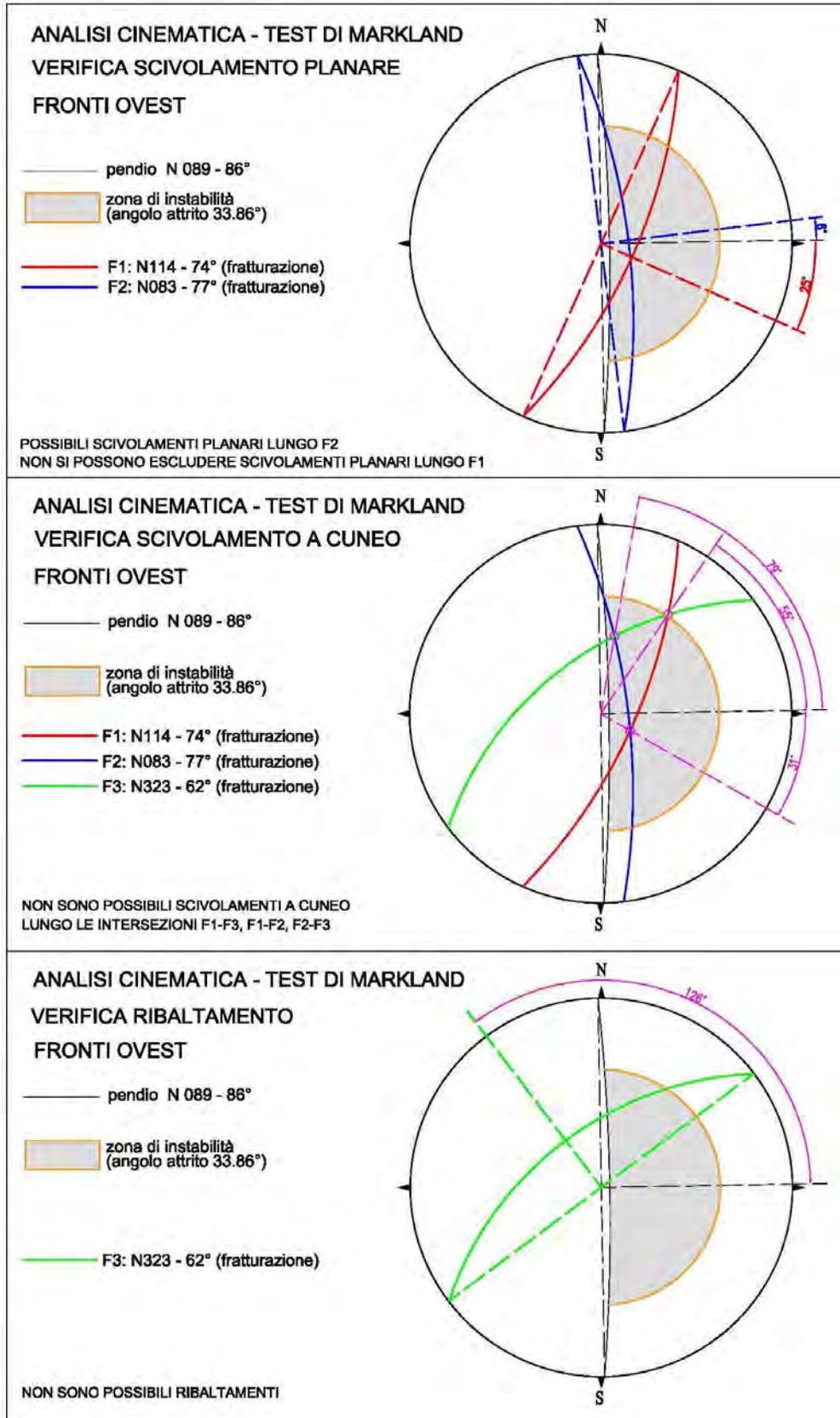


FIG. 2.4: FRONTI OVEST – VERIFICA MARKLAND SCIVOLAMENTI PLANARI, A CUNEO E RIBALTAMENTI

ALLEGATO 3

## VERIFICHE DI STABILITÀ RELAZIONE DI CALCOLO

**ALLEGATO 3**

**VERIFICHE DI STABILITÀ – RELAZIONE DI CALCOLO**

**3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO: N.T.C. 2018 - D.M. 17/01/2018**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

**3.2 PARAMETRI GEOTECNICI E SISMICI**

I valori dei parametri geotecnici e sismici utilizzati nei calcoli di verifica sono contenuti nelle seguenti tabelle riassuntive (Tab. 3.1 e Tab. 3.2).

UNITA LITOTECNICA	PESO DI VOLUME NAT. (KN/m <sup>3</sup> )	PESO DI VOLUME SAT. (KN/m <sup>3</sup> )	ANGOLO ATTRITO M2 sismico (°)	ANGOLO ATTRITO M2 statico (°)	COESIONE DRENATA M2 sismico (kPa)	COESIONE DRENATA M2 statico (kPa)
RIPORTI	17.1	17.6	28	23.04	4	3.2
TUFI TERROSI	15.4	16.9	36	30.17	15	12
TUFI LITOIDI	13.3	15.2	40	33.86	180	144

TAB.3.1: PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI (M1) E RIDOTTI (M2)

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

<u>Identificazione del sito</u>		<u>Tipo di opera</u>	
Latitudine	42.101278	Vita nominale	75 anni
Longitudine	12.506741	Classe d'uso	III
Comune	Riano	Vita di riferimento	113 anni
Provincia	Roma		
Regione	Lazio		

	Simbolo	U.M.		SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		1.186	0.617
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[g]		0.121	0.063
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.733	2.640
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.348	0.294
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		<b>cat. C</b>	1.50	1.50
Coefficiente funz. Categoria	Cc			1.49	1.57
Categoria topografica - Coefficiente ampl. topogr.	St		<b>cat. T2</b>	1.20	1.20
Coefficiente riduzione pendio naturale	$\beta_s$			0.240	0.200
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$			0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	Amax	[m/s <sup>2</sup> ]		2.133	1.109

Fronti di scavo e rilevati	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (%)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	8.30	5.30
Coefficiente di intensità sismica verticale (%)	$k_v=0.50 * k_h$	4.10	2.70

TAB.3.2: PARAMETRI SISMICI DI BASE E DI PROGETTO (FRONTI SCAVO E RILEVATI – NTC 2018)

### 3.3 SOFTWARE UTILIZZATI

I software di calcolo utilizzati per l'analisi strutturale dell'ammasso roccioso e per le verifiche di stabilità sono i seguenti:

- **"Aztec - Geomeccanica 14.0"**: analisi strutturale e caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso (Tufo litoide)
- **"Rocscience - RocPlane 2.0"**: verifiche nell'ambito del banco tufaceo litoide (scivolamento di tipo planare);
- **"Aztec - Stap Full 16"**: verifiche nell'ambito dei litotipi terrosi rappresentati dai tufi di scoperta e dai riporti costituenti i rilevati di ripristino morfologico.

### 3.4 SEZIONI DI VERIFICA

Nella tabella e figura riportate di seguito sono indicate tutte le verifiche di stabilità effettuate suddivise per unità litotecniche interessate, orientazione dei fronti e sezione di riferimento.

<p><b><u>VERIFICHE BANCO TUFACEO LITOIDE</u></b></p> <p><b>Fronti Nord</b>                  Verifica n.1 – Sez. 1-1' (R2 - piazzale basso)                  Verifica n.2 – Sez. 2-2' (R1 - piazzale alto)</p> <p><b>Fronti Ovest</b>                  Verifica n.3 – Sez. C-C' (R3 - piazzale alto)                  Verifica n.4 – Sez. D-D' (R4 - piazzale basso)</p>	<p><b><u>VERIFICHE TUFI DI SCOPERTA</u></b></p> <p><b>Fronti Nord</b>                  Verifica n.5 – Sez. 2-2' (R1 - piazzale alto)</p> <p><b>Fronti Ovest</b>                  Verifica n.6 – Sez. D-D' (R4 - piazzale basso)</p> <p><b><u>VERIFICHE RILEVATI DI RIPRISTINO MORFOLOGICO</u></b></p> <p>Verifica n.7 – Sez. 2-2'                  Verifica n.8 – Sez. C-C'</p>
---	---

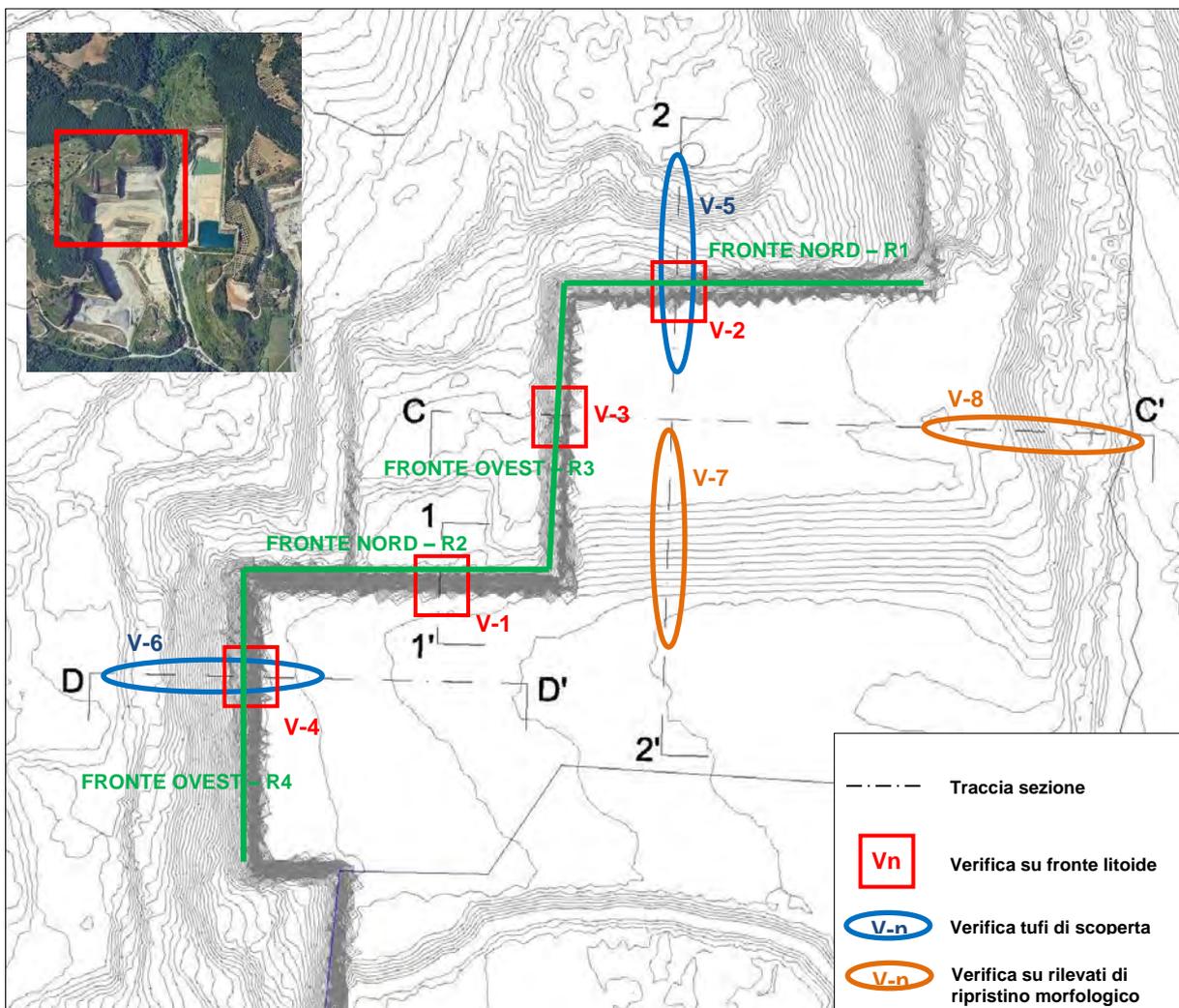


FIG. 3.1: VERIFICHE DI STABILITÀ EFFETTUATE

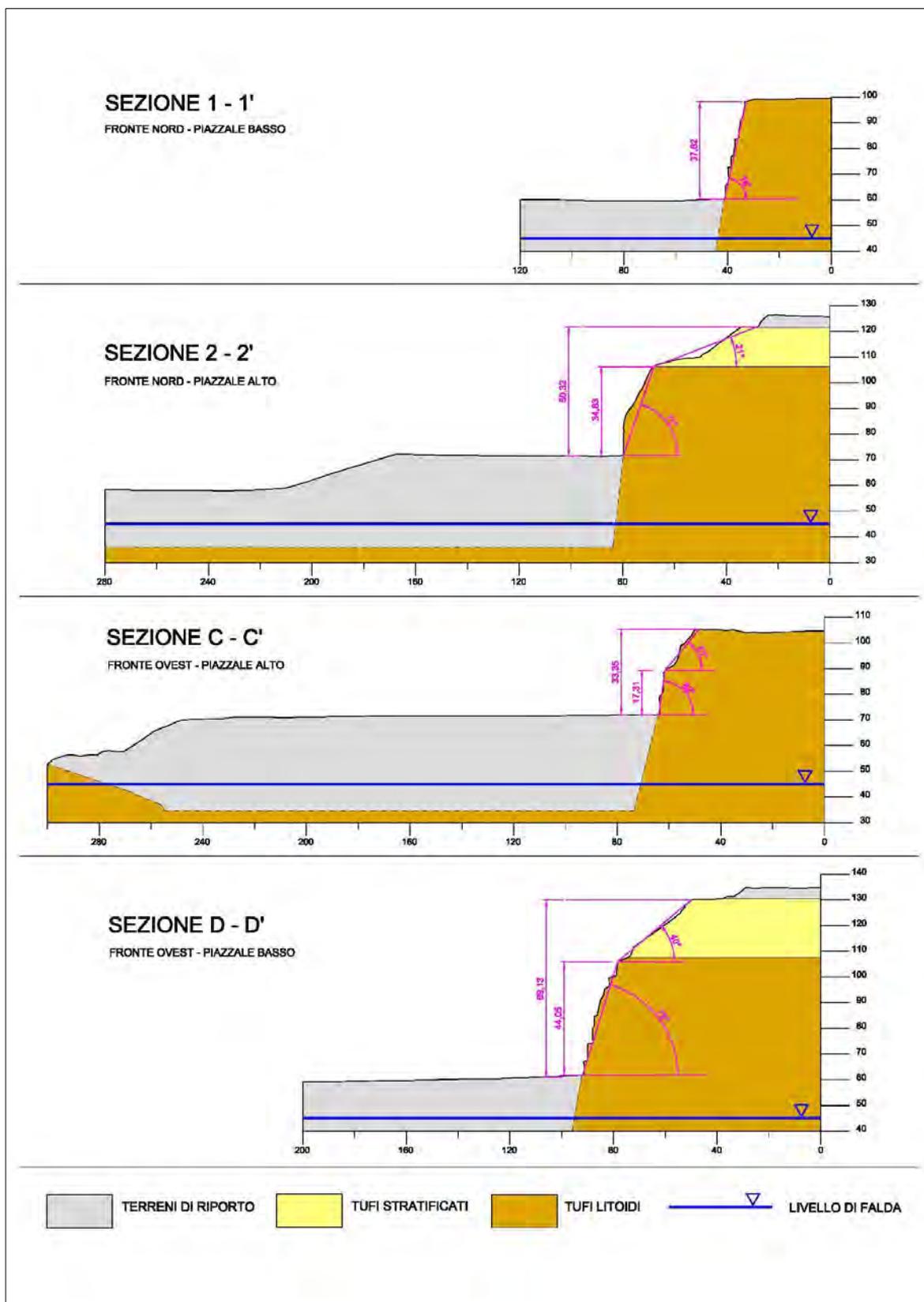


FIG. 3.2: SEZIONI DI VERIFICA

## VERIFICA DI STABILITÀ N°1

**SEZIONE 1-1' - FRONTE NORD - R2 (piazzale basso)**

**BANCO DI TUFO LITOIDE**

### **VERIFICA STATICA E SISMICA - SCIVOLAMENTO PLANARE**

**Superficie di potenziale scivolamento:** frattura basale ipotetica

**Tension Crak:** giunto di trazione verticale senza resistenza

**Parametri geotecnici:** Tufi Litoidi (vedi Tab.3.1)

#### **Parametri geometrici:**

- Altezza fronte	H = 37.82 m
- Immersone fronte	$\psi_f = N176^\circ$
- Inclinazione fronte	$\beta_f = 78^\circ$
- Inclinazione versante superiore al fronte	$\beta_u = 0^\circ$
- Inclinazione tension crak	$\beta_{tc} = 90^\circ$
- Range inclinazioni piano di scivolamento	$\beta_p = 20^\circ \div 38^\circ$
- Coefficiente di accelerazione sismica	$\alpha = 0.092$ (incl. $26.28^\circ$ )
- Pressione acqua:	NO
- Riempimento:	Ri = 0%

### **RISULTATI VERIFICA**

- Peso concio risultante:	W = 286.20 t/m
- Volume concio risultante:	V = 188.29 m <sup>3</sup> /m
- Inclinazione critica piano di scivolamento:	$\psi_f = 38^\circ$
- Inclinazione critica tension crak:	$\beta_{tc} = 90^\circ$
- Distanza critica tension crak dal ciglio del versante:	D <sub>c</sub> = 2.0 m
- Forza sismica risultante:	$\alpha \times W = 26.33$ t/ml

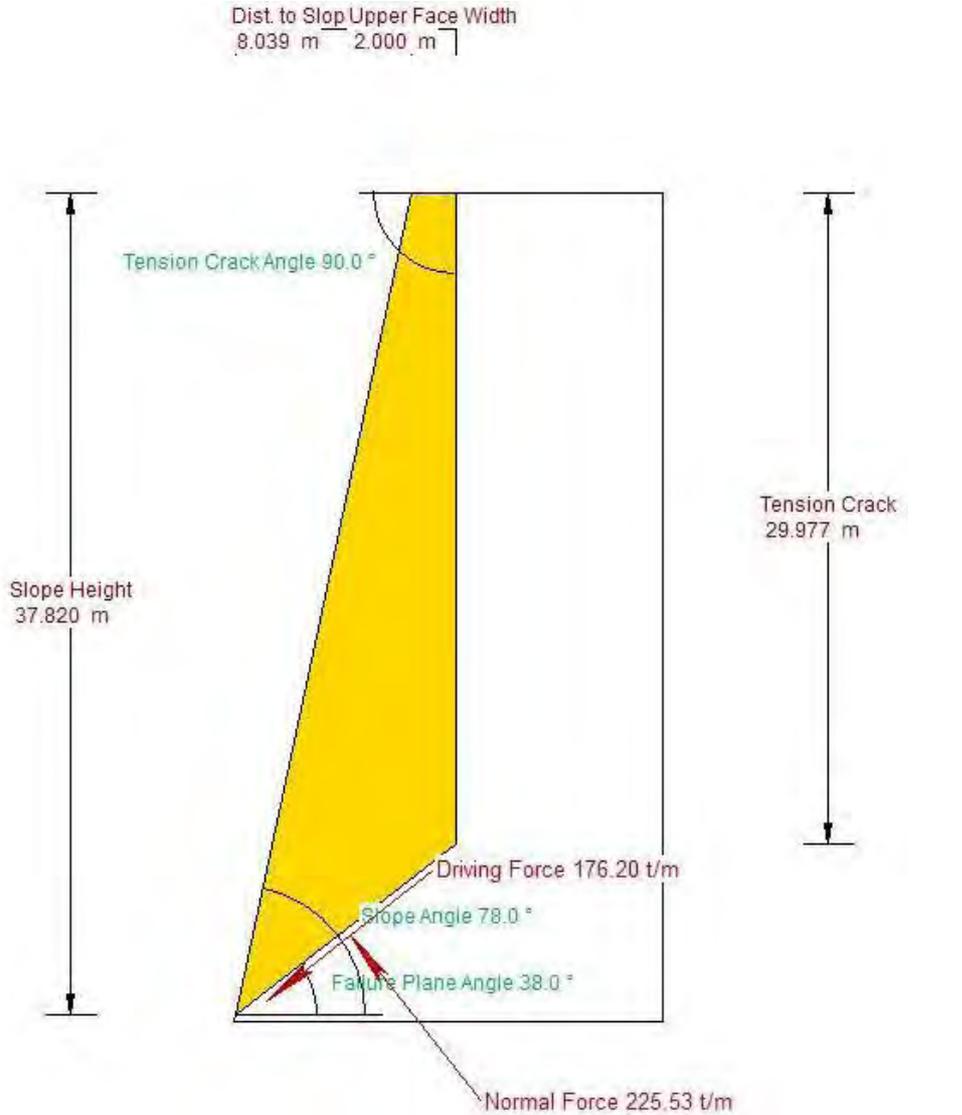
**FATTORE DI SICUREZZA STATICO:** **F<sub>sstat</sub> = 1.90** Verifica soddisfatta (Fs > 1.1)

**FATTORE DI SICUREZZA SISMICO:** **F<sub>sism</sub> = 2.05** Verifica soddisfatta (Fs > 1.2)

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Filename: Verifica 1\_Seiz 1-1\_STATICO

Project Title: Verifiche Cava Solar – Riano (RM) - 2024



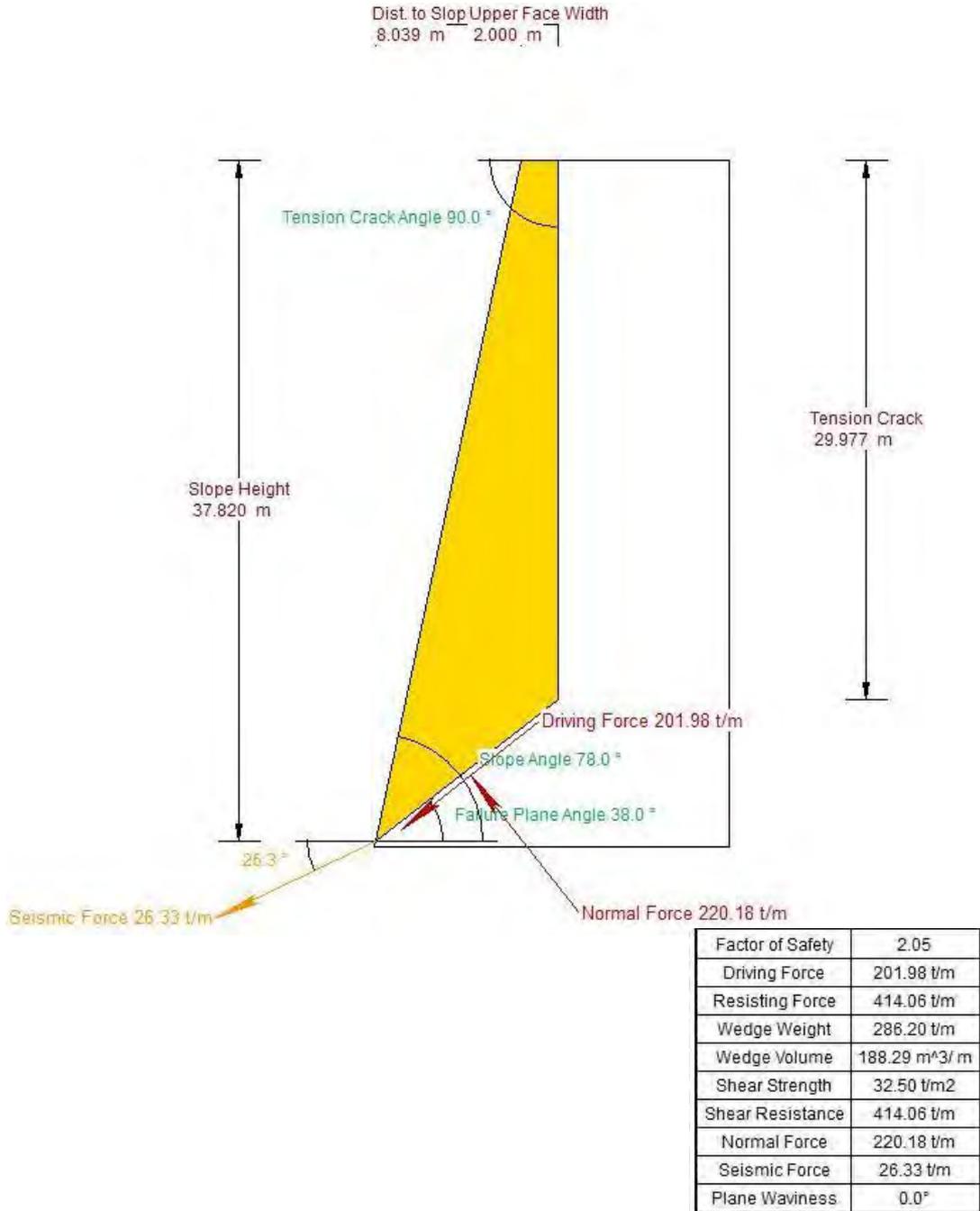
Factor of Safety	1.90
Driving Force	176.20 t/m
Resisting Force	334.77 t/m
Wedge Weight	286.20 t/m
Wedge Volume	188.29 m <sup>3</sup> /m
Shear Strength	26.28 t/m <sup>2</sup>
Shear Resistance	334.77 t/m
Normal Force	225.53 t/m
Plane Waviness	0.0°

RocPlane 2.0

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Filename: Verifica 1\_SeZ 1-1\_SISMICO

Project Title: Verifiche Cava Solar – Riano (RM) - 2024



RocPlane 2.0

## VERIFICA DI STABILITÀ N°2

**SEZIONE 2-2' - FRONTE NORD – R1 (piazzale alto)**

**BANCO DI TUFO LITOIDE**

### **VERIFICA STATICA E SISMICA - SCIVOLAMENTO PLANARE**

**Superficie di potenziale scivolamento:** frattura basale ipotetica

**Tension Crak:** giunto di trazione verticale senza resistenza

**Parametri geotecnici:** Tufi Litoidi (vedi Tab.3.1)

#### **Parametri geometrici:**

- Altezza fronte	H = 34.83 m
- Immersione fronte	$\psi_f = N176^\circ$
- Inclinazione fronte	$\beta_f = 71^\circ$
- Inclinazione versante superiore al fronte	$\beta_u = 21^\circ$
- Inclinazioni tension crak	$\beta_{tc} = 90^\circ$
- Range inclinazioni piano di scivolamento	$\beta_p = 20^\circ \div 38^\circ$
- Coefficiente di accelerazione sismica	$\alpha = 0.092$ (incl. $26.28^\circ$ )
- Pressione acqua:	NO
- Riempimento:	Ri = 0%

### **RISULTATI VERIFICA**

- Peso concio risultante:	W = 307.08 t/m
- Volume concio risultante:	V = 202.03 m <sup>3</sup> /m
- Inclinazione critica piano di scivolamento:	$\psi_f = 38^\circ$
- Inclinazione critica tension crak:	$\beta_{tc} = 90^\circ$
- Distanza critica tension crak dal ciglio del versante:	D <sub>c</sub> = 2.0 m
- Forza sismica risultante:	$\alpha \times W = 28.25$ t/m

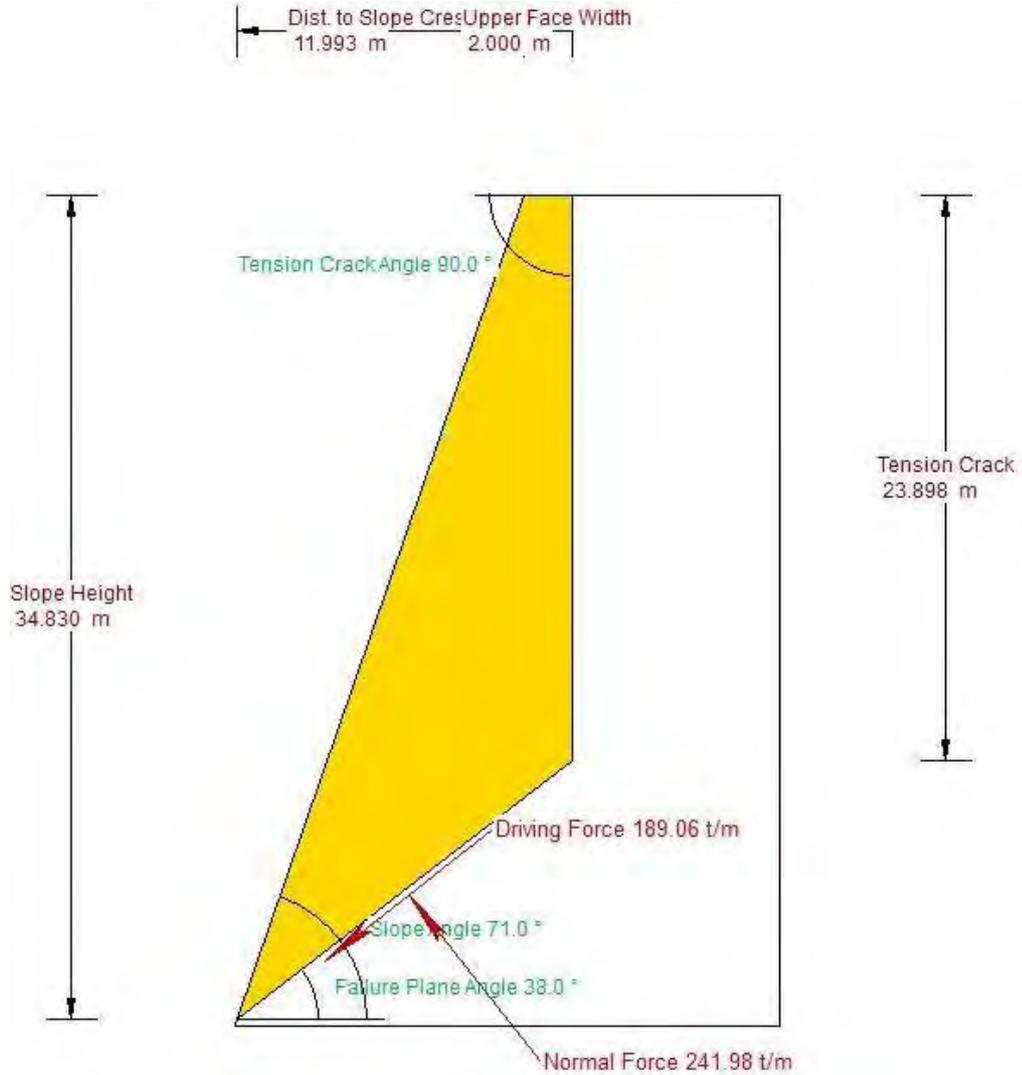
**FATTORE DI SICUREZZA STATICO:** **F<sub>sstat</sub> = 2.21** Verifica soddisfatta (Fs > 1.1)

**FATTORE DI SICUREZZA SISMICO:** **F<sub>sism</sub> = 2.39** Verifica soddisfatta (Fs > 1.2)

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**Filename: Verifica 2\_Sez 2-2\_STATICO**

**Project Title: Verifiche Cava Solar – Riano (RM) - 2024**



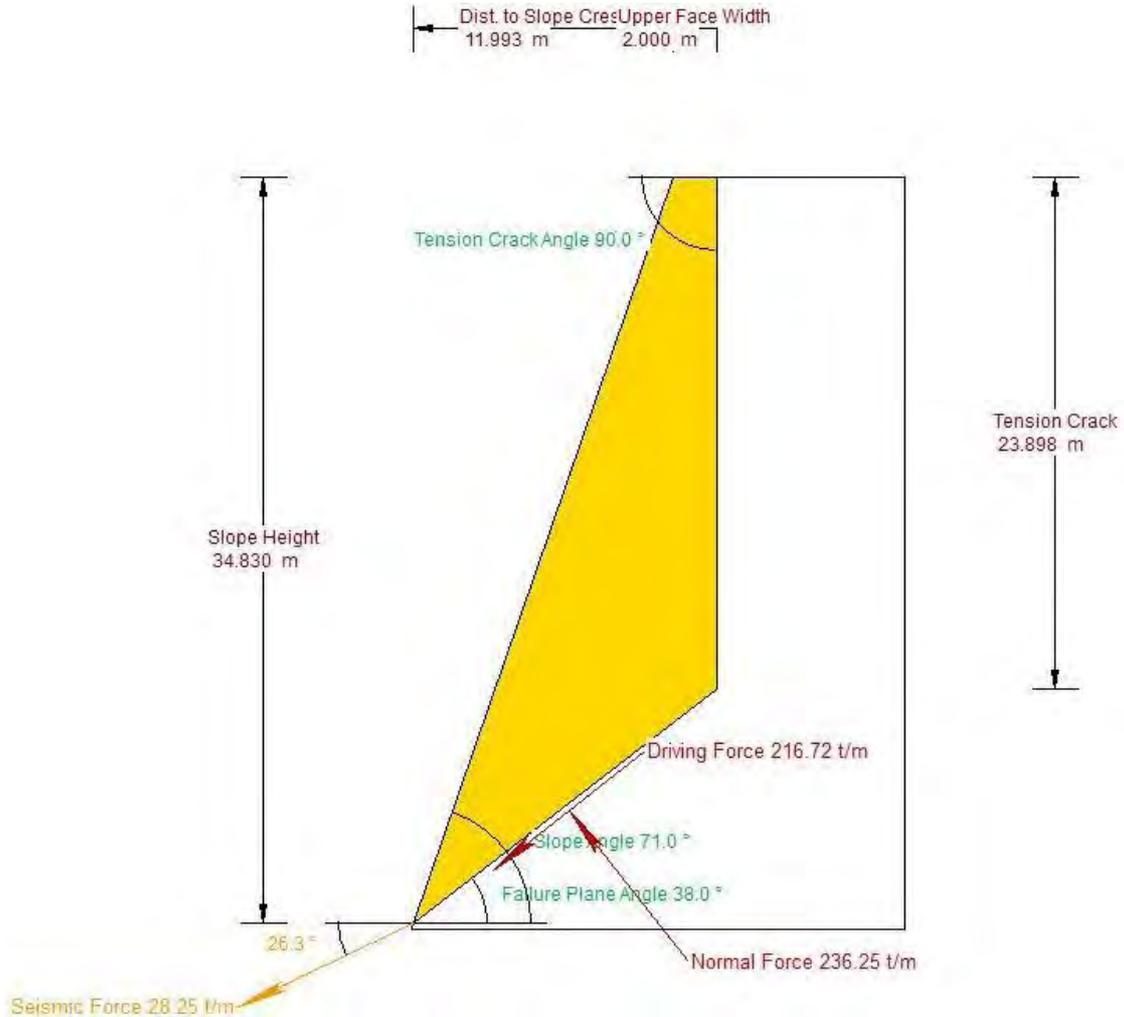
Factor of Safety	2.21
Driving Force	189.06 t/m
Resisting Force	418.07 t/m
Wedge Weight	307.08 t/m
Wedge Volume	202.03 m <sup>3</sup> /m
Shear Strength	23.54 t/m <sup>2</sup>
Shear Resistance	418.07 t/m
Normal Force	241.98 t/m
Plane Waviness	0.0°

**RocPlane 2.0**

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Filename: Verifica 2\_Sez 2-2\_SISMICO

Project Title: Verifiche Cava Solar – Riano (RM) - 2024



Factor of Safety	2.39
Driving Force	216.72 t/m
Resisting Force	517.86 t/m
Wedge Weight	307.08 t/m
Wedge Volume	202.03 m <sup>3</sup> /m
Shear Strength	29.16 t/m <sup>2</sup>
Shear Resistance	517.86 t/m
Normal Force	236.25 t/m
Seismic Force	28.25 t/m
Plane Waviness	0.0°

RocPlane 2.0

### VERIFICA DI STABILITÀ N°3

**SEZIONE C-C' - FRONTE OVEST – R3 (Piazzale alto)**

**BANCO DI TUFO LITOIDE**

#### **VERIFICA STATICA E SISMICA - SCIVOLAMENTO PLANARE**

**Superficie di potenziale scivolamento:** frattura basale (F2)

**Tension Crak:** giunto di trazione verticale senza resistenza

**Parametri geotecnici:** Tufi Litoidi (vedi Tab.3.1)

#### **Parametri geometrici:**

- Altezza fronte	H = 17.31.00 m
- Immersone fronte	$\psi_f = N0.89^\circ$
- Inclinazione fronte	$\beta_f = 82^\circ$
- Inclinazione versante superiore al fronte	$\beta_u = 51^\circ$
- Inclinazioni tension crak	$\beta_{tc} = 90^\circ$
- Range inclinazioni piano di scivolamento	$\beta_p = 55^\circ \div 75^\circ$
- Coefficiente di accelerazione sismica	$\alpha = 0.092$ (incl. $26.28^\circ$ )
- Pressione acqua:	NO
- Riempimento:	Ri = 0%

#### **RISULTATI VERIFICA**

- Peso concio risultante:	W = 146.47.50 t/m
- Volume concio risultante:	V = 96.36 m <sup>3</sup> /m
- Inclinazione critica piano di scivolamento:	$\psi_f = 55^\circ$
- Inclinazione critica tension crak:	$\beta_{tc} = 90^\circ$
- Distanza critica tension crak dal ciglio del versante:	D <sub>c</sub> = 6.0 m
- Forza sismica risultante:	$\alpha \times W = 13.48$ t/ml

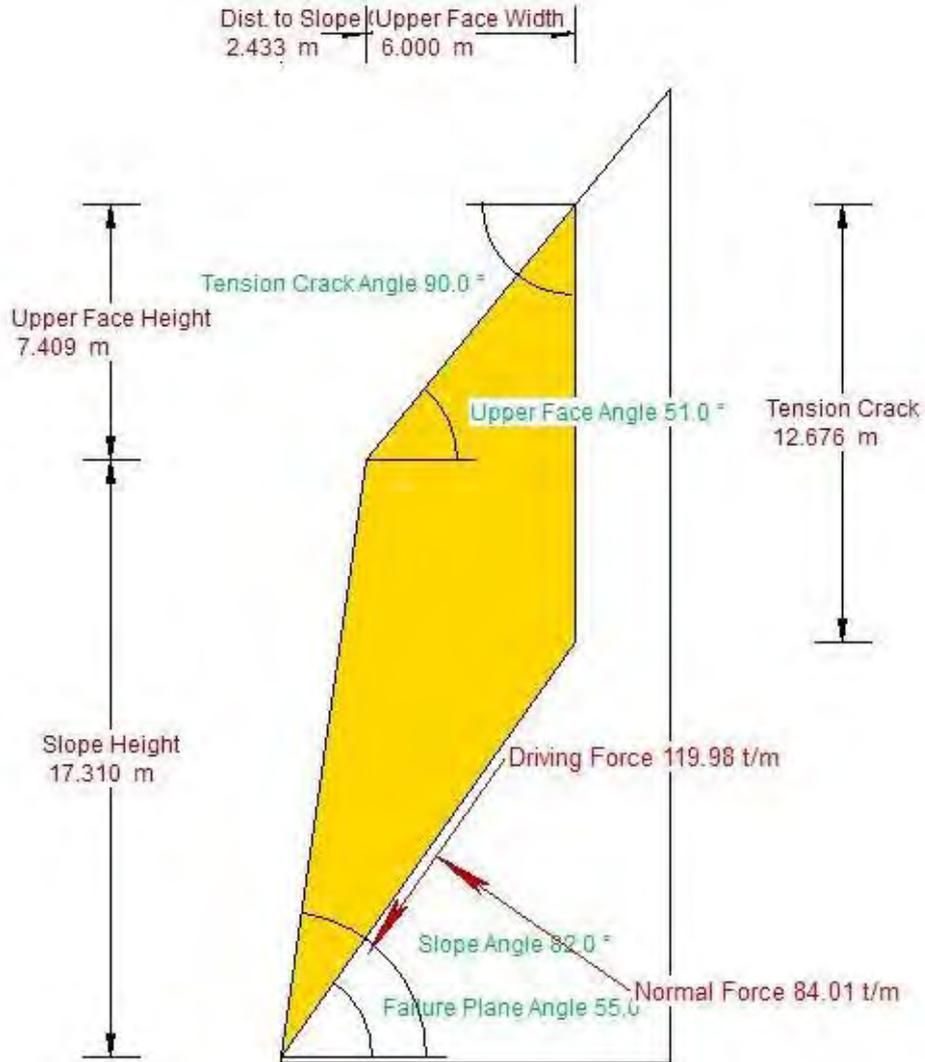
**FATTORE DI SICUREZZA STATICO:**  $F_{s_{stat}} = 2.23$  Verifica soddisfatta ( $F_s > 1.1$ )

**FATTORE DI SICUREZZA SISMICO:**  $F_{s_{sism}} = 2.50$  Verifica soddisfatta ( $F_s > 1.2$ )

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

Filename: Verifica 3\_Seiz C-C\_STATICO

Project Title: Verifiche Cava Solar – Riano (RM) – 2024



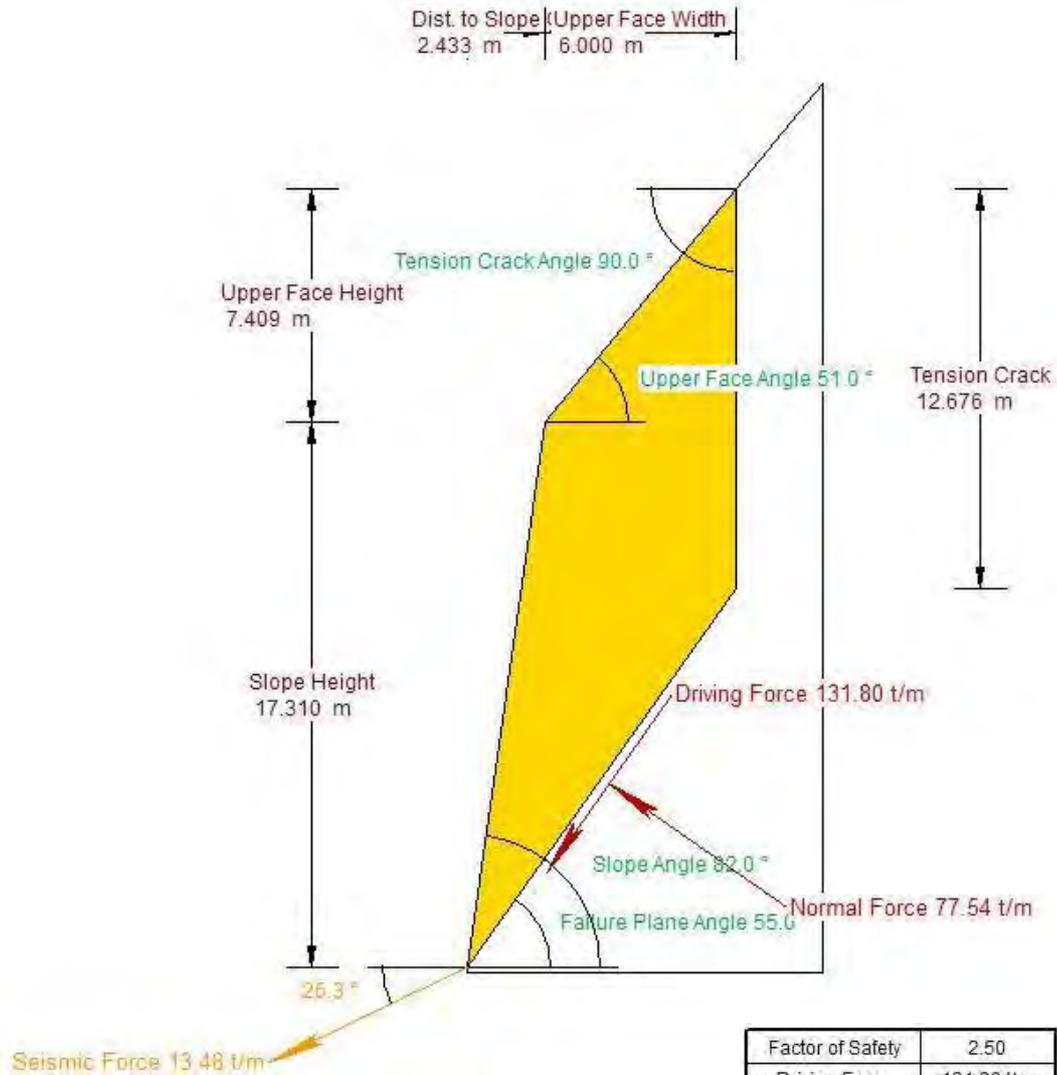
Factor of Safety	2.23
Driving Force	119.98 t/m
Resisting Force	268.08 t/m
Wedge Weight	146.47 t/m
Wedge Volume	96.36 m <sup>3</sup> /m
Shear Strength	18.23 t/m <sup>2</sup>
Shear Resistance	268.08 t/m
Normal Force	84.01 t/m
Plane Waviness	0.0°

RocPlane 2.0

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Filename: Verifica 3\_Seiz C-C\_SISMICO

Project Title: Verifiche Cava Solar – Riano (RM) – 2024



Factor of Safety	2.50
Driving Force	131.80 t/m
Resisting Force	329.70 t/m
Wedge Weight	146.47 t/m
Wedge Volume	96.36 m <sup>3</sup> /m
Shear Strength	22.43 t/m <sup>2</sup>
Shear Resistance	329.70 t/m
Normal Force	77.54 t/m
Seismic Force	13.48 t/m
Plane Waviness	0.0°

RocPlane 2.0

**VERIFICA DI STABILITÀ N°4**

**SEZIONE D-D' - FRONTE OVEST – R4 (Piazzale basso)**

**BANCO DI TUFO LITOIDE**

**VERIFICA STATICA E SISMICA - SCIVOLAMENTO PLANARE**

**Superficie di potenziale scivolamento:** frattura basale (F2)

**Tension Crak:** giunto di trazione verticale senza resistenza

**Parametri geotecnici:** Tufi Litoidi (vedi Tab.3.1)

**Parametri geometrici:**

- Altezza fronte	H = 44.05 m
- Immersone fronte	$\psi_f = N0.89^\circ$
- Inclinazione fronte	$\beta_f = 73^\circ$
- Inclinazione versante superiore al fronte	$\beta_u = 40^\circ$
- Inclinazioni tension crak	$\beta_{tc} = 90^\circ$
- Range inclinazioni piano di scivolamento	$\beta_p = 55^\circ \div 65^\circ$
- Coefficiente di accelerazione sismica	$\alpha = 0.092$ (incl. $26.28^\circ$ )
- Pressione acqua:	NO
- Riempimento:	Ri = 0%

**RISULTATI VERIFICA**

- Peso concio risultante:	W = 691.73 t/m
- Volume concio risultante:	V = 455.08 m <sup>3</sup> /m
- Inclinazione critica piano di scivolamento:	$\psi_f = 55^\circ$
- Inclinazione critica tension crak:	$\beta_{tc} = 90^\circ$
- Distanza critica tension crak dal ciglio del versante:	D <sub>c</sub> = 13.89 m
- Forza sismica risultante:	$\alpha \times W = 63.64$ t/m

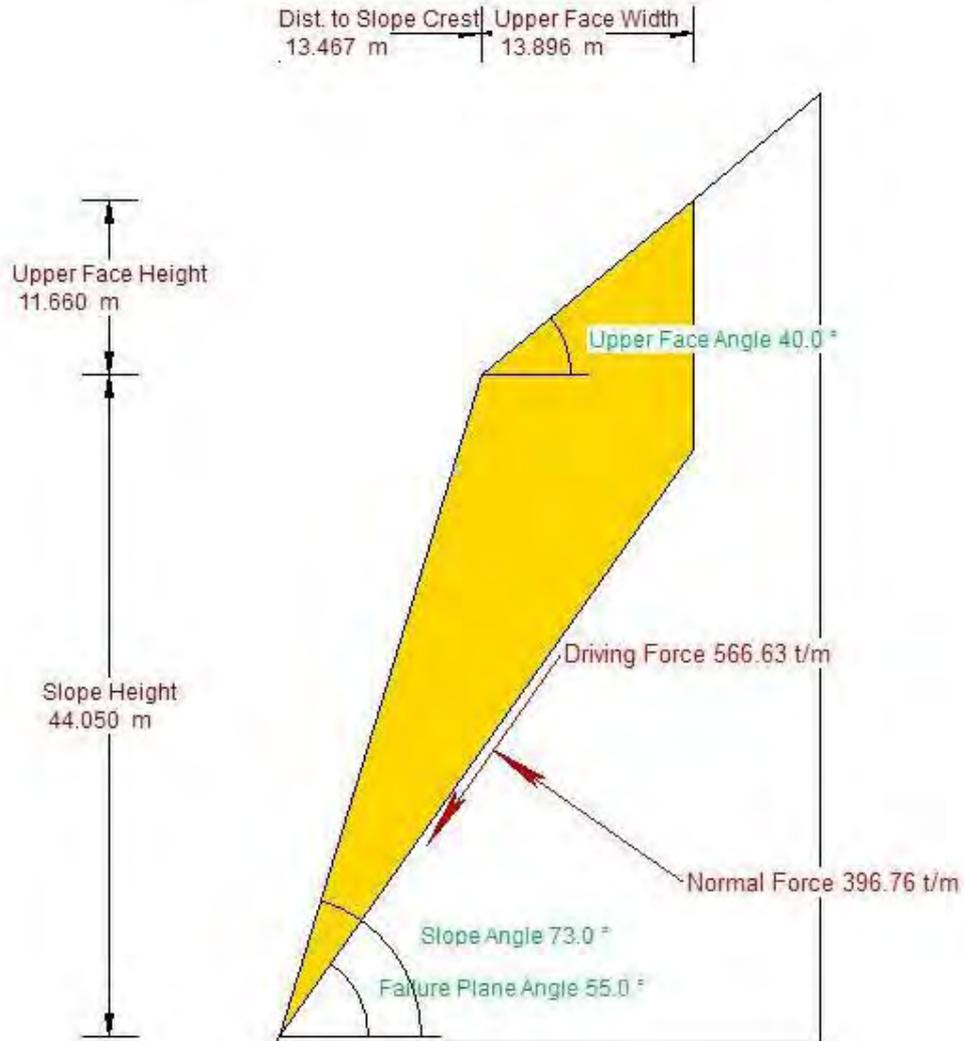
**FATTORE DI SICUREZZA STATICO:  $F_{sstat} = 1.68$**  Verifica soddisfatta ( $F_s > 1.1$ )

**FATTORE DI SICUREZZA SISMICO:  $F_{sism} = 1.87$**  Verifica soddisfatta ( $F_s > 1.2$ )

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Filename: Verifica 4\_Seiz D-D\_STATICO

Project Title: Verifiche Cava Solar – Riano (RM) - 2024



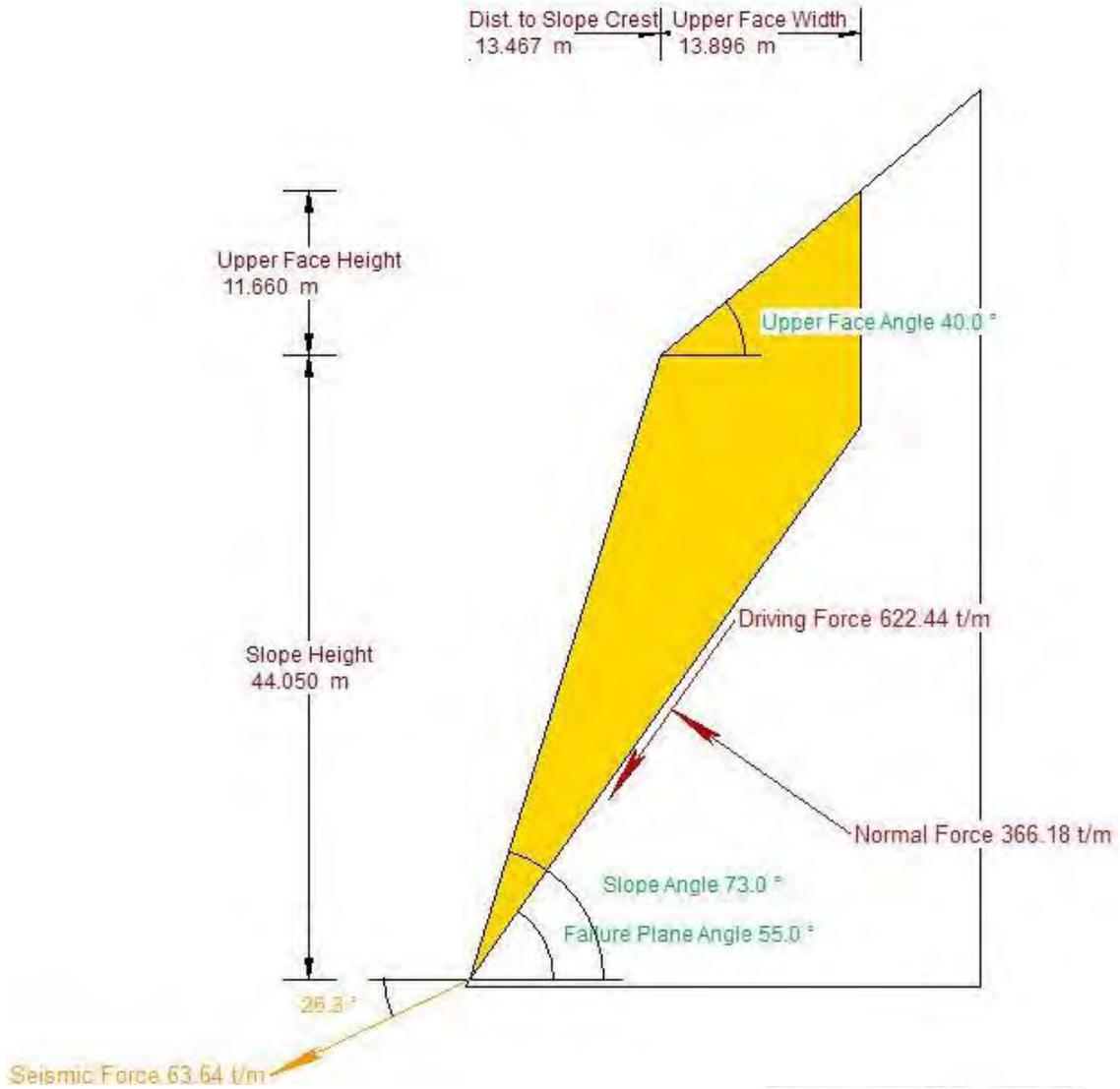
Factor of Safety	1.68
Driving Force	566.63 t/m
Resisting Force	953.18 t/m
Wedge Weight	691.73 t/m
Wedge Volume	455.08 m <sup>3</sup> /m
Shear Strength	19.98 t/m <sup>2</sup>
Shear Resistance	953.18 t/m
Normal Force	396.76 t/m
Plane Waviness	0.0°

RocPlane 2.0

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

Filename: Verifica 4\_SeZ D-D\_SISMICO

Project Title: Verifiche Cava Solar – Riano (RM) - 2024



Factor of Safety	1.87
Driving Force	622.44 t/m
Resisting Force	1165.98 t/m
Wedge Weight	691.73 t/m
Wedge Volume	455.08 m <sup>3</sup> / m
Shear Strength	24.44 t/m <sup>2</sup>
Shear Resistance	1165.98 t/m
Normal Force	366.18 t/m
Seismic Force	63.64 t/m
Plane Waviness	0.0°

RocPlane 2.0

## VERIFICA DI STABILITÀ N°5

### SEZIONE 2-2' - FRONTE NORD – R1 (Piazzale alto)

### BANCO SUPERIORE TUFI STRATIFICATI DI SCOPERTA

**Metodo di calcolo:** JANBU

**Parametri geotecnici:** vedi Tab.3.1 - **Parametri Sismici:** vedi Tab.3.2

Profilo del piano campagna

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	28.29
2	57.06	28.29
3	69.54	28.96
4	112.98	42.28
5	200.20	42.28
6	200.20	53.66
7	210.85	75.23
8	213.91	77.43
9	224.48	79.55
10	229.83	80.10
11	246.25	91.69
12	252.21	91.89
13	252.21	91.89
14	255.87	96.17
15	280.00	97.00

Livello di falda

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	18.00
2	25.00	18.00
3	60.00	18.00
4	285.00	22.00

Stratigrafia

Vertici dello strato n° 1 (TUFI LITOIDI)

n°	X [m]	Y [m]
1	210.85	75.23
2	200.20	53.66
3	200.20	42.28
4	196.15	5.94
5	0.00	5.94
6	0.00	0.00
7	280.00	0.00
8	280.00	75.24

Vertici dello strato n° 2 (RIPORTI)

n°	X [m]	Y [m]
1	200.20	42.28
2	112.98	42.28
3	69.54	28.96
4	57.06	28.29
5	0.00	28.29
6	0.00	5.94
7	196.15	5.94

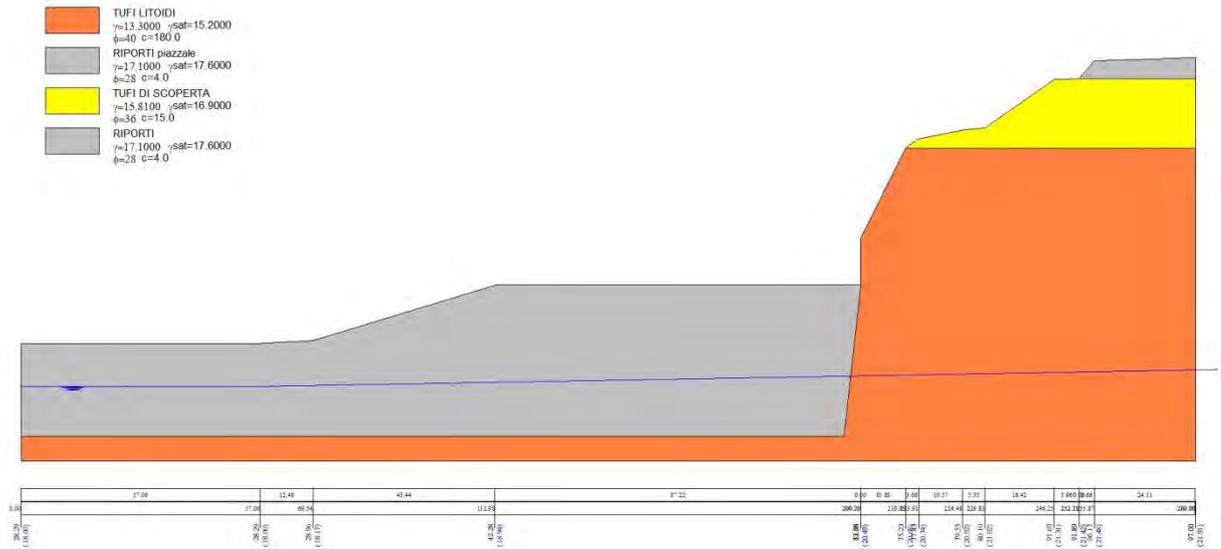
Vertici dello strato n° 3 (TUFI DI SCOPERTA)

n°	X [m]	Y [m]
1	252.21	91.89
2	252.21	91.89
3	246.25	91.69
4	229.83	80.10
5	224.48	79.55
6	213.91	77.43
7	210.85	75.23
8	280.00	75.24
9	280.00	91.90

Vertici dello strato n° 4 (RIPORTI)

n°	X [m]	Y [m]
1	280.00	91.90
2	280.00	97.00
3	255.87	96.17
4	252.21	91.89

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**



**Verifica stabilità n.5 : Profilo geotecnico schematico**

**Opzioni di calcolo**

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate 1930

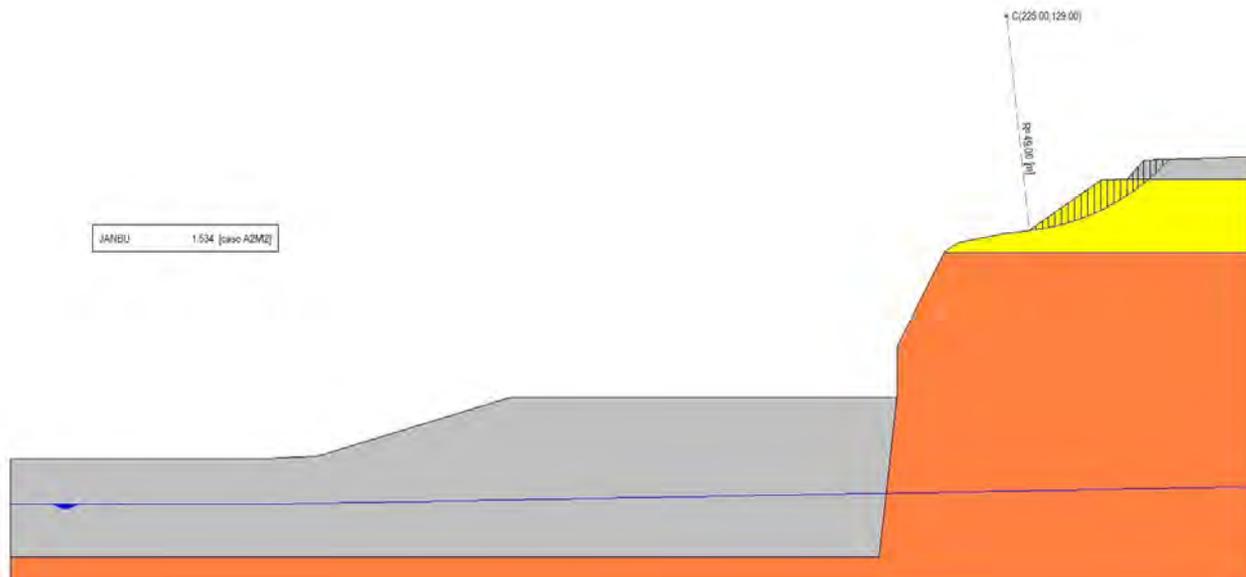
Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub> STATICO	FS <sub>min</sub> SISMICO	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	1930	<b>1.534</b>	<b>1.578</b>	1	6.190	1930

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**Analisi della superficie critica - Caso A2M2 - STATICO**

Numero di strisce	22	
Coordinate del centro	X[m]= 225.00	Y[m]= 129.00
Raggio del cerchio	R[m]= 49.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 230.06	Y <sub>v</sub> [m]= 80.26
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 261.55	Y <sub>m</sub> [m]= 96.37



