

**STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA
Dott. Geol. LORENZO DEL MASCHIO**

Via Camogli 59 - 41125 Modena
Tel 347/4128277 - Fax 059/394816
e-mail delmaschio.l@alice.it
PEC delmaschio.l@epap.sicurezzapostale.it

**COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO
PROVINCIA DI MODENA**

OGGETTO:

**RELAZIONE GEOLOGICA, SULLA MODELLAZIONE SISMICA E
GEOTECNICA DEL VOLUME SIGNIFICATIVO PER LA MANIFESTAZIONE DI
INTERESSE-PROPOSTA RIGUARDO AD INTERVENTI DA PROGRAMMARE
NEL PRIMO PIANO OPERATIVO COMUNALE DI PAVULLO NEL FRIGNANO-
ANS 1.29**

LOCALITÀ:

Pavullo n/F - Loc. Acquabuona

COMMITTENTE

Mesini Maria Pia - Mesini Maura

OTTOBRE 2015



INDICE GENERALE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	1
a. Riferimenti cartografici	1
b. Copertura aerofotogrammetrica	1
c. Riferimenti catastali	1
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO	3
4. USO DEL SUOLO	4
5. INDAGINI REALIZZATE	5
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	6
7. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SITO	13
a. Indagini geofisiche	13
a1. I dati ottenuti	13
a2. Interpretazione delle indagini	13
b. Indagini geognostiche	22
b1. I dati ottenuti	22
b2. Interpretazione delle indagini	22
8. VERIFICHE DI SICUREZZA PRELIMINARI	30
a. Scopo delle verifiche	30
b. Analisi all'equilibrio limite	31
c. Verifiche di sicurezza	34
d. Commento ed analisi delle verifiche di sicurezza	43
9. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E LOCALE	44
a. Sismicità delle aree di interesse	44
b. Sismicità storica delle aree di intervento	45
c. Individuazione della pericolosità sismica del sito	47
d. Risposta sismica locale	50
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	51
11. ALLEGATI	55

1. PREMESSA

Su incarico della Proprietà ed in accordo con i tecnici incaricati della progettazione, Geom. Monticelli con studio tecnico in Pavullo nel Frignano, è stato redatto lo studio geologico dell'area da inserire nella previsione urbanistica del POC 2015-2020 denominata ANS 1.29 in località Acquabuona nel comune di Pavullo nel Frignano.

L'indagine è stata effettuata mediante reperimento di materiale bibliografico conoscitivo, sopralluoghi, rilievi diretti sul sito e indagini geognostiche e sismiche.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - AMMINISTRATIVO

L'area di intervento è ubicata in Pavullo nel Frignano, loc. Acquabuona

I principali riferimenti sono:

a. Riferimenti cartografici (fig. 2.1 - 2.2)

C.T.R.: Tavola 236 NE (1:25.000);
Sezione 236030 (1:10.000);
Elemento 236033 (1:5000).

b. Copertura aereofotogrammetrica

- Foto aeree RER 1954
- Foto aeree RER 1973-1978
- Ortofoto digitali AIMA 1996
- Ortofoto digitali Terraitaly 2000
- Ortofoto digitali QB 2003
- Ortofoto AGEA-RER 2008
- Ortofoto AGEA-RER 2011

c. Riferimenti catastali

Foglio 40, Mappali 134/341/342 e 463 - Comune di Pavullo nel Frignano

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

- D.P.R. 380/2001

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

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

- Eurocodice 7

Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.

- Eurocodice 8

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

- D.M. 14 Gennaio 2008

Norme Tecniche per le costruzioni.

- Circolare n. 617 del 02/02/2009

- DAL Regione Emilia - Romagna 112/2007

L'area di intervento non risulta vincolata ai sensi del "Vincolo idrogeologico" (Regio Decreto n.3267 del 30/12/1923 e Legge Regionale n.47 del 07/12/1978).

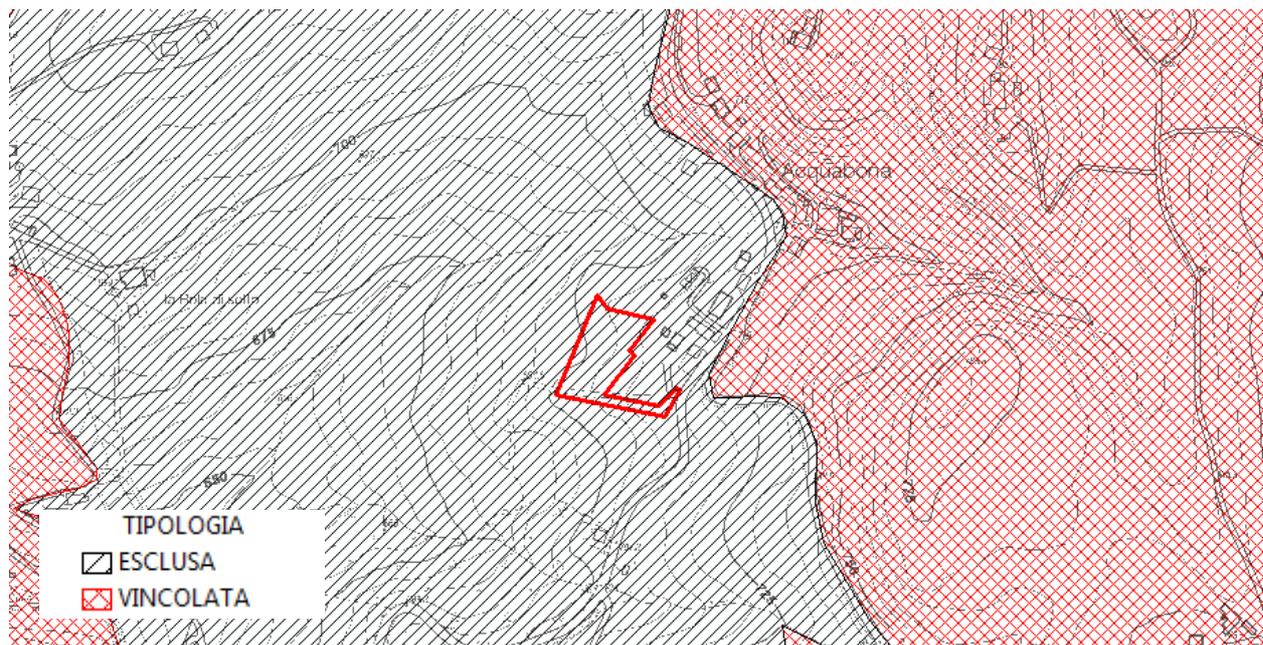


Figura 3.1: Area soggetta a vincolo idrogeologico.

4. USO DEL SUOLO

L'area di intervento risulta compresa nella tipologia "Seminativi non irrigui (Sn)". Quanto precedentemente descritto si può riscontrare nella Carta dell'Uso del Suolo della Regione Emilia-Romagna (ed. 2003) (fig. 4.1).

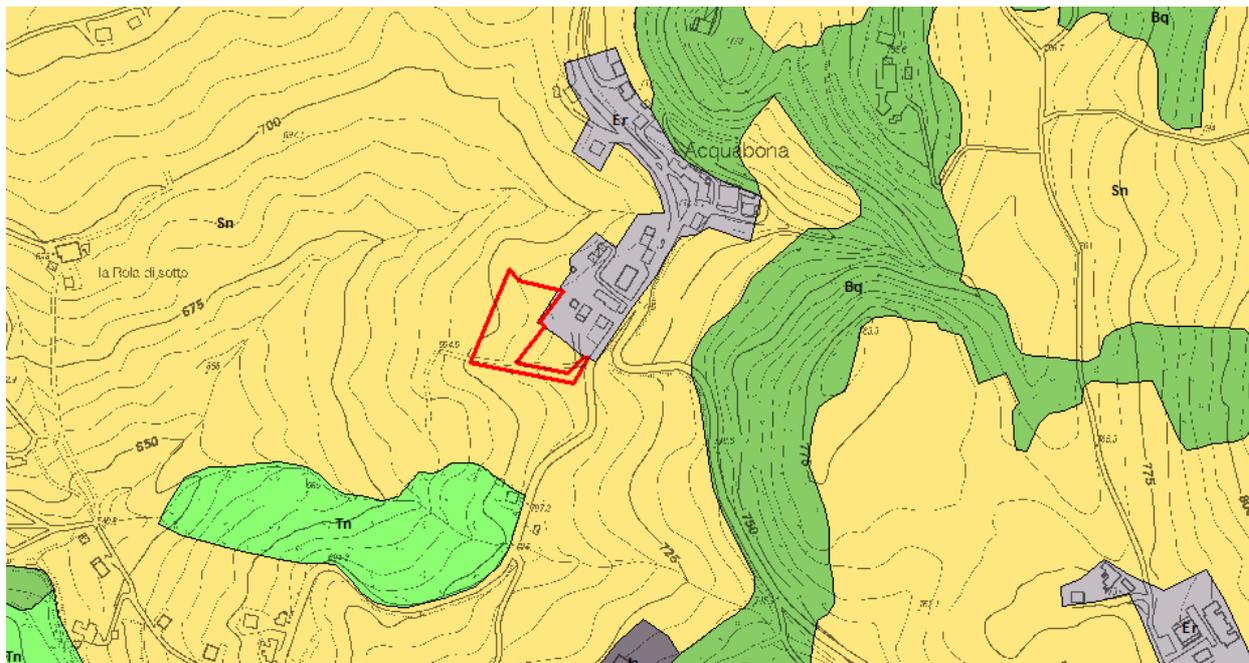


Figura 4.1: Carta Uso del suolo - Regione Emilia-Romagna ed. 2003.

5. INDAGINI REALIZZATE

Al fine di determinare la ricostruzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni di fondazione si è provveduto a reperire tutte le informazioni provenienti da indagini pregresse e dalle nuove indagini eseguite. In particolar modo sono state utilizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche (figura 5.1):

- n. 4 prove penetrometriche statiche meccaniche (CPT01, CPT02, CPT03 e CPT04) spinte fino alla profondità massima di 7.6 m dal p.c.;
- n. 1 indagine sismica passiva di microtremori (HVSr);
- n. 1 indagine sismica passiva in array 2D (ESAC);
- n. 1 indagine sismica attiva in array 1D (MASW).



Figura 5.1: Ubicazione delle indagini geognostiche e sismiche.

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

a. Litologie affioranti e loro caratteristiche

I terreni presenti nell'area di intervento appartengono alle unità liguri, come risulta dalla Carta Geologica, in scala 1:10.000 pubblicata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, Sezioni 236030 e dal rilievo diretto in campagna; in particolare le litologie del substrato qui presenti risultano essere la Formazione di Monte Venere (MOV) e le Arenarie di Scabiazza (SCB) (figura 5.1):



LEGENDA

- a1** Frana attiva
- a2** Frana quiescente
- a3** Deposito di versante s.l.
- MOV** Formazione di Cigarellino
- AVV** Argille varicolori di Cassio
- SCB** Arenarie di Scabiazza
- APA** Argille a Palombini

Figura 5.1: Stralcio della Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo (scala 1: 10.000).
(<http://geo.regione.emilia-romagna.it>)

La Formazione di Monte Venere (MOV) si presenta Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Contatto inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza fino a 900 m.

La Formazione delle Arenarie di Scabiazza (SCB) si presenta come Torbiditi arenaceo-pelitiche con arenarie da molto sottili a medie, mal strutturate e poco cementate, talora gradate, con granulometria da

fine a finissima, di colore grigio, grigio-scuro o grigio-verdastre (beige o rossastro se alterate) in strati molto sottili e sottili, e argille o argille marnose verdastre o grigio scuro molto sporche; rapporto $A/P < 1$ o uguale a 1. Presenza saltuaria di calcilutiti marnose verdi o biancastre e marne calcaree grigio-chiare in strati da sottili a spessi e argilliti varicolorate. Presenti localmente intercalazioni lenticolari metriche di breccie sedimentarie poligeniche (bp) e livelli di marne scheggiose grigio-chiare (SCBms - litofacies marnoso-siltosa). E' stata localmente distinta una litofacies arenaceo-pelitica (SCBb). Ambiente deposizionale di piana bacinale con frequenti apporti torbidity. Potenza geometrica affiorante che può raggiungere alcune centinaia di metri.

Per quanto riguarda le forme e i depositi del quaternario si sottolinea la presenza di frane attive (**a1**), quiescenti (**a2**) e di depositi di versante s.l. (**a3**) che coinvolgono anche direttamente l'area di intervento e di cui saranno meglio specificate le caratteristiche nei paragrafi successivi.

b. Assetto strutturale

La presenza di affioramenti proprio in presenza dell'area di intervento non consente comunque determinare la giacitura degli strati.

c. Caratteristiche litotecniche

Per caratterizzare i materiali presenti dal punto di vista fisico-meccanico, si è proceduto ad effettuare una caratterizzazione litotecnica speditiva suddividendo le formazioni in 4 macroclassi così rappresentate (figura 5.2):

- Materiali lapidei (A):

A - Materiale lapideo costituito da un unico tipo non stratificato

Costituito interamente da rocce lapidee in cui la stratificazione non esiste o è superiore a 3 metri.

As - Materiale lapideo stratificato

Costituito interamente da rocce lapidee in cui la stratificazione è inferiore a 3 metri;

- Materiali costituiti da alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici (B)

La classe comprende le alternanze ordinate di livelli lapidei (in prevalenza da arenarie, calcareniti e calcilutiti e di livelli pelitici (costituiti da argille, argille marnose e marne), a loro volta divise in base al rapporto reciproco.

Bl – Alternanze con livelli lapidei prevalenti: rapporto $L/P \geq 3$;

Blp – Alternanze con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P \geq 1/3$;

Bp – Alternanze con livelli pelitici prevalenti: rapporto $L/P < 1/3$.

- Materiali granulari cementati (C)

In queste U.L. sono comprese rocce e rocce deboli costituite da materiale prevalentemente granulare con grado di cementazione medio basso, che presentano caratteristiche intermedie fra quelle delle rocce e quelle dei terreni in s.s.;

Le breccie ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione possono essere considerati rocce lapidee e pertanto ricadono nell'U.L. **A**. Le arenarie molto cementate ricadono nelle U.L. **A** o **B**. Le sabbie ed il detrito grossolano non cementato ricadono, fra i materiali di copertura, nell'U.L. **E**.

Cc - conglomerati e breccie clasto sostenuti poco cementati;

Cm - conglomerati e breccie matrice - sostenute;

Cs - sabbie e areniti poco cementate

- Materiali coesivi consistenti (D)

Sono compresi terreni coesivi, sovraconsolidati , costituiti in prevalenza da marne, marne argillose e argille.

Dm - Marne;

Da - Argille , argille marnose e argille siltose; comprendono anche gli orizzonti costituiti da slump sedimentari prevalentemente pelitici;

Dsc - Argilliti

unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione (“argille scagliose” auctt.) e talora intensamente diagenizzate fino all'anchimetamorfismo. Eventuali inclusi di litotipi diversi individuano talora (es: APA) una tessitura a scala dell'affioramento a “blocchi in matrice” in cui la matrice argillosa è sempre prevalente e determinante per il comportamento geotecnico complessivo;

Dol - Argille a struttura primaria caotica

unità costituite in prevalenza da argille con a luoghi subordinati inclusi lapidei che determinano una tessitura clastica, dalla scala dell'affioramento fino alla scala microscopica, originata dalla messa in posto di colate sottomarine di fango e detrito.

- Depositi di copertura:

Eg - prevalentemente ghiaioso

Egs - ghiaioso-sabbioso o sabbioso-ghiaioso

Es - prevalentemente sabbioso

Esl - sabbioso-limoso o limoso-sabbioso

Ea - prevalentemente argilloso

Elm - prevalentemente limoso

El - prevalentemente limoso-argilloso o argilloso-limoso

Em - a granulometria mista

Ec - Detrito cementato o molto addensato

Ea - Coltre di alterazione del substrato

FT - Materiale intensamente fratturato, cataclasite

G - Rocce Gessose (gessareniti, localmente gessoruditi fini, e gesso selenitico)

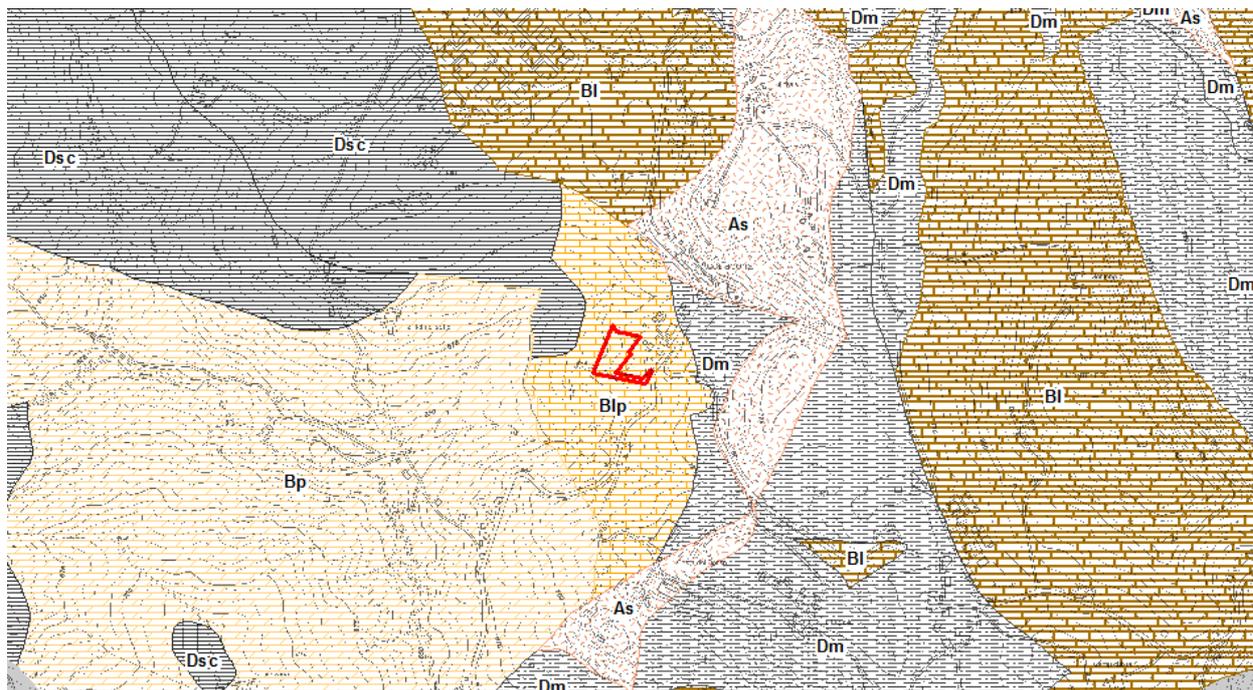


Figura 5.2: Stralcio della Carta Litotecnica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo (scala 1: 10.000).

d. Geomorfologia

d1. Note bibliografiche

- *Ricerca storica sulle frane nella Provincia di Modena* (F. Brunamonte – Regione Emilia-Romagna, 2002)
- *Inventario del Dissesto* a scala 1:25.000 (Regione Emilia-Romagna, 1996);
- *Aggiornamento Inventario del Dissesto* a scala 1:10.000 (Approvata con DGR n°803/2004 - Regione Emilia-Romagna, 2004);
- *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.)* (Approvato con DCP n°46/2009 - Provincia di Modena);
- *Analisi Multitemporale di fotografie aeree:*
 - *Analisi Foto aeree RER 1954*
 - *Analisi Foto aeree RER 1973-1978*
 - *Analisi ortofoto digitali AIMA 1996*
 - *Analisi ortofoto digitali Terraitaly 2000*
 - *Analisi ortofoto digitali QB 2003*
 - *Analisi ortofoto digitali AGEA 2008*
 - *Analisi ortofoto digitali AGEA 2011*

d2. Analisi dissesto idrogeologico

Di seguito viene riportato lo stralcio della cartografia del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP 2009) (fig. 5.3).

Nelle cartografie di seguito riportate non sono stati graficati i perimetri delle aree ex art. 29 (Abitati da consolidare o da trasferire), 29A (Aree a rischio idrogeologico molto elevato) e 29B (Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)) in quanto l'intervento non vi ricade all'interno.

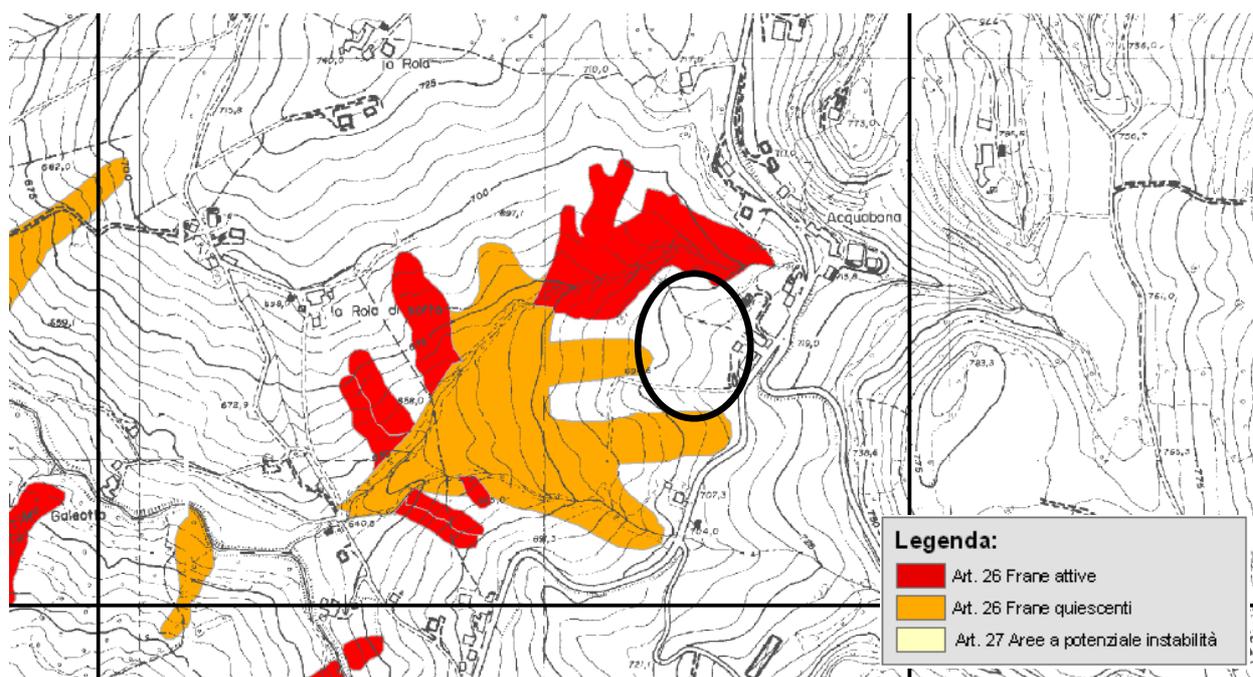


Figura 5.3: Stralcio della Tavola 2.1 "Rischio da frana: carta del dissesto" in scala 1:10.000 (PTCP 2009).

d3. Ricostruzione del modello geologico di dettaglio

L'analisi geomorfologica di dettaglio dell'area oggetto di intervento, effettuata mediante rilevamento in campagna, sulla base dei dati derivanti dalle indagini geognostiche e geofisiche e su quanto riferito dal proprietario del campo evidenzia che la porzione occidentale dell'area oggetto del piano è interessata da movimenti franosi superficiali parzialmente attivi. Tali movimenti, che interessano la coltre più superficiale si innescano a seguito della saturazione della coltre di detrito (di spessore prossimo ai 5 metri) e hanno una fenomenologia di scivolamenti traslativi/colate tipiche dei materiali a prevalente matrice argillosa. La porzione di area della variante che ricade marginalmente su tali terreni deve essere esclusa tassativamente dall'edificazione e destinata necessariamente a verde privato.