**Verifica stabilità n.5 : Superficie critica – Caso A2M2 Statico**

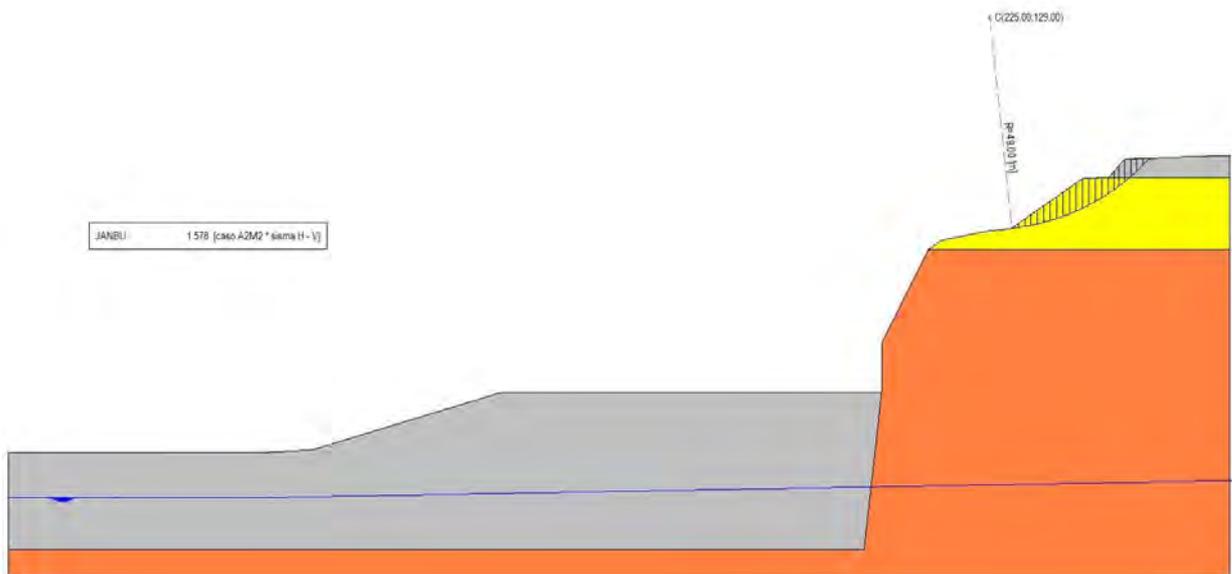
**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	230.06	80.26	80.26	231.53	81.30	80.44	231.04	80.67	1.48	6.79	29.26	4.8
2	231.53	81.30	80.44	233.00	82.34	80.66	232.35	81.22	1.49	8.53	29.26	4.8
3	233.00	82.34	80.66	234.47	83.38	80.92	233.78	81.85	1.50	10.27	29.26	4.8
4	234.47	83.38	80.92	235.95	84.42	81.24	235.24	82.50	1.50	12.03	29.26	4.8
5	235.95	84.42	81.24	237.42	85.46	81.60	236.71	83.19	1.52	13.80	29.26	4.8
6	237.42	85.46	81.60	238.89	86.50	82.01	238.17	83.90	1.53	15.57	29.26	4.8
7	238.89	86.50	82.01	240.36	87.53	82.47	239.64	84.64	1.54	17.37	29.26	4.8
8	240.36	87.53	82.47	241.83	88.57	82.98	241.11	85.40	1.56	19.18	29.26	4.8
9	241.83	88.57	82.98	243.31	89.61	83.55	242.58	86.18	1.58	21.02	29.26	4.8
10	243.31	89.61	83.55	244.78	90.65	84.17	244.05	87.00	1.60	22.87	29.26	4.8
11	244.78	90.65	84.17	246.25	91.69	84.85	245.52	87.84	1.62	24.75	29.26	4.8
12	246.25	91.69	84.85	247.74	91.74	85.60	246.98	88.46	1.67	26.68	29.26	4.8
13	247.74	91.74	85.60	249.23	91.79	86.41	248.47	88.88	1.70	28.64	29.26	4.8
14	249.23	91.79	86.41	250.72	91.84	87.29	249.95	89.33	1.73	30.65	29.26	4.8
15	250.72	91.84	87.29	252.21	91.89	88.25	251.44	89.81	1.77	32.70	29.26	4.8
16	252.21	91.89	88.25	253.43	93.32	89.09	252.84	90.65	1.48	34.60	29.26	4.8
17	253.43	93.32	89.09	254.65	94.74	89.99	254.05	91.80	1.51	36.35	29.26	4.8
18	254.65	94.74	89.99	255.87	96.17	90.95	255.27	92.97	1.55	38.14	29.26	4.8
19	255.87	96.17	90.95	257.29	96.22	92.14	256.55	93.86	1.86	40.14	27.95	4.5
20	257.29	96.22	92.14	258.71	96.27	93.44	257.96	94.50	1.92	42.35	23.04	3.2
21	258.71	96.27	93.44	260.13	96.32	94.84	259.35	95.18	2.00	44.64	23.04	3.2
22	260.13	96.32	94.84	261.55	96.37	96.37	260.60	95.84	2.08	47.02	23.04	3.2

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**Analisi della superficie critica - Caso A2M2 - SISMICO**

Numero di strisce	22	
Coordinate del centro	X[m]= 225.00	Y[m]= 129.00
Raggio del cerchio	R[m]= 49.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 230.06	Y <sub>v</sub> [m]= 80.26
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 261.55	Y <sub>m</sub> [m]= 96.37



**Verifica stabilità n.5 : Superficie critica – Caso A2 M2 Sismico**

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>sl</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>dl</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	230.06	80.26	80.26	231.53	81.30	80.44	231.04	80.67	1.48	6.79	36.00	15.0
2	231.53	81.30	80.44	233.00	82.34	80.66	232.35	81.22	1.49	8.53	36.00	15.0
3	233.00	82.34	80.66	234.47	83.38	80.92	233.78	81.85	1.50	10.27	36.00	15.0
4	234.47	83.38	80.92	235.95	84.42	81.24	235.24	82.50	1.50	12.03	36.00	15.0
5	235.95	84.42	81.24	237.42	85.46	81.60	236.71	83.19	1.52	13.80	36.00	15.0
6	237.42	85.46	81.60	238.89	86.50	82.01	238.17	83.90	1.53	15.57	36.00	15.0
7	238.89	86.50	82.01	240.36	87.53	82.47	239.64	84.64	1.54	17.37	36.00	15.0
8	240.36	87.53	82.47	241.83	88.57	82.98	241.11	85.40	1.56	19.18	36.00	15.0
9	241.83	88.57	82.98	243.31	89.61	83.55	242.58	86.18	1.58	21.02	36.00	15.0
10	243.31	89.61	83.55	244.78	90.65	84.17	244.05	87.00	1.60	22.87	36.00	15.0
11	244.78	90.65	84.17	246.25	91.69	84.85	245.52	87.84	1.62	24.75	36.00	15.0
12	246.25	91.69	84.85	247.74	91.74	85.60	246.98	88.46	1.67	26.68	36.00	15.0
13	247.74	91.74	85.60	249.23	91.79	86.41	248.47	88.88	1.70	28.64	36.00	15.0
14	249.23	91.79	86.41	250.72	91.84	87.29	249.95	89.33	1.73	30.65	36.00	15.0
15	250.72	91.84	87.29	252.21	91.89	88.25	251.44	89.81	1.77	32.70	36.00	15.0
16	252.21	91.89	88.25	252.21	91.89	88.25	252.21	90.07	0.00	33.73	36.00	15.0
17	252.21	91.89	88.25	253.43	93.32	89.09	252.84	90.65	1.48	34.60	36.00	15.0
18	253.43	93.32	89.09	254.65	94.74	89.99	254.05	91.80	1.51	36.35	36.00	15.0
19	254.65	94.74	89.99	255.87	96.17	90.95	255.27	92.97	1.55	38.14	36.00	15.0
20	255.87	96.17	90.95	257.29	96.22	92.14	256.55	93.86	1.86	40.14	34.32	12.7
21	257.29	96.22	92.14	258.71	96.27	93.44	257.96	94.50	1.92	42.35	28.00	4.0
22	258.71	96.27	93.44	260.13	96.32	94.84	259.35	95.18	2.00	44.64	28.00	4.0
23	260.13	96.32	94.84	261.55	96.37	96.37	260.60	95.84	2.08	47.02	28.00	4.0

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**VERIFICA DI STABILITÀ N°6**

**SEZIONE D-D' - FRONTE OVEST – R4 (Piazzale basso)**

**BANCO SUPERIORE TUFI STRATIFICATI DI SCOPERTA**

**Metodo di calcolo:** JANBU

**Parametri geotecnici:** vedi Tab.3.1 - **Parametri Sismici:** vedi Tab.3.2

Profilo del piano campagna

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	19.40
2	80.79	20.66
3	108.11	21.86
4	114.99	51.08
5	121.59	65.90
6	125.50	67.52
7	127.72	71.61
8	145.77	84.92
9	150.01	90.01
10	162.01	90.48
11	164.08	91.39
12	166.66	91.39
13	170.42	94.44
14	200.00	94.91

Livello di falda

n°	X [m]	Y [m]
1	-4.00	15.20
2	4.00	15.20
3	24.00	15.20
4	204.00	19.00

Stratigrafia

Vertici dello strato n° 1 (TUFI LITOIDI)

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	0.01
2	0.00	0.00
3	200.00	0.00
4	200.00	67.53
5	125.50	67.52
6	121.59	65.90
7	114.99	51.08
9	104.08	0.01

Vertici dello strato n° 2 (TUFI DI SCOPERTA)

n°	X [m]	Y [m]
1	162.01	90.48
2	150.01	90.01
3	145.77	84.92
4	127.72	71.61
5	125.50	67.52
6	200.00	67.53
7	200.00	90.49

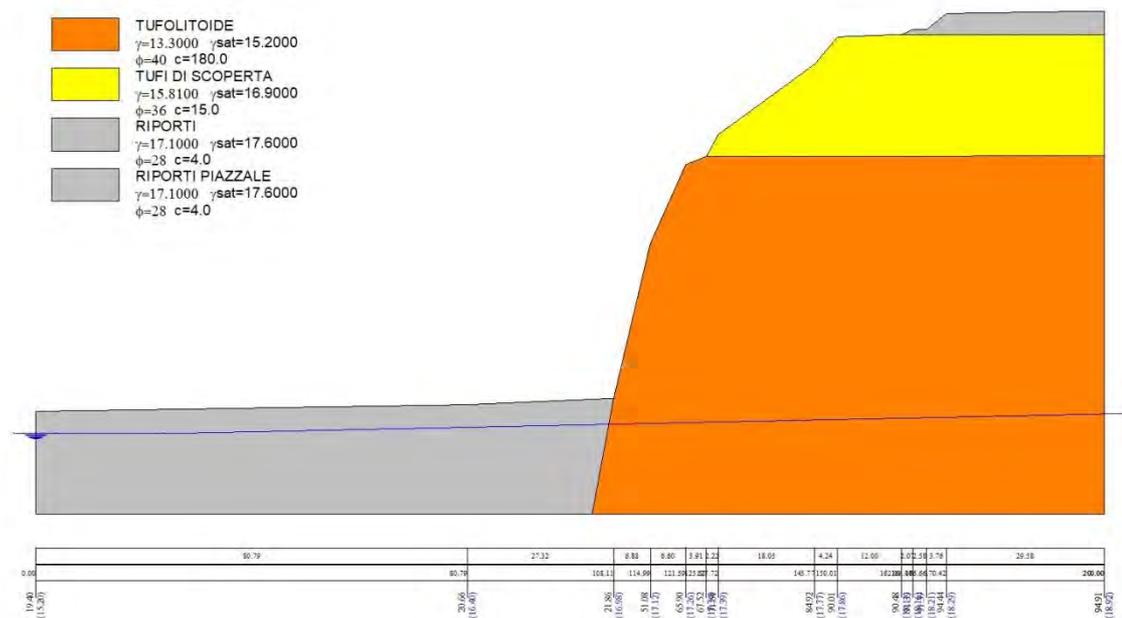
Vertici dello strato n° 3 (RIPORTI)

n°	X [m]	Y [m]
1	200.00	90.49
2	200.00	94.91
3	170.42	94.44
4	166.66	91.39
5	164.08	91.39
6	162.01	90.48

Vertici dello strato n° 4 (RIPORTI)

n°	X [m]	Y [m]
1	108.11	21.86
2	80.79	20.66
3	0.00	19.40
4	0.00	0.01
5	104.08	0.01

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**



**Verifica stabilità n.6 : Profilo geotecnico schematico**

**Opzioni di calcolo**

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici
- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate 5240

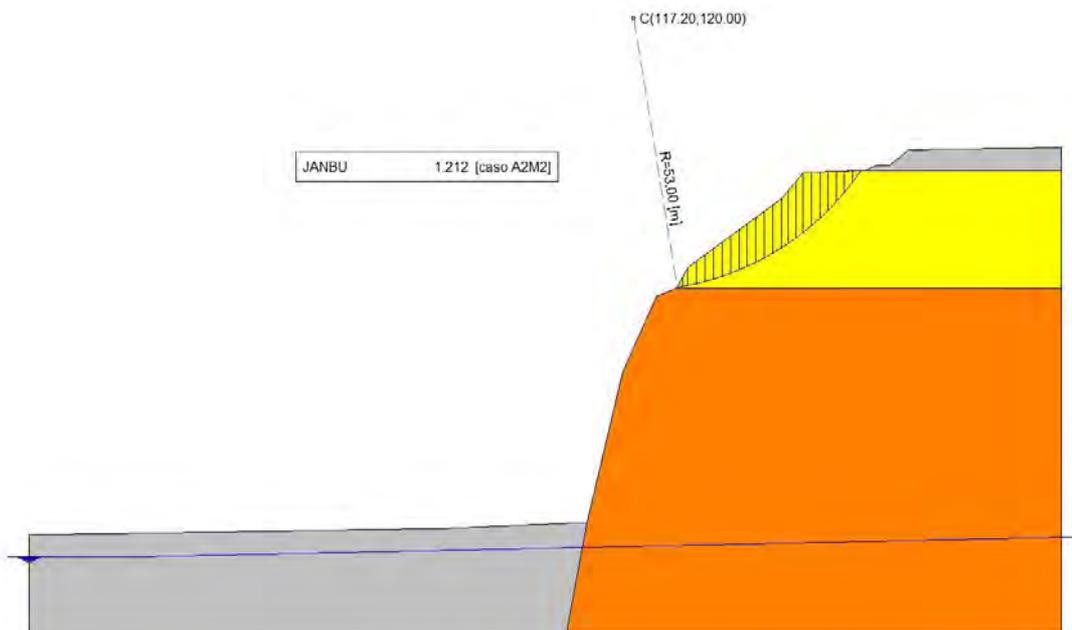
Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub> STATICO	FS <sub>min</sub> SISMICO	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	5240	1.212	1.267	1	3.063	5240

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**Analisi della superficie critica - Caso A2M2 - STATICO**

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 117.20	Y[m]= 120.00
Raggio del cerchio	R[m]= 53.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 125.58	Y <sub>v</sub> [m]= 67.67
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 161.20	Y <sub>m</sub> [m]= 90.45



**Verifica stabilità n.6 : Superficie critica - Caso A2 M2 Statico**

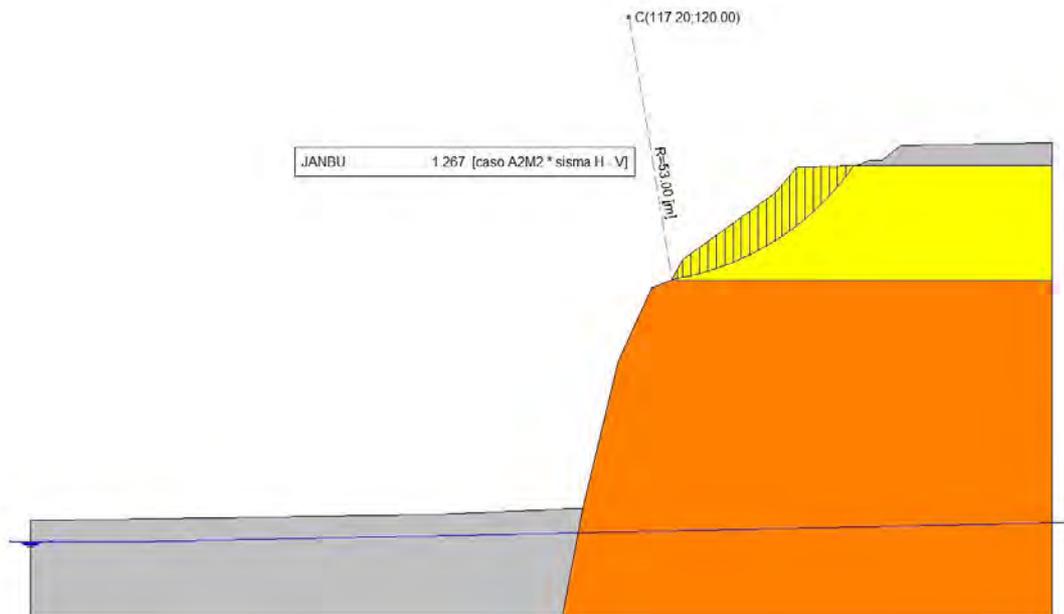
**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]
1	125.58	67.67	67.67	126.65	69.64	67.85	126.29	68.38	1.09	9.68	30.17	12.0
2	126.65	69.64	67.85	127.72	71.61	68.05	127.24	69.35	1.09	10.86	30.17	12.0
3	127.72	71.61	68.05	129.36	72.82	68.41	128.57	70.24	1.68	12.36	30.17	12.0
4	129.36	72.82	68.41	131.00	74.03	68.83	130.20	71.03	1.69	14.18	30.17	12.0
5	131.00	74.03	68.83	132.64	75.24	69.30	131.84	71.86	1.71	16.02	30.17	12.0
6	132.64	75.24	69.30	134.28	76.45	69.83	133.48	72.71	1.72	17.87	30.17	12.0
7	134.28	76.45	69.83	135.92	77.66	70.42	135.12	73.60	1.74	19.75	30.17	12.0
8	135.92	77.66	70.42	137.57	78.87	71.07	136.76	74.51	1.77	21.64	30.17	12.0
9	137.57	78.87	71.07	139.21	80.08	71.78	138.39	75.46	1.79	23.57	30.17	12.0
10	139.21	80.08	71.78	140.85	81.29	72.57	140.03	76.43	1.82	25.52	30.17	12.0
11	140.85	81.29	72.57	142.49	82.50	73.42	141.67	77.45	1.85	27.50	30.17	12.0
12	142.49	82.50	73.42	144.13	83.71	74.35	143.31	78.50	1.89	29.52	30.17	12.0
13	144.13	83.71	74.35	145.77	84.92	75.36	144.95	79.59	1.93	31.58	30.17	12.0
14	145.77	84.92	75.36	147.18	86.62	76.30	146.49	80.81	1.70	33.54	30.17	12.0
15	147.18	86.62	76.30	148.60	88.31	77.30	147.90	82.14	1.73	35.39	30.17	12.0
16	148.60	88.31	77.30	150.01	90.01	78.38	149.31	83.51	1.78	37.29	30.17	12.0
17	150.01	90.01	78.38	151.61	90.07	79.69	150.79	84.53	2.07	39.36	30.17	12.0
18	151.61	90.07	79.69	153.21	90.14	81.11	152.39	85.24	2.14	41.64	30.17	12.0
19	153.21	90.14	81.11	154.80	90.20	82.65	153.98	86.01	2.22	43.99	30.17	12.0
20	154.80	90.20	82.65	156.40	90.26	84.33	155.57	86.84	2.32	46.45	30.17	12.0
21	156.40	90.26	84.33	158.00	90.32	86.17	157.15	87.74	2.44	49.02	30.17	12.0
22	158.00	90.32	86.17	159.60	90.39	88.20	158.72	88.72	2.58	51.73	30.17	12.0
23	159.60	90.39	88.20	161.20	90.45	90.45	160.13	89.68	2.76	54.62	30.17	12.0

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**Analisi della superficie critica - Caso A2M2 - SISMICO**

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 117.20	Y[m]= 120.00
Raggio del cerchio	R[m]= 53.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 125.58	Y <sub>v</sub> [m]= 67.67
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 161.20	Y <sub>m</sub> [m]= 90.45



**Verifica stabilità n.6 : Superficie critica - Caso A2 M2 Sismico**

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	125.58	67.67	67.67	126.65	69.64	67.85	126.29	68.38	1.09	9.68	36.00	15.0
2	126.65	69.64	67.85	127.72	71.61	68.05	127.24	69.35	1.09	10.86	36.00	15.0
3	127.72	71.61	68.05	129.36	72.82	68.41	128.57	70.24	1.68	12.36	36.00	15.0
4	129.36	72.82	68.41	131.00	74.03	68.83	130.20	71.03	1.69	14.18	36.00	15.0
5	131.00	74.03	68.83	132.64	75.24	69.30	131.84	71.86	1.71	16.02	36.00	15.0
6	132.64	75.24	69.30	134.28	76.45	69.83	133.48	72.71	1.72	17.87	36.00	15.0
7	134.28	76.45	69.83	135.92	77.66	70.42	135.12	73.60	1.74	19.75	36.00	15.0
8	135.92	77.66	70.42	137.57	78.87	71.07	136.76	74.51	1.77	21.64	36.00	15.0
9	137.57	78.87	71.07	139.21	80.08	71.78	138.39	75.46	1.79	23.57	36.00	15.0
10	139.21	80.08	71.78	140.85	81.29	72.57	140.03	76.43	1.82	25.52	36.00	15.0
11	140.85	81.29	72.57	142.49	82.50	73.42	141.67	77.45	1.85	27.50	36.00	15.0
12	142.49	82.50	73.42	144.13	83.71	74.35	143.31	78.50	1.89	29.52	36.00	15.0
13	144.13	83.71	74.35	145.77	84.92	75.36	144.95	79.59	1.93	31.58	36.00	15.0
14	145.77	84.92	75.36	147.18	86.62	76.30	146.49	80.81	1.70	33.54	36.00	15.0
15	147.18	86.62	76.30	148.60	88.31	77.30	147.90	82.14	1.73	35.39	36.00	15.0
16	148.60	88.31	77.30	150.01	90.01	78.38	149.31	83.51	1.78	37.29	36.00	15.0
17	150.01	90.01	78.38	151.61	90.07	79.69	150.79	84.53	2.07	39.36	36.00	15.0
18	151.61	90.07	79.69	153.21	90.14	81.11	152.39	85.24	2.14	41.64	36.00	15.0
19	153.21	90.14	81.11	154.80	90.20	82.65	153.98	86.01	2.22	43.99	36.00	15.0
20	154.80	90.20	82.65	156.40	90.26	84.33	155.57	86.84	2.32	46.45	36.00	15.0
21	156.40	90.26	84.33	158.00	90.32	86.17	157.15	87.74	2.44	49.02	36.00	15.0
22	158.00	90.32	86.17	159.60	90.39	88.20	158.72	88.72	2.58	51.73	36.00	15.0
23	159.60	90.39	88.20	161.20	90.45	90.45	160.13	89.68	2.76	54.62	36.00	15.0

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**VERIFICA DI STABILITÀ N°7**

**SEZIONE 2-2' - FRONTE NORD (Piazzale alto)**

**RILEVATO DI RIPRISTINO MORFOLOGICO**

**Metodo di calcolo: JANBU**

**Parametri geotecnici: vedi Tab.3.1 - Parametri Sismici: vedi Tab.3.2**

Profilo del piano campagna

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	28.29
2	57.06	28.29
3	69.54	28.96
4	112.98	42.28
5	200.20	42.28
6	200.20	53.66
7	210.85	75.23
8	213.91	77.43
9	224.48	79.55
10	229.83	80.10
11	246.25	91.69
12	252.21	91.89
13	252.21	91.89
14	255.87	96.17
15	280.00	97.00

Livello di falda

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	18.00
2	25.00	18.00
3	60.00	18.00
4	285.00	22.00

Stratigrafia

Vertici dello strato n° 1 (TUFI LITOIDI)

n°	X [m]	Y [m]
1	210.85	75.23
2	200.20	53.66
3	200.20	42.28
4	196.15	5.94
5	0.00	5.94
6	0.00	0.00
7	280.00	0.00
8	280.00	75.24

Vertici dello strato n° 2 (RIPORTI PIAZZALE)

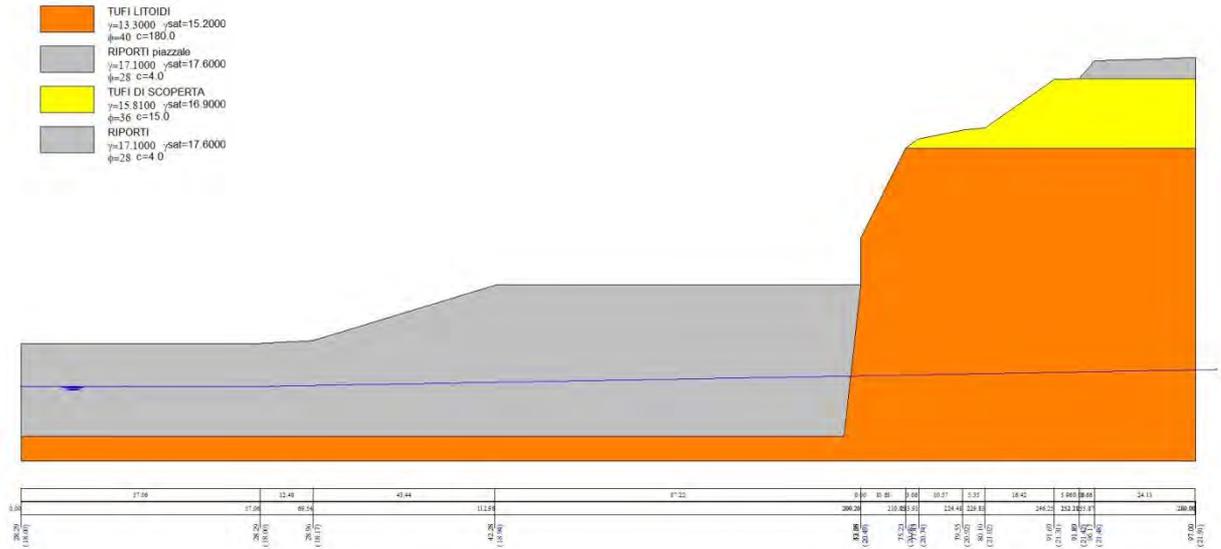
n°	X [m]	Y [m]
1	200.20	42.28
2	112.98	42.28
3	69.54	28.96
4	57.06	28.29
5	0.00	28.29
6	0.00	5.94
7	196.15	5.94

Vertici dello strato n° 3 (TUFI DI SCOPERTA) Vertici dello strato n° 4 (RIPORTI)

n°	X [m]	Y [m]
1	252.21	91.89
2	252.21	91.89
3	246.25	91.69
4	229.83	80.10
5	224.48	79.55
6	213.91	77.43
7	210.85	75.23
8	280.00	75.24
9	280.00	91.90

n°	X [m]	Y [m]
1	252.21	91.89
2	252.21	91.89
3	246.25	91.69
4	229.83	80.10

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**



**Verifica stabilità n.7: Profilo geotecnico schematico**

**Opzioni di calcolo**

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici
- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate 2550

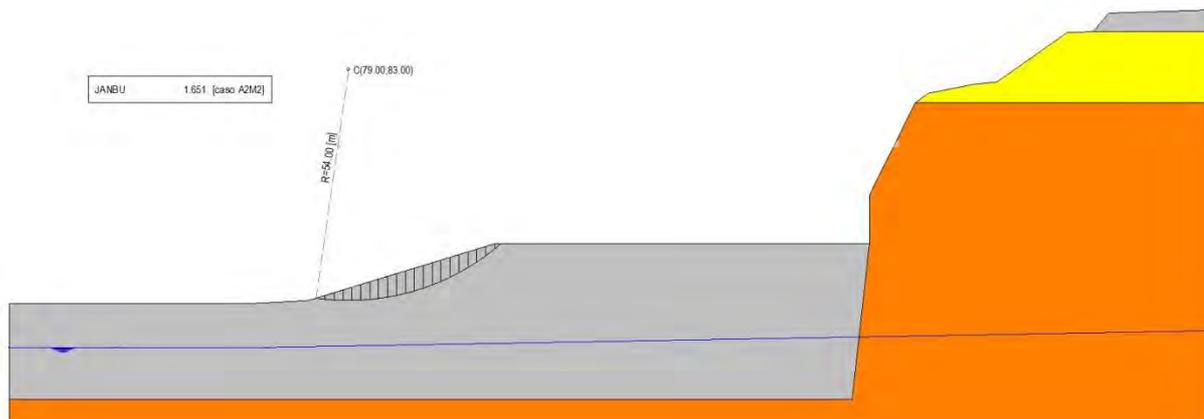
Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub> STATICO	FS <sub>min</sub> SISMICO	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	2550	<b>1.651</b>	<b>1.549</b>	1	5.091	2550

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**Analisi della superficie critica - Caso A2M2 Statico**

Numero di strisce	21	
Coordinate del centro	X[m]= 79.00	Y[m]= 83.00
Raggio del cerchio	R[m]= 54.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 71.42	Y <sub>v</sub> [m]= 29.54
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 114.47	Y <sub>m</sub> [m]= 42.28



**Verifica stabilità n.7: Superficie critica – Caso A2M2 Statico**

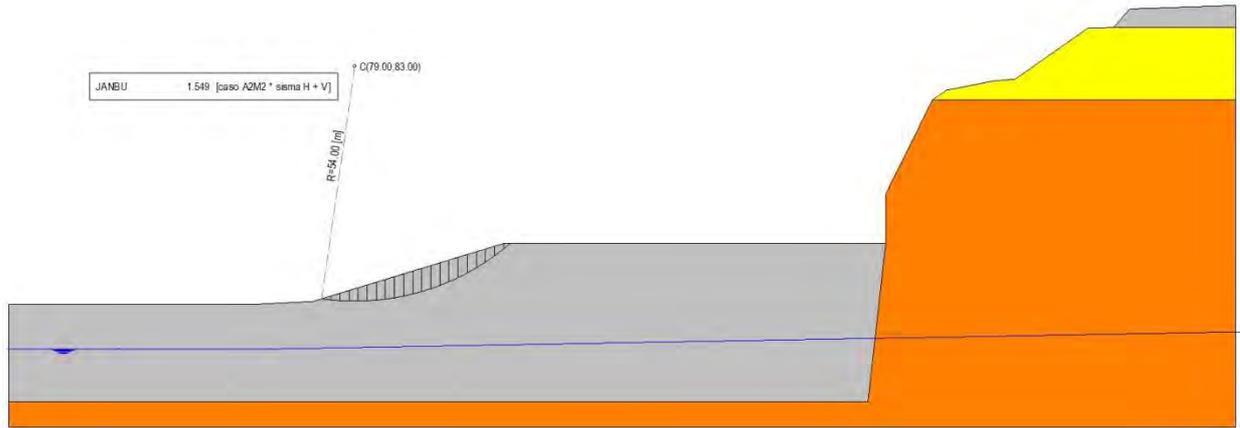
**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	71.42	29.54	29.54	73.49	30.17	29.28	72.80	29.66	2.09	-6.96	23.04	3.2
2	73.49	30.17	29.28	75.57	30.81	29.11	74.64	29.86	2.09	-4.75	23.04	3.2
3	75.57	30.81	29.11	77.65	31.45	29.02	76.67	30.10	2.08	-2.54	23.04	3.2
4	77.65	31.45	29.02	79.73	32.08	29.00	78.73	30.39	2.08	-0.33	23.04	3.2
5	79.73	32.08	29.00	81.81	32.72	29.07	80.80	30.73	2.08	1.88	23.04	3.2
6	81.81	32.72	29.07	83.89	33.36	29.22	82.87	31.10	2.08	4.09	23.04	3.2
7	83.89	33.36	29.22	85.96	34.00	29.45	84.94	31.51	2.09	6.30	23.04	3.2
8	85.96	34.00	29.45	88.04	34.63	29.76	87.01	31.96	2.10	8.52	23.04	3.2
9	88.04	34.63	29.76	90.12	35.27	30.16	89.09	32.46	2.12	10.76	23.04	3.2
10	90.12	35.27	30.16	92.20	35.91	30.64	91.16	32.99	2.13	13.02	23.04	3.2
11	92.20	35.91	30.64	94.28	36.54	31.21	93.24	33.57	2.15	15.29	23.04	3.2
12	94.28	36.54	31.21	96.35	37.18	31.86	95.31	34.20	2.18	17.59	23.04	3.2
13	96.35	37.18	31.86	98.43	37.82	32.62	97.39	34.87	2.21	19.92	23.04	3.2
14	98.43	37.82	32.62	100.51	38.46	33.47	99.46	35.59	2.25	22.28	23.04	3.2
15	100.51	38.46	33.47	102.59	39.09	34.42	101.54	36.36	2.29	24.69	23.04	3.2
16	102.59	39.09	34.42	104.67	39.73	35.49	103.61	37.18	2.34	27.14	23.04	3.2
17	104.67	39.73	35.49	106.75	40.37	36.67	105.68	38.06	2.39	29.65	23.04	3.2
18	106.75	40.37	36.67	108.82	41.01	37.98	107.75	38.99	2.46	32.22	23.04	3.2
19	108.82	41.01	37.98	110.90	41.64	39.43	109.81	39.99	2.53	34.87	23.04	3.2
20	110.90	41.64	39.43	112.98	42.28	41.03	111.84	41.04	2.62	37.60	23.04	3.2
21	112.98	42.28	41.03	114.47	42.28	42.28	113.48	41.86	1.94	40.03	23.04	3.2

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**Analisi della superficie critica - Caso A2M2 Sismico**

Numero di strisce	21	
Coordinate del centro	X[m]= 79.00	Y[m]= 83.00
Raggio del cerchio	R[m]= 54.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 71.42	Y <sub>v</sub> [m]= 29.54
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 114.47	Y <sub>m</sub> [m]= 42.28



**Verifica stabilità n.7: Superficie critica – Caso A2M2 Sismico**

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	71.42	29.54	29.54	73.49	30.17	29.28	72.80	29.66	2.09	-6.96	28.00	4.0
2	73.49	30.17	29.28	75.57	30.81	29.11	74.64	29.86	2.09	-4.75	28.00	4.0
3	75.57	30.81	29.11	77.65	31.45	29.02	76.67	30.10	2.08	-2.54	28.00	4.0
4	77.65	31.45	29.02	79.73	32.08	29.00	78.73	30.39	2.08	-0.33	28.00	4.0
5	79.73	32.08	29.00	81.81	32.72	29.07	80.80	30.73	2.08	1.88	28.00	4.0
6	81.81	32.72	29.07	83.89	33.36	29.22	82.87	31.10	2.08	4.09	28.00	4.0
7	83.89	33.36	29.22	85.96	34.00	29.45	84.94	31.51	2.09	6.30	28.00	4.0
8	85.96	34.00	29.45	88.04	34.63	29.76	87.01	31.96	2.10	8.52	28.00	4.0
9	88.04	34.63	29.76	90.12	35.27	30.16	89.09	32.46	2.12	10.76	28.00	4.0
10	90.12	35.27	30.16	92.20	35.91	30.64	91.16	32.99	2.13	13.02	28.00	4.0
11	92.20	35.91	30.64	94.28	36.54	31.21	93.24	33.57	2.15	15.29	28.00	4.0
12	94.28	36.54	31.21	96.35	37.18	31.86	95.31	34.20	2.18	17.59	28.00	4.0
13	96.35	37.18	31.86	98.43	37.82	32.62	97.39	34.87	2.21	19.92	28.00	4.0
14	98.43	37.82	32.62	100.51	38.46	33.47	99.46	35.59	2.25	22.28	28.00	4.0
15	100.51	38.46	33.47	102.59	39.09	34.42	101.54	36.36	2.29	24.69	28.00	4.0
16	102.59	39.09	34.42	104.67	39.73	35.49	103.61	37.18	2.34	27.14	28.00	4.0
17	104.67	39.73	35.49	106.75	40.37	36.67	105.68	38.06	2.39	29.65	28.00	4.0
18	106.75	40.37	36.67	108.82	41.01	37.98	107.75	38.99	2.46	32.22	28.00	4.0
19	108.82	41.01	37.98	110.90	41.64	39.43	109.81	39.99	2.53	34.87	28.00	4.0
20	110.90	41.64	39.43	112.98	42.28	41.03	111.84	41.04	2.62	37.60	28.00	4.0
21	112.98	42.28	41.03	114.47	42.28	42.28	113.48	41.86	1.94	40.03	28.00	4.0

## **VERIFICA DI STABILITÀ N°8**

### **SEZIONE C-C' - FRONTE OVEST (Piazzale alto)**

#### **RILEVATO DI RIPRISTINO MORFOLOGICO**

**Metodo di calcolo:** JANBU

**Parametri geotecnici:** vedi Tab.3.1 - **Parametri Sismici:** vedi Tab.3.2

#### Profilo del piano campagna

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	22.79
2	6.78	26.29
3	18.80	26.31
4	23.72	28.09
5	30.42	28.27
6	41.21	35.68
7	52.51	40.04
8	73.38	41.19
9	235.75	42.10
10	237.86	58.19
11	244.30	68.15
12	250.09	75.01
13	300.00	75.02

#### Livello di falda

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	16.00
2	0.00	18.00
3	6.00	18.00
4	144.00	20.00
5	300.00	20.00

#### Stratigrafia

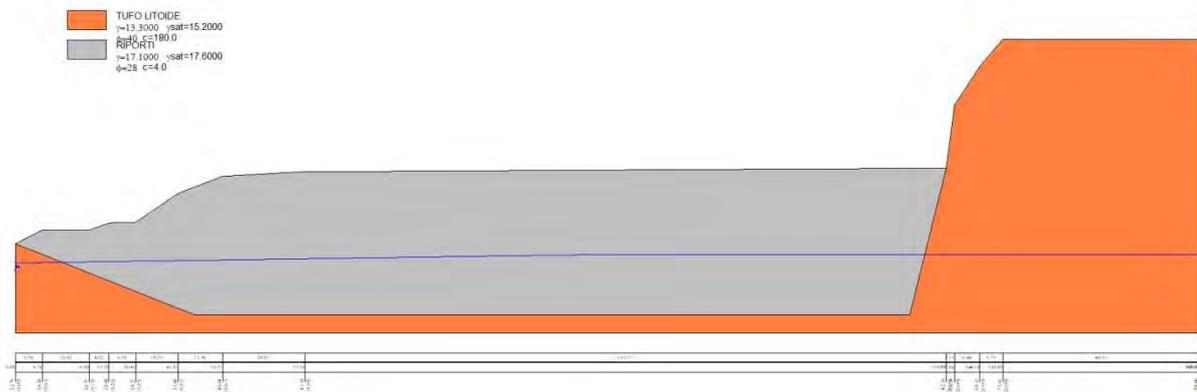
##### Vertici dello strato n° 1 (TUFI LITOIDI)

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	22.79
2	0.00	0.00
3	300.00	0.00
4	300.00	75.02
5	250.09	75.01
6	244.30	68.15
7	237.86	58.19
8	235.75	42.10
9	226.53	4.73
10	45.26	4.73

##### Vertici dello strato n° 2 (RIPORTI)

n°	X [m]	Y [m]
1	235.75	42.10
2	73.38	41.19
3	52.51	40.04
4	41.21	35.68
5	30.42	28.27
6	23.72	28.09
7	18.80	26.31
8	6.78	26.29
9	0.00	22.79
10	45.26	4.73
11	226.53	4.73

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**



**Verifica stabilità n.8: Profilo geotecnico schematico**

**Opzioni di calcolo**

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici
- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate 1790

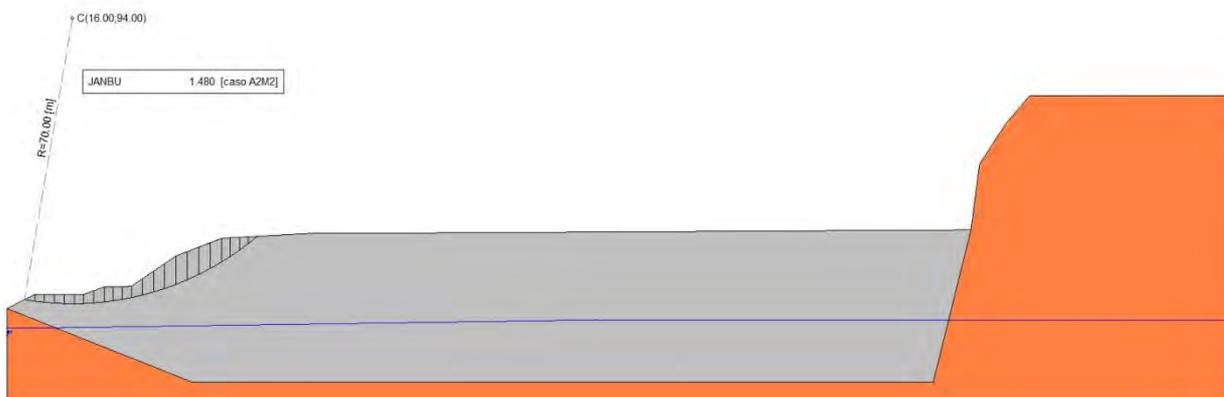
Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub> STATICO	FS <sub>min</sub> SISMICO	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	1790	<b>1.480</b>	<b>1.420</b>	1	2.266	1790

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**Analisi della superficie critica - Caso A2M2 Statico**

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 16.00	Y[m]= 94.00
Raggio del cerchio	R[m]= 70.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 4.26	Y <sub>v</sub> [m]= 24.99
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 61.16	Y <sub>m</sub> [m]= 40.52



**Verifica stabilità n.8: Superficie critica – Caso A2M2 Statico**

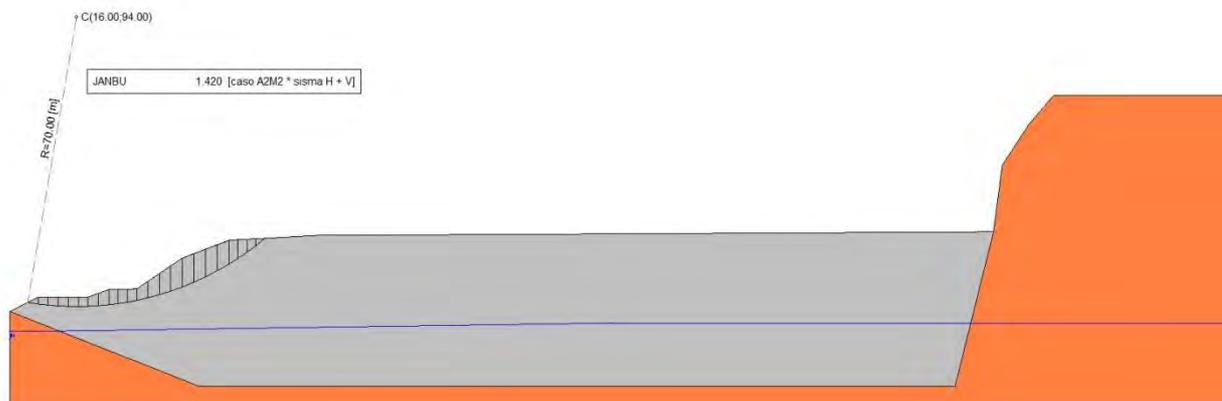
**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	4.26	24.99	24.99	6.78	26.29	24.61	5.94	25.30	2.55	-8.61	23.04	3.2
2	6.78	26.29	24.61	9.18	26.29	24.33	8.01	25.38	2.42	-6.58	23.04	3.2
3	9.18	26.29	24.33	11.59	26.30	24.14	10.41	25.27	2.41	-4.60	23.04	3.2
4	11.59	26.30	24.14	13.99	26.30	24.03	12.80	25.19	2.41	-2.63	23.04	3.2
5	13.99	26.30	24.03	16.40	26.31	24.00	15.20	25.16	2.40	-0.66	23.04	3.2
6	16.40	26.31	24.00	18.80	26.31	24.06	17.59	25.17	2.40	1.31	23.04	3.2
7	18.80	26.31	24.06	21.26	27.20	24.20	20.09	25.45	2.46	3.30	23.04	3.2
8	21.26	27.20	24.20	23.72	28.09	24.43	22.53	25.99	2.47	5.32	23.04	3.2
9	23.72	28.09	24.43	25.95	28.15	24.71	24.82	26.34	2.25	7.25	23.04	3.2
10	25.95	28.15	24.71	28.19	28.21	25.07	27.05	26.53	2.26	9.10	23.04	3.2
11	28.19	28.21	25.07	30.42	28.27	25.50	29.28	26.76	2.27	10.96	23.04	3.2
12	30.42	28.27	25.50	33.12	30.12	26.13	31.85	27.54	2.77	13.02	23.04	3.2
13	33.12	30.12	26.13	35.82	31.98	26.86	34.52	28.80	2.80	15.30	23.04	3.2
14	35.82	31.98	26.86	38.51	33.83	27.72	37.20	30.12	2.83	17.60	23.04	3.2
15	38.51	33.83	27.72	41.21	35.68	28.70	39.89	31.50	2.87	19.93	23.04	3.2
16	41.21	35.68	28.70	44.03	36.77	29.86	42.62	32.75	3.05	22.36	23.04	3.2
17	44.03	36.77	29.86	46.86	37.86	31.17	45.44	33.91	3.11	24.88	23.04	3.2
18	46.86	37.86	31.17	49.69	38.95	32.64	48.26	35.15	3.18	27.46	23.04	3.2
19	49.69	38.95	32.64	52.51	40.04	34.28	51.08	36.47	3.27	30.10	23.04	3.2
20	52.51	40.04	34.28	54.67	40.16	35.65	53.55	37.52	2.56	32.49	23.04	3.2
21	54.67	40.16	35.65	56.84	40.28	37.15	55.69	38.28	2.63	34.61	23.04	3.2
22	56.84	40.28	37.15	59.00	40.40	38.76	57.80	39.10	2.70	36.79	23.04	3.2
23	59.00	40.40	38.76	61.16	40.52	40.52	59.72	39.89	2.78	39.04	23.04	3.2

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**Analisi della superficie critica - Caso A2M2 Sismico**

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 16.00	Y[m]= 94.00
Raggio del cerchio	R[m]= 70.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 4.26	Y <sub>v</sub> [m]= 24.99
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 61.16	Y <sub>m</sub> [m]= 40.52



**Verifica stabilità n.8: Superficie critica – Caso A2M2 Sismico**

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	4.26	24.99	24.99	6.78	26.29	24.61	5.94	25.30	2.55	-8.61	28.00	4.0
2	6.78	26.29	24.61	9.18	26.29	24.33	8.01	25.38	2.42	-6.58	28.00	4.0
3	9.18	26.29	24.33	11.59	26.30	24.14	10.41	25.27	2.41	-4.60	28.00	4.0
4	11.59	26.30	24.14	13.99	26.30	24.03	12.80	25.19	2.41	-2.63	28.00	4.0
5	13.99	26.30	24.03	16.40	26.31	24.00	15.20	25.16	2.40	-0.66	28.00	4.0
6	16.40	26.31	24.00	18.80	26.31	24.06	17.59	25.17	2.40	1.31	28.00	4.0
7	18.80	26.31	24.06	21.26	27.20	24.20	20.09	25.45	2.46	3.30	28.00	4.0
8	21.26	27.20	24.20	23.72	28.09	24.43	22.53	25.99	2.47	5.32	28.00	4.0
9	23.72	28.09	24.43	25.95	28.15	24.71	24.82	26.34	2.25	7.25	28.00	4.0
10	25.95	28.15	24.71	28.19	28.21	25.07	27.05	26.53	2.26	9.10	28.00	4.0
11	28.19	28.21	25.07	30.42	28.27	25.50	29.28	26.76	2.27	10.96	28.00	4.0
12	30.42	28.27	25.50	33.12	30.12	26.13	31.85	27.54	2.77	13.02	28.00	4.0
13	33.12	30.12	26.13	35.82	31.98	26.86	34.52	28.80	2.80	15.30	28.00	4.0
14	35.82	31.98	26.86	38.51	33.83	27.72	37.20	30.12	2.83	17.60	28.00	4.0
15	38.51	33.83	27.72	41.21	35.68	28.70	39.89	31.50	2.87	19.93	28.00	4.0
16	41.21	35.68	28.70	44.03	36.77	29.86	42.62	32.75	3.05	22.36	28.00	4.0
17	44.03	36.77	29.86	46.86	37.86	31.17	45.44	33.91	3.11	24.88	28.00	4.0
18	46.86	37.86	31.17	49.69	38.95	32.64	48.26	35.15	3.18	27.46	28.00	4.0
19	49.69	38.95	32.64	52.51	40.04	34.28	51.08	36.47	3.27	30.10	28.00	4.0
20	52.51	40.04	34.28	54.67	40.16	35.65	53.55	37.52	2.56	32.49	28.00	4.0
21	54.67	40.16	35.65	56.84	40.28	37.15	55.69	38.28	2.63	34.61	28.00	4.0
22	56.84	40.28	37.15	59.00	40.40	38.76	57.80	39.10	2.70	36.79	28.00	4.0
23	59.00	40.40	38.76	61.16	40.52	40.52	59.72	39.89	2.78	39.04	28.00	4.0

**RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO**

**QUADRO RIASSUNTIVO DELLE VERIFICHE DI STABILITÀ**

**TUFI LITOIDI**

VERIFICA	SEZIONE	FRONTE	LITOLOGIA	CINEMATISMO	MODELLO	Fs statico (> 1.10)	Fs sismico (>1.20)
V - 1	1-1'	Nord – R2	Tufo litoide	Planare	Hoek-Bray	<b>1.90</b>	<b>2.05</b>
V - 2	2-2'	Nord – R1	Tufo litoide	Planare	Hoek-Bray	<b>2.21</b>	<b>2.39</b>
V - 3	C-C'	Ovest – R3	Tufo litoide	Planare	Hoek-Bray	<b>2.23</b>	<b>2.50</b>
V - 4	D-D'	Ovest – R4	Tufo litoide	Planare	Hoek-Bray	<b>1.68</b>	<b>1.87</b>

**TUFI STRATIFICATI – RILEVATI DI RIPRISTINO MORFOLOGICO**

VERIFICA	SEZIONE	FRONTE	LITOLOGIA	CINEMATISMO	MODELLO	Fs statico (> 1.10)	Fs sismico (>1.20)
V - 5	2-2'	Nord – R1	Tufi stratificati	circolare	Janbu	<b>1.534</b>	<b>1.578</b>
V - 6	D-D'	Ovest – R4	Tufi stratificati	circolare	Janbu	<b>1.212</b>	<b>1.267</b>
V - 7	2-2'	Nord	Terreni di Riporto	circolare	Janbu	<b>1.651</b>	<b>1.549</b>
V - 8	C-C'	Ovest	Terreni di Riporto	circolare	Janbu	<b>1.480</b>	<b>1.420</b>

ALLEGATO 4

## SONDAGGI GEOGNOSTICI DIAGRAMMI STRATIGRAFICI



DATA  
INIZIO: 19/12/2023  
FINE: 19/12/2023

SUPERVISORE: DOTT. GEOL. DARIO TINTI

Pagina 1 di 2

PROF. FALDA:

QUOTA: 70 m s.l.m.

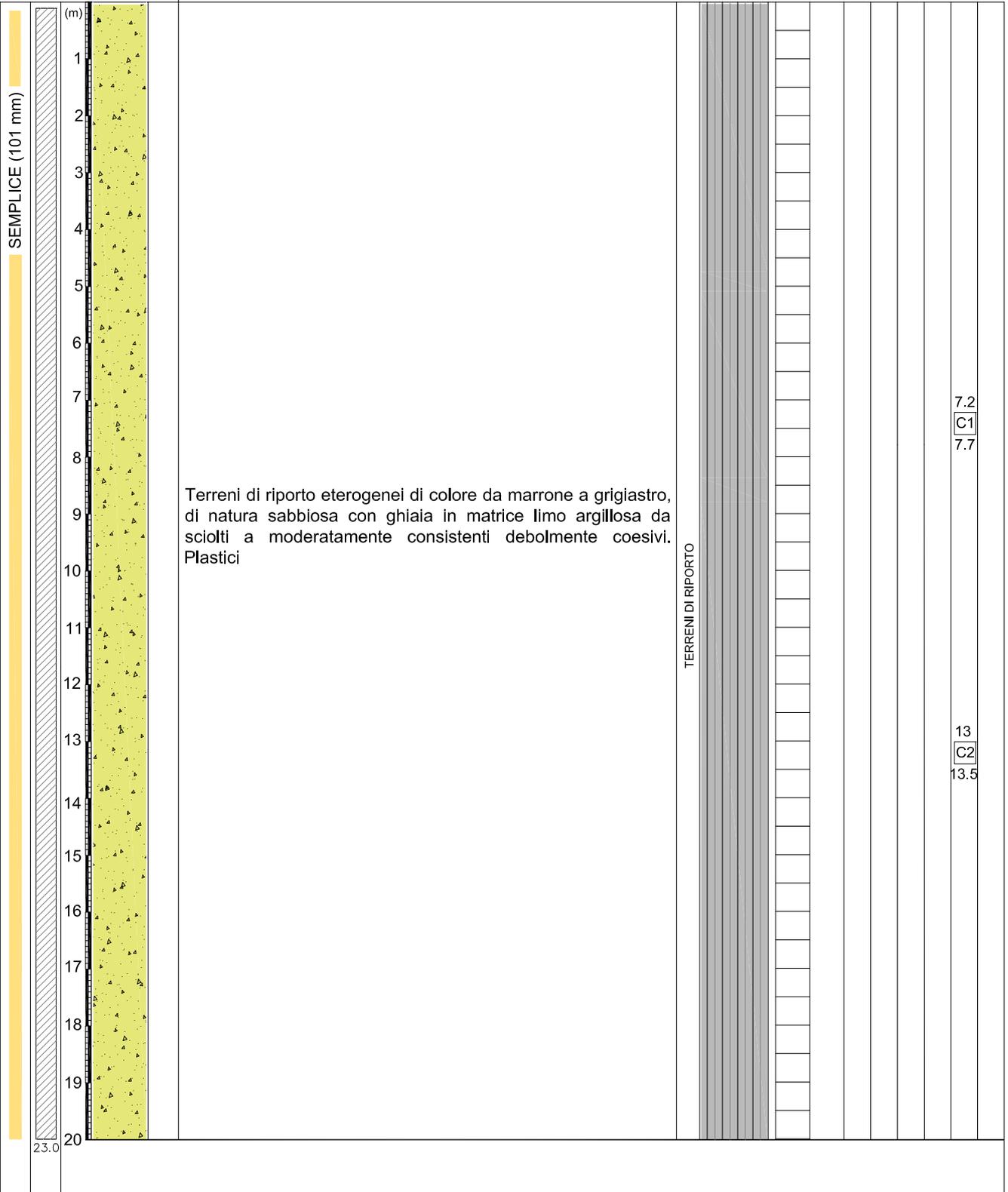
COORDINATE GEOGRAFICHE

LAT. 42°04' 34" N

LONG. 12°30' 41" E

SONDA:  
GEO-LINE 900

CAROTIERE	RIVESTIMENTO PROVISORIO	PROFONDITA'	COLONNA STRATIGRAFICA	SPESSORE (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	FORMAZ. GEOL.	% RECUPERO	POCKET PENETROMETER	VANE TEST	S.P.T.			CAMP.		
										PROFOND.	N° COLPI		RIMANEGG.	INDISTURB.	
							20 40 60 80 100				00-15	15-30	30-45		







ALLEGATO 5

## PROVE DPSH DIAGRAMMI PENETROMETRICI



Cava Solar - Comune di Riano	Coordinate geografiche:	
Committente: Consorzio COMONSI	42° 04' 32,48" N	12° 30' 41,37" E

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA  
N=N20: numero colpi/avanzamento punta

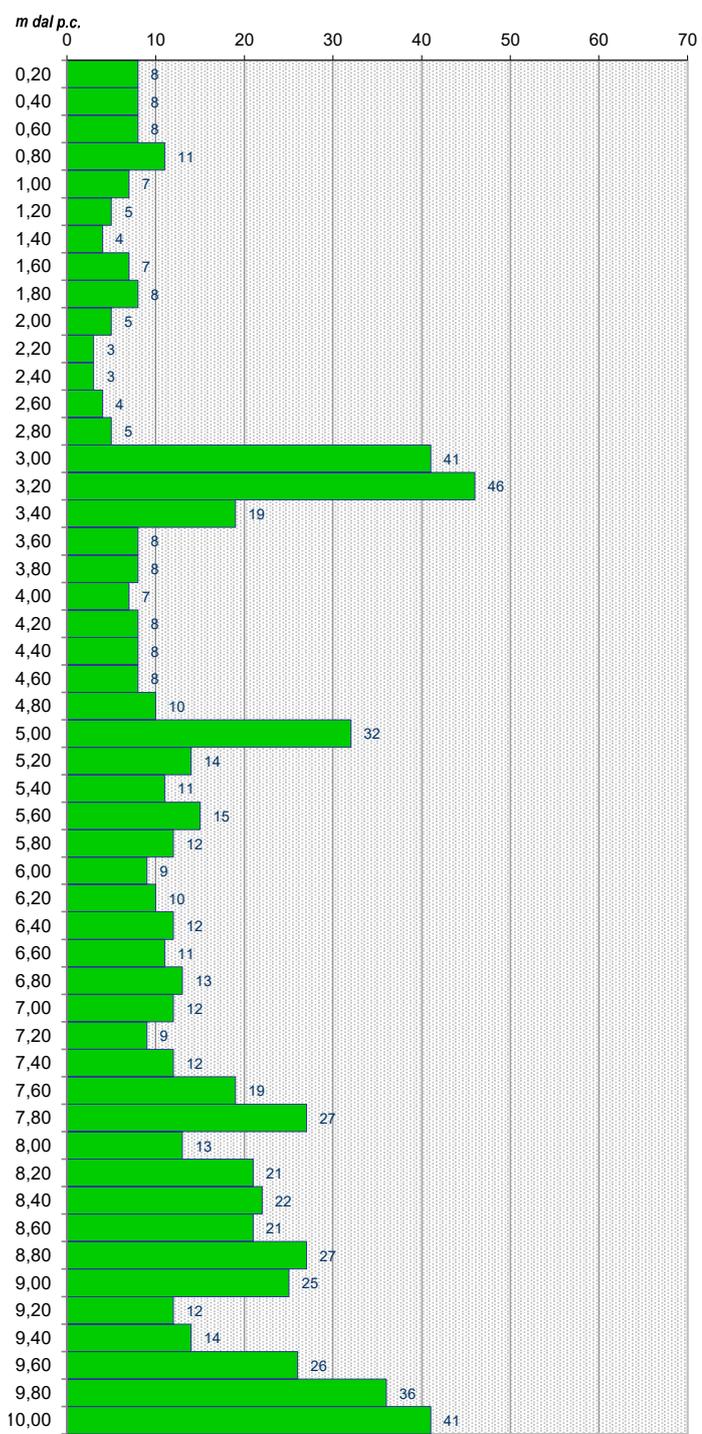
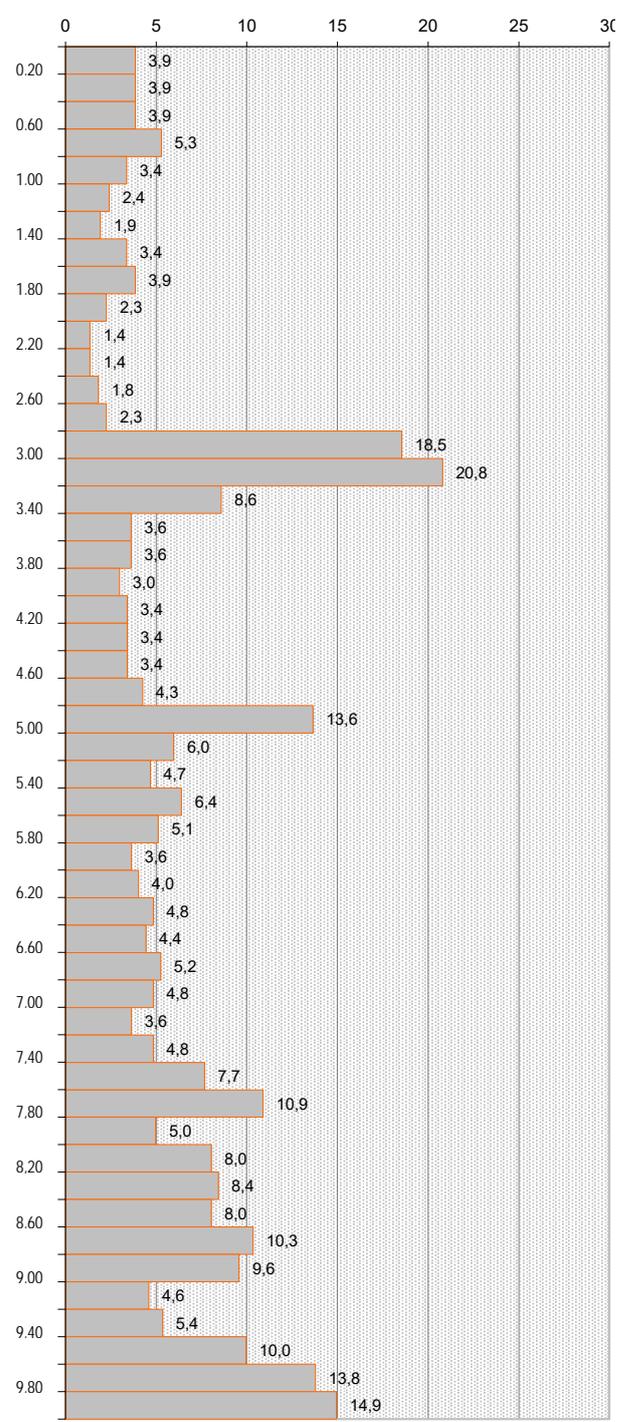


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA  
(Rdp - daN/cm<sup>2</sup>)



<b>STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA DI DARIO TINTI E VINCENZO SCIUTO</b> Telefono / Fax +39 0766 546249 Via Traiana n.64 00053 CIVITAVECCHIA (Roma)	 <b>ACQUA TERRITORIO AMBIENTE</b> PROGETTI	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA	DIAGRAMMA DI PROVA N. <b>2</b>	pag. 1/1
		<b>DPSH</b>	Data: 15/12/2023 Quota: 57 m s.l.m.	
Cava Solar - Comune di Riano		Coordinate geografiche:		
Committente: Consorzio COMONSI		42° 04' 30,39" N	12° 30' 40,05" E	

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA

*N=N20: numero colpi/avanzamento punta*

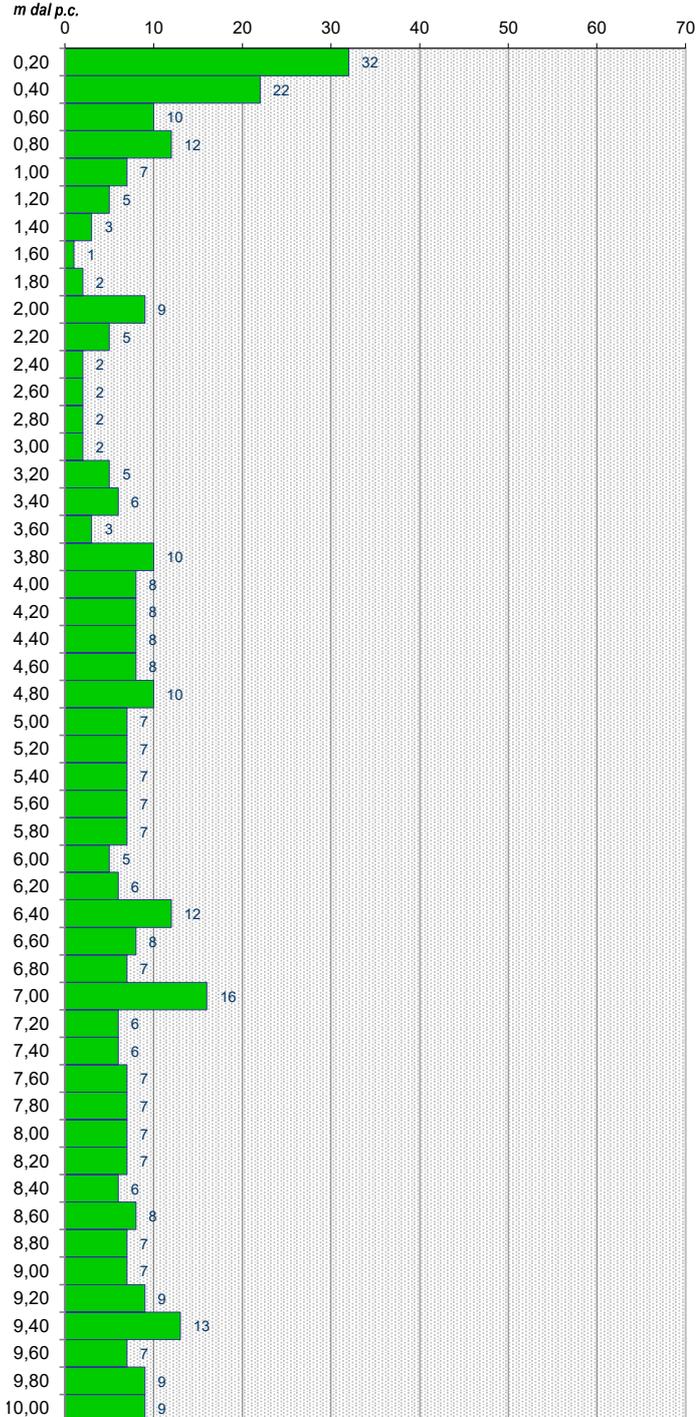
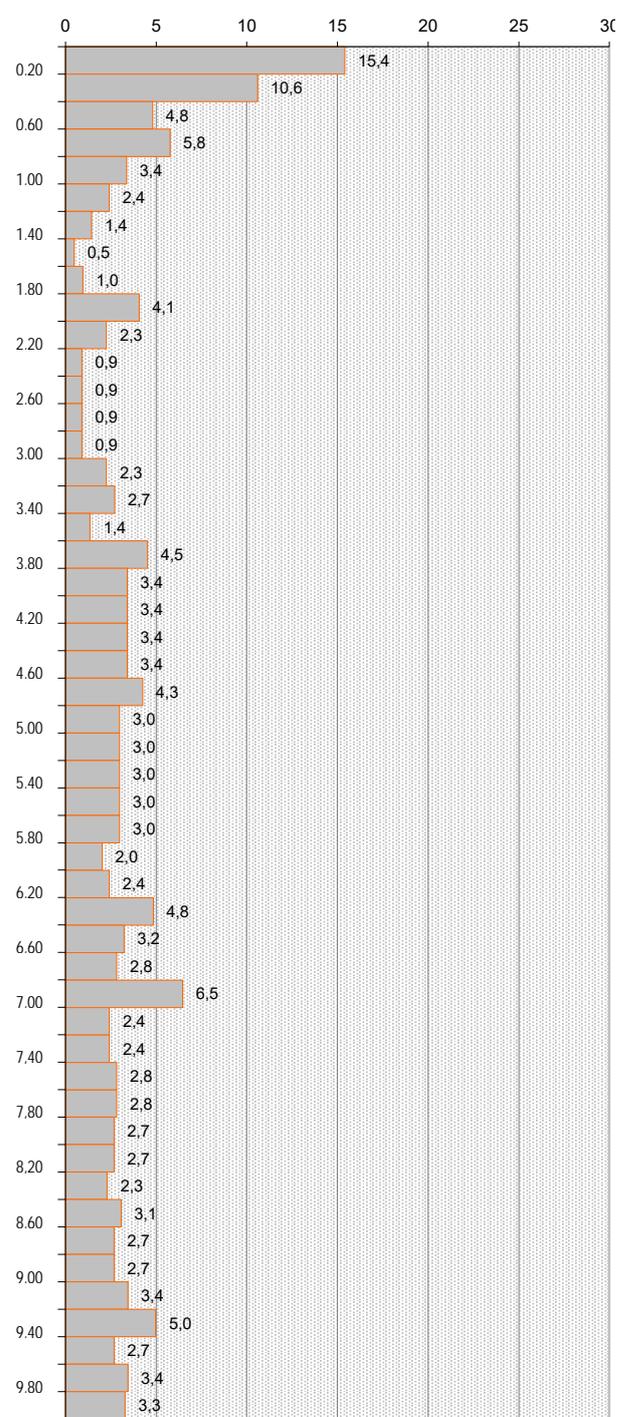


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

*(Rdp - daN/cm<sup>2</sup>)*



<b>STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA DI DARIO TINTI E VINCENZO SCIUTO</b> Telefono / Fax +39 0766 546249 Via Traiana n.64 00053 CIVITAVECCHIA (Roma)	 <b>ACQUA TERRITORIO AMBIENTE</b> PROGETTI	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA	DIAGRAMMA DI PROVA N. <b>3</b>	pag. 1/1
		<b>DPSH</b>	Data: 15/12/2023 Quota: 70 m s.l.m.	
Cava Solar - Comune di Riano		Coordinate geografiche:		
Committente: Consorzio COMONSI		42° 04' 34,87" N	12° 30' 41,40" E	

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA

*N=N20: numero colpi/avanzamento punta*

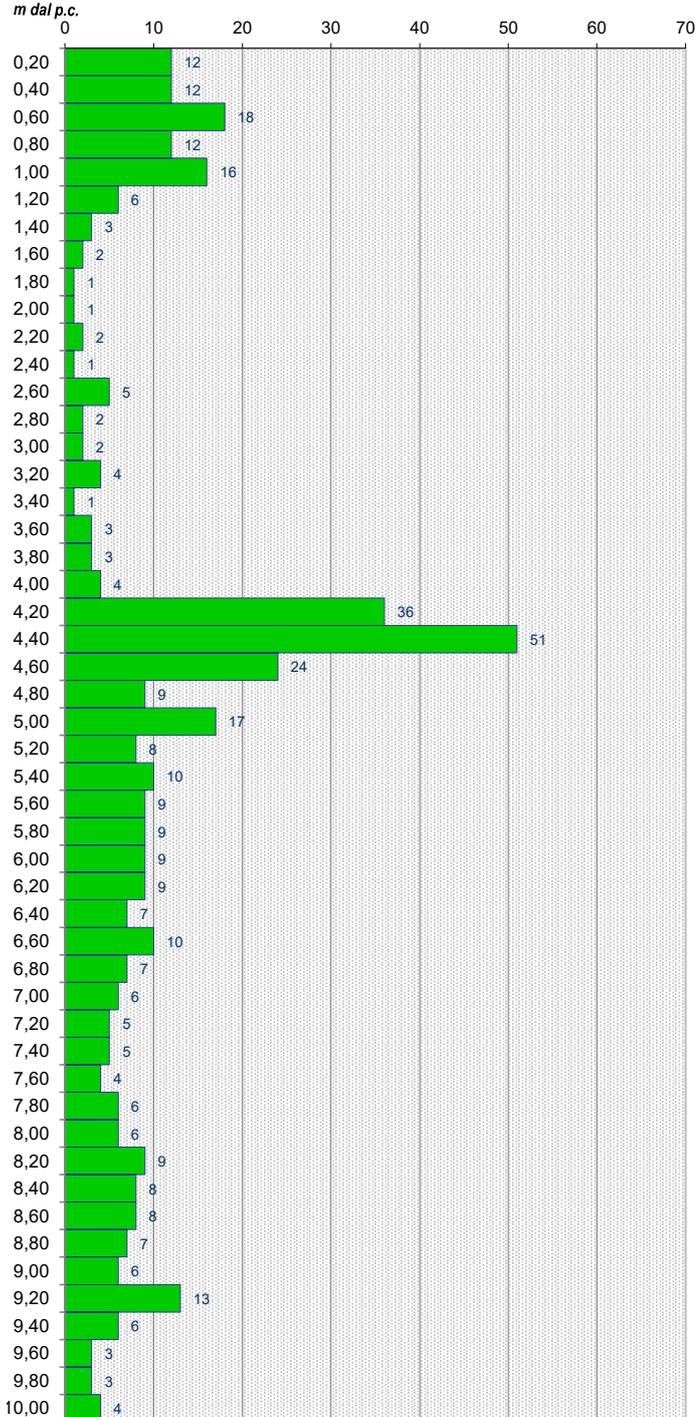
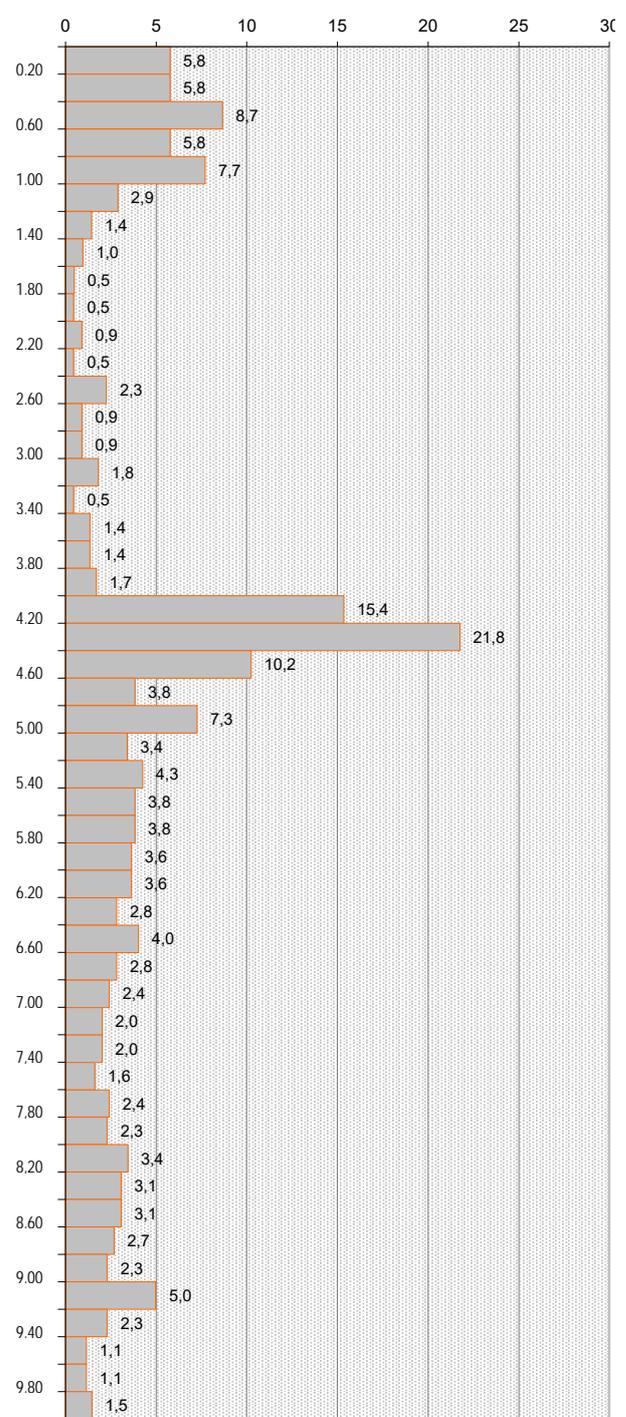


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

*(Rdp - daN/cm²)*



<b>STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA DI DARIO TINTI E VINCENZO SCIUTO</b> Telefono / Fax +39 0766 546249 Via Traiana n.64 00053 CIVITAVECCHIA (Roma)	 <b>ACQUA TERRITORIO AMBIENTE</b> PROGETTI	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA	DIAGRAMMA DI PROVA N. <b>4</b>
		<b>DPSH</b>	Data: 15/12/2023 Quota: 116 m s.l.m.
Cava Solar - Comune di Riano		Coordinate geografiche:	
Committente: Consorzio COMONSI		42° 04' 46,12" N	12° 30' 27,30" E

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA

*N=N20: numero colpi/avanzamento punta*

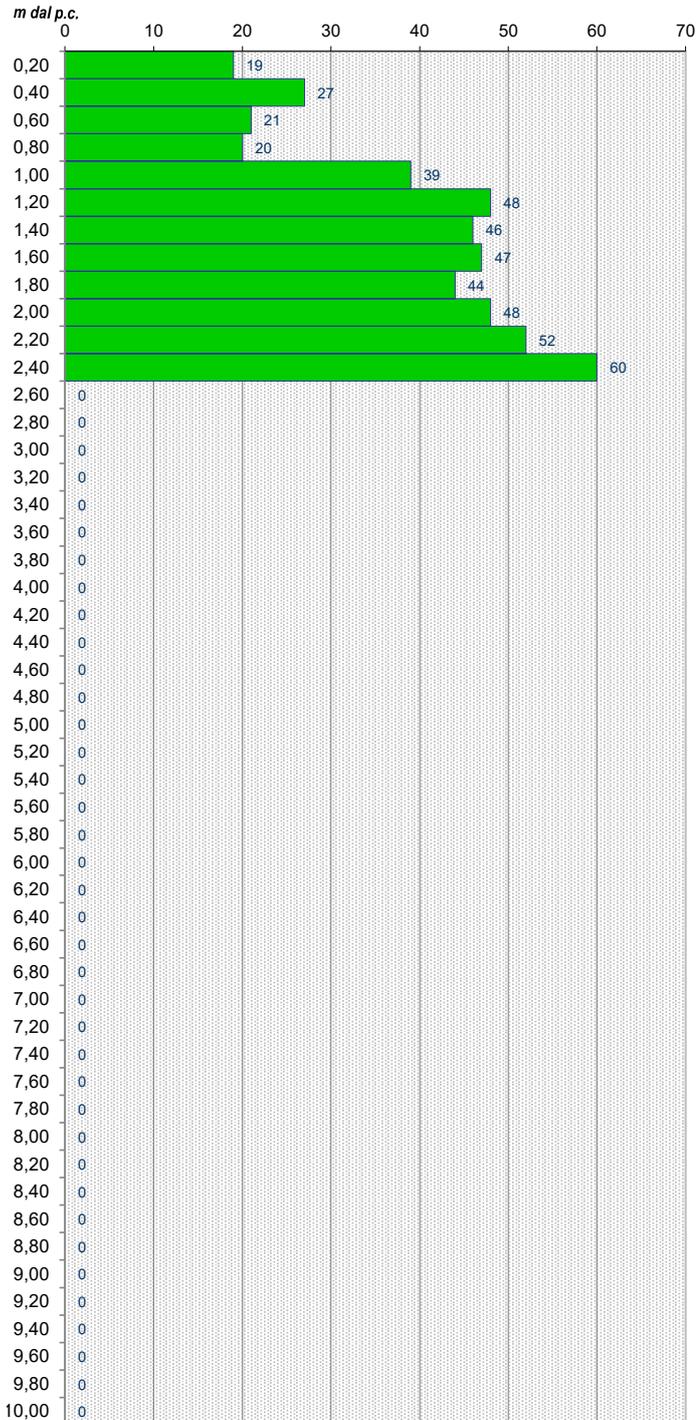


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

*(Rdp - daN/cm<sup>2</sup>)*

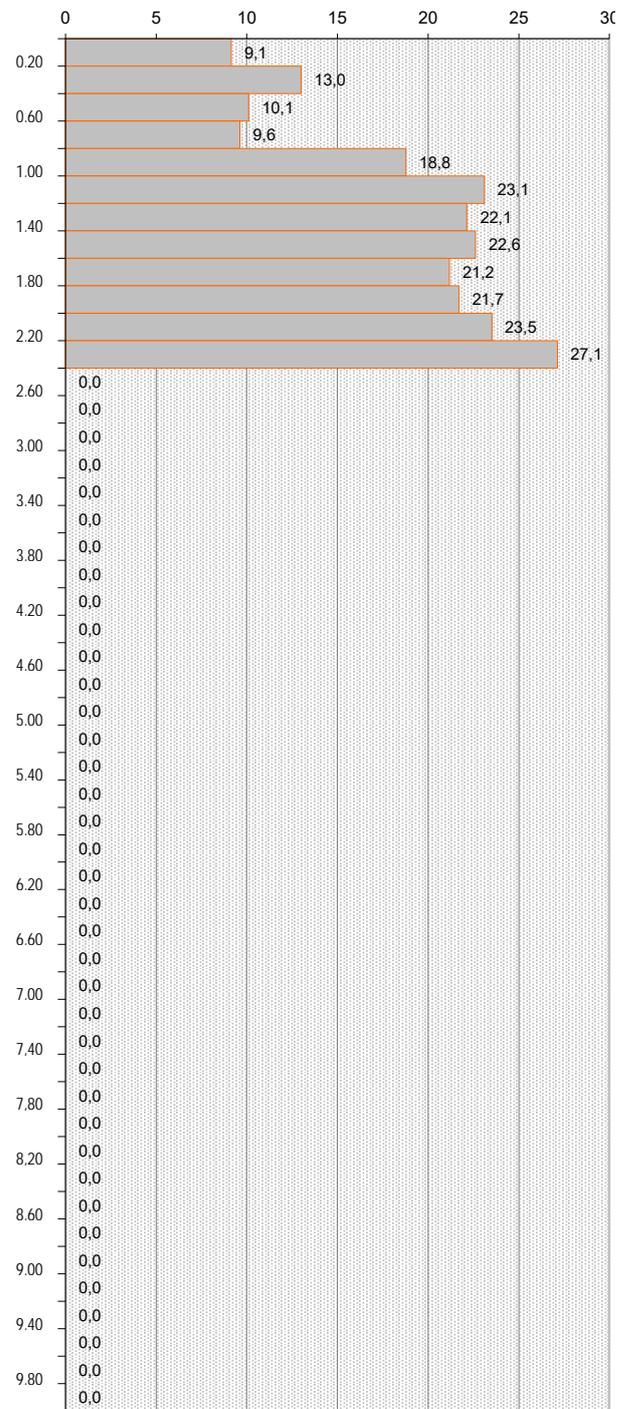


DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA

*N=N20: numero colpi/avanzamento punta*

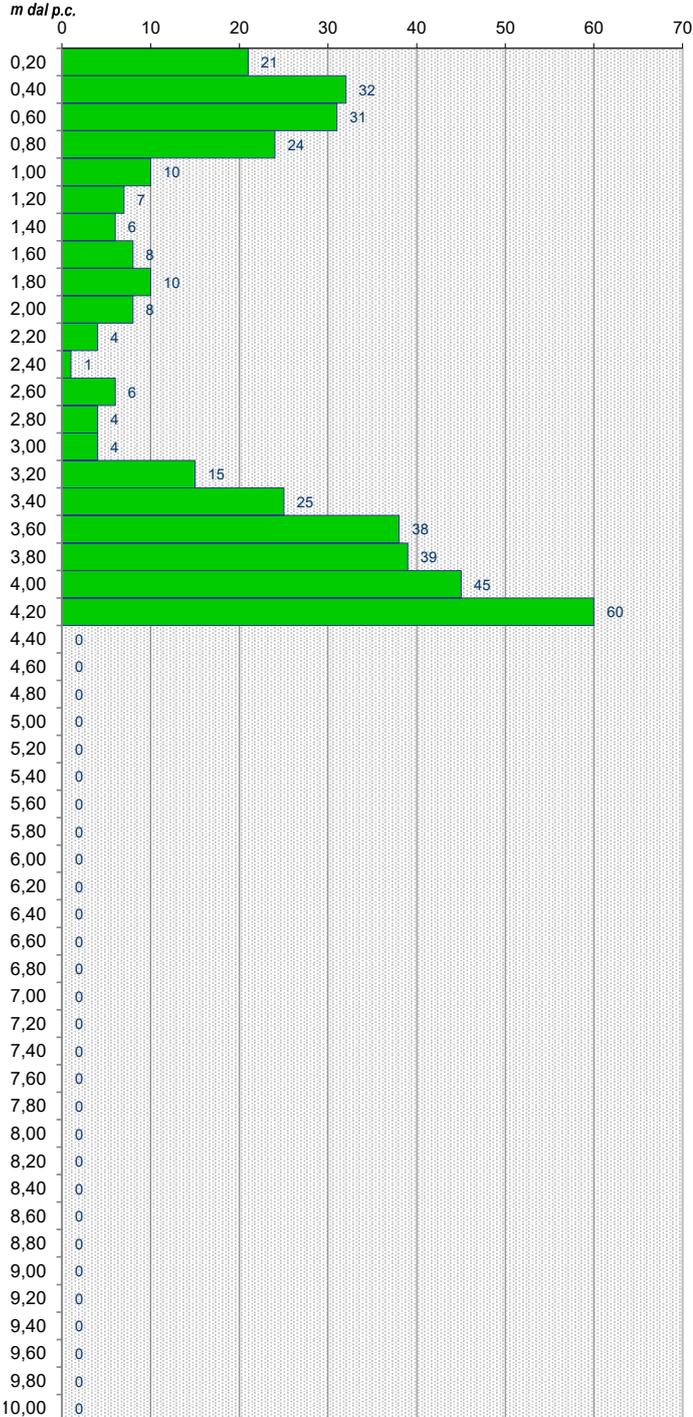
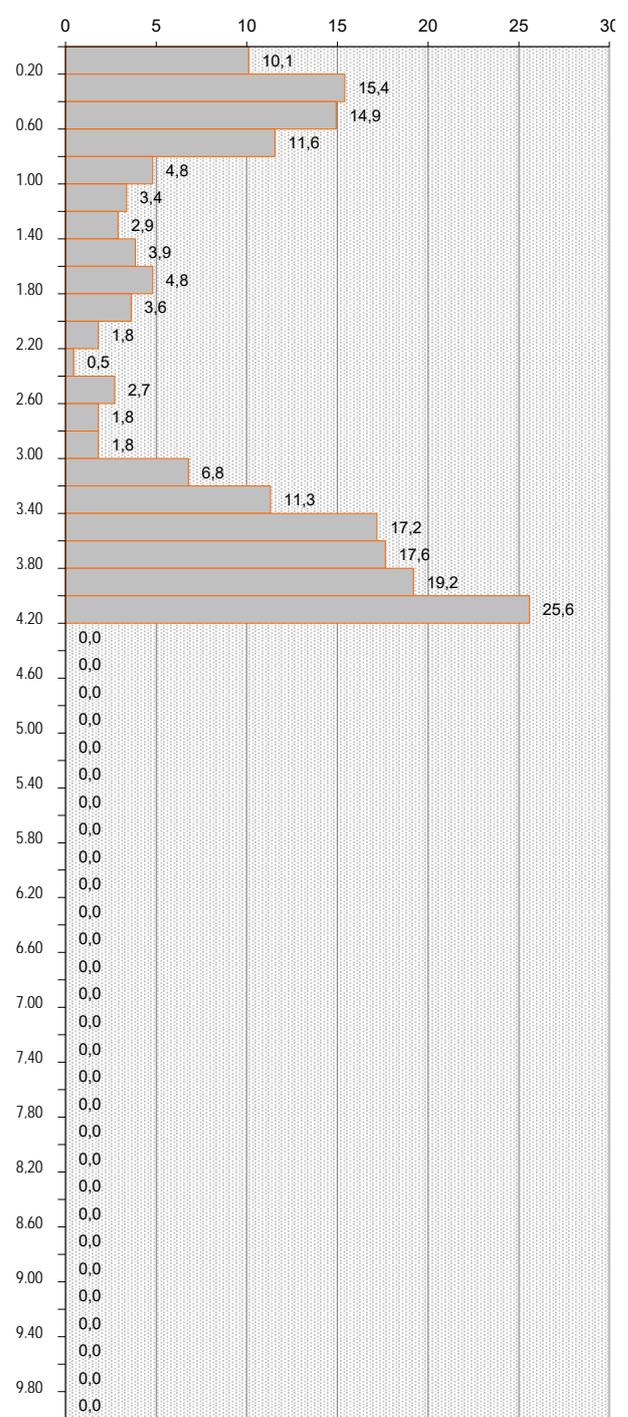


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

*(Rdp - daN/cm<sup>2</sup>)*



<b>STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA DI DARIO TINTI E VINCENZO SCIUTO</b> Telefono / Fax +39 0766 546249 Via Traiana n.64 00053 CIVITAVECCHIA (Roma)	 <b>ACQUA TERRITORIO AMBIENTE</b> PROGETTI	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA	DIAGRAMMA DI PROVA N. <b>6</b>	pag. 1/1
		<b>DPSH</b>	Data: 19/12/2023 Quota: 133 m s.l.m.	
Cava Solar - Comune di Riano		Coordinate geografiche:		
Committente: Consorzio COMONSI		42° 04' 28,34" N	12° 30' 26,35" E	

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA

*N=N20: numero colpi/avanzamento punta*

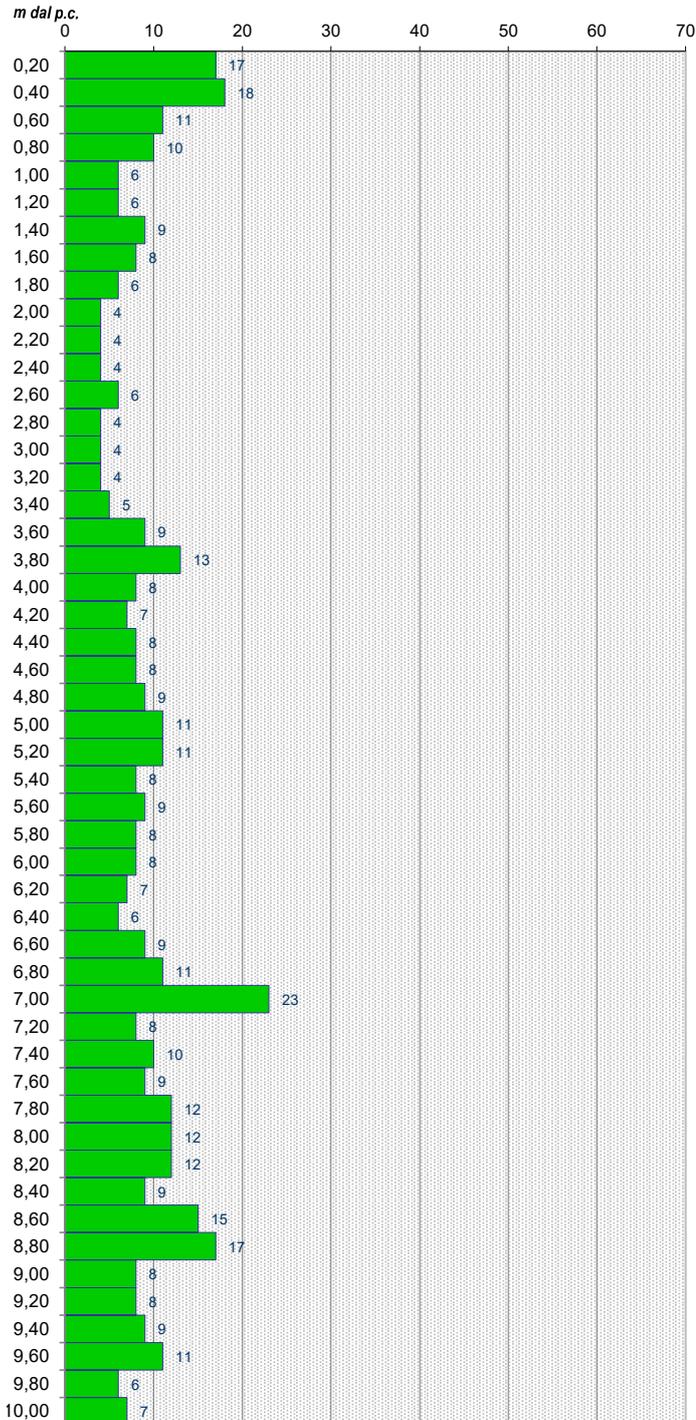
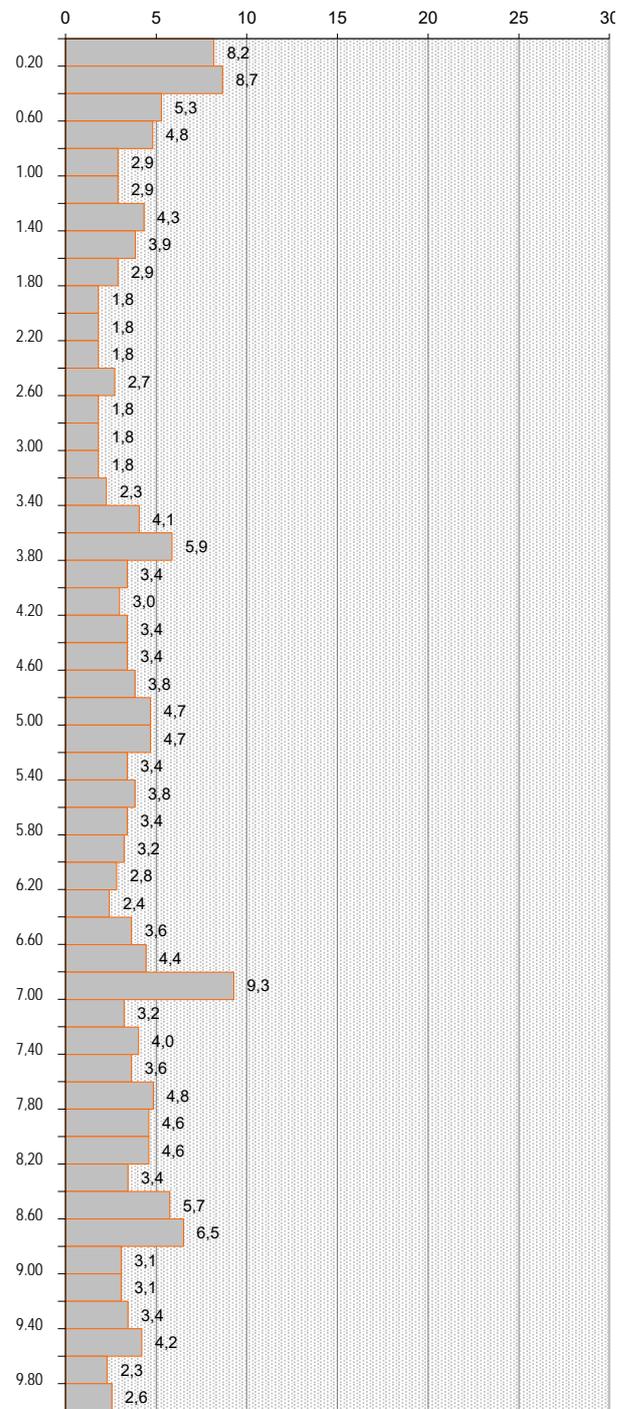


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

*(Rdp - daN/cm<sup>2</sup>)*



<b>STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA DI DARIO TINTI E VINCENZO SCIUTO</b> Telefono / Fax +39 0766 546249 Via Traiana n.64 00053 CIVITAVECCHIA (Roma)	 <b>ACQUA TERRITORIO AMBIENTE</b> PROGETTI	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA	DIAGRAMMA DI PROVA N. <b>7</b>
		<b>DPSH</b>	Data: 19/12/2023 Quota: 141 m s.l.m.
Cava Solar - Comune di Riano		Coordinate geografiche:	
Committente: Consorzio COMONSI		42° 04' 37,34" N	12° 30' 26,98" E

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA

*N=N20: numero colpi/avanzamento punta*

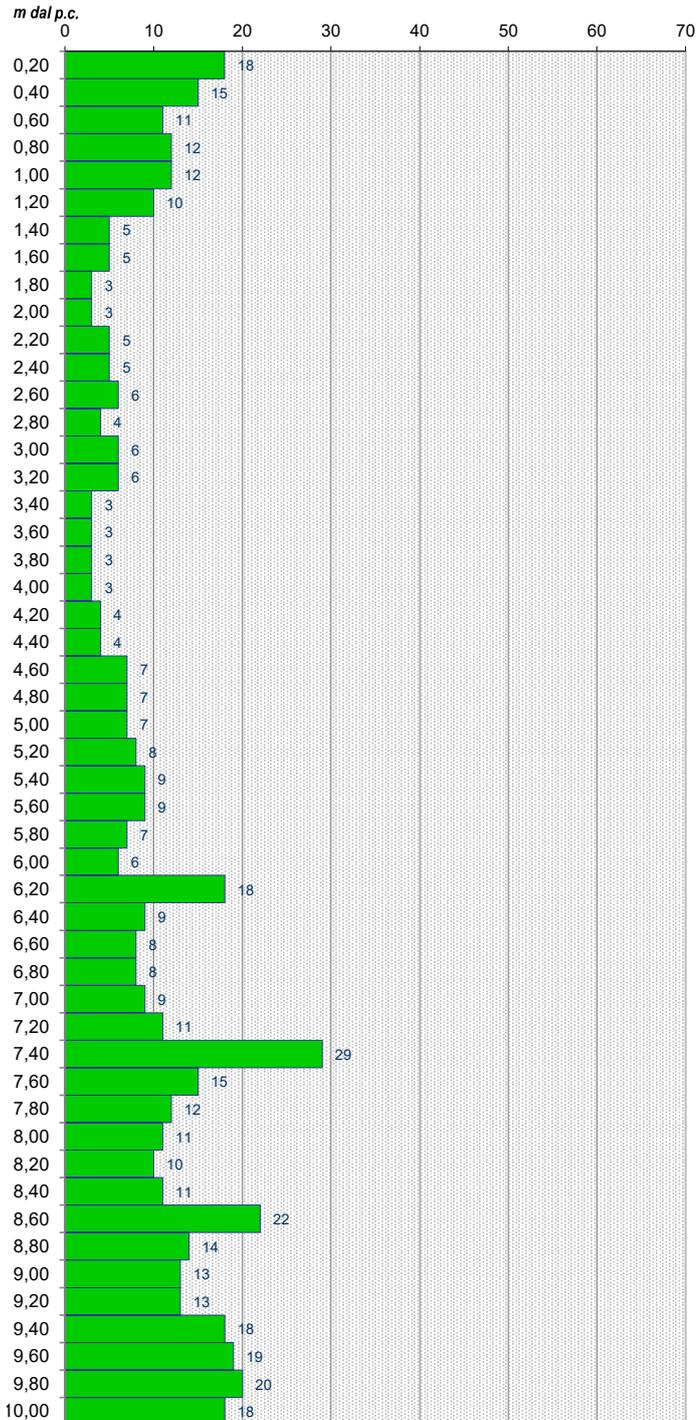
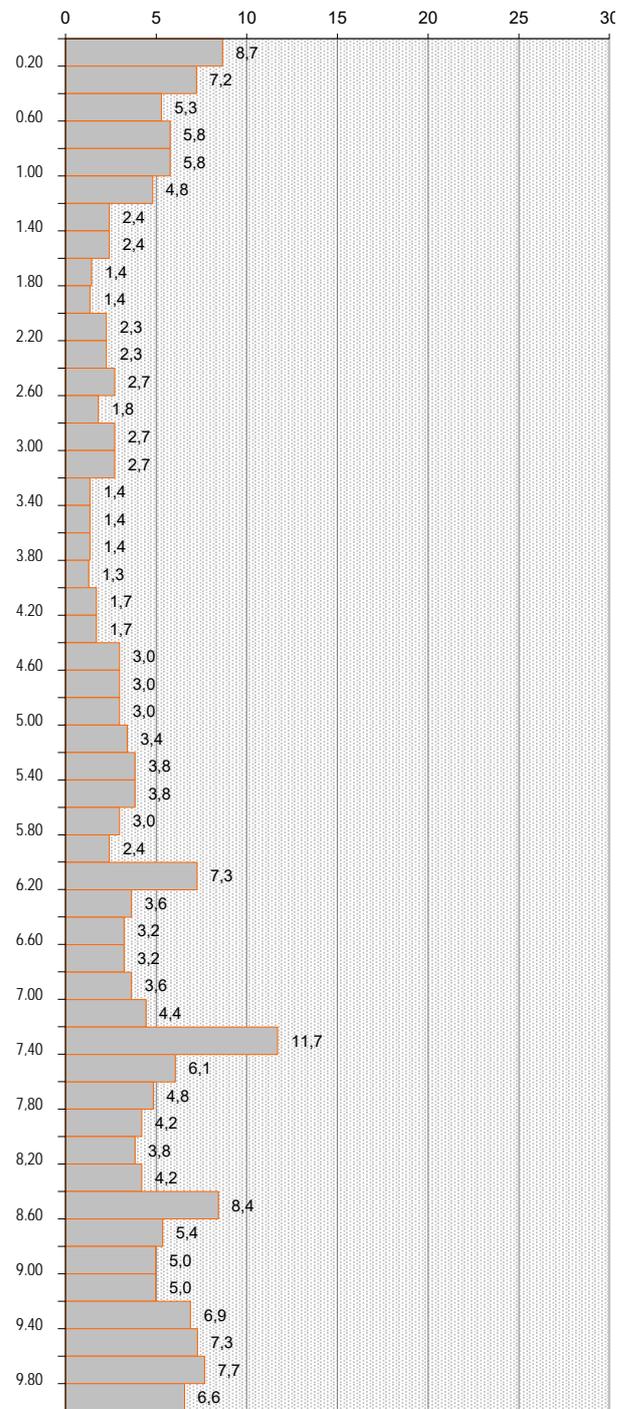


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

*(Rdp - daN/cm²)*



<b>STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA DI DARIO TINTI E VINCENZO SCIUTO</b> Telefono / Fax +39 0766 546249 Via Traiana n.64 00053 CIVITAVECCHIA (Roma)	 <b>ACQUA TERRITORIO AMBIENTE</b> PROGETTI	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA	DIAGRAMMA DI PROVA N. <b>8</b>
		<b>DPSH</b>	Data: 19/12/2023 Quota: 125 m s.l.m.
Cava Solar - Comune di Riano		Coordinate geografiche:	
Committente: Consorzio COMONSI		42° 04' 21,02" N	12° 30' 31,52" E

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA

*N=N20: numero colpi/avanzamento punta*

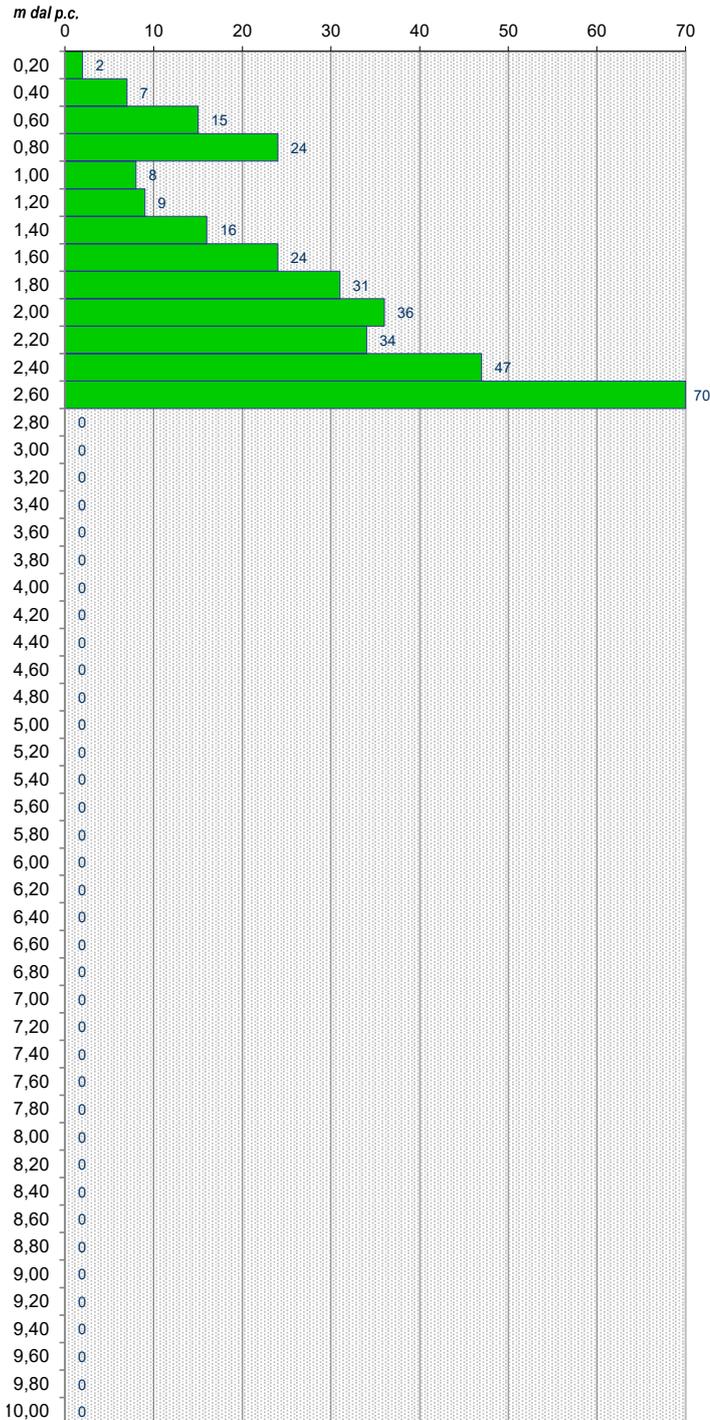
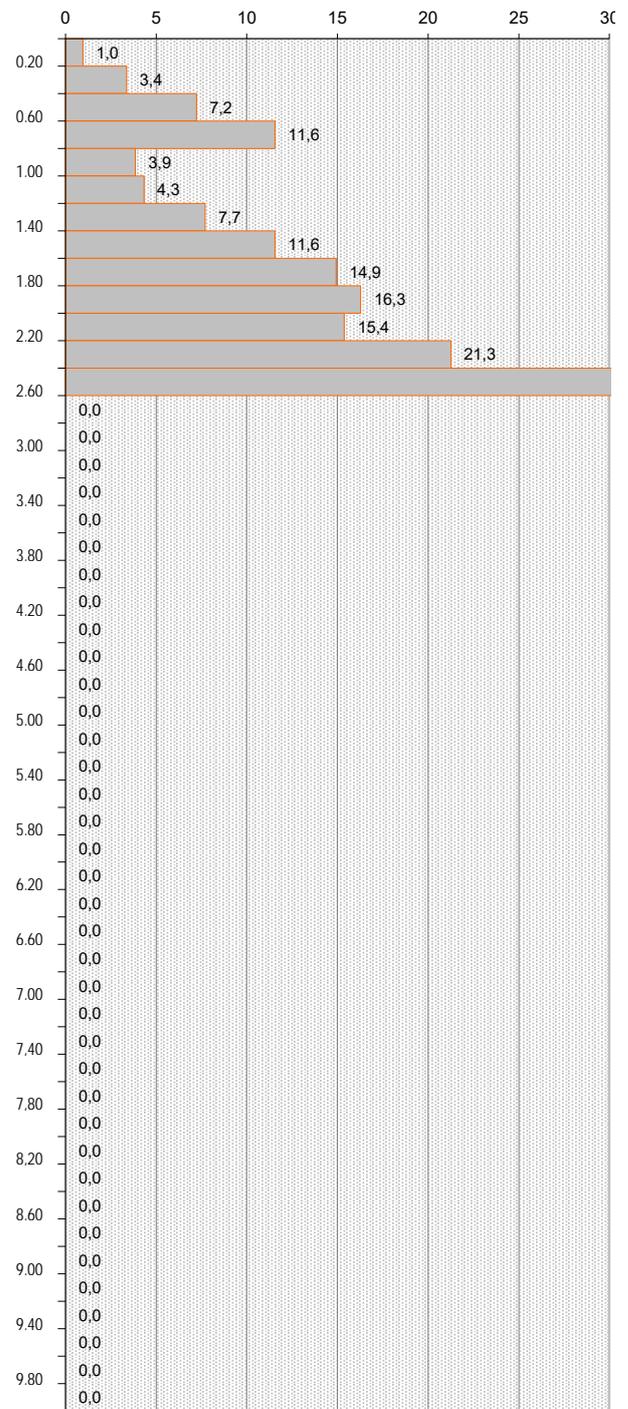


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

*(Rdp - daN/cm<sup>2</sup>)*



Cava Solar - Comune di Riano	Coordinate geografiche:	
Committente: Consorzio COMONSI	42° 04' 23,80" N	12° 30' 19,34" E

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA

*N=N20: numero colpi/avanzamento punta*

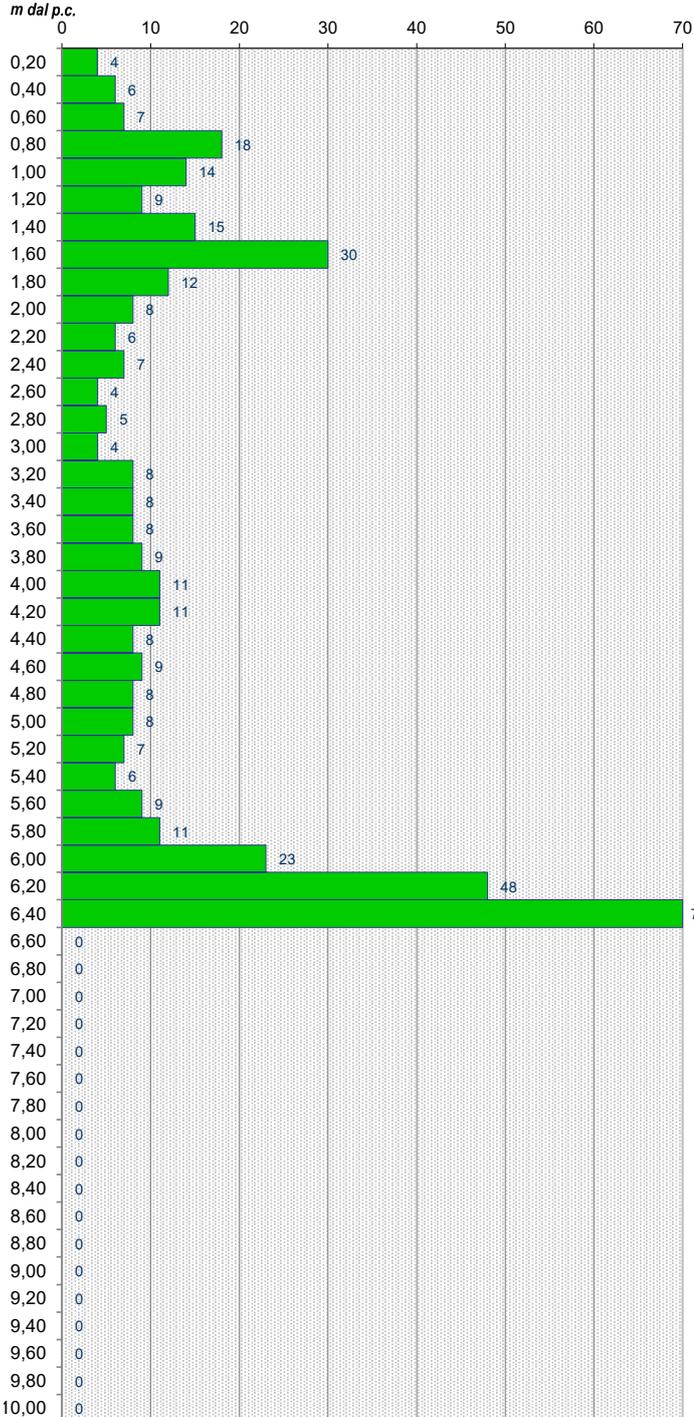
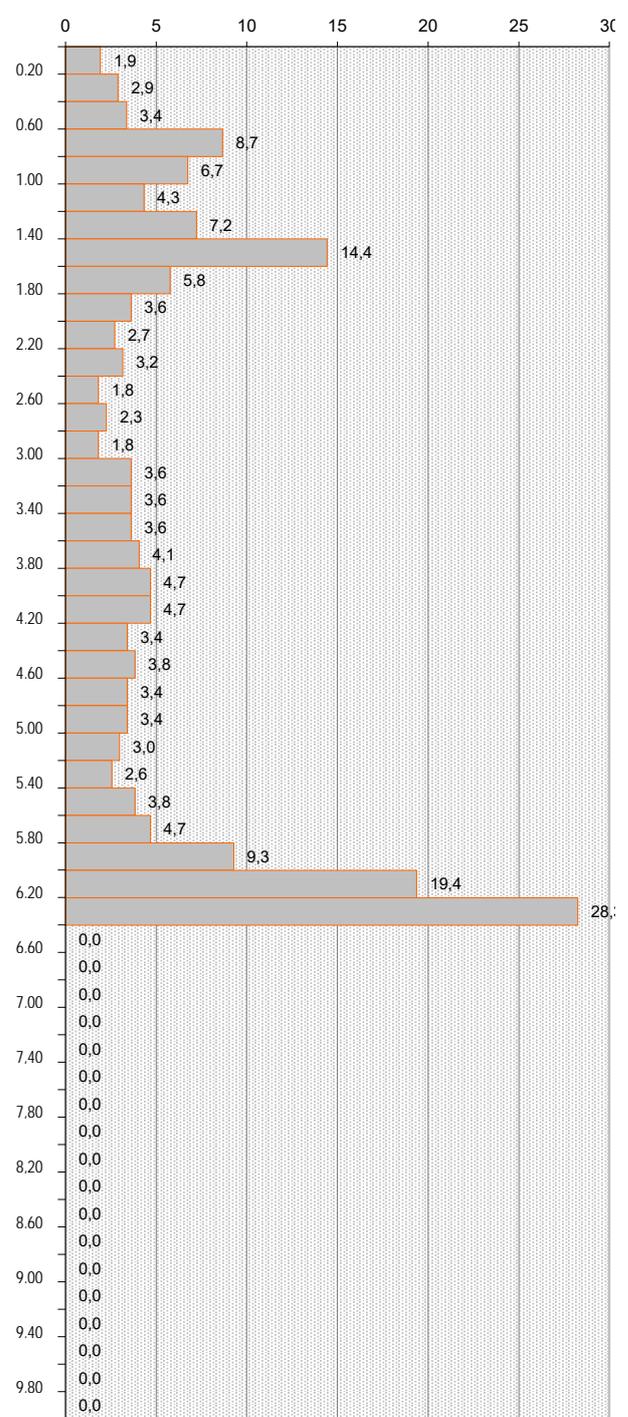


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

*(Rdp - daN/cm<sup>2</sup>)*



<b>STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA DI DARIO TINTI E VINCENZO SCIUTO</b> Telefono / Fax +39 0766 546249 Via Traiana n.64 00053 CIVITAVECCHIA (Roma)	 <b>ACQUA TERRITORIO AMBIENTE</b> PROGETTI	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA	DIAGRAMMA DI PROVA N. <b>10</b>
		<b>DPSH</b>	Data: 19/12/2023 Quota: 114 m s.l.m.
Cava Solar - Comune di Riano		Coordinate geografiche:	
Committente: Consorzio COMONSI		42° 04' 20,15" N	12° 30' 17,23" E

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA

*N=N20: numero colpi/avanzamento punta*

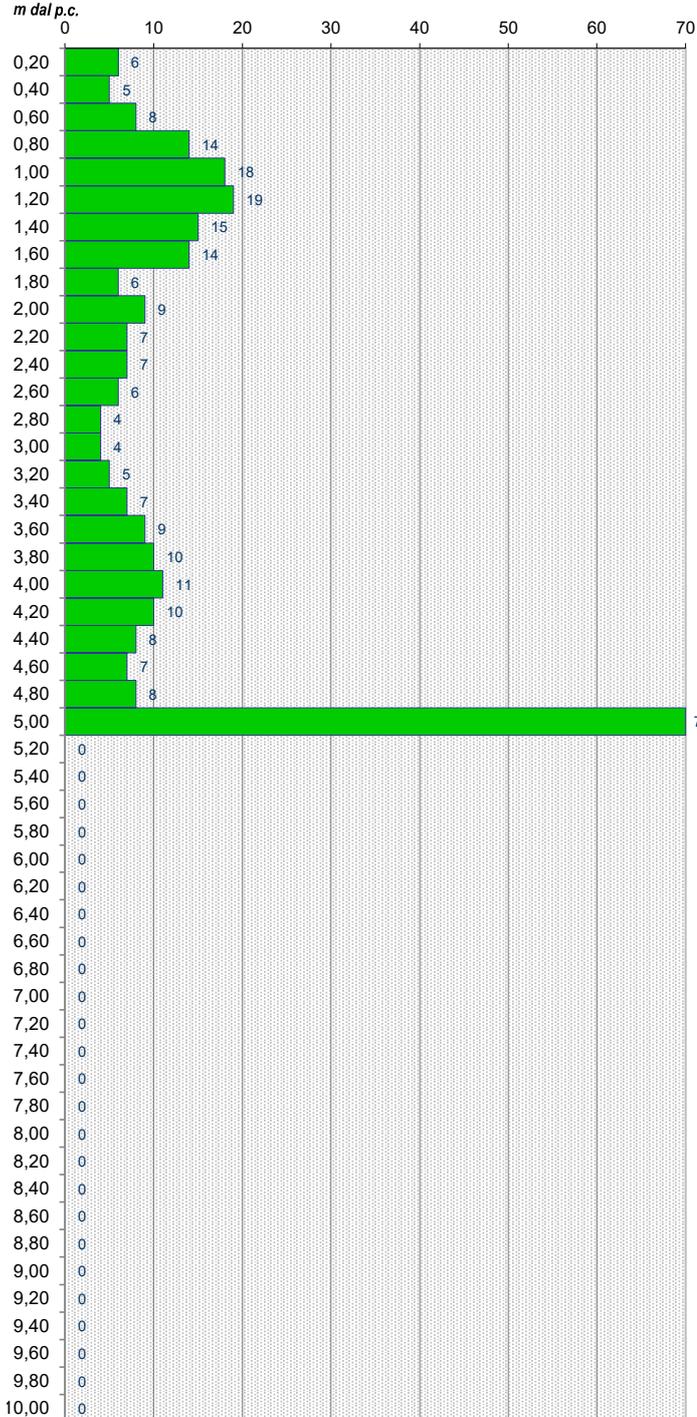
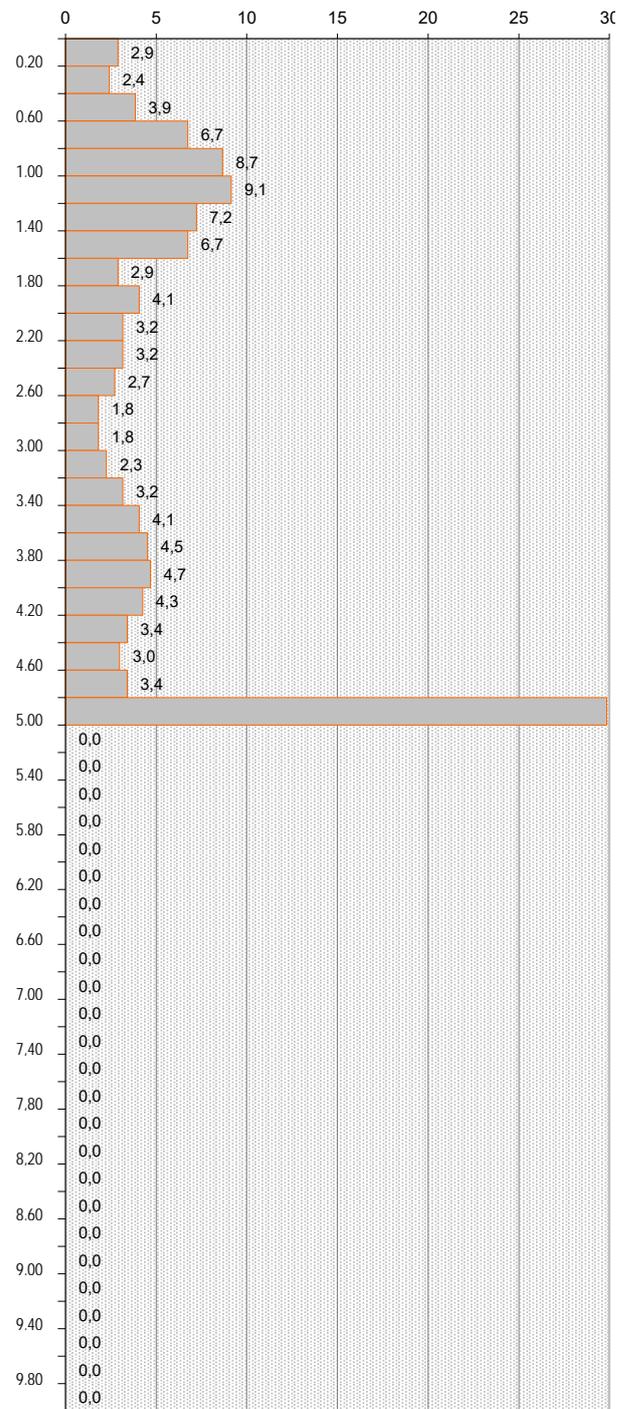


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

*(Rdp - daN/cm<sup>2</sup>)*



Cava Solar - Comune di Riano	Coordinate geografiche:	
Committente: Consorzio COMONSI	42° 04' 39,65" N	12° 30' 37,11" E

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA  
N=N20: numero colpi/avanzamento punta

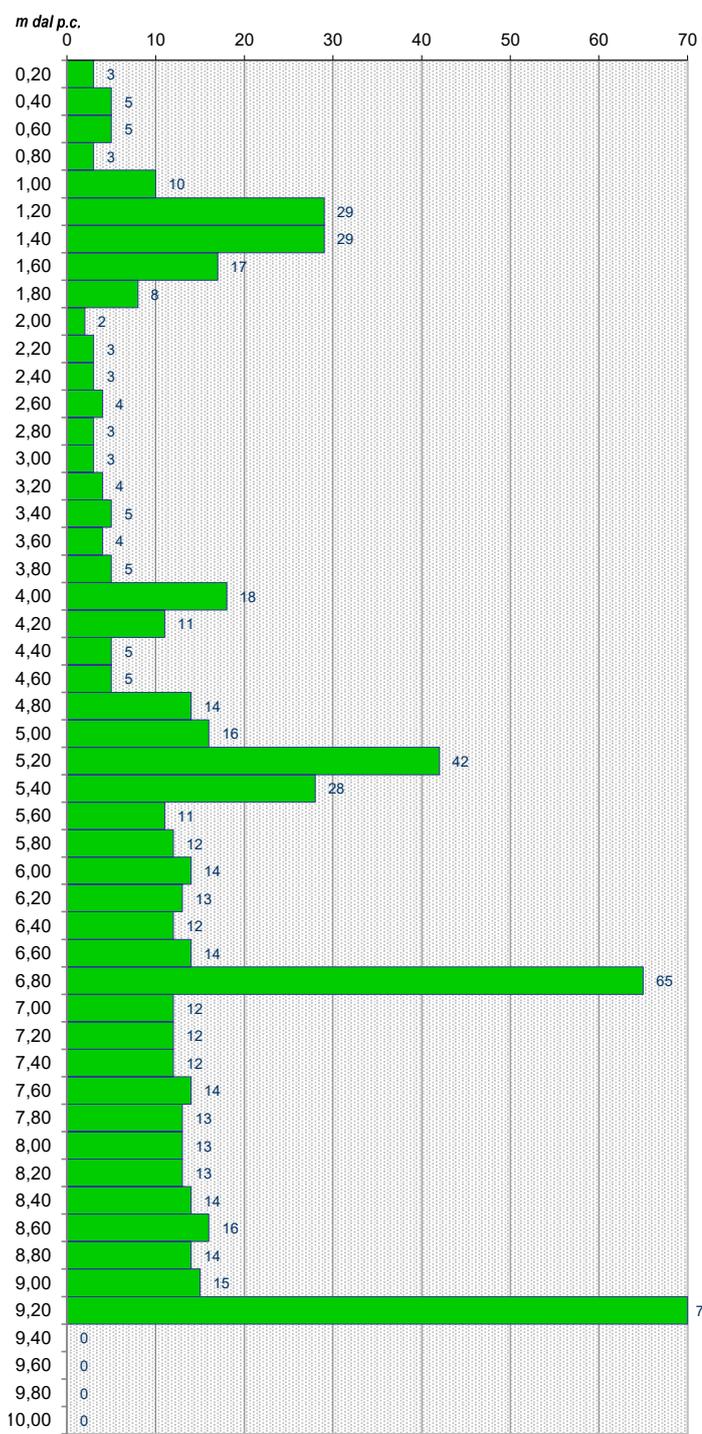
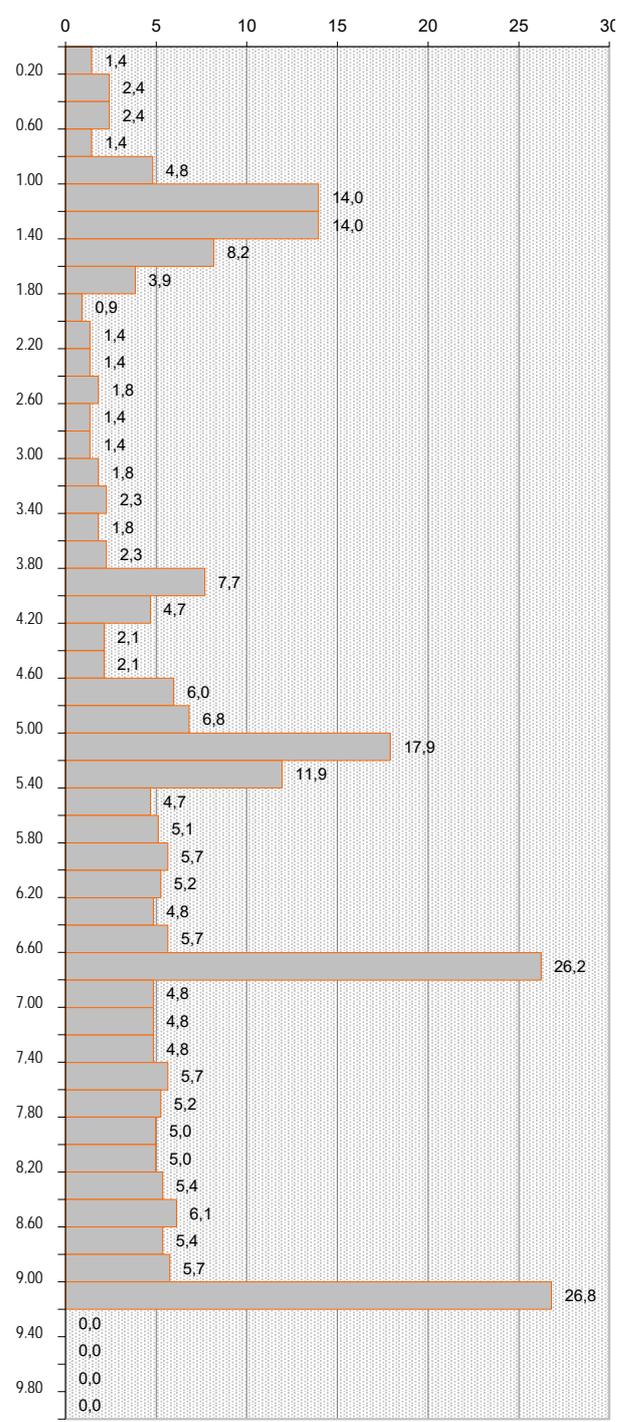


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA  
(Rdp - daN/cm<sup>2</sup>)



Cava Solar - Comune di Riano	Coordinate geografiche:	
Committente: Consorzio COMONSI	42° 04' 13,20" N	12° 30' 35,41" E