Per quanto riguarda la restante parte dell'area dell'intervento, sulla base delle informazioni desunte dalle indagini è stato possibile ricostruire i rapporti lito-stratigrafici ed idrogeologici in modo da poter definire il modello preliminare geologico dell'area. A tal proposito sono state costruite 2 sezioni lito-stratigrafiche (1 longitudinale AA' e 1 trasversale BB') di cui sotto si riporta la planimetria (fig. 5.4). Tale modello deve essere necessariamente approfondito in fase esecutiva mediante l'esecuzione di ulteriori indagini geognostiche.



Figura 5.4: Planimetria delle sezioni litostratigrafiche.

Il modello geologico di dettaglio evidenzia che, partendo dall'alto (piano campagna) verso il basso evidenzia tre principali livelli costituiti da:

- 0.20 - 0.80 m Terreno vegetale e detrito argilloso a bassa consistenza (A);
- 0.80 - 4.80 m Detrito eluvio-colluviale limoso-argilloso e sabbioso a media consistenza caratterizzato dalla presenza di circolazione idrica (B);
- 4.80 - 11.00 m Substrato alterato costituito da detrito sabbioso-argilloso consistente (parte più superficiale della Formazione di Monte Venere) (C);
- > 11.00 m Substrato marnoso-arenaceo da consistente a molto consistente costituito dalla Formazione di Monte Venere (D).

Si riportano di seguito le sezioni di dettaglio:

SEZIONE AA'



SEZIONE BB'



7. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SITO

a. Indagini geofisiche

a1. I dati ottenuti

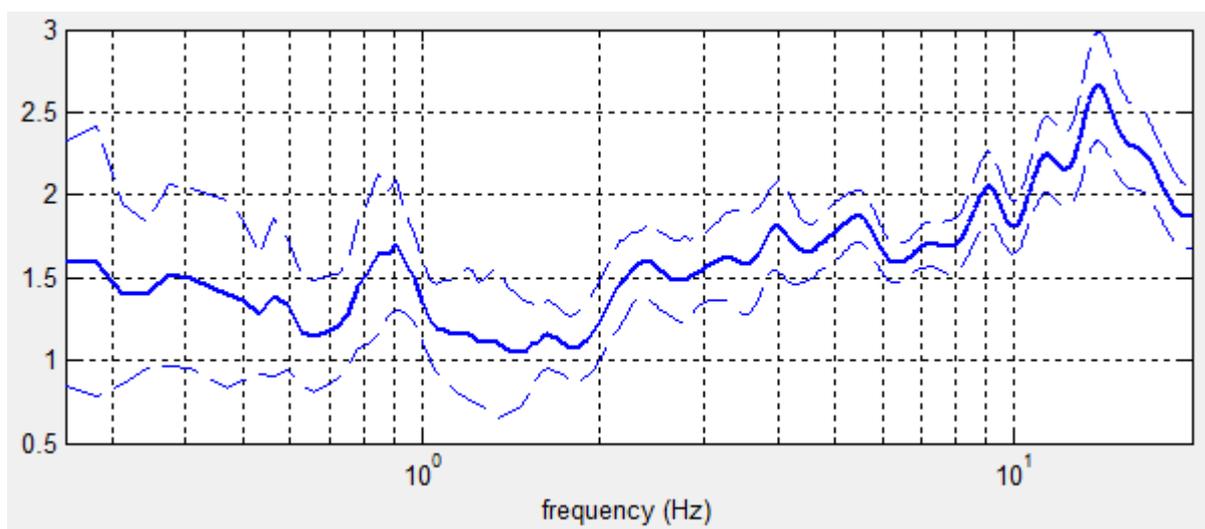
L'indagine geofisica è stata eseguita mediante sismica attiva MASW e passiva ESAC multicanale e a stazione singola (HVSR) sia per la definizione del picco di risonanza dei terreni di fondazione (f_0) sia per la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, mediante la ricostruzione delle V_{S30} .

a2. Interpretazione delle indagini geofisiche

La campagna di prospezione geofisica è stata eseguita nell'ottobre 2015. Tale indagine ha consistito nelle acquisizioni di microtremori a stazione singola di tipo HVSR e nella definizione del profilo di Vs mediante analisi di tipo ESAC e MASW. I dati ottenuti dalla curva HVSR forniscono utili indicazioni soprattutto per quanto riguarda le frequenze di risonanza e sui fattori di amplificazione sismica dei suoli durante un terremoto mentre attraverso la tecnica ESAC e MASW è stato possibile definire l'andamento delle Vs con la profondità e quindi la definizione delle V_{S30} ai fini della classificazione sismica dei suoli di fondazione come previsto dal D.M. 14 gennaio 2008.

Dall'analisi dei risultati delle indagini geofisiche specifiche si è riscontrato che il terreno di fondazione su cui andrà realizzato l'intervento in esame, appartiene alla categoria di sottosuolo "C", ai sensi del D.M. 14/01/08.

Relativamente alle frequenze caratteristiche di sito, dal diagramma delle curve H/V, abbiamo un picco stratigrafico con le seguenti caratteristiche:



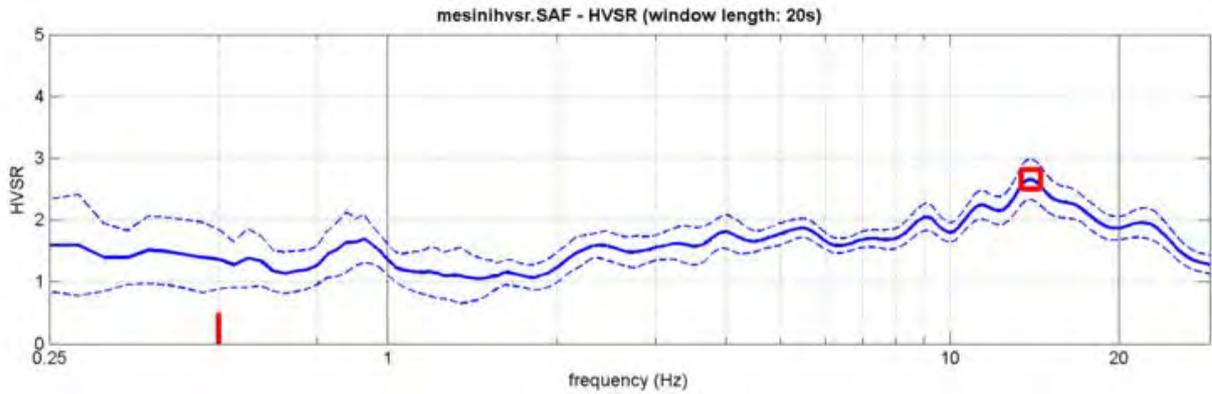
Le acquisizioni HVSR, risultano in parte convalidate dalle linee guida SESAME 2005.

Si riportano di seguito i report delle indagini sismiche a stazione singola (HVSR), multicanale (ESAC) e delle indagini sismiche attive MASW:

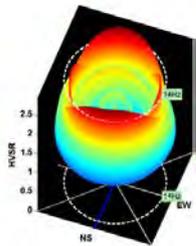
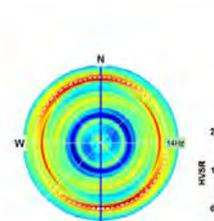
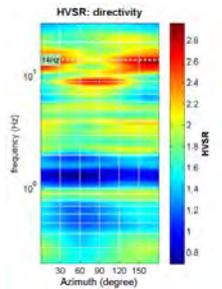
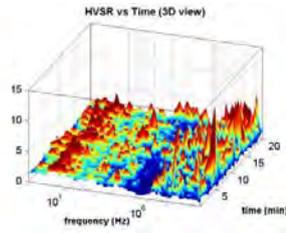
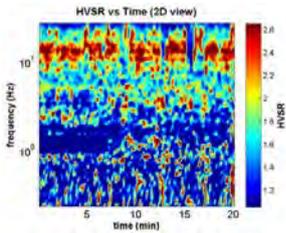
Pavullo n/F (MO) - Loc Acquabuona - HVSR01

Strumento: Gemini2 - PASI Srl
 Inizio registrazione: 24/10/15 Fine registrazione: 24/10/15
 Nomi canali: NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN
 Durata registrazione: 0h25'00". Analizzato 0h21'9" tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 64 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

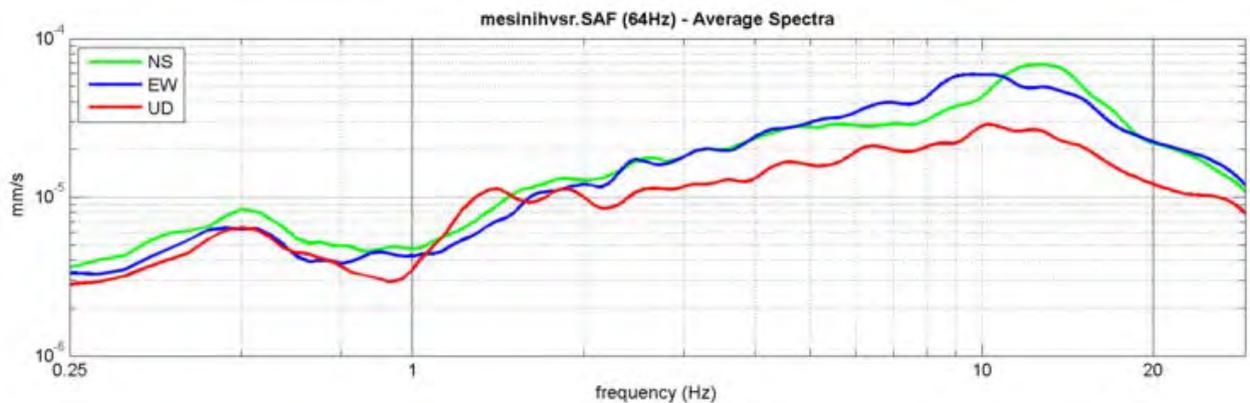
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Secondo le linee guida SESAME, 2005.

<p><i>0.5-30.0Hz frequency range</i> Peak frequency (Hz): 13.9 (± 7.0) Peak HVSr value: 2.7 (± 0.3)</p>

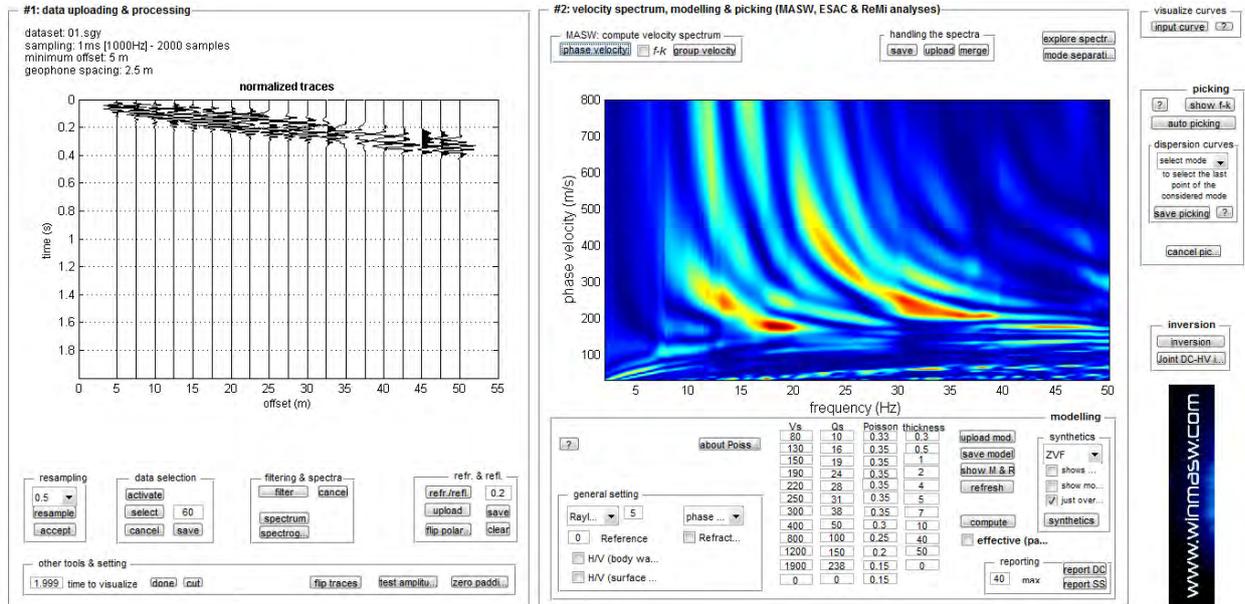
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	13.9 > 0.5	OK	
$n_c(f_0) > 200$	33686 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.5 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	27.6 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.7 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	6.954 < 0.696		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.328 < 1.58	OK	

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

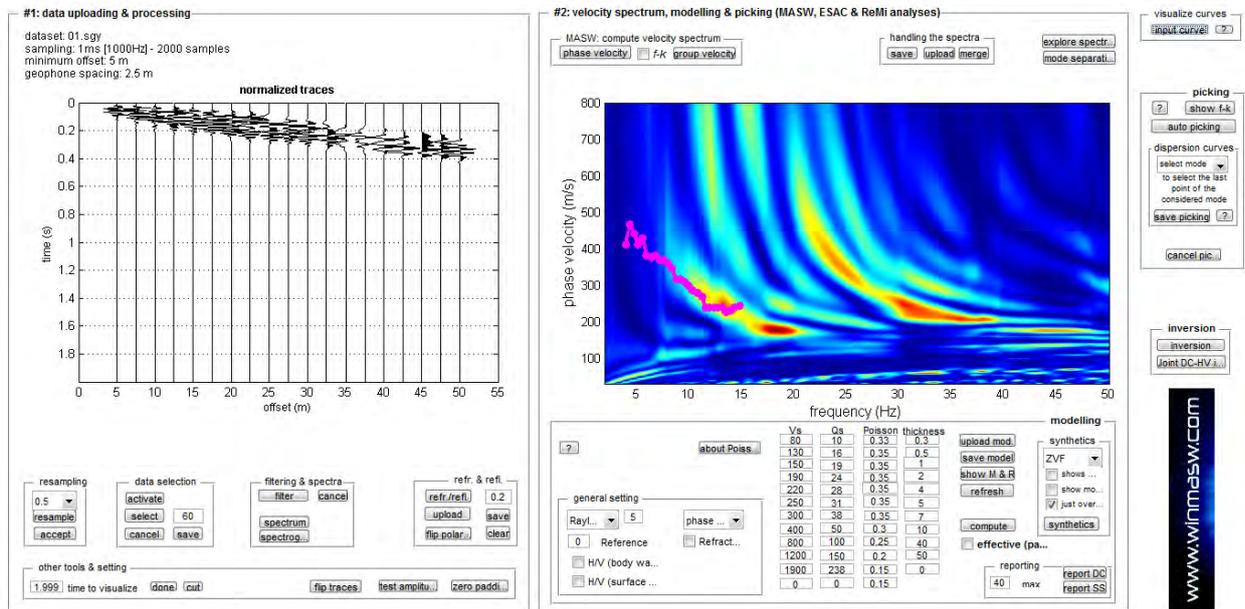
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30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

**Pavullo n/F (MO) - Loc Acquabuona - MASW
(Analisi Rayleigh + ESAC + HVSR)**

Analisi onde Rayleigh (offset 5 m, dx 2.5 m e frequenza di campionamento a 1 KHz)

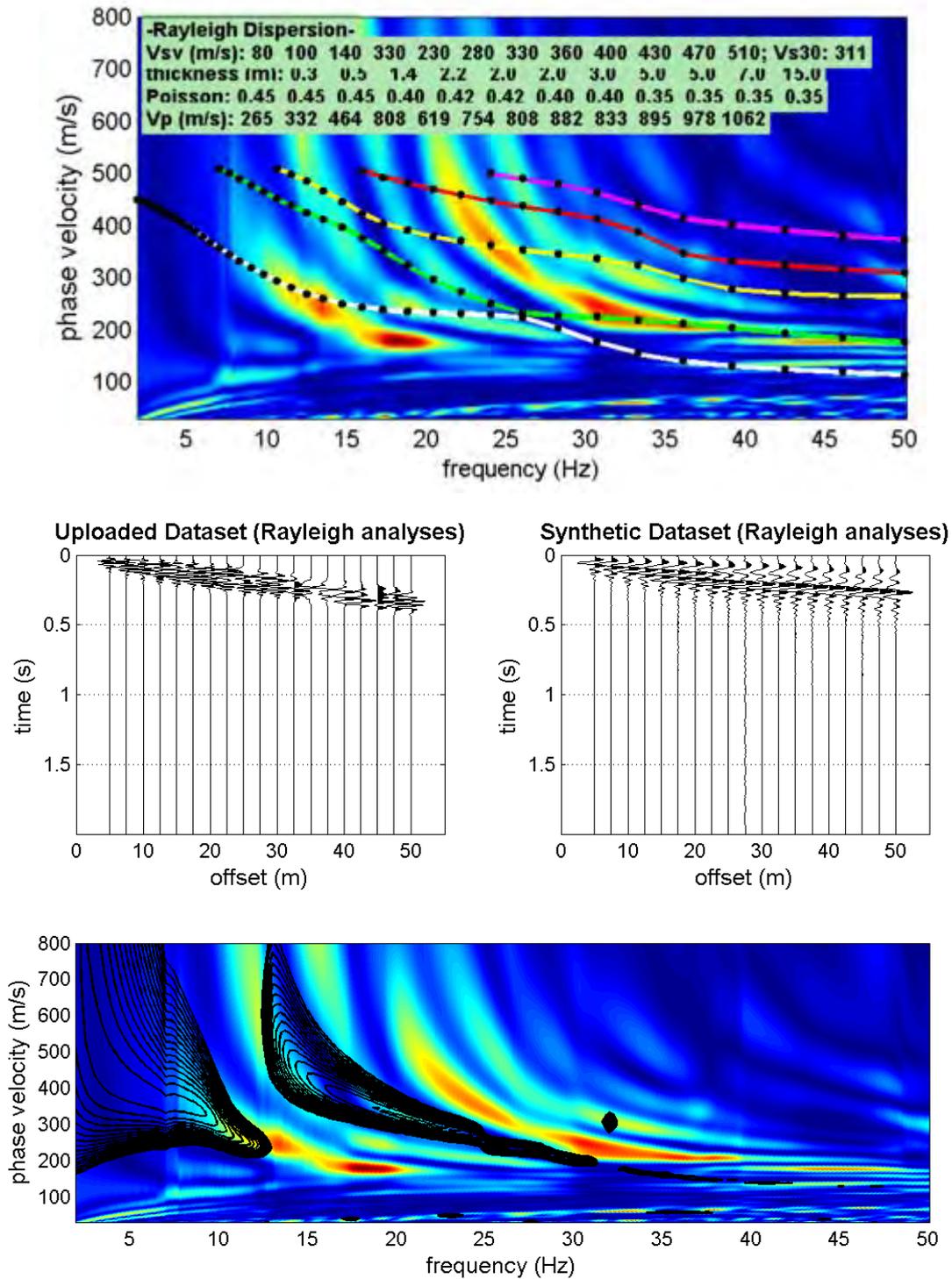


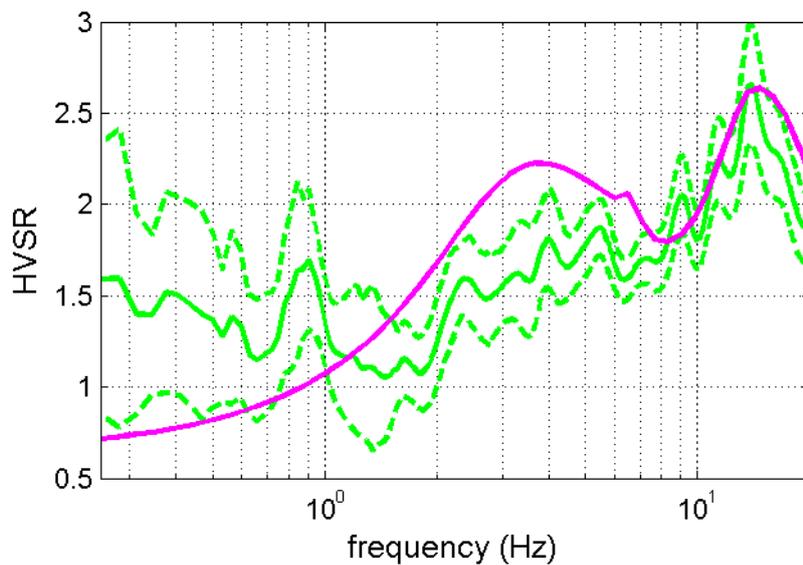
Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale)



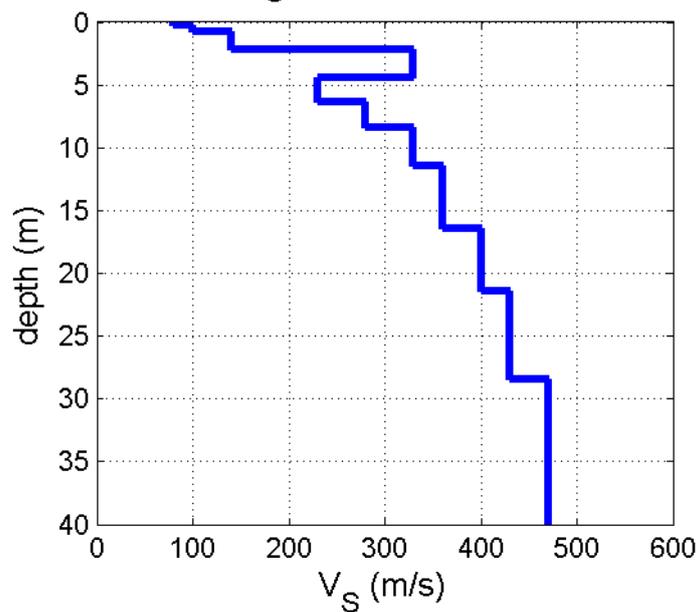
Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale) con sovrapposta la curva di dispersione effettiva determinata tramite analisi ESAC (in viola)

Analisi congiunta dei dati considerando (congiuntamente) la dispersione delle onde di Rayleigh (analizzata secondo l'approccio *Full-Velocity Spectrum*) e il rapporto spettrale H/V.