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA

*N=N20: numero colpi/avanzamento punta*

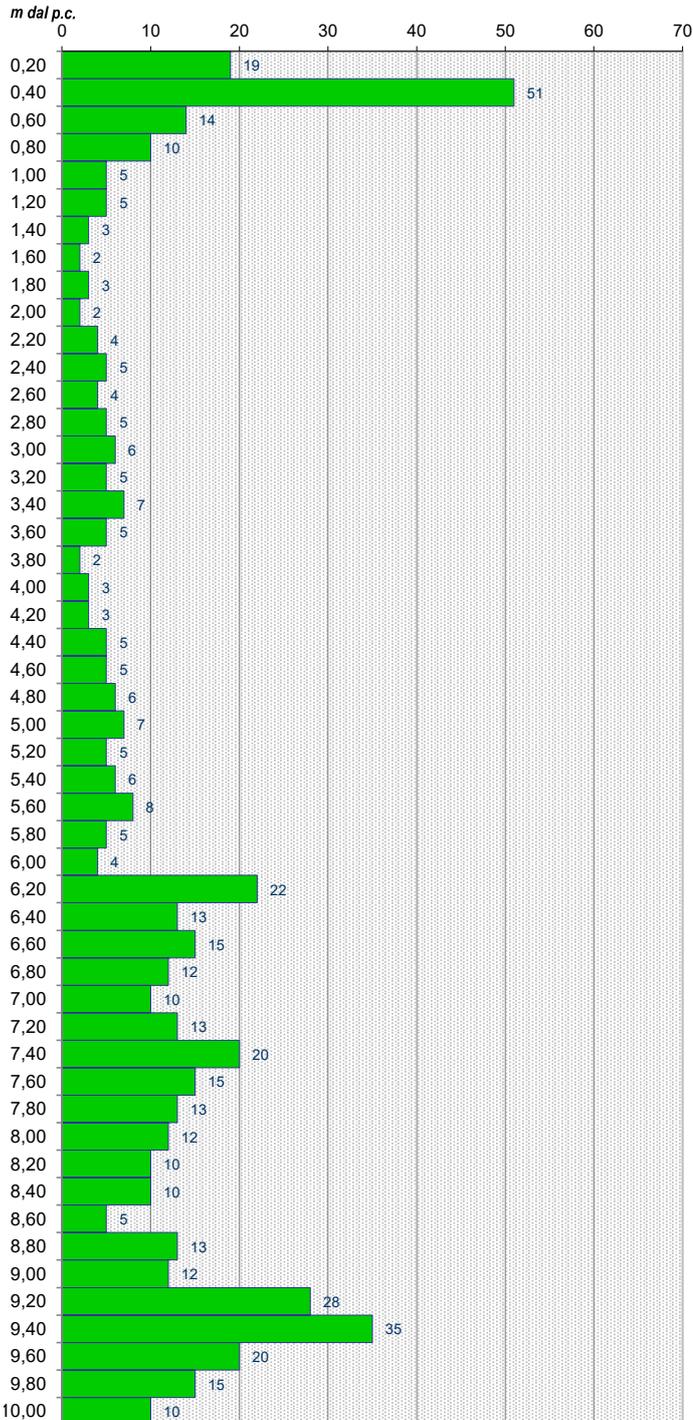
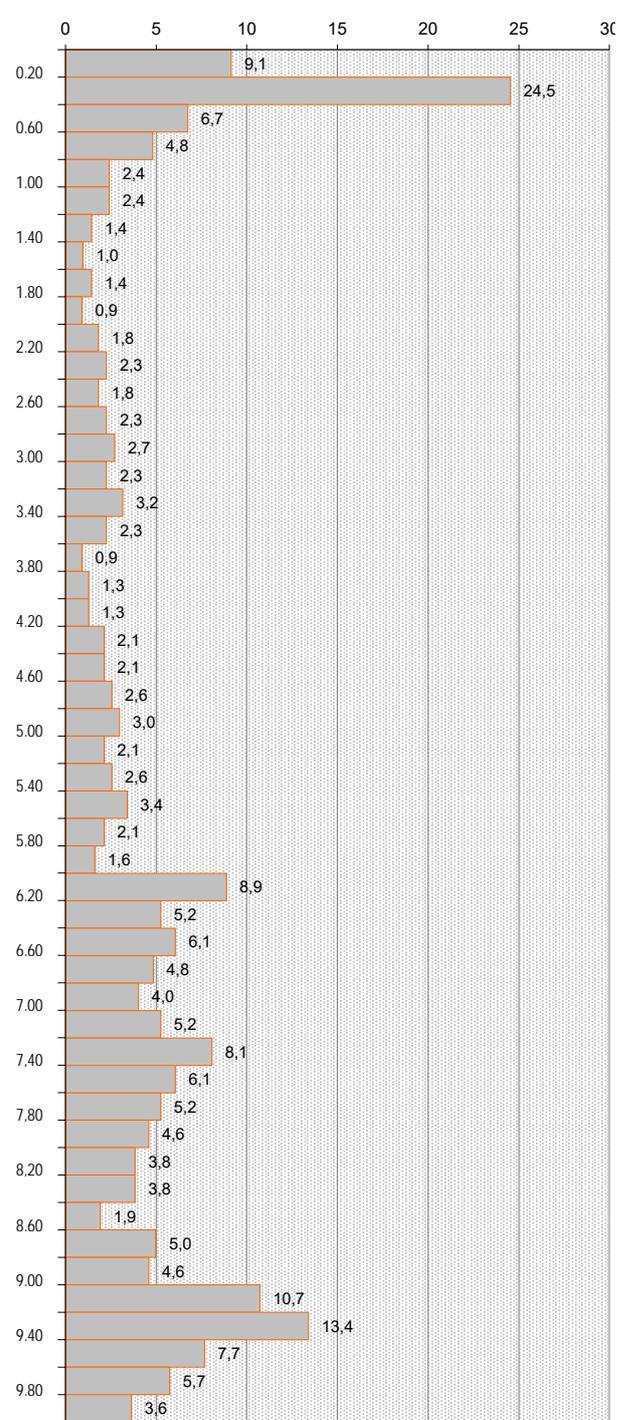


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

*(Rdp - daN/cm<sup>2</sup>)*



Cava Solar - Comune di Riano	Coordinate geografiche:	
Committente: Consorzio COMONSI	42° 04' 47,47" N	12° 30' 50,94" E

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA

*N=N20: numero colpi/avanzamento punta*

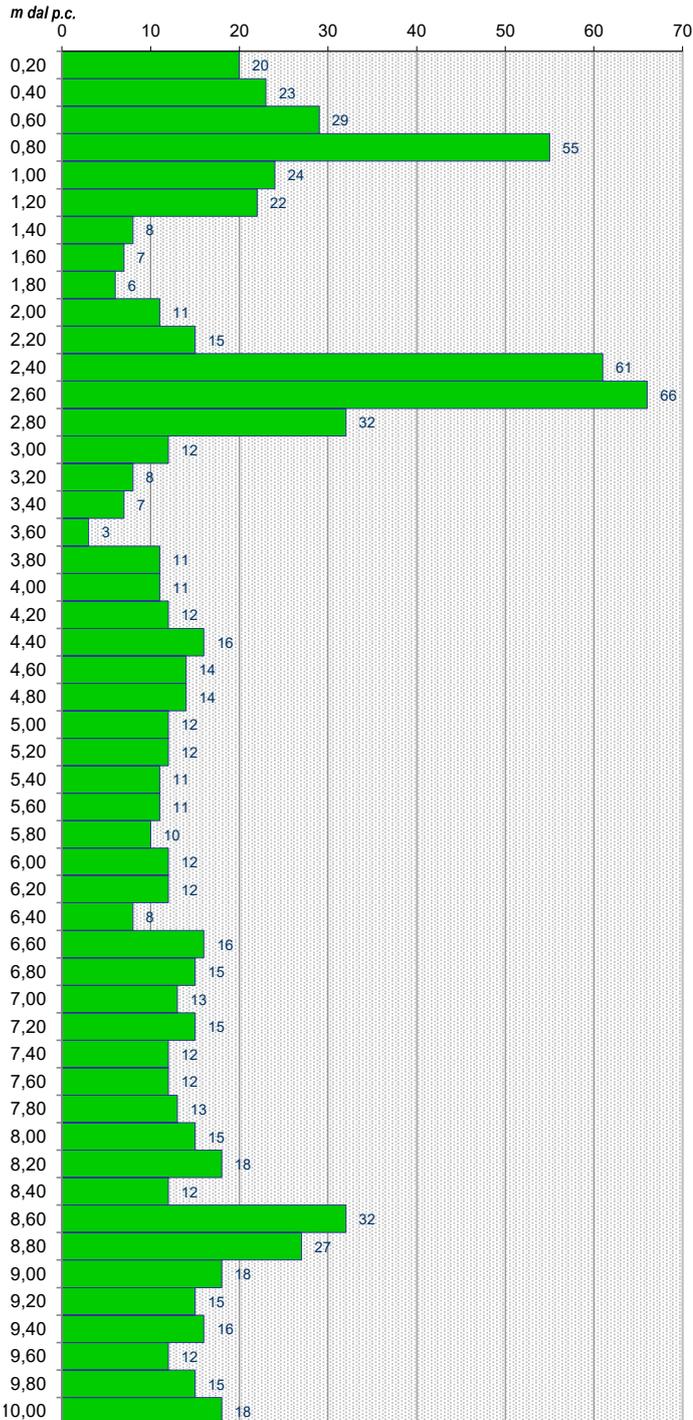
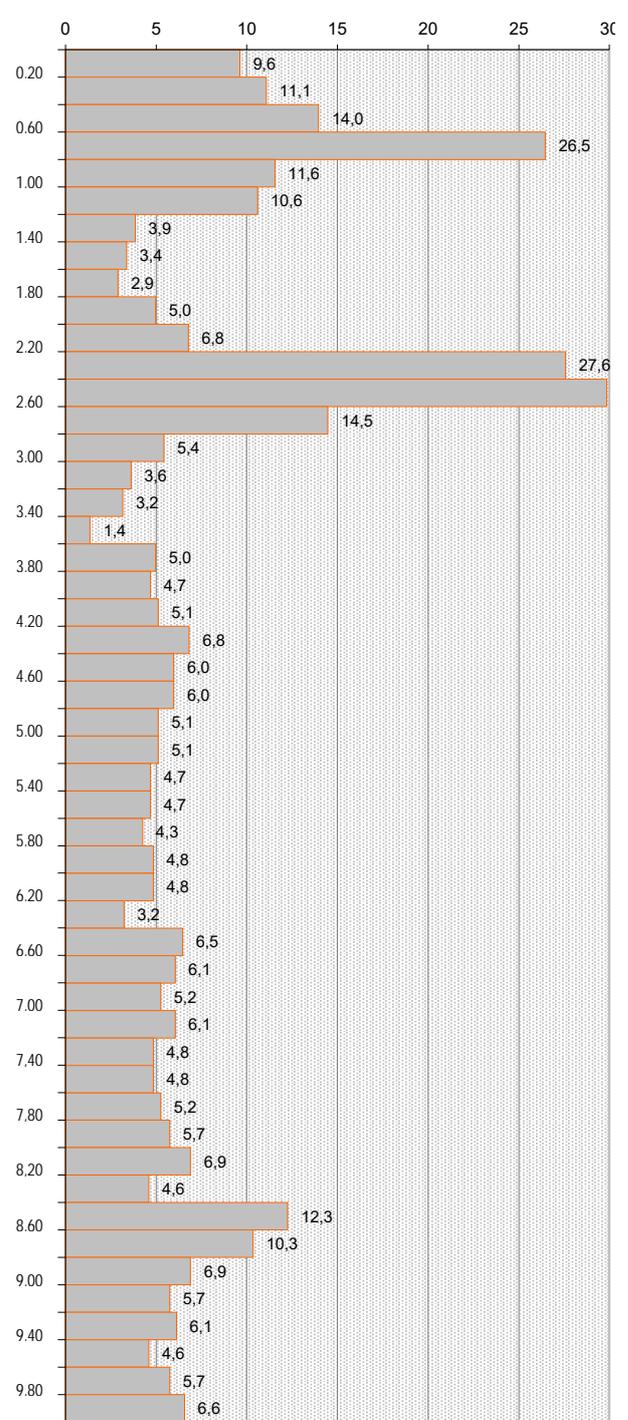


DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

*(Rdp - daN/cm<sup>2</sup>)*



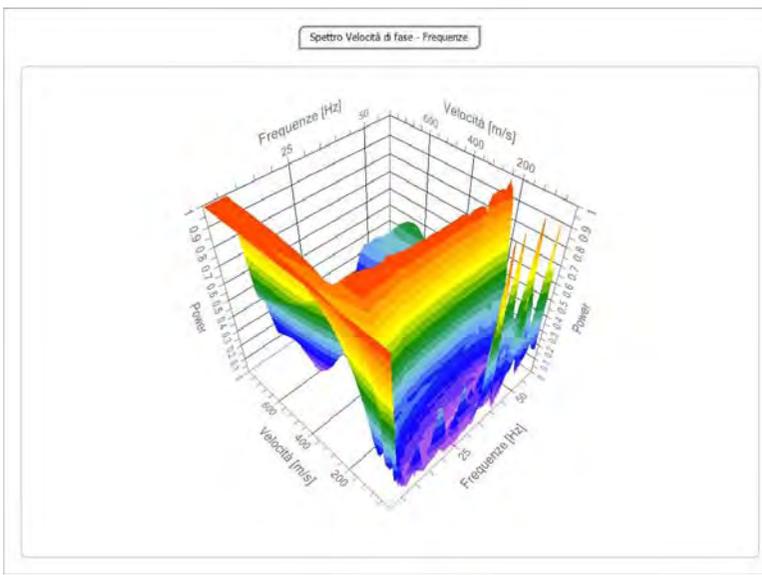
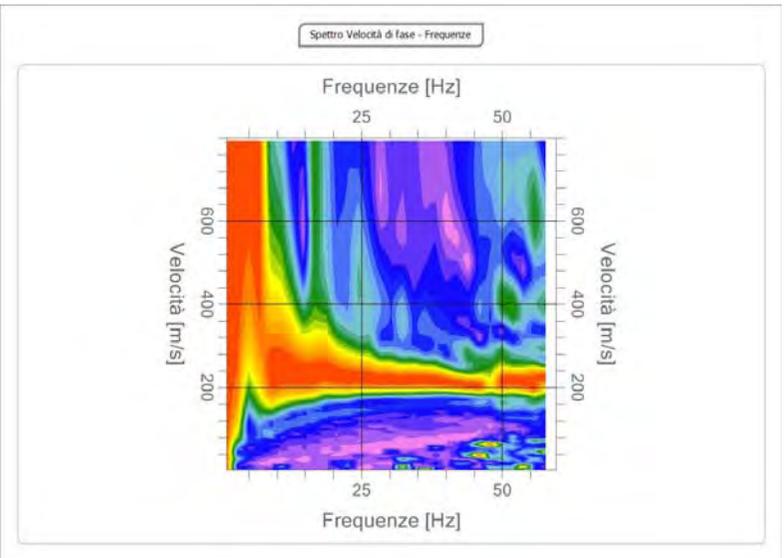
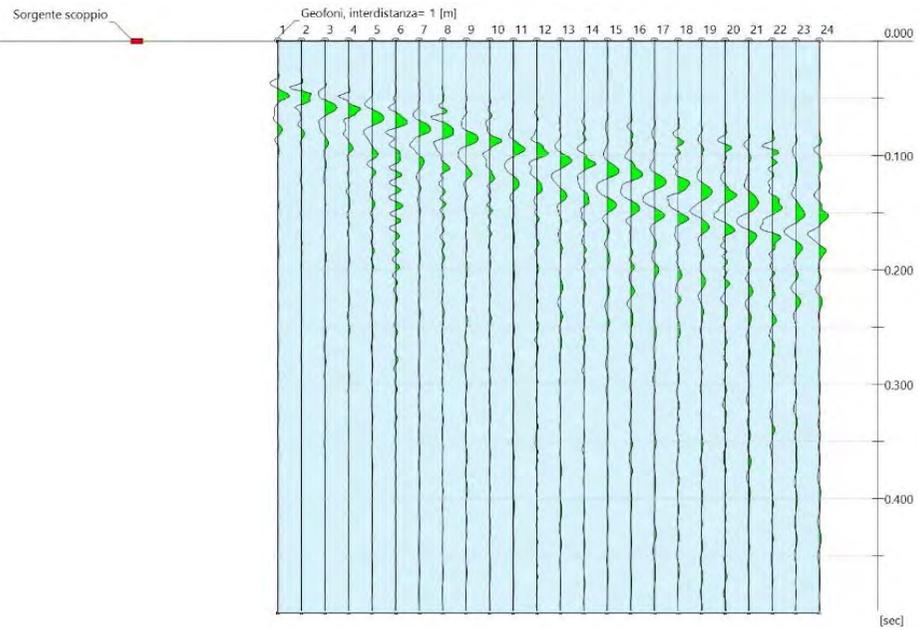
ALLEGATO 6

## INDAGINI SISMICHE MASW ELABORATI GRAFICI



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA Solar
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	19 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-1</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>VS_{30}</math> = 312,12 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

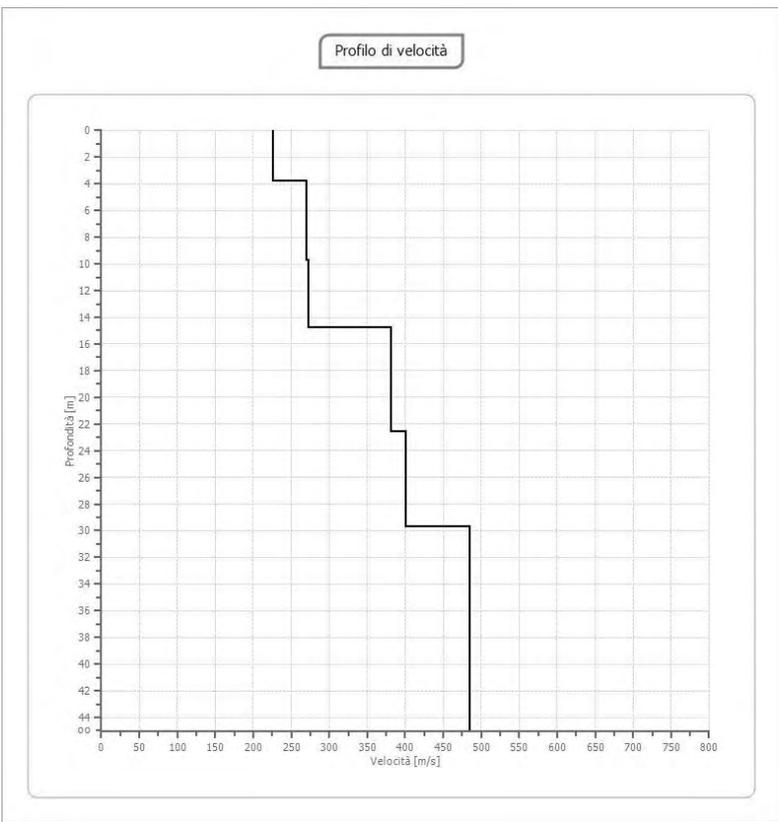
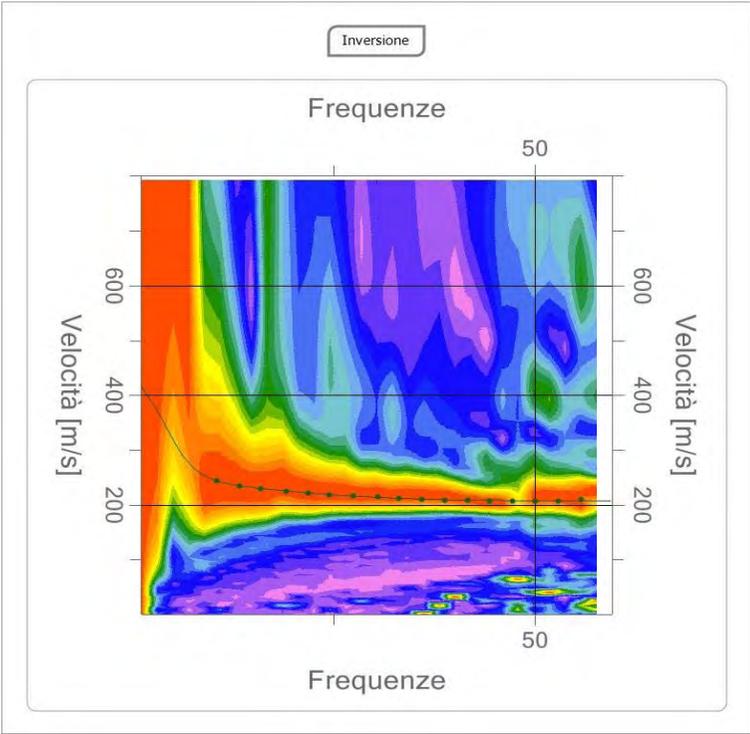
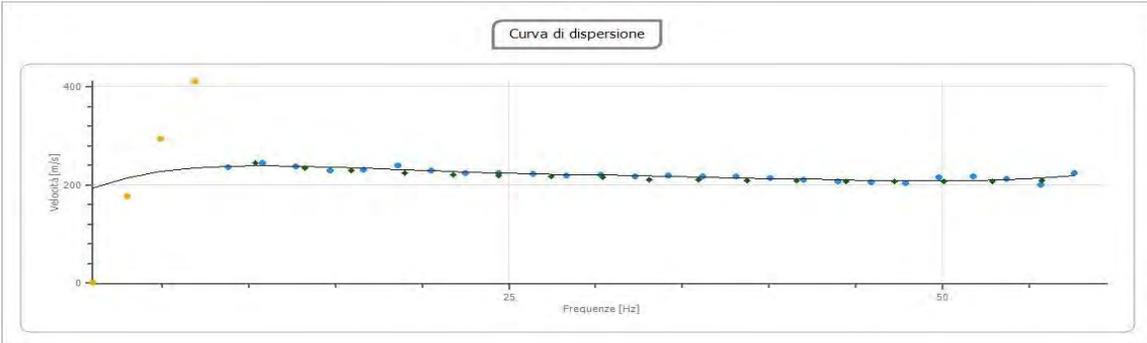


**UBICAZIONE INDICATIVA DELLO STENDIMENTO SU IMMAGINE SATELLITARE:**



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA Solar
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	19 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-1</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 312,12 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>



Inversione:

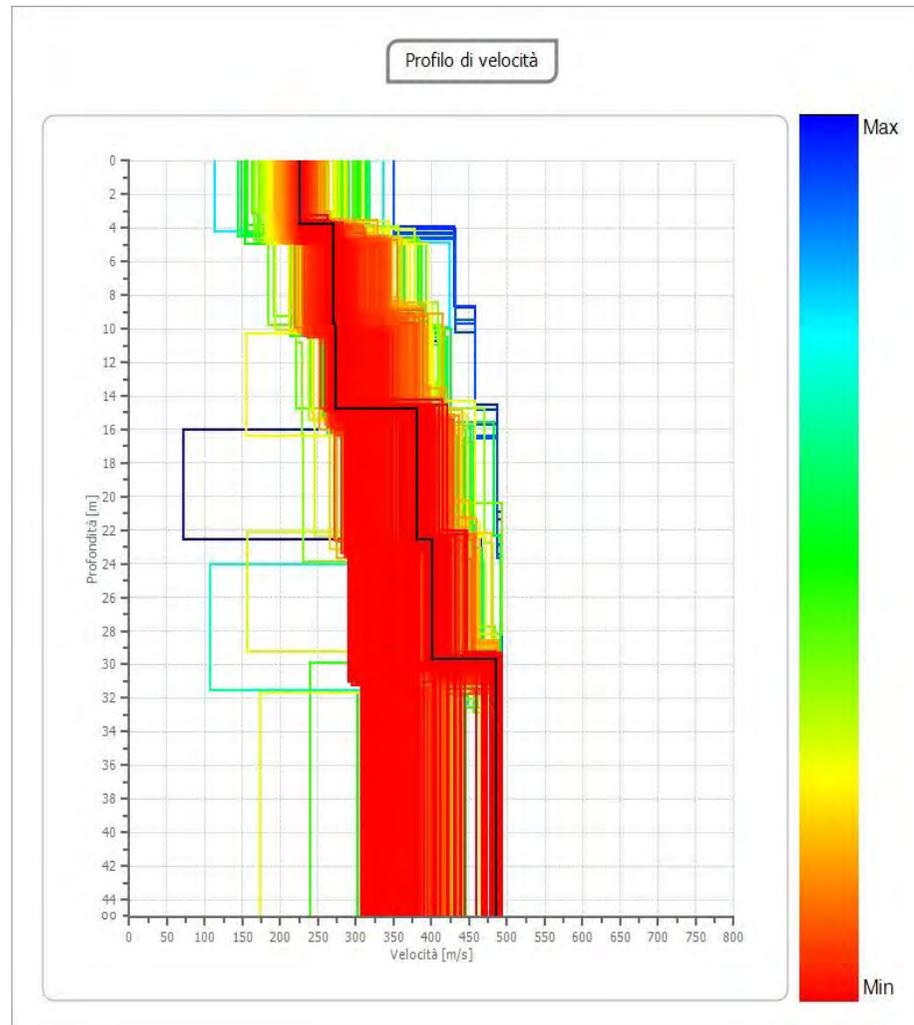
N.	PROFONDITÀ [M]	SPESORE [M]	VP [M/SEC]	Vs [M/SEC]
1	3.75	3.75	369.2	226.1
2	9.74	5.98	439.9	269.4
3	14.76	5.02	445.7	273.0
4	22.59	7.83	622.4	381.2
5	29.71	7.12	654.6	400.8
6	∞	∞	792.2	485.1

<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA Solar
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	19 DICEMBRE 2023

### Prova MASW-1

**$V_{SEQ}$  (dove  $H_{SUB} > 30$  m) =  $V_{S30}$  = 312,12 m/s**

**CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018**



### Risultati MASW1:

Quota stendimento: piano campagna (a monte dei fronti);

Profondità substrato sismico: >30 m

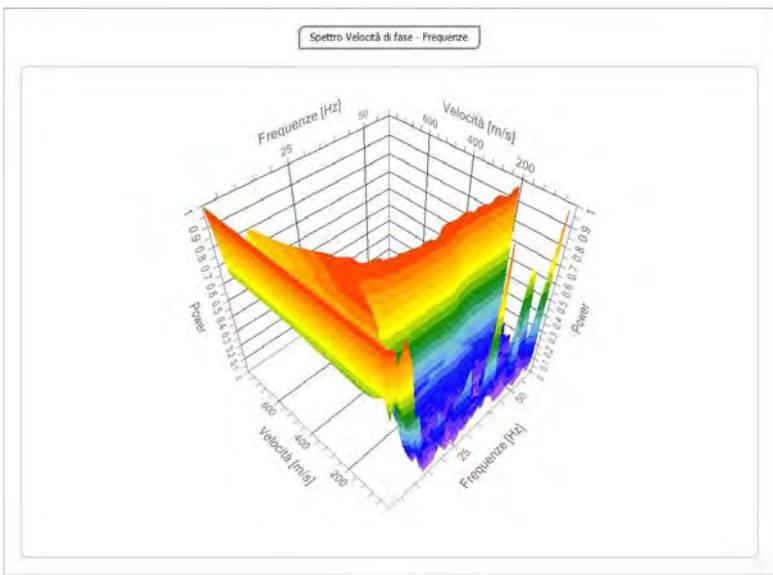
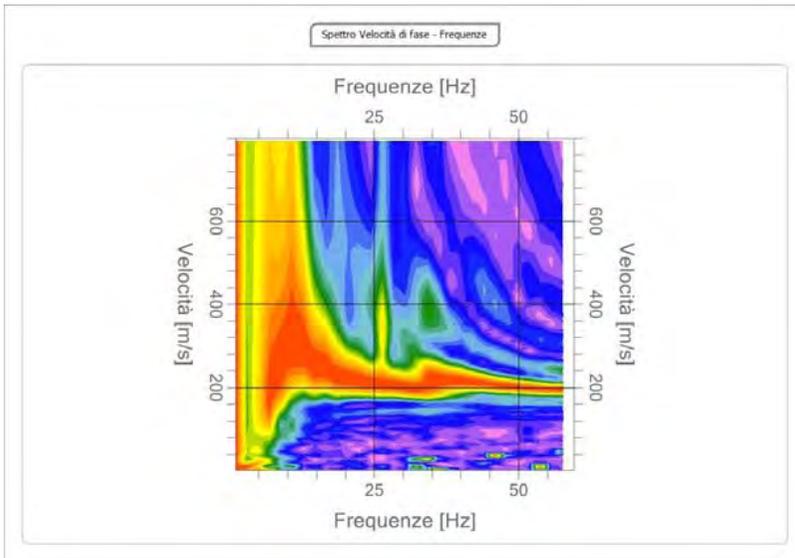
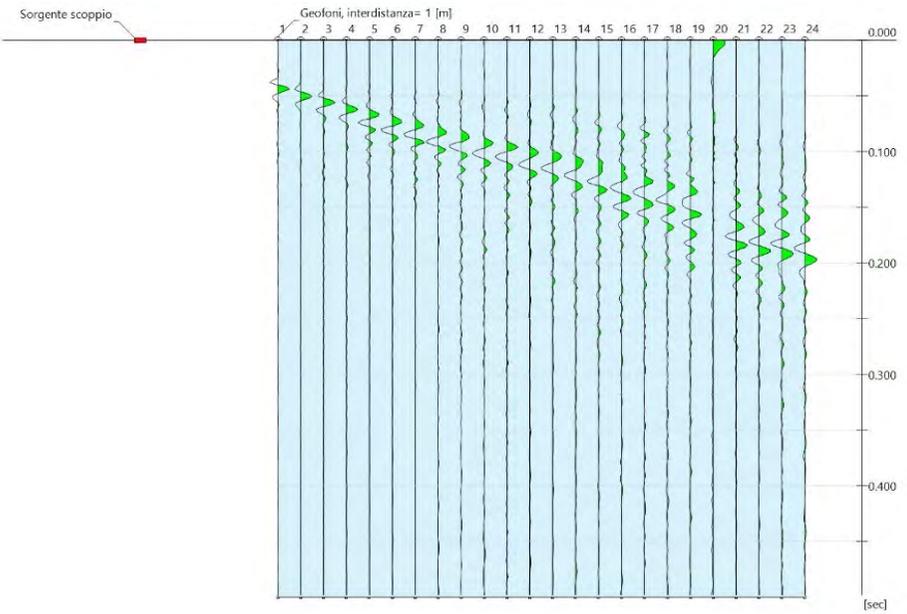
$V_{SEQ} = V_{S30} = 312,12$  m/s; Categoria del suolo: **C**

**Suolo di tipo 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 ( $V_{EQUIVALENTE}$ ) compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	19 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-2</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>VS_{30}</math> = 342,98 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>



**UBICAZIONE INDICATIVA DELLO STENDIMENTO SU IMMAGINE SATELLITARE:**

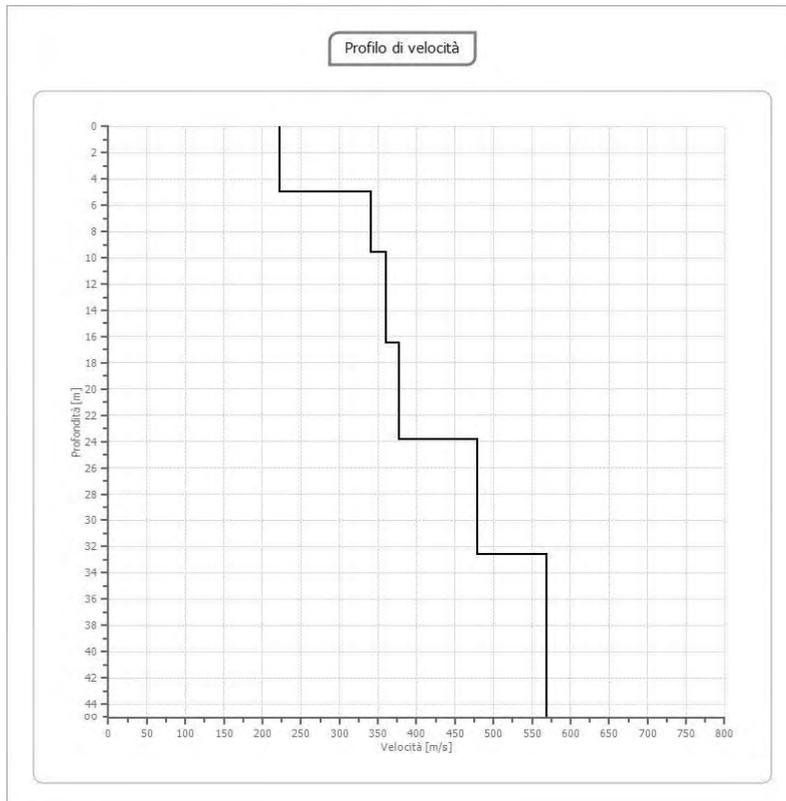
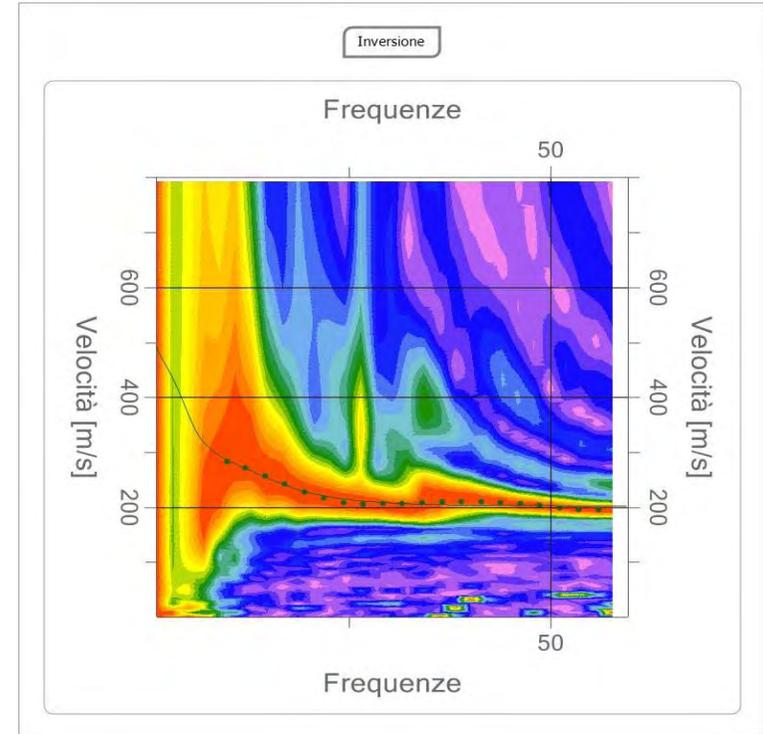
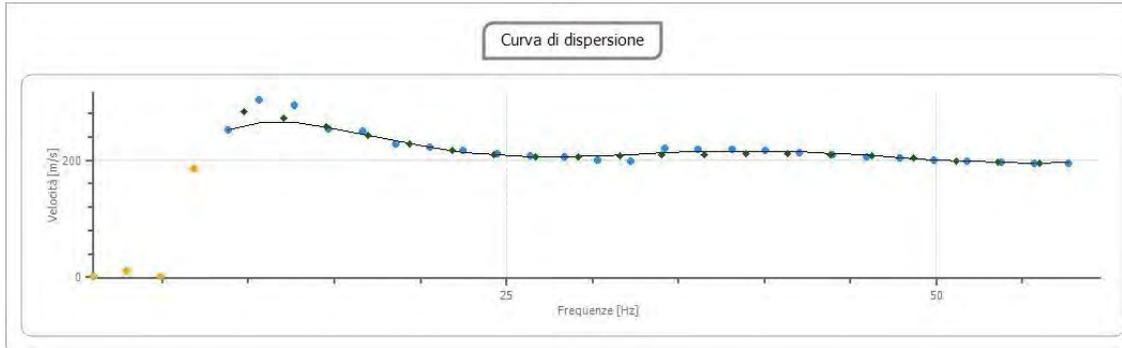


<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	19 DICEMBRE 2023

**Prova MASW-2**

**$V_{SEq}$  (dove  $H_{SUB} > 30$  m) =  $V_{S30}$  = 342,98 m/s**

**CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018**



Inversione:

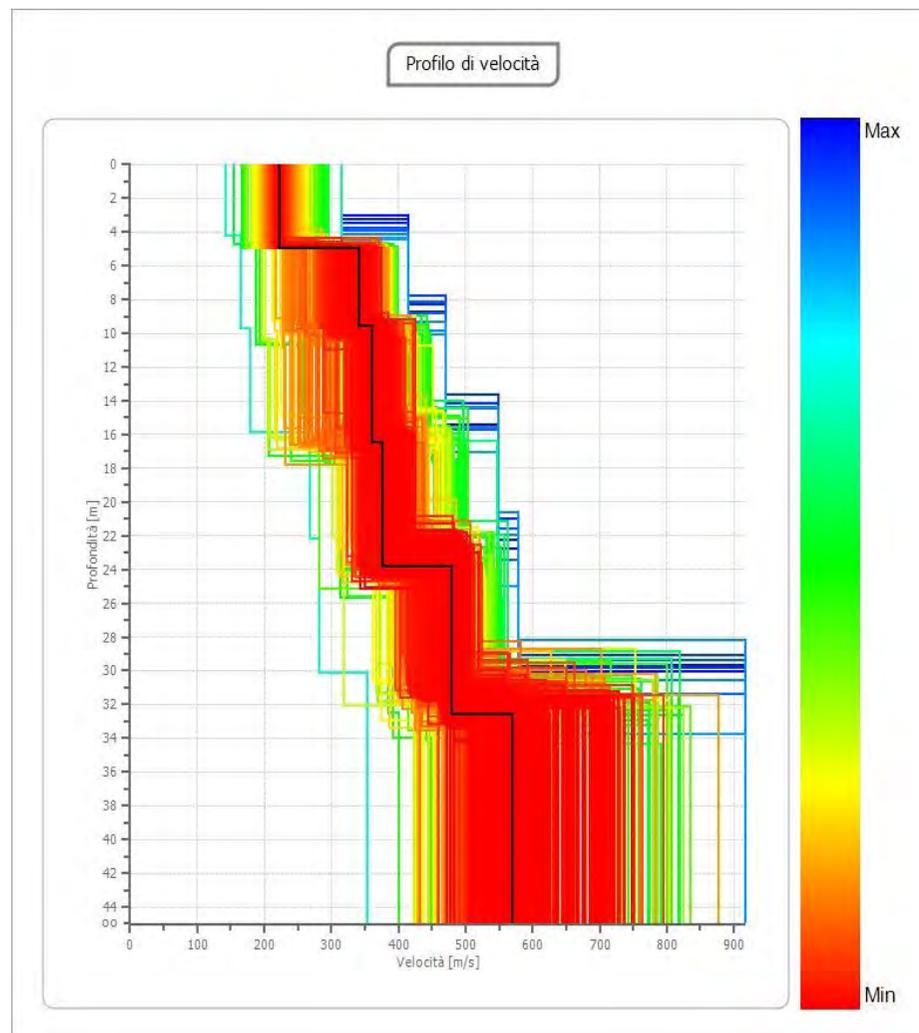
N.	PROFONDITÀ [M]	SPESSORE [M]	VP [M/SEC]	Vs [M/SEC]
1	4.99	4.99	362.9	222.2
2	9.61	4.62	557.2	341.2
3	16.48	6.87	588.4	360.3
4	23.86	7.38	615.1	376.7
5	32.63	8.77	782.1	478.9
6	∞	∞	929.5	569.2

<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	19 DICEMBRE 2023

## Prova MASW-2

**$V_{SEQ}$  (dove  $H_{SUB} > 30$  m) =  $V_{S30}$  = 342,98 m/s**

**CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018**



### Risultati MASW2:

Quota stendimento: piano campagna (a monte dei fronti);

Profondità substrato sismico: >30 m

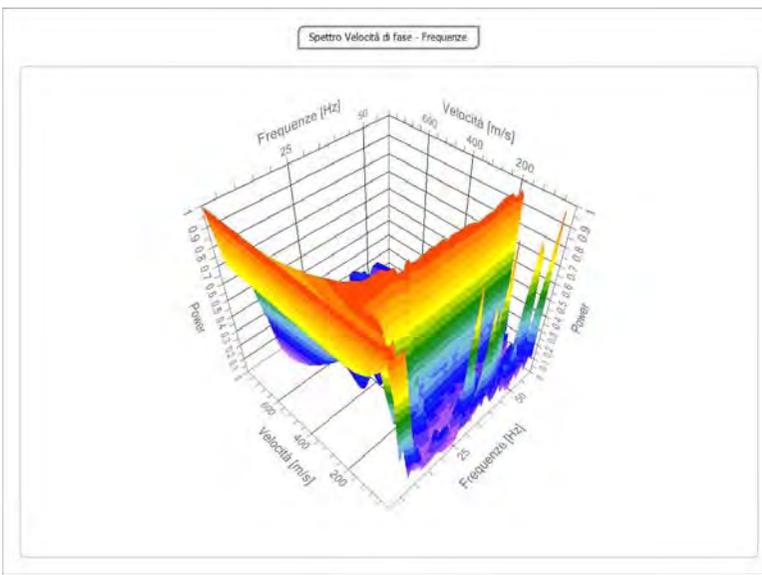
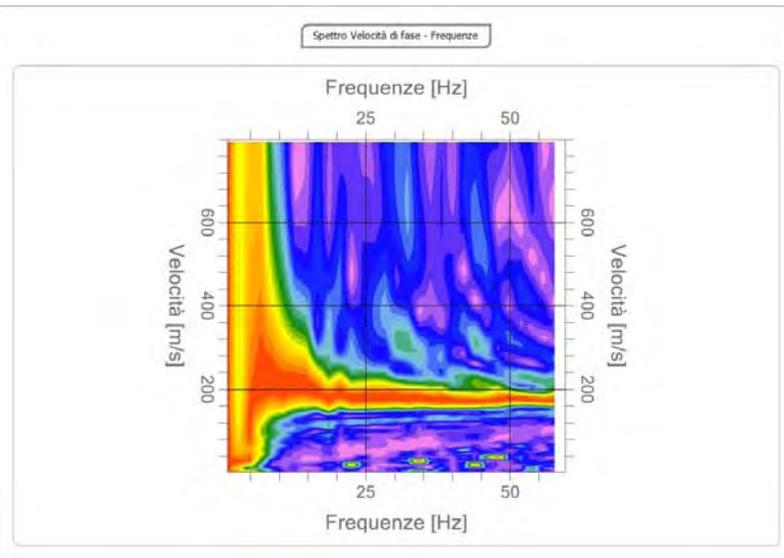
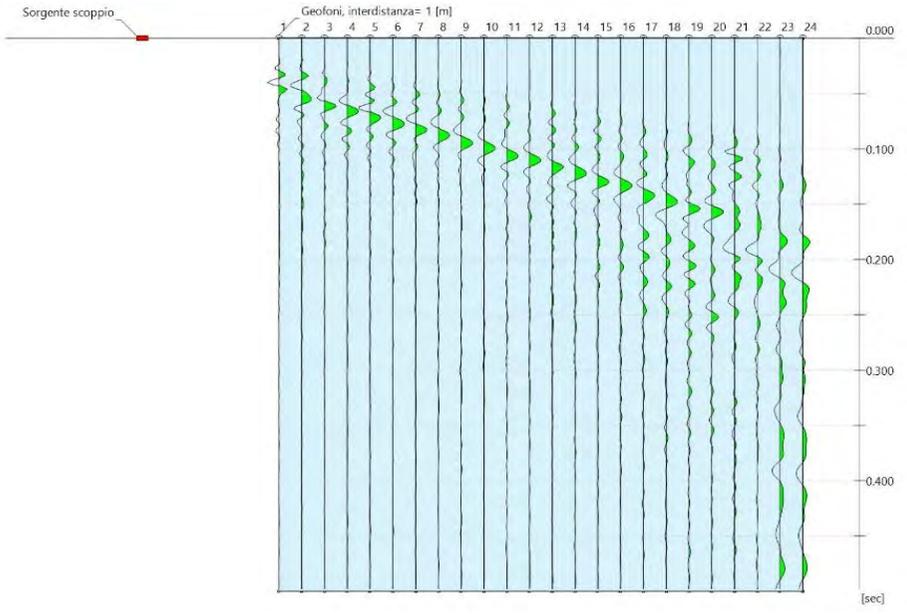
$V_{SEQ} = V_{S30} = 342,98$  m/s; Categoria del suolo: **C**

**Suolo di tipo 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 ( $V_{EQUIVALENTE}$ ) compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

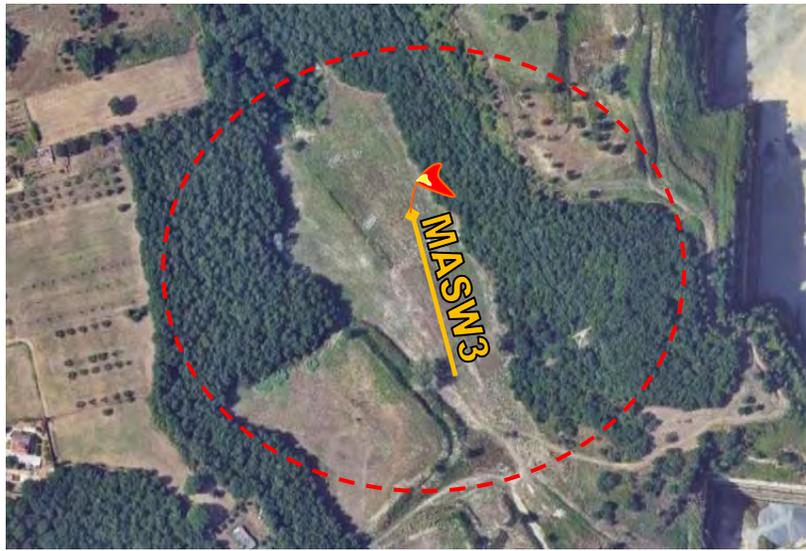


<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	19 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-3</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 254,25 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

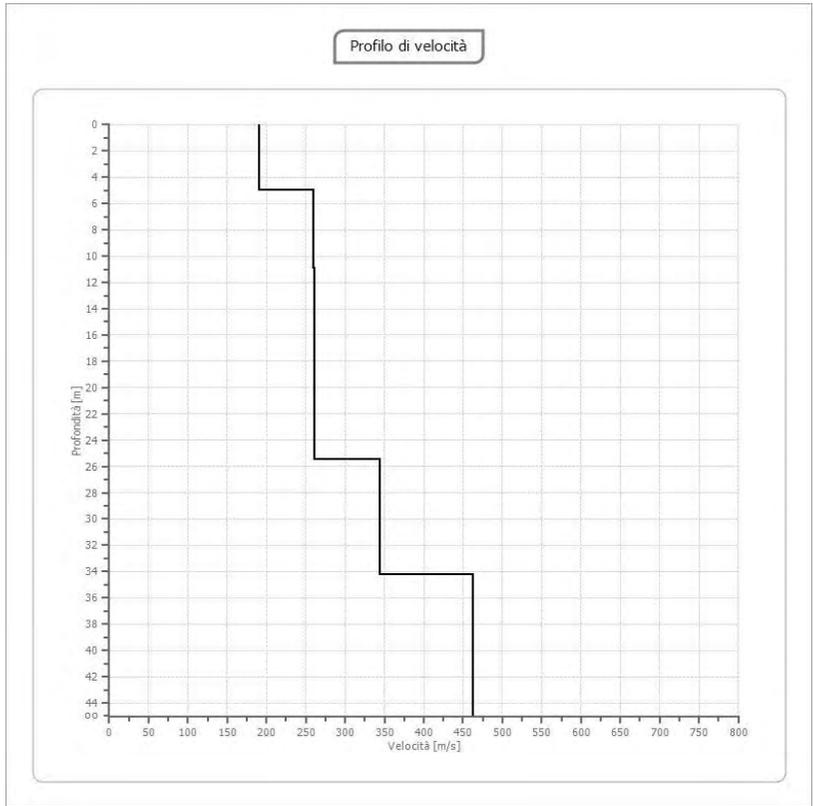
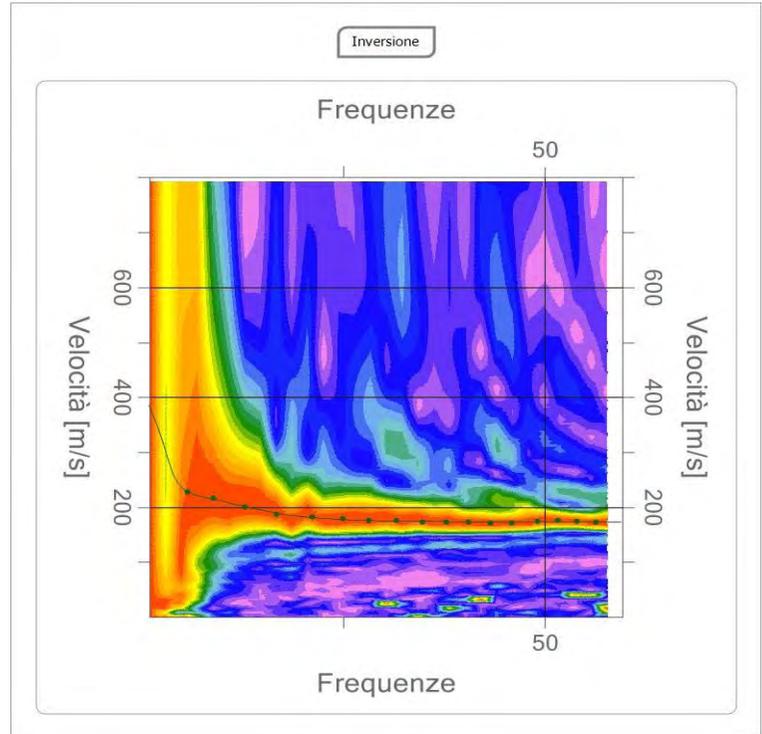
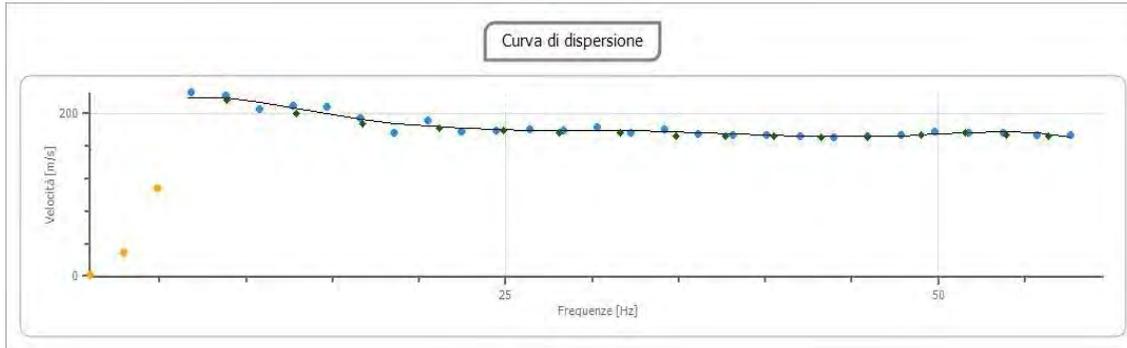


**UBICAZIONE INDICATIVA DELLO STENDIMENTO SU IMMAGINE SATELLITARE:**



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	19 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-3</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 254,25 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>



Inversione:

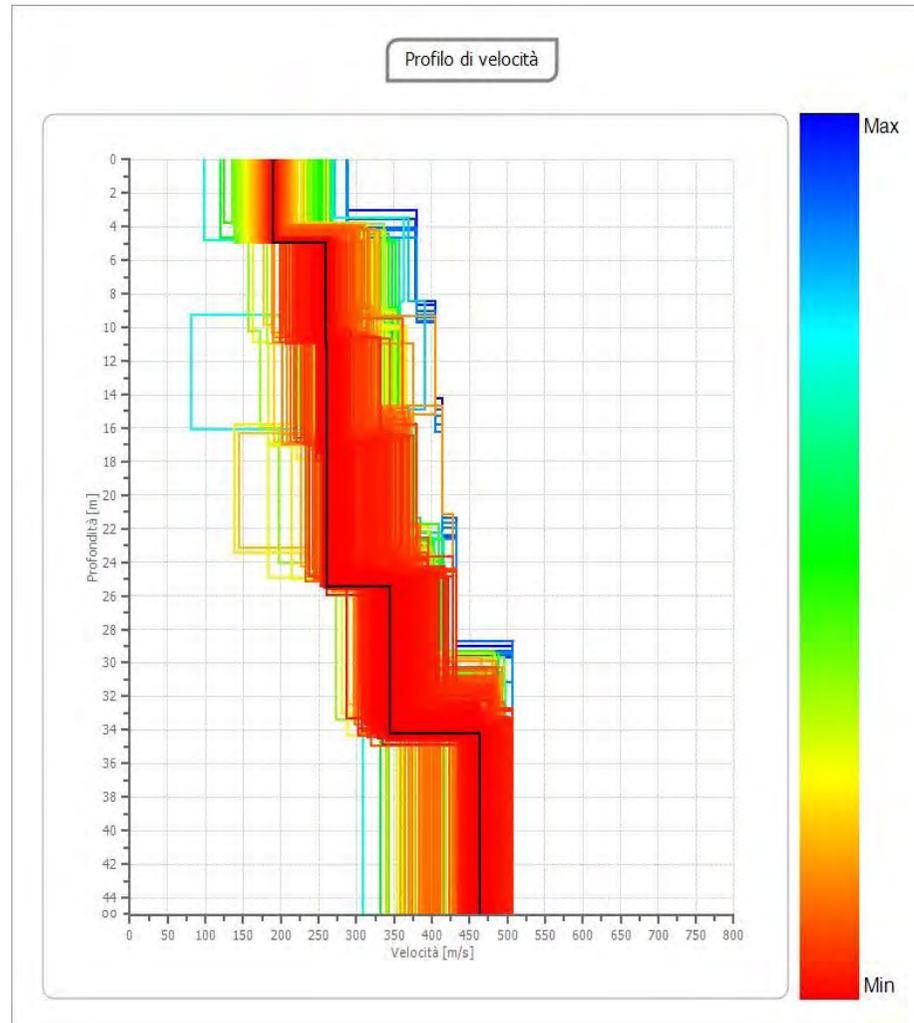
N.	PROFONDITÀ [M]	SPESORE [M]	VP [M/SEC]	Vs [M/SEC]
1	4.95	4.95	310.2	190.0
2	10.95	6.00	424.3	259.8
3	17.47	6.52	425.6	260.6
4	25.45	7.98	426.1	260.9
5	34.22	8.76	561.1	343.6
6	∞	∞	756.1	463.0

<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	19 DICEMBRE 2023

### Prova MASW-3

**$V_{SEQ}$  (dove  $H_{SUB} > 30$  m) =  $V_{S30}$  = 254,25 m/s**

**CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018**



### Risultati MASW3:

Quota stendimento: piano campagna (zona ovest);

Profondità substrato sismico: >30 m

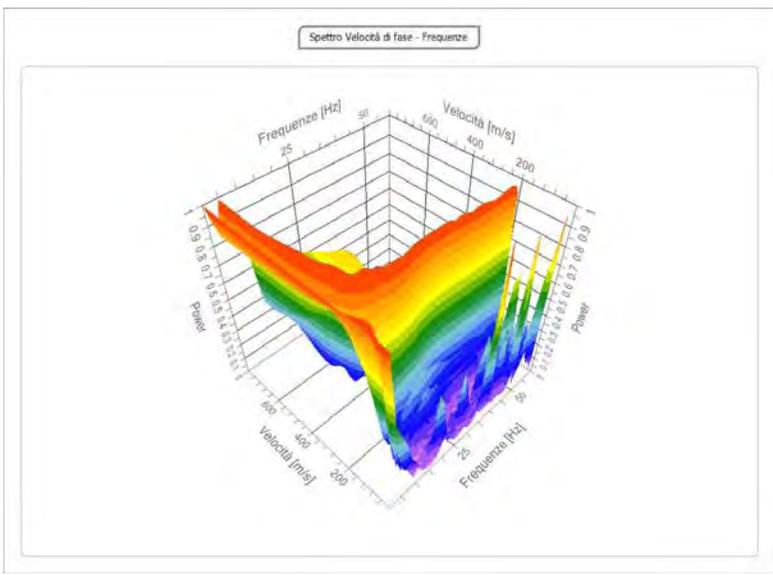
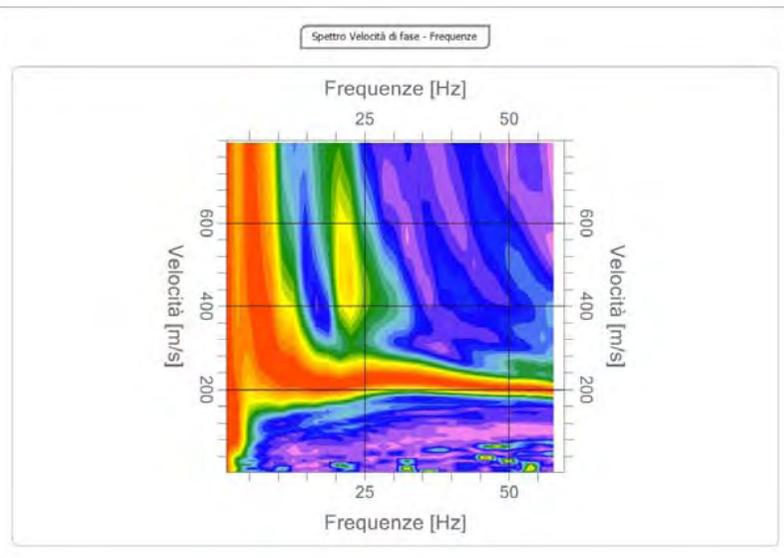
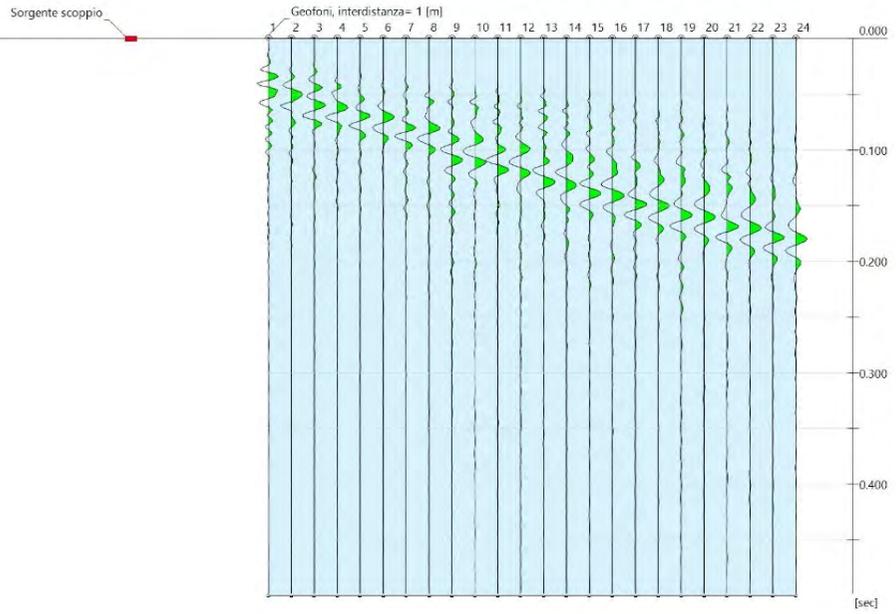
$V_{SEQ} = V_{S30} = 254,25$  m/s; Categoria del suolo: **C**

**Suolo di tipo 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 ( $V_{EQUIVALENTE}$ ) compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	19 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-4</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>VS_{30}</math> = 331,81 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

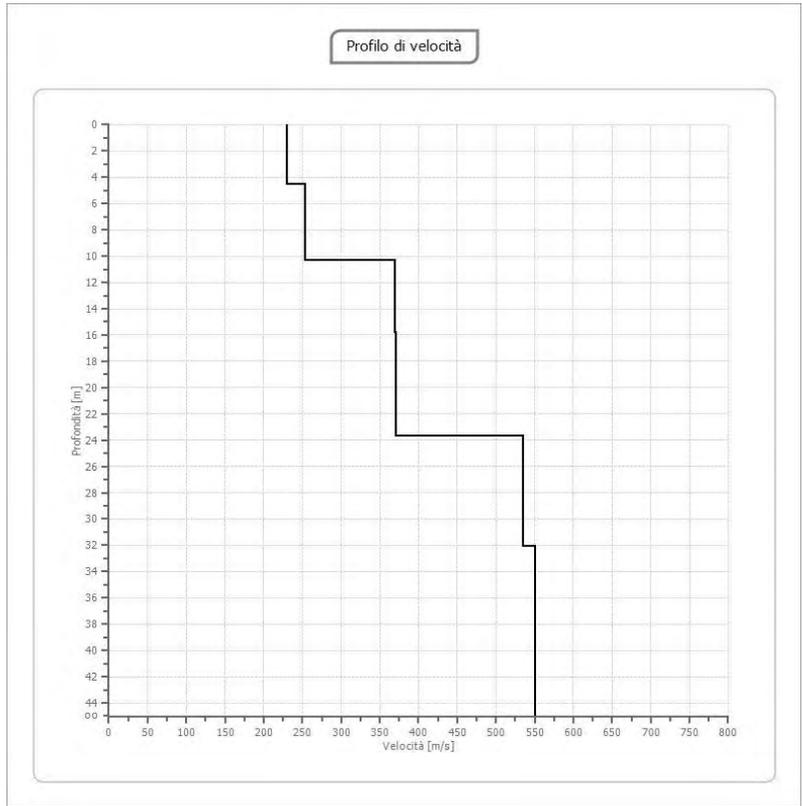
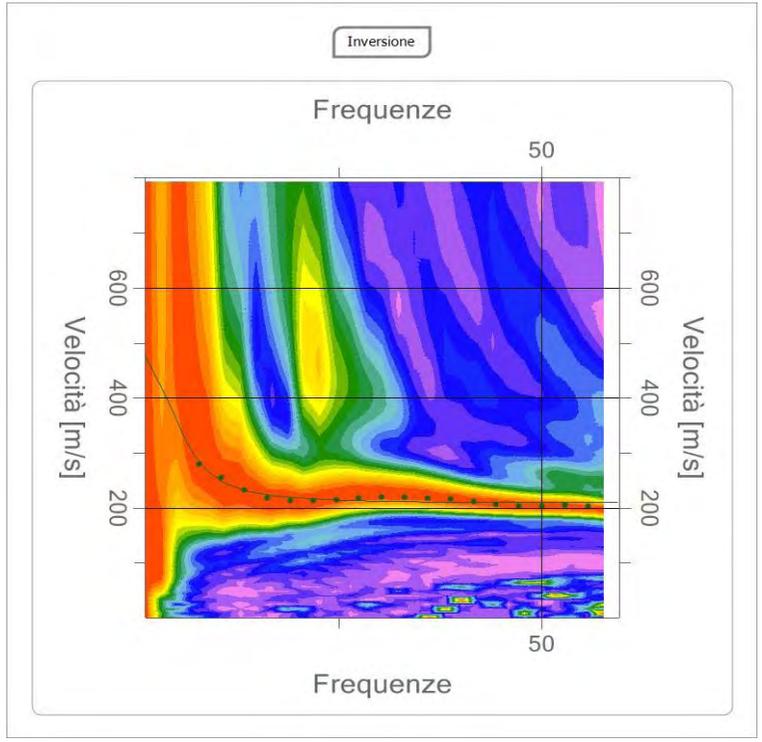
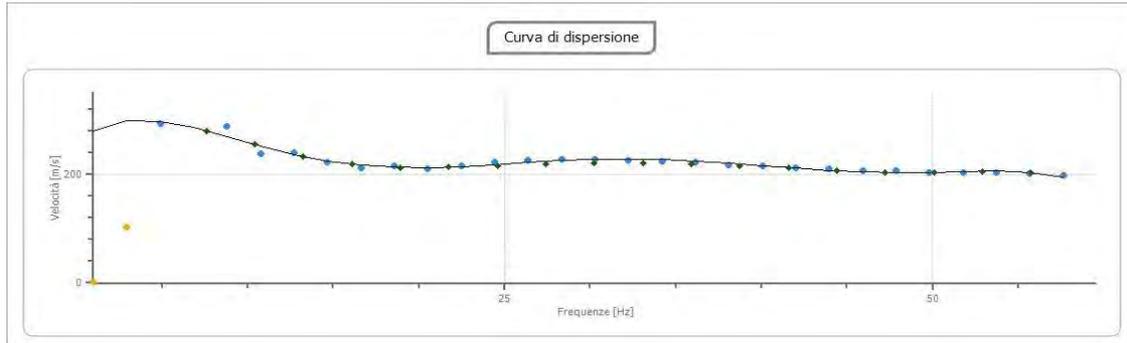


**UBICAZIONE INDICATIVA DELLO STENDIMENTO SU IMMAGINE SATELLITARE:**



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	19 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-4</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 331,81 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>



Inversione:

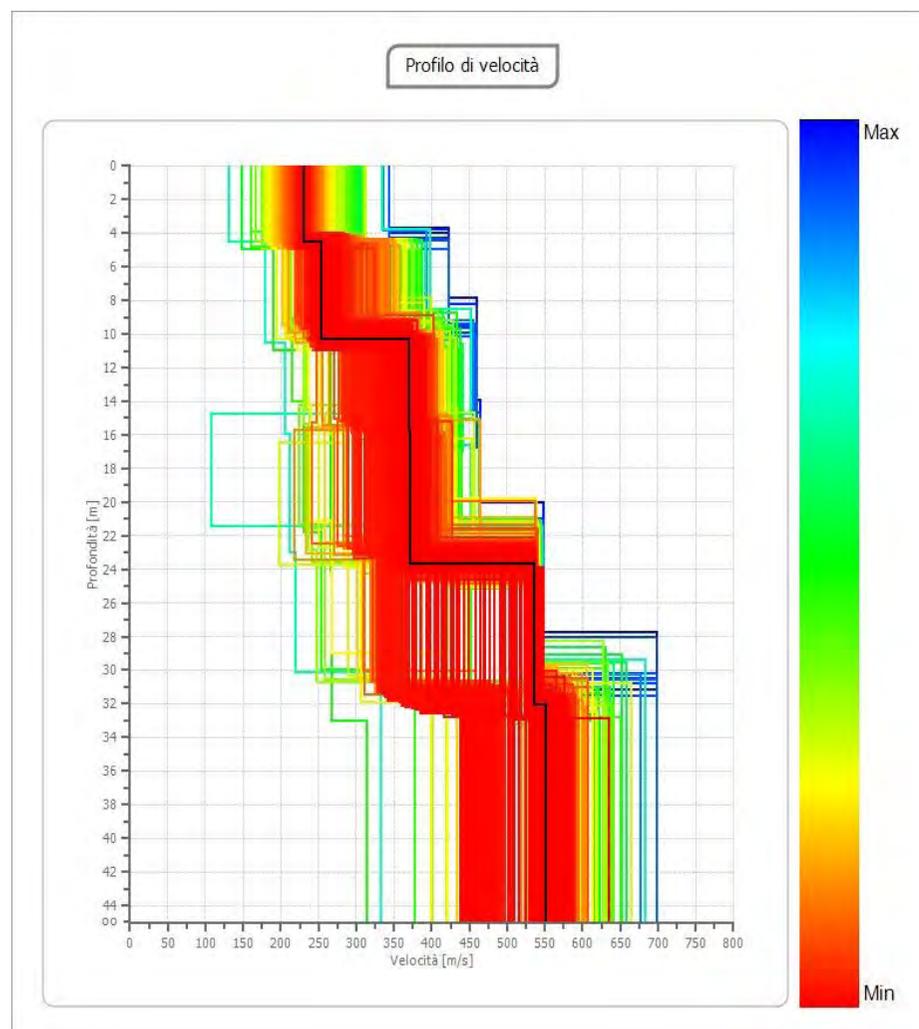
N.	PROFONDITÀ [M]	SPESSORE [M]	VP [M/SEC]	Vs [M/SEC]
1	4.56	4.56	375.2	229.8
2	10.35	5.79	414.3	253.7
3	15.85	5.51	604.1	370.0
4	23.65	7.80	605.9	371.0
5	32.04	8.39	874.5	535.5
6	∞	∞	899.9	551.1

<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	19 DICEMBRE 2023

### Prova MASW-4

**$V_{SEQ}$  (dove  $H_{SUB} > 30$  m) =  $V_{S30}$  = 331,81 m/s**

**CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018**



### Risultati MASW4:

Quota stendimento: piano campagna (zona ovest);

Profondità substrato sismico: >30 m

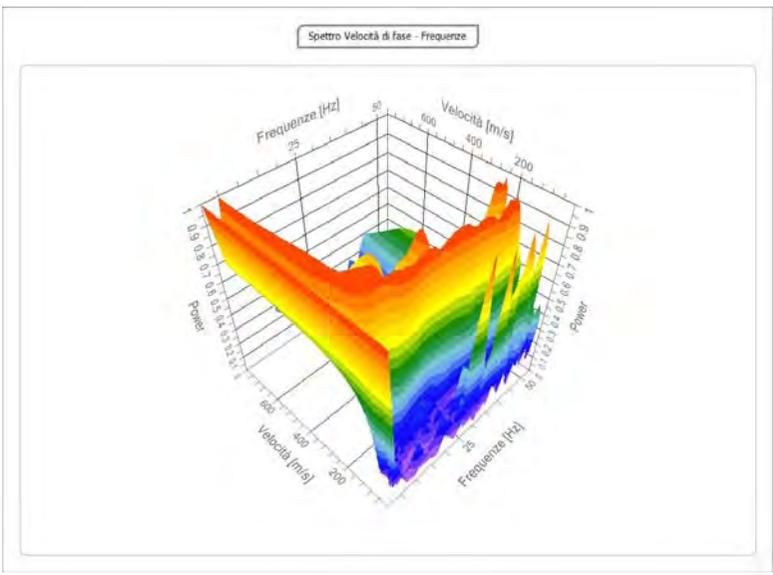
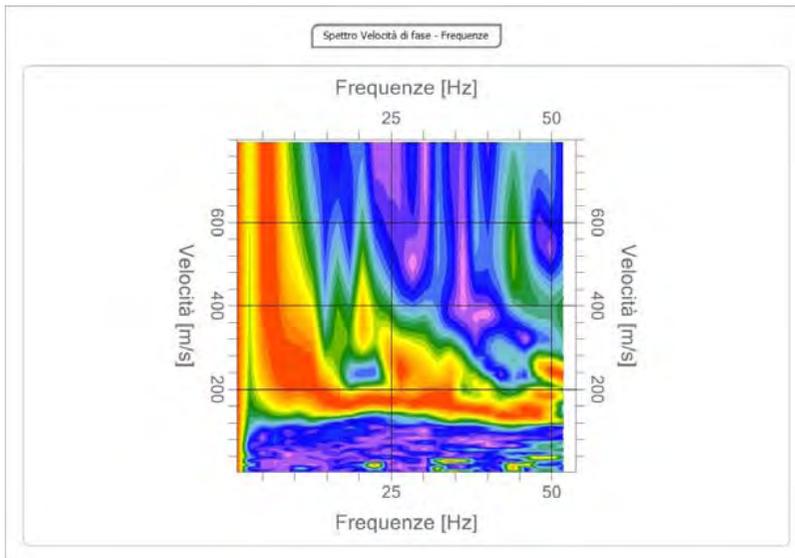
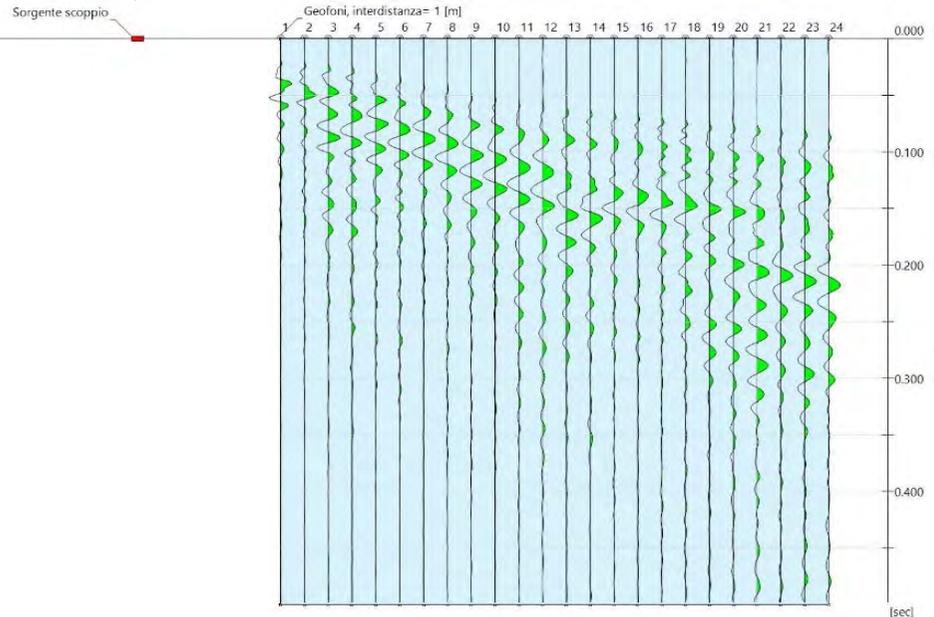
$V_{SEQ} = V_{S30} = 331,81$  m/s; Categoria del suolo: **C**

**Suolo di tipo 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 ( $V_{SEQUIVALENTE}$ ) compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-5</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 315,71 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

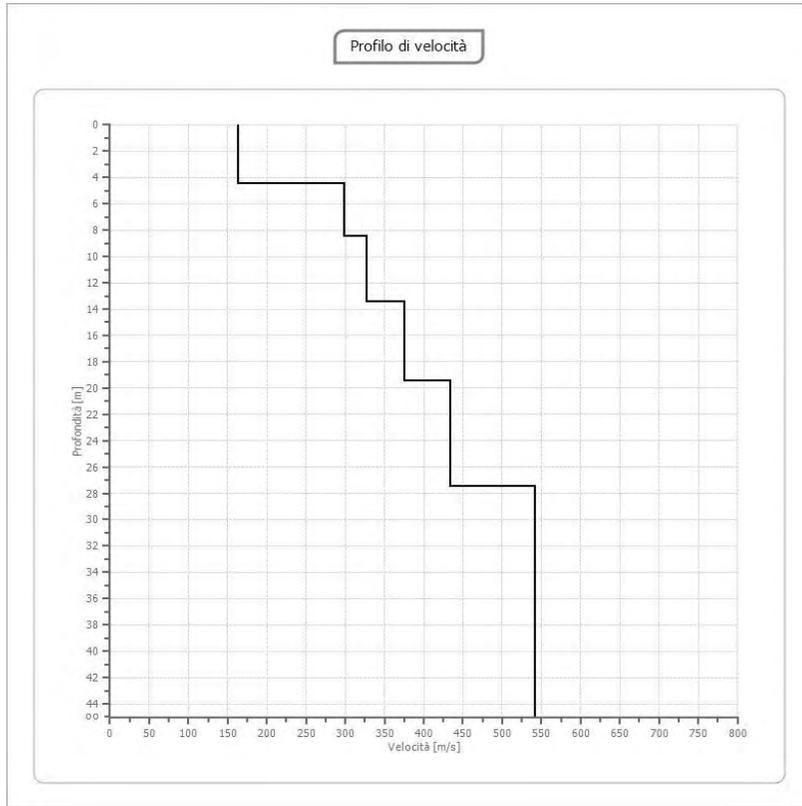
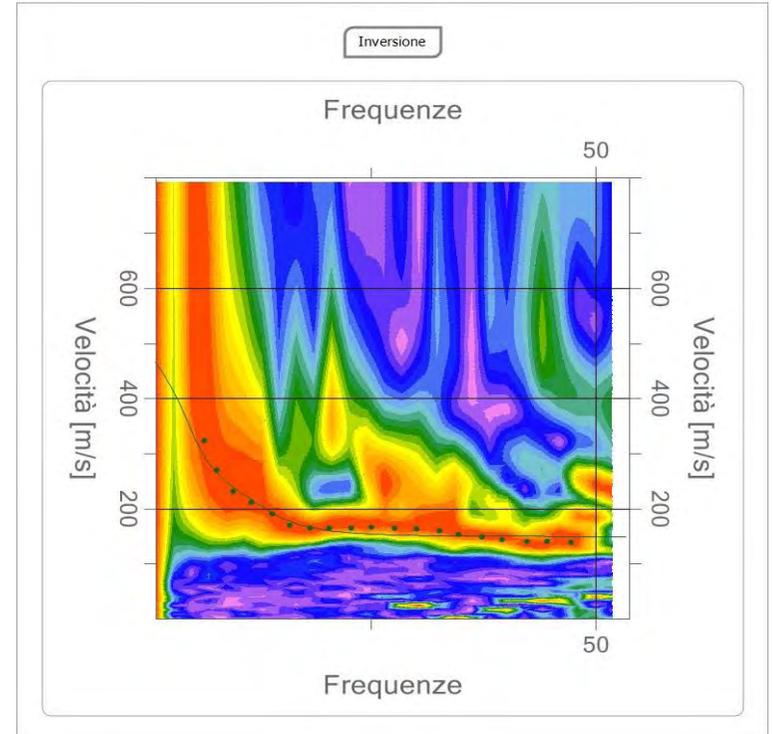
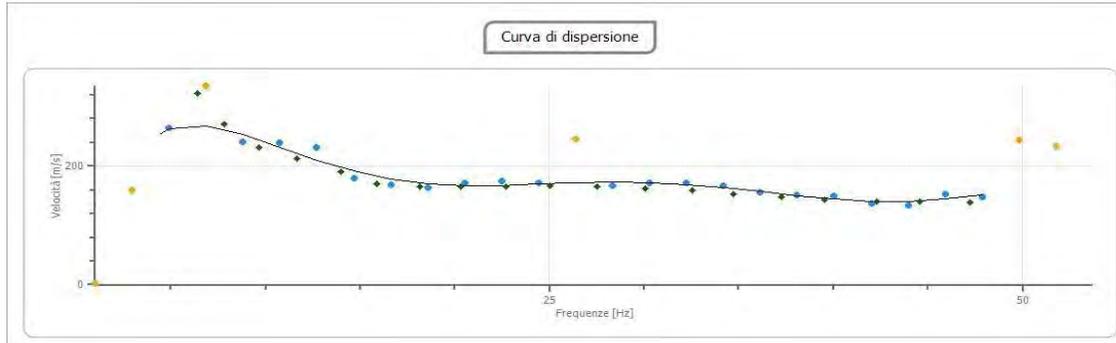


**UBICAZIONE INDICATIVA DELLO STENDIMENTO SU IMMAGINE SATELLITARE:**



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-5</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 315,71 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

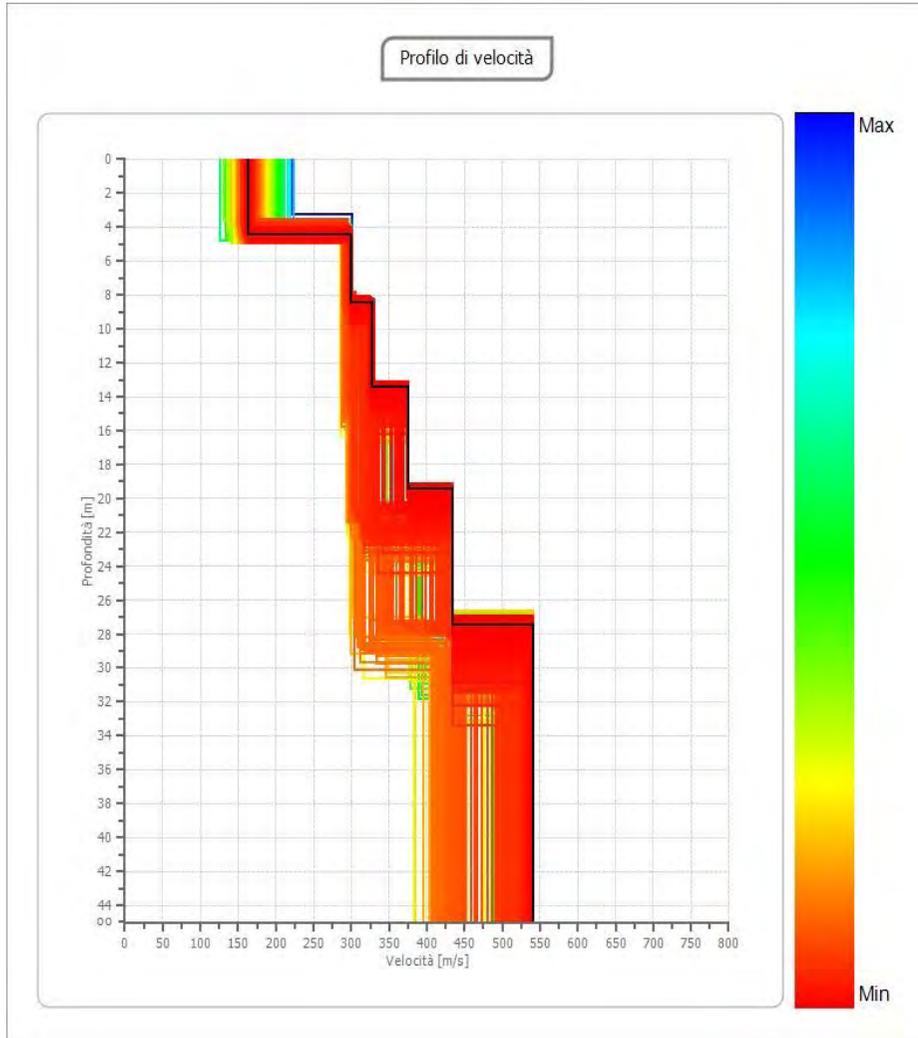


Inversione:

N.	PROFONDITÀ [M]	SPESSORE [M]	VP [M/SEC]	Vs [M/SEC]
1	4.46	4.46	267.4	163.7
2	8.46	4.00	488.5	299.2
3	13.46	5.00	534.7	327.5
4	19.46	6.00	612.1	374.8
5	27.47	8.01	708.1	433.6
6	∞	∞	883.8	541.2

<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-5</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 315,71 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>



**Risultati MASW5:**

Quota stendimento: piano campagna (a monte dei fronti);

Profondità substrato sismico: >30 m

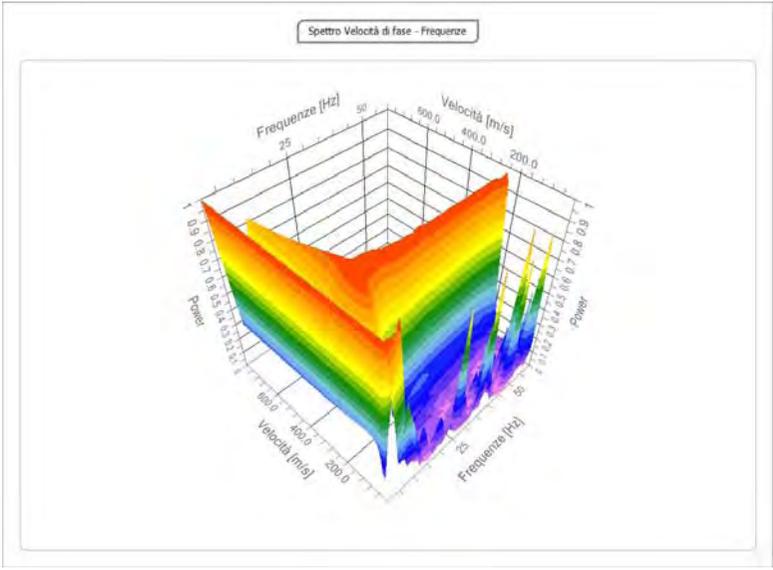
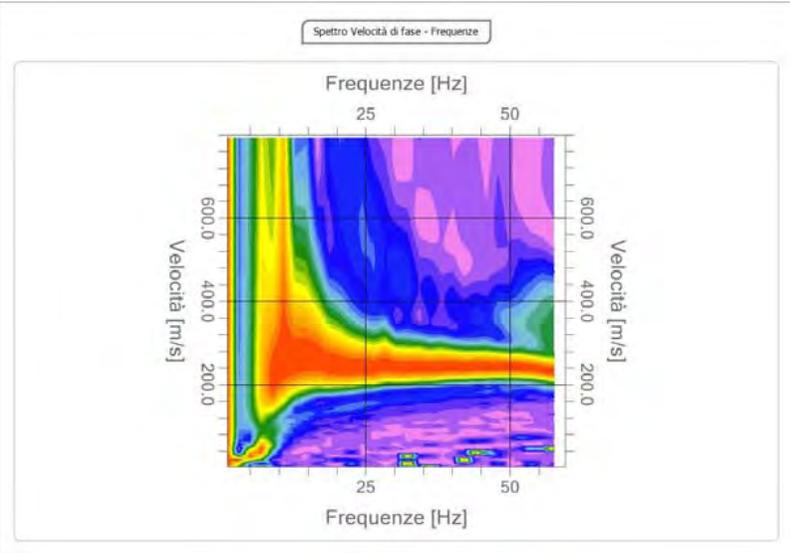
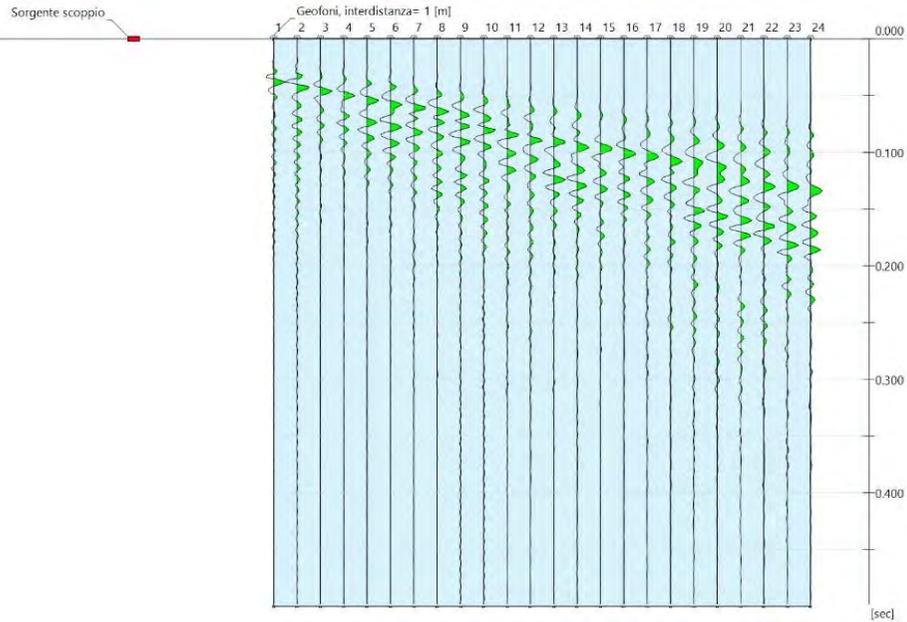
$V_{SEq} = V_{S30} = 315,71$  m/s; Categoria del suolo: **C**

**Suolo di tipo 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 ( $V_{SEQUIVALENTE}$ ) compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-6</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 357,16 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

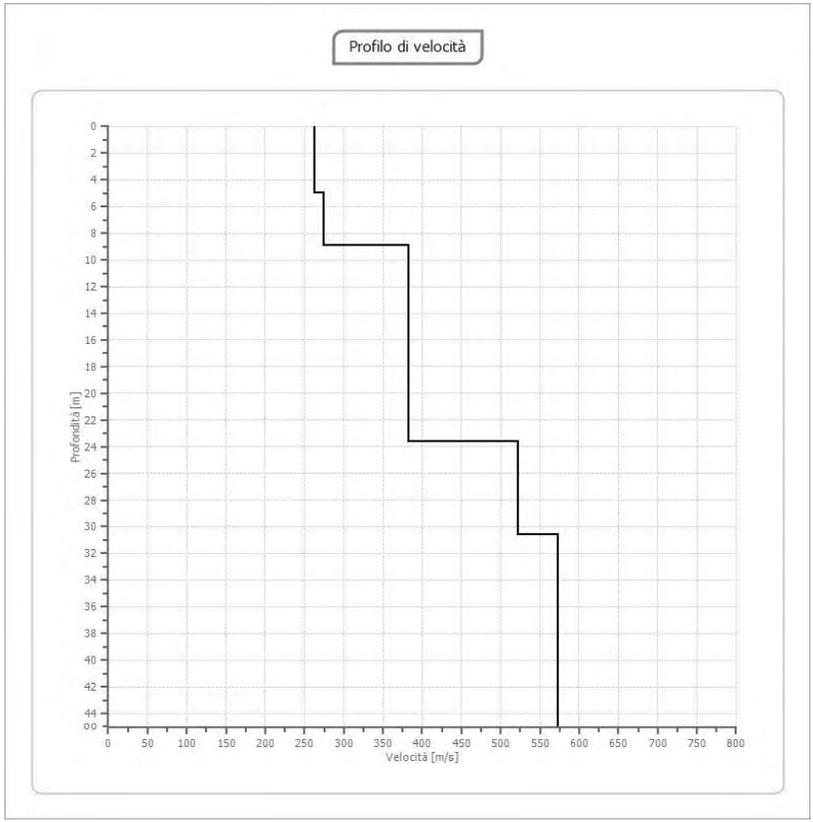
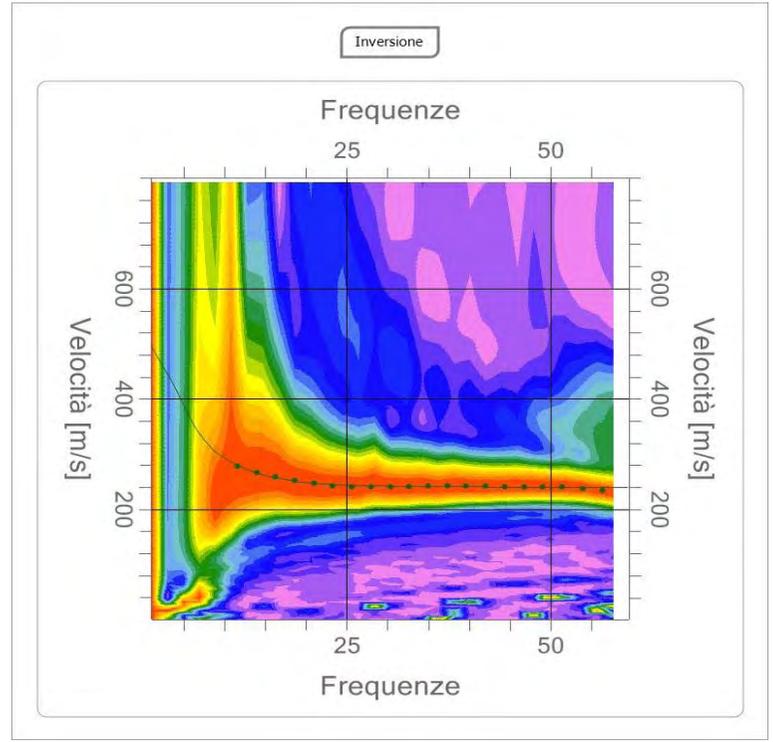
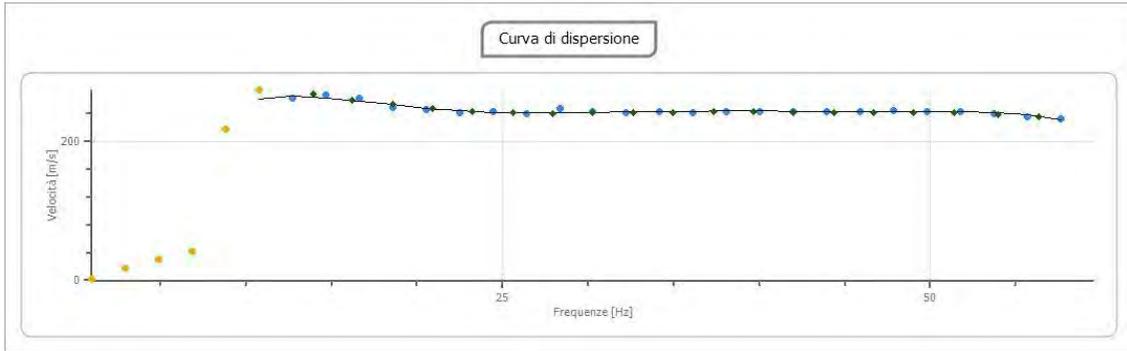


**UBICAZIONE INDICATIVA DELLO STENDIMENTO SU IMMAGINE SATELLITARE:**



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-6</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 357,16 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

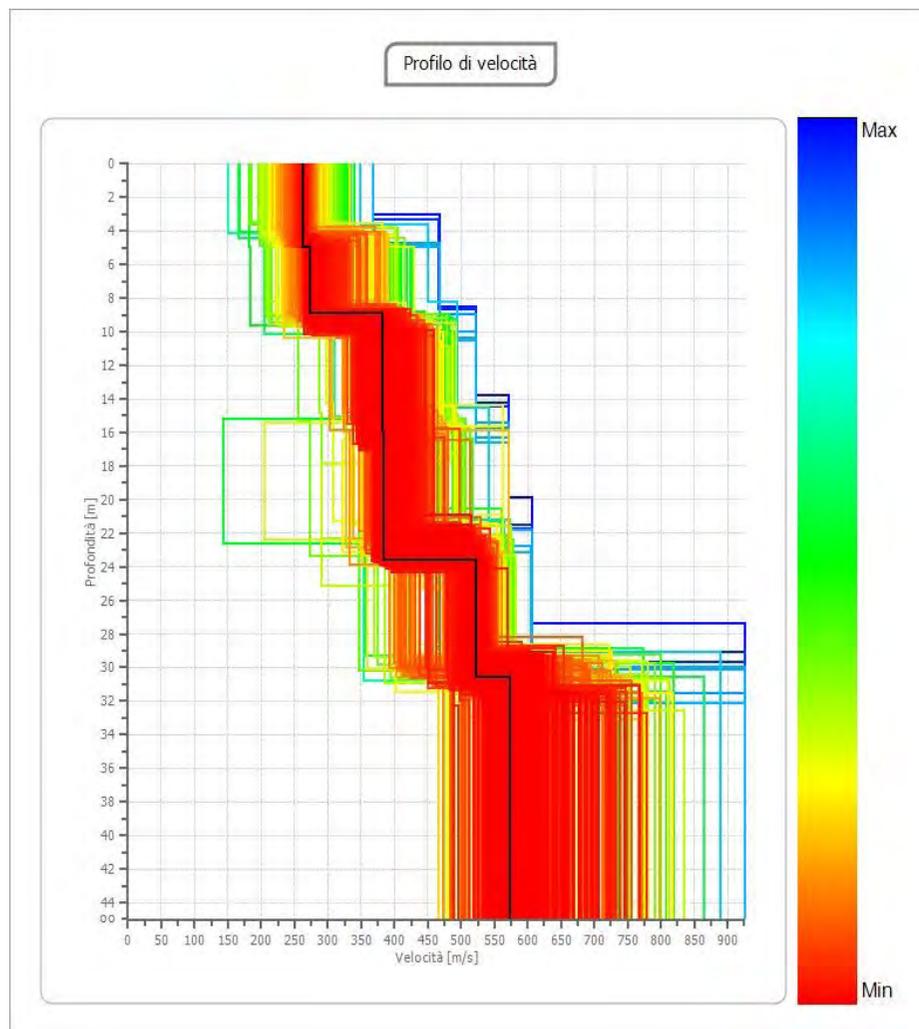


Inversione:

N.	PROFONDITÀ [M]	SPESSORE [M]	VP [M/SEC]	Vs [M/SEC]
1	4.94	4.94	429.4	262.9
2	8.94	4.00	447.2	273.9
3	15.94	7.00	623.7	381.9
4	23.60	7.65	625.1	382.8
5	30.60	7.00	852.2	521.9
6	∞	∞	934.8	572.5

<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-6</b>
<b><math>V_{SEQ}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 357,16 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>



### Risultati MASW6:

Quota stendimento: piano campagna (zona nord);

Profondità substrato sismico: >30 m

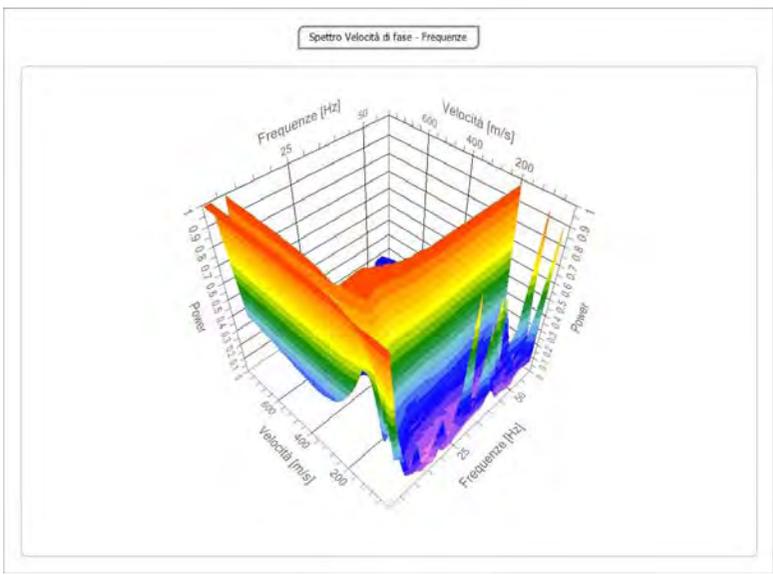
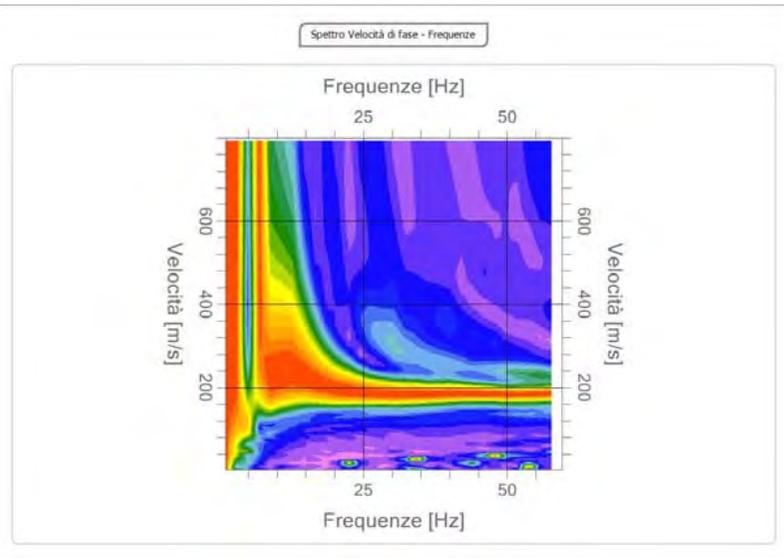
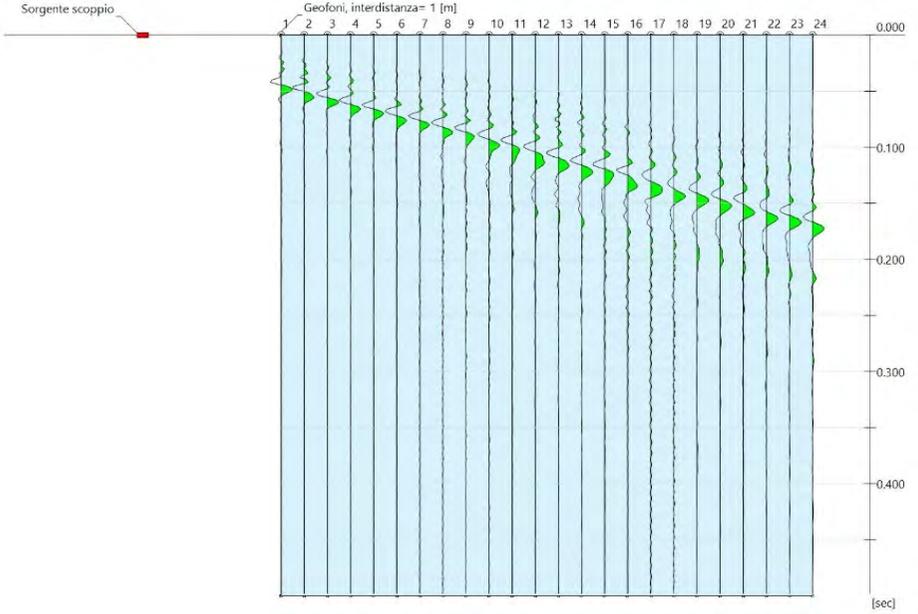
$V_{SEQ} = V_{S30} = 357,16$  m/s; Categoria del suolo: **C**

**Suolo di tipo 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 ( $V_{EQUIVALENTE}$ ) compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-7</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>VS_{30}</math> = 295,47 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

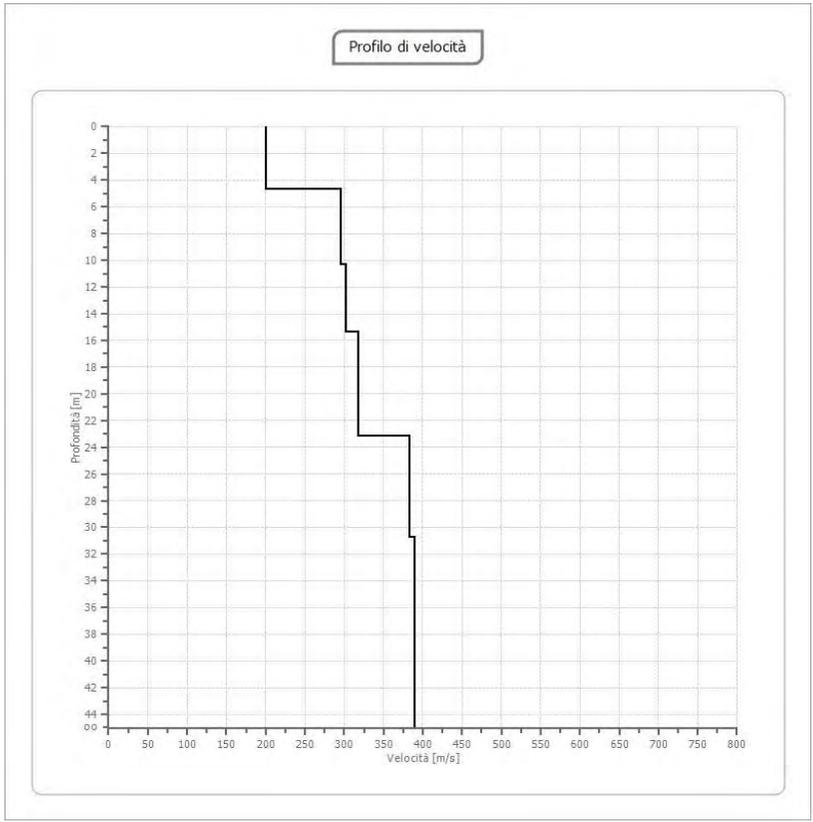
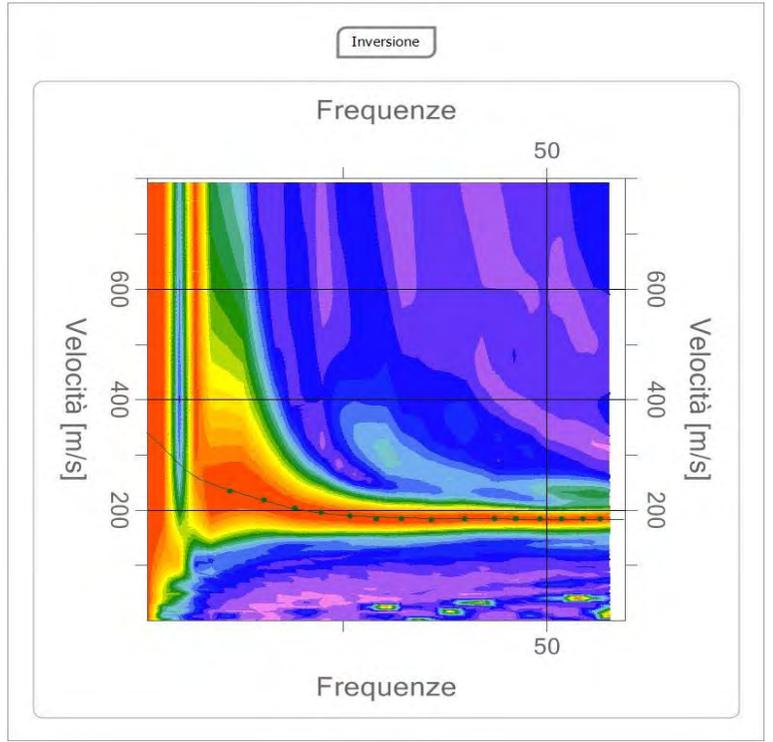
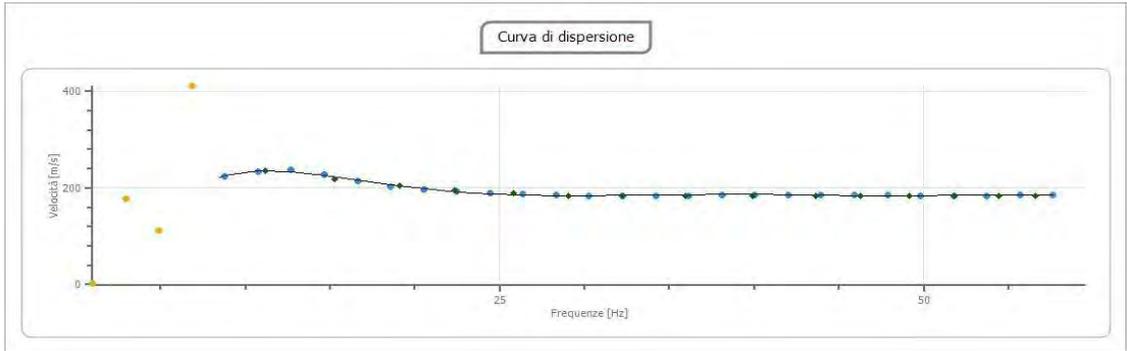


**UBICAZIONE INDICATIVA DELLO STENDIMENTO SU IMMAGINE SATELLITARE:**



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-7</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 295,47 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>



Inversione:

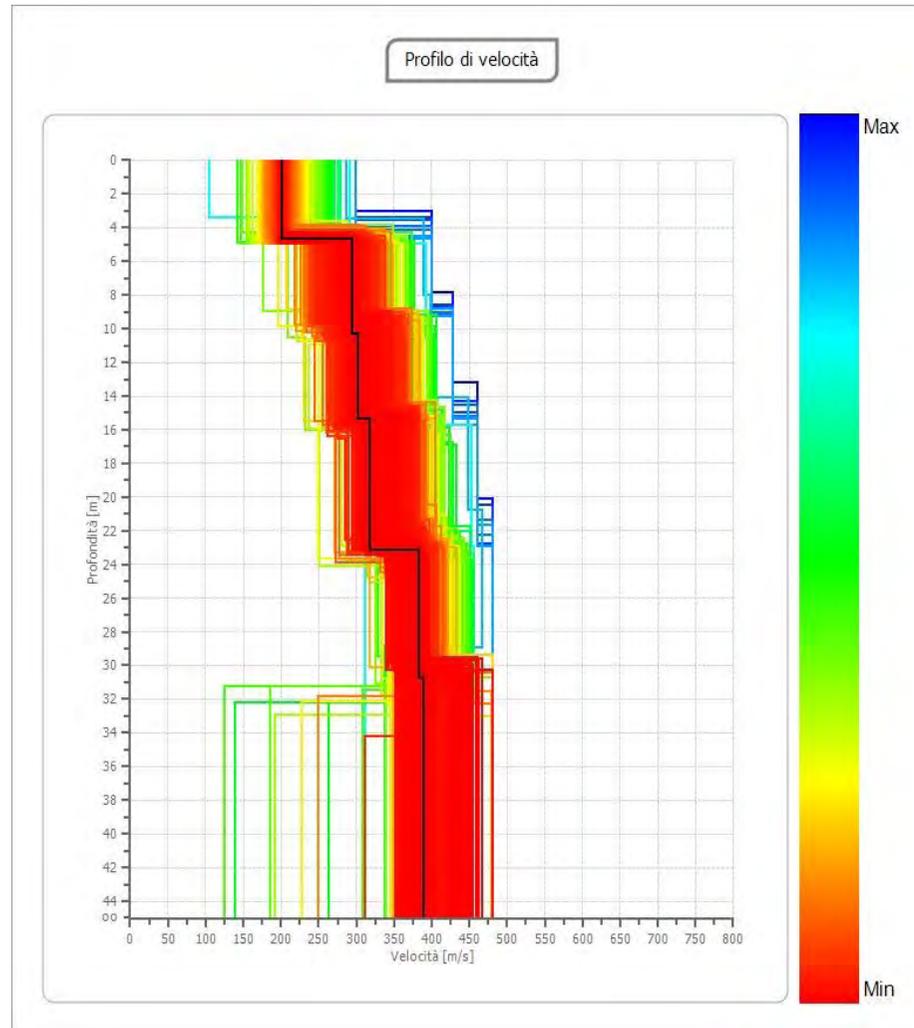
N.	PROFONDITÀ [M]	SPESSORE [M]	VP [M/SEC]	Vs [M/SEC]
1	4.70	4.70	327.9	200.8
2	10.33	5.63	481.9	295.1
3	15.39	5.07	492.4	301.5
4	23.15	7.75	519.3	318.0
5	30.73	7.59	626.0	383.4
6	∞	∞	636.0	389.5

<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

### Prova MASW-7

**$V_{SEQ}$  (dove  $H_{SUB} > 30$  m) =  $V_{S30}$  = 295,47 m/s**

**CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018**



### Risultati MASW7:

Quota stendimento: piano campagna (a valle dei fronti);

Profondità substrato sismico: >30 m

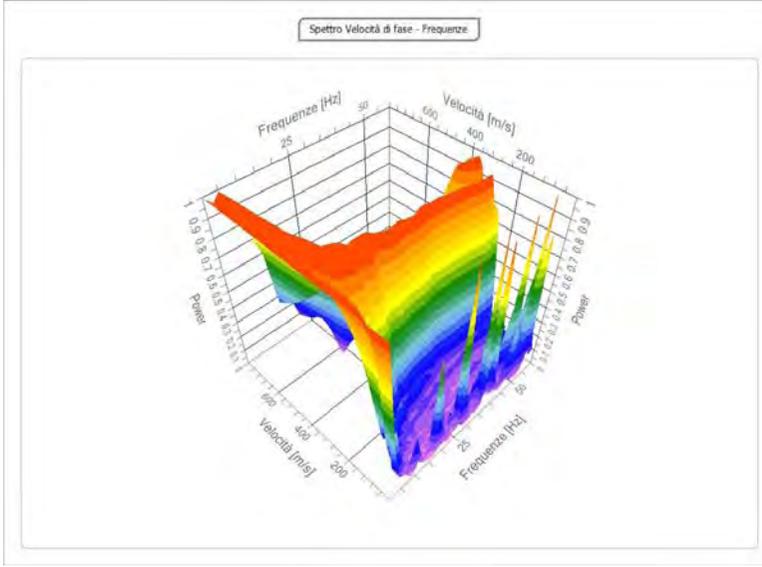
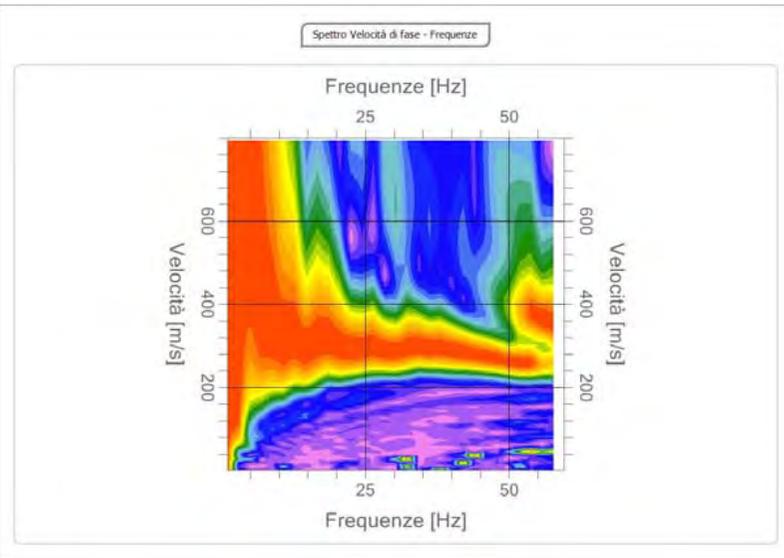
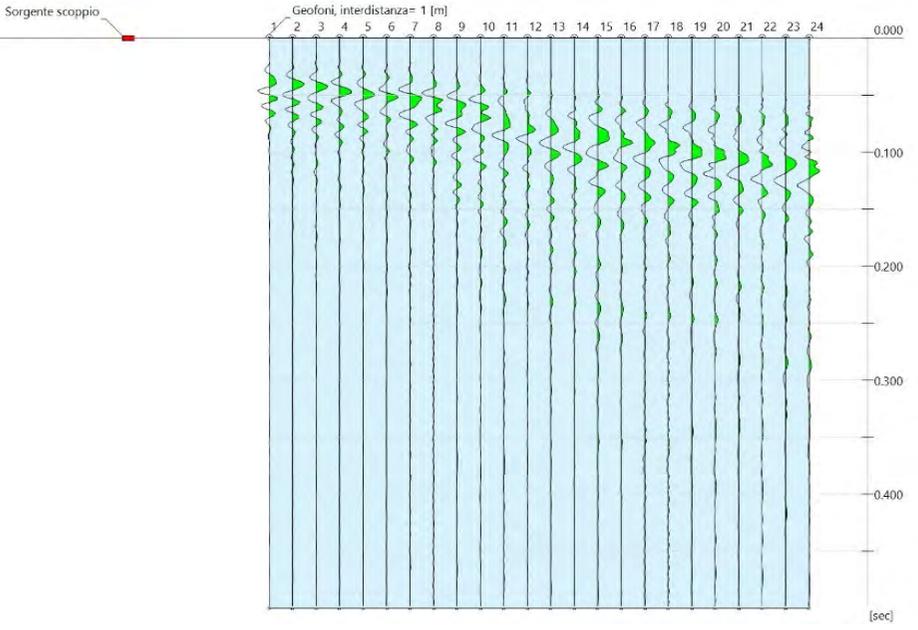
$V_{SEQ} = V_{S30} = 295,47$  m/s; Categoria del suolo: **C**

**Suolo di tipo 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 ( $V_{SEQUIVALENTE}$ ) compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-8</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 401,40 m/s</b>
<b>CLASSE "B" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

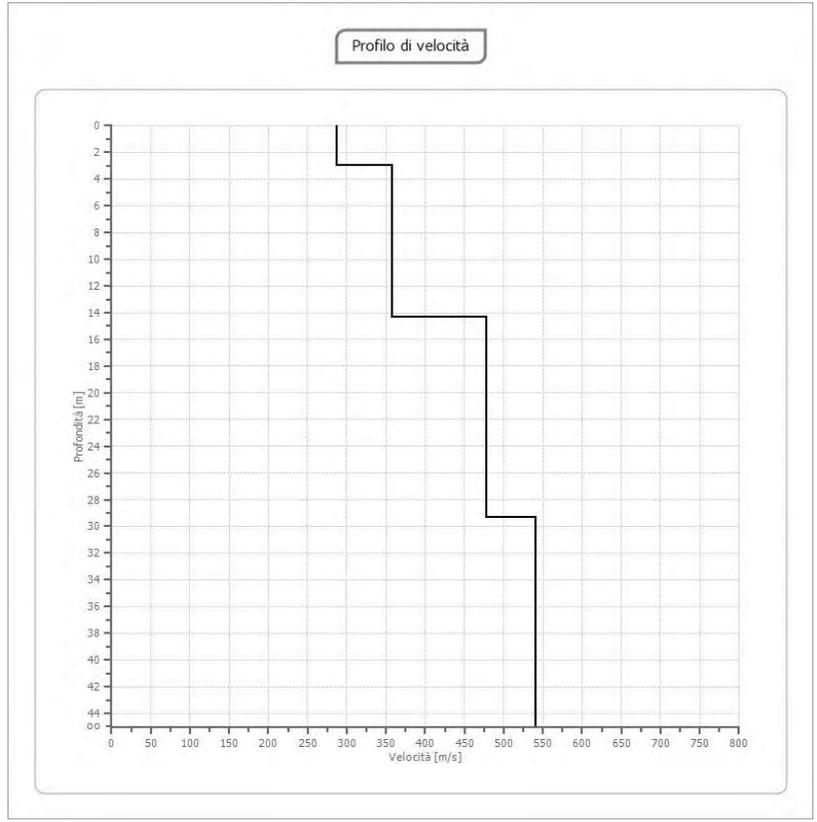
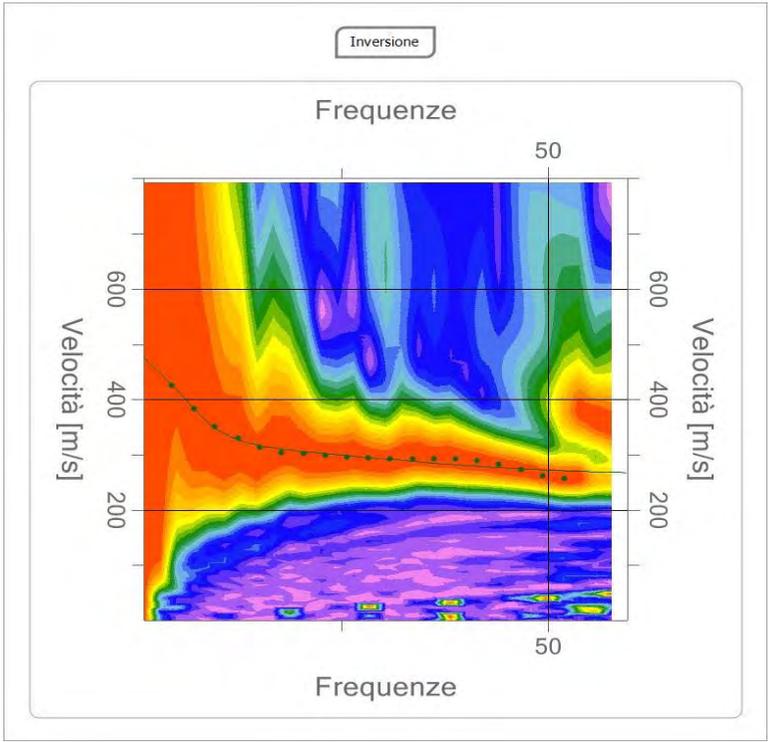
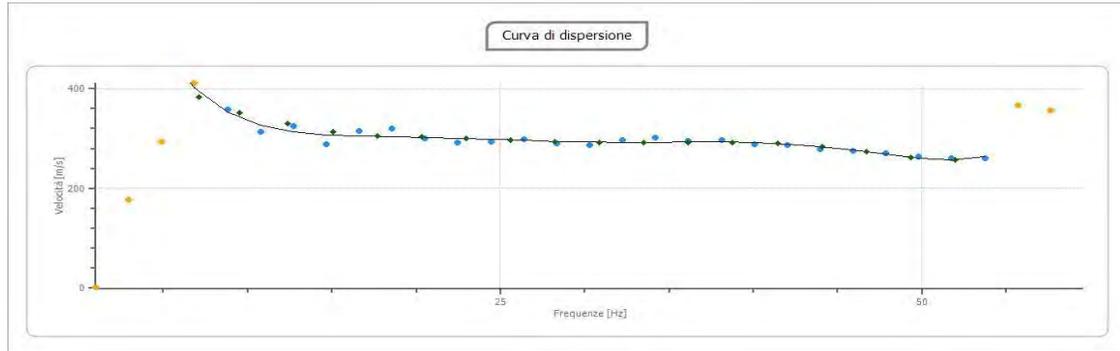


**UBICAZIONE INDICATIVA DELLO STENDIMENTO SU IMMAGINE SATELLITARE:**



<b>COMMITENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-8</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 401,40 m/s</b>
<b>CLASSE "B" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

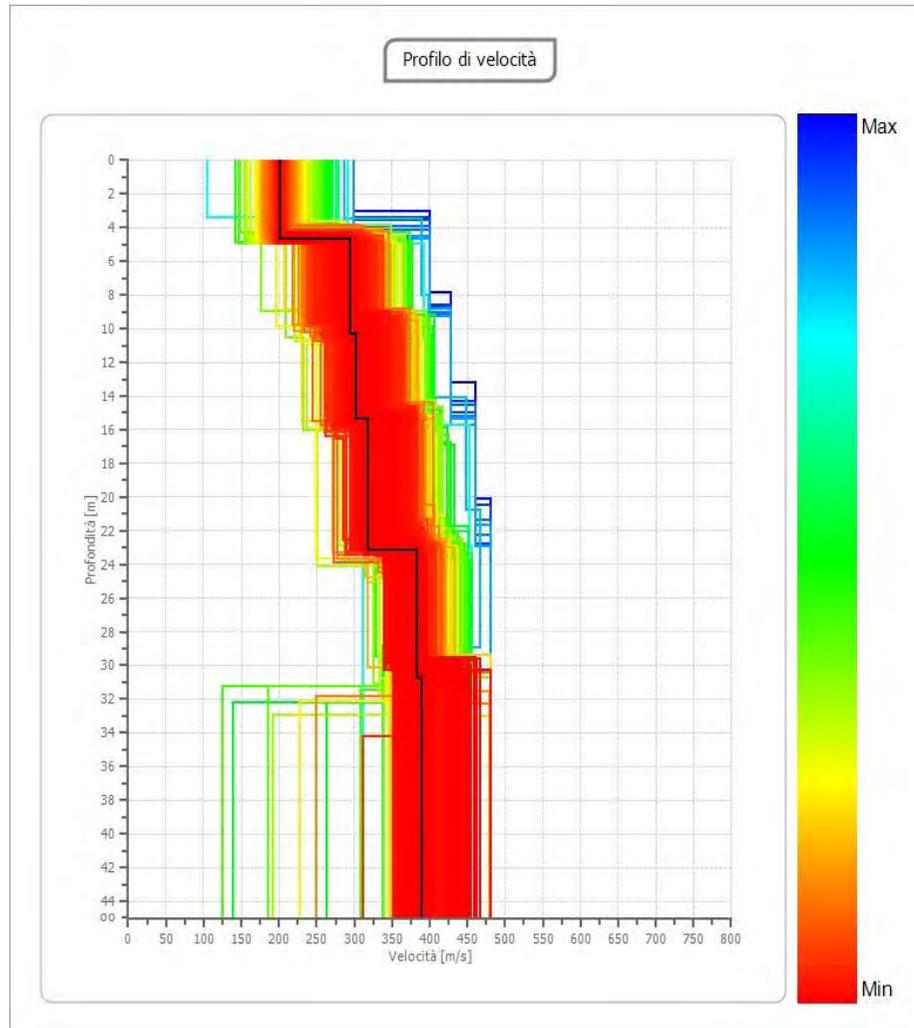


Inversione:

N.	PROFONDITÀ [M]	SPESORE [M]	VP [M/SEC]	Vs [M/SEC]
1	3.00	3.00	468.9	287.2
2	8.32	5.32	583.4	357.3
3	14.32	6.00	583.8	357.5
4	22.29	7.97	781.0	478.2
5	29.30	7.01	781.0	478.3
6	∞	∞	883.4	541.0

<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-8</b>
<b><math>V_{SEQ}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 401,40 m/s</b>
<b>CLASSE "B" ai sensi NTC 17/01/2018</b>



**Risultati MASW8:**

Quota stendimento: piano campagna (a monte dei fronti);

Profondità substrato sismico: >30 m

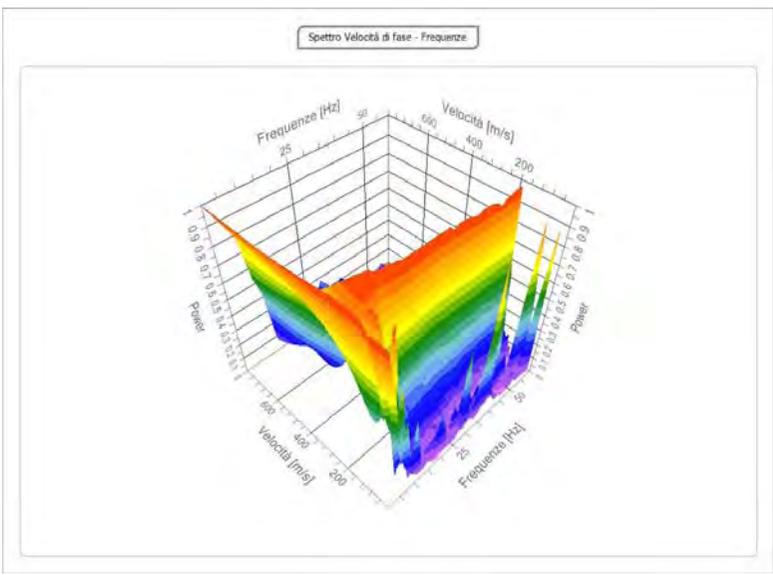
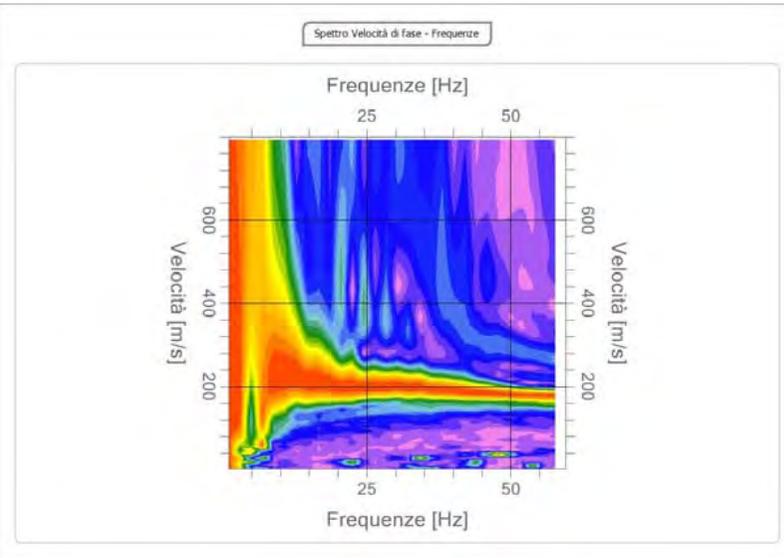
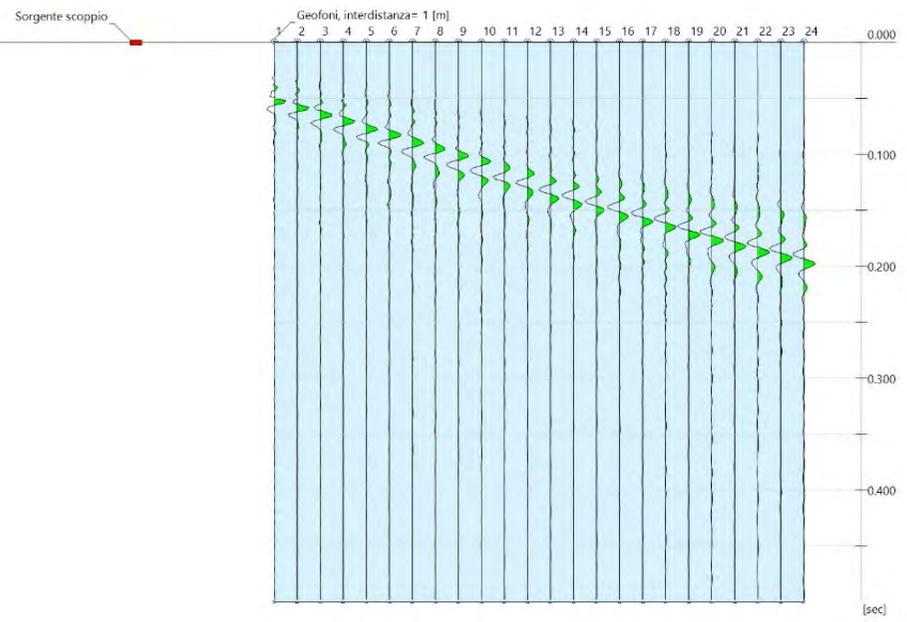
$V_{SEQ} = V_{S30} = 401,40$  m/s; Categoria del suolo: **B**

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



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-9</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>VS_{30}</math> = 283,49 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