V_S vertical profile



Mean model

V_S (m/s): 80, 100, 140, 330, 230, 280, 330, 360, 400, 430, 470, 510

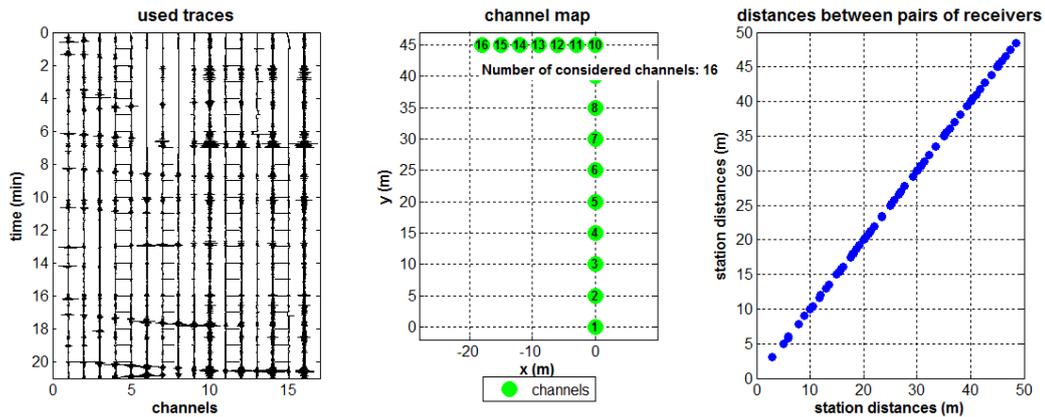
Thickness (m): 0.3, 0.5, 1.4, 2.2, 2.0, 2.0, 3.0, 5.0, 5.0, 7.0, 15.0

V_{S30} (m/s): 311

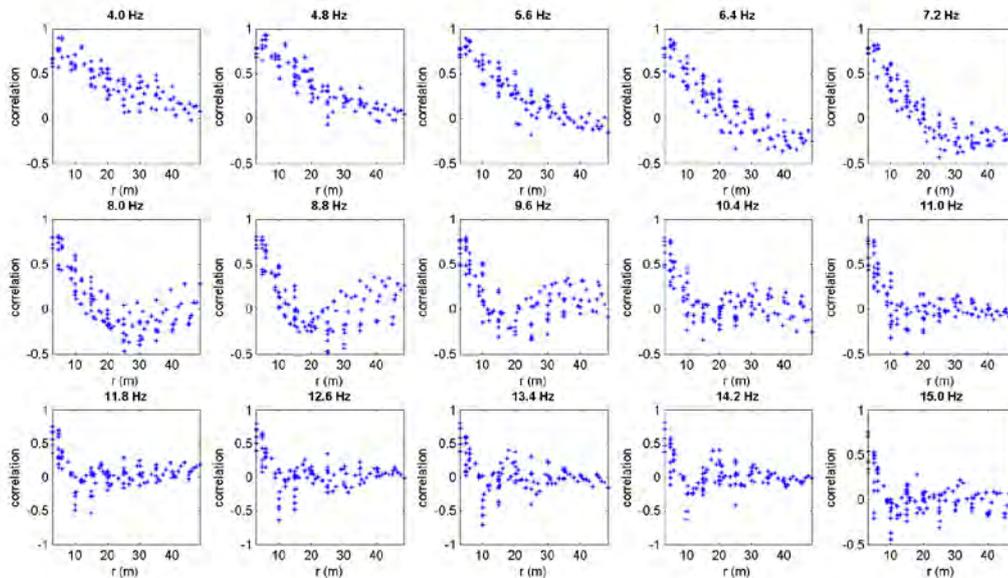
**Pavullo n/F (MO) - Loc Acquabuona - ESAC
 (Analisi Rayleigh)**

Analisi onde Rayleigh (Config. spaziale ad array bidimensionale e frequenza di campionamento a 200 Hz)

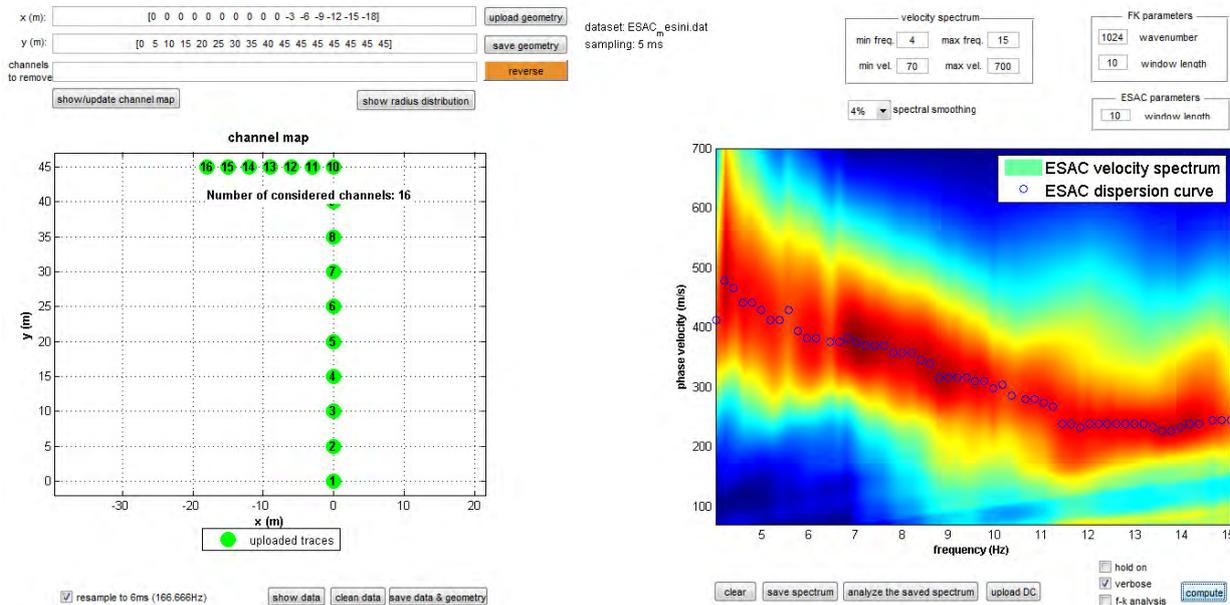
Analisi della dispersione delle onde di Rayleigh (velocità di fase) secondo la tecnica passiva ESAC, grazie alla quale è possibile delineare la curva di dispersione delle onde di Rayleigh.



Da sinistra a destra: dati passivi multicanale (geofoni verticali HG da 4.5Hz), geometria dell'acquisizione e distribuzione della spaziatura dei canali utilizzati.

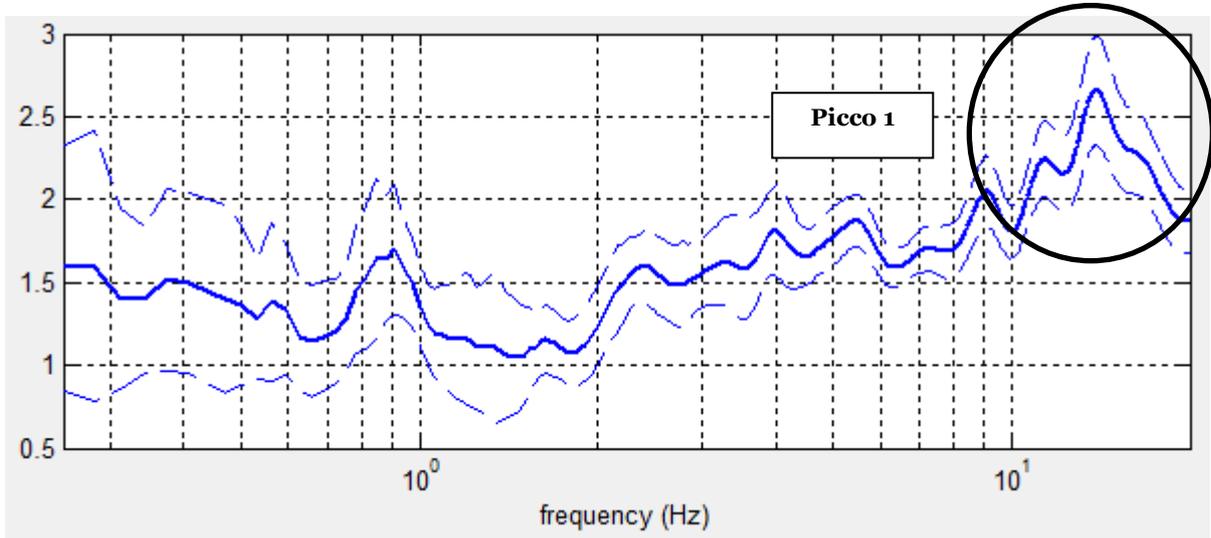


Coefficienti di correlazione tra le coppie di canali utilizzati per l'analisi ESAC per 15 frequenze (indicate) prese a campione.



Risultato finale riassuntivo dell'analisi ESAC: i colori riportano lo spettro di velocità con evidenziata (cerchi blu) la curva di dispersione apparente.

Sul sito di studio, sono state eseguite 1 acquisizione HVSR, 1 acquisizione ESAC e 1 acquisizione MASW. Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, dal diagramma del confronto delle curve H/V, di seguito riportato, abbiamo:

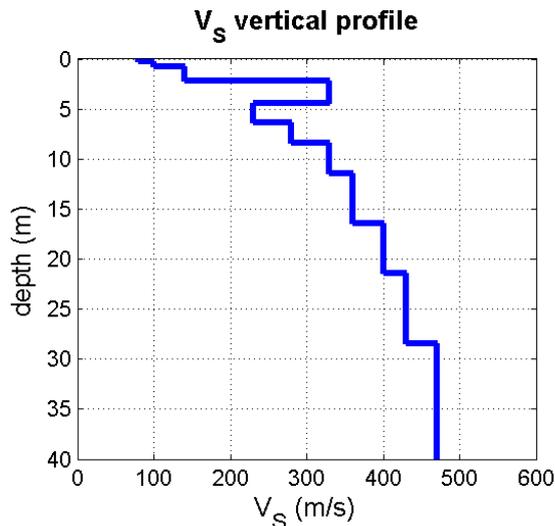


Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)
1	~ 2.7	~ 14

Il rapporto H/V evidenzia contrasti di impedenza deboli ($2 < H/V < 3$) in caso di moto sismico.

Relativamente al profilo di Vs con la profondità e alla determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, **mediante la ricostruzione delle Vs₃₀**, abbiamo che:

- MASW+ ESAC



Vs (30): 311 (categoria di sottosuolo "C")

b. Indagini geognostiche

b1. I dati ottenuti

Le indagini geognostiche sono state eseguite dal Dott. Geol Lorenzo Del Maschio.

Per l'ubicazione delle prove si veda la planimetria riportata in figura 6.1, mentre per le schede delle prove si rimanda all'allegato tecnico inserito nel presente documento.

b2. Interpretazione dei sondaggi geognostici

Dall'analisi dei valori desunti dalla prova penetrometrica statica (CPT) è stato possibile dettagliare e ricostruire la stratigrafia del sottosuolo e determinare i parametri geotecnici di riferimento dei terreni di fondazione. I valori riportati nelle tabelle della prova penetrometrica statica meccanica rappresentano i valori della resistenza alla penetrazione della punta meccanica (Rp), infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s}$), espressi in MPa, i valori della resistenza laterale specifica (Rl), in MPa ed i valori del rapporto delle resistenze Rp/Rl (Rapporto Begemann 1965 e Rapporto Schmertmann 1978).

Nei diagrammi sono riportati i valori della resistenza alla penetrazione della punta meccanica (Rp) in MPa, i valori della resistenza laterale specifica (Rl), in MPa ed i valori del rapporto delle resistenze Rp/Rl.

Vengono di seguito riportate le tabelle ed i grafici dei valori desunti dalle prove penetrometriche statiche meccaniche CPT:

PROVA CPT01

Committente: Mesini Maura/Mesini Maria Pia

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 23/10/2015

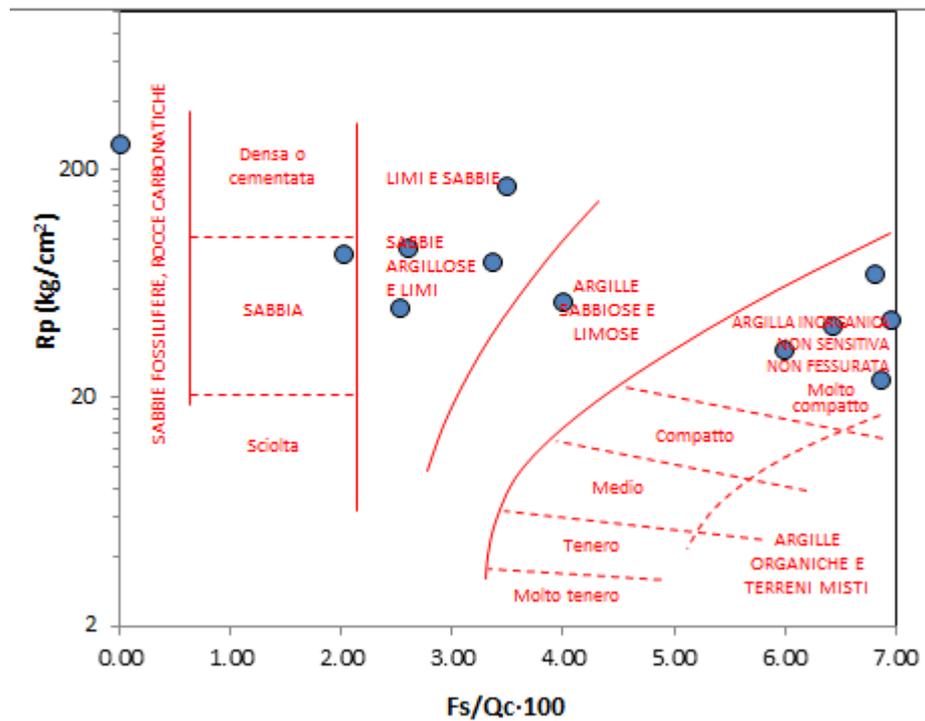
Profondità prova: 4.60 mt

Località: Pavullo n/f - Acquabuona

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.00	0.01	26.15	0.53	190.48
0.40	1.02	1.43	1.03	111.14	8.95	11.18
0.60	0.92	2.65	0.93	84.99	10.55	9.48
0.80	1.12	2.45	1.14	156.91	6.96	14.36
1.00	4.49	6.93	4.50	300.74	14.39	6.95
1.20	8.77	13.46	8.80	169.98	49.78	2.01
1.40	8.06	10.71	8.08	261.51	29.73	3.36
1.60	2.04	6.12	2.07	156.91	12.68	7.89
1.80	1.84	4.28	1.86	143.83	12.46	8.02
2.00	2.45	4.69	2.48	163.44	14.57	6.86
2.20	5.10	7.65	5.14	124.22	39.80	2.51
2.40	5.40	7.34	5.45	209.21	25.04	3.99
2.60	3.37	6.63	3.41	196.13	16.71	5.99
2.80	3.98	7.04	4.02	274.59	14.08	7.10
3.00	2.45	6.73	2.49	169.98	14.08	7.10
3.20	9.38	12.03	9.44	235.36	38.56	2.59
3.40	17.34	21.01	17.39	581.86	28.74	3.48
3.60	5.71	14.79	5.77	529.56	10.47	9.55

3.80	7.14	15.40	7.19	470.72	14.70	6.80
4.00	4.28	11.62	4.34	268.05	15.57	6.42
4.20	5.61	9.79	5.68	503.41	10.85	9.22
4.40	3.67	11.52	3.74	529.56	6.79	14.72
4.60	26.51	34.77	26.58	0.00	#DIV/0!	0.00

**CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA CPT CON PUNTA BEGEMANN
 (SCHMERTMANN, 1969)**



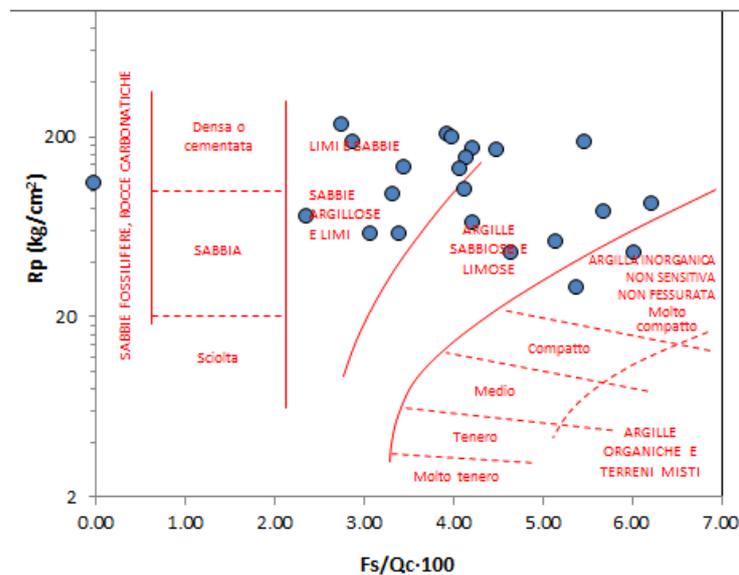
PROVA CPT02

Committente: Mesini Maura/Mesini Maria Pia
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data: 23/10/2015
 Profondità prova: 4.60 mt
 Località: Pavullo n/f - Acquabuona

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.00	0.01	19.61	0.70	142.86
0.40	0.92	1.22	0.93	84.99	10.55	9.48
0.60	0.71	2.04	0.73	98.07	7.14	14.01
0.80	1.12	2.65	1.14	156.91	6.96	14.36
1.00	5.91	8.36	5.93	176.52	32.30	3.10
1.20	4.59	7.34	4.62	268.05	16.57	6.04
1.40	7.85	12.03	7.88	431.49	17.56	5.69
1.60	3.37	10.10	3.39	-1059.12	-3.08	-32.45

1.80	18.97	2.45	19.00	529.56	34.50	2.90
2.00	17.34	25.59	17.36	751.84	22.21	4.50
2.20	19.07	30.80	19.11	1006.82	18.25	5.48
2.40	17.44	33.14	17.48	712.62	23.59	4.24
2.60	5.40	16.52	5.45	470.72	11.13	8.99
2.80	4.89	12.24	4.94	339.96	13.96	7.16
3.00	4.69	9.99	4.73	568.79	8.00	12.50
3.20	13.66	22.54	13.72	457.64	28.83	3.47
3.40	8.67	15.81	8.72	523.02	16.04	6.23
3.60	5.91	14.07	5.97	196.13	29.28	3.42
3.80	3.16	6.22	3.22	248.44	12.45	8.03
4.00	1.84	5.71	1.89	196.13	9.28	10.78
4.20	2.45	5.51	2.52	366.11	6.61	15.12
4.40	6.93	12.64	7.00	483.79	13.92	7.18
4.60	2.55	10.10	2.62	320.35	7.86	12.72
4.80	2.96	7.95	3.03	156.91	18.56	5.39
5.00	4.89	7.34	4.96	1614.83	2.96	33.82
5.20	12.54	37.73	12.63	1405.62	8.64	11.58
5.40	20.90	42.83	20.99	797.61	25.31	3.95
5.60	23.56	36.00	23.64	627.63	36.22	2.76
5.80	4.59	14.38	4.67	209.21	21.48	4.65
6.00	6.83	10.10	6.92	281.12	23.66	4.23
6.20	5.30	9.69	5.40	268.05	19.38	5.16
6.40	10.40	14.58	10.50	418.42	24.13	4.14
6.60	7.34	13.87	7.44	169.98	42.10	2.38
6.80	20.29	22.94	20.39	784.53	25.00	4.00
7.00	9.69	21.92	9.79	313.81	29.99	3.33
7.20	15.60	20.50	15.71	627.63	24.08	4.15
7.40	13.36	23.15	13.47	529.56	24.46	4.09
7.60	11.22	19.48	11.33	0.00	#DIV/0!	0.00

**CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA CPT CON PUNTA BEGEMANN
 (SCHMERTMANN, 1969)**



PROVA CPT03

Committente: Mesini Maura/Mesini Maria Pia

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

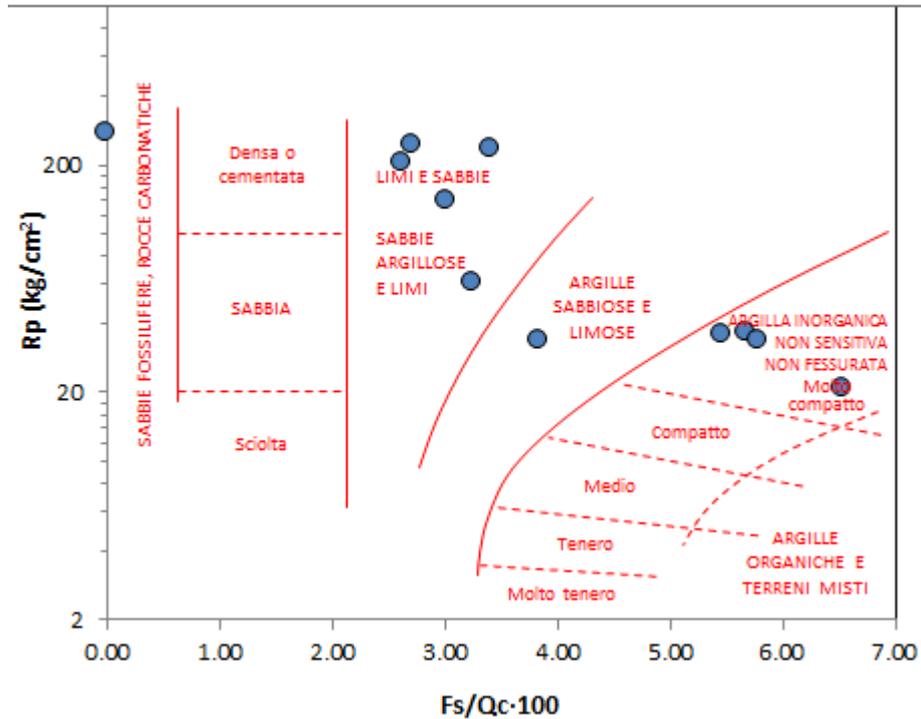
Prova eseguita in data: 23/10/2015

Profondità prova: 5.60 mt

Località: Pavullo n/f - Acquabuona

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.00	0.01	26.15	0.53	190.48
0.40	0.61	1.02	0.63	52.30	11.51	8.69
0.60	0.82	1.63	0.83	71.92	11.10	9.01
0.80	0.82	1.94	0.83	78.45	10.18	9.83
1.00	0.92	2.14	0.93	71.92	12.46	8.02
1.20	1.22	2.35	1.25	98.07	12.28	8.14
1.40	1.53	3.06	1.56	130.76	11.46	8.73
1.60	1.53	3.57	1.56	163.44	9.17	10.91
1.80	1.84	4.38	1.86	169.98	10.55	9.48
2.00	1.63	4.28	1.66	169.98	9.39	10.65
2.20	1.12	3.77	1.16	130.76	8.56	11.69
2.40	1.02	3.06	1.06	176.52	5.78	17.29
2.60	1.12	3.87	1.16	104.60	10.70	9.35
2.80	0.82	2.45	0.86	111.14	7.42	13.48
3.00	2.14	3.87	2.18	137.29	15.29	6.54
3.20	3.67	5.81	3.73	196.13	18.28	5.47
3.40	3.77	6.83	3.83	209.21	17.60	5.68
3.60	3.47	6.73	3.52	196.13	17.28	5.79
3.80	4.89	7.95	4.95	431.49	11.03	9.06
4.00	2.55	9.28	2.61	261.51	9.58	10.44
4.20	14.38	18.46	14.45	418.42	33.21	3.01
4.40	3.47	9.99	3.54	130.76	26.02	3.84
4.60	6.22	8.26	6.29	196.13	30.85	3.24
4.80	2.45	5.51	2.52	398.80	6.07	16.47
5.00	25.29	31.51	25.36	660.31	36.93	2.71
5.20	24.07	34.36	24.15	791.07	29.36	3.41
5.40	21.11	33.45	21.19	536.10	38.02	2.63
5.60	28.45	36.81	28.53	0.00	#DIV/0!	0.00

**CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA CPT CON PUNTA BEGEMANN
 (SCHMERTMANN, 1969)**



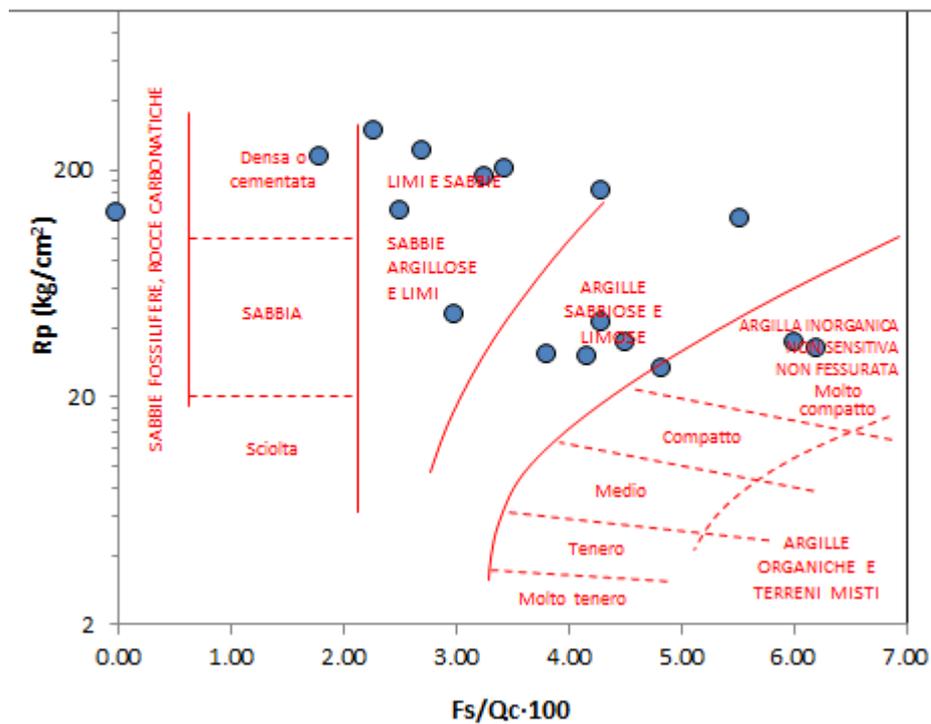
PROVA CPT₀₄

Committente: Mesini Maura/Mesini Maria Pia
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data: 23/10/2015
 Profondità prova: 5.60 mt
 Località: Pavullo n/f - Acquabuona

Profondità (m)	Letture punta (Mpa)	Letture laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.00	0.01	19.61	0.70	142.86
0.40	0.92	1.22	0.93	84.99	10.55	9.48
0.60	0.71	2.04	0.73	98.07	7.14	14.01
0.80	1.12	2.65	1.14	156.91	6.96	14.36
1.00	5.91	8.36	5.93	176.52	32.30	3.10
1.20	4.59	7.34	4.62	268.05	16.57	6.04
1.40	7.85	12.03	7.88	431.49	17.56	5.69
1.60	3.37	10.10	3.39	-1059.12	-3.08	-32.45
1.80	18.97	2.45	19.00	529.56	34.50	2.90
2.00	17.34	25.59	17.36	751.84	22.21	4.50
2.20	19.07	30.80	19.11	1006.82	18.25	5.48
2.40	17.44	33.14	17.48	712.62	23.59	4.24
2.60	5.40	16.52	5.45	470.72	11.13	8.99
2.80	4.89	12.24	4.94	339.96	13.96	7.16
3.00	4.69	9.99	4.73	568.79	8.00	12.50

3.20	13.66	22.54	13.72	457.64	28.83	3.47
3.40	8.67	15.81	8.72	523.02	16.04	6.23
3.60	5.91	14.07	5.97	196.13	29.28	3.42
3.80	3.16	6.22	3.22	248.44	12.45	8.03
4.00	1.84	5.71	1.89	196.13	9.28	10.78
4.20	2.45	5.51	2.52	366.11	6.61	15.12
4.40	6.93	12.64	7.00	483.79	13.92	7.18
4.60	2.55	10.10	2.62	320.35	7.86	12.72
4.80	2.96	7.95	3.03	156.91	18.56	5.39
5.00	4.89	7.34	4.96	1614.83	2.96	33.82
5.20	12.54	37.73	12.63	1405.62	8.64	11.58
5.40	20.90	42.83	20.99	797.61	25.31	3.95
5.60	23.56	36.00	23.64	627.63	36.22	2.76

**CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA CPT CON PUNTA BEGEMANN
 (SCHMERTMANN, 1969)**



La natura litologica dei terreni oggetto della prova penetrometrica è dedotta dall'analisi dei diagrammi penetrometrici mediante "Guide for estimating soil type from dutch friction-cone ratio" (after Schmertmann, 1969 e Raccomandazioni A.G.I. 1977).

Le sequenze stratigrafiche desunte dall'analisi delle prove penetrometriche evidenzia i seguenti livelli litologici, pur presentando disomogeneità nei quattro punti di indagine:

0.20 - 0.80 m Terreno vegetale e detrito argilloso a bassa consistenza (A);

0.80 - 4.80 m Detrito eluvio-colluviale limoso-argilloso e sabbioso a media consistenza caratterizzato dalla presenza di circolazione idrica (B);

4.80 - 11.00 m Substrato alterato costituito da detrito sabbioso-argilloso consistente (parte più superficiale della Formazione di Monte Venere) (C);

> 11.00 m Substrato marnoso-arenaceo costituito dalla Formazione di Monte Venere (D).

Infine sulla base delle indicazioni emerse dall'analisi delle prove penetrometriche statiche e sulla base delle litologie presenti si è provveduto a caratterizzare e parametrizzare, dal punto di vista geotecnico, i terreni di fondazione.

In virtù delle considerazioni sopra esposte risulta che i parametri geotecnici caratteristici per i materiali presenti sono i seguenti:

- In termini di parametri di resistenza:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	C_{uk} (kPa)
0.20 - 0.80	Terreno vegetale e detrito argilloso a bassa consistenza (A)	16	18		20	
0.80 - 4.80	Detrito eluvio-colluviale limoso-argilloso e sabbioso a media consistenza caratterizzato dalla presenza di circolazione idrica (B)	18	20	4	25	/
4.80 - 11.00	Substrato alterato costituito da detrito sabbioso-argilloso consistente (parte più superficiale della Formazione di Monte Venere) (C)	19	20	7	28	/
>11.00	Substrato marnoso-arenaceo costituito dalla Formazione di Monte Venere (D)	20	22	10	35	

- In termini di parametri di deformabilità:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	Coeff. di Poisson (v)	Modulo Elastico E' (kPa)	Modulo Edometrico E _d (kPa)
0.20 - 0.80	Terreno vegetale e detrito argilloso a bassa consistenza (A)	16	18	0.48	/	2000
0.80 - 4.80	Detrito eluvio-colluviale limoso-argilloso e	18	20	0.4	/	5000

	sabbioso a media consistenza caratterizzato dalla presenza di circolazione idrica (B)					
4.80 - 11.00	Substrato alterato costituito da detrito sabbioso-argilloso consistente (parte più superficiale della Formazione di Monte Venere) (C)	19	20	0.4	/	8000
>11.00	Substrato marnoso-arenaceo costituito dalla Formazione di Monte Venere (D)	20	22	0.35	30000	/

8. VERIFICHE DI SICUREZZA PRELIMINARI

a. Scopo delle verifiche

L'impostazione del lavoro ha previsto una unica fase di lavoro dove si è provveduto ad effettuare le verifiche lungo la sezione significativa, facendo un'analisi di sensitività al fine di variare le condizioni della falda. Dal sopralluogo effettuato si ritiene che l'instaurarsi dei movimenti superficiali sia dovuto alla saturazione della coltre detritica di circa 5 metri di spessore e a tal proposito si è provveduto a dimostrare come la saturazione di tale materiale (dovuto all'infiltrazioni di acqua piovana) sia quella che determina l'innescarsi dei movimenti franosi di cui sopra.

La sezione è stata verificata in condizioni statiche, attraverso analisi di stabilità condotte secondo il metodo dell'equilibrio limite ed in situazione di stato di fatto al fine di riscontrare l'insorgere di potenziali fenomeni di instabilità lungo il versante in oggetto.

Le verifiche sono condotte ai sensi della normativa vigente:

- Decreto Ministeriale 14.01.2008 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009;

A tal fine è stata ricavata una sezione preliminare ritenuta significativa (figura 8.1) dal modello digitale ricavato dalla CTR in scala 1:5000.

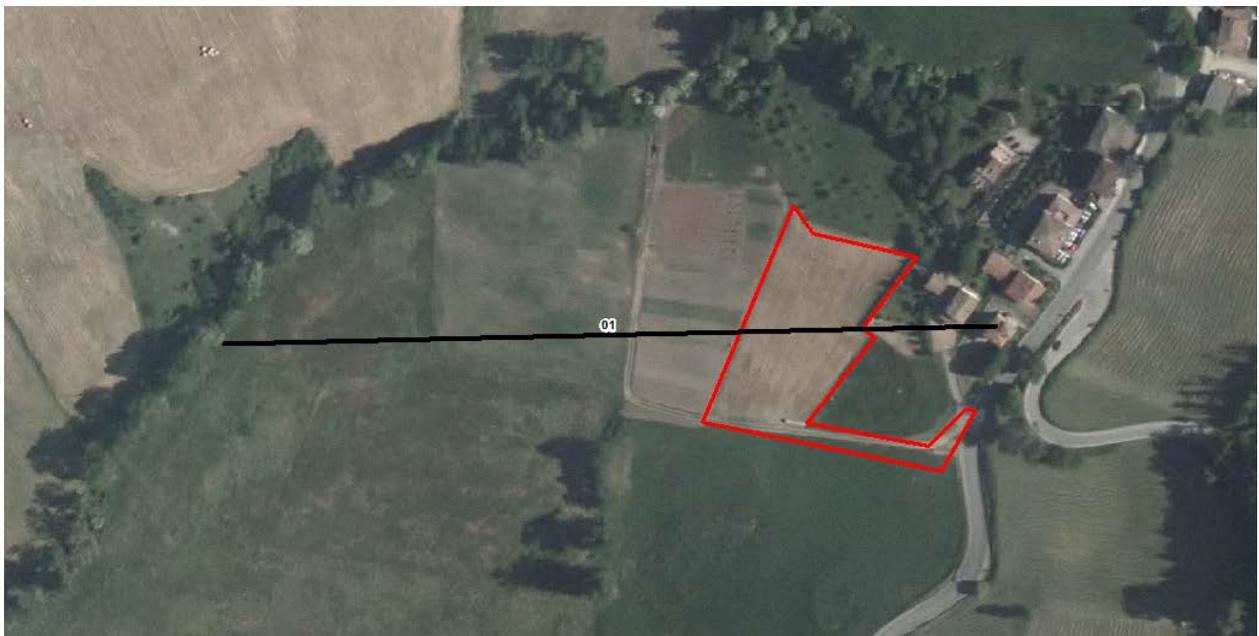


Figura 8.1: Planimetria della traccia di sezione utilizzata nelle verifiche di stabilità.

b. Analisi all'equilibrio limite

Il metodo consiste nel calcolo delle forze agenti lungo una superficie di scorrimento predefinita e delle resistenze disponibili lungo la stessa superficie. La condizione di equilibrio limite è verificata quando le forze agenti uguagliano quelle resistenti: in questo caso lo stato tensionale medio lungo la superficie di scorrimento giace sull'involuppo di rottura del terreno ed il versante si trova sul punto di collasso.

Il modello di verifica qui adottato è un modello elasto-plastico alla Mohr-Coulomb, nel quale valgono le seguenti ipotesi:

- la massa di terreno è considerata perfettamente rigida;
- la distribuzione delle tensioni normali efficaci sulla superficie di scorrimento resta costante dalla condizione di esercizio a quella di rottura;
- la resistenza del terreno viene completamente mobilizzata lungo l'intera superficie di scorrimento, rimanendo costante.

Il modello geologico-tecnico utilizzato è quello descritto nel paragrafo precedente e prevede l'esistenza di tre macrounità, caratterizzate comunque da differenti stati tensionali e parametri di resistenza al taglio:

macrounità 1) Unità litotecnica A;

macrounità 2) Unità litotecnica B;

macrounità 3) Unità litotecnica C;

macrounità 4) Unità litotecnica D;

Il programma esegue un'analisi bidimensionale basata sul concetto dell'equilibrio limite, suddividendo il versante in oggetto in conci. Mediante il codice di calcolo è possibile generare automaticamente e verificare una serie di potenziali superfici di scorrimento, individuando le più critiche in base al calcolo dei rispettivi fattori di sicurezza.

In particolare, tra i metodi all'equilibrio limite sotto indicati sono stati scelti per le verifiche in progetto quelli segnalati nei riquadri rossi:

Metodo	Superficie di scorrimento		Calcolo di F		Assunzioni sulle forze interconco			Descrizione	Diagramma
	circolare	non-circolare	equilibrio dei momenti	equilibrio delle forze	E, X	f(x)			
Cuneo di Coulomb		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			La risultante delle forze interconco ha un'inclinazione imposta.		
Ordinario dei conci o di Fellenius	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		$X=E \tan \alpha$	1	La risultante delle forze interconco è parallela alla base del conico. Si dimostra che, con tale inclinazione, N non è funzione di X ed E.		
Bishop semplificato	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		$X=0$		La risultante delle forze interconco è orizzontale (cioè le forze interconco di taglio sono trascurate).		
Janbu semplificato		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	$X=0$		La risultante delle forze interconco è orizzontale. Un fattore empirico f_0 viene utilizzato per tenere conto delle forze di taglio interconco.		
Spencer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			$X=E \tan \theta$	1	La risultante delle forze interconco ha un'inclinazione imposta.		
Morgenstern & Price	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	$X=E \lambda f(x)$	arbitraria	La direzione della risultante delle forze interconco è definita dalla funzione f(x).		
Janbu rigoroso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	calcolate	calcolata	Il punto di applicazione delle forze normali interconco è definito assumendo una "linea di applicazione" del carico all'interno del versante.		
Lowe-Karafiath	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	calcolate	calcolata	La risultante delle forze interconco ha un'inclinazione imposta, pari alla media dell'inclinazione della superficie topografica e della base del conico		

e cioè:

- Bishop semplificato, applicabile a superfici di scorrimento di sezione circolare;
- Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price, applicabile a superfici di scorrimento di qualsiasi forma.

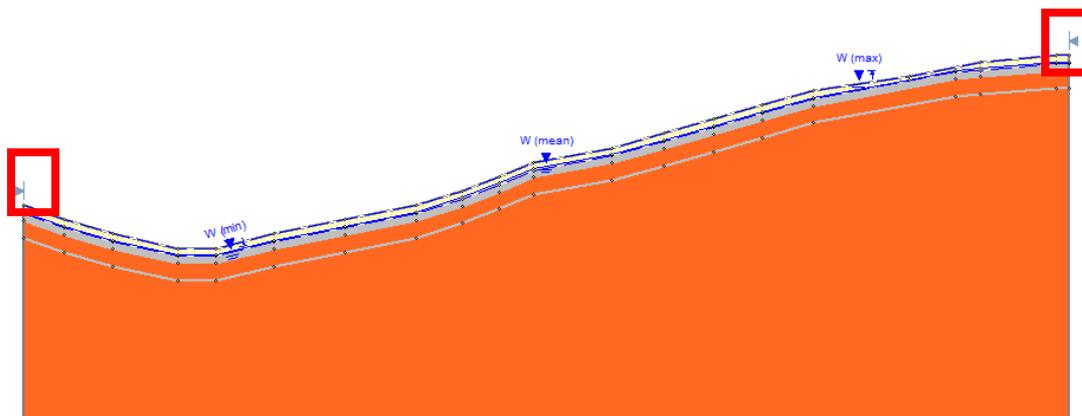
Nell'analisi la finalità principale delle verifiche è stata quella di valutare le condizioni di stabilità della porzione di versante su cui verranno le future opere in progetto al variare delle condizioni idrauliche del versante.

Le verifiche sono state effettuate secondo la modalità precedentemente descritta, ovvero per lo stato di progetto e come riportato nelle NTC08 nelle verifiche di stabilità sui pendii naturali si utilizzano i valori caratteristici dei parametri di resistenza (c'_k , ϕ'_k) (tabella 8.1)

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	C_{uk} (kPa)
0.20 - 0.80	(A)	16	18	0	20	
0.80 - 4.80	(B)	18	20	4	25	/
4.80 - 11.00	(C)	19	20	7	28	/
>11.00	(D)	20	22	10	35	

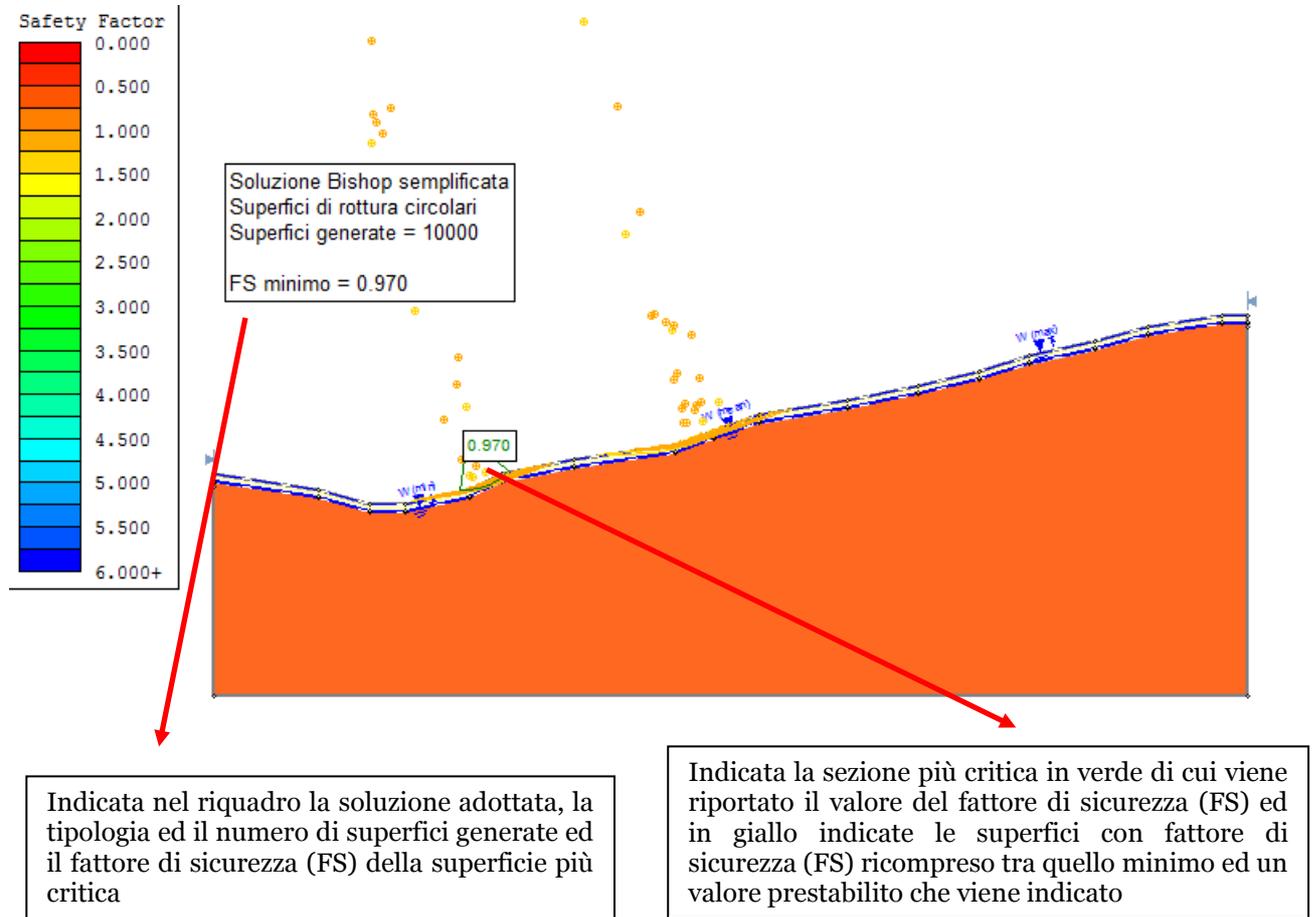
Per quanto riguarda la rappresentazione dei risultati viene qui riportato **un esempio di “Sezione Tipo”** per meglio comprendere quanto sotto rappresentato nei risultati delle analisi:

- TIPOLOGIA “SEZIONE TIPO DI ANALISI”



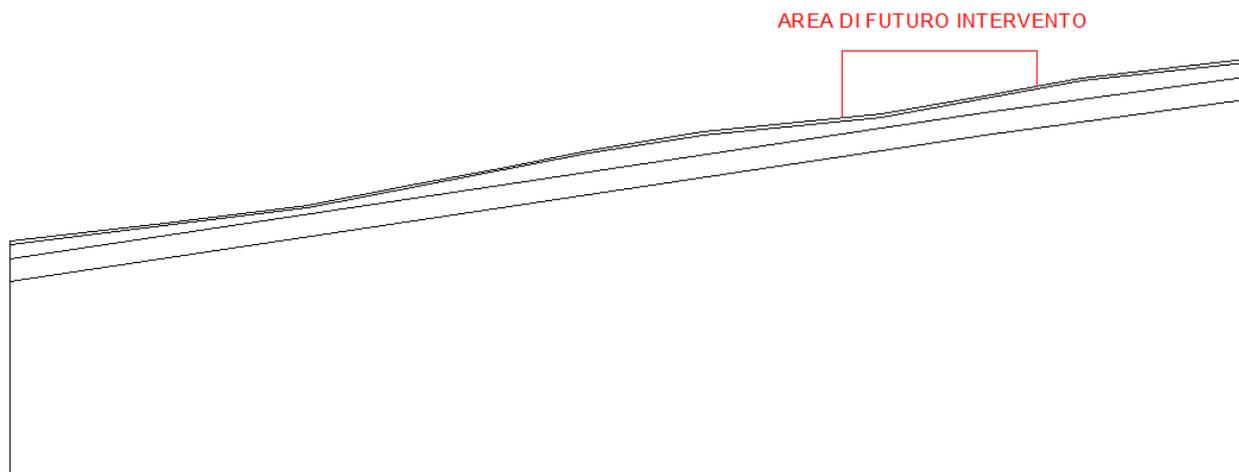
Nei riquadri rossi sono indicati con la presente simbologia  i limiti spaziali di estensione per le analisi bidimensionali ipotizzate

- TIPOLOGIA "SEZIONE RISULTATI DI ANALISI"



c. Verifiche di sicurezza

SEZIONE01



Descrizione	Unità Litotecnica	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c_k' (kPa)	ϕ_k' (°)
STRATO 1	A	16	18	0	20
STRATO 2	B	18	20	4	25
STRATO 3	C	19	20	7	28
STRATO 4	D	20	22	10	35

1) CASO STATICO

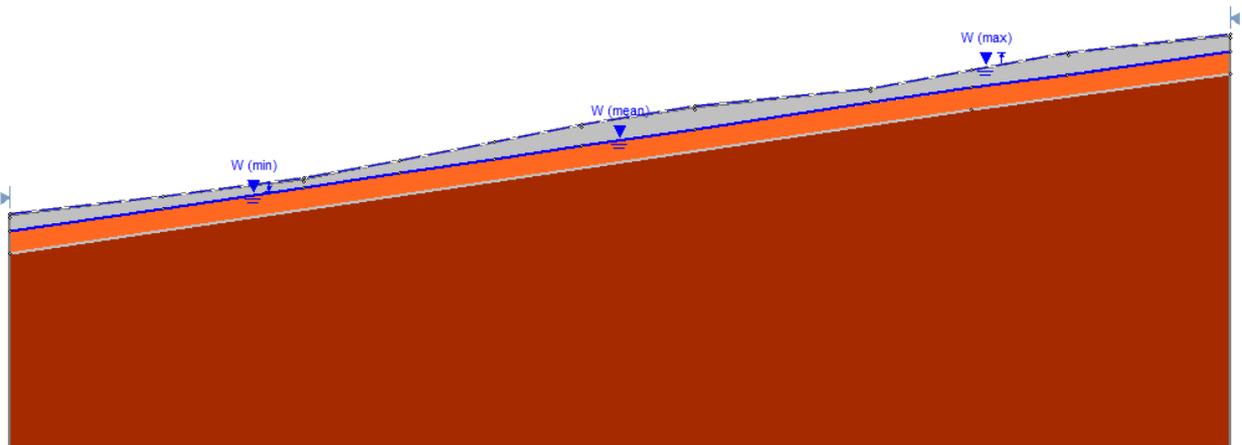
a) Superfici circolari

Il metodo di calcolo adottato è stato quello di Bishop semplificato con ricerca di superfici circolari attraverso il metodo di ricerca definito come “*Slope search*” con il programma che ricerca automaticamente la superficie più critica sull’intero pendio.

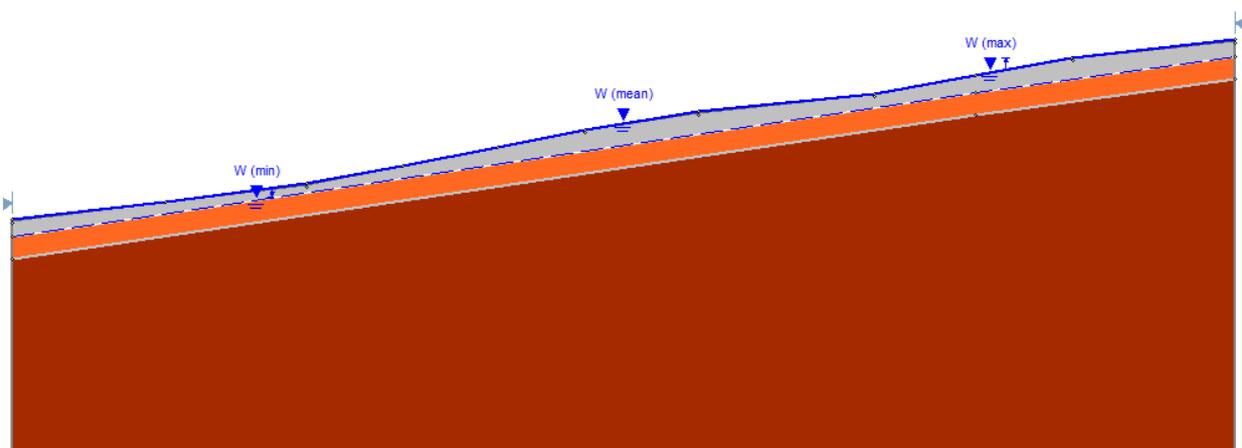
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definito come:

- Ipotesi di falda minima e massima (con livello di falda da -4.8 m dal p.c. al p.c)

Metodo “*SLOPE SEARCH*”

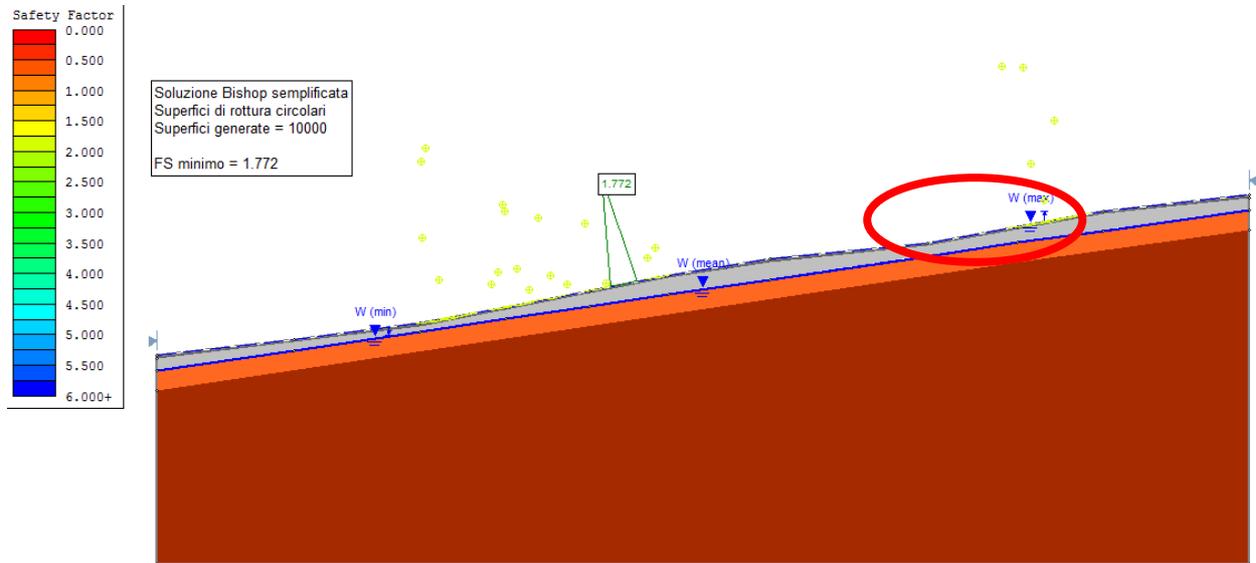


(Ipotesi di falda minima = -4.8 dal p.c)



(Ipotesi di falda massima = al p.c)

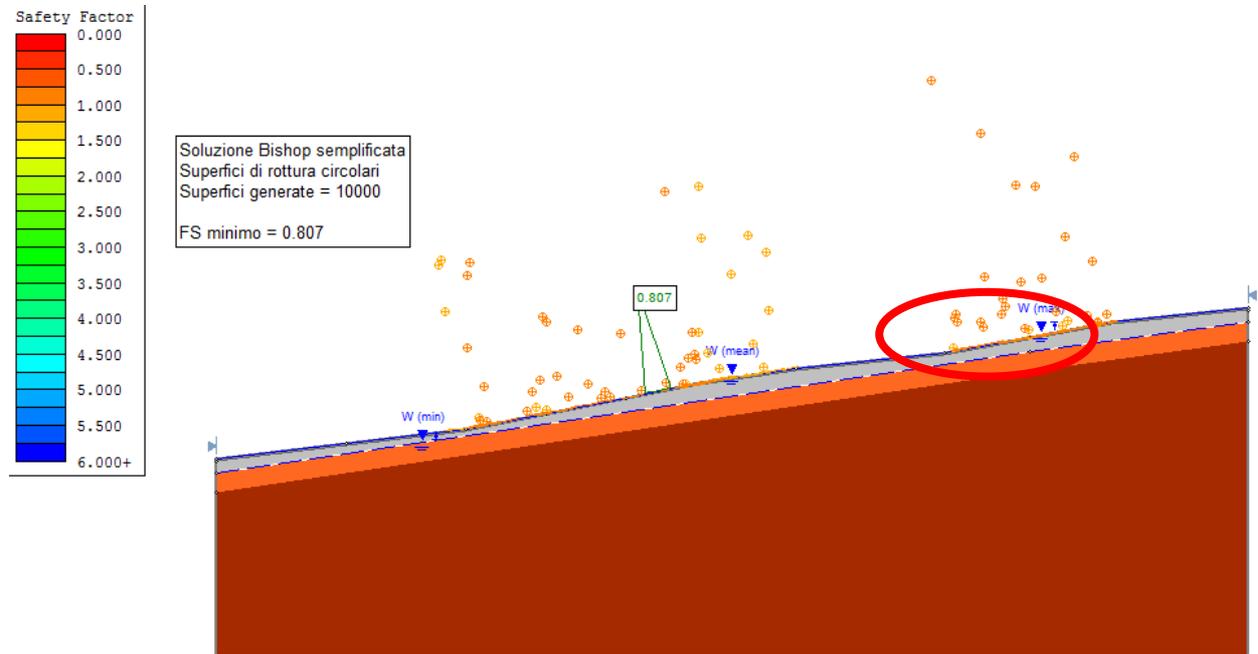
a) Ipotesi di falda minima



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.772) e le superfici con Fs < 2.0. In rosso indicata l'area di futuro intervento.

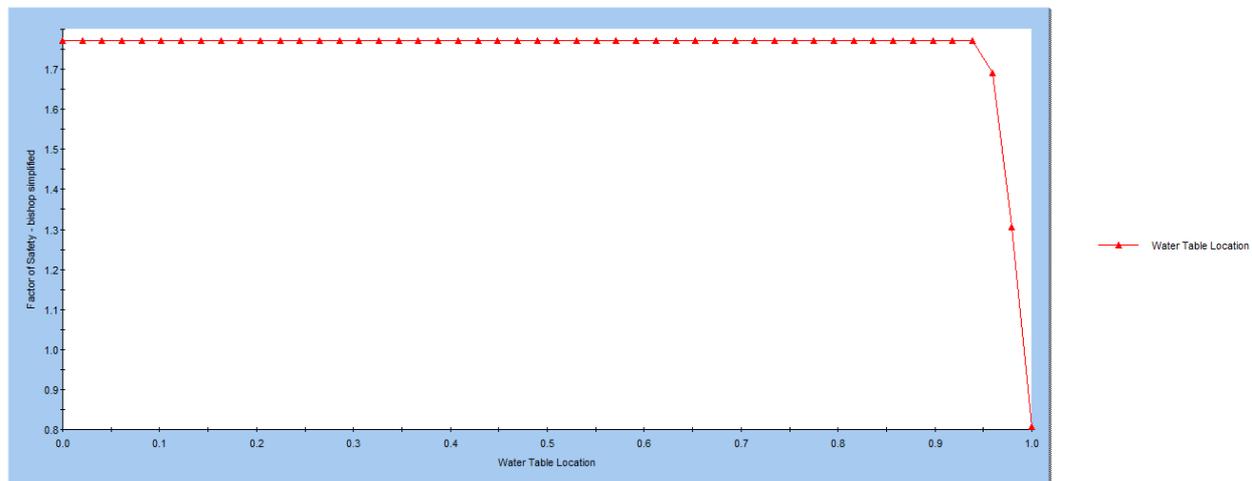
Metodo di calcolo		Bishop Semplificato			
Fs		1.772			
Descrizione	Unità Litotecnica	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)
STRATO 1	A	16	18	0	20
STRATO 2	B	18	20	4	25
STRATO 3	C	19	20	7	28
STRATO 4	D	20	22	10	35

b) Ipotesi di falda massima



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.807) e le superfici con Fs < 1.1. In rosso indicata l'area di futuro intervento.

Metodo di calcolo		Bishop Semplificato			
Fs		0.807			
Descrizione	Unità Litotecnica	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c_k '(kPa)	ϕ_k '(°)
STRATO 1	A	16	18	0	20
STRATO 2	B	18	20	4	25
STRATO 3	C	19	20	7	28
STRATO 4	D	20	22	10	35



Analisi di sensitività delle condizioni idrauliche del versante. Come si può vedere dai risultati ottenuti all'aumentare della saturazione il Fattore di sicurezza (FoS) decresce rapidamente sotto a 1.

b) Superfici non circolari e composite

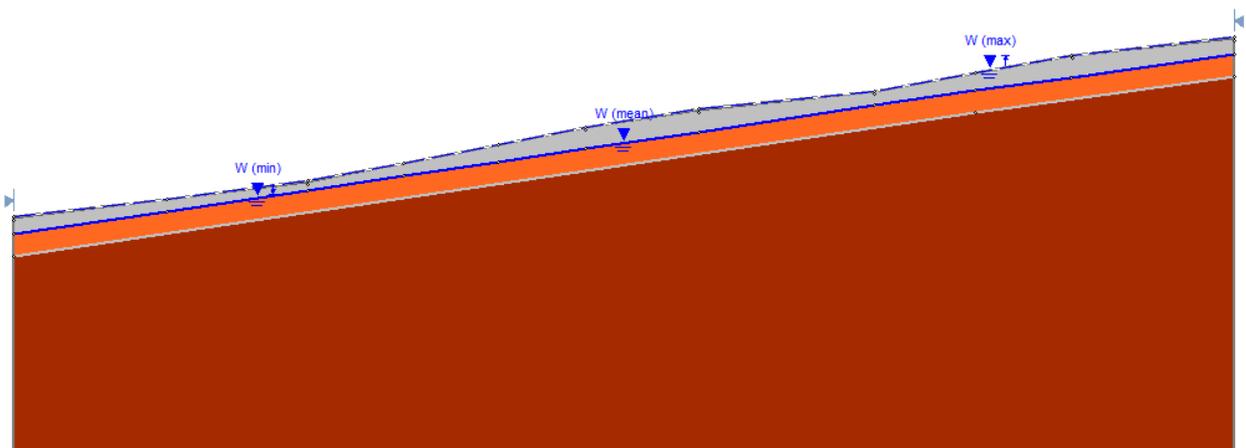
Il metodo di calcolo adottato è stato quello all'Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price con ricerca di superfici non circolari e composite attraverso il metodo di ricerca definito come "Auto Refine search" con i seguenti metodi:

- **Auto Refine search:** il programma ricerca automaticamente la superficie più critica sull'intero pendio.

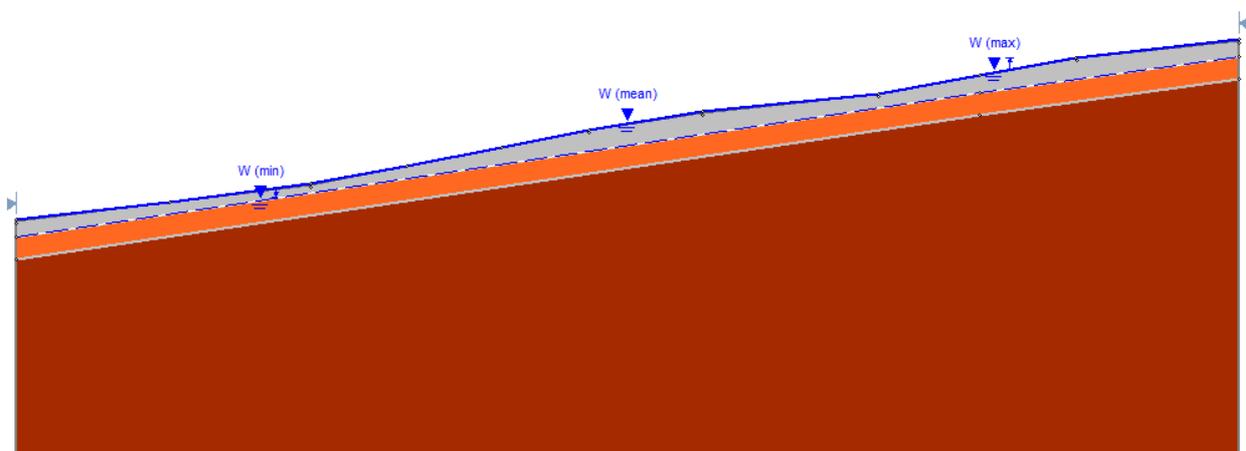
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definito come:

- Ipotesi di falda minima e massima (con livello di falda da -4.8 m dal p.c. al p.c)

Metodo "AUTOREFINE SEARCH"

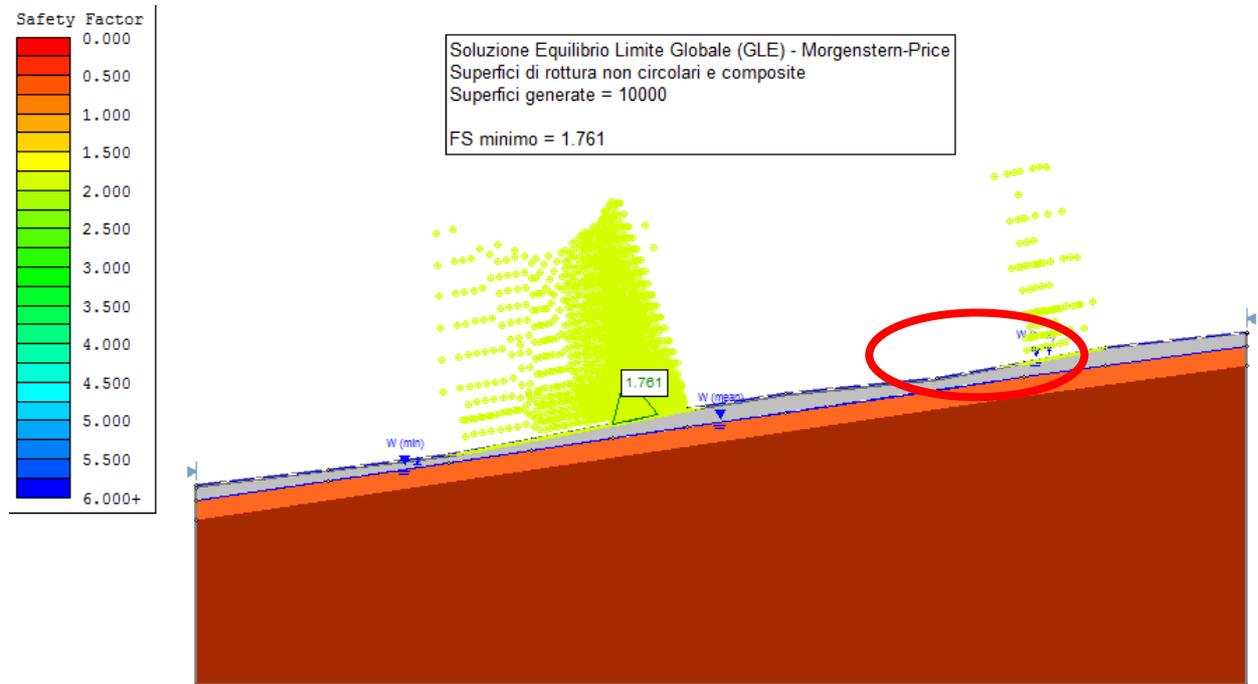


(Ipotesi di falda minima = -4.8 dal p.c)



(Ipotesi di falda massima = al p.c)

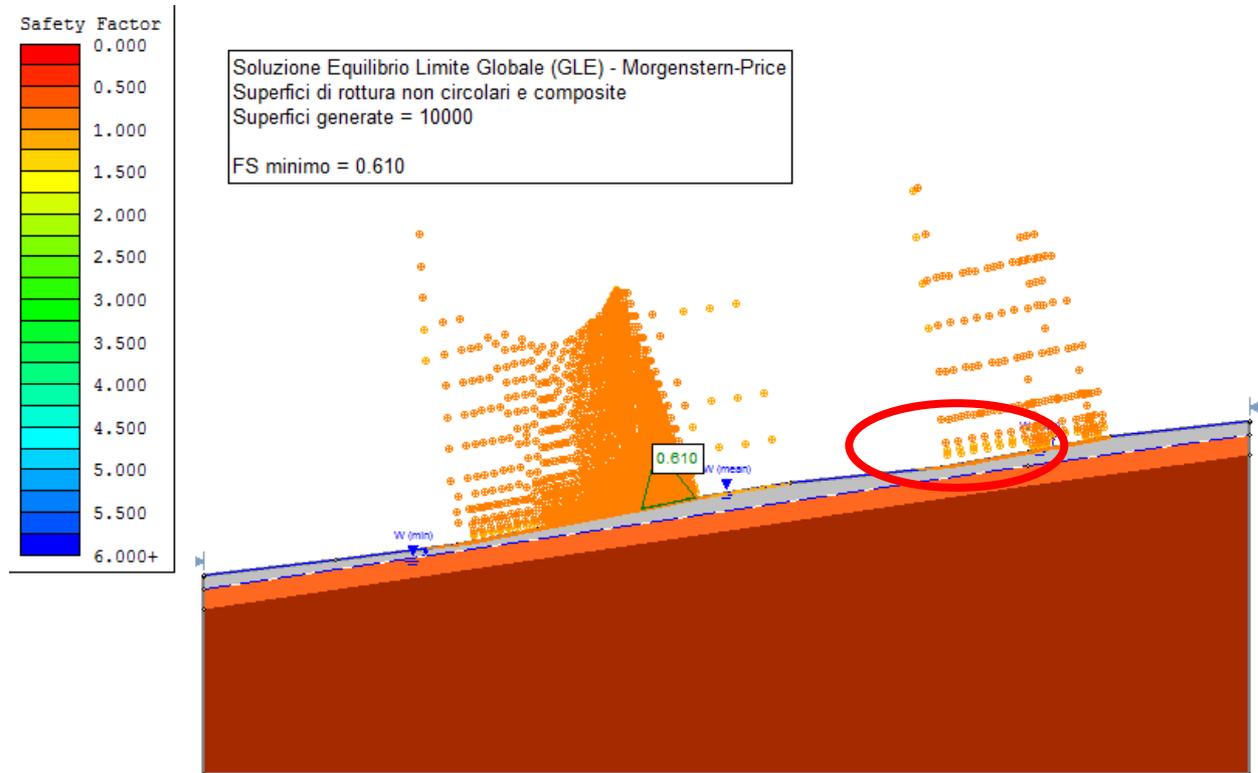
a) Ipotesi di falda minima



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.761) e le superfici con Fs < 2.0. In rosso indicata l'area di futuro intervento.