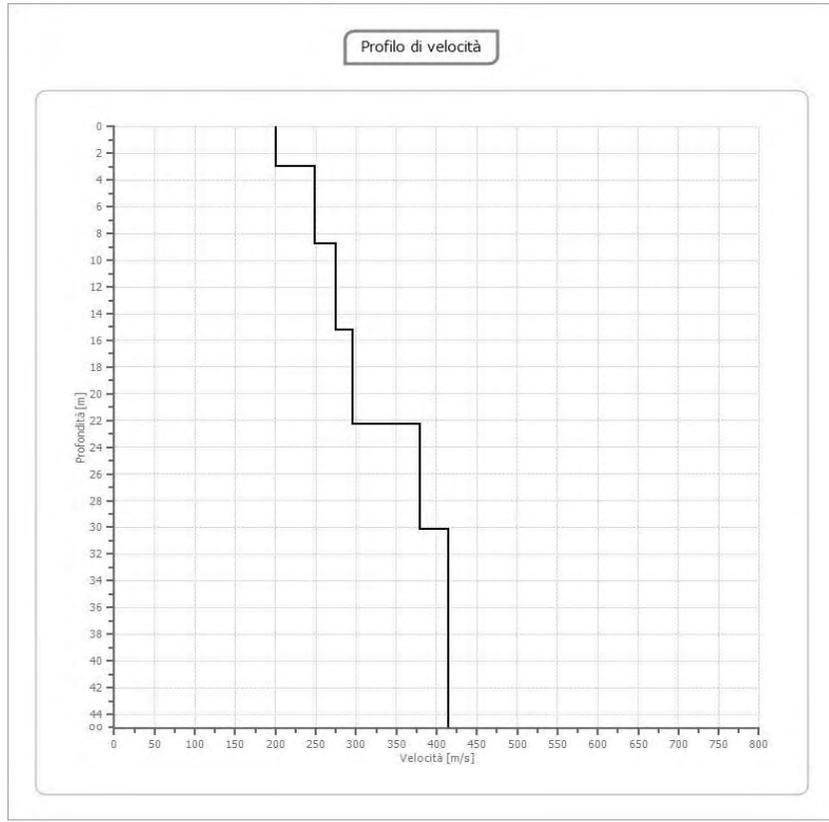
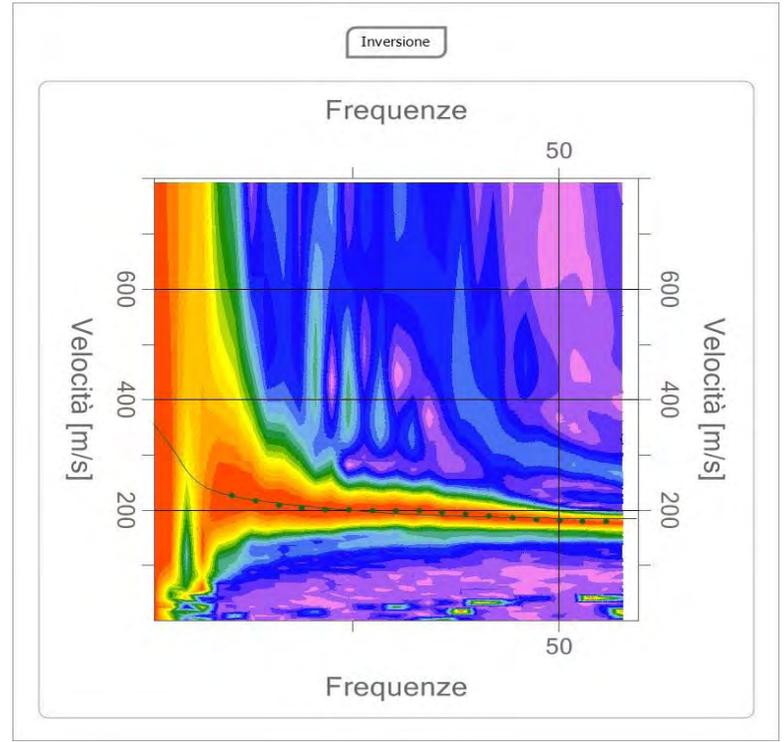
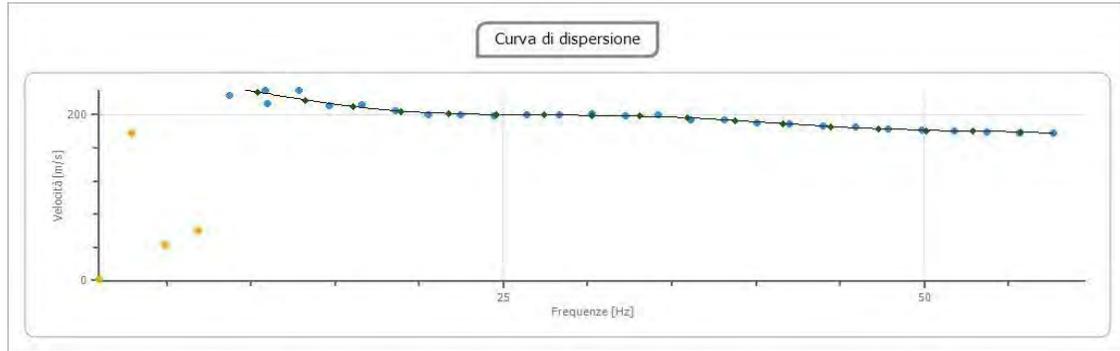


**UBICAZIONE INDICATIVA DELLO STENDIMENTO SU IMMAGINE SATELLITARE:**



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-9</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 283,49 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

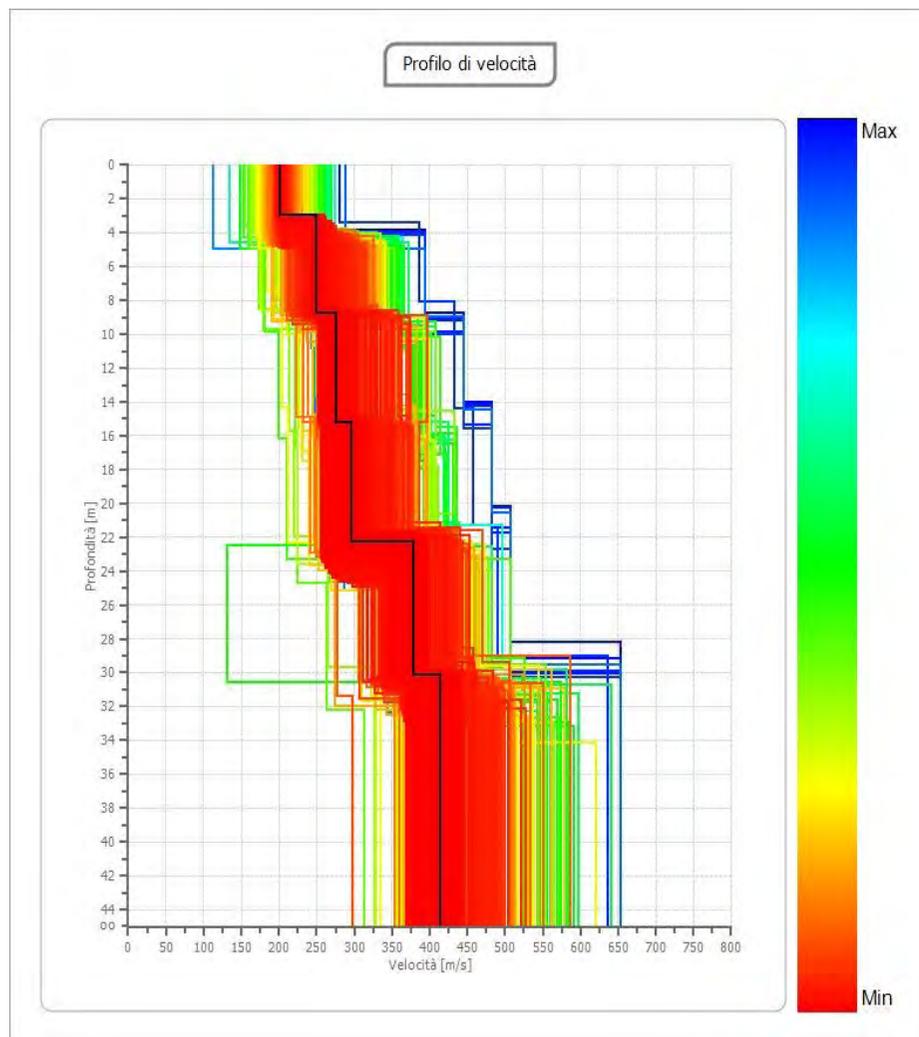


Inversione:

N.	PROFONDITÀ [M]	SPESSORE [M]	VP [M/SEC]	Vs [M/SEC]
1	3.00	3.00	327.9	200.8
2	8.75	5.75	405.9	248.6
3	15.20	6.45	449.2	275.1
4	22.26	7.07	483.3	295.9
5	30.16	7.89	618.2	378.6
6	∞	∞	675.6	413.7

<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	20 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-9</b>
<b><math>V_{SEQ}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 283,49 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>



### Risultati MASW9:

Quota stendimento: piano campagna (a valle dei fronti);

Profondità substrato sismico: >30 m

$V_{SEQ} = V_{S30} = 283,49$  m/s; Categoria del suolo: **C**

**Suolo di tipo 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 ( $V_{EQUIVALENTE}$ ) compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

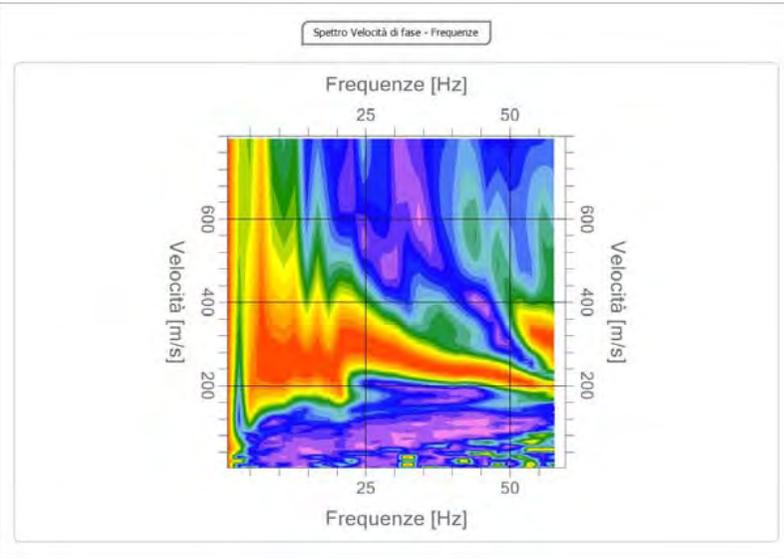
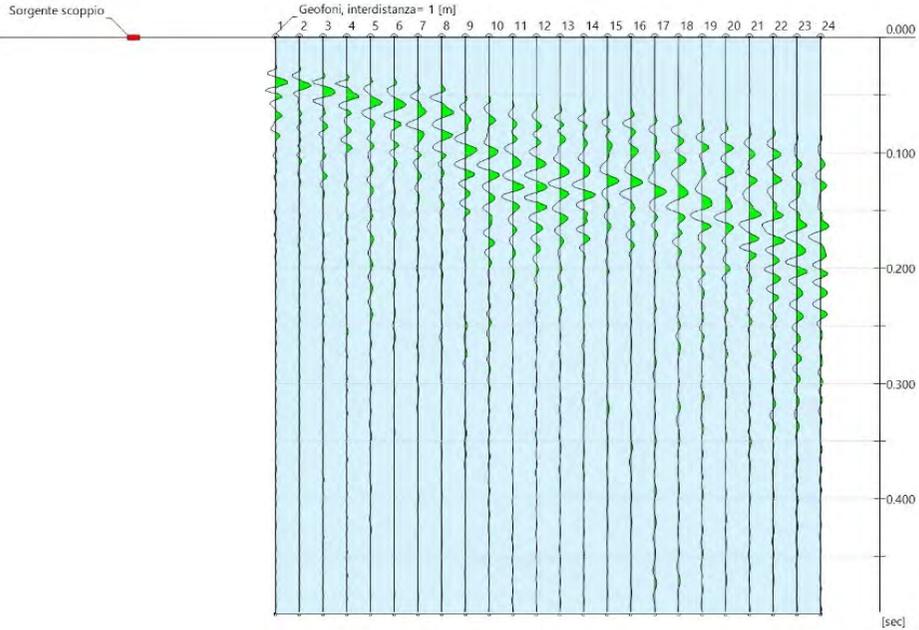


<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	22 DICEMBRE 2023

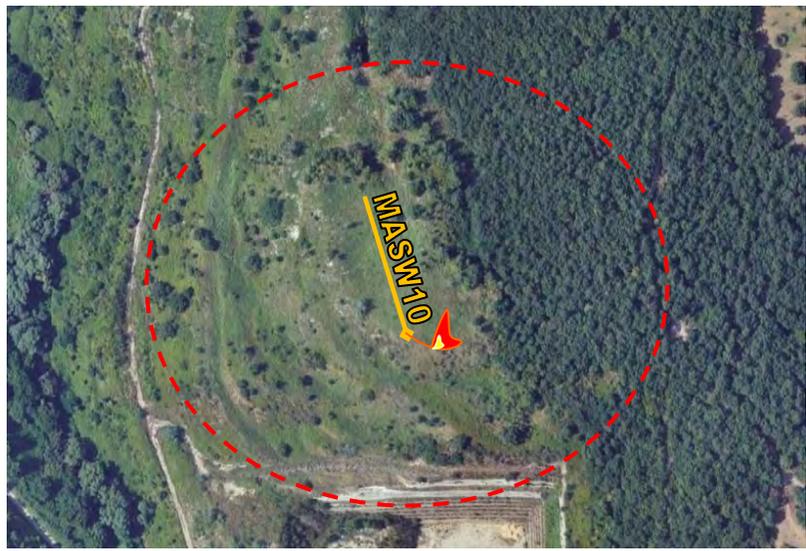
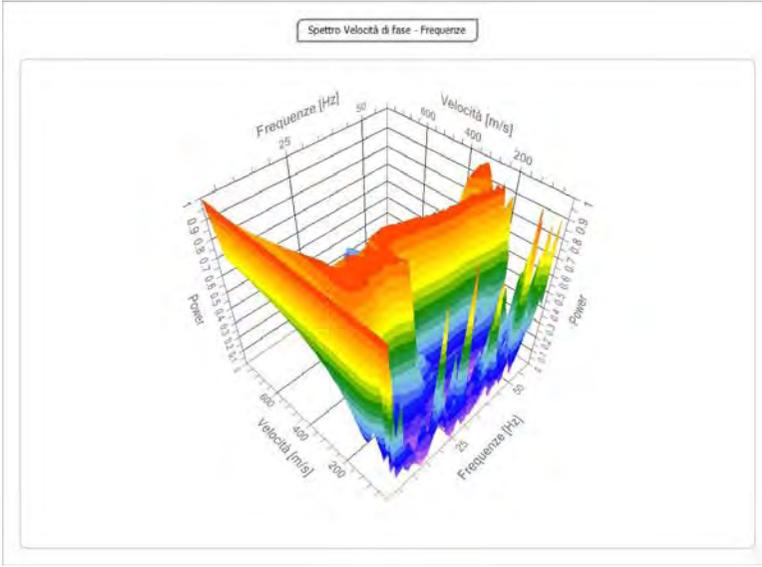
**Prova MASW-10**

**$V_{SEq}$  (dove  $H_{SUB} > 30$  m) =  $VS_{30}$  = 314,12 m/s**

**CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018**

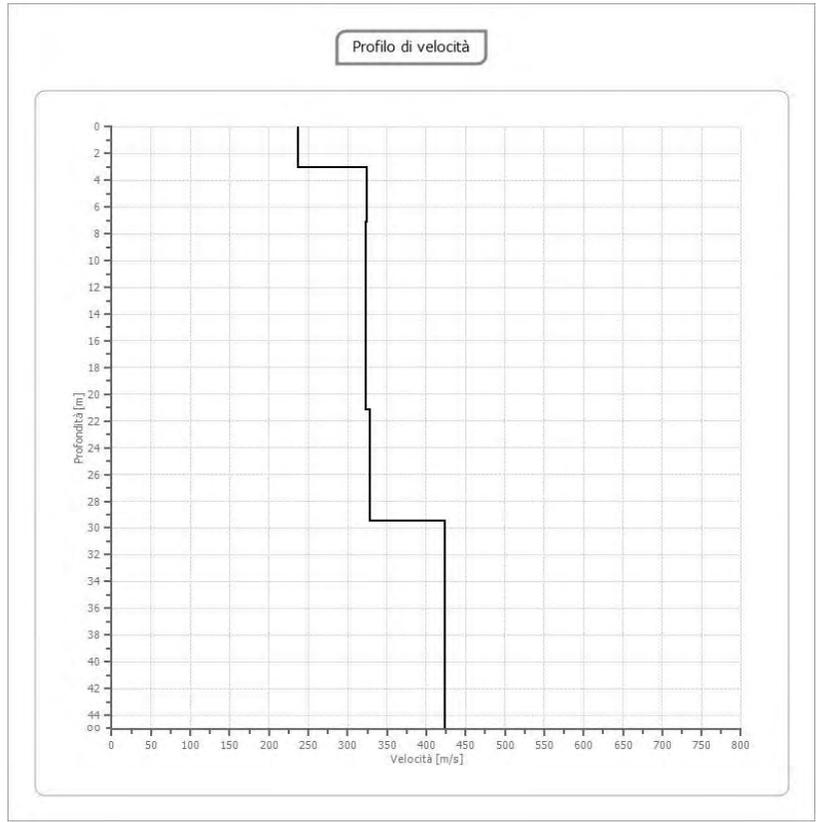
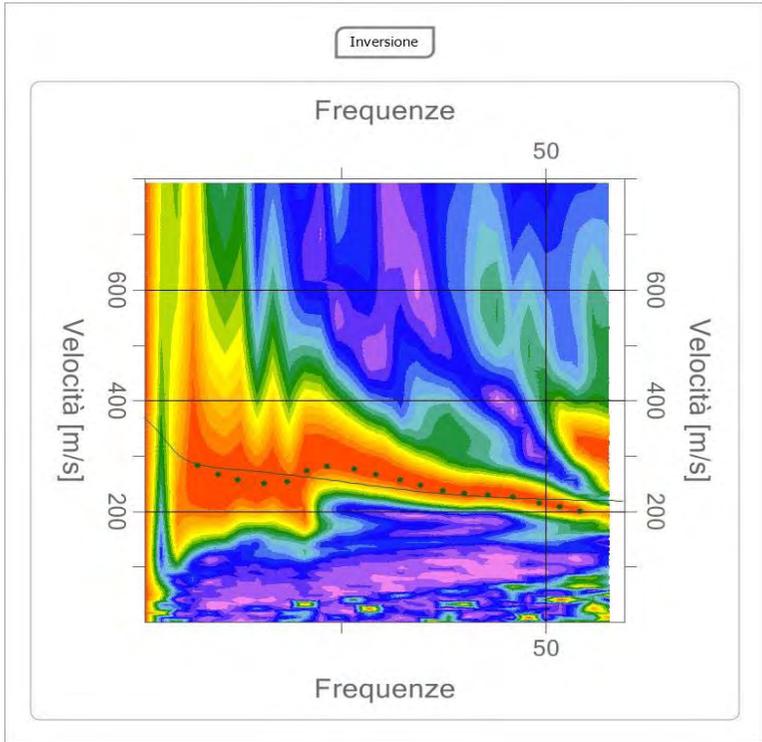
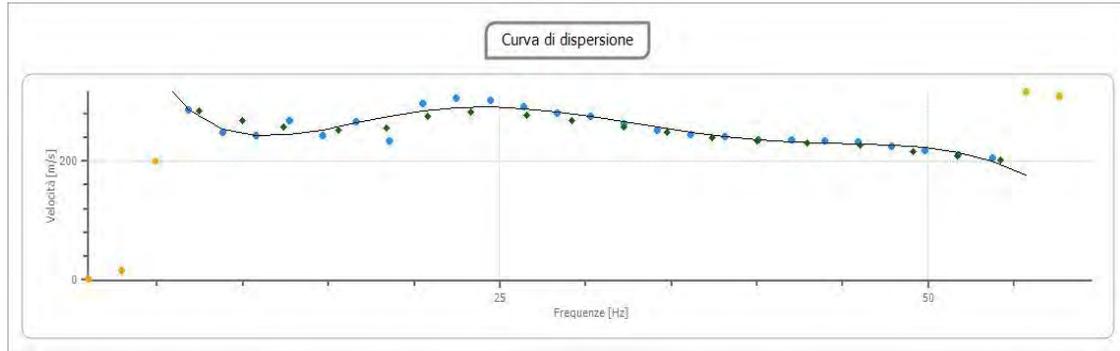


**UBICAZIONE INDICATIVA DELLO STENDIMENTO SU IMMAGINE SATELLITARE:**



<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	22 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-10</b>
<b><math>V_{SEq}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 314,12 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>

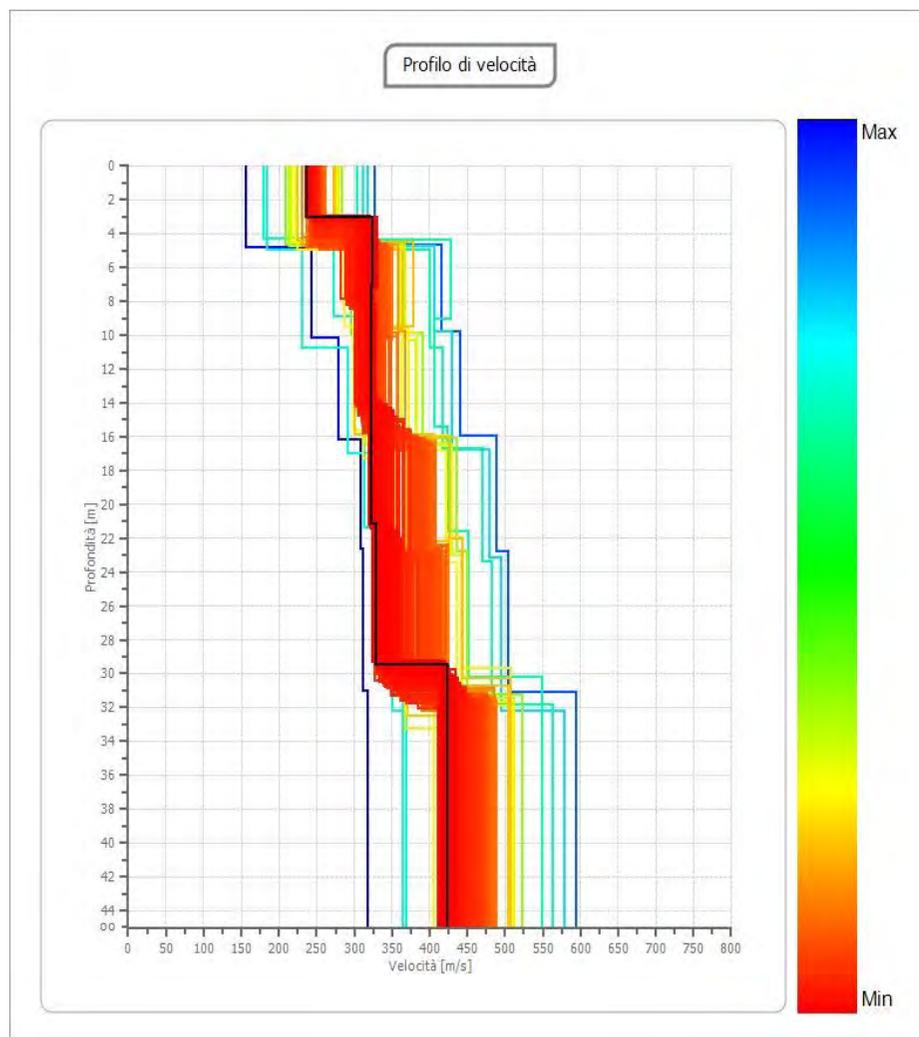


Inversione:

N.	PROFONDITÀ [M]	SPESSORE [M]	VP [M/SEC]	Vs [M/SEC]
1	3.01	3.01	387.2	237.1
2	7.15	4.13	529.7	324.4
3	13.72	6.57	527.0	322.7
4	21.19	7.47	526.9	322.7
5	29.51	8.32	535.3	327.8
6	∞	∞	690.7	423.0

<b>COMMITTENTE:</b>	CONSORZIO COMONSI
<b>PROGETTO:</b>	CAVA SOLAR
<b>LOCALITÀ:</b>	CAVE DI TUFO - VIA PIAN DELL'OLMO, COMUNE DI RIANO
<b>DATA:</b>	22 DICEMBRE 2023

<b>Prova MASW-10</b>
<b><math>V_{SEQ}</math> (dove <math>H_{SUB} &gt; 30</math> m) = <math>V_{S30}</math> = 314,12 m/s</b>
<b>CLASSE "C" ai sensi NTC 17/01/2018</b>



### Risultati MASW10:

Quota stendimento: piano campagna (a monte dei fronti);

Profondità substrato sismico: >30 m

$V_{SEQ} = V_{S30} = 314,12$  m/s; Categoria del suolo: **C**

**Suolo di tipo 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 ( $V_{EQUIVALENTE}$ ) compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



ALLEGATO 7

## INDAGINE SISMICA HVSR ELABORATI GRAFICI



## RAPPORTO DI PROVA HVSR

- *Data:* 19/01/2024
- *Località:* EX CAVA DI TUFO "SOLAR", COMUNE DI RIANO
- *Coordinate:* LAT: 42° 04' 34.71" N - LONG: 12° 30' 39.40" E



## SIGNAL AND WINDOWING

*Sampling frequency:* 300 Hz

*Recording start time:* 2024/01/19 10:42:46

*Recording length:* 30 min

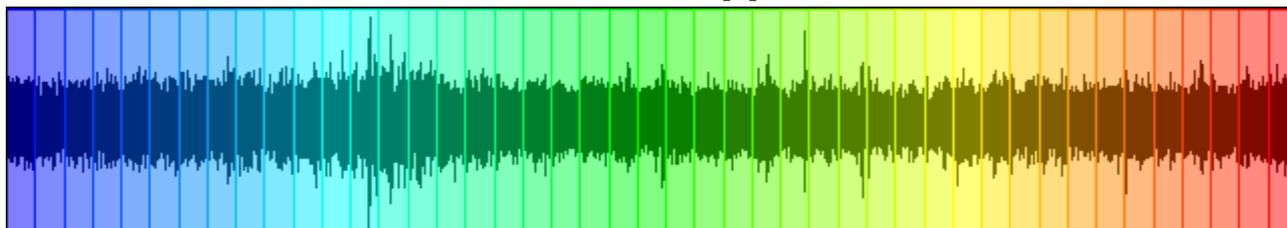
*Windows count:* 45

*Average windows length:* 40

*Signal coverage:* 100%

5389 Counts

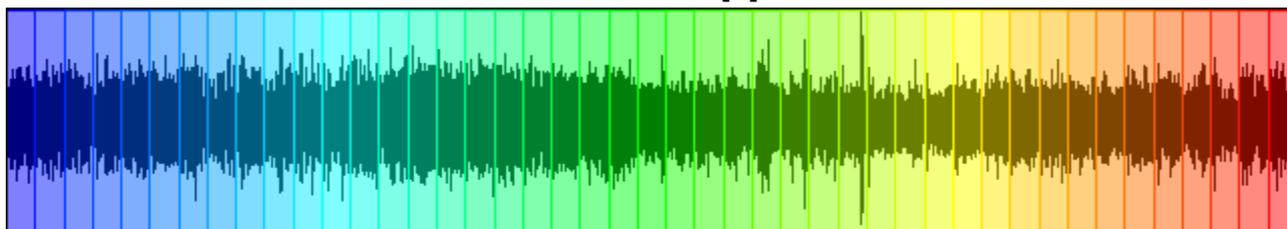
CHANNEL #1 [V]



-5750 Counts

7381 Counts

CHANNEL #2 [N]



-6835 Counts

10228 Counts

CHANNEL #3 [E]



-12079 Counts

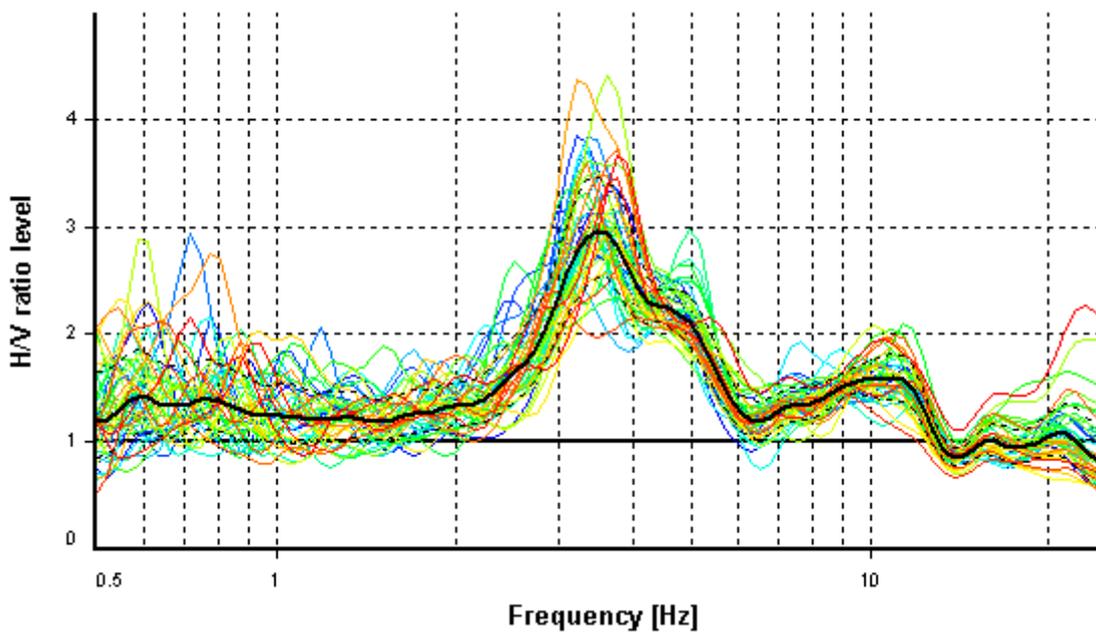
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

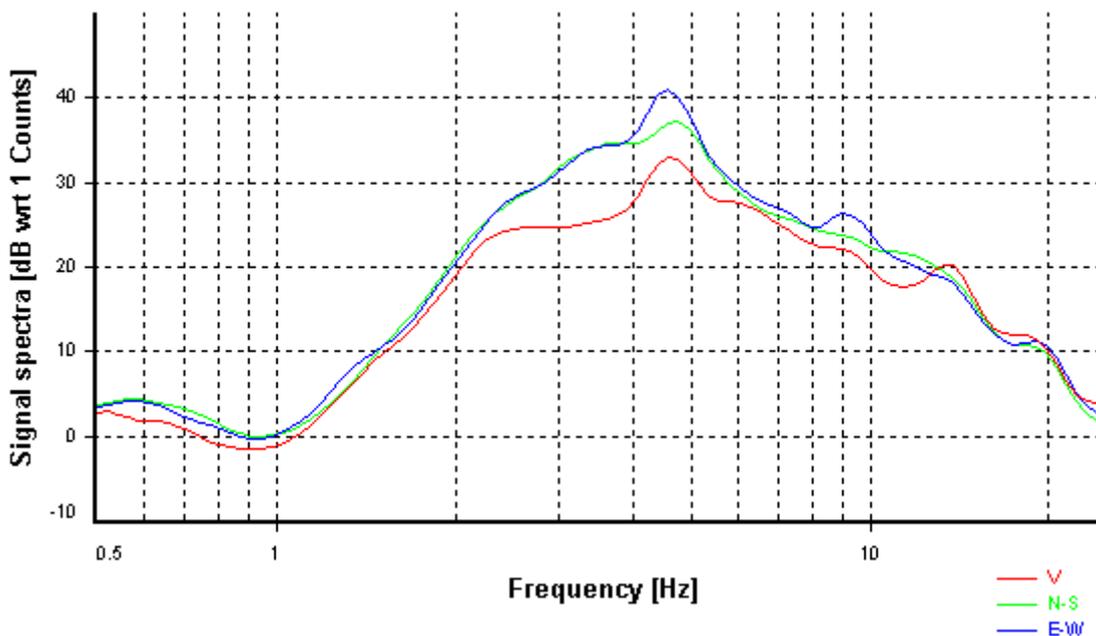
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 30)

*Instrumental correction:* Disabled

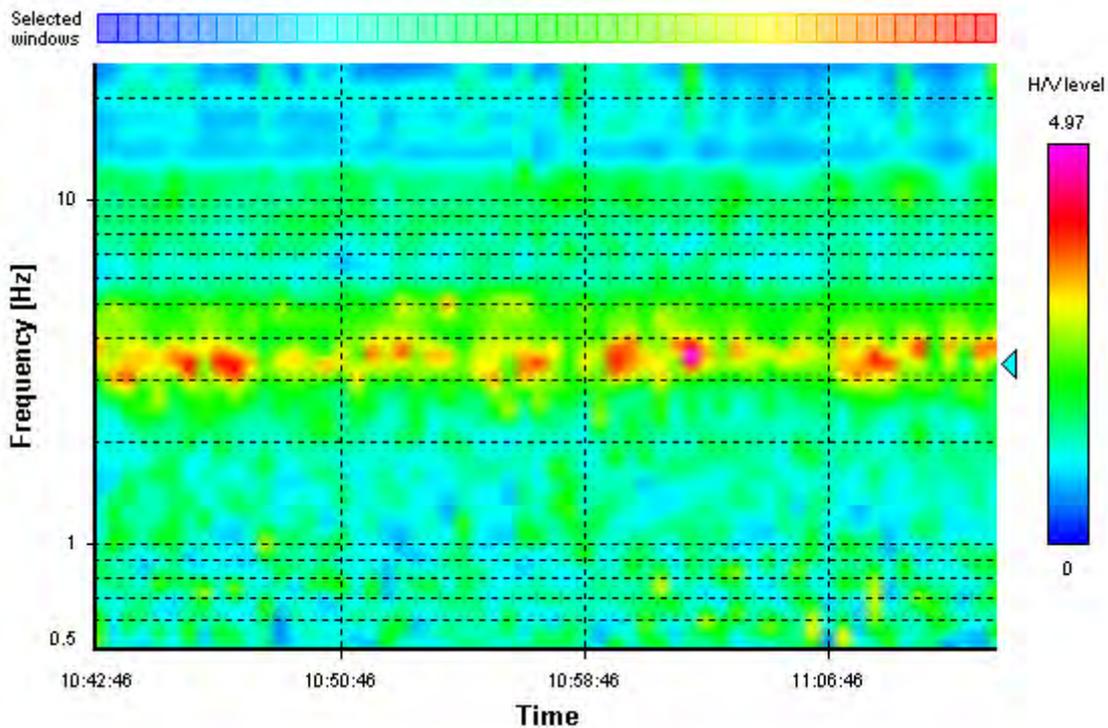
### HVSR average



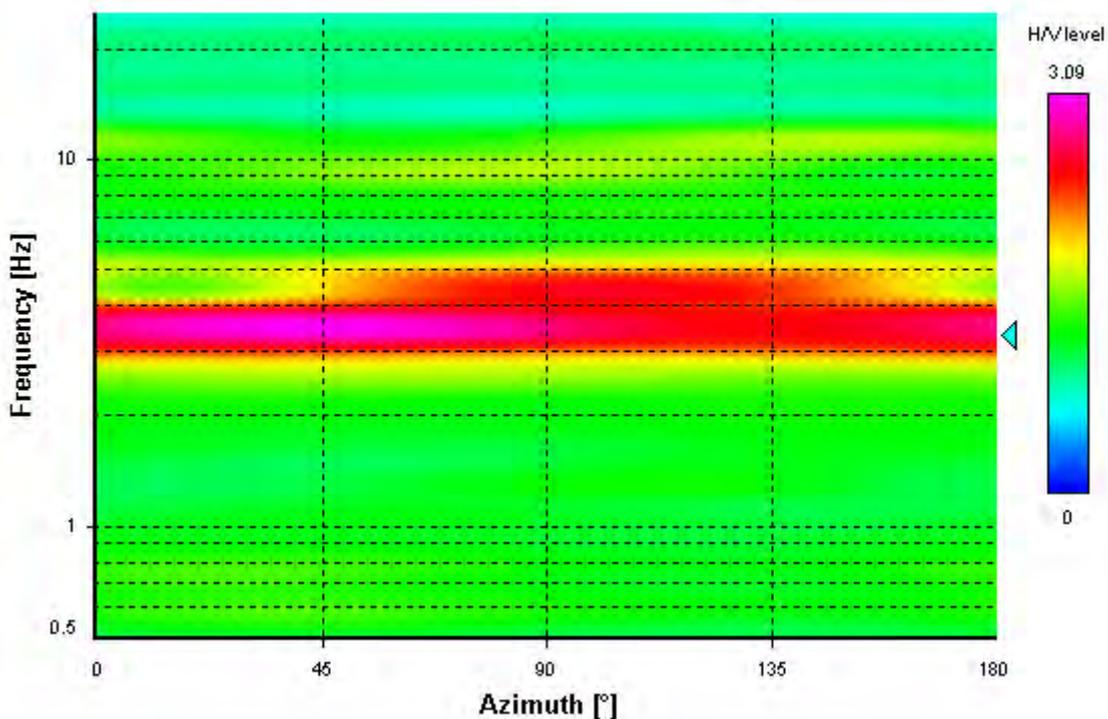
### Signal spectra average



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



### HVSR directional analysis



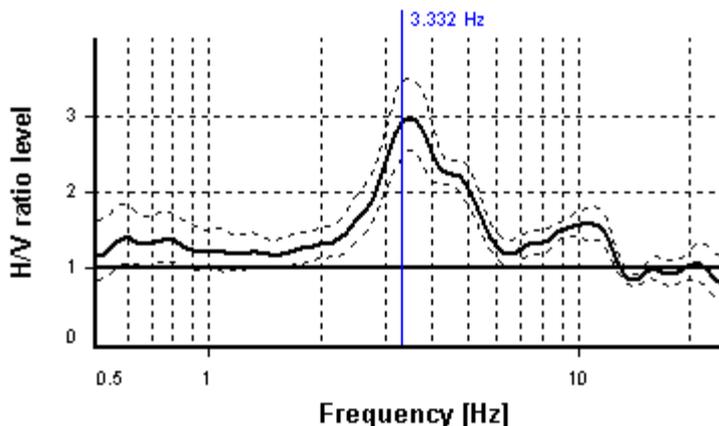
### SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

**3.332 Hz**

**$A_0$  amplitude = 2.906**

**Average  $f_0 = 3.507 \pm 0.220$**



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	45 valid windows (length > 3 s) out of 45	OK
$n_c(f_0) > 200$	5997.71 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 35	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.2444 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	5.79391 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.91 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.03% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.21967 >= 0.1666	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.18861 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

ALLEGATO 8

## CERTIFICATI DI LABORATORIO GEOTECNICO



Geotecnica Geofisica Geognostica

## GTS Studio Associato di Geologia

Cava Solar  
Riano (RM)

### RISULTATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

VERBALE DI ACCETTAZIONE: 1720	DATA VERBALE : 21/12/23	IL DIRETTORE DEL LABORATORIO DOTT. RICCARDO RAMPI 
COMMESSA: 1509	DATA EMISSIONE CERTIFICATI: 10/01/24	
CNG S.r.l. Sede Legale e Uffici Tecnici: Via Atlante, 101 - 00133 - Roma Tel 06 2018088 - WEB: www.congeo.it - E-mail: cng@congeo.it - PEC: cngsrl@pec.it C. F. e P. I.V.A. 11215291003 - R.E.A. n. 1287827 - c.s. 10.000,00 € i.v. Azienda con Sistema Qualità Certificato N° IT239744		

**CNG S.r.l.**LABORATORIO  
GEOTECNICOVia Atlante, 101 - 00133 Roma  
Tel 062018088 cng@congeo.it**GTS Studio Associato di Geologia**Cava Solar  
Riano (RM)DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 21/12/23  
DATA ARRIVO PROGRAMMA 21/12/23SOND.: 1  
CAMP.: 1da m: 7,20  
a m: 7,70

PAGINA: 1

N° IDENTIFICATIVO INTERNO  
6726

DATA EMISSIONE CERTIFICATI 10/01/24

**FOGLIO RIEPILOGATIVO DELLE CARATTERISTICHE  
CHIMICO-FISICO-MECCANICHE DEL CAMPIONE****CARATTERISTICHE CHIMICHE**

FRAZIONE CARBONIO ORG. MEDIA (%)		REAZIONE DEL SUOLO (PH)		TENORE CARBONATI
SOSTANZA ORGANICA S.O.		TENORE SOLFATI		

**CARATTERISTICHE FISICHE**

UMIDITA' NATURALE	<b>W<sub>n</sub></b>	20,0	(%)	PESO DI VOLUME	<b>γ</b>	19,39	(kN/m <sup>3</sup> )
INDICE DEI VUOTI	<b>e</b>	0,62	(-)	PESO DI VOLUME SECCO	<b>γ<sub>d</sub></b>	16,16	(kN/m <sup>3</sup> )
POROSITA'	<b>n</b>	38,2	(%)	PESO DI VOLUME SATURO	<b>γ<sub>sat</sub></b>	19,91	(kN/m <sup>3</sup> )
GRADO DI SATURAZ.	<b>S<sub>r</sub></b>	86,2	(%)	PESO SPECIFICO DEI GRANULI	<b>γ<sub>s</sub></b>	26,15	(kN/m <sup>3</sup> )

**CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (SECONDO UDDEN - WENTWORTH)**

GHIAIA CON SABBIA LIMOSA ARGILLOSA			PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)		38,7
GHIAIA (%):	36,3	SABBIA (%):	26,5	ARGILLA (%):	17,8
64 - 2 mm		2 - 0,0625 mm		< 0,0039 mm	
		LIMO (%):	19,4	U.S.C.S.	AASHTO
		0,0625 - 0,0039 mm		<b>GC</b>	<b>A-6</b>

**CARATTERISTICHE DI PLASTICITA' E PERMEABILITA'**

CLASSIFICAZIONE SECONDO ABACO DI PLASTICITA'		<b>CL</b>	CONSISTENZA DEL MATERIALE SECONDO IC		<b>Plastica</b>
LIMITE DI LIQUIDITA'	<b>W<sub>L</sub></b>	29,7	(%)	LIMITE DI RITIRO	<b>W<sub>s</sub></b> (%)
LIMITE DI PLASTICITA'	<b>W<sub>p</sub></b>	16,1	(%)	INDICE DI CONSISTENZA	<b>IC</b> 0,71 (-)
INDICE DI PLASTICITA'	<b>IP</b>	13,6	(%)	ATTIVITA' (IP / % < 0,002mm)	<b>Ac</b> 1,0 (-)
PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		(kPa)		PERMEABILITA'	<b>k</b> (m/sec)
CURVA DI RIGONFIAMENTO HUDER-AMBERG				INDICE DI DEF. DI RIGONF. ISS (%)	DEFORM. INTERSEZIONE (mm)

**CARATTERISTICHE MECCANICHE**

VAN TEST (MEDIA DATI SU 5 MISURE)		72	<b>Cu</b> (kPa)	POCKET P. (MEDIA DATI SU 5 MISURE)		165	<b>σ<sub>f</sub></b> (kPa)
ESPANSIONE LATERALE LIBERA				<b>σ<sub>f</sub></b>	(kPa)	<b>ε</b>	(%)
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.				VALORI DI PICCO		VALORI RESIDUI	
		<b>C'</b>	7	(kPa)	<b>C<sub>r</sub></b>	(kPa)	
		<b>φ'</b>	30	(°)	<b>φ<sub>r</sub></b>	(°)	
PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE	CID		CIU		UU		
	<b>C'</b>	(kPa)	<b>C</b>	(kPa)	<b>C<sub>u</sub></b>	(kPa)	
	<b>φ'</b>	(°)	<b>φ</b>	(°)	<b>φ<sub>u</sub></b>	(°)	

**CARATTERISTICHE EDOMETRICHE**

<b>DA σ'</b>	<b>A σ'</b>	<b>E<sub>ed</sub></b>	<b>m<sub>v</sub></b>	<b>c<sub>v</sub></b>	<b>k</b>
(kPa)		(kPa)	(kPa <sup>-1</sup> )	(cm <sup>2</sup> /sec)	(cm/sec)

<b>INDICE CBR (2,5) (%) =</b>	<b>CARATTERISTICHE OTTIMALI PROCTOR</b>	P.VOLUME SEC. γ <sub>d</sub> (kN/m <sup>3</sup> )
<b>INDICE CBR (5,0) (%) =</b>		PESO DI VOL. UMIDO γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )
		UMIDITA' W (%)

 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 2
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	
			da m: 7,20 a m: 7,70	
N° VERBALE 1720		N° COMMESSA 1509	ID. INTERNO: 6726	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 21/12/23		DATA APERTURA CAMPIONE 28/12/23	DATA EMISSIONE CERTIFICATO 10/01/24	

### SCHEMA CAMPIONE

#### CARATTERISTICHE DI CAMPIONAMENTO

TIPO DI PERFORAZIONE	ASTE E CAROTIERE	TIPO DI CAMPIONATORE (SE NOTO)	/
TIPO DI CONTENITORE	PVC	LUNGHEZZA CONTENITORE (cm)	
LUNGHEZZA REALE CAMPIONE (cm)	44	DIAMETRO CAMPIONE (mm)	/

#### DESCRIZIONE ED ANALISI PRELIMINARI

POCKET(kPa)	V.TEST(kPa)	CAMPIONE	UBICAZIONE PROVE	DESCRIZIONE
118	64		← TD	Ghiaia con sabbia limoso-argillosa di colore grigio verdastro, da moderatamente consistente a consistente; matrice plastica alla manipolazione.
157	66			
137	71			
167	71			
245	86			
<b>165</b>	<b>72</b>	Basso	STATO DICHIARATO DEL CAMPIONE: DISTURBATO	
GHIAIA CON SABBIA LIMOSA ARGILLOSA			CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981): 2	

#### DETERMINAZIONI ESEGUITE

PROVE ESEGUITE		DATA INIZIO	DATA FINE	PROVE ESEGUITE	DATA INIZIO	DATA FINE
CONTENUTO D'ACQUA	<b>X</b>	28/12/23	31/12/23	PROVA TRIASSIALE TIPO CID		
PESO DI VOLUME	<b>X</b>	28/12/23	30/12/23	PROVA DI COSTIPAMENTO PROCTOR		
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	<b>X</b>	08/01/24	09/01/24	PROVA C.B.R.		
ANALISI GRANULOMETRICA	<b>X</b>	29/12/23	09/01/24	PROVA DI PERMEABILITA' IN EDOMETRO A CARICO VARIABILE		
LIMITI DI ATTERBERG	<b>X</b>	09/01/24	10/01/24	PROVA DI PERMEABILITA' IN CELLA TRIASSIALE		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.	<b>X</b>	28/12/23	05/01/24	PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO				DETERMINAZIONE PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA				PROVA DI RIGONFIAMENTO METODO HUDER-AMBERG		
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA				DETERMINAZIONE DEFORMAZIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA TRIASSIALE TIPO UU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI CARBONATI		
PROVA TRIASSIALE TIPO CIU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SOSTANZE ORGANICHE		
PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)				PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)		

#### NOTE

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 3
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	da m: 7,20 a m: 7,70	ID. INTERNO 6726
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 31/12/23	

**CONTENUTO D'ACQUA W**  
 ASTM D 2216

<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	2	GHIAIA CON SABBIA LIMOSA ARGILLOSA
--	---	------------------------------------

PROVA DI RIFERIMENTO	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
PESO CAPS. (g)	29,51	28,98					29,70	29,73	29,42	
P.UMIDO+CAPS. (g)	71,35	56,25					69,89	70,79	76,41	
P.SECCO+CAPS. (g)	64,11	51,7					62,98	64,47	68,58	
<b>W %</b>	20,9	20,0					20,8	18,2	20,0	

PROVA DI RIFERIMENTO	ELL	ELL	ELL	UU	UU	UU	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
PESO CAPS. (g)										
P.UMIDO+CAPS. (g)										
P.SECCO+CAPS. (g)										
<b>W %</b>										

MEDIA VALORI W	19,7	MEDIA VALORI W	/	MEDIA VALORI W	/	<b>W % MEDIO TOTALE</b>
TRATTO PROVA TD	(%)	TRATTO PROVA Trx CID		TRATTO PROVA ELL		<b>20 (%)</b>

**NOTE**

I contenuti d'acqua naturale W<sub>1</sub> e W<sub>2</sub> si riferiscono all'apertura del campione.

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>			SOND.: 1	PAGINA: 4
	Cava Solar Riano (RM)			CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	ID. INTERNO 6726	da m: 7,20 a m: 7,70	N° CERTIFICATO <b>28952 PV</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 30/12/23		

**PESO DI VOLUME**  
 ASTM D 2937

<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	2	GHIAIA CON SABBIA LIMOSA ARGILLOSA
--	---	------------------------------------

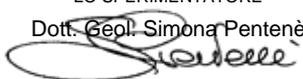
PROVA DI RIFERIMENTO	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
VOL. FUST. (cm <sup>3</sup> )							71,64	71,64	71,64	
P. FUST. (g)							61,34	61,34	61,34	
PESO TOTALE (g)							201,64	203,73	203,56	
Y (kN/m <sup>3</sup> )							19,21	19,49	19,47	

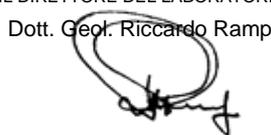
PROVA DI RIFERIMENTO	UU	UU	UU	ELL	ELL	ELL	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
VOL. FUST. (cm <sup>3</sup> )										
P. FUST. (g)										
PESO TOTALE (g)										
Y (kN/m <sup>3</sup> )										

MEDIA VALORI Y TRATTO PROVA TD	19,39 (kN/m <sup>3</sup> )	MEDIA VALORI Y TRATTO PROVA Trx CID	/	MEDIA VALORI Y TRATTO PROVA ELL	/	<b>Y MEDIO TOTALE</b> <b>19,39 (kN/m<sup>3</sup>)</b>
-----------------------------------	-------------------------------	--	---	------------------------------------	---	--

**NOTE**

Per le caratteristiche del materiale i provini del taglio diretto sono stati parzialmente ricostituiti.
---

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 5
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	da m: 7,20 a m: 7,70	N° CERTIFICATO <b>28953 PGR</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 08/01/24	DATA FINE PROVA 09/01/24	

**PESO SPECIFICO DEI GRANULI  $\gamma_s$**   
*ASTM D 854*

<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	2	GHIAIA CON SABBIA LIMOSA ARGILLOSA
--	---	------------------------------------

NUMERO PICNOMETRO	4	7			
TEMPERATURA (°C)	22,1	22,1		$\gamma_s$	MEDIA DI 2 MISURAZIONI 26,16 (kN/m <sup>3</sup> )
PESO PICNOMETRO + ACQUA (g)	203,26	207,96			
PESO PICNOMETRO + ACQUA + TERRA (g)	212,65	217,35		$\gamma_s$	RIFERITO A 20°C 26,15 (kN/m <sup>3</sup> )
PESO TERRA SECCA (g)	15,04	15,01			
PESO SPECIFICO $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	26,12	26,21		<b>Gs</b>	<b>(<math>\gamma_s/\gamma_w</math>) 2,672</b>
PESO SPECIFICO $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> ) a 20°C	26,11	26,20			
Gs ( $\gamma_s/\gamma_w$ )	2,667	2,677			

**NOTE**

LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 6
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	ID. INTERNO 6726	N° CERTIFICATO <b>28954 GR</b>	
RICEV. CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 29/12/23	DATA FINE PROVA 09/01/24	

### ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422

**CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (SECONDO UDDEN - WENTWORTH)**

<b>CIOTTOLI %</b>	<b>0,0</b>	<b>GHIAIA %</b>	<b>36,3</b>	<b>SABBIA %</b>	<b>26,5</b>	<b>LIMO %</b>	<b>19,4</b>	<b>ARGILLA %</b>	<b>17,8</b>	<b>IND.GRUPPO</b>	<b>2</b>	
<b>D<sub>10</sub> (mm)</b>	/	<b>D<sub>30</sub> (mm)</b>	0,027	<b>D<sub>50</sub> (mm)</b>	0,244	<b>D<sub>60</sub> (mm)</b>	0,768	<b>COEFF.DI UNIFORMITA'</b>		/		
<b>D<sub>75</sub> (mm)</b>	13,823	<b>D<sub>84</sub> (mm)</b>	29,338	<b>D<sub>90</sub> (mm)</b>	35,445	<b>D<sub>MAX</sub> (mm)</b>	50,800	<b>COEFF.DI CURVATURA</b>		/		
<b>PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)</b>				38,7				<b>PERCENT. ARGILLA &lt; 0,002 mm</b>				13,7
<b>CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI DI UDDEN-WENTWORTH:</b>												
<b>CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981)</b>						2						
<b>CLASSIFICAZIONE AASHTO</b>						A-6						
<b>CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.</b>						GC						
<b>CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI A.G.I.:</b>												
GHIAIA CON SABBIA LIMOSA ARGILLOSA												
Ghiaia = 36,3% Sabbia = 26,5% Limo = 23,5% Argilla = 13,7%												

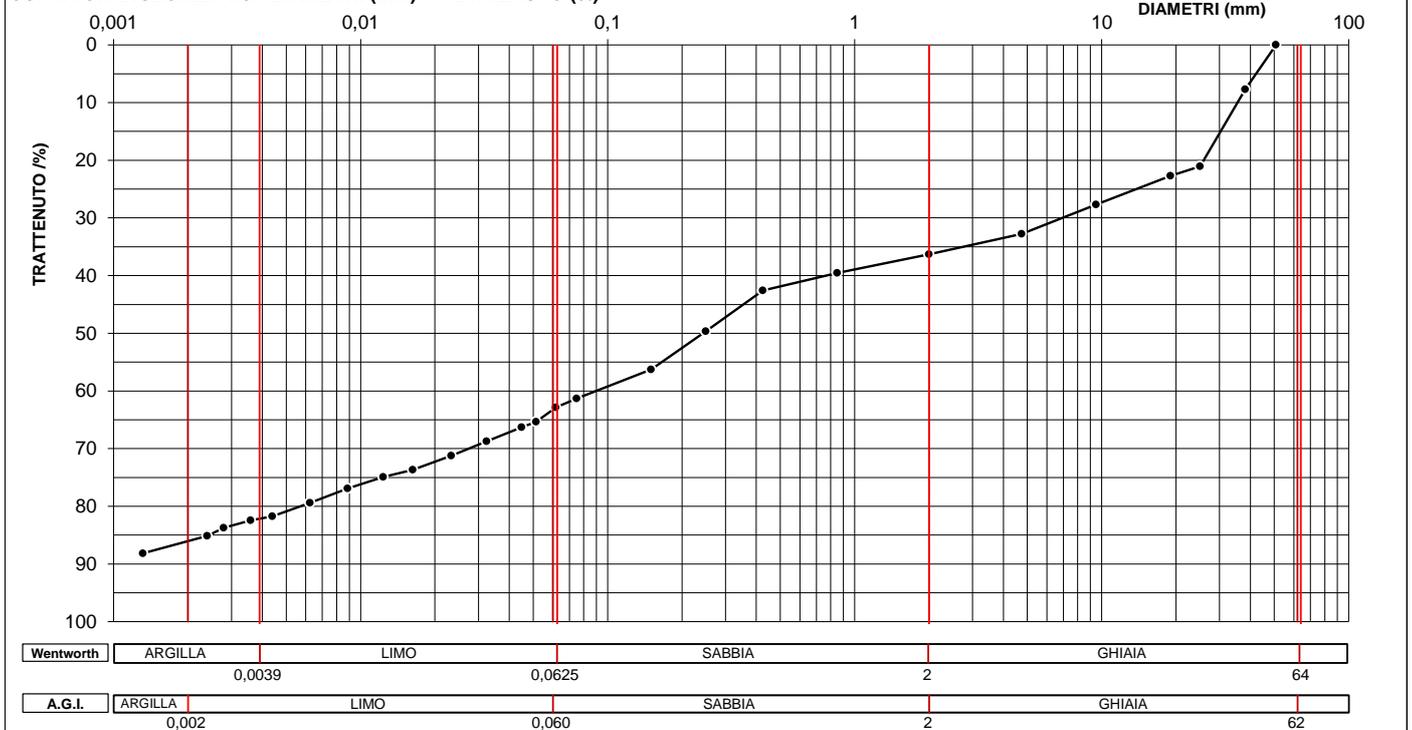
**VAGLIATURA**

Setacci	Diametri (mm)	Trattenuto (%)
12"	304,8000	0,00
6"	152,4000	0,00
3"	76,2000	0,00
2"	50,8000	0,00
1,5"	38,1000	7,71
1"	25,0000	21,08
3/4"	19,0000	22,71
3/8"	9,5000	27,69
4	4,7500	32,74
10	2,0000	36,29
20	0,8500	39,56
40	0,4250	42,56
60	0,2500	49,66
100	0,1500	56,28
200	0,0750	61,32

**SEDIMENTAZIONE**

Diametri (mm)	Trattenuto (%)
0,0749	61,33
0,0617	62,88
0,0514	65,35
0,0449	66,27
0,0323	68,74
0,0233	71,21
0,0163	73,69
0,0124	74,92
0,0089	76,93
0,0062	79,40
0,0044	81,76
0,0036	82,44
0,0028	83,75
0,0024	85,14
0,0013	88,16

**CURVA GRANULOMETRICA DIAMETRI (mm) - TRATTENUTO (%)**



LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi

 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 7
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	PAGINA ALLEGATO 1 di 2
			da m: 7,20 a m: 7,70	
DATA INIZIO PROVA		29/12/23	DATA FINE PROVA	09/01/24

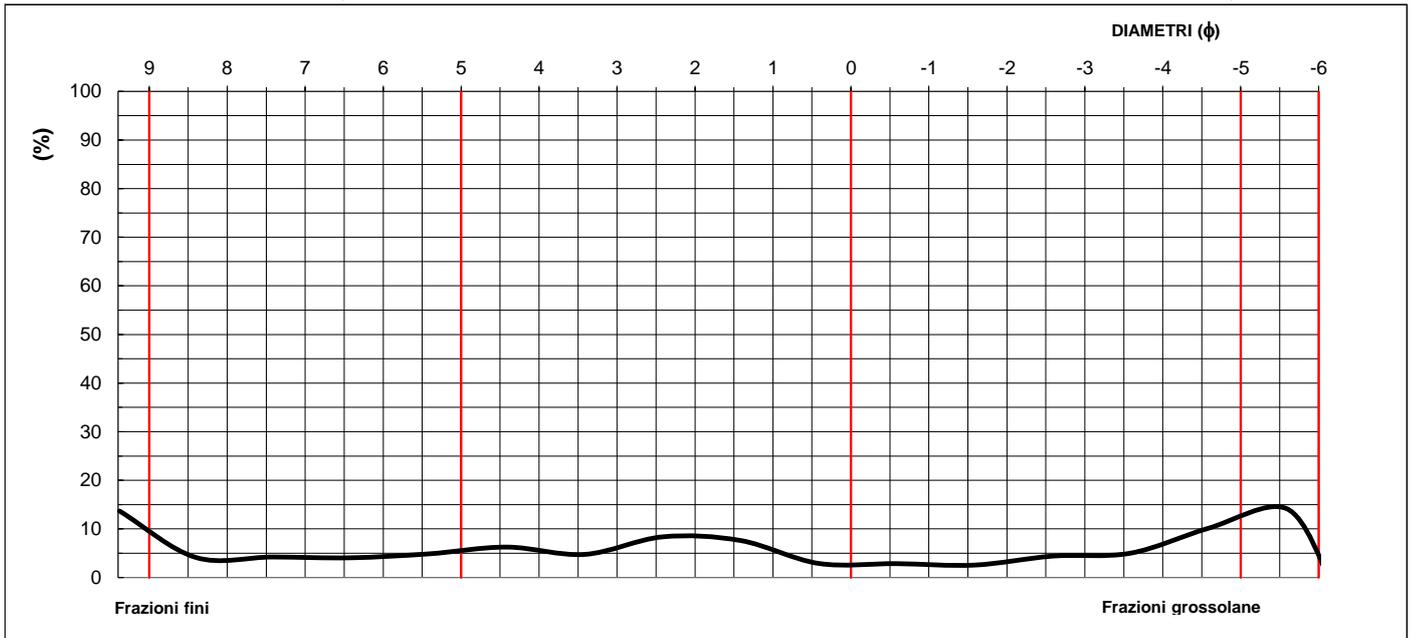
## ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

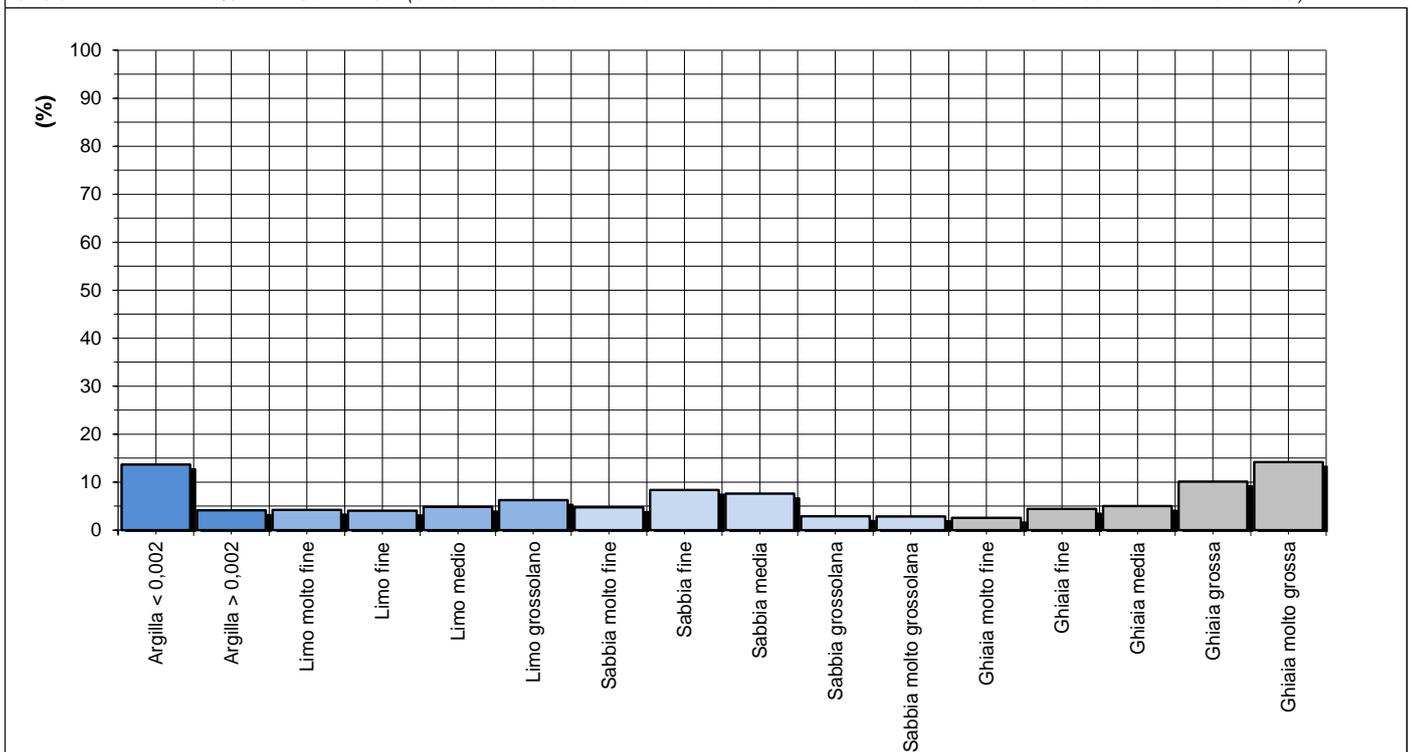
**PARAMETRI STATISTICI** (SECONDO FOLK & WARD)

<b>INDICE DI APPIATTIMENTO</b>	<b>K<sub>G</sub></b>	0,7	curva platicurtica	<b>Mean Size</b>	1,9
<b>SIMMETRIA</b>	<b>Sk<sub>1</sub></b>	0,0	curva simmetrica	<b>Median (φ)</b>	2,0
<b>CLASSAZIONE</b>	<b>σ<sub>1</sub></b>	-5,9	sedimento molto ben classato	<b>Classi modali (φ)</b>	
IL VALORE DEL D5 NON E' STATO INTERCETTATO DALLA CURVA GRANULOMETRICA PER CUI E' STATO RICAIVATO INTERPOLANDO GLI ULTIMI DUE VALORI CON LA RELATIVA INTERCETTA AL 5%				-5,6	9,4