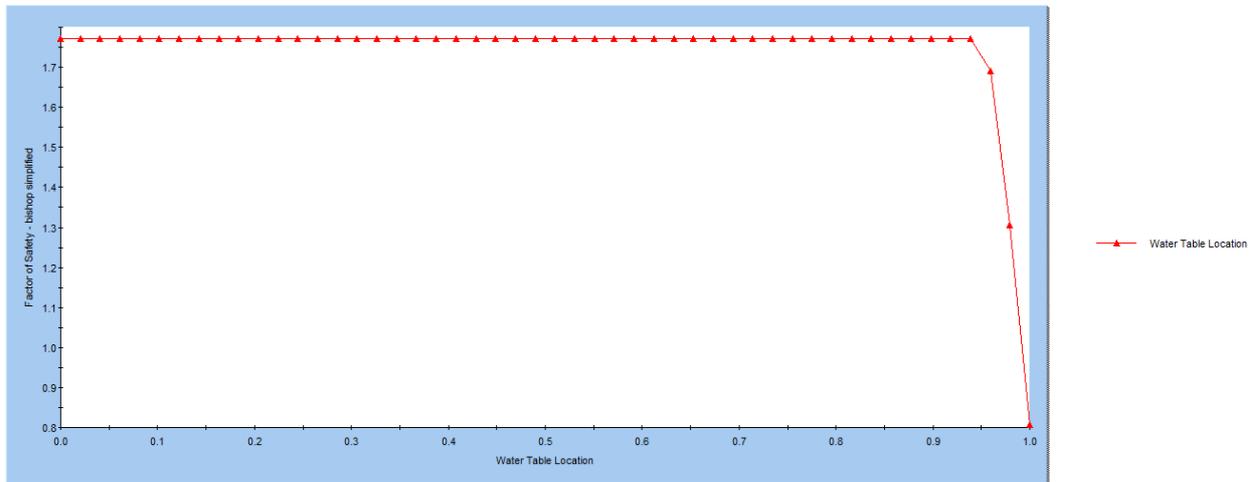
Metodo di calcolo		GLE - Morgenstern & Price			
Fs		1.761			
Descrizione	Unità Litotecnica	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	c_k '(kPa)	ϕ_k '(°)
STRATO 1	A	16	18	0	20
STRATO 2	B	18	20	4	25
STRATO 3	C	19	20	7	28
STRATO 4	D	20	22	10	35

b) Ipotesi di falda massima



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.610) e le superfici con Fs < 1.1. In rosso indicata l'area di futuro intervento.

Metodo di calcolo		GLE - Morgenstern & Price			
Fs		0.610			
Descrizione	Unità Litotecnica	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c_k' (kPa)	ϕ_k' (°)
STRATO 1	A	16	18	0	20
STRATO 2	B	18	20	4	25
STRATO 3	C	19	20	7	28
STRATO 4	D	20	22	10	35



Analisi di sensitività delle condizioni idrauliche del versante. Come si può vedere dai risultati ottenuti all'aumentare della saturazione il Fattore di sicurezza (FoS) decresce rapidamente sotto a 1.

In conclusione vengono sintetizzati di seguito i risultati ottenuti:

- Verifiche Statiche:

Si riassumono di seguito riportati i risultati delle verifiche di stabilità statiche:

NTC - 08		
<i>Metodo di Calcolo</i>	Bishop semplificato	Equilibrio Limite Globale (GLE) Morgenstern & Price
<i>Tipo di superficie</i>	<u>Superficie circolare</u>	<u>Superficie non circolare e composita</u>
<i>Metodo di ricerca della superficie critica</i>	"Slope search"	"Auto Refine search"
SEZIONI		
SEZIONE01 Ipotesi di falda minima	1.772	1.761
SEZIONE01 Ipotesi di falda massima	0.807	0.610

d. Commento ed analisi delle verifiche di sicurezza

Le verifiche di sicurezza condotte sulla situazione in stato di fatto dal punto di vista statico, evidenziano come il versante, qualora si raggiungano le condizioni di massima saturazione, possa presentare problemi di stabilità. Le porzioni soggette a instabilità si concentrano su spessori piuttosto modesti (2-3 m al massimo) pertanto, tale condizione non costituisce un impedimento per l'area soggetta alla trasformazione urbanistica purchè vengano rispettate in sede di progettazione esecutiva le prescrizioni fornite nelle conclusioni.

9. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E LOCALE

a. Sismicità delle aree di interesse

Allo stato attuale la normativa di riferimento in materia sismica risulta essere il D.M. 14 gennaio 2008 recante “norme tecniche per le costruzioni”, entrato in vigore a partire dal 1 luglio 2009.

La classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna introdotta ai sensi del punto 3 dell'Allegato 1 dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003, prevede che il territorio nazionale sia suddiviso in quattro zone sismiche, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione (a_g).

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone” all'allegato 1.A” sono individuate quattro zone sismiche orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$ secondo lo schema seguente. I valori di accelerazione delle quattro zone sismiche sono maggiormente specificati rispetto all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 secondo la schema di seguito proposto (tabella 9.1):

Tabella 9.1: Valori di accelerazione al suolo a_g

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g) – OPCM 3519	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g) – OPCM 3472
1	$0.25 < a_g \leq 0.35 \text{ g}$	0.35 g
2	$0.15 < a_g \leq 0.25 \text{ g}$	0.25 g
3	$0.05 < a_g \leq 0.15 \text{ g}$	0.15 g
4	$\leq 0.05 \text{ g}$	0.05 g

Di seguito si riportano le classificazioni della sismicità dei comuni interessati dagli interventi in base alle vecchie normative e ovviamente anche in base alla nuova e vigente classificazione proposta dall'OPCM 3274/2003 e s.m.i (tabella 9.2).

Tabella 9.2: Classificazione della sismicità del comune e valore dell'accelerazione al suolo a_g

Comune	Classificazione sismica (Decreti fino al 1984)	Classificazione sismica OPCM 3274/2003	a_g
Pavullo n/F	n.c.	3	0.15 g

b. Sismicità storica delle aree di intervento

Nella tabella 9.3 sono riportati i dati storici del comune di Pavullo nel Frignano, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di Pavullo nel Frignano [44.334, 10.834]



Numero di eventi: 40

Effetti	In occasione del terremoto del:			
Is	Data	Ax	Np	Io Mw
3	1887 02 23 05:2	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15
F	1895 05 18 19:5	Fiorentino	401	8 5.43 ±0.08
4	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09
5	1901 10 30 14:4	Salò	190	8 5.70 ±0.10
6	1904 06 10 11:1	Frignano	102	6 5.03 ±0.18
4-5	1908 06 02 22:30	FRIGNANO	18	4-5 4.52 ±0.25
NF	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8 5.37 ±0.10
4	1913 02 13 16:3	Appennino tosco-emiliano	27	5 4.54 ±0.25
5	1914 10 27 09:2	Garfagnana	618	7 5.76 ±0.09
3	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6 5.02 ±0.22
3	1916 05 17 12:4	Alto Adriatico	132	5.95 ±0.14
4	1919 06 29 15:0	Mugello	566	10 6.29 ±0.09
6	1920 09 07 05:5	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09
4	1923 06 28 15:1	FORMIGINE	22	6 4.88 ±0.24
2-3	1928 06 13 08:00	CARPI	35	6 4.78 ±0.23
3-4	1929 04 19 04:1	Bolognese	82	
2	1930 10 30 07:1	SENIGALLIA	263	8 5.81 ±0.09
2	1931 06 10 17:01	Modenese	14	4 4.42 ±0.22
3	1936 10 18 03:1	BOSCO CANSIGLIO	267	9 6.12 ±0.09
7	1937 12 10 18:0	APP. MODENESE	28	6 5.17 ±0.25
4	1939 10 15 14:05	Garfagnana	62	6-7 5.08 ±0.16
3	1951 05 15 22:54	LODIGIANO	154	6-7 5.39 ±0.14

c. Individuazione della pericolosità sismica del sito

Di seguito si riportano i dati salienti per la definizione della pericolosità sismica del sito che sono stati inseriti nel foglio di calcolo "Spetti NTC v. 1.03" scaricabile dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (<http://www.infrastrutture.gov.it/consuplp/>).

FASE 1 - Individuazione della pericolosità del sito

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 10.84102307 LATITUDINE: 44.35737997

Ricerca per comune REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: Rimini COMUNE: Rimini

Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione: media ponderata

FASE 2 - Scelta della strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_M info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	{	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input style="width: 60px;" type="text" value="30"/>
		SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input style="width: 60px;" type="text" value="50"/>
Stati limite ultimi - SLU	{	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input style="width: 60px;" type="text" value="475"/>
		SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input style="width: 60px;" type="text" value="975"/>

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

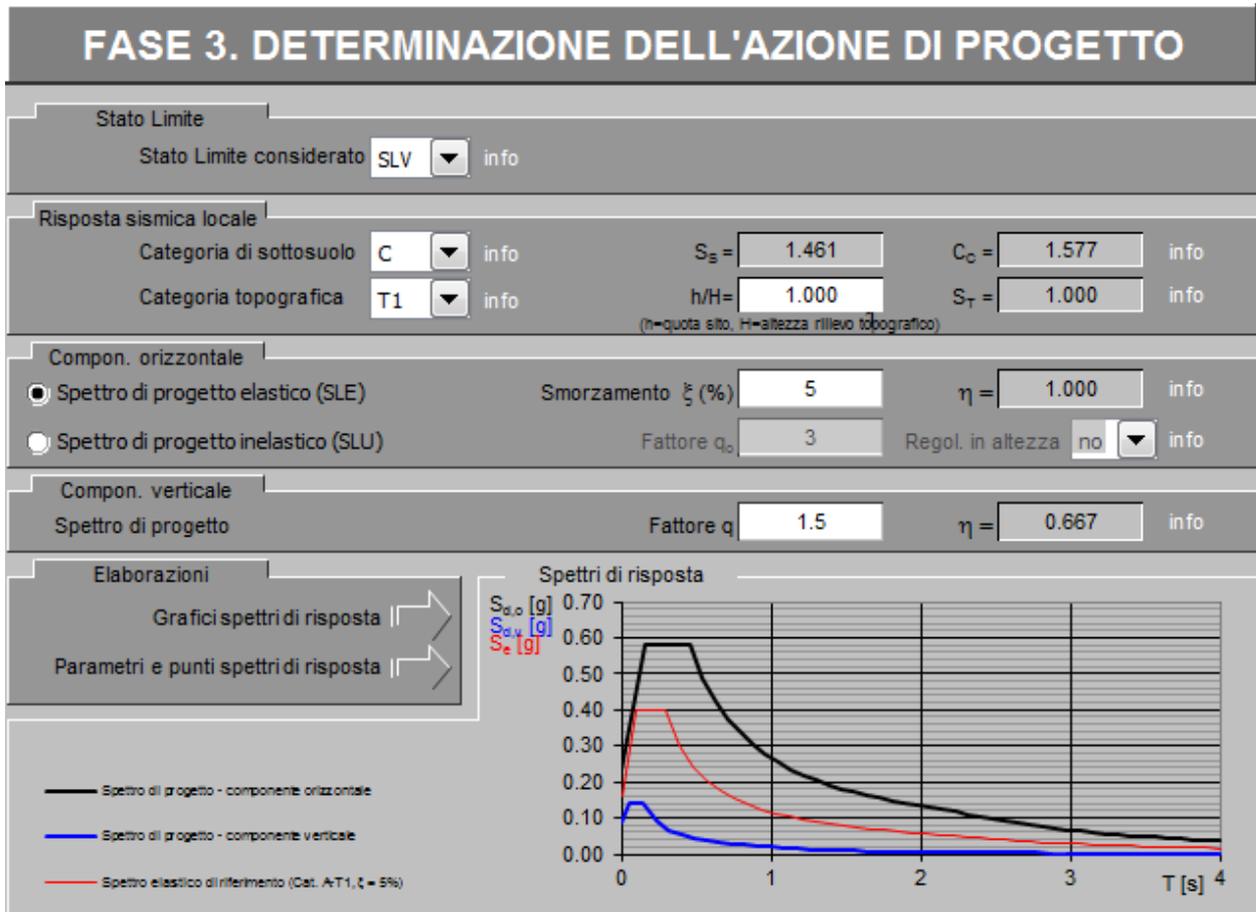
---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.056	2.501	0.252
SLD	50	0.069	2.496	0.265
SLV	475	0.159	2.509	0.291
SLC	975	0.199	2.515	0.301

Tabella 9.4: Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno Stato Limite.

FASE 3 – Determinazione dell'azione di progetto



d. Risposta sismica locale

Ai sensi della DAL 112/2007 della Regione Emilia-Romagna, sulla base del PTCP2009 della provincia di Modena che individua l'area come "Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche" e sulla base dei risultati delle indagini sismiche si ritiene corretto l'utilizzo degli abachi dell'allegato A2 della DAL 112/2007 ai fini della determinazione dei coefficienti di amplificazione sismica. Pertanto sulla base del profilo di Velocità delle Onde S e sulla base della determinazione di $V_{s30} = 347$ m/s si ricava che:

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Quindi

FAPGA = 1.9

FA IS 0.1 - 0.5 = 2.1

FA IS 0.1 - 0.5 = 1.9

10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio condotto ha permesso di delineare i principali aspetti geologici e sismici significativi ai fini dei lavori per la fattibilità urbanistica dell'area. Il quadro di questi aspetti ha portato alle seguenti considerazioni:

1. Dal punto di vista sismico risulta che il comune di Pavullo nel Frignano (MO), è stato dichiarato sismico e iscritto nella Zona 2 della OPCM 3274/2003 e s.m.i;
2. Il terreno di fondazione delle opere in oggetto appartiene alla categoria di suolo "C", ai sensi del D.M. 14/01/2008;
3. Al fine di determinare la ricostruzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni di fondazione si è provveduto a reperire tutte le informazioni provenienti da indagini pregresse e dalle nuove indagini eseguite. In particolar modo sono state utilizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:
 - n. 4 prove penetrometriche statiche meccaniche (CPT01, CPT02, CPT03 e CPT04) spinte fino alla profondità massima di 7.6 m dal p.c.;
 - n. 1 indagine sismica passiva di microtremiti (HVSr);
 - n. 1 indagine sismica passiva in array 2D (ESAC);
 - n. 1 indagine sismica attiva in array 1D (MASW).

4. Le unità geologico-tecniche ricavate vengono descritte di seguito:

0.20 - 0.80 m Terreno vegetale e detrito argilloso a bassa consistenza (A);

0.80 - 4.80 m Detrito eluvio-colluviale limoso-argilloso e sabbioso a media consistenza caratterizzato dalla presenza di circolazione idrica (B);

4.80 - 11.00 m Substrato alterato costituito da detrito sabbioso-argilloso consistente (parte più superficiale della Formazione di Monte Venere) (C);

> 11.00 m Substrato marnoso-arenaceo da consistente a molto consistente costituito dalla Formazione di Monte Venere (D).

La falda, in fase di indagine, è stata rinvenuta alla profondità di 4.5 m dal p.c..

5. I parametri geotecnici caratteristici per i materiali presenti sono i seguenti:

In termini di parametri di resistenza:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	C_{uk} (kPa)
0.20 - 0.80	Terreno vegetale e detrito argilloso a bassa consistenza (A)	16	18		20	
0.80 - 4.80	Detrito eluvio-colluviale limoso-	18	20	4	25	/

	argilloso e sabbioso a media consistenza caratterizzato dalla presenza di circolazione idrica (B)					
4.80 - 11.00	Substrato alterato costituito da detrito sabbioso-argilloso consistente (parte più superficiale della Formazione di Monte Venere) (C)	19	20	7	28	/
>11.00	Substrato marnoso-arenaceo costituito dalla Formazione di Monte Venere (D)	20	22	10	35	

In termini di parametri di deformabilità:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m³)	γ'_w (kN/m³)	Coeff. di Poisson (v)	Modulo Elastico E' (kPa)	Modulo Edometrico E_d (kPa)
0.20 - 0.80	Terreno vegetale e detrito argilloso a bassa consistenza (A)	16	18	0.48	/	2000
0.80 - 4.80	Detrito eluvio-colluviale limoso-argilloso e sabbioso a media consistenza caratterizzato dalla presenza di circolazione idrica (B)	18	20	0.4	/	5000
4.80 - 11.00	Substrato alterato costituito da detrito sabbioso-argilloso consistente (parte più superficiale della Formazione di Monte Venere) (C)	19	20	0.4	/	8000
>11.00	Substrato marnoso-arenaceo costituito dalla Formazione di Monte Venere (D)	20	22	0.35	30000	/

6. Le verifiche di sicurezza condotte sul versante oggetto della trasformazione urbanistica risultano, risultano:

- Verifiche Statiche:

NTC - 08		
<i>Metodo di Calcolo</i>	Bishop semplificato	Equilibrio Limite Globale (GLE) Morgenstern & Price
<i>Tipo di superficie</i>	<u>Superficie circolare</u>	<u>Superficie non circolare e composita</u>
<i>Metodo di ricerca della superficie critica</i>	"Slope search"	"Auto Refine search"
SEZIONI		
SEZIONE01 Ipotesi di falda minima	1.772	1.761
SEZIONE01 Ipotesi di falda massima	0.807	0.610

Le verifiche di sicurezza condotte sulla situazione in stato di fatto dal punto di vista statico, evidenziano come il versante, qualora si raggiungano le condizioni di massima saturazione, possa presentare problemi di stabilità. Le porzioni soggette a instabilità si concentrano su spessori piuttosto modesti (2-3 m al massimo) pertanto, tale condizione non costituisce un impedimento per l'area soggetta alla trasformazione urbanistica purchè vengano rispettate in fase di progettazione esecutiva le prescrizioni fornite al punto 7).

7. Alla luce delle verifiche di sicurezza, e sulla base delle ipotesi in progetto, si dovrà necessariamente tenere conto delle seguenti prescrizioni:

- I dati ottenuti dalle indagini geognostica, in fase di stesura del progetto esecutivo dovranno essere approfonditi e dovranno essere realizzate nuove indagini geognostiche, su ogni tipologia edilizia prevista, al fine di determinare in maniera corretta le opportune opere di fondazione da adottare. In sede del progetto esecutivo si potrà anche valutare la possibilità di realizzare fondazioni profonde da innestare nel substrato compatto profondo, qualora gli spessori detritici risultino particolarmente importanti.

Le eventuali pareti di scavo superiori a 2.0 m di altezza dovranno essere opportunamente verificate, in sede di progetto planivolumetrico e/o definitivo, dal punto di vista della stabilità al fine di definire il corretto angolo della scarpata o l'impiego di opere di contenimento provvisorie e/o definitive;

- La porzione occidentale dell'ambito in oggetto è interessata da fenomeni di dissesto parzialmente attivi, durante i differenti cicli stagionali, che tendono ad innescarsi qualora al raggiungimento delle condizioni di massima saturazione del versante in oggetto. In sede di progetto esecutivo si dovrà prevedere la

realizzazione di un sistema di drenaggio profondo al fine di evitare la condizione di completa saturazione della parte detritica superficiale che tende a essere coinvolta nei movimenti superficiali;

- In sede di progetto esecutivo è opportuno predisporre un sistema di regimazione delle acque superficiali al fine di evitare infiltrazioni nel terreno che possano generare l'instaurarsi di movimenti superficiali e cedimenti differenziali di opere di fondazioni superficiali; in particolare, dal punto di vista idrogeologico, con la realizzazione di fabbricati civili si dovrà avere l'accortezza di impiegare metodi di protezione idrogeologica standard (guaine impermeabili, vespai dreno, tubi di raccolta, ecc);

- La gestione formale ed autorizzativa del progetto di eventuale riutilizzo delle Terre da Scavo è demandata al Progettista/D.L. o tecnico abilitato in fase di progetto esecutivo. Il terreno di scavo, se non impiegato in loco, dovrà essere conferito in discarica o trattato ai sensi del D.Lgs. 152/2006, sulla base del D.l. 21 Giugno 2013 n°69 Art. 41- 41bis convertito con L.98-2013. Il terreno dovrà essere sottoposto ad apposita analisi chimico fisica per l'accertamento delle caratteristiche di idoneità finalizzate al corretto riutilizzo e/o smaltimento. Quanto sopra non è oggetto del presente incarico poiché il presente studio e la tipologia di indagini effettuate sono finalizzate esclusivamente alla caratterizzazione geologico-geotecnica e sismica per la compatibilità urbanistica.

Viste le indagini eseguite e date le risultanze delle verifiche geologiche e sismiche effettuate, si esprime parere favorevole sulla fattibilità dell'intervento.

Modena, ottobre 2015.

Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio
(A.P. n° 1725 Ordine dei Geologi della Regione Lazio)

11. ALLEGATI

- Elaborazioni delle indagini geognostiche

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	1
	riferimento	005-2015

Committente: Mesini	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 23/10/2015
Cantiere: Mesini	Pagina: 1	
Località: Pavullo - Loc. acquabuona	Elaborato:	Falda: da p.c.

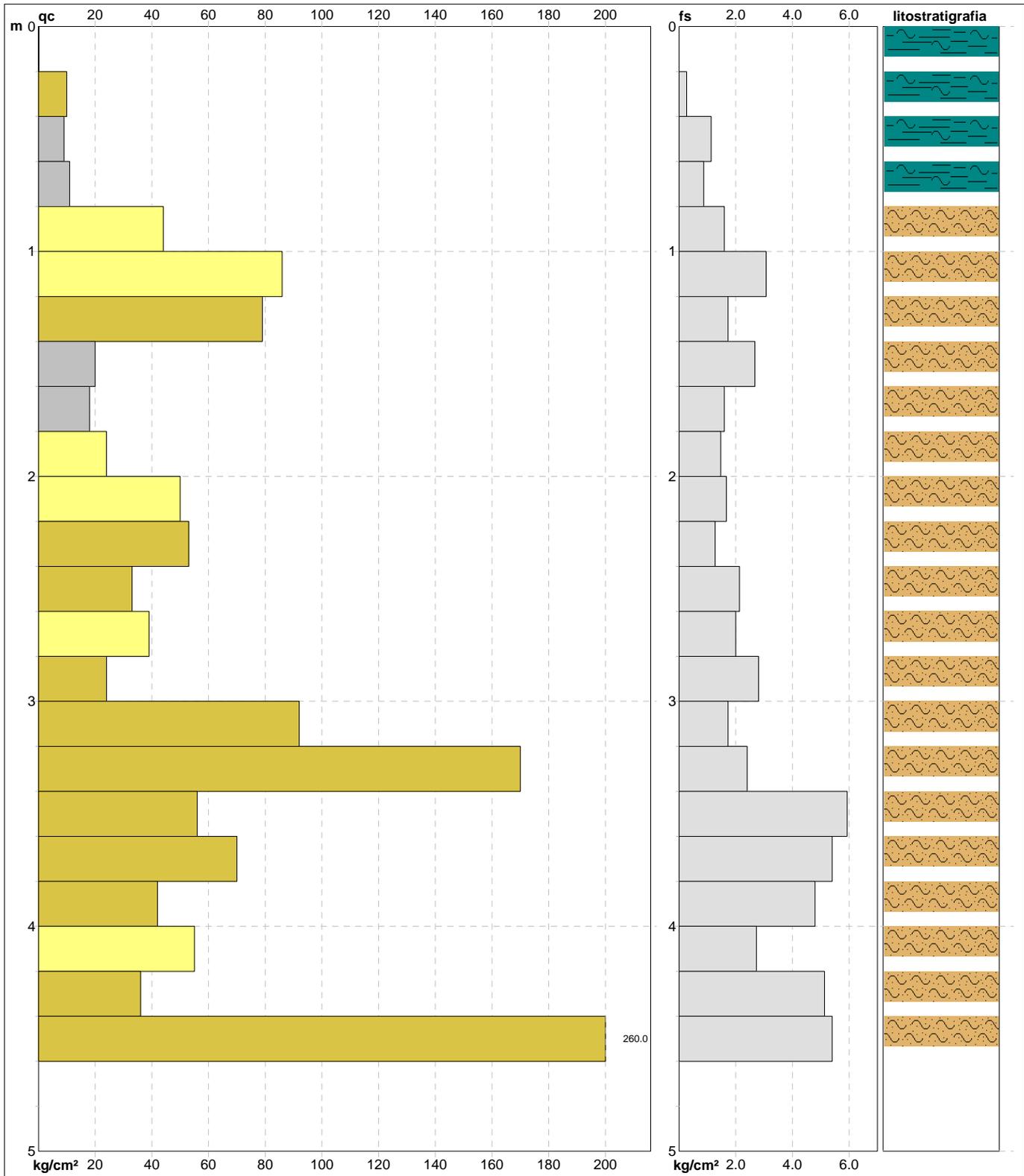
H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	0	0.0	0.00										
0.40	10.0	14.0	0	10.0	0.27	37	2.7								
0.60	9.0	26.0	0	9.0	1.13	8	12.6								
0.80	11.0	24.0	0	11.0	0.87	13	7.9								
1.00	44.0	68.0	0	44.0	1.60	28	3.6								
1.20	86.0	132.0	0	86.0	3.07	28	3.6								
1.40	79.0	105.0	0	79.0	1.73	46	2.2								
1.60	20.0	60.0	0	20.0	2.67	7	13.4								
1.80	18.0	42.0	0	18.0	1.60	11	8.9								
2.00	24.0	46.0	0	24.0	1.47	16	6.1								
2.20	50.0	75.0	0	50.0	1.67	30	3.3								
2.40	53.0	72.0	0	53.0	1.27	42	2.4								
2.60	33.0	65.0	0	33.0	2.13	15	6.5								
2.80	39.0	69.0	0	39.0	2.00	20	5.1								
3.00	24.0	66.0	0	24.0	2.80	9	11.7								
3.20	92.0	118.0	0	92.0	1.73	53	1.9								
3.40	170.0	206.0	0	170.0	2.40	71	1.4								
3.60	56.0	145.0	0	56.0	5.93	9	10.6								
3.80	70.0	151.0	0	70.0	5.40	13	7.7								
4.00	42.0	114.0	0	42.0	4.80	9	11.4								
4.20	55.0	96.0	0	55.0	2.73	20	5.0								
4.40	36.0	113.0	0	36.0	5.13	7	14.3								
4.60	260.0	341.0	0	260.0	5.40	48	2.1								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	1
	riferimento	005-2015

Committente: Mesini Cantiere: Mesini Località: Pavullo - Loc. acquabuona	U.M.: kg/cm² Scala: 1:25 Pagina: 1 Elaborato:	Data esec.: 23/10/2015 Quota inizio: Piano Campagna Falda: da p.c.
---	--	--



Litologia: Personalizzata Penetrometro: SP100 Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

1

riferimento

005-2015

Committente: **Mesini**

Cantiere: **Mesini**

Località: **Pavullo - Loc. acquabuona**

U.M.: **kg/cm²**

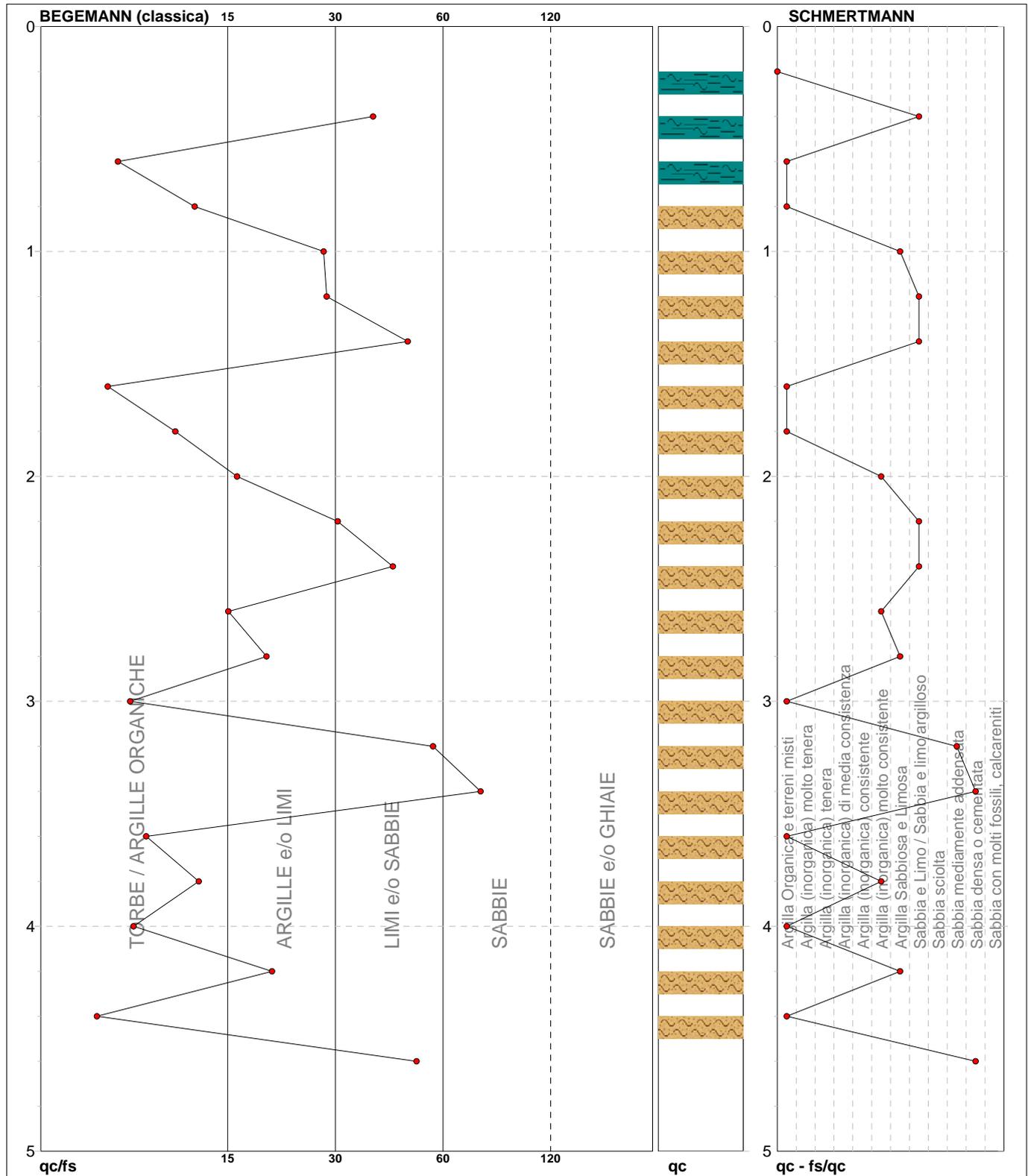
Scala: 1:25

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 23/10/2015

Falda: da p.c.



Torbe / Argille org. :	12 punti, 50.00%	Argilla Organica e terreni misti:	8 punti, 33.33%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	3 punti, 12.50%
Argille e/o Limi :	7 punti, 29.17%	Argilla (inorganica) molto consist.:	3 punti, 12.50%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 20.83%
Limi e/o Sabbie :	5 punti, 20.83%			Sabbia mediamente addensata:	1 punti, 4.17%
Sabbie:	1 punti, 4.17%			Sabbia densa o cementata:	2 punti, 8.33%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	riferimento	005-2015

Committente: Mesini	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 23/10/2015
Cantiere: Mesini	Pagina: 1	
Località: Pavullo - Loc. acquabuona	Elaborato:	Falda: -5.50 m da p.c.

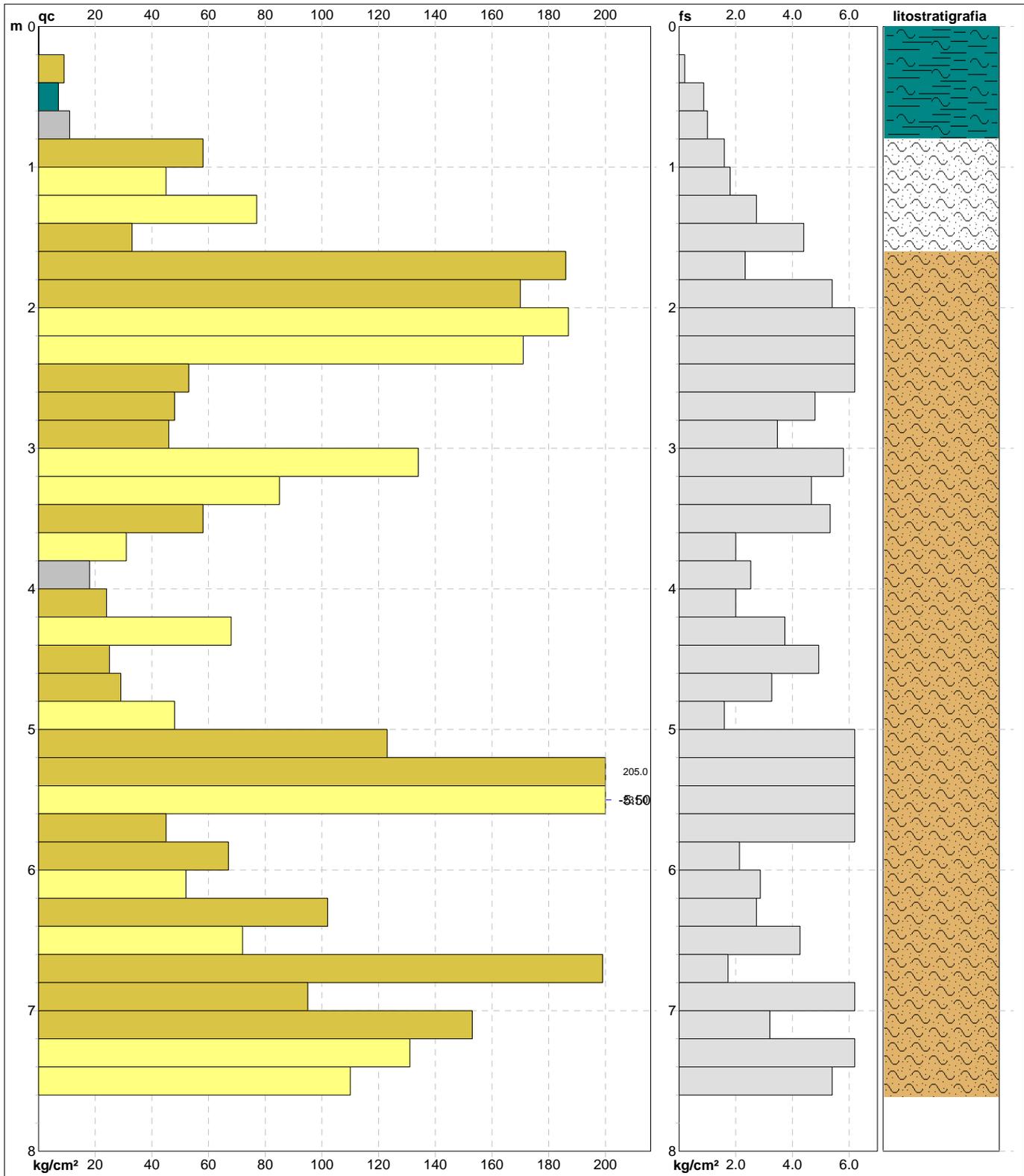
H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	0	0.0	0.00										
0.40	9.0	12.0	0	9.0	0.20	45	2.2								
0.60	7.0	20.0	0	7.0	0.87	8	12.4								
0.80	11.0	26.0	0	11.0	1.00	11	9.1								
1.00	58.0	82.0	0	58.0	1.60	36	2.8								
1.20	45.0	72.0	0	45.0	1.80	25	4.0								
1.40	77.0	118.0	0	77.0	2.73	28	3.5								
1.60	33.0	99.0	0	33.0	4.40	8	13.3								
1.80	186.0	221.0	0	186.0	2.33	80	1.3								
2.00	170.0	251.0	0	170.0	5.40	31	3.2								
2.20	187.0	302.0	0	187.0	7.67	24	4.1								
2.40	171.0	325.0	0	171.0	10.27	17	6.0								
2.60	53.0	162.0	0	53.0	7.27	7	13.7								
2.80	48.0	120.0	0	48.0	4.80	10	10.0								
3.00	46.0	98.0	0	46.0	3.47	13	7.5								
3.20	134.0	221.0	0	134.0	5.80	23	4.3								
3.40	85.0	155.0	0	85.0	4.67	18	5.5								
3.60	58.0	138.0	0	58.0	5.33	11	9.2								
3.80	31.0	61.0	0	31.0	2.00	16	6.5								
4.00	18.0	56.0	0	18.0	2.53	7	14.1								
4.20	24.0	54.0	0	24.0	2.00	12	8.3								
4.40	68.0	124.0	0	68.0	3.73	18	5.5								
4.60	25.0	99.0	0	25.0	4.93	5	19.7								
4.80	29.0	78.0	0	29.0	3.27	9	11.3								
5.00	48.0	72.0	0	48.0	1.60	30	3.3								
5.20	123.0	370.0	0	123.0	16.47	7	13.4								
5.40	205.0	420.0	0	205.0	14.33	14	7.0								
5.60	231.0	353.0	0	231.0	8.13	28	3.5								
5.80	45.0	141.0	0	45.0	6.40	7	14.2								
6.00	67.0	99.0	0	67.0	2.13	31	3.2								
6.20	52.0	95.0	0	52.0	2.87	18	5.5								
6.40	102.0	143.0	0	102.0	2.73	37	2.7								
6.60	72.0	136.0	0	72.0	4.27	17	5.9								
6.80	199.0	225.0	0	199.0	1.73	115	0.9								
7.00	95.0	215.0	0	95.0	8.00	12	8.4								
7.20	153.0	201.0	0	153.0	3.20	48	2.1								
7.40	131.0	227.0	0	131.0	6.40	20	4.9								
7.60	110.0	191.0	0	110.0	5.40	20	4.9								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	2
	referimento	005-2015

Committente: Mesini	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 23/10/2015
Cantiere: Mesini	Scala: 1:40	
Località: Pavullo - Loc. acquabuona	Pagina: 1	Quota inizio: Piano Campagna
	Elaborato:	Falda: -5.50 m da p.c.



	Litologia: Personalizzata Penetrometro: SP100 Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	--	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

2

riferimento

005-2015

Committente: **Mesini**

Cantiere: **Mesini**

Località: **Pavullo - Loc. acquabuona**

U.M.: **kg/cm²**

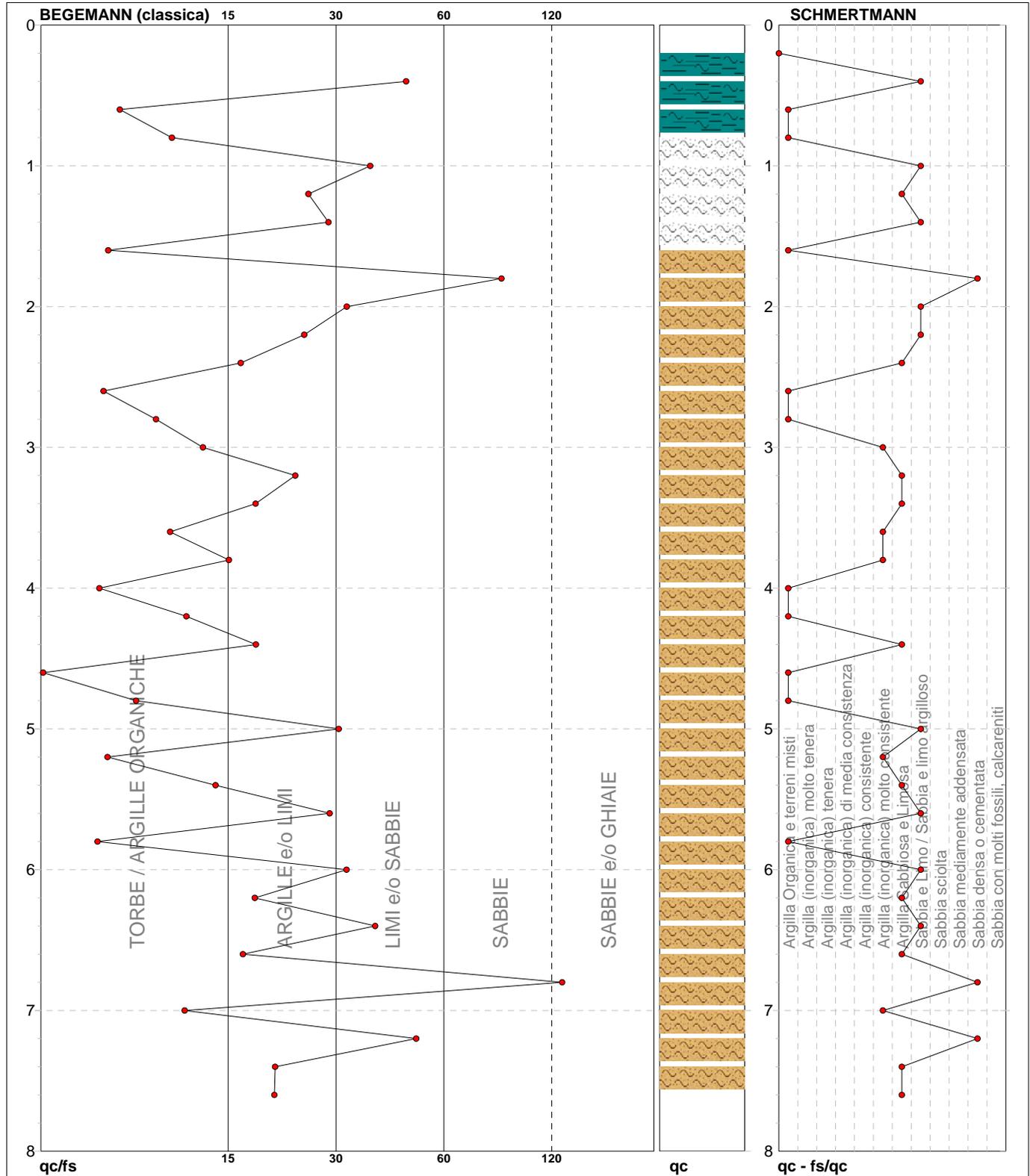
Scala: **1:40**

Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **23/10/2015**

Falda: **-5.50 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	18 punti, 46.15%	Argilla Organica e terreni misti:	10 punti, 25.64%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	10 punti, 25.64%
Argille e/o Limi :	14 punti, 35.90%	Argilla (inorganica) molto consist.:	5 punti, 12.82%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	9 punti, 23.08%
Limi e/o Sabbie :	6 punti, 15.38%			Sabbia densa o cementata:	3 punti, 7.69%
Sabbie:	2 punti, 5.13%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	3
	riferimento	005-2015

Committente: Mesini	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 23/10/2015
Cantiere: Mesini	Pagina: 1	
Località: Pavullo - Loc. acquabuona	Elaborato:	Falda: -4.80 m da p.c.

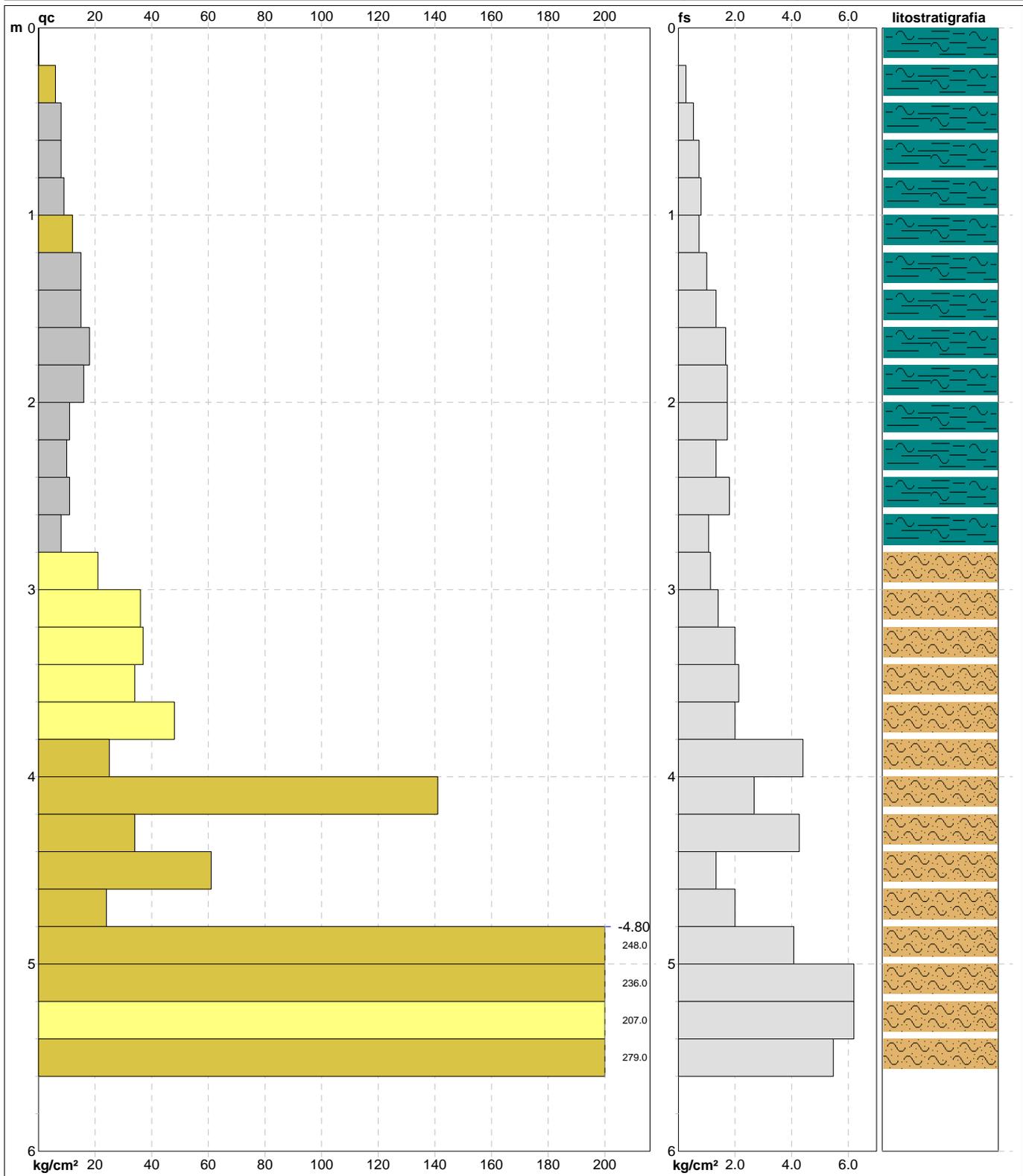
H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	0	0.0	0.00										
0.40	6.0	10.0	0	6.0	0.27	22	4.5								
0.60	8.0	16.0	0	8.0	0.53	15	6.6								
0.80	8.0	19.0	0	8.0	0.73	11	9.1								
1.00	9.0	21.0	0	9.0	0.80	11	8.9								
1.20	12.0	23.0	0	12.0	0.73	16	6.1								
1.40	15.0	30.0	0	15.0	1.00	15	6.7								
1.60	15.0	35.0	0	15.0	1.33	11	8.9								
1.80	18.0	43.0	0	18.0	1.67	11	9.3								
2.00	16.0	42.0	0	16.0	1.73	9	10.8								
2.20	11.0	37.0	0	11.0	1.73	6	15.7								
2.40	10.0	30.0	0	10.0	1.33	8	13.3								
2.60	11.0	38.0	0	11.0	1.80	6	16.4								
2.80	8.0	24.0	0	8.0	1.07	7	13.4								
3.00	21.0	38.0	0	21.0	1.13	19	5.4								
3.20	36.0	57.0	0	36.0	1.40	26	3.9								
3.40	37.0	67.0	0	37.0	2.00	19	5.4								
3.60	34.0	66.0	0	34.0	2.13	16	6.3								
3.80	48.0	78.0	0	48.0	2.00	24	4.2								
4.00	25.0	91.0	0	25.0	4.40	6	17.6								
4.20	141.0	181.0	0	141.0	2.67	53	1.9								
4.40	34.0	98.0	0	34.0	4.27	8	12.6								
4.60	61.0	81.0	0	61.0	1.33	46	2.2								
4.80	24.0	54.0	0	24.0	2.00	12	8.3								
5.00	248.0	309.0	0	248.0	4.07	61	1.6								
5.20	236.0	337.0	0	236.0	6.73	35	2.9								
5.40	207.0	328.0	0	207.0	8.07	26	3.9								
5.60	279.0	361.0	0	279.0	5.47	51	2.0								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

<h2 style="margin: 0;">PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</h2> <h3 style="margin: 0;">DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA</h3>	CPT	3
	riferimento	005-2015

Committente: Mesini Cantiere: Mesini Località: Pavullo - Loc. acquabuona	U.M.: kg/cm² Scala: 1:30 Pagina: 1 Elaborato:	Data esec.: 23/10/2015 Quota inizio: Piano Campagna Falda: -4.80 m da p.c.
---	--	---



	Litologia: Personalizzata Penetrometro: SP100 Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	--	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

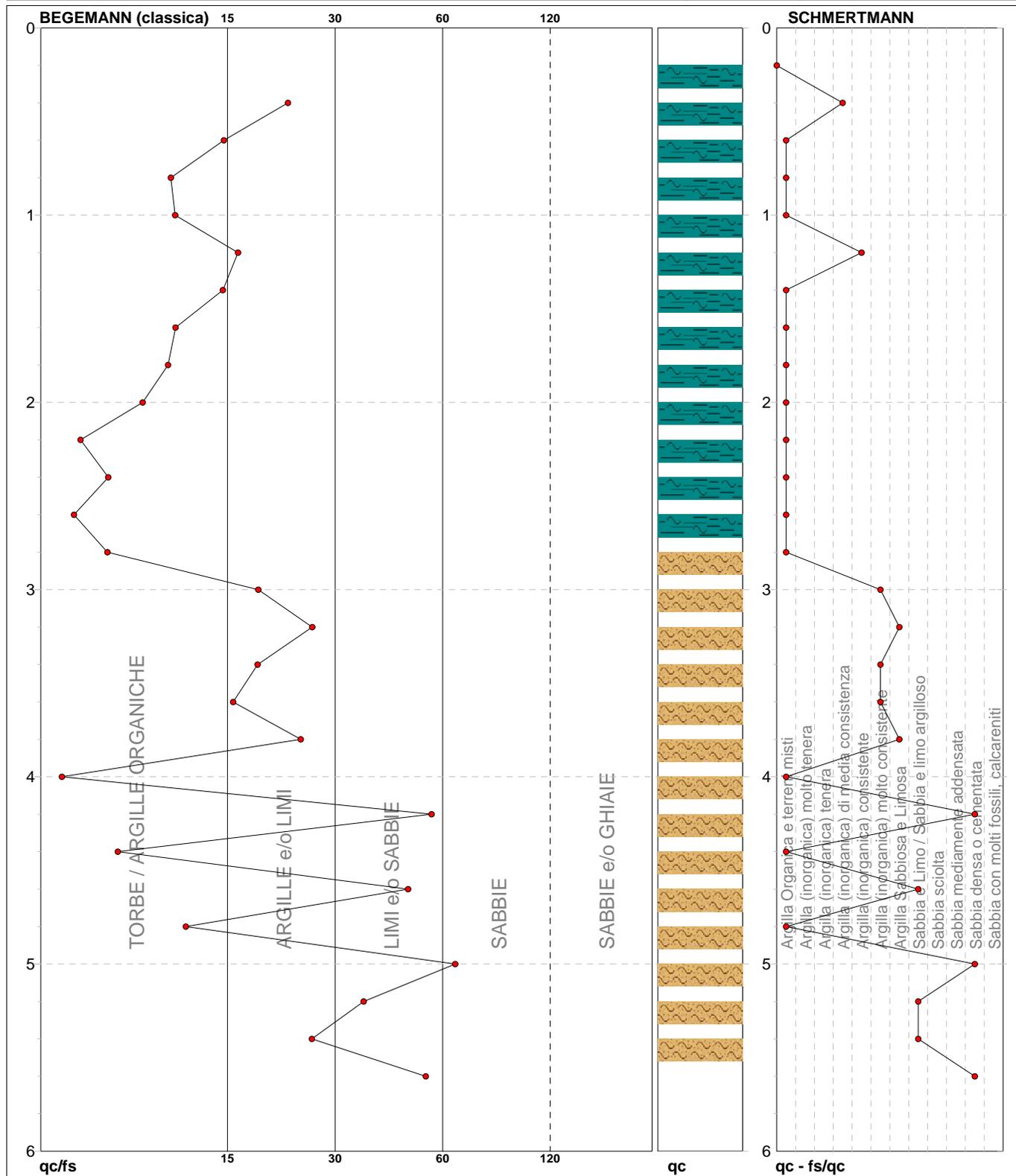
3

riferimento

005-2015

Committente: **Mesini**
 Cantiere: **Mesini**
 Località: **Pavullo - Loc. acquabuona**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 23/10/2015
 Scala: 1:30
 Pagina: 1
 Elaborato: Falda: -4.80 m da p.c.



Torbe / Argille org. :	16 punti, 55.17%	Argilla Organica e terreni misti:	14 punti, 48.28%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	2 punti, 6.90%
Argille e/o Limi :	9 punti, 31.03%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punti, 3.45%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 10.34%
Limi e/o Sabbie :	4 punti, 13.79%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punti, 3.45%	Sabbia densa o cementata:	3 punti, 10.34%
Sabbie:	1 punti, 3.45%	Argilla (inorganica) molto consist.:	3 punti, 10.34%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	4
	riferimento	005-2015

Committente: Mesini	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 23/10/2015
Cantiere: Mesini	Pagina: 1	
Località: Pavullo - Loc. acquabuona	Elaborato:	Falda:

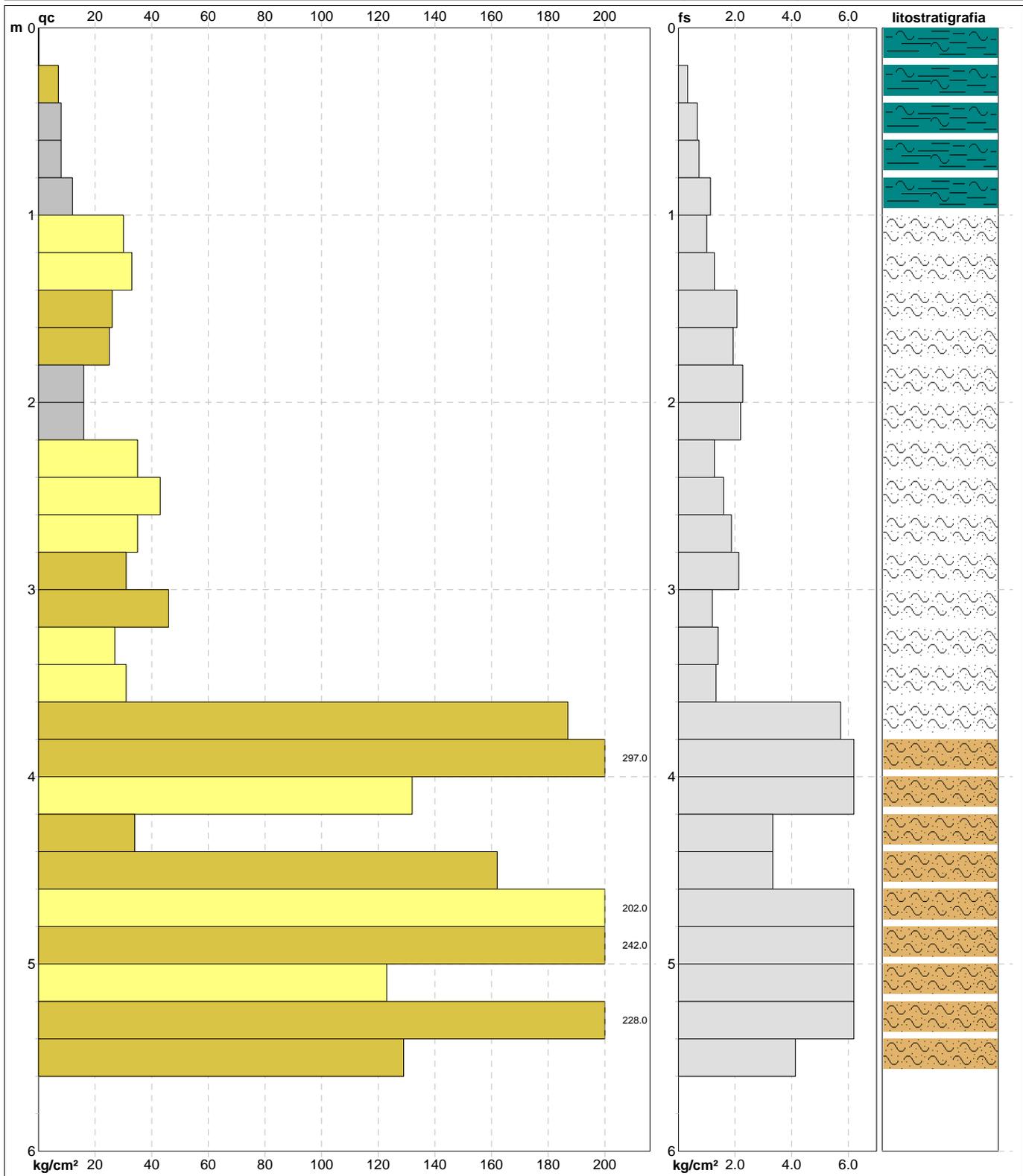
H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	0	0.0	0.00										
0.40	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7								
0.60	8.0	18.0	0	8.0	0.67	12	8.4								
0.80	8.0	19.0	0	8.0	0.73	11	9.1								
1.00	12.0	29.0	0	12.0	1.13	11	9.4								
1.20	30.0	45.0	0	30.0	1.00	30	3.3								
1.40	33.0	52.0	0	33.0	1.27	26	3.8								
1.60	26.0	57.0	0	26.0	2.07	13	8.0								
1.80	25.0	54.0	0	25.0	1.93	13	7.7								
2.00	16.0	50.0	0	16.0	2.27	7	14.2								
2.20	16.0	49.0	0	16.0	2.20	7	13.8								
2.40	35.0	54.0	0	35.0	1.27	28	3.6								
2.60	43.0	67.0	0	43.0	1.60	27	3.7								
2.80	35.0	63.0	0	35.0	1.87	19	5.3								
3.00	31.0	63.0	0	31.0	2.13	15	6.9								
3.20	46.0	64.0	0	46.0	1.20	38	2.6								
3.40	27.0	48.0	0	27.0	1.40	19	5.2								
3.60	31.0	51.0	0	31.0	1.33	23	4.3								
3.80	187.0	273.0	0	187.0	5.73	33	3.1								
4.00	297.0	389.0	0	297.0	6.13	48	2.1								
4.20	132.0	234.0	0	132.0	6.80	19	5.2								
4.40	34.0	84.0	0	34.0	3.33	10	9.8								
4.60	162.0	212.0	0	162.0	3.33	49	2.1								
4.80	202.0	307.0	0	202.0	7.00	29	3.5								
5.00	242.0	347.0	0	242.0	7.00	35	2.9								
5.20	123.0	222.0	0	123.0	6.60	19	5.4								
5.40	228.0	331.0	0	228.0	6.87	33	3.0								
5.60	129.0	191.0	0	129.0	4.13	31	3.2								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT riferimento	4 005-2015

Committente: Mesini Cantiere: Mesini Località: Pavullo - Loc. acquabuona	U.M.: kg/cm² Scala: 1:30 Pagina: 1 Elaborato:	Data esec.: 23/10/2015 Quota inizio: Piano Campagna Falda:
---	--	--



Litologia: Personalizzata Penetrometro: SP100 Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

4

referimento

005-2015

Committente: **Mesini**

Cantiere: **Mesini**

Località: **Pavullo - Loc. acquabuona**

U.M.: **kg/cm²**

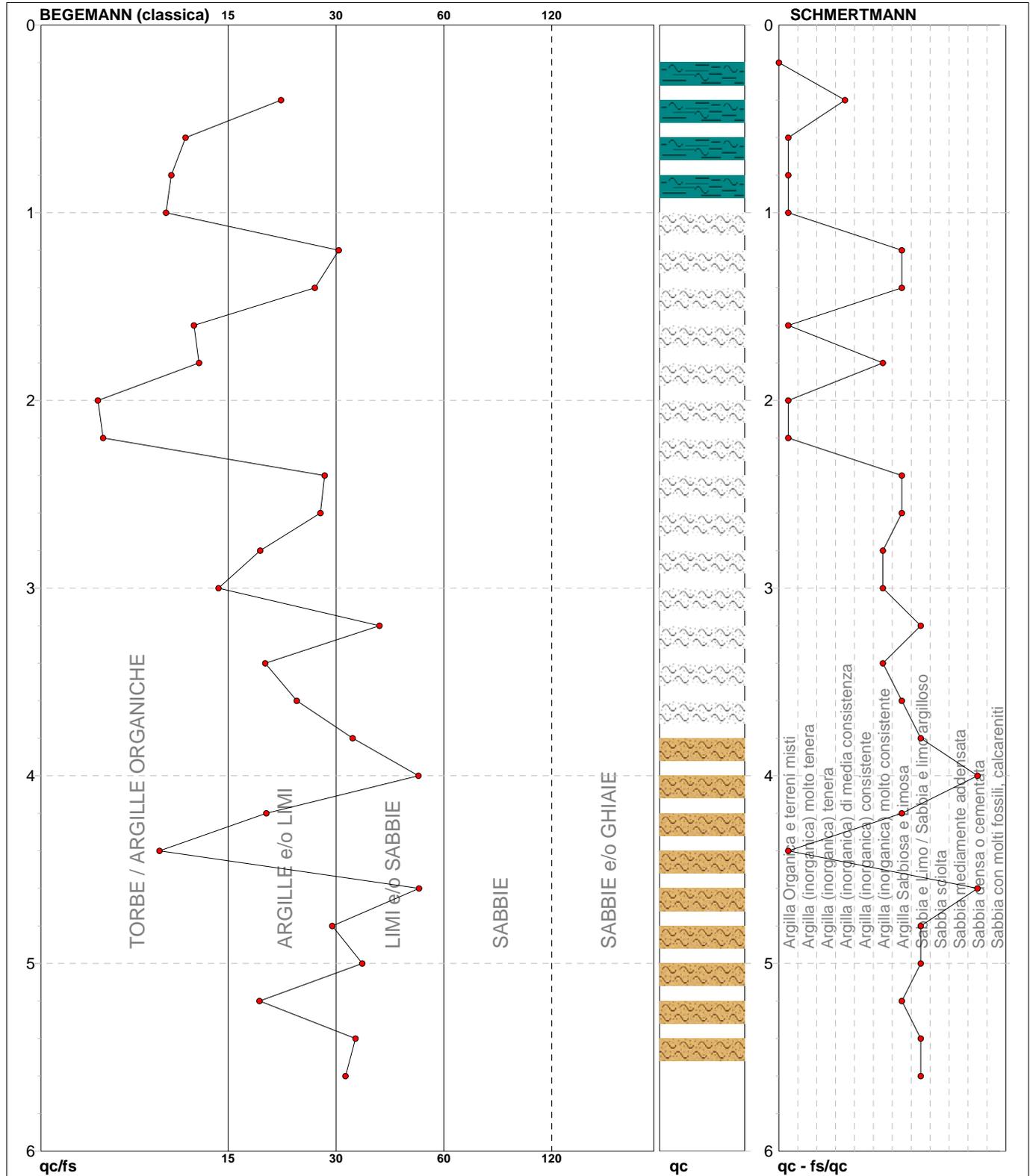
Scala: **1:30**

Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **23/10/2015**

Falda:



Torbe / Argille org. :	12 punti, 41.38%	Argilla Organica e terreni misti:	7 punti, 24.14%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	7 punti, 24.14%
Argille e/o Limi :	11 punti, 37.93%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punti, 3.45%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	6 punti, 20.69%
Limi e/o Sabbie :	7 punti, 24.14%	Argilla (inorganica) molto consist.:	4 punti, 13.79%	Sabbia densa o cementata:	2 punti, 6.90%