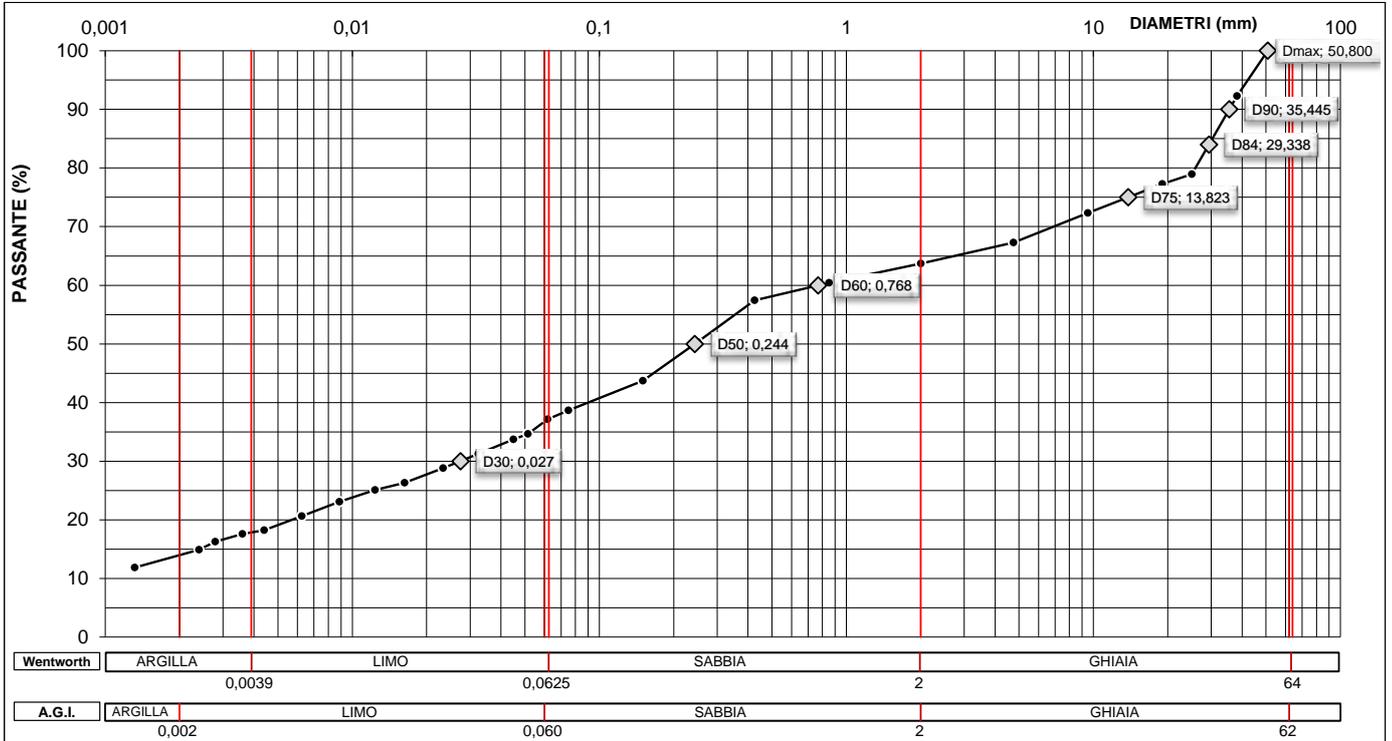
**CURVA DI FREQUENZA SEMPLICE** (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH CON ARGILLA SUDDIVISA IN DUE CLASSI)



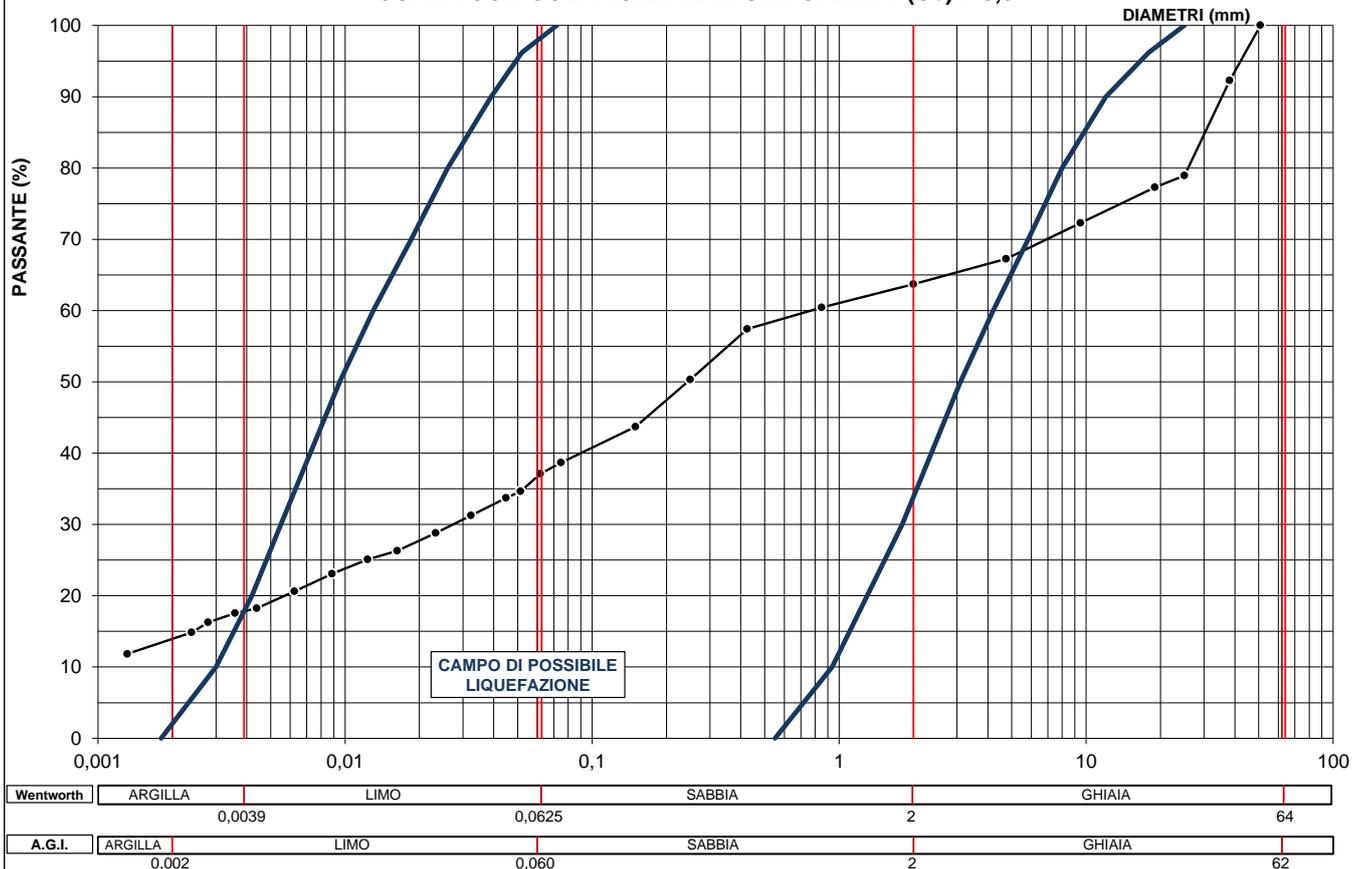
**ISTOGRAMMA DI FREQUENZA SEMPLICE** (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH CON ARGILLA SUDDIVISA IN DUE CLASSI)



**ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422**  
**D PERCENTILI (DIAGRAMMA DIAMETRI (mm) - PASSANTE (%))**



**VERIFICA GRANULOMETRICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE**  
**CURVA CON COEFFICIENTE DI UNIFORMITA' (Uc) > 3,5**



IL VALORE DI >3,5 E' STATO STIMATO INTERPOLANDO LA CURVA GRANULOMETRICA CHE NON CONSENTIVA DI INTERCETTARE IL D10

 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1 CAMP.: 1	PAGINA: 9 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
	Cava Solar Riano (RM)		da m: 7,20 a m: 7,70	N° CERTIFICATO <b>28955 LM</b>
N° VERBALE 1720 DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	N° COMMESSA 1509 DATA INIZIO PROVA 09/01/24	ID. INTERNO 6726 DATA FINE PROVA 10/01/24		

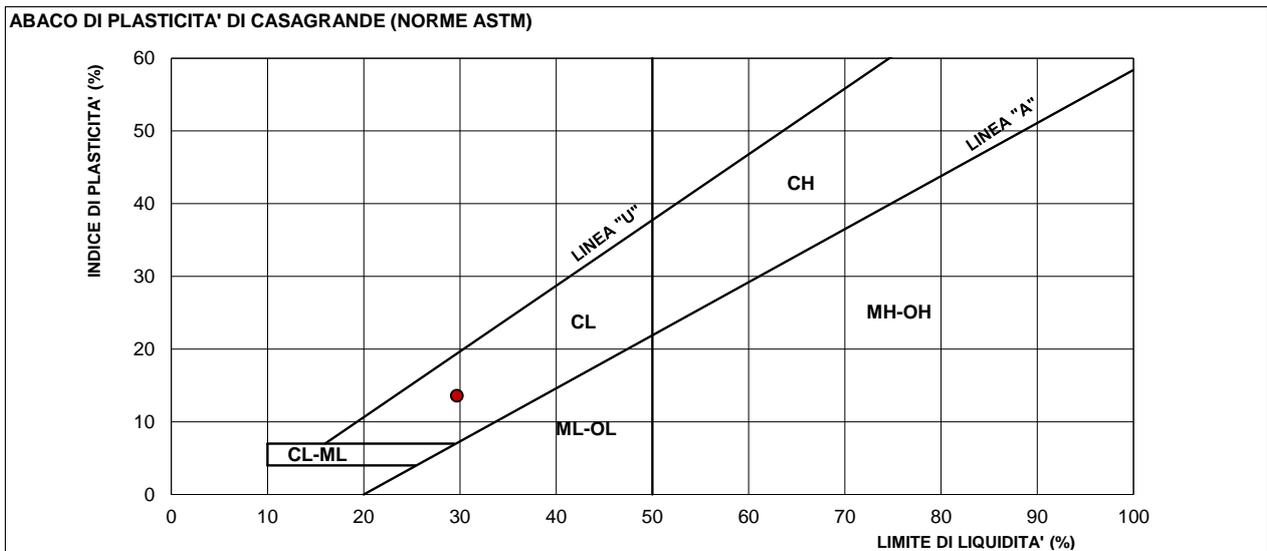
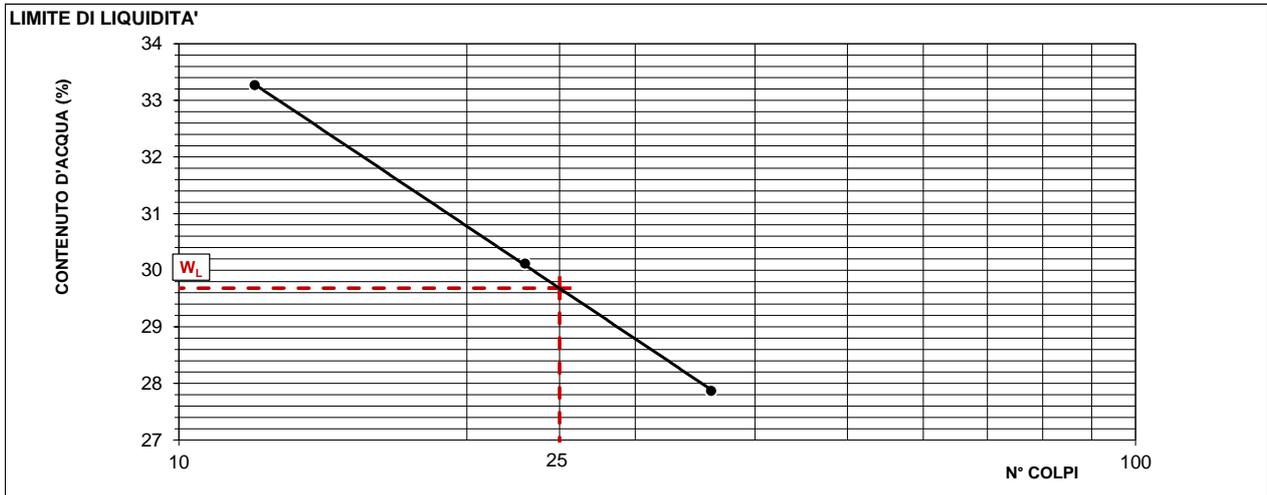
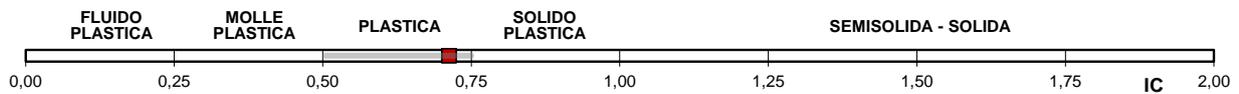
**CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA**  
 ASTM D 4318

Classe di qualità (BS 5930:1981):	2	GHIAIA CON SABBIA LIMOSA ARGILLOSA
-----------------------------------	---	------------------------------------

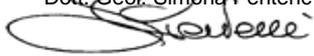
**DATI SPERIMENTALI E RISULTATI**

DETERMINAZIONE	1 W <sub>L</sub>	2 W <sub>L</sub>	3 W <sub>L</sub>	4 W <sub>L</sub>	1 W <sub>P</sub>	2 W <sub>P</sub>
UMIDITA'	33,27	30,12	27,87		16,34	15,86
N° COLPI	12	23	36		<b>Media</b>	16,10

LIMITE DI LIQUIDITA' (W <sub>L</sub> )	29,7	(%)	CONTENUTO NAT. D'ACQUA (W <sub>n</sub> )	20,0	(%)
LIMITE DI PLASTICITA' (W <sub>P</sub> )	16,1	(%)	INDICE DI CONSISTENZA (IC)	0,71	(-)
LIMITE DI RITIRO (W <sub>S</sub> )		(%)	ATTIVITA' (IP / % < 0,002mm)	1,0	(-)
INDICE DI PLASTICITA' (IP)	13,6	(%)	CONSISTENZA SECONDO IC	Plastica	
CLASSIFICAZIONE AASHTO	<b>A-6</b>		CLASSIF. ABACO DI PLASTICITA'	CL	



**NOTE**

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  

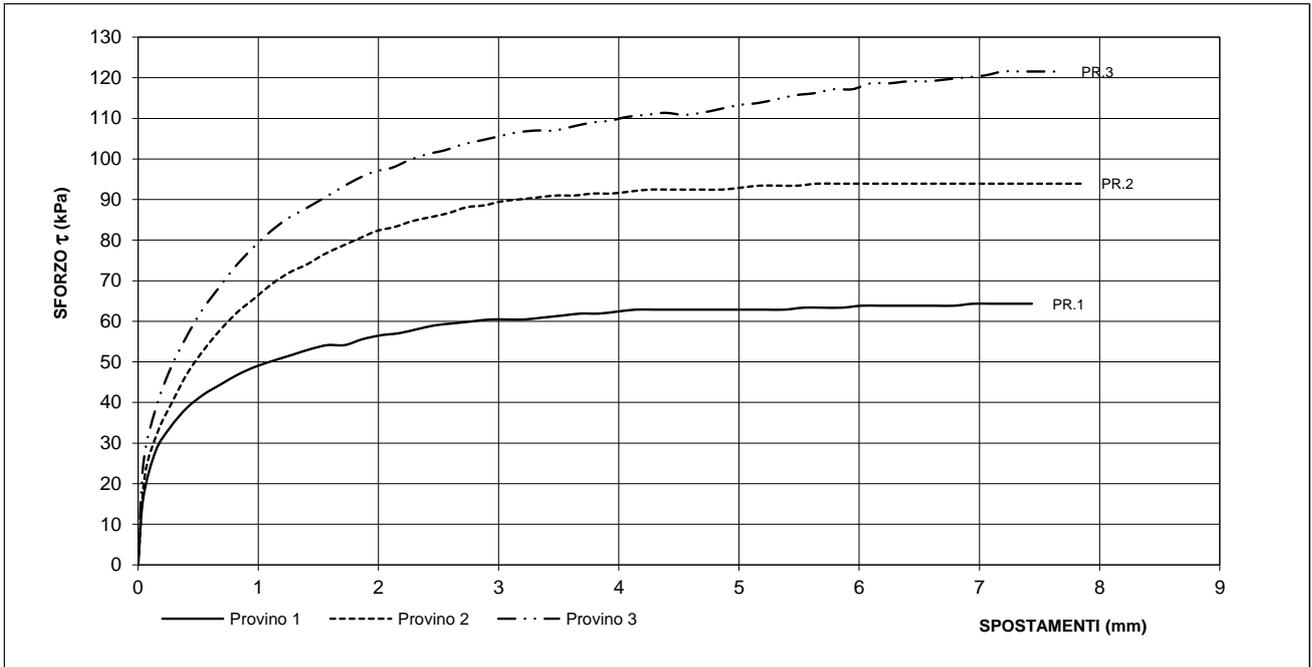

 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 10
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 1 di 3
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	da m: 7,20 a m: 7,70	N° CERTIFICATO <b>28956 TD</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 05/01/24	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D. ASTM D 3080**

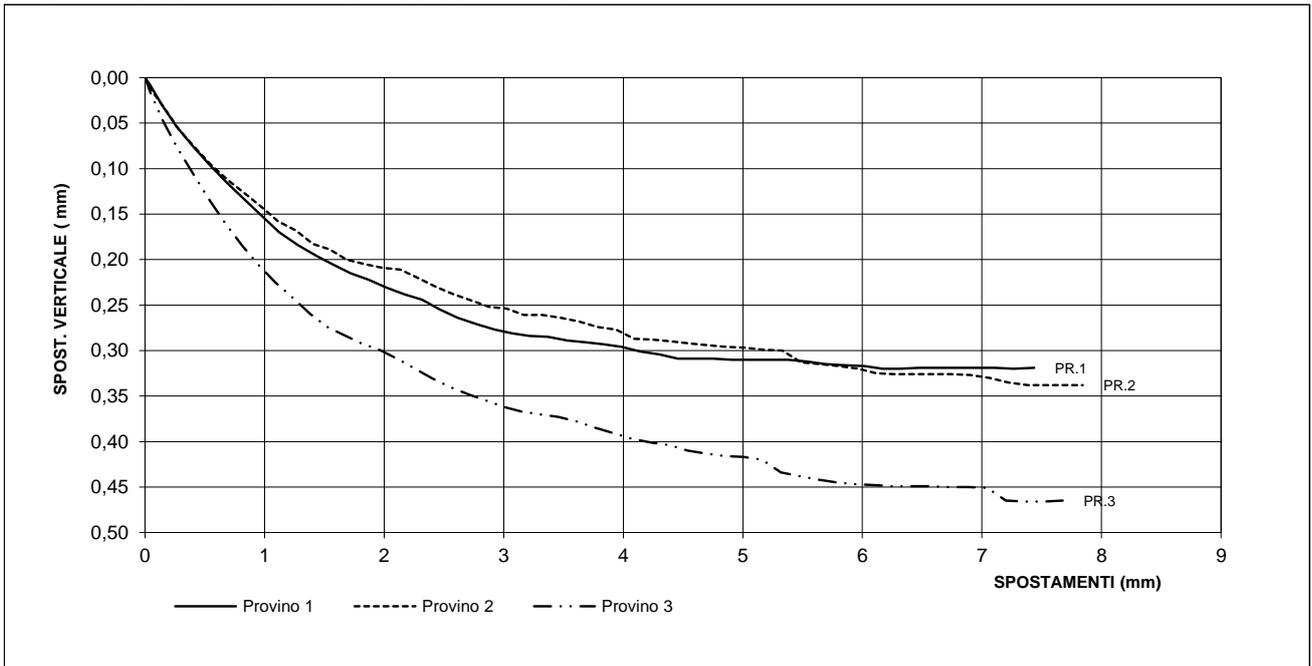
CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE						FINE CONSOLIDAZIONE E TAGLIO					
PROVINO N°	LATO L (mm)	ALTEZZA H (mm)	INIZIO CONS. VOL. (cm³)	UMIDITA' NAT. W (%)	PESO DI VOL. γ (kN/m³)	CONSOLIDAZIONE 24 h		FINE CONSOL. VOL. (cm³)	UMIDITA' FIN. Wf (%)	VALORI DI SFORZO MAX.	
						σ' (kPa)	CEDIM. (mm)			τ (kPa)	δ <sub>i</sub> (mm)
1	60,00	19,90	71,64	20,8	19,21	98	0,760	69,3	19,0	64,33	6,948
2	60,00	19,90	71,64	18,2	19,49	147	1,115	68,1	15,6	93,90	5,643
3	60,00	19,90	71,64	20,0	19,47	196	1,868	65,3	15,3	121,54	7,200

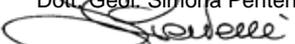
<b>CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE</b>			<b>VELOCITA' DEL TAGLIO (mm/min) = 0,006</b>		
<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	2	DISTURBATO	GHIAIA CON SABBIA LIMOSA ARGILLOSA		

**DIAGRAMMA SFORZO / SPOSTAMENTI**



**DIAGRAMMA SPOSTAMENTO VERTICALE / SPOSTAMENTI ORIZZ.**



LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>				SOND.: 1	PAGINA: 11 PAGINA CERTIFICATO 2 di 3	
	Cava Solar Riano (RM)				CAMP.: 1		
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	ID. INTERNO 6726	da m: 7,20 a m: 7,70			
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23		DATA EMISSIONE CERTIF. DATA FINE	DATA INIZIO PROVA 28/12/23		DATA FINE PROVA 05/01/24		

**DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO**

PROVINO 1						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 98					
Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,681	61,90	0,291						
0,042	16,33	0,008	3,834	61,90	0,293						
0,145	27,97	0,031	3,986	62,39	0,296						
0,265	33,79	0,054	4,138	62,87	0,301						
0,404	38,63	0,076	4,299	62,87	0,304						
0,548	42,03	0,097	4,457	62,87	0,309						
0,687	44,45	0,116	4,603	62,87	0,309						
0,830	46,88	0,134	4,749	62,87	0,309						
0,976	48,81	0,152	4,909	62,87	0,310						
1,122	50,27	0,170	5,069	62,87	0,310						
1,280	51,72	0,184	5,224	62,87	0,310						
1,436	53,18	0,196	5,380	62,87	0,310						
1,578	54,15	0,206	5,535	63,36	0,312						
1,720	54,15	0,215	5,691	63,36	0,315						
1,867	55,60	0,222	5,857	63,36	0,316						
2,021	56,57	0,231	6,018	63,84	0,317						
2,168	57,06	0,238	6,168	63,84	0,320						
2,317	58,03	0,244	6,313	63,84	0,320						
2,466	59,00	0,255	6,473	63,84	0,319						
2,616	59,48	0,264	6,636	63,84	0,319						
2,773	59,97	0,271	6,791	63,84	0,319						
2,926	60,45	0,277	6,948	64,33	0,319						
3,072	60,45	0,281	7,105	64,33	0,319						
3,215	60,45	0,284	7,265	64,33	0,320						
3,370	60,93	0,285	7,437	64,33	0,319						
3,530	61,42	0,289									

PROVINO 2						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 147					
Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,630	90,99	0,268	7,696	93,90	0,338			
0,054	21,67	0,014	3,786	91,48	0,274	7,843	93,90	0,338			
0,164	32,82	0,034	3,940	91,48	0,277						
0,283	40,09	0,057	4,091	91,96	0,287						
0,413	47,36	0,076	4,250	92,45	0,288						
0,552	53,18	0,096	4,403	92,45	0,290						
0,688	58,03	0,112	4,551	92,45	0,292						
0,831	62,39	0,127	4,699	92,45	0,294						
0,974	65,78	0,142	4,860	92,45	0,296						
1,112	69,18	0,158	5,017	92,93	0,297						
1,263	72,09	0,168	5,172	93,42	0,299						
1,405	74,02	0,183	5,330	93,42	0,300						
1,544	76,45	0,189	5,487	93,42	0,313						
1,684	78,39	0,200	5,643	93,90	0,315						
1,833	80,33	0,205	5,805	93,90	0,317						
1,986	82,27	0,209	5,964	93,90	0,320						
2,133	83,24	0,211	6,114	93,90	0,325						
2,281	84,69	0,220	6,264	93,90	0,326						
2,432	85,66	0,230	6,426	93,90	0,326						
2,579	86,63	0,238	6,586	93,90	0,326						
2,732	88,08	0,245	6,743	93,90	0,326						
2,879	88,57	0,252	6,902	93,90	0,327						
3,024	89,54	0,254	7,061	93,90	0,330						
3,169	90,02	0,261	7,220	93,90	0,335						
3,325	90,51	0,261	7,385	93,90	0,338						
3,477	90,99	0,264	7,546	93,90	0,338						

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 12
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 3 di 3
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	da m: 7,20 a m: 7,70	N° CERTIFICATO <b>28956 TD</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. DATA FINE DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 05/01/24		

**DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO**

PROVINO 3

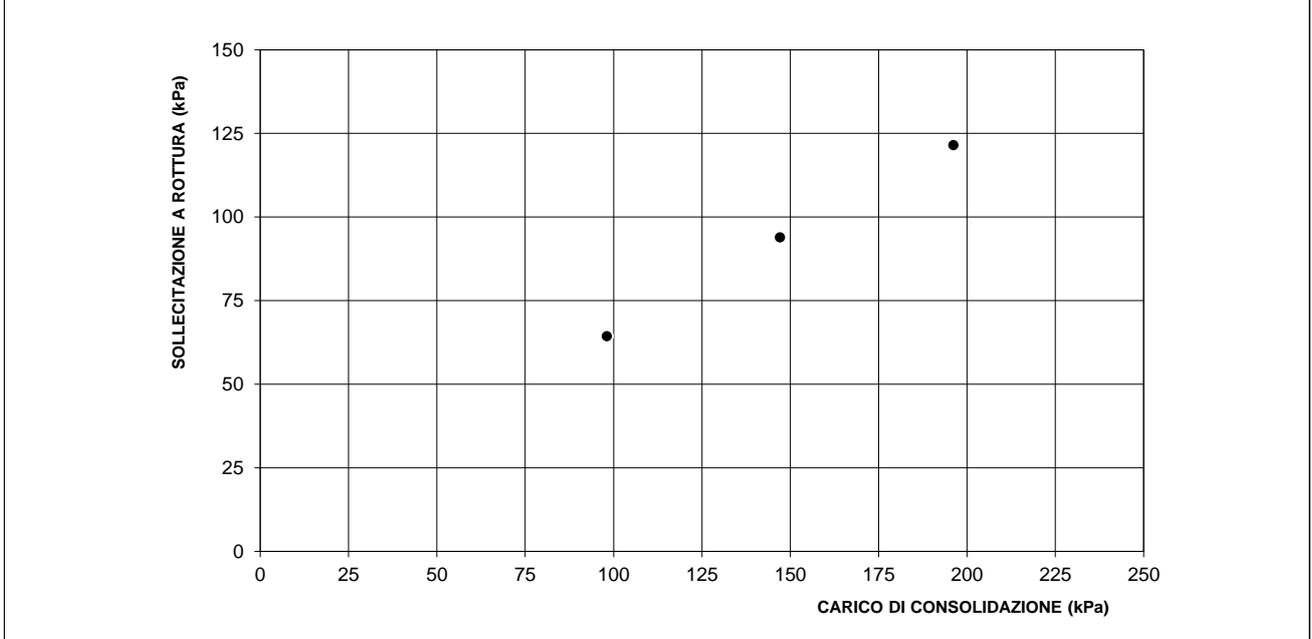
PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 196

Sp. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Sp. ver. (mm)	Sp. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Sp. ver. (mm)	Sp. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Sp. ver. (mm)	Sp. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Sp. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,613	107,96	0,378	7,676	121,54	0,465			
0,044	25,06	0,016	3,769	108,93	0,385						
0,148	38,63	0,047	3,924	109,42	0,391						
0,269	48,33	0,077	4,074	110,39	0,397						
0,400	56,09	0,105	4,231	110,87	0,401						
0,535	62,87	0,134	4,386	111,35	0,404						
0,670	68,21	0,160	4,539	110,87	0,410						
0,810	73,54	0,184	4,687	111,35	0,413						
0,949	77,90	0,206	4,846	112,32	0,416						
1,088	81,78	0,225	5,003	113,29	0,417						
1,236	85,18	0,242	5,160	113,78	0,420						
1,383	87,60	0,260	5,318	114,75	0,434						
1,525	90,02	0,274	5,474	115,72	0,438						
1,664	92,45	0,283	5,628	116,20	0,442						
1,810	94,87	0,292	5,786	117,17	0,445						
1,960	96,81	0,299	5,944	117,17	0,447						
2,108	97,78	0,309	6,095	118,63	0,448						
2,257	99,72	0,320	6,247	118,63	0,449						
2,407	101,17	0,331	6,409	119,11	0,449						
2,552	102,14	0,340	6,568	119,11	0,449						
2,703	103,60	0,348	6,725	119,60	0,450						
2,852	104,57	0,355	6,887	120,08	0,450						
3,000	105,54	0,362	7,044	120,57	0,451						
3,146	106,51	0,367	7,200	121,54	0,465						
3,304	106,99	0,370	7,363	121,54	0,466						
3,459	106,99	0,373	7,522	121,54	0,466						

**NOTE:**

Per le caratteristiche del materiale i provini del taglio diretto sono stati parzialmente ricostituiti.

**DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO**



LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  




**CNG S.r.l.**

LABORATORIO  
GEOTECNICO

Via Atlante, 101 - 00133 Roma  
Tel 062018088 cng@congeo.it

GTS Studio Associato di Geologia

SOND.: 1

CAMP.: 1

PAGINA: 13

Cava Solar  
Riano (RM)

da m: 7,20

a m: 7,70

PAGINA ALLEGATO  
1 DI 1

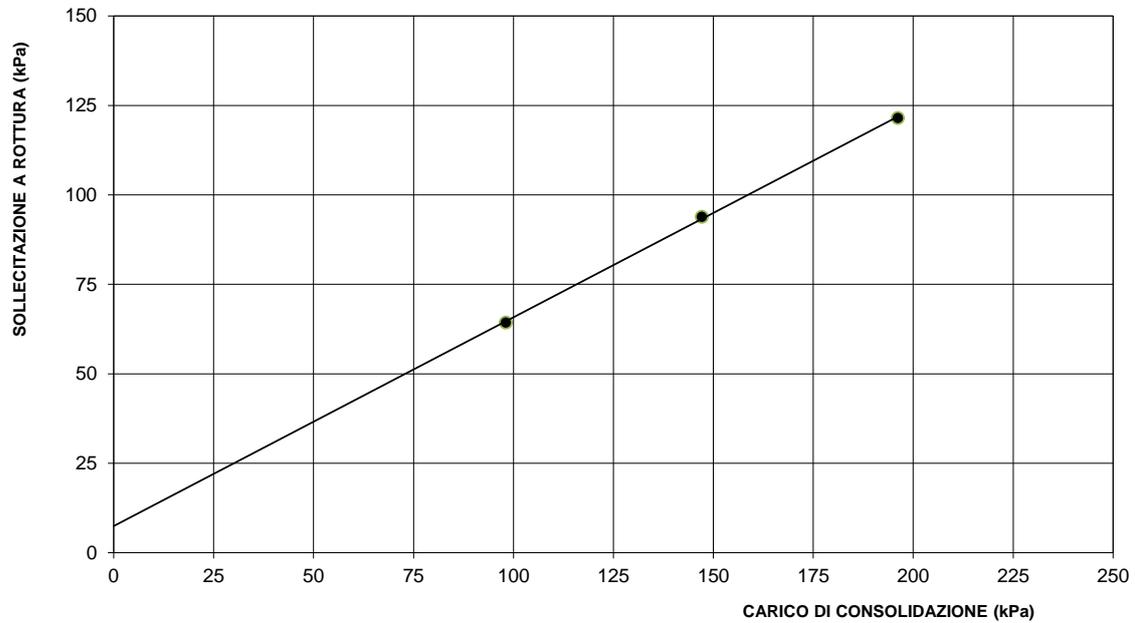
DATA INIZIO PROVA 28/12/23

DATA FINE PROVA 05/01/24

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.

ASTM D 3080

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO



### RISULTATI TAGLIO DRENATO

COESIONE EFFICACE (kPa)	7
ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE	30

### NOTE

LA RETTA DI INVILUPPO CHE PASSA PER I TRE PUNTI E' UNA LINEA DI INTERPOLAZIONE SENZA ALCUNA INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI.

**CNG S.r.l.**LABORATORIO  
GEOTECNICOVia Atlante, 101 - 00133 Roma  
Tel 062018088 cng@congeo.it**GTS Studio Associato di Geologia**Cava Solar  
Riano (RM)DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 21/12/23  
DATA ARRIVO PROGRAMMA 21/12/23SOND.: 1  
CAMP.: 2da m: 13,00  
a m: 13,50

PAGINA: 14

N° IDENTIFICATIVO INTERNO  
6727

DATA EMISSIONE CERTIFICATI 10/01/24

**FOGLIO RIEPILOGATIVO DELLE CARATTERISTICHE  
CHIMICO-FISICO-MECCANICHE DEL CAMPIONE****CARATTERISTICHE CHIMICHE**

FRAZIONE CARBONIO ORG. MEDIA (%)		REAZIONE DEL SUOLO (PH)		TENORE CARBONATI
SOSTANZA ORGANICA S.O.		TENORE SOLFATI		

**CARATTERISTICHE FISICHE**

UMIDITA' NATURALE	<b>W<sub>n</sub></b>	29,7	(%)	PESO DI VOLUME	<b>γ</b>	17,10	(kN/m <sup>3</sup> )
INDICE DEI VUOTI	<b>e</b>	0,84	(-)	PESO DI VOLUME SECCO	<b>γ<sub>d</sub></b>	13,18	(kN/m <sup>3</sup> )
POROSITA'	<b>n</b>	45,7	(%)	PESO DI VOLUME SATURO	<b>γ<sub>sat</sub></b>	17,67	(kN/m <sup>3</sup> )
GRADO DI SATURAZ.	<b>S<sub>r</sub></b>	87,3	(%)	PESO SPECIFICO DEI GRANULI	<b>γ<sub>s</sub></b>	24,29	(kN/m <sup>3</sup> )

**CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (SECONDO UDDEN - WENTWORTH)**

SABBIA CON LIMO GHIAIOSA DEB. ARGILLOSA			PASSANTE AL SETACCIO 200 (%) 43,8		
GHIAIA (%): 15,5 64 - 2 mm	SABBIA (%): 43,0 2 - 0,0625 mm	LIMO (%): 35,0 0,0625 - 0,0039 mm	ARGILLA (%): 6,5 < 0,0039 mm	U.S.C.S.	AASHTO
				<b>N.D.</b>	<b>N.D.</b>

**CARATTERISTICHE DI PLASTICITA' E PERMEABILITA'**

CLASSIFICAZIONE SECONDO ABACO DI PLASTICITA'			<b>N.D.</b>	CONSISTENZA DEL MATERIALE SECONDO IC		
LIMITE DI LIQUIDITA'	<b>W<sub>L</sub></b>	N.D.	(%)	LIMITE DI RITIRO	<b>W<sub>s</sub></b>	(%)
LIMITE DI PLASTICITA'	<b>W<sub>p</sub></b>	N.D.	(%)	INDICE DI CONSISTENZA	<b>IC</b>	(-)
INDICE DI PLASTICITA'	<b>IP</b>	N.P.	(%)	ATTIVITA' (IP / % < 0,002mm)	<b>Ac</b>	(-)
PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO			(kPa)	PERMEABILITA'	<b>k</b>	(m/sec)
CURVA DI RIGONFIAMENTO HUDER-AMBERG				INDICE DI DEF. DI RIGONF. ISS (%)	DEFORM. INTERSEZIONE (mm)	

**CARATTERISTICHE MECCANICHE**

VAN TEST / <b>Cu</b> (kPa)		POCKET PENETROMETER / <b>σ<sub>f</sub></b> (kPa)			
ESPANSIONE LATERALE LIBERA		<b>σ<sub>f</sub></b> (kPa)		<b>ε</b> (%)	
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.		VALORI DI PICCO		VALORI RESIDUI	
		<b>C'</b> 4 (kPa)	<b>C<sub>r</sub></b> (kPa)	<b>φ'</b> 42 (°)	<b>φ<sub>r</sub></b> (°)
PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE	CID	CIU		UU	
	<b>C'</b> (kPa)	<b>C</b> (kPa)	<b>C<sub>u</sub></b> (kPa)	<b>φ</b> (°)	<b>φ<sub>u</sub></b> (°)
	<b>φ'</b> (°)	<b>φ</b> (°)	<b>φ<sub>u</sub></b> (°)		

**CARATTERISTICHE EDOMETRICHE**

<b>DA σ'</b>	<b>A σ'</b>	<b>E<sub>ed</sub></b>	<b>m<sub>v</sub></b>	<b>c<sub>v</sub></b>	<b>k</b>
(kPa)		(kPa)	(kPa <sup>-1</sup> )	(cm <sup>2</sup> /sec)	(cm/sec)

<b>INDICE CBR (2,5) (%) =</b>	<b>CARATTERISTICHE OTTIMALI PROCTOR</b>	P.VOLUME SEC. γ <sub>d</sub> (kN/m <sup>3</sup> )
<b>INDICE CBR (5,0) (%) =</b>		PESO DI VOL. UMIDO γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )

 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 15
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 2	
			da m: 13,00 a m: 13,50	
N° VERBALE 1720		N° COMMESSA 1509	ID. INTERNO: 6727	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 21/12/23		DATA APERTURA CAMPIONE 28/12/23	DATA EMISSIONE CERTIFICATO 10/01/24	

### SCHEMA CAMPIONE

#### CARATTERISTICHE DI CAMPIONAMENTO

TIPO DI PERFORAZIONE	ASTE E CAROTIERE	TIPO DI CAMPIONATORE (SE NOTO)	/
TIPO DI CONTENITORE	PVC	LUNGHEZZA CONTENITORE (cm)	/
LUNGHEZZA REALE CAMPIONE (cm)	45	DIAMETRO CAMPIONE (mm)	/

#### DESCRIZIONE ED ANALISI PRELIMINARI

POCKET(kPa)	V.TEST(kPa)	CAMPIONE	UBICAZIONE PROVE	DESCRIZIONE
/	/			Sabbia con limo ghiaiosa debolmente argillosa di colore marrone, strutturata e sensibile, fragile, non plastica alla manipolazione.
/	/			
/	/		← TD	
/	/			
/	/			
		Basso	STATO DICHIARATO DEL CAMPIONE: DISTURBATO	
SABBIA CON LIMO GHIAIOSA DEB.ARGILLOSA			CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981): 2	

#### DETERMINAZIONI ESEGUITE

PROVE ESEGUITE		DATA INIZIO	DATA FINE	PROVE ESEGUITE	DATA INIZIO	DATA FINE
CONTENUTO D'ACQUA	<b>X</b>	28/12/23	31/12/23	PROVA TRIASSIALE TIPO CID		
PESO DI VOLUME	<b>X</b>	28/12/23	30/12/23	PROVA DI COSTIPAMENTO PROCTOR		
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	<b>X</b>	08/01/24	09/01/24	PROVA C.B.R.		
ANALISI GRANULOMETRICA	<b>X</b>	29/12/23	09/01/24	PROVA DI PERMEABILITA' IN EDOMETRO A CARICO VARIABILE		
LIMITI DI ATTERBERG				PROVA DI PERMEABILITA' IN CELLA TRIASSIALE		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.	<b>X</b>	28/12/23	05/01/24	PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO				DETERMINAZIONE PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA				PROVA DI RIGONFIAMENTO METODO HUDER-AMBERG		
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA				DETERMINAZIONE DEFORMAZIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA TRIASSIALE TIPO UU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI CARBONATI		
PROVA TRIASSIALE TIPO CIU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SOSTANZE ORGANICHE		
PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)				PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)		

#### NOTE

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 16
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 2	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	da m: 13,00 a m: 13,50	ID. INTERNO 6727
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 31/12/23	

**CONTENUTO D'ACQUA W**  
 ASTM D 2216

<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	2	SABBIA CON LIMO GHIAIOSA DEB.ARGILLOSA
--	---	--

PROVA DI RIFERIMENTO	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
PESO CAPS. (g)	29,27	29,38					29,05	29,16	30,02	
P.UMIDO+CAPS. (g)	60,55	63,43					61,99	69,17	70,97	
P.SECCO+CAPS. (g)	53,22	55,68					54,5	59,9	61,81	
<b>W %</b>	30,6	29,5					29,4	30,2	28,8	

PROVA DI RIFERIMENTO	ELL	ELL	ELL	UU	UU	UU	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
PESO CAPS. (g)										
P.UMIDO+CAPS. (g)										
P.SECCO+CAPS. (g)										
<b>W %</b>										

MEDIA VALORI W	29,5	MEDIA VALORI W	/	MEDIA VALORI W	/	<b>W % MEDIO TOTALE</b>
TRATTO PROVA TD	(%)	TRATTO PROVA Trx CID		TRATTO PROVA ELL		<b>29,7 (%)</b>

**NOTE**

I contenuti d'acqua naturale W<sub>1</sub> e W<sub>2</sub> si riferiscono all'apertura del campione.

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>			SOND.: 1	PAGINA: 17
	Cava Solar Riano (RM)			CAMP.: 2	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
N° VERBALE 1720		N° COMMESSA 1509		da m: 13,00 a m: 13,50	N° CERTIFICATO <b>28958 PV</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 30/12/23		

**PESO DI VOLUME**  
ASTM D 2937

<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	2	SABBIA CON LIMO GHIAIOSA DEB.ARGILLOSA
--	---	--

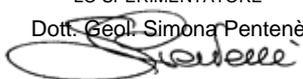
PROVA DI RIFERIMENTO	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
VOL. FUST. (cm <sup>3</sup> )							71,64	71,64	71,64	
P. FUST. (g)							59,43	59,43	59,43	
PESO TOTALE (g)							183,46	185,63	184,05	
Y (kN/m <sup>3</sup> )							16,98	17,28	17,06	

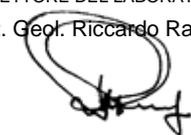
PROVA DI RIFERIMENTO	UU	UU	UU	ELL	ELL	ELL	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
VOL. FUST. (cm <sup>3</sup> )										
P. FUST. (g)										
PESO TOTALE (g)										
Y (kN/m <sup>3</sup> )										

MEDIA VALORI Y TRATTO PROVA TD	17,1 (kN/m <sup>3</sup> )	MEDIA VALORI Y TRATTO PROVA Trx CID	/	MEDIA VALORI Y TRATTO PROVA ELL	/	<b>Y MEDIO TOTALE</b> 17,1 (kN/m <sup>3</sup> )
-----------------------------------	------------------------------	--	---	------------------------------------	---	--

**NOTE**

Per le caratteristiche del materiale i provini del taglio diretto sono stati parzialmente ricostituiti.

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 18
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 2	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	da m: 13,00 a m: 13,50	N° CERTIFICATO <b>28959 PGR</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 08/01/24	DATA FINE PROVA 09/01/24	

**PESO SPECIFICO DEI GRANULI  $\gamma_s$**   
*ASTM D 854*

<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	2	SABBIA CON LIMO GHIAIOSA DEB.ARGILLOSA
--	---	--

NUMERO PICNOMETRO	3	17		$\gamma_s$ <b>MEDIA DI 2 MISURAZIONI</b> <b>24,30</b> (kN/m <sup>3</sup> )
TEMPERATURA (°C)	22,1	22,1		
PESO PICNOMETRO + ACQUA (g)	208,69	202,69		
PESO PICNOMETRO + ACQUA + TERRA (g)	217,62	211,67		$\gamma_s$ <b>RIFERITO A 20°C</b> <b>24,29</b> (kN/m <sup>3</sup> )
PESO TERRA SECCA (g)	15,02	15,00		
PESO SPECIFICO $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	24,18	24,42		<b>Gs</b> ( $\gamma_s/\gamma_w$ ) <b>2,482</b>
PESO SPECIFICO $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> ) a 20°C	24,17	24,41		
Gs ( $\gamma_s/\gamma_w$ )	2,469	2,494		

**NOTE**

LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 19 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 N° CERTIFICATO <b>28960 GR</b>
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 2	
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	da m: 13,00 a m: 13,50	ID. INTERNO 6727
RICEV. CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 29/12/23	DATA FINE PROVA 09/01/24	

### ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422

#### CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (SECONDO UDDEN - WENTWORTH)

<b>CIOTTOLI %</b>	0,0	<b>GHIAIA %</b>	15,5	<b>SABBIA %</b>	43,0	<b>LIMO %</b>	35,0	<b>ARGILLA %</b>	6,5	<b>IND.GRUPPO</b>	/	
<b>D<sub>10</sub> (mm)</b>	0,006	<b>D<sub>30</sub> (mm)</b>	0,026	<b>D<sub>50</sub> (mm)</b>	0,180	<b>D<sub>60</sub> (mm)</b>	0,467	<b>COEFF.DI UNIFORMITA'</b>		81,8		
<b>D<sub>75</sub> (mm)</b>	1,111	<b>D<sub>84</sub> (mm)</b>	1,938	<b>D<sub>90</sub> (mm)</b>	3,645	<b>D<sub>MAX</sub> (mm)</b>	19,000	<b>COEFF.DI CURVATURA</b>		0,3		
<b>PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)</b>					43,8		<b>PERCENT. ARGILLA &lt; 0,002 mm</b>					3,7
<b>CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI DI UDDEN-WENTWORTH:</b>												
<b>CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981)</b>						2						
<b>CLASSIFICAZIONE AASHTO</b>						N.D.						
<b>CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.</b>						N.D.						
						<b>CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI A.G.I.:</b>						
						SABBIA CON LIMO GHIAIOSA DEB.ARGILLOSA						
						SABBIA CON LIMO GHIAIOSA						
						Ghiaia = 15,5% Sabbia = 43% Limo = 37,8% Argilla = 3,7%						

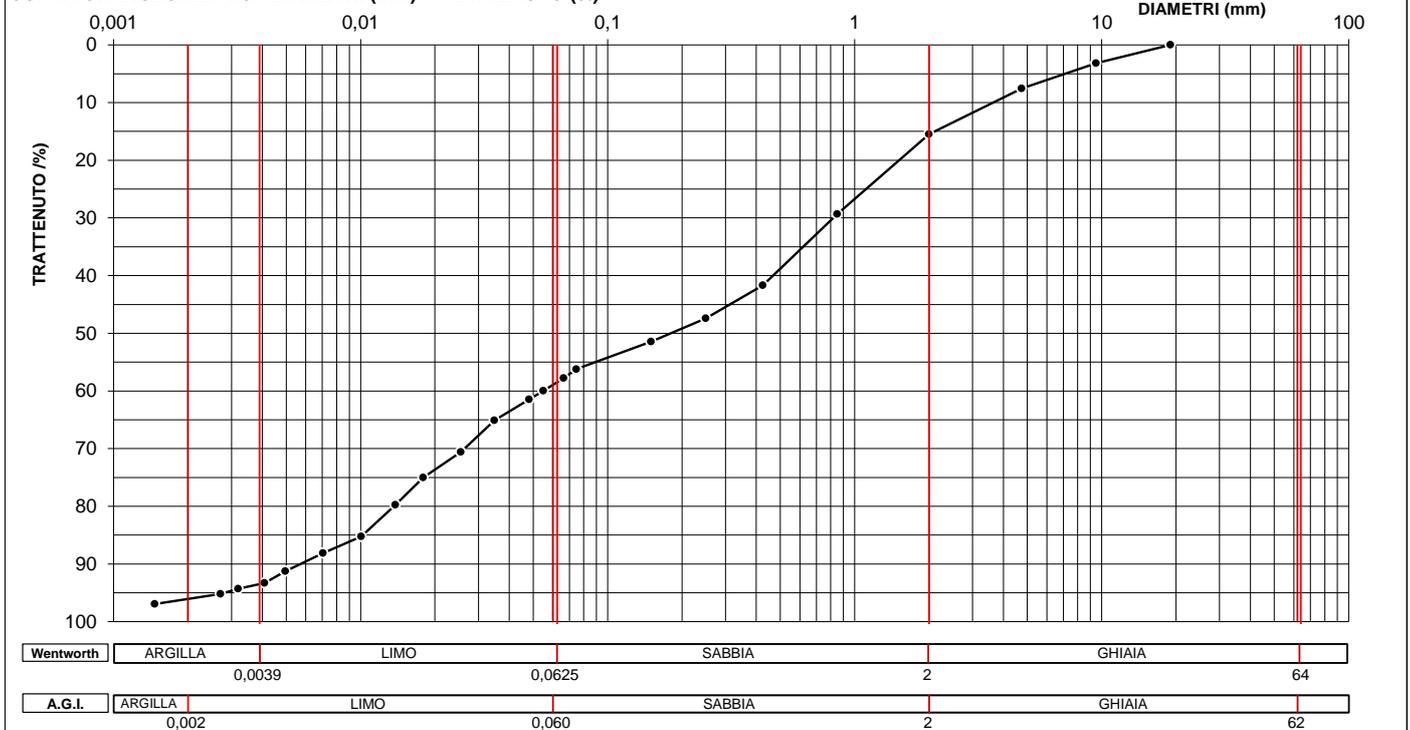
#### VAGLIATURA

Setacci	Diametri (mm)	Trattenuto (%)
12"	304,8000	0,00
6"	152,4000	0,00
3"	76,2000	0,00
2"	50,8000	0,00
1,5"	38,1000	0,00
1"	25,0000	0,00
3/4"	19,0000	0,00
3/8"	9,5000	3,19
4	4,7500	7,58
10	2,0000	15,49
20	0,8500	29,33
40	0,4250	41,69
60	0,2500	47,41
100	0,1500	51,47
200	0,0750	56,19

#### SEDIMENTAZIONE

Diametri (mm)	Trattenuto (%)
0,0748	56,23
0,0663	57,78
0,0550	59,98
0,0481	61,45
0,0348	65,11
0,0255	70,60
0,0179	75,00
0,0138	79,76
0,0101	85,25
0,0070	88,10
0,0050	91,27
0,0041	93,28
0,0032	94,28
0,0027	95,19
0,0015	96,94

#### CURVA GRANULOMETRICA DIAMETRI (mm) - TRATTENUTO (%)



LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi

 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 20
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 2	PAGINA ALLEGATO 1 di 2
			da m: 13,00 a m: 13,50	
DATA INIZIO PROVA		29/12/23	DATA FINE PROVA	09/01/24

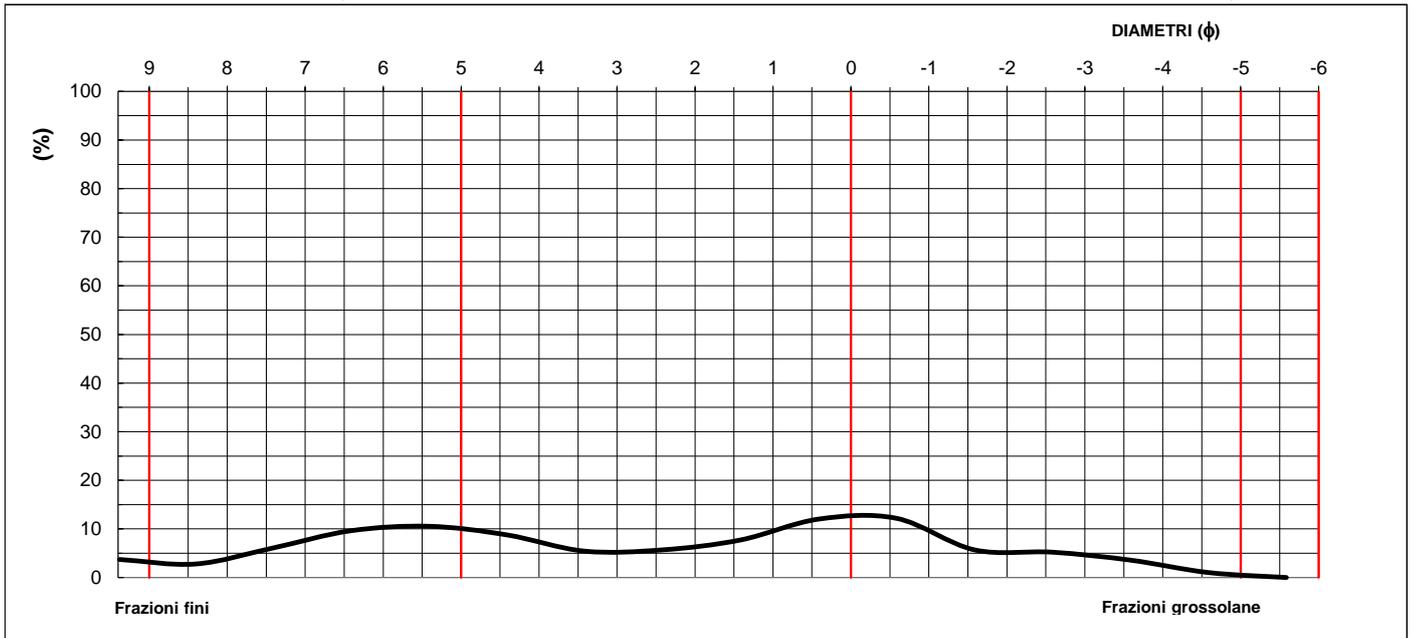
## ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

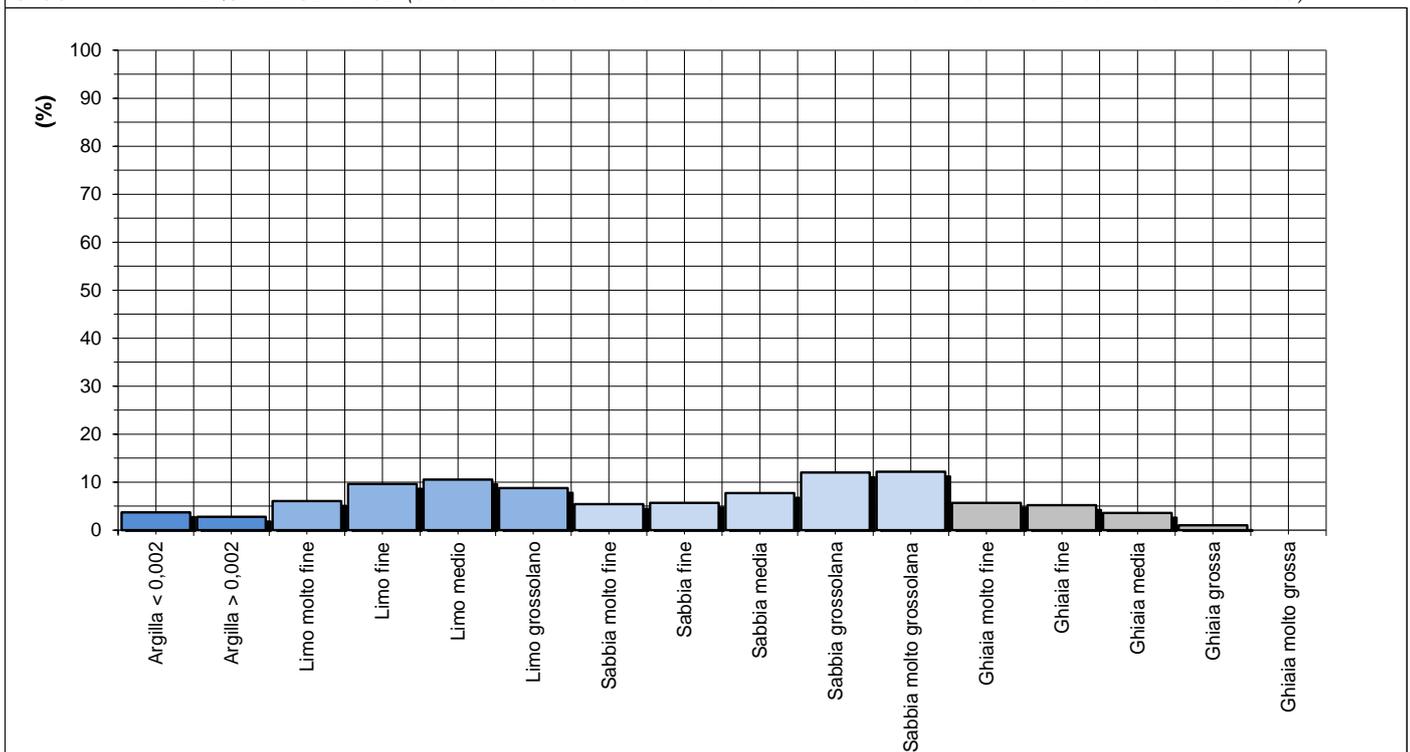
**PARAMETRI STATISTICI** (SECONDO FOLK & WARD)

<b>INDICE DI APPIATTIMENTO</b>	$K_G$	0,8	curva platicurtica	<b>Mean Size</b>	2,7
<b>SIMMETRIA</b>	$Sk_1$	-0,1	curva simmetrica	<b>Median (<math>\phi</math>)</b>	2,5
<b>CLASSAZIONE</b>	$\sigma_1$	-3,6	sedimento molto ben classato	<b>Classi modali (<math>\phi</math>)</b>	
				-0,6	0,4

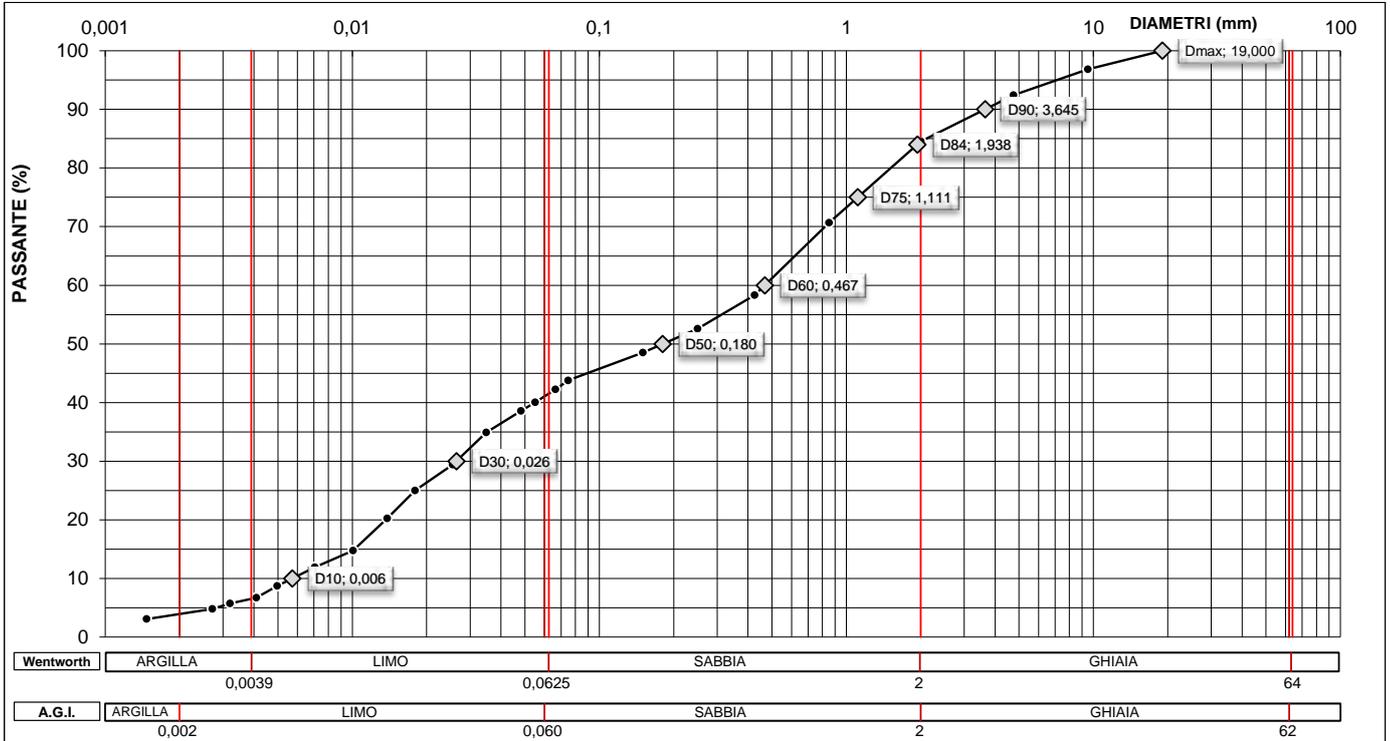
**CURVA DI FREQUENZA SEMPLICE** (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH CON ARGILLA SUDDIVISA IN DUE CLASSI)



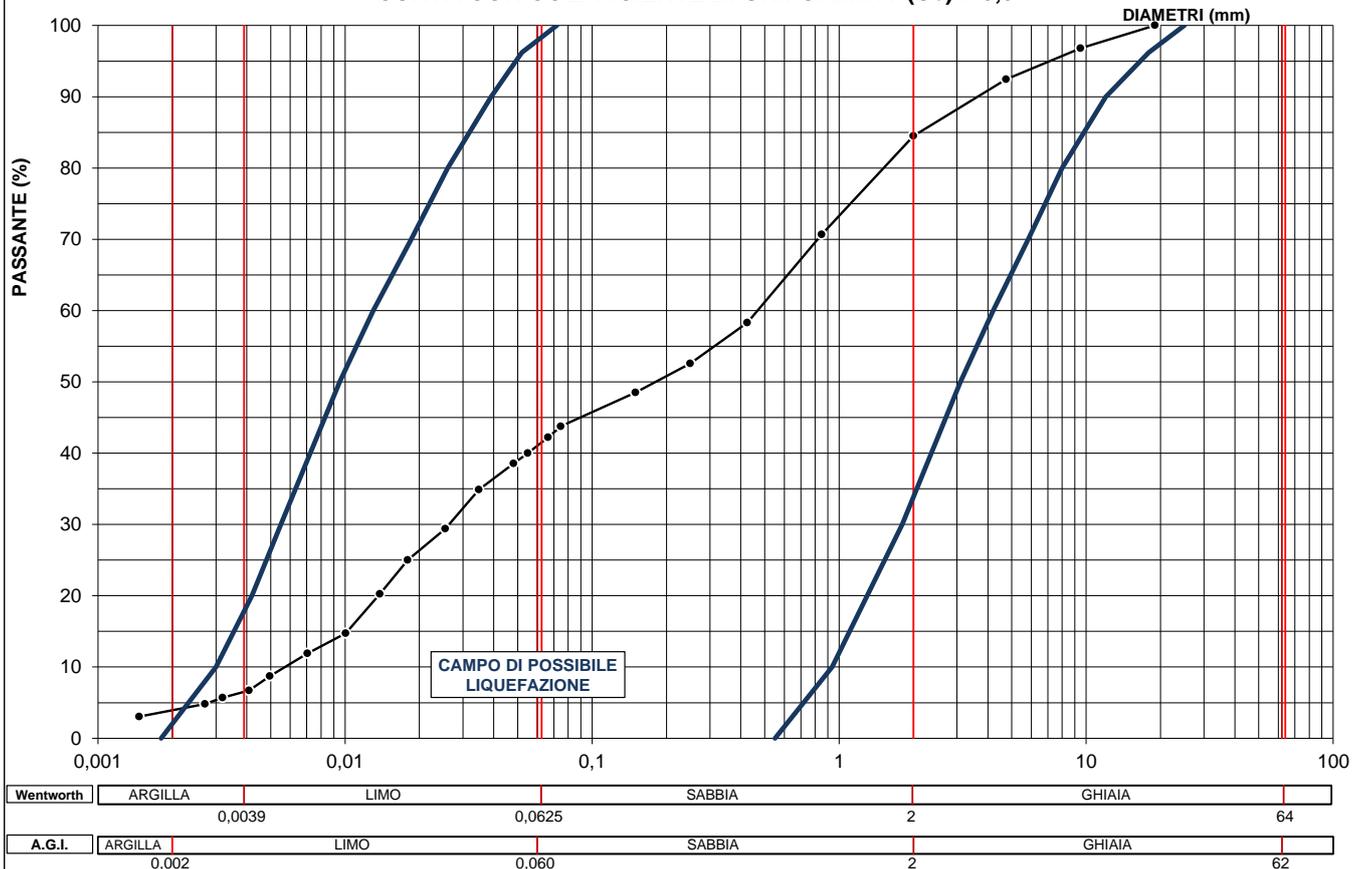
**ISTOGRAMMA DI FREQUENZA SEMPLICE** (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH CON ARGILLA SUDDIVISA IN DUE CLASSI)



**ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422**  
**D PERCENTILI (DIAGRAMMA DIAMETRI (mm) - PASSANTE (%))**



**VERIFICA GRANULOMETRICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE**  
**CURVA CON COEFFICIENTE DI UNIFORMITA' ( $U_c$ ) > 3,5**



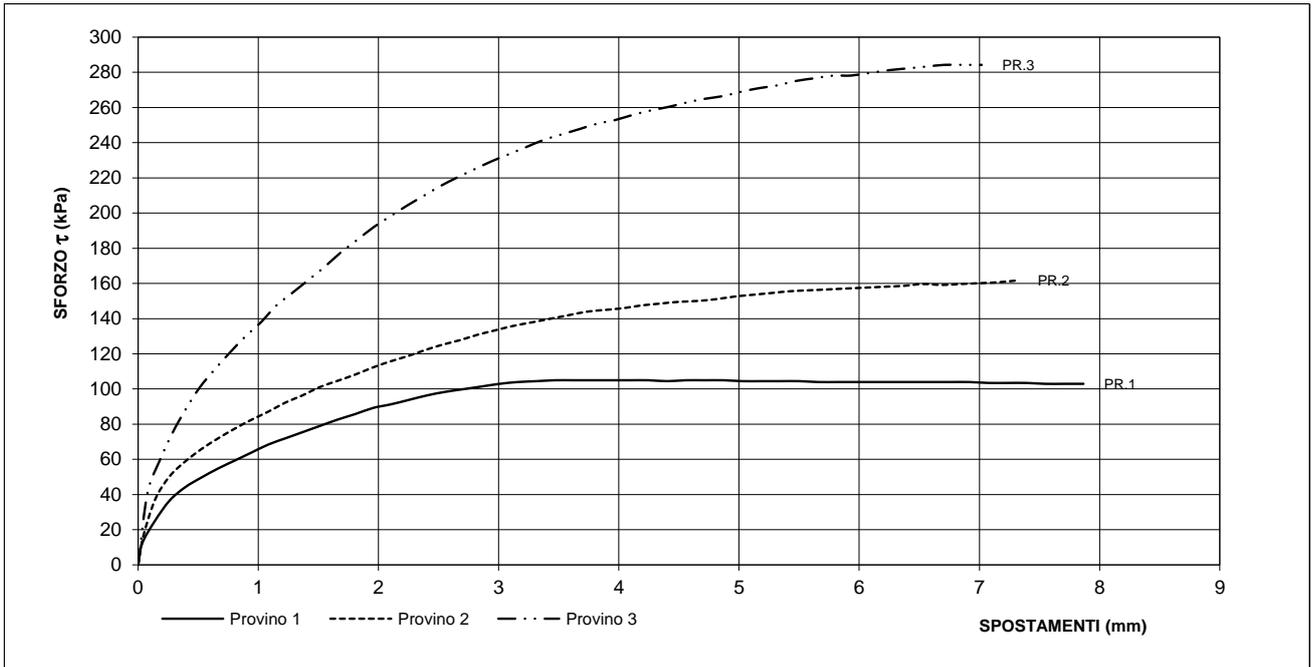
 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 22
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 2	PAGINA CERTIFICATO 1 di 3
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	da m: 13,00 a m: 13,50	N° CERTIFICATO <b>28961 TD</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 05/01/24	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D. ASTM D 3080**

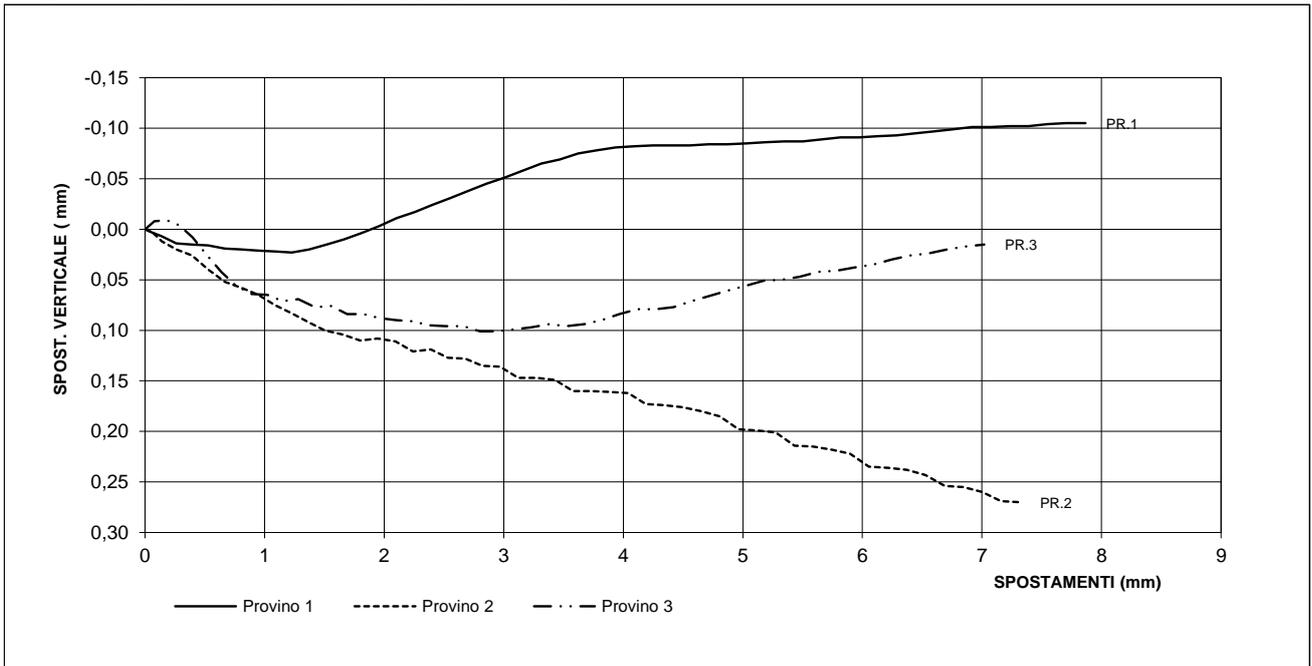
CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE						FINE CONSOLIDAZIONE E TAGLIO					
PROVINO N°	LATO L (mm)	ALTEZZA H (mm)	INIZIO CONS. VOL. (cm <sup>3</sup> )	UMIDITA' NAT. W (%)	PESO DI VOL. γ (kN/m <sup>3</sup> )	CONSOLIDAZIONE 24 h		FINE CONSOL. VOL. (cm <sup>3</sup> )	UMIDITA' FIN. Wf (%)	VALORI DI SFORZO MAX.	
						σ' (kPa)	CEDIM. (mm)			τ (kPa)	δ <sub>i</sub> (mm)
1	60,00	19,90	71,64	29,4	16,98	98	0,580	70,0	28,0	104,95	3,468
2	60,00	19,90	71,64	30,2	17,28	196	0,712	69,4	28,1	161,68	7,312
3	60,00	19,90	71,64	28,8	17,06	294	0,890	68,9	26,3	284,24	6,708

<b>CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE</b>			<b>VELOCITA' DEL TAGLIO (mm/min) = 0,006</b>		
<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	2	DISTURBATO	SABBIA CON LIMO GHIAIOSA DEB.ARGILLOSA		

**DIAGRAMMA SFORZO / SPOSTAMENTI**



**DIAGRAMMA SPOSTAMENTO VERTICALE / SPOSTAMENTI ORIZZ.**



LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>				SOND.: 1	PAGINA: 23 PAGINA CERTIFICATO 2 di 3
	Cava Solar Riano (RM)				CAMP.: 2	
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509		ID. INTERNO 6727	N° CERTIFICATO <b>28961 TD</b>	

DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. DATA FINE DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 05/01/24
---------------------------------	---	--------------------------

**DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO**

**PROVINO 1**

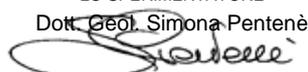
PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = **98**

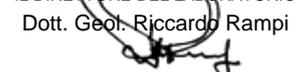
Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,622	104,95	-0,075	7,704	102,93	-0,105			
0,034	12,27	0,002	3,779	104,95	-0,078	7,866	102,93	-0,105			
0,139	24,93	0,007	3,936	104,95	-0,081						
0,262	36,58	0,014	4,092	104,95	-0,082						
0,392	44,18	0,015	4,247	104,95	-0,083						
0,529	49,75	0,016	4,402	104,45	-0,083						
0,666	54,81	0,019	4,556	104,95	-0,083						
0,806	59,37	0,020	4,714	104,95	-0,084						
0,945	63,93	0,021	4,872	104,95	-0,084						
1,086	68,49	0,022	5,029	104,45	-0,085						
1,229	72,03	0,023	5,186	104,45	-0,086						
1,373	75,58	0,020	5,344	104,45	-0,087						
1,518	79,12	0,015	5,503	104,45	-0,087						
1,663	82,67	0,010	5,660	103,94	-0,089						
1,805	85,71	0,004	5,817	103,94	-0,091						
1,957	89,25	-0,003	5,971	103,94	-0,091						
2,104	91,28	-0,011	6,128	103,94	-0,092						
2,254	93,81	-0,017	6,287	103,94	-0,093						
2,403	96,34	-0,024	6,443	103,94	-0,095						
2,555	98,37	-0,031	6,601	103,94	-0,097						
2,706	99,89	-0,038	6,758	103,94	-0,099						
2,858	101,41	-0,045	6,916	103,94	-0,101						
3,008	102,93	-0,051	7,075	103,43	-0,101						
3,159	103,94	-0,058	7,233	103,43	-0,102						
3,315	104,45	-0,065	7,390	103,43	-0,102						
3,468	104,95	-0,069	7,546	102,93	-0,104						

**PROVINO 2**

PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = **196**

Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,580	141,92	0,160						
0,043	16,32	0,001	3,735	143,95	0,160						
0,141	37,09	0,012	3,889	144,96	0,161						
0,261	50,25	0,020	4,041	145,98	0,162						
0,393	58,86	0,026	4,187	147,50	0,173						
0,529	65,95	0,040	4,340	148,51	0,174						
0,668	72,03	0,052	4,494	149,52	0,176						
0,808	77,60	0,058	4,653	150,03	0,180						
0,948	82,67	0,065	4,808	151,04	0,185						
1,087	87,23	0,075	4,965	152,56	0,198						
1,226	92,29	0,083	5,119	153,57	0,199						
1,367	96,34	0,092	5,275	154,59	0,201						
1,505	100,90	0,100	5,431	155,60	0,214						
1,651	104,45	0,104	5,587	156,11	0,215						
1,799	107,99	0,110	5,745	156,61	0,218						
1,946	112,04	0,108	5,898	157,12	0,222						
2,094	115,59	0,111	6,055	157,62	0,235						
2,241	118,63	0,121	6,214	158,13	0,236						
2,390	122,17	0,119	6,372	158,64	0,238						
2,534	125,21	0,127	6,528	159,65	0,243						
2,678	127,74	0,128	6,689	159,14	0,254						
2,822	130,78	0,135	6,844	159,65	0,255						
2,970	133,31	0,136	7,002	160,16	0,260						
3,121	135,85	0,147	7,158	160,66	0,269						
3,276	137,87	0,147	7,312	161,68	0,270						
3,429	139,90	0,149									

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 1	PAGINA: 24
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 2	PAGINA CERTIFICATO 3 di 3
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	da m: 13,00 a m: 13,50	N° CERTIFICATO <b>28961 TD</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. DATA FINE DATA INIZIO PROVA	28/12/23	DATA FINE PROVA	05/01/24

**DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO**

PROVINO 3

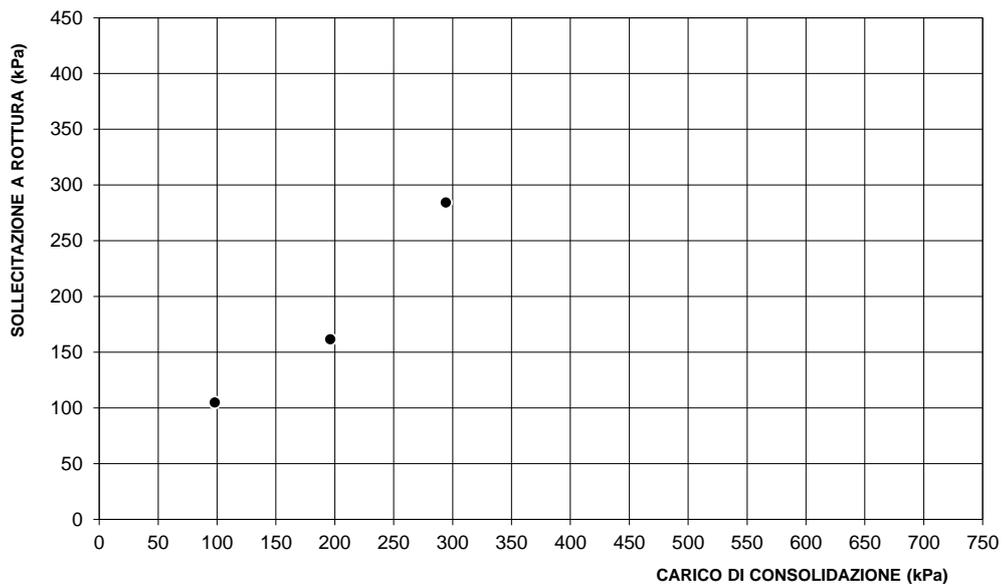
PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 294

Spst. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spst. ver. (mm)	Spst. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spst. ver. (mm)	Spst. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spst. ver. (mm)	Spst. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spst. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,379	241,70	0,094						
0,077	40,63	-0,008	3,525	244,74	0,096						
0,180	59,37	-0,009	3,674	247,78	0,094						
0,286	75,07	-0,004	3,820	250,82	0,090						
0,398	88,75	0,008	3,967	252,84	0,084						
0,513	100,90	0,025	4,119	255,88	0,079						
0,636	111,03	0,042	4,271	258,41	0,079						
0,763	120,65	0,056	4,420	260,44	0,077						
0,891	129,77	0,064	4,570	262,97	0,071						
1,021	137,87	0,065	4,719	265,00	0,066						
1,151	147,50	0,071	4,869	266,52	0,061						
1,282	154,59	0,069	5,021	269,05	0,056						
1,421	162,18	0,077	5,172	271,07	0,051						
1,558	169,78	0,076	5,318	272,59	0,050						
1,691	177,88	0,084	5,476	275,13	0,047						
1,827	184,97	0,084	5,631	276,65	0,042						
1,961	192,06	0,088	5,784	278,16	0,041						
2,098	198,14	0,090	5,931	278,16	0,038						
2,237	204,22	0,091	6,089	279,68	0,035						
2,376	209,79	0,095	6,246	281,20	0,030						
2,515	215,36	0,096	6,398	282,22	0,026						
2,661	220,43	0,096	6,552	283,23	0,024						
2,801	224,99	0,101	6,708	284,24	0,020						
2,945	229,54	0,101	6,857	284,24	0,017						
3,090	233,60	0,099	7,019	284,24	0,015						
3,234	237,65	0,097									

**NOTE:**

Per le caratteristiche del materiale i provini del taglio diretto sono stati parzialmente ricostituiti.

**DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO**



LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi



**CNG S.r.l.**

LABORATORIO  
GEOTECNICO

Via Atlante, 101 - 00133 Roma  
Tel 062018088 cng@congeo.it

GTS Studio Associato di Geologia

SOND.: 1

CAMP.: 2

PAGINA: 25

Cava Solar  
Riano (RM)

da m: 13,00

a m: 13,50

PAGINA ALLEGATO  
1 DI 1

DATA INIZIO PROVA

28/12/23

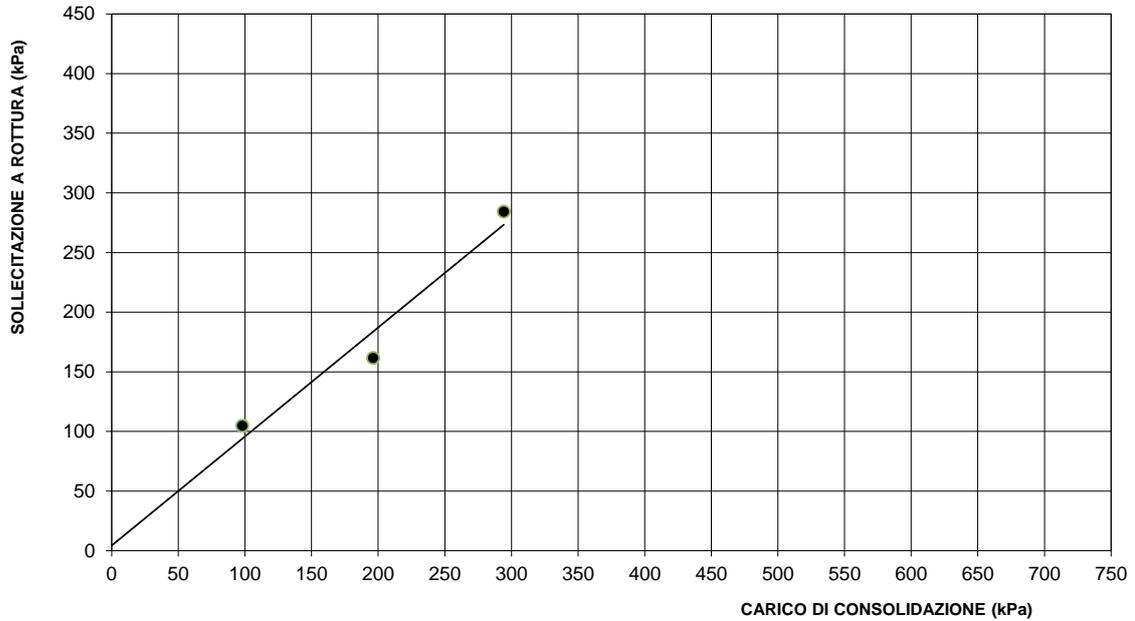
DATA FINE PROVA

05/01/24

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.

ASTM D 3080

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO



### RISULTATI TAGLIO DRENATO

COESIONE EFFICACE (kPa)	4
ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE	42

### NOTE

LA RETTA DI INVILUPPO CHE PASSA PER I TRE PUNTI E' UNA LINEA DI INTERPOLAZIONE SENZA ALCUNA INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI.



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 2	PAGINA: 27
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	
			da m: 5,00 a m: 5,50	
N° VERBALE 1720		N° COMMESSA 1509	ID. INTERNO: 6728	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 21/12/23		DATA APERTURA CAMPIONE 28/12/23	DATA EMISSIONE CERTIFICATO 10/01/24	

### SCHEDA CAMPIONE

#### CARATTERISTICHE DI CAMPIONAMENTO

TIPO DI PERFORAZIONE	ASTE E CAROTIERE	TIPO DI CAMPIONATORE (SE NOTO)	/
TIPO DI CONTENITORE	PVC	LUNGHEZZA CONTENITORE (cm)	/
LUNGHEZZA REALE CAMPIONE (cm)	50	DIAMETRO CAMPIONE (mm)	/

#### DESCRIZIONE ED ANALISI PRELIMINARI

POCKET(kPa)	V.TEST(kPa)	CAMPIONE	UBICAZIONE PROVE	DESCRIZIONE
/	/		← TD	Sabbia con limo debolmente argillosa di colore avana grigiastro, lievemente strutturata e sensibile, non plastica alla manipolazione.
/	/			
/	/			
/	/			
/	/			
/	/	Basso	STATO DICHIARATO DEL CAMPIONE: DISTURBATO	
SABBIA CON LIMO DEB.ARGILLOSA			CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981): 2	
Materiale fragile: il pocket può rompere la struttura per cui si preferisce non eseguirlo.				

#### DETERMINAZIONI ESEGUITE

PROVE ESEGUITE		DATA INIZIO	DATA FINE	PROVE ESEGUITE	DATA INIZIO	DATA FINE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	<b>X</b>	28/12/23	31/12/23	PROVA TRIASSIALE TIPO CID		
PESO DI VOLUME NATURALE	<b>X</b>	28/12/23	30/12/23	PROVA DI COSTIPAMENTO PROCTOR		
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	<b>X</b>	08/01/24	09/01/24	PROVA C.B.R.		
ANALISI GRANULOMETRICA	<b>X</b>	29/12/23	09/01/24	PROVA DI PERMEABILITA' IN EDOMETRO A CARICO VARIABILE		
LIMITI DI ATTERBERG				PROVA DI PERMEABILITA' IN CELLA TRIASSIALE		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.	<b>X</b>	28/12/23	05/01/24	PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO				DETERMINAZIONE PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA				PROVA DI RIGONFIAMENTO METODO HUDER-AMBERG		
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA				DETERMINAZIONE DEFORMAZIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA TRIASSIALE TIPO UU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI CARBONATI		
PROVA TRIASSIALE TIPO CIU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SOSTANZE ORGANICHE		
PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)				PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)		

#### NOTE

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 2	PAGINA: 28 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	ID. INTERNO 6728	da m: 5,00 a m: 5,50
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 31/12/23	

**CONTENUTO D'ACQUA NATURALE Wn**  
 ASTM D 2216

<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	2	SABBIA CON LIMO DEB.ARGILLOSA
--	---	-------------------------------

PROVA DI RIFERIMENTO	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
PESO CAPS. (g)	29,15	29,05					29,03	29,95	29,63	
P.UMIDO+CAPS. (g)	61,53	55,82					63,62	66,21	62,63	
P.SECCO+CAPS. (g)	53,15	47,5					54,89	55,11	54,43	
<b>Wn %</b>	34,9	45,1					33,8	44,1	33,1	

PROVA DI RIFERIMENTO	ELL	ELL	ELL	UU	UU	UU	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
PESO CAPS. (g)										
P.UMIDO+CAPS. (g)										
P.SECCO+CAPS. (g)										
<b>Wn %</b>										

MEDIA VALORI Wn	37,0	MEDIA VALORI Wn	/	MEDIA VALORI Wn	/	<b>Wn % MEDIO TOTALE</b>
TRATTO PROVA TD	(%)	TRATTO PROVA Trx CID		TRATTO PROVA ELL		<b>38,2 (%)</b>

**NOTE**

I contenuti d'acqua naturale W<sub>1</sub> e W<sub>2</sub> si riferiscono all'apertura del campione.

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 2	PAGINA: 29
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
N° VERBALE 1720		N° COMMESSA 1509	da m: 5,00 a m: 5,50	N° CERTIFICATO <b>28963 PV</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 30/12/23	

**PESO DI VOLUME NATURALE**  
 ASTM D 2937

<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	2	SABBIA CON LIMO DEB.ARGILLOSA
--	---	-------------------------------

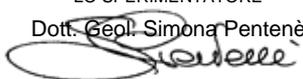
PROVA DI RIFERIMENTO	$\gamma_{n1}$	$\gamma_{n2}$	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
VOL. FUST. (cm <sup>3</sup> )							71,64	71,64	71,64	
P. FUST. (g)							61,34	61,34	61,34	
PESO TOTALE (g)							179,60	175,79	175,20	
$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )							16,19	15,67	15,59	

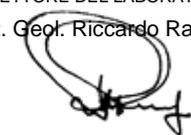
PROVA DI RIFERIMENTO	UU	UU	UU	ELL	ELL	ELL	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
VOL. FUST. (cm <sup>3</sup> )										
P. FUST. (g)										
PESO TOTALE (g)										
$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )										

MEDIA VALORI $\gamma_n$	15,81	MEDIA VALORI $\gamma_n$	/	MEDIA VALORI $\gamma_n$	/	<b><math>\gamma_n</math> MEDIO TOTALE</b>
TRATTO PROVA TD	(kN/m <sup>3</sup> )	TRATTO PROVA Trx CID		TRATTO PROVA ELL		<b>15,81 (kN/m<sup>3</sup>)</b>

**NOTE**

--

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 2	PAGINA: 30
	Cava Solar		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO
	Riano (RM)		da m: 5,00	1 di 1
N° VERBALE 1720		N° COMMESSA 1509	a m: 5,50	N° CERTIFICATO
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23		DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	ID. INTERNO 6728	<b>28964 PGR</b>
		DATA INIZIO PROVA 08/01/24	DATA FINE PROVA 09/01/24	

**PESO SPECIFICO DEI GRANULI  $\gamma_s$**   
 ASTM D 854

<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	2	SABBIA CON LIMO DEB.ARGILLOSA
--	---	-------------------------------

NUMERO PICNOMETRO	6	37		
TEMPERATURA (°C)	22,0	22,0		$\gamma_s$ MEDIA DI 2 MISURAZIONI 25,79 (kN/m <sup>3</sup> )
PESO PICNOMETRO + ACQUA (g)	197,62	197,64		
PESO PICNOMETRO + ACQUA + TERRA (g)	206,94	206,94		$\gamma_s$ RIFERITO A 20°C 25,79 (kN/m <sup>3</sup> )
PESO TERRA SECCA (g)	15,00	15,04		
PESO SPECIFICO $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	25,89	25,69		
PESO SPECIFICO $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> ) a 20°C	25,88	25,69		Gs ( $\gamma_s/\gamma_w$ ) 2,634
Gs ( $\gamma_s/\gamma_w$ )	2,644	2,624		

NOTE

LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 2	PAGINA: 31
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	ID. INTERNO 6728	N° CERTIFICATO <b>28965 GR</b>	
RICEV. CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 29/12/23	DATA FINE PROVA 09/01/24	

### ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422

#### CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (SECONDO UDDEN - WENTWORTH)

<b>CIOTTOLI %</b>	<b>0,0</b>	<b>GHIAIA %</b>	<b>4,6</b>	<b>SABBIA %</b>	<b>45,8</b>	<b>LIMO %</b>	<b>41,7</b>	<b>ARGILLA %</b>	<b>8,0</b>	<b>IND.GRUPPO</b>	<b>/</b>						
<b>D<sub>10</sub> (mm)</b>	0,005	<b>D<sub>30</sub> (mm)</b>	0,022	<b>D<sub>50</sub> (mm)</b>	0,064	<b>D<sub>60</sub> (mm)</b>	0,170	<b>COEFF.DI UNIFORMITA'</b>		35,4							
<b>D<sub>75</sub> (mm)</b>	0,483	<b>D<sub>84</sub> (mm)</b>	0,771	<b>D<sub>90</sub> (mm)</b>	1,231	<b>D<sub>MAX</sub> (mm)</b>	9,500	<b>COEFF.DI CURVATURA</b>		0,6							
<b>PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)</b>				52,3				<b>PERCENT. ARGILLA &lt; 0,002 mm</b>				5,3					
<b>CLASSIFICAZIONE SECONDO CLASSI DI UDDEN-WENTWORTH:</b>																	
<b>CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981)</b>						2						SABBIA CON LIMO DEB.ARGILLOSA					
<b>CLASSIFICAZIONE AASHTO</b>						N.D.						SABBIA CON LIMO DEB.ARGILLOSA					
<b>CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.</b>						N.D.						Ghiaia = 4,6% Sabbia = 45,8% Limo = 44,3% Argilla = 5,3%					

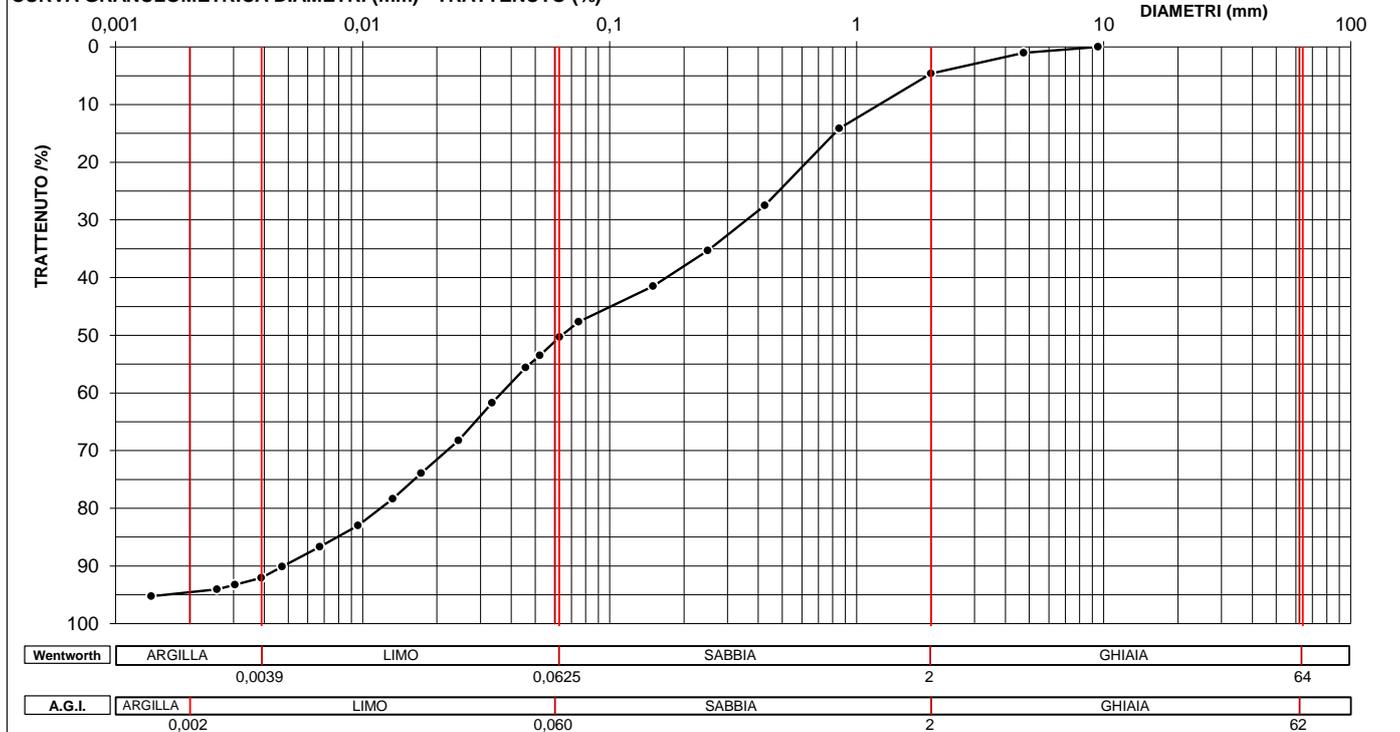
#### VAGLIATURA

Setacci	Diametri (mm)	Trattenuto (%)
12"	304,8000	0,00
6"	152,4000	0,00
3"	76,2000	0,00
2"	50,8000	0,00
1,5"	38,1000	0,00
1"	25,0000	0,00
3/4"	19,0000	0,00
3/8"	9,5000	0,00
4	4,7500	1,03
10	2,0000	4,60
20	0,8500	14,12
40	0,4250	27,47
60	0,2500	35,30
100	0,1500	41,50
200	0,0750	47,68

#### SEDIMENTAZIONE

Diametri (mm)	Trattenuto (%)
0,0750	47,68
0,0627	50,32
0,0522	53,48
0,0457	55,58
0,0335	61,69
0,0245	68,22
0,0173	73,91
0,0133	78,33
0,0096	82,97
0,0067	86,70
0,0047	90,13
0,0039	92,06
0,0030	93,25
0,0026	94,05
0,0014	95,25

#### CURVA GRANULOMETRICA DIAMETRI (mm) - TRATTENUTO (%)



LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi

 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 2	PAGINA: 32
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	PAGINA ALLEGATO 1 di 2
			da m: 5,00 a m: 5,50	
DATA INIZIO PROVA		29/12/23	DATA FINE PROVA	09/01/24

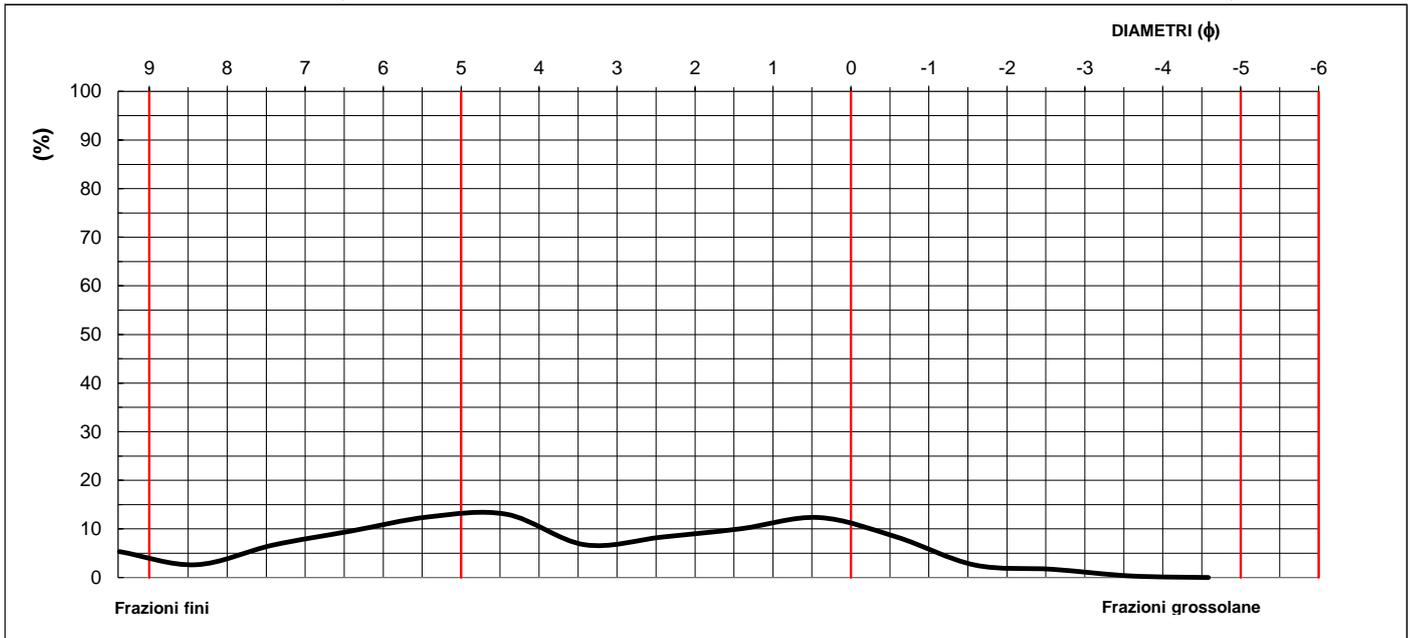
## ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

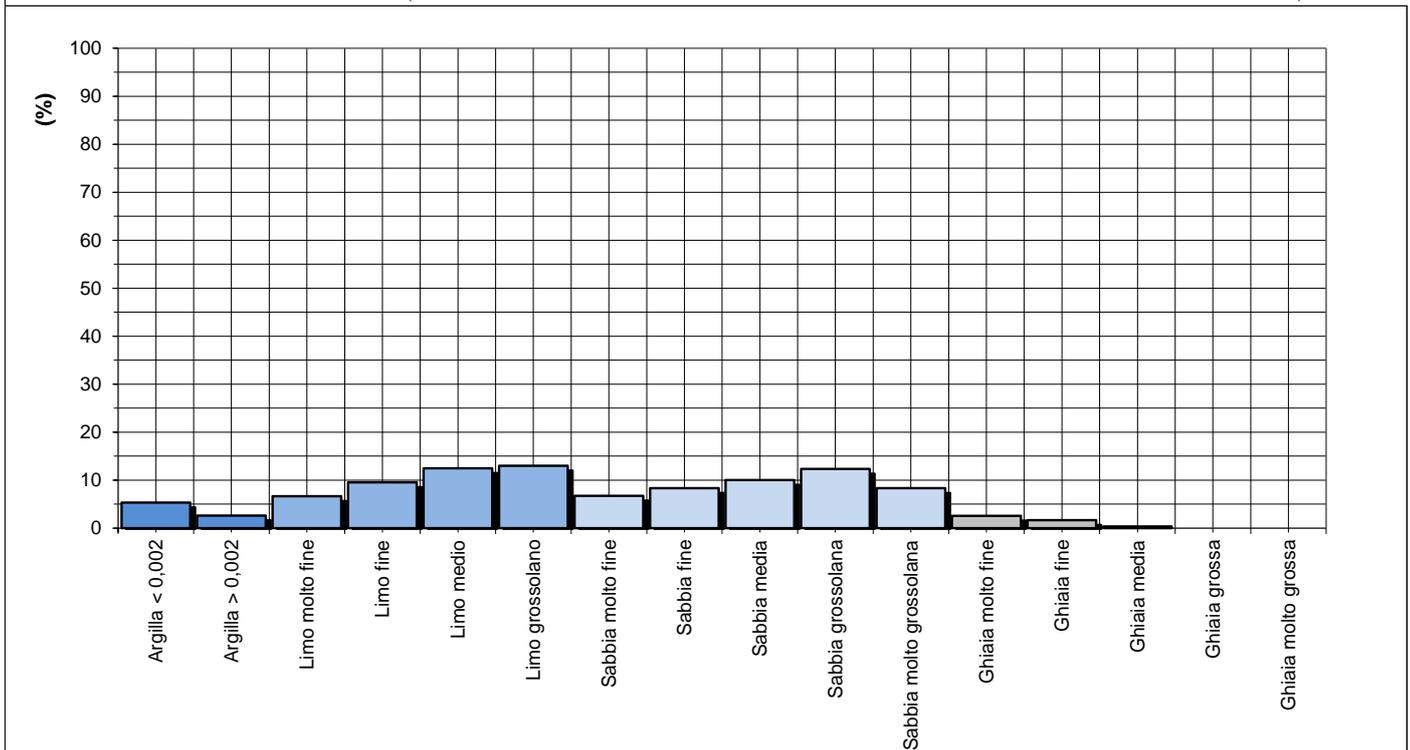
### PARAMETRI STATISTICI (SECONDO FOLK & WARD)

<b>INDICE DI APPIATTIMENTO</b>	<b>K<sub>G</sub></b>	0,9	curva platicurtica	<b>Mean Size</b>	3,7
<b>SIMMETRIA</b>	<b>Sk<sub>1</sub></b>	0,0	curva simmetrica	<b>Median (φ)</b>	4,0
<b>CLASSAZIONE</b>	<b>σ<sub>1</sub></b>	-3,2	sedimento molto ben classato	<b>Classi modali (φ)</b>	
				4,4	5,4

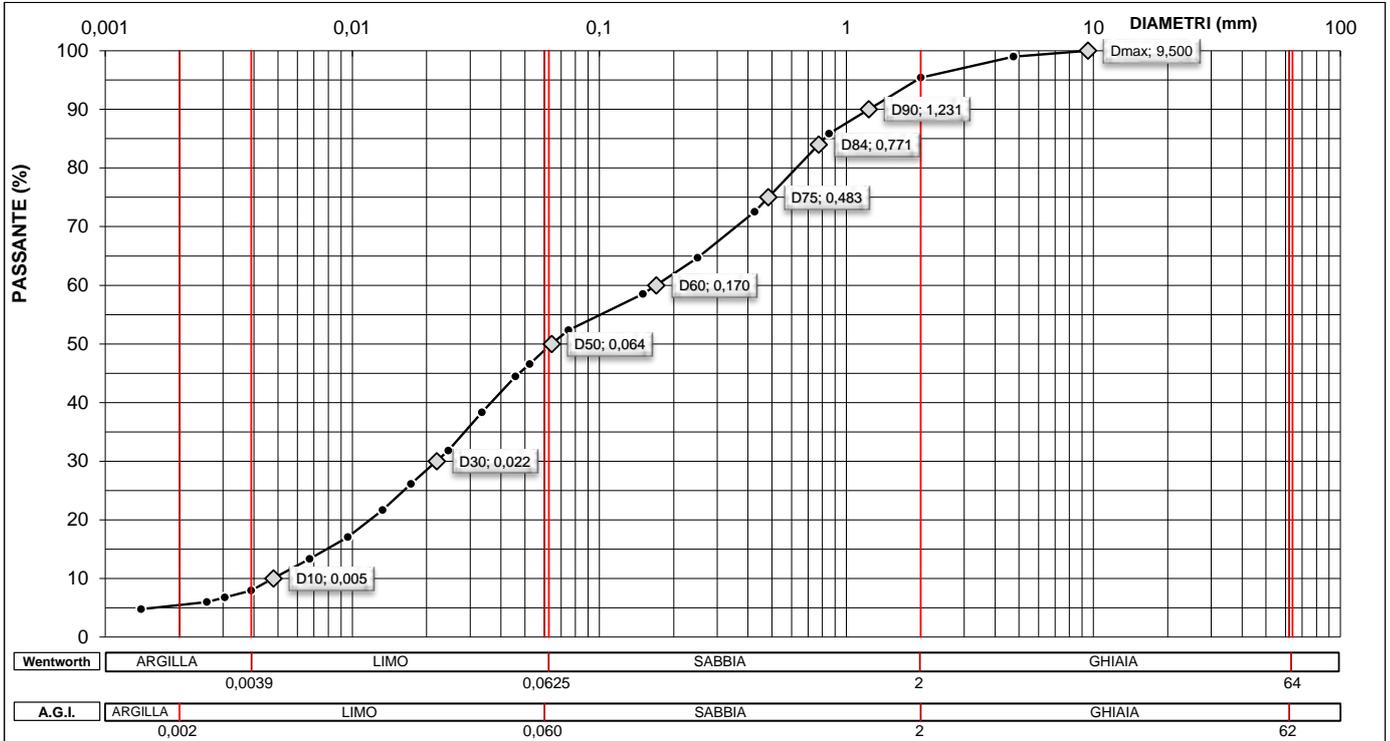
### CURVA DI FREQUENZA SEMPLICE (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH CON ARGILLA SUDDIVISA IN DUE CLASSI)



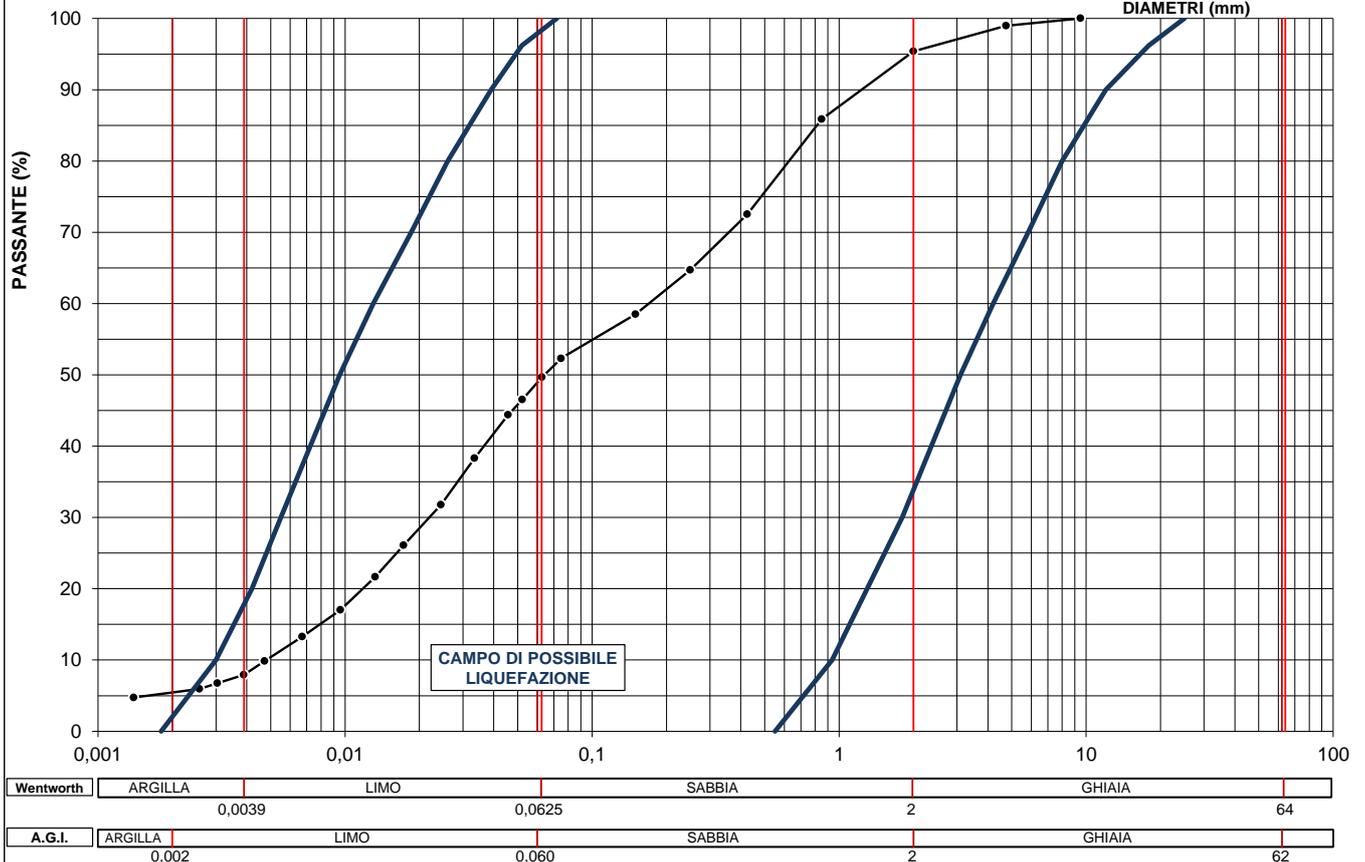
### ISTOGRAMMA DI FREQUENZA SEMPLICE (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH CON ARGILLA SUDDIVISA IN DUE CLASSI)



**ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422**  
**D PERCENTILI (DIAGRAMMA DIAMETRI (mm) - PASSANTE (%))**



**VERIFICA GRANULOMETRICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE**  
**CURVA CON COEFFICIENTE DI UNIFORMITA' (Uc) > 3,5**



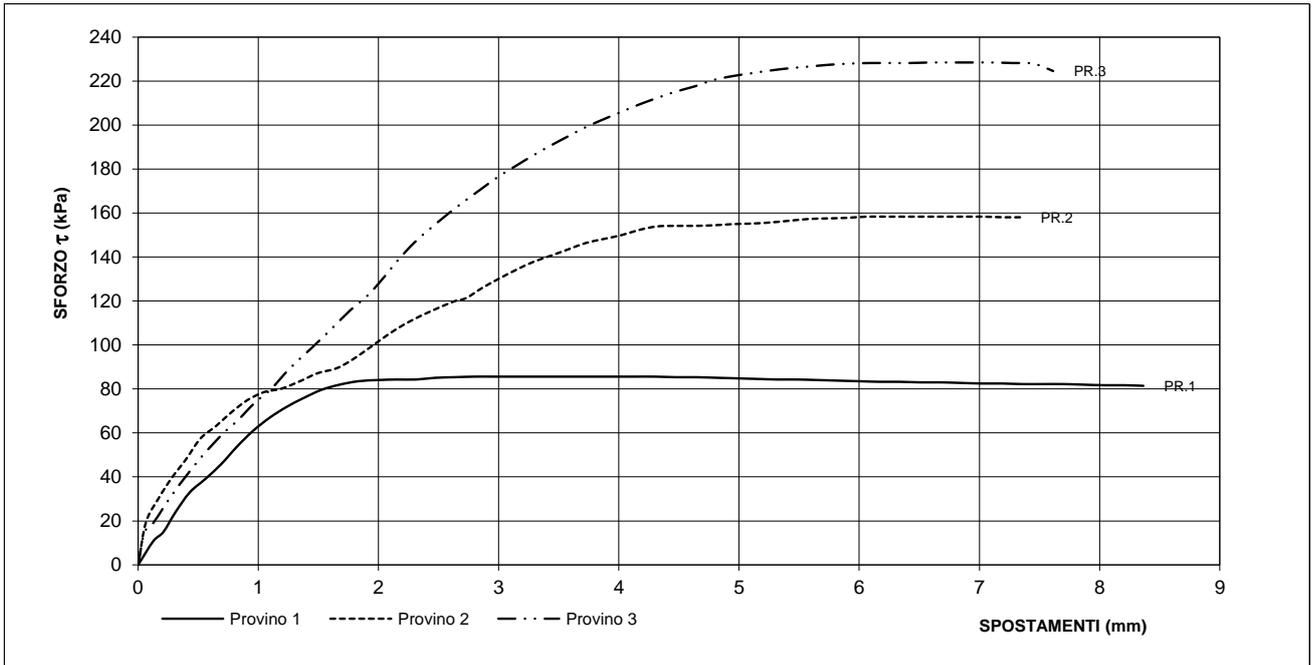
 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 2	PAGINA: 34
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 1 di 3
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	da m: 5,00 a m: 5,50	N° CERTIFICATO <b>28966 TD</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. 10/01/24	DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 05/01/24	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D. ASTM D 3080**

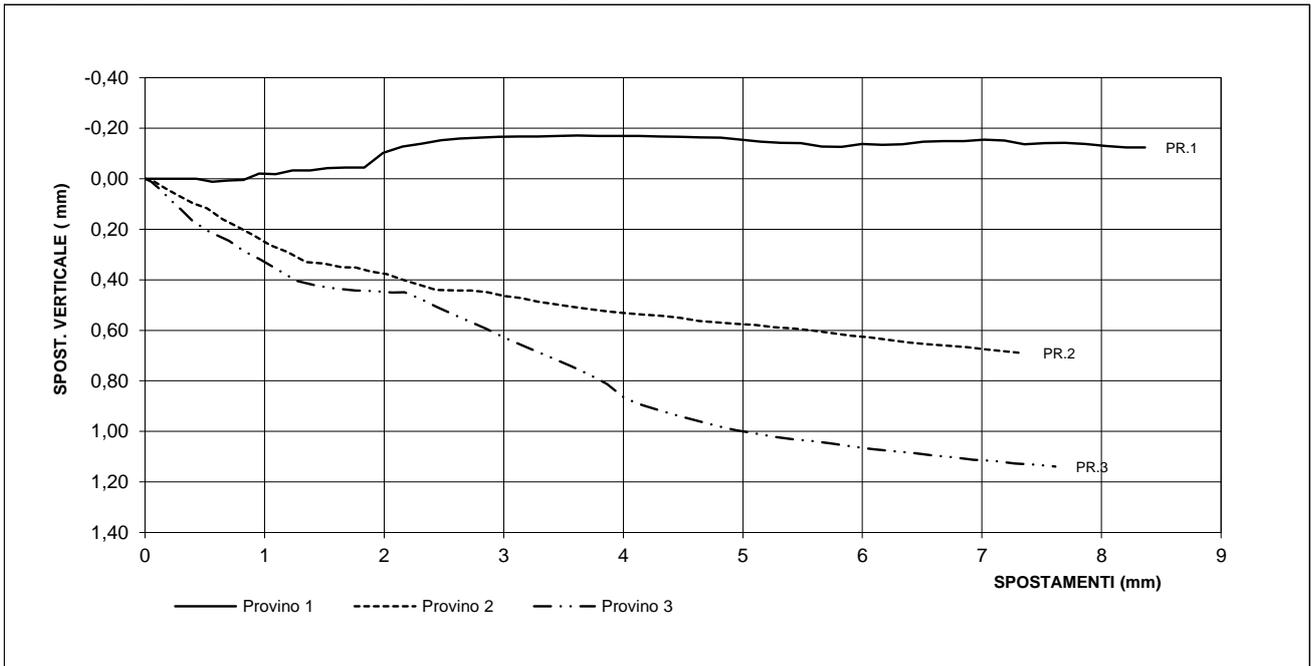
CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE						FINE CONSOLIDAZIONE E TAGLIO					
PROVINO N°	LATO L (mm)	ALTEZZA H (mm)	INIZIO CONS. VOL. (cm <sup>3</sup> )	UMIDITA' NAT. Wn (%)	PESO DI VOL. $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	CONSOLIDAZIONE 24 h		FINE CONSOL. VOL. (cm <sup>3</sup> )	UMIDITA' FIN. Wf (%)	VALORI DI SFORZO MAX.	
						$\sigma'$ (kPa)	CEDIM. (mm)			$\tau$ (kPa)	$\delta_i$ (mm)
1	60,00	19,90	71,64	33,8	16,19	98	0,483	70,7	32,9	85,61	2,797
2	60,00	19,90	71,64	44,1	15,67	196	0,942	68,9	41,2	158,35	6,059
3	60,00	19,90	71,64	33,1	15,59	294	1,762	66,4	27,9	228,49	6,589

<b>CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE</b>			<b>VELOCITA' DEL TAGLIO (mm/min) = 0,006</b>		
<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	2	DISTURBATO	SABBIA CON LIMO DEB.ARGILLOSA		

**DIAGRAMMA SFORZO / SPOSTAMENTI**



**DIAGRAMMA SPOSTAMENTO VERTICALE / SPOSTAMENTI ORIZZ.**



LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 2	PAGINA: 35
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 2 di 3
N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	ID. INTERNO 6728	N° CERTIFICATO <b>28966 TD</b>	
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. DATA FINE	DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 05/01/24	

**DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO**

PROVINO 1						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 98					
Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,787	85,61	-0,169	8,208	81,70	-0,124			
0,126	10,79	0,000	3,961	85,61	-0,169	8,364	81,44	-0,124			
0,210	14,96	0,000	4,134	85,61	-0,169						
0,309	23,82	0,000	4,302	85,61	-0,167						
0,429	32,95	0,000	4,473	85,35	-0,166						
0,562	39,21	0,012	4,642	85,35	-0,164						
0,694	45,98	0,007	4,815	85,09	-0,162						
0,823	53,81	0,005	4,983	84,83	-0,154						
0,954	60,85	-0,020	5,152	84,57	-0,146						
1,092	66,84	-0,018	5,318	84,31	-0,142						
1,234	71,80	-0,033	5,486	84,31	-0,141						
1,380	75,97	-0,033	5,659	84,05	-0,127						
1,526	79,62	-0,042	5,828	83,79	-0,126						
1,677	81,96	-0,044	5,997	83,53	-0,137						
1,833	83,53	-0,044	6,168	83,27	-0,134						
1,991	84,05	-0,102	6,336	83,27	-0,136						
2,152	84,31	-0,127	6,509	83,01	-0,147						
2,313	84,31	-0,139	6,680	83,01	-0,149						
2,474	85,09	-0,152	6,849	82,75	-0,149						
2,633	85,35	-0,159	7,019	82,49	-0,154						
2,797	85,61	-0,162	7,188	82,49	-0,151						
2,960	85,61	-0,166	7,356	82,22	-0,136						
3,124	85,61	-0,167	7,525	82,22	-0,141						
3,287	85,61	-0,167	7,695	82,22	-0,142						
3,455	85,61	-0,169	7,867	81,96	-0,137						
3,616	85,61	-0,171	8,038	81,70	-0,129						

PROVINO 2						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 196					
Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,435	140,63	0,497						
0,065	19,39	0,008	3,579	143,49	0,507						
0,171	30,34	0,039	3,723	146,36	0,516						
0,282	39,73	0,067	3,872	148,19	0,526						
0,399	48,07	0,097	4,025	150,01	0,532						
0,518	57,46	0,117	4,171	152,36	0,538						
0,649	63,19	0,161	4,317	153,92	0,543						
0,777	69,45	0,191	4,475	154,18	0,551						
0,909	74,92	0,224	4,632	154,18	0,563						
1,047	78,57	0,263	4,790	154,44	0,569						
1,192	80,14	0,290	4,946	154,96	0,574						
1,347	83,53	0,330	5,107	155,23	0,579						
1,494	87,18	0,335	5,268	155,75	0,588						
1,644	89,26	0,350	5,422	156,53	0,593						
1,763	92,65	0,352	5,581	157,31	0,601						
1,890	97,35	0,367	5,742	157,57	0,611						
2,023	102,56	0,378	5,900	157,83	0,621						
2,157	107,51	0,400	6,059	158,35	0,628						
2,294	111,69	0,420	6,224	158,35	0,638						
2,435	115,34	0,440	6,390	158,35	0,648						
2,625	119,77	0,442	6,549	158,35	0,655						
2,729	121,33	0,442	6,712	158,35	0,661						
2,865	126,03	0,449	6,873	158,35	0,666						
3,004	130,20	0,464	7,036	158,35	0,675						
3,143	134,11	0,472	7,200	158,09	0,683						
3,287	137,76	0,487	7,339	158,09	0,690						

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Atlante, 101 - 00133 Roma Tel 062018088 cng@congeo.it	<b>GTS Studio Associato di Geologia</b>		SOND.: 2	PAGINA: 36
	Cava Solar Riano (RM)		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 3 di 3
	N° VERBALE 1720	N° COMMESSA 1509	da m: 5,00 a m: 5,50	N° CERTIFICATO <b>28966 TD</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP. 21/12/23	DATA EMISSIONE CERTIF. DATA FINE	DATA INIZIO PROVA 28/12/23	DATA FINE PROVA 05/01/24	

**DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO**

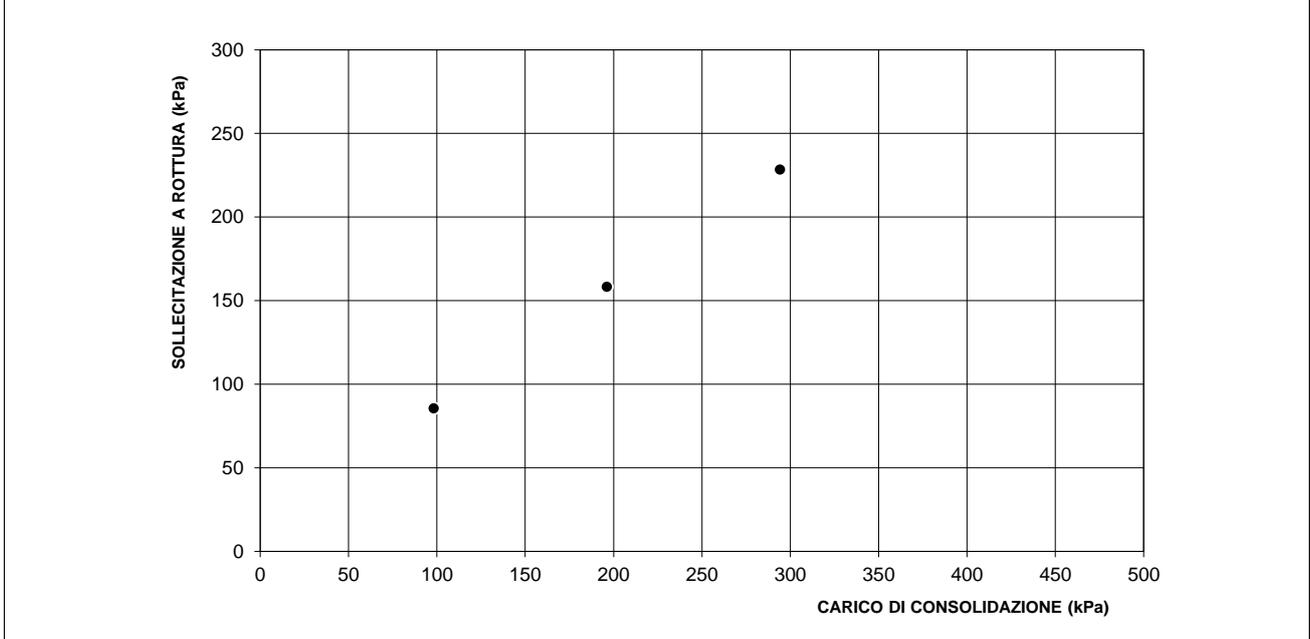
PROVINO 3

PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 294

Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,423	190,42	0,713	7,614	224,58	1,139			
0,052	14,70	0,012	3,567	194,59	0,743						
0,127	19,13	0,042	3,713	198,77	0,775						
0,215	26,43	0,085	3,862	202,42	0,812						
0,300	33,21	0,122	4,012	205,81	0,869						
0,397	40,25	0,167	4,161	209,19	0,896						
0,535	49,63	0,209	4,317	212,32	0,919						
0,703	59,54	0,246	4,470	215,19	0,939						
0,830	65,80	0,288	4,626	217,54	0,959						
0,964	73,36	0,320	4,780	220,41	0,978						
1,104	79,88	0,358	4,941	222,23	0,995						
1,265	89,52	0,404	5,098	223,53	1,008						
1,444	98,65	0,424	5,261	224,84	1,021						
1,593	106,47	0,434	5,425	225,88	1,031						
1,761	115,60	0,442	5,588	226,66	1,038						
1,917	122,90	0,445	5,753	227,44	1,048						
2,068	132,28	0,450	5,917	227,97	1,060						
2,169	139,06	0,449	6,086	228,23	1,070						
2,299	146,62	0,474	6,252	228,23	1,078						
2,435	153,14	0,506	6,420	228,23	1,085						
2,573	159,40	0,536	6,589	228,49	1,095						
2,709	165,13	0,564	6,755	228,49	1,102						
2,853	170,87	0,594	6,927	228,49	1,112						
2,992	176,34	0,626	7,101	228,49	1,117						
3,138	181,30	0,656	7,274	228,23	1,127						
3,280	185,99	0,685	7,450	227,97	1,132						

NOTE:

**DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO**



LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 Dott. Geol. Riccardo Rampi  




**CNG S.r.l.**

LABORATORIO  
GEOTECNICO

Via Atlante, 101 - 00133 Roma  
Tel 062018088 cng@congeo.it

GTS Studio Associato di Geologia

SOND.: 2

PAGINA: 37

CAMP.: 1

Cava Solar  
Riano (RM)

da m: 5,00

a m: 5,50

PAGINA ALLEGATO  
1 DI 1

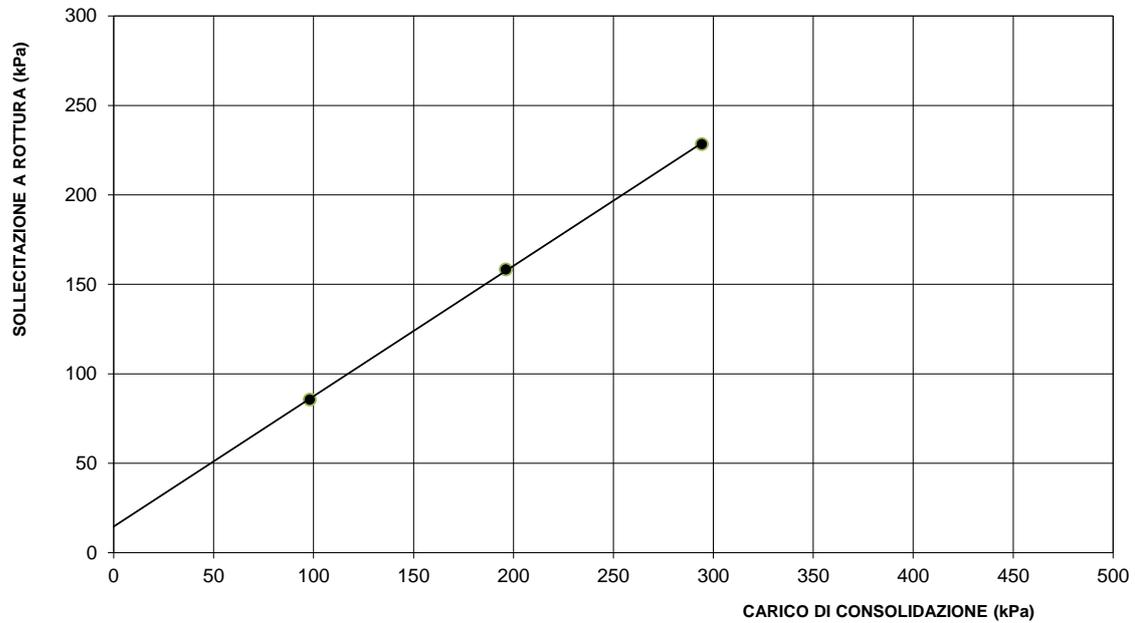
DATA INIZIO PROVA 28/12/23

DATA FINE PROVA 05/01/24

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.

ASTM D 3080

DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO



### RISULTATI TAGLIO DRENATO

COESIONE EFFICACE (kPa)	15
ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE	36

### NOTE

LA RETTA DI INVILUPPO CHE PASSA PER I TRE PUNTI E' UNA LINEA DI INTERPOLAZIONE SENZA ALCUNA INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI.